

lerarenhandleiding
apparatuurgids

Vergelijken



Een lessenserie waarin leerlingen

- kennis maken met elkaar en met de PLON-natuurkunde in 4 en 5-HAVO
- onderzoek doen aan natuurkundige verschijnselen in de context van (veilig) fietsen, warmte-isolatie van woningen en elektriciteit in huis, met een accent op het (eerlijk) vergelijken van grootheden en de daarvoor benodigde meetopstelling en meetmethode
- aan hun medeleerlingen (leren) rapporteren over het door hen verrichte onderzoek

Experimentele uitgave voor de vierde klas HAVO



© 1985 Rijksuniversiteit Utrecht

Deze handleiding maakt deel uit van experimenteel lesmateriaal. Overname of referentie uitsluitend na toestemming van de medewerkers van het PLON, Lab. Vaste Stof, postbus 80.008, 3508 TA Utrecht, tel. 030-532717

Voorwoord	3
Plaats en karakter van het thema	4
1. De plaats van het thema in de cursus	4
2. Achtergrond en verantwoording van de thema-keuze	5
3. Globale opzet van het thema	6
Leerstof en vaardigheden	10
Lessenplan	12
Opmerkingen per hoofdstuk	13
Oriëntatie	13
1. Oriëntatie op leergroep en cursus	13
2. Oriëntatie op themavragen en werkvormen (themaboek, hoofdstuk 1)	15
Basisblok: vergelijken en kiezen (themaboek, hoofdstuk 2)	17
Differentieel blok	20
1. Algemeen	20
2. Veilig fietsen (themaboek, hoofdstuk 3)	21
3. Warmte-isolatie in woningen (themaboek, hoofdstuk 4)	21
4. Elektriciteit in huis (themaboek, hoofdstuk 5)	23
"Harde" uitwisseling	25
Afronding	28
Literatuur, audio-visuele middelen en adressen	29
Bijlagen:	
D1 Samenvatting van het thema	31
D2 Rapportage-matrix	33
D3 Proefwerk	34
D4 Praktikum-toets	39
D5 Proefwerk opgaven	40
D6 Lessenplannen	47
D7 Antwoorden	54
D8 Instaptoets	73
D9 Extra oefening	75
D10 Meetplan	76
D11 De 'Wet van Ohm'	79
I1 Natuurkunde - schematisch of thematisch	82
I2 Blikken naar een nieuwe cursus	92
I3 Warmtegeleidingscoëfficiënt en K -waarde	107
Apparatuurgids	111

Het thema "Vergelijken" is het eerste thema in de experimentele natuurkunde-cursus van het PLON voor 4 en 5-HAVO.

De ervaringen op de PLON-proefscholen met dit thema zullen uiteindelijk leiden tot een definitieve versie, aangepast aan een herzien eindexamenprogramma HAVO.

Deze handleiding bij het thema "Vergelijken" geeft informatie over plaats, karakter en opzet van het thema, en een aanzet voor het opstellen van het lessenplan. Daarnaast worden per hoofdstuk de bedoeling, hoofdpunten, lessenplanuitwerking en didaktische aanwijzingen voor experimenten, werkvormen enz. gegeven. Achtergrondinformatie, overzichtsartikelen, een samenvatting van het thema en (voorbeelden van) opgaven zijn te vinden in de bijlagen. Tenslotte is in deze handleiding ook een apparatuurgids opgenomen.

Voor zover mogelijk zijn de praktijkervaringen met het werken met het thema "Vergelijken" in de klas gedurende de cursussen 1983-84 en 1984-85 in deze handleiding verwerkt. Alle commentaar op zowel het thema als deze handleiding blijft echter welkom.

Het PLON-team
Lab. Vaste Stof/Rijksuniversiteit Utrecht
Postbus 80.008
3508 TA Utrecht

februari 1985

PLAATS EN KARAKTER VAN HET THEMA

1. DE PLAATS VAN HET THEMA IN DE CURSUS

De PLON-cursus voor 4 en 5-HAVO bestaat uit een tiental thema's en een repeteerthema. "Vergelijken" is het eerste thema voor 4-HAVO.

PLON-thema's 4-HAVO:

- Vergelijken
- Weersveranderingen
- Muziek
- Verkeer
- Elektrische machines
- Energie en kwaliteit

PLON-thema's 5-HAVO:

- Materie
- Lichtbronnen
- Ioniserende straling
- Elektronica
- Repeteerthema

In 4-HAVO is een belangrijk *cursusdoel* de leerlingen te laten ervaren welke hun specifieke interesses en capaciteiten zijn met betrekking tot natuurkunde. Daarom wordt in de thema's een zo breed mogelijke variatie aan onderwerpen en activiteiten aangeboden en wordt er tijd gereserveerd voor keuze-onderwerpen en/of keuze-activiteiten. In deze differentiële periodes bereiken de leerlingen per definitie verschillende leerresultaten, die wel geëvalueerd, maar niet noodzakelijkerwijs getoetst moeten worden.

"Vergelijken" is het startthema voor 4-HAVO. Bij het werken aan het thema staan voor de leerlingen twee elementen centraal.

- In "Vergelijken" gaat het om een *kennismakingsperiode*, waarbij minder nadruk ligt op fysisch inhoudelijke leerwinsten. Het gaat hoofdzakelijk om onderlinge uitwisseling van onderwijs-ervaringen:
 - de verschillen in werkstijl tussen de "traditionele" MAVO en HAVO/VWO-onderbouw en PLON-MAVO/HAVO/VWO;
 - de verschillen in vaardigheden als "onderzoek doen", "rapporteren" enz.
- "Vergelijken" is een verhoudingsgewijs *kort* thema, waarin zoveel mogelijk elementen van de PLON-cursus voor 4 en 5-HAVO naar voren komen. Het thema is dus een oriëntatie op inhoud (en de manier van presenteren daarvan) en vaardigheden die in de rest van de cursus centraal zullen staan:
 - thematisch onderwijs (met de natuurkunde als een instrument om greep te krijgen op verschijnselen, gebeurtenissen in het dagelijkse leven van de leerlingen);
 - kiezen (van een eigen onderzoek, van een meetmethode, een vergelijkings-grootheid, een apparaat....);
 - werken in groepen (samenwerken, taken verdelen, afspraken maken, gemaakte afspraken controleren,...);
 - onderzoeken (planning maken, meetplan opstellen, onderzoek uitvoeren en resultaten verwerken);
 - rapporteren (zelf rapporteren over eigen (leer)ervaringen, luisteren naar rapportages van mede-leerlingen).

PLAATS EN KARAKTER VAN HET THEMA

Voor het werken aan het thema "Vergelijken" zijn twaalf lesuren gereserveerd. Een behandeling van dit thema in twaalf lesuren is alleen mogelijk bij een *beperking* van de aspiraties ten aanzien van voor alle leerlingen *gemeenschappelijke* fysisch inhoudelijke resultaten (leerwinst).

2. ACHTERGROND EN VERANTWOORDING VAN DE THEMA-KEUZE

2.1 Inhouden.

Het PLON-onderwijs is thematisch.

In de PLON-cursus voor 4 en 5-HAVO zijn de thema's zó gekozen, dat het de leerling duidelijk kan worden hoe *natuurkunde* in wisselwerking is met *technologie* en *samenleving*.

De thematische aanpak in het PLON-materiaal voor MAVO en HAVO/VWO-onderbouw wordt in de PLON-cursus voor 4 en 5-HAVO voortgezet. In vervolg op de aandacht in de onderbouw voor fysisch-technische aspecten in de (directe) omgeving van de leerlingen en samenlevingsproblemen waarin de natuurkunde een (soms kleine, soms wat grotere) rol speelt, krijgen in de thema's voor 4 en 5-HAVO de onderlinge verbanden tussen natuurkunde, techniek, omgeving en samenleving meer accent. De onderwerpen zijn wat grootschaliger, liggen soms wat verder af van hetgeen de leerlingen direct zullen meemaken of hen vanuit hun dagelijkse bezigheden direct zal interesseren. Wel zijn de onderwerpen steeds zó gekozen en uitgewerkt dat de natuurkunde de leerling helpt om greep te krijgen op zijn leefwereld: het kiezen van en omgaan met apparaten (de leerling als consument en gebruiker van techniek), het begrijpen en interpreteren van (natuur)verschijnselen, het nadenken over mogelijke standpunten in controversiële samenlevingsvraagstukken (de leerling als deelnemer in maatschappelijke besluitvormingsprocessen).

De inhouden van het thema "Vergelijken" zijn ondergeschikt aan het kennismakingsproces van de leerlingen onderling en aan de kennismaking met de manier van werken in de PLON-cursus voor 4 en 5-HAVO. Toch moet het thema ook wat betreft de inhouden aansluiten bij de hierboven in grote lijnen geschetste thematische aanpak.

De centrale vraag in "Vergelijken" is "hoe vergelijk je eerlijk?".

Deze vraag is van belang in het dagelijks leven, bijvoorbeeld bij het maken van een keuze bij de aanschaf van een apparaat, bij het kiezen van isolatie-maatregelen enz. Eerlijk vergelijken heeft te maken met de keuze van een meetmethode en het kiezen van een (zo eerlijk mogelijke) vergelijkingsgrootte. Deze aspecten van "eerlijk vergelijken" worden uitgewerkt in een aantal situaties die voor leerlingen herkenbaar zijn: vergelijkend warenonderzoek, kiezen van een materiaal op grond van de materiaaleigenschap "sterkte", veiligheidsaspecten (remmen en verlichting) bij het kopen van een fiets, de effectiviteit van maatregelen voor warmte-isolatie van een woning, veiligheidsaspecten (het

PLAATS EN KARAKTER VAN HET THEMA

voorkomen van brandgevaar) bij de elektrische huisinstallatie. De centrale vraag in het thema "Vergelijken" is als start van de PLON-cursus in 4 en 5-HAVO gekozen, omdat "eerlijk vergelijken" een wezenlijk aspect is van het doen van onderzoek en ook in de volgende thema's een rol speelt. Expliciete aandacht voor "eerlijk vergelijken" is ons inziens noodzakelijk, omdat in het PLON-materiaal voor MAVO en HAVO/VWO-onderbouw dit aspect van onderzoek doen slechts impliciete aandacht krijgt (evenals in de meeste andere natuurkunde-methodes voor MAVO en HAVO/VWO-onderbouw).

2.2 Werkvormen.

Leerlingen die in de MAVO of in HAVO/VWO-onderbouw met PLON-materiaal gewerkt hebben, zullen gewend zijn aan werkvormen als werken in kleine groepen, rapporteren, klassediscussie enz. Leerlingen die langs een andere weg in 4 HAVO zijn "ingestroomd" hebben deze ervaringen in de meeste gevallen niet of minder.

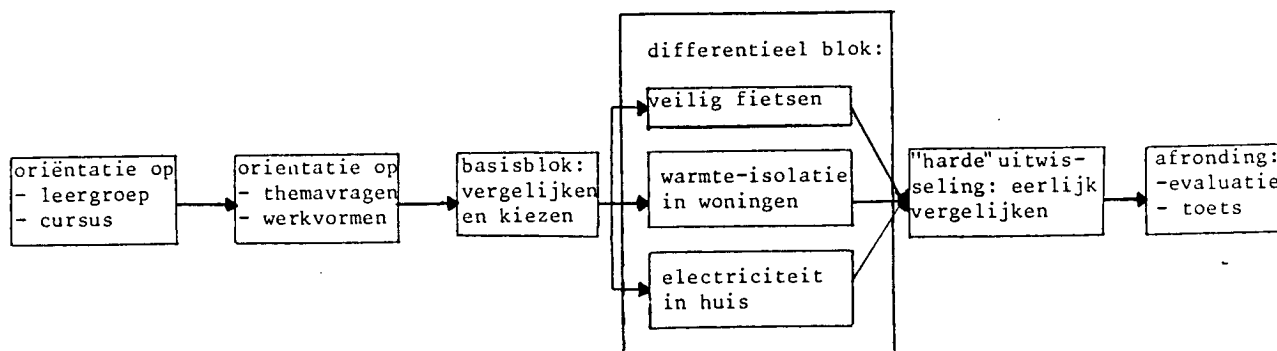
Het werken aan het thema "Vergelijken" biedt de kans om deze ervaringen op te doen. De begeleidende rol van de leerkracht moet er op gericht zijn om de leerlingen dit soort verschillen naar elkaar toe te laten verduidelijken en te leren hanteren, zodat ze noch de onderlinge samenwerking belemmeren, noch voor de individuele leerling belemmerend blijven werken voor het meedoen aan de PLON-lessen.

Het accent ligt dus bij het maken van een "nieuwe start" in 4-HAVO wat betreft het (zelfstandig) werken in groepen, rapporteren enz. Hoge eisen aan de *overdracht* van (tijdens het werken in groepen) verworven fysisch-inhoudelijke kennis verdragen zich niet met het oriënterend karakter van het thema wat betreft de werkvormen in de PLON-cursus voor 4 en 5-HAVO.

3. GLOBALE OPZET VAN HET THEMA

3.1 Thema-structuur.

De structuur van het thema "Vergelijken" kan als volgt worden weergegeven:



PLAATS EN KARAKTER VAN HET THEMA

De centrale themavragen van "Vergelijken" zijn in het kort als volgt te omschrijven:

- hoe ziet jullie leergroep er uit?
 - hoe ziet PLON-natuurkunde (in 4 en 5-HAVO) er uit?
 - wat is "eerlijk vergelijken", waarom en hoe doe je dat?
- Op deze centrale thema-vragen moet het werken aan het thema "Vergelijken" aan de leerlingen een antwoord geven.

3.2 Oriëntatie op leergroep en cursus.

Over de oriëntatie op leergroep en cursus is in het themaboek niets te vinden. Ideeën voor de vormgeving van een dergelijke activiteit zijn in deze handleiding opgenomen.

Bij deze activiteit maken leerlingen onderling kennis wat betreft hun "voorgeschiedenis": wie ben je, hoe heb je "vroeger" (aan natuurkunde) gewerkt, wat zijn je (leer)ervaringen daarmee? De uitwisseling van ervaringen leidt tot een explicitering van verschillen tussen leerlingen, op zijn minst wat betreft de inhoud van en manier van werken aan natuurkunde. Het duidelijk maken van verschillen tussen leerlingen moet de basis zijn voor een acceptatie door de leerlingen van deze verschillen, zodat ze bij het werken aan dit thema (en de daarop volgende) met deze verschillen kunnen leren omgaan. Aansluitend op het verduidelijken van de verschillen tussen leerlingen wordt ingegaan op het karakter van de PLON-cursus voor 4 en 5-HAVO: welke keuzes zijn gemaakt wat betreft de inhoud van de cursus (thematisch tegenover schematisch, relevante natuurkunde voor situaties in het dagelijks leven, wisselwerking natuurkunde, techniek en samenleving) en wat betreft de manier van werken (vaardigheden als zelfstandig leren en onderzoeken, werken in groepen (leren met elkaar), rapporteren (leren van elkaar) en daarnaast de keuze-mogelijkheden). De oriëntatie op leergroep en cursus wordt afgesloten met een weergave van het cursusplan.

3.3 Oriëntatie op thema-vragen en werkvormen.

De oriëntatie op de themavragen en werkvormen is opgenomen in het themaboek (hoofdstuk 1).

Deze oriëntatie beperkt zich tot de fysieke themavraag: "wat is "eerlijk vergelijken", waarom en hoe doe je dat?"

Een leestekst met enkele opdrachten rond "eerlijk vergelijken" (of juist niet!) (paragraaf 1.1) moet de leerlingen het belang van deze centrale themavraag duidelijk maken.

De manier van werken aan het thema wordt in het themaboek beschreven (paragraaf 1.2). Afwijkingen van de in deze leestekst beschreven manier van werken moeten naar de leerlingen toe gemotiveerd worden.

PLAATS EN KARAKTER VAN HET THEMA

3.4 basisblok "vergelijken en kiezen"

De leesteksten en activiteiten in het basisblok "vergelijken en kiezen" van het themaboek (hoofdstuk 2) zijn gericht op een verduidelijking van het begrip "eerlijk vergelijken". Aan de hand van enkele voorbeelden van "vergelijkend warenonderzoek" (paragraaf 2.1 en 2.2) wordt ingegaan op:

- de factoren die mogelijk bij een keuze een rol spelen (waaronder ook menselijke *waarden*);
- het kiezen van een (zo eerlijk mogelijke) vergelijkingsgrootheid (bijv. energiegebruik per kg wasgoed bij een wasmachine);
- het kiezen van een (standaard) meetmethode (bijv. bij het vergelijken van energie- en watergebruik bij afwassen met een afwasmachine en afwassen "met de hand").

Daarna wordt een overgang gemaakt naar vergelijkend onderzoek in de natuurkunde rond de materiaaleigenschap "sterkte" (paragraaf 2.3). Rond dit onderwerp komen de leerlingen in aanraking met het opzetten van een - eenvoudig - vergelijkend onderzoek:

- het definiëren van de eigenschap;
- het inventariseren van de factoren die mogelijk invloed hebben op de te onderzoeken eigenschap;
- het opstellen van een meetplan, met als belangrijk aandachtspunt de "scheiding van variabelen";
- het verwerken van meetresultaten in diagrammen en het formaliseren daarvan tot formules vanuit het denken in evenredigheden (uitgewerkt in bijlage 1 en 2 van het themaboek);
- het vaststellen van een goede vergelijkingsgrootheid voor de onderzochte eigenschap.

Bij de beschrijving van het onderzoek naar de "sterkte" van materialen is geprobeerd een middenweg te vinden tussen een gesloten opzet (kookboek) en een volledig open opzet. De verschillende fasen in het onderzoek worden globaal aangegeven, met enkele aanwijzingen voor de praktische uitvoering.

Het hoofdstuk wordt afgesloten met een oriëntatie op het *kies*zen van een onderwerp voor het werken in de differentiële periode (paragraaf 2.4).

3.5 differentiële blok: veilig fietsen, warmte-isolatie, elektriciteit in huis

Het differentiële blok in het themaboek (hoofdstuk 3 t/m 5) gaat dieper in op "eerlijk vergelijken" in praktische situaties. Dezelfde elementen van "eerlijk vergelijken" als uit het basisblok komen aan bod, maar in een andere, in een aantal gevallen duidelijk meer complexe situatie: veiligheidsaspecten bij een fiets (remmen en verlichting), warmte-isolatie in woningen en veiligheidsaspecten (het voorkomen van brandgevaar) bij de elektrische huisinstallatie.

De opzet van de onderzoeken is dezelfde als in het basisblok: de verschillende fasen in elk onderzoek worden globaal aangegeven met enkele aanwijzingen (soms in de vorm van vragen) voor de praktische uitvoering.

Elk hoofdstuk wordt afgesloten met een rapportage-opdracht, gericht op de "harde" uitwisseling.

3.6 "harde" uitwisseling: eerlijk vergelijken

Met een "harde" uitwisseling wordt bedoeld dat leerlingen tijdens deze activiteit iets van elkaar leren. In dit geval gaat het niet om het gemeenschappelijk maken van fysisch inhoudelijke leerwinst (zoals een formule voor de K -waarde van isolatiematerialen of de achtergrond van de voorschriften voor de doorsnede van elektriciteitsleidingen), maar om de fysisch methodologische leerwinst: welke problemen kom je tegen bij het opzetten en uitvoeren van een vergelijkend onderzoek, hoe verwerk je meetresultaten tot formele verbanden tussen grootheden (formules) enz. De rapportage-opdrachten aan het eind van elk hoofdstuk in het differentiële blok wijzen dan ook in deze laatste richting.

De op de rapportages volgende samenvatting van het thema richt zich dan ook voornamelijk op "eerlijk vergelijken" als een methode in de natuurwetenschappen om uitspraken, conclusies over stoffen en hun eigenschappen te onderbouwen.

3.7 afronding

Een evaluatie van het werken aan het thema "Vergelijken" zal zich richten op de ervaren leerzaamheid van het thema en op de ervaringen van de leerlingen met de gebruikte werkvormen: wat heb je geleerd, wat vond je goed en minder goed gaan, wat zou je bij het werken aan het volgende thema anders willen zien, doen, horen?

Daarnaast kan een toets afgenomen worden over het thema. Een toets zal in elk geval een aantal gemeenschappelijke vragen bevatten rond "eerlijk vergelijken" (vergelijkend warenonderzoek en vergelijkend materiaalonderzoek) of bestaan uit een praktikum-toets. In de toets kan een differentieel gedeelte ingebouwd worden, met vragen die op de fysisch inhoudelijke aspecten van de hoofdstukken in het differentiële blok ingaan. De bij een bepaald hoofdstuk behorende vragen hoeven alleen door die leerlingen die aan dat hoofdstuk gewerkt hebben, beantwoord te worden.

LEERSTOF EN VAARDIGHEDEN

In het startthema "Vergelijken" in de PLON-cursus voor 4 en 5-HAVO is één van de hoofddoelen, dat de van her en der naar 4-HAVO gestroomde leerlingen kennis maken met elkaar en met PLON-onderwijs. "Met elkaar" houdt in dit verband in: als *individu* en als *vertegenwoordig(st)er van een tot nu toe ervaren onderwijssysteem*.

Er moet sprake kunnen zijn van (ruimte gereserveerd zijn voor) uitwisseling en (gedeeltelijke) gelijkschakeling van met name vaardigheden als zelfstandig onderzoek doen, werken in groepen, rapporteren.

Uit ervaring is gebleken dat er verschillen tussen de leerlingen aan het begin van 4-HAVO zijn: verschillen in verwachting ten aanzien van de uitkomst van het onderwijs en verschillen in kennis en vaardigheden.

- *Verschillen in verwachting.*

Leerlingen die zijn doorgestroomd vanuit een MAVO of HAVO/VWO-onderwijs waar PLON-materiaal gebruikt wordt, zien de bovenbouw als een voortzetting van het "natuurkundig bezig zijn" dat hen vertrouwd is. De leerlingen die vanuit 4-MAVO zijn overgestapt (en niet met PLON-materiaal gewerkt hebben), hebben een afsluitend examen achter de rug. De werkwijze tijdens de natuurkundelessen en de inhoud van die lessen heeft daardoor zijn waarde bewezen. Bij hun voorbereiding op het HAVO-examen zullen zij een voortzetting van die (sterk gestructureerde, formele?) aanpak verwachten.

- *Verschillen in kennis en vaardigheden.*

De leerlingen die op de MAVO of HAVO/VWO-onderbouw met PLON-materiaal gewerkt hebben, hebben een zekere bekendheid met een onderzoeksgerichte werkwijze en hebben zich een grotere vaardigheid eigen gemaakt in het hanteren van experimentele meetsituaties, het rapporteren van eigen leerervaringen enz. Ze zijn zelfstandiger in het opereren in "opener" onderwijssituaties. Ze hebben echter een veel geringere hoeveelheid parate kennis van fysische formules dan leerlingen die hun deelname aan het reguliere MAVO-4 examen met succes bekroond hebben gezien.

Met het startthema "Vergelijken" hebben we een aantal doelen voor ogen gehad.

Een belangrijk doel is, dat de van her en der naar 4-HAVO gestroomde leerlingen kennis maken met elkaar, met hun verschillen in verwachting en met hun verschillen in kennis en vaardigheden: een uitwisseling van elkaars schoolervaringen en verwachtingen wat betreft de cursus in 4 en 5-HAVO. Met deze uitwisseling moet een begin gemaakt worden bij de start van het thema, maar ook gedurende het werken daaraan. Leerlingen moeten de gelegenheid krijgen om te leren met hun onderlinge verschillen om te gaan. Moeten leren om medeleerlingen niet meteen een meter "af te pakken" als blijkt dat hij/zij nog weinig ervaring heeft met het omgaan met dat apparaat. Moeten leren om te gaan met misschien een wat stuntelige rapportage van een groep die zoiets voor het eerst doet.

Een tweede doel van het thema "Vergelijken" is dat leerlingen zicht krijgen op de inhoud van en werkwijze tijdens de PLON-cursus in 4 en 5-HAVO. De verwachtingen van leerlingen, of die nu wel of niet met PLON-materiaal gewerkt hebben, zullen waarschijnlijk in meerdere of mindere

mate bijgesteld moeten worden. Natuurkunde in technologisch/maatschappelijke contexten (maar ook meer kwantitatieve, formelere natuurkunde dan in de onderbouw) en meer aandacht voor het opbouwen van experimentele en communicatieve vaardigheden, zijn elementen uit de PLON-cursus voor 4 en 5-HAVO die niet binnen het verwachtingspatroon van alle leerlingen vallen. Het werken aan "Vergelijken" moet wat deze aspecten betreft een meer "gelijke" beginsituatie voor de leerlingen scheppen.

Om een meer of minder gelijk "startniveau" voor de leerlingen in 4-HAVO te bereiken, zijn in het thema "Vergelijken" activiteiten opgenomen rond vaardigheden als zelfstandig onderzoeken, omgaan met meetapparatuur, kiezen en rapporteren. Daarbij zijn de in het themaboek beschreven onderzoeken een tussenvorm tussen gesloten en open opdrachten. Gesloten opdrachten zouden voor de leerlingen die tot nu toe met PLON-materiaal gewerkt hebben een te grote "teruggang" betekenen. Volledig open opdrachten kunnen onoverkomelijke problemen opleveren voor leerlingen die tot nu toe weinig of niet met experimentele situaties geconfronteerd zijn.

De aandacht voor fysisch methodologische kennis (eerlijk vergelijken, formaliseren) zal waarschijnlijk voor de meeste leerlingen "nieuw" zijn, of op z'n minst vroegere ervaringen in een breder kader plaatsen. Op deze manier hopen we een beginsituatie te scheppen wat betreft kennis en vaardigheden die voldoende voorwaarde is voor een zinvol werken gedurende de rest van de cursus (met een acceptatie van de onderlinge verschillen).

Het thema is "leerstofvrij" in die zin, dat de fysische inhouden géén onderdeel vormen van het "experimentele examenprogramma HAVO" (eep-HAVO), waarop de examens voor PLON-HAVO proefscholen gebaseerd zijn.

Voor zover een deel van de fysische inhouden uit het thema "Vergelijken" wél in het eep-HAVO voorkomen, worden deze onderwerpen in volgende thema's nog eens uitgebreid aan de orde gesteld. Het thema is echter niet geheel leerstofvrij: de fysisch methodologische kennis en vaardigheden (eerlijk vergelijken/onderzoeken, diagrammen maken, formaliseren enz.) is te beschouwen als een voor alle leerlingen gemeenschappelijk leerdoel. In het eep-HAVO vallen deze kennis en vaardigheden onder het hoofdstuk "vaardigheden in de HAVO-bovenbouw cursus".

LESSENPLAN

Het hieronder weergegeven, globale lessenplan is gebaseerd op een totaal van 12 lessen voor het thema "Vergelijken".

structuur van het thema	tijdsduur in lessen	materiaal component	leerlingactiviteiten
<pre> graph TD A[oriëntatie op - leergroep - cursus] --> B[oriëntatie op - themavragen - werkvormen] B --> C[basisblok: vergelijken en kiezen] C --> D[differentieel blok] D --> E["harde" uitwisseling: eerlijk vergelijken] E --> F[afronding: - evaluatie - toets] D --> D1[veilig fietsen] D --> D2[warmte-isolatie in woningen] D --> D3[elektriciteit in huis] </pre>	1½ ½ 2 5 2 1	themaboek, hoofdstuk 1 themaboek, hoofdstuk 2 themaboek, hoofdstukken 3 t/m 5	• onderwijservaringen en -verwachtingen uitwisselen in kleine groepen en daarover rapporteren • luisteren naar informatie van de leerkracht over de PLON-cursus in 4 en 5-HAVO • tekst hoofdstuk 1 lezen en opdrachten 1 t/m 3, par. 1.1 voorbereiden (thuis) • opdracht 1 t/m 3 par. 1.1 bespreken in kleine groepen • tekst hoofdstuk 2 lezen (thuis) • opdrachten par. 2.1 en 2.2 uitvoeren in kleine groepen (opdracht 4 par. 2.2 thuis) • opdrachten 1 t/m 4 par. 2.3 (waaronder het "sterkte-onderzoek") uitvoeren in kleine groepen • opdrachten 5, 6 par. 2.3 uitvoeren (thuis) • meedoen met een klassediscussie over hoofdstuk 2 (eerlijk vergelijken) • keuze voor één van de hoofdstukken 3 t/m 5 voorbereiden (thuis) • keuze maken voor één van de hoofdstukken 3 t/m 5 • onderzoeksgroepen formeren • afspraken maken binnen de onderzoeksgroepen over inhouden werkwijze, taakverdeling, tijdplanning enz. • tekst hoofdstukken 3, 4 en 5 lezen en opdrachten (onderzoeken, verwerkingsopgaven) • rapportage voorbereiden • rapporteren over fysisch methodologische aspecten van het werken aan één van de hoofdstukken 3 t/m 5 • luisteren naar rapportages van medeleerlingen • meedoen met klassediscussie, gericht op het maken van een samenvatting • het werken aan het thema evalueren • toets maken

In bijlage D6 zijn een viertal lessenplannen opgenomen, opgesteld door proefscholen voor gebruik gedurende de cursus 84-85.

OPMERKINGEN PER HOOFDSTUK/ORIENTATIE

In dit hoofdstuk worden de verschillende onderdelen van het op blz. 12 weergegeven lessenplan nader uitgewerkt. Per lessenplan-onderdeel komen achtereenvolgens aan de orde:

- bedoeling
- leerlingactiviteiten
- didactische aanwijzingen

Antwoorden op in het themaboek opgenomen (verwerkings)vragen zijn opgenomen in bijlage D7.

Voor aanwijzingen over de leerlingexperimenten verwijzen we naar de apparatuurgids.

<i>uitwerking lessenplan voor de oriëntatieperiode</i>		
lesnr.	onderdeel	tijdsduur in minuten
1	kennismaking leerkracht/leerlingen, mededelingen enz.	15
	kennismaking leerlingen onderling (onderwijservaringen en -verwachtingen)	10
	(aansluitende) klassediscussie en samenvatting	20
	huiswerk: hoofdstuk 1 lezen, opdracht 1 t/m 3 par. 1.1 voorbereiden	
2	oriëntatie op PLON-cursus in 4 en 5-HAVO	20
	vragen stellen over hoofdstuk 1	5
	opdracht 1 t/m 3 par. 1.1 in kleine groepen bespreken	15
	opdracht 3 par. 1.1 klassikaal bespreken	5
	huiswerk: hoofdstuk 2 lezen, opdracht 1 par. 2.1, opdracht 1 t/m 3 par. 2.2, opdracht 1 en 2 par. 2.3 voorbereiden	

1. ORIENTATIE OP LEERGROEP EN CURSUS

Bedoeling

- Kennismaking tussen de leerlingen onderling wat betreft onderwijservaringen en verwachtingen ten aanzien van het natuurkundeonderwijs in 4 en 5-HAVO. Deze kennismaking is het begin van een proces van het leren accepteren van verschillen tussen leerlingen en het flexibel en creatief omgaan met die verschillen.
- Kennismaking door de leerlingen met de PLON-keuzes wat betreft inhoud, werkvormen en vaardigheden zoals die voor de PLON-cursus in 4 en 5-HAVO gemaakt zijn.

Leerlingactiviteiten.

In dit deel van de oriëntatieperiode staan een drietal leerlingactiviteiten centraal:

- onderwijservaringen en -verwachtingen uitwisselen in kleine groepen;
- rapporteren over de uitkomsten van die uitwisseling;
- luisteren naar informatie van de leerkracht over de PLON-cursus in 4 en 5-HAVO.

ORIENTATIE

Didaktische aanwijzingen.

Het uitwisselen van onderwijservaringen en -verwachtingen kan het beste plaats vinden in kleine groepen (3 à 4 leerlingen), die divers zijn samengesteld (leerlingen uit MAVO, HAVO/VWO-onderbouw, zittenblijvers in 4-HAVO, wel of niet eerder met PLON-materiaal gewerkt). De leerlingen kunnen elkaar "interviewen" met behulp van vragen als:

- wie ben je?
- hoe heb je hiervoor natuurkundeles gehad?
- wat heb je daarvan geleerd?
- wat heb je daarin gemist?
- welke verwachtingen heb je van een natuurkunde-cursus in 4 en 5-HAVO?

In een aansluitend klasgesprek kunnen leerlingen vanuit de verschillende groepen rapporteren over de door hen geconstateerde verschillen wat betreft kennis (bijv. veel of weinig formulewerk), vaardigheden (bijv. veel of weinig proeven gedaan, vaak of nooit gerapporteerd over eigen leerervaringen) en werkvormen (bijv. voornamelijk luisteren en kijken naar de leerkracht of veel zelfstandig werken). Als afsluiting van het klasgesprek kun je de verschillen samenvatten en op het bord zetten, en aangeven dat het zinrijk is om tijdens de natuurkundelessen die volgen rekening te houden met de verschillen in achtergrond tussen de leerlingen. Dat de leerlingen zelf rekening houden met die verschillen is alleen zinrijk als zij direct met elkaar te maken krijgen, samen dingen moeten gaan doen. (Bij een consumptief onderwijspatroon doen die verschillen minder terzake.)

Hiermee is een soepele overstap te maken naar het geven van informatie over de PLON-cursus in 4 en 5-HAVO. De volgende elementen zouden daarbij aan bod kunnen komen als cursuskenmerken.

- Natuurkunde-onderwijs dat de leerling toont welke samenhangen er zijn tussen natuurkunde en zijn eigen omgeving, de samenleving en ontwikkelingen in de technologie: een cursus rond *thema's*.
- Natuurkunde-onderwijs dat leerlingen toont hoe natuurkunde "in zijn werk gaat": een cursus waarin de leerling *onderzoekend bezig* is te ontdekken welke de samenhang is tussen de hem omringende verschijnselen.
- Natuurkunde-onderwijs waarin ruimte is gereserveerd voor *verschillen tussen leerlingen*, doordat zo'n 15 à 20 % van de totale lestijd keuzeperiode is. In 4-HAVO staan de keuze-perioden per thema in het licht van de zelfontdekking van de leerling rond aspecten van bezig zijn met natuurkunde en het eigen leergedrag daarin. In 5-HAVO is de keuze-periode bedoeld voor verdere uitbreiding van kennis van leerstof en vaardigheden in de richting van de individuele keuzen, bijv. keuze van vervolgopleiding door de leerling.

Een dergelijke cursus moet leiden tot het (zoveel mogelijk) realiseren van de volgende einddoelen:

- Leerlingen moeten in staat zijn om een aantal basisconcepten, een aantal onderzoeksvaardigheden toe te passen op een samenhangende en efficiënte manier wanneer ze voor een probleem worden gesteld, *zelfstandig probleemoplossend* bezig zijn.
- Leerlingen moeten in staat zijn om in groepen samen te werken. Daarbij gaat het om gebruik maken van taakverdelingen - verdeling van werkzaamheden en verantwoordelijkheden - en onderlinge uitwisseling van

ORIENTATIE

resultaten en verkregen inzichten, waardoor sprake is van een functionerende taakgroep die probleemoplossend bezig is:

functioneren in taakgroepen.

- Leerlingen moeten in staat zijn zich een mening te vormen over een (controverciële) kwestie in de samenleving, waarin natuurkunde als activiteit van mensen een wezenlijke rol speelt, gespeeld heeft of kan gaan spelen.

Bij de totstandkoming van de standpuntbepaling maakt de leerling gebruik van een aantal aangeleerde vaardigheden en van inzicht in begrippen uit de natuurkunde en technologie: *kieszen van een standpunt* op basis van kennis van en inzicht in gegevens.

Een tweetal achtergrondartikelen over de PLON-cursus in 4 en 5-HAVO zijn als bijlagen I1 en I2 in deze AVOL opgenomen.

2. ORIENTATIE OP THEMAVRAGEN EN WERKVORMEN (THEMABOEK, HOOFDSTUK 1).

Bedoeling

- Oriënteren op de centrale fysische themavraag: "wat is "eerlijk vergelijken", waarom en hoe doe je dat?"
- Oriënteren op de manier van werken aan het thema.

Leerlingactiviteiten.

In hoofdstuk 1 van het themaboek staan twee leerlingactiviteiten centraal:

- Lezen van een tekst over "eerlijk vergelijken" en kiezen en van een tekst over de structuur van het thema en de manier van werken tijdens het thema.
- Het uitvoeren van enkele opdrachten en bespreken daarvan in kleine groepen.

Didaktische aanwijzingen.

De teksten van hoofdstuk 1 kunnen door de leerlingen thuis gelezen worden. Aansluitend daarop moet de mogelijkheid van het stellen van (informatieve) vragen aanwezig zijn.

De opdrachten 1 en 2 in paragraaf 1.1 oriënteren op het zoeken naar een eerlijke vergelijkingsgrootheid voor het energiegebruik in huis (opdracht 1) en voor brandstofprijzen (opdracht 2). De leerlingen kunnen in kleine groepen hun (thuis voorbereide) antwoorden/ideeën met elkaar bespreken. Een klassikale bespreking van beide opdrachten is niet noodzakelijk.

ORIENTATIE

Deze oriëntatie kan afgesloten worden met een klassikale inventarisatie van door leerlingen aangedragen voorbeelden van "oneerlijk vergelijken" (opdracht 3); de krant is vaak een aardige bron voor dit soort vergelijkingen. (Overigens is het goed mogelijk dat deze opdracht op dit moment nog te hoog gegrepen is.)

Gids door een woud van apparaten

Autofabrikanten schermen de laatste jaren meer met het geringe brandstofgebruik van hun producten dan met acceleratie en grote toeters. Bij fabrikanten van huishoudelijke apparatuur lijkt *verbruik* geen belangrijke rol te spelen. Of ze kunnen gewoon geen goede machines bouwen. Sommige.

De VEEN (vereniging van elektriciteitsbedrijven) heeft een nieuwe serie *energiewijzers* uitgegeven waarmee consumenten verschillende apparaten met elkaar kunnen vergelijken. Het is al de vierde serie, maar voor het eerst staan er

ook de bruto adviesprijzen van de fabrikant bij, dat maakt de contrasten nog groter dan ze al waren.

Een paar in het oog lopende verschillen: de ene afwasmachine gebruikt voor het schoonspoelen van *twalf couverts* 28 liter water, de andere heeft daar meer dan het dubbele voor nodig: 57 liter. De prijsverschillen tussen afwasmachines zijn heel groot en er zijn verbazingwekkende uitschieters in stroomverbruik.

De wasautomaat TX310R van Siwa wast 4,5 kilogram witte was op negentig graden met 90 liter water. Hij gebruikt 2,3 kiloWatt per uur. Hij kost 2200 gulden. Maar van dezelfde fabrikant is er de TA968R voor 1435 gulden. Die gebruikt 3 kW elektriciteit en doet vijf kilo was in maar liefst 165 liter water. Eigenaardig. De Bauknecht WA6600 gebruikt nog

meer stroom, maar iets minder water, 103 liter voor 4,5 kilo wasgoed. De Miele W783 valt vooral op door zijn prijs, meer dan 3,5 duizend gulden.

De energiewijzers bevatten gegevens van 183 (!) verschillende wasautomaten die hier op de markt zijn, van 85 (!) afwasmachines, van 285 (!) diepvriezers en van zelfs 390 (!) koelkasten. En aan de energiewijzers alleen heb je nog niet eens genoeg. Goed dat ze er zijn, zegt de Consumentenbond, maar er ontbreken toch nog gegevens. Vooral over hoe lang zo'n ding meegaat en of de wasmachines ook inderdaad een beetje fatsoenlijk wassen. De bond meent dat consumenten naast de energiewijzers ook oude nummers van de Consumentengids moeten raadplegen of rapporten opvragen. De fabrikanten maken het dus de aanschaffers nog steeds veel te lastig.

Aansluitend op deze oriëntatie op themavragen en werkvormen kun je het 'natuurkundig beginniveau' van de leerlingen bepalen met behulp van een *instaptoets*. Een voorbeeld van zo'n instaptoets is opgenomen als bijlage D8. Met deze toets kun je bijv. bepalen hoeveel moeite de verschillende leerlingen hebben met in het thema min of meer vooronderstelde vaardigheden als werken met eenheden, het bedenken van eenvoudige proeven, het werken met diagrammen en formules, het bouwen van eenvoudige elektrische schakelingen enz. Op grond van de resultaten op de instaptoets kun je besluiten een aantal leerlingen een extra oefening in dit soort zaken op te geven (zie bijv. bijlage D9) of bij het werken aan het thema extra aandacht te besteden aan gesignaleerde zwakke punten bij verschillende leerlingen.

OPMERKINGEN PER HOOFDSTUK/BASISBLOK VERGELIJKEN EN KIEZEN

<i>Uitwerking lessenplan voor het basisblok</i>		
lesnr.	onderdeel	tijdsduur in minuten
3	klassediscussie opdracht 1 par. 2.1	5
	opdracht 1 t/m 3 par. 2.2 in kleine groepen bespreken	10
	(aansluitende) klassediscussie	5
	introdactie sterkte-onderzoek (w.o. klassikale bespreking opdracht 1 en 2 par. 2.3)	5
	opstellen meetplan bij opdracht 3 par. 2.3 in kleine groepen	10
	(aansluitende) klassediscussie en taakverdeling	10
4	uitvoeren onderzoek opdracht 3 par. 2.3	30
	(aansluitende) rapportage onderzoeksresultaten	5
	uitleg formaliseren en bespreking opdracht 4 par. 2.3	10
	huiswerk: opdracht 5 par 2.3, bijlage 2, hoofdstuk 3 t/m 5 doorsnuffelen	
	facultatief: opdracht 4 par. 2.2, opdracht 6 par. 2.3	

Bedoeling

- Oefenen in "eerlijk vergelijken" naar aanleiding van de resultaten van vergelijkend warenonderzoek en vergelijkend onderzoek naar een materiaaleigenschap.
- Het kiezen van een onderzoeks-onderwerp voor de differentiële periode.

Leerlingactiviteiten.

In hoofdstuk 2 komen de volgende leerlingactiviteiten voor:

- Lezen van teksten over "vergelijkend" warenonderzoek en vergelijkend onderzoek naar materiaaleigenschappen in de natuurkunde.
- Onderzoek doen naar het water- en energiegebruik bij afwassen met de hand en naar de sterkte van materialen. Bij dit onderzoek staat "eerlijk vergelijken" centraal: variabelen inventariseren, onderzoek door middel van scheiding van variabelen, meetresultaten verwerken in diagrammen, formaliseren, vergelijkingsgrootheid kiezen.
- Verwerkingsopdrachten uitvoeren en bespreken.
- Oriënteren op de onderwerpen voor de keuzeperiode.

BASISBLOK VERGELIJKEN EN KIEZEN

Didaktische aanwijzingen.

Aan het eind van de tweede les kan de leerlingen als huiswerkopdracht het lezen van hoofdstuk 2 worden meegegeven. Ze krijgen daardoor een beeld van inhoud en activiteiten voor de komende twee lessen.

Daarnaast kunnen ze zich voorbereiden op een bespreking van opdracht 1, paragraaf 2.1, de opdrachten 1 t/m 3 paragraaf 2.2 en de opdrachten 1 en 2 paragraaf 2.3.

Het werken aan het basisblok kan in de derde les beginnen met een korte klassikale inventarisatie van situaties die leerlingen bij het kopen van een apparaat zelf hebben meegemaakt en de criteria die bij zo'n keuze een rol spelen (opdracht 1, paragraaf 2.1).

De uitwerking van de opdrachten rond het vergelijkend warenonderzoek naar wasmachines (opdracht 1 t/m 3, paragraaf 2.2) kan door de leerlingen in kleine groepen besproken worden, gevolgd door een korte klassediscussie (waarin het accent ligt op het kiezen van vergelijkingsgrootheden en de invloed die deze al dan niet hebben op een uiteindelijke keuze).

Het vergelijken van energie- en watergebruik bij afwasmachines en afwassen met de hand (opdracht 4, paragraaf 2.2) kan door een groepje leerlingen thuis uitgevoerd worden (als er een groepje is, dat het leuk vindt om dit te doen). Het resultaat van hun onderzoek kan in één van de volgende lessen in de vorm van bijv. een muurkrant in de klas worden opgehangen.

Het tweede deel van de derde les wordt gebruikt om het uitvoeren van het onderzoek naar de sterkte van een draad (opdracht 3, paragraaf 2.3) voor te bereiden. Als introductie op deze activiteit kan de nadruk gelegd worden op de definitie van de te onderzoeken grootheid (opdracht 2, paragraaf 2.3).

Na die introductie zijn er twee mogelijkheden om verder te gaan:

- de leerlingen maken in kleine groepen een meetplan voor het onderzoek naar de sterkte van een draad, de meetplannen worden klassikaal besproken en er wordt een taakverdeling voor de volgende les afgesproken: welke groep onderzoekt de invloed van de draaddoorsnede op de maximale trekkracht, welke groep de invloed van de draadlengte....?
- de leerlingen maken in kleine groepen een meetplan, bespreken dit meetplan met de leerkracht en voeren het volledige meetplan uit.

Het "arbeidsverdelend" groepswerk uit de eerste mogelijkheid maakt leerlingen wat betreft de onderzoeksresultaten van elkaar afhankelijk, hun verantwoordelijkheid voor een goede uitvoering van hun onderdeel van het onderzoek is groter. Bovendien geeft deze mogelijkheid, door de klassikale momenten die erin opgenomen zijn, een grotere controle van de leerkracht op het proces, wat in het beginstadium van leren "eerlijk vergelijken" geen overbodigheid lijkt.

Belangrijk voor het vervolg van de activiteit (onderzoek uitvoeren, meetresultaten formaliseren tot relaties, conclusies trekken) is de kwaliteit van het opgestelde meetplan. In bijlage D10 is een voorbeeld-meetplan voor dit treksterkte-onderzoek opgenomen.

In het eerste deel van de vierde les voeren de leerlingen het onderzoek uit. Daarna volgt een rapportage van de verschillende groepen over hun onderzoeksresultaten (in dit geval met het accent op de conclusies, aangezien de methode van onderzoeken - het meetplan - al voorbesproken is). Over het formaliseren van de onderzoeksresultaten kun je als leerkracht kort vertellen (een uitgebreider, door de leerlingen zelf te bestuderen, verhaal daarover staat in bijlage 1 en 2 van het themaboek), met ter afsluiting een behandeling van treksterkte als maat voor de sterkte van een materiaal (opdracht 4, paragraaf 2.3).

BASISBLOK VERGELIJKEN EN KIEZEN

Aan het eind van de vierde les kan opdracht 5, paragraaf 2.3 als werkingsvraagstuk worden opgegeven, naast het doorsnuffelen van de hoofdstukken 3 t/m 5 (zoals beschreven in paragraaf 2.4) als voorbereiding op de te maken keuze voor één van die drie hoofdstukken in de differentiële periode.

De opdracht over treksterkte en blijvende vervorming (opdracht 6, paragraaf 2.3) kan door een groepje leerlingen die daarin geïnteresseerd zijn buiten lestijd gedaan worden. Het resultaat kan door middel van een muurkrant gepresenteerd worden.

Het basisblok 'Vergelijken en kiezen' legt de basis voor de onderzoeken van de leerlingen in de hoofdstukken 3, 4 en 5. Daarbij gaat het om een aantal in het Experimenteel PLON Examenprogramma HAVO (EPEP/HAVO) beschreven onderzoeks- en algemene vaardigheden:

A. ONDERZOEKSVAARDIGHEDEN ¹⁾	
A.1 experiment voorbereiden:	A.11 hypothese stellen A.12 onderzoeksvraag (werkvraag) formuleren A.13 experiment ontwerpen (apparatuur kiezen, werkplan maken, resultatenverwerking voorbereiden)
A.2 experiment uitvoeren:	A.21 apparatuur correct tot opstelling formen A.22 metingen correct uitvoeren (aflezen van instrumenten, meetgrenzen vastleggen)
A.3 experiment evalueren:	A.23 meetresultaten overzichtelijk opslaan A.31 meetresultaten verwerken tot relaties (kwalitatief, kwantitatief) A.32 gevonden resultaten relateren aan hypothesen A.33 conclusies trekken
C. ALGEMENE VAARDIGHEDEN	
C.7 bij het vergelijken van producten en onderzoeksresultaten meerdere aspecten of karakteristieken betrekken	
C.8 mondeling en schriftelijk kunnen rapporteren	

¹⁾ Uitgebreider beschreven in het EPEP/HAVO.

Het werken aan de ontwikkeling van deze vaardigheden krijgt een vervolg in thema's als 'Weersveranderingen', 'Verkeer', 'Muziek', 'Elektrische Machines' en 'Lichtbronnen'. Gaat het in 'Weersveranderingen' alleen nog om het vaststellen van een eerlijke meetmethode voor verschillende weergrootheden, in de volgende thema's worden de onderzoeken meer complex (onderzoeken van de relaties tussen een complex van variabelen in 'Verkeer' en 'Elektrische Machines') en meer open van karakter (het onderscheid tussen de verschillende fasen van een onderzoek moet steeds meer door de leerlingen zelf aangebracht worden, de te maken keuzes (bijv. voor een meetmethode) worden minder omschreven). Ook in het verwerken van meetresultaten tot relaties zit een opbouw: gaat het in 'Vergelijken' nog om recht evenredigheden, in 'Verkeer' en 'Lichtbronnen' komen resp. de kwadratische evenredigheid, de omgekeerde en de omgekeerd kwadratische evenredigheden aan de orde.

Vooruitgang op het gebied van onderzoeks- en algemene vaardigheden wordt door leerlingen maar moeizaam als leerwinst herkend. Benadrukken van het belang van deze vaardigheden in de loop van het werken aan het basisblok 'Vergelijken en kiezen' en het stellen van duidelijke eisen (met ingebouwde controle-momenten) lijkt daarom nodig (maar waarschijnlijk in eerste instantie niet voldoende) voor het 'ombouwen' van het beeld dat een leerling heeft van leerwinst.

OPMERKINGEN PER HOOFDSTUK/DIFFERENTIËLE BLOK

<i>Uitwerking lessenplan voor het differentiële blok</i>		
lesnr.	onderdeel	tijdsduur in minuten
5	kiezen en groepen samenstellen	15
	overleg over inhouden, werkwijze, taakverdeling, tijdplanning enz.	15
	uitvoeren zelfstandig onderzoek	15
6,7,8	uitvoeren zelfstandig onderzoek	135
9	voorbereiden rapportage	45

1. ALGEMEEN

Bedoeling.

- Zelfstandig onderzoeken (in kleine groepen) met het accent op "eerlijk vergelijken".
- Oog krijgen voor de bruikbaarheid van de onderzoeksresultaten in relevante praktijksituaties.

Leerlingactiviteiten.

Als leerlingactiviteiten in deze differentiële periode kunnen genoemd worden:

- kiezen van een onderzoeksonderwerp;
- afspraken maken over inhouden, werkwijze, taakverdeling, tijdplanning enz.;
- onderzoek voorbereiden en uitvoeren, meetresultaten verwerken en zo mogelijk formaliseren
- verwerkingsopgaven maken
- rapportage voorbereiden

Didaktische aanwijzingen.

Les 5 begint met het maken van een keuze voor één van de hoofdstukken 3 t/m 5 en het vormen van de groepen.

Er zijn twee mogelijke manieren van aanpak:

- de leerlingen kiezen voor een onderwerp, en de groepen worden geformeerd op basis van *interesse*;
- de leerlingen vormen een groep op basis van voorkeur voor een bepaalde *groepssamenstelling* en proberen in onderling overleg tot een keuze voor een onderwerp te komen.

Een voordeel van de eerste methode is waarschijnlijk dat die bijdraagt tot het proces van onderlinge kennismaking van de leerlingen.

Aan het begin van de differentiële periode lijkt het zinnig de leerlingen te wijzen op de tijdplanning (het lessenplan) voor de komende lessen.

De onderwerpen in de hoofdstukken 3 t/m 5 verschillen wat in moeilijkheidsgraad. "Veilig fietsen" (hoofdstuk 3) concentreert zich vooral op de meetmethode bij "eerlijk vergelijken"; de meetresultaten zijn ongeschikt voor formaliseren. Bij "warmte-isolatie in woningen" en "Elektriciteit in huis" (resp. hoofdstuk 4 en 5) speelt formaliseren van meetresultaten een grotere rol, met name in hoofdstuk 4. In dit hoofdstuk is ook de experimentele situatie (metingen met een modelkamer) het lastigst. Mogelijk kan met deze verschillen rekening gehouden worden bij de door de leerlingen te maken keuze of bij de toewijzing van de door de leerlingen gemaakte keuzes.

2. VEILIG FIETSEN (THEMABOEK, HOOFDSTUK 3).

Er moet door de leerlingen die voor dit onderwerp gekozen hebben in verband met de beschikbare tijd een keuze gemaakt worden tussen het onderzoek naar "remmen" (paragraaf 3.2) en "zichtbaarheid" (paragraaf 3.3). Als er veel leerlingen voor dit onderwerp kiezen, kan overwogen worden de groep in tweeën te splitsen, waarbij de ene groep kiest voor het onderzoek naar remmen en de andere groep voor zichtbaarheid. De inleiding over de geschiedenis van de fiets (paragraaf 3.1) en de afsluiting van het hoofdstuk (paragraaf 3.4) kunnen voor beide groepen gemeenschappelijk zijn.

Het belangrijkste punt bij de begeleiding ligt bij het "controleren" van de door de leerlingen opgestelde meetplannen, met als voornaamste element de *meetmethode*. Met name op dit punt komt de centrale vraag "hoe vergelijk je eerlijk?" naar voren. In de ingekaderde aanwijzingen voor de onderzoeken in het themaboek worden de leerlingen door middel van vragen op aspecten van het kiezen van een juiste meetmethode opmerkzaam gemaakt. Bij het bespreken van de meetplannen met de groep(en) kunnen deze vragen als een "controle-lijst" gebruikt worden.

3. WARMTE-ISOLATIE IN WONINGEN (THEMABOEK, HOOFDSTUK 4).

Ook hier zullen door de leerlingen die dit onderwerp gekozen hebben, keuzes gemaakt moeten worden. Een voor de hand liggende mogelijkheid is het beantwoorden van slechts een deel van de verwerkingsvragen (paragraaf 4.3).

Verder is "arbeidsverdelend groepswork" een mogelijkheid bij het onderzoek "warmtestromen vergelijken" (opdracht 3, paragraaf 4.2).

DIFFERENTIEEL BLOK

Dit onderzoek is vrij tijdrovend als gevolg van de vrij lange "opwarmtijd" van de modelkamer voordat het temperatuurevenwicht met de omgeving bereikt is. Bovendien zijn er bij deze proeven wat "instelproblemen". De variabelen die invloed kunnen hebben op de warmtestroom door een wand zijn het temperatuurverschil tussen "binnen" en "buiten", de grootte van het wandoppervlak en de dikte/het soort wandmateriaal. Bij een onderzoeksmethode, gebaseerd op scheiding van variabelen, levert het eerste deelonderzoek weinig problemen op: variatie van de temperatuur in de modelkamer wordt eenvoudig bereikt door een andere instelling van het vermogen van het verwarmingselement; de beide andere variabelen zijn eenvoudig constant te houden. Het tweede deelonderzoek naar de invloed van de grootte van het wandoppervlak is lastiger: het wandoppervlak is eenvoudig te variëren (grotere modelkamer) en de dikte/het soort wandmateriaal constant houden is ook niet zo lastig; een probleem is wel het gelijk krijgen van de temperatuur in beide modelkamers. Een hulpmiddel hierbij zou kunnen zijn het maken van een *veronderstelling* over het semi-kwantitatieve verband tussen de variabelen warmtestroom en wandoppervlak: bij een tweemaal zo groot wandoppervlak is een tweemaal zo grote warmtestroom bij hetzelfde temperatuurverschil tussen "binnen" en "buiten" te verwachten. Een tweemaal zo grote warmtestroom betekent een tweemaal zo groot vermogen van het verwarmingselement. Het deelonderzoek komt dan verder neer op een *controle* van de gemaakte semi-kwantitatieve veronderstelling. Bij het derde deelonderzoek (invloed van de dikte/het soort wandmateriaal) treden soortgelijke problemen op met het constant houden (maken) van de temperatuur in de modelkamer. Bovendien is het maken van semi-kwantitatieve veronderstellingen hier niet mogelijk. Hier zal een "trial-and-error" methode gevolgd moeten worden. Overigens, voor het uitwerken van de resultaten van dit onderzoek (opdracht 4 t/m 6, paragraaf 4.2) is het bij het laatste deelonderzoek *niet* noodzakelijk om de variabelen temperatuurverschil en wandoppervlak constant te houden. De formule voor de K -waarde van een materiaal (als vergelijkingsgrootte voor de warmte-isolerende eigenschap van een materiaal) is gebaseerd op de evenredigheden tussen warmtestroom en temperatuurverschil (bij constant wandoppervlak) en tussen warmtestroom en wandoppervlak (bij constant temperatuurverschil). De berekening van de K -waarde van verschillende materialen (opdracht 6, paragraaf 4.2) als vergelijkingsgrootte kan dus gebaseerd zijn op metingen van de warmtestroom bij per materiaal verschillend temperatuurverschil en wandoppervlak. Dit laatste kan de leerlingen echter pas achteraf duidelijk worden. Voor het begrijpen van waar ze (de leerlingen) mee bezig zijn is het niet aan te raden hier vooraf de aandacht op te vestigen.

Het onderzoeken van de invloed van de dikte van het materiaal op de warmtestroom zou een mogelijkheid voor een vierde deelonderzoek bij opdracht 3, paragraaf 2.2 zijn. Het verband tussen deze grootheden is echter niet "eenvoudig" als gevolg van het feit dat de beide luchtlaagjes aan weerskanten van het isolatiemateriaal een (soms grote) invloed uitoefenen op de warmte-isolerende eigenschap van het materiaal (zoals ook in het themaboek als afsluiting van paragraaf 4.2 wordt vermeld). Deze variabele is dus in het themaboek verder niet aan de orde gesteld.

DIFFERENTIEEL BLOK

Dit is ook de achtergrond van het concentreren van het onderzoek rond warmte-isolatie rond de K -waarde als (in de praktijk gebruikte) vergelijkingsgrootte, in plaats van de meer fysische "warmtegeleidingscoëfficiënt". In bijlage I3 is informatie opgenomen over de relatie tussen de warmtegeleidingscoëfficiënt van een materiaal en de K -waarde ervan.

Begeleiding van de groep die dit onderwerp gekozen heeft is waarschijnlijk nodig bij het opstellen van het meetplan en bij het formaliseren van de onderzoeksresultaten van opdracht 3, paragraaf 4.2.

4. ELEKTRICITEIT IN HUIS (THEMABOEK, HOOFDSTUK 5).

Het kiezen uit de inhoud van hoofdstuk 5 is afhankelijk van de voorkennis die leerlingen hebben over bijv. de begrippen "weerstand" en "soortelijke weerstand". MAVO-leerlingen (al dan niet met PLON-ervaring) zijn al eerder met deze begrippen in aanraking geweest. Een deel van de onderzoeken lijkt dan overbodig (bijv. opdracht 1 t/m 4, paragraaf 5.4). Voor HAVO/VWO-leerlingen kan hetzelfde gelden (bijv. als ze in 3-HAVO/VWO uitgebreid aandacht aan "Elektrische Schakelingen" hebben besteed). In de andere gevallen kan het werken aan de verwerkingsoopdrachten (opdracht 9 t/m 15, paragraaf 5.4) beperkt worden.

Begripsproblemen kunnen zich voordoen bij het onderzoek naar de warmte-ontwikkeling in stroomdraden (opdracht 1 en 2, paragraaf 5.2). De spanning van de spanningsbron wordt door leerlingen vaak als een variabele gezien, die invloed heeft op de warmte-ontwikkeling (en niet helemaal onterecht). Het probleem is om deze variabele "buiten de deur" te houden, om het onderzoek niet onnodig ingewikkeld te maken. De spanningsbron kan daarvoor het beste gezien worden als een apparaat om de grootte van de stroom door de draad te regelen en constant te houden (maken), maar verder "buiten de meetopstelling" staat.

De tekst in het themaboek over de stroomsterkte in de elektriciteitsleidingen (volgend op de opdrachten 2 en 3, paragraaf 5.3) bij serie- en parallelschakeling is zeer beknopt. Een korte herhaling van hoofdstuk 5 uit "Elektrische Schakelingen" (blz. 21 t/m 23) kan verhelderend werken.

Als het nodig is dat leerlingen aandacht besteden aan de begrippen "weerstand" en "soortelijke weerstand" (opdracht 1 t/m 4, paragraaf 5.4), dan is het bij opdracht 4 mogelijk om arbeidsverdelend te werk te gaan. De introductie van "weerstand" en de "Wet van Ohm" (opdracht 1 t/m 3, paragraaf 5.4) wijkt overigens nogal af van de "gebruikelijke"

DIFFERENTIEEL BLOK

aanpak (zoals bijv. in het instructieboek "Elektrische Schakelingen" voor 3-MAVO/HAVO/VWO). De redenen daarvoor zijn vermeld in bijlage D11.

Begeleiding van de groep die dit onderwerp gekozen heeft is waarschijnlijk nodig bij het opstellen van de meetplannen, het formaliseren van de onderzoeksresultaten rond "soortelijke weerstand" (opdracht 5, paragraaf 5.4) en rond de "bouw" van de elektrische huisinstallatie.

Wat dit laatste betreft kan zich het volgende probleem voordoen als gevolg van de keuze voor de elektrische huisinstallatie als context voor 'elektriciteitsleer'. Volgens de 'wet van ohm' betekent een kleinere weerstand bij eenzelfde spanning een grotere stroomsterkte in het circuit. Een leerling kan dan als volgt redeneren: 'Bij een grote stroomsterkte in de leidingen van een huisinstallatie wordt gekozen voor een grotere leidingdoorsnede om de warmte-ontwikkeling te beperken. Maar: een grotere leidingdoorsnede betekent een kleinere leidingweerstand, en dus volgens de wet van ohm een grotere stroomsterkte in de leiding, en dus: een toename van de warmte-ontwikkeling! En dat was toch niet de bedoeling....' (Met evenredigheden redenerend: een verdubbeling van de leidingdoorsnede leidt tot een halvering van de leidingweerstand en daarmee tot een verdubbeling van de stroomsterkte. Als gevolg van de halvering van de leidingweerstand neemt de warmte-ontwikkeling met een factor 2 af, maar als gevolg van de stroomsterkteverdubbeling met een factor 4 toe: in totaal wordt de warmte-ontwikkeling dus verdubbeld.)

Op dit probleem wordt in het themaboek niet ingegaan. Op blz. 53 van het themaboek wordt weliswaar gesteld dat de stroomsterkte in een leiding bepaald wordt door het aangesloten apparaat, maar er wordt geen aandacht besteed aan het feit dat de stroomsterkte in een leiding vrijwel onafhankelijk is van de doorsnede ervan als gevolg van een ten opzichte van de weerstand van het op de leiding aangesloten apparaat verwaarloosbare leidingsweerstand.

Mochten leerlingen dit probleem signaleren, dan kan hen de opdracht gegeven worden eens uit te rekenen hoe groot de stroomsterkte is in het aansluitsnoer van bijv. een 40 W-lamp (leidingweerstand en weerstand van de lamp uitrekenen) en hoe die stroomsterkte verandert bij aansluiting van dezelfde lamp via een snoer met leidingen van bijv. een tweemaal zo grote doorsnede. Een dergelijke activiteit kan duidelijk maken dat de stroomsterkte in een leiding vrijwel volledig bepaald wordt door het aangesloten apparaat en wat daarvan de reden is.

OPMERKINGEN PER HOOFDSTUK/HARDE UITWISSELING

<i>Uitwerking lessenplan voor de "harde" uitwisseling</i>		
lesnr.	onderdeel	tijdsduur in minuten
10	rapportages (inclusief vragen stellen)	45
11	rapportage(s) (inclusief vragen stellen)	20
	criteria voor rapportages opstellen	10
	samenvatting maken	15

Bedoeling

- Uitwisseling van leerervaringen rond de fysisch methodologische aspecten van het werken aan de hoofdstukken 3 t/m 5 door verschillende groepen.
- Vertrouwd raken met het "spreken voor een grotere groep".

Leerlingactiviteiten

De leerlingactiviteiten bij dit onderdeel zijn:

- rapporteren;
- luisteren naar rapportages van anderen;
- criteria opstellen voor een goede rapportage;
- samenvatting maken.

Didaktische aanwijzingen.

In PLON-lessen wordt ruimte gegeven aan verschillen tussen leerlingen. Voorwaarde daarbij is dat geleerd wordt in sociaal verband. Een lastig te hanteren probleem is dan - naar de ervaring heeft geleerd - het vormgeven aan de uitwisseling van verworven kennis en ervaringen tussen leerlingen onderling, tussen leerling en leerkracht en tussen leerkracht en klas. PLON-leerlingen hebben in de voorafgaande jaren ervaring opgedaan met uitwisselingsvormen als rapportage, tentoonstelling, flappenmarkt, demonstratie-kermis, schriftelijke verslaggeving. Voor hen is rapporteren geen nieuwe ervaring. Dat kan het voor andere leerlingen wél zijn. Dit aspect van verschillen tussen leerlingen vraagt om een zorgvuldige introductie van de activiteit "rapporteren".

Het gaat bij "rapporteren" om een uitwisseling van leerervaringen: een groep kan leerervaringen opgedaan hebben, die ook voor anderen interessant zijn (zowel wat betreft fysische inhouden als wat betreft onderzoeksmethoden). Het gaat niet om het "beoordelen" van elkaar. Leerlingen moeten zich veilig voelen tijdens een presentatie, zeker in het geval dat het voor de eerste keer is. Waarschijnlijk is de mate waarin ze zich veilig voelen zowel afhankelijk van het gedrag van medeleerlingen en de leerkracht ("lastige" vragen stellen, (uit)lachen) als van het belang van de rapportage voor henzelf (bijv. in het kader van een eventuele beoordeling).

HARDE UITWISSELING

Een beoordeling van de rapportage, bijv. in de vorm van een cijfer, lijkt daarom (nog) niet op zijn plaats. Een gunstig klasseklimaat kan mogelijk geschapen worden door de in de oriëntatie-periode geconstateerde verschillen in de herinnering terug te roepen.

Een belangrijke voorwaarde voor het welslagen van de uitwisselings-fase tijdens een thema is de mate waarin het de leerlingen duidelijk is wat de leerkracht/de toehoorders van hen verwachten. In het themaboek worden aan het eind van elk van de hoofdstukken 3 t/m 5 rapportage-opdrachten gegeven, waaraan de leerlingen mogelijk enige steun kunnen ontleenen.

Deze rapportage-opdrachten zijn nogal algemeen gesteld, met name om de sterke overeenkomsten tussen de drie keuze-hoofdstukken te benadrukken. Daarbij gaat het niet om de (nogal verschillende) onderwerpen van de drie hoofdstukken, maar om de elementen van 'eerlijk vergelijken'. De uitwisseling van opgedane kennis en ervaringen is 'hard', in dié zin dat leerlingen geacht worden de verschillende elementen van 'eerlijk vergelijken' op te pikken uit de verschillende rapportages en er zonodig in een later stadium op een juiste manier mee te kunnen omgaan.

De verschillende elementen van 'eerlijk vergelijken' kunnen tijdens de rapportages op een tweetal manieren duidelijk worden:

- De leerlingen vullen hun rapportage naar eigen inzicht in. Na elke rapportage wordt (voor zover mogelijk) een deel van de in bijlage D2 opgenomen *rapportage-matrix* ingevuld door de leerkracht (overhead-projector).
- De leerlingen krijgen de vijf punten van de rapportage-matrix als (deel van) de rapportage-opdracht. Na afloop van de rapportages van alle groepen is hierdoor een volledig ingevulde rapportage-matrix ontstaan.

De tweede manier biedt waarschijnlijk het voordeel van duidelijk(er) gestructureerde rapportages, maar dwingt de leerlingen in een, hen mogelijk in eerste instantie nog vreemd keurslijf.

In beide gevallen is de ingevulde matrix een aanloop naar het uitdelen van de samenvatting van het thema (bijlage D1) of het in/met de klas maken van zo'n samenvatting, waarin de fysisch methodologische kennis en vaardigheden centraal staan. Het gezamenlijk (naar aanleiding van de rapportages) maken van zo'n samenvatting is een activiteit die de leerlingen helpt om deze elementen van 'eerlijk vergelijken' scherp(er) in beeld te krijgen.

Behalve/naast het werken met een rapportage-matrix zijn nog een aantal maatregelen denkbaar, die de duidelijkheid van de rapportages kunnen vergroten:

- de verschillende groepen leerlingen rapporteren eerst aan de leerkracht; deze kan aanwijzingen geven voor verbeteringen in de voorgenomen presentatie aan de klas (zowel wat betreft inhoud, manier van presenteren en onderlinge taakverdeling);
- de verschillende groepen leerlingen worden verplicht tot het maken van een overhead-projectortransparant of een voor alle leerlingen te kopiëren verslag(1 kantje A4) als samenvatting van de hoofdpunten van hun presentatie aan de klas.

Het lijkt zinnig om in een nabespreking de gehouden rapportages te evalueren in een klasgesprek en daarbij op grond van goede en minder goede voorbeelden (ontleend aan de gehouden rapportages) te komen tot

een (voorlopig - en later aan te vullen) lijstje van criteria waaraan een goede, duidelijke rapportage moet voldoen. De voorbereiding op de rapportage bij een volgend thema wordt daardoor vergemakkelijkt.

Overwegingen voor het houden van rapportages.

De belangrijkste overwegingen voor het integreren van rapportages in het lessenplan geven we hieronder kort weer.

- In PLON-onderwijs doen leerlingen vaak verschillende dingen; leerlingrapportages zijn dan een goed middel om de in groepjes opgedane kennis voor de klas te vergemeenschappelijkten.
- Rapportages bevorderen het verantwoordelijk bezig zijn: de rapporterende leerlingen dragen verantwoordelijkheid voor de overdracht van een deel van de leerstof.
- Rapportage helpt de rapporterende leerlingen eigen ervaringen te verwerken en te verwoorden, zich bewust te worden wat ze geleerd hebben.
- Als een leerling zijn eigen beleving vertelt, kun je als leerkracht beter te weten komen op welke punten hij begeleiding nodig heeft. Leerlingrapportages vormen zo een middel voor de leerkracht om veel meer individu-gerichte begeleiding te geven.
- Het vertellen van een verhaal, het rapporteren over verrichte werkzaamheden, de presentatie en verdediging van getrokken conclusies is een vaardigheid die leerlingen in hun latere leven (vervolgopleiding, beroep, "vrijwilligerswerk") goed van pas kan komen.
- De rapporterende leerlingen zijn geen "autoriteiten op vakinhoudelijk gebied", zoals de leerkracht wél gezien wordt. Hun verklaringen worden minder snel voor "waar" aangenomen. Bovendien worden "begripsproblemen" bij de toehoorders eerder door hen toegeschreven aan "slechte" of onvolledige of onnauwkeurige uitleg van de groep rapporterende leerlingen, dan aan hun eigen "onvermogen" de uitleg te begrijpen. Beide factoren maken de drempel bij het stellen van vragen aan de rapporterende groep lager dan in het geval van uitleg door de leerkracht. Rapportages bevorderen op deze manier de ontwikkeling van een kritische instelling bij de leerling.

OPMERKINGEN PER HOOFDSTUK/AFRONDING

Bedoeling.

- Het evalueren van de kennismaking met het vak natuurkunde in de PLON-cursus voor 4 en 5-HAVO.
- Het evalueren van de opgedane kennis en vaardigheden.

Leerlingactiviteiten.

Tijdens de afronding van het werken aan het thema "Vergelijken" zijn de leerlingen bezig met:

- het weergeven van hun eigen beleving van het werken aan het thema en het trekken van consequenties daaruit voor de toekomst;
- het maken van een toets, die hen een indruk geeft van hun mogelijkheden om verworven kennis en ervaringen toe te passen.

Didaktische aanwijzingen.

Bij de evaluatie van het werken aan het thema "Vergelijken" zouden in een klassediscussie de volgende punten aan de orde kunnen komen:

- Hoe heb je het werken aan het thema "Vergelijken" ervaren, gezien
 - je tijdens de oriëntatie uitgesproken verwachtingen;
 - de informatie die je van mij (de leerkracht) hebt gekregen over de PLON-cursus in 4 en 5-HAVO.
- Hoe heb je het omgaan met de in de oriëntatie geconstateerde verschillen tussen leerlingen ervaren, wat betreft de houding van
 - mij (de leerkracht)
 - je medeleerlingen
 - jezelf
- Welke zaken zou je bij het werken aan het volgende thema anders geregeld willen zien? Welke concrete suggesties heb je daarvoor?

De toets zou kunnen bestaan uit een proefwerk of een praktikum-opdracht (praktikum-toets). Bij de keuze voor een proefwerk zou de toets kunnen bestaan uit één of meer vragen die betrekking hebben op de fysisch methodologische aspecten van het thema "Vergelijken" (eerlijk vergelijken), eventueel aangevuld met *keuze-vragen* over fysisch inhoudelijke aspecten uit de hoofdstukken 3 t/m 5. De keuzevraag(en) over een bepaald hoofdstuk hoeven alleen door die groep die aan het hoofdstuk gewerkt heeft in de differentiële periode beantwoord te worden.

In bijlage D3 is een voorbeeld opgenomen van zo'n proefwerk. In bijlage D5 staat een verzameling proefwerkopgaven.

Een andersoortige toets is weergegeven in bijlage D4. Het gaat hier om een praktikum-toets, die zich concentreert op de fysisch methodologische aspecten van eerlijk vergelijken.

LITERATUUR, AUDIO-VISUELE MIDDELEN, ADRESSEN

1. LITERATUUR

Warmte-isolatie in woningen

Over energiegebruik in huis en energiebesparing bestaan vele boeken en brochures.

Aanbevolen voor achtergrondinformatie:

- *Isolatiegids*, ing. T.D. McDaniel, Kluwer

Wiskundig-fysische achtergronden komen aan de orde in:

- *Bouwfysica*, prof. dr. ir. C.W. Kosten, Delftsche Uitgevers Maatschappij N.V. Delft, 1969

Elektriciteit in huis

Informatie over de elektrische huisinstallatie is zeer uitgebreid te vinden in:

- *Elektriciteit in de woning*¹⁾, W. Hesselink, NV Kema, Arnhem 1982.

Minder uitgebreid (maar geschikt(er?) voor leerlingen die een iets completer elementair beeld willen hebben van de opbouw van de elektrische huisinstallatie) is:

- *Exact Natuurkunde*, W.E. Bijker e.a., Meulenhoff Educatief, Amsterdam 1982 (deel 1, thema 4, par. 1 t/m 4)

2. AUDIO-VISUELE MIDDELEN

Elektriciteit in huis.

De video-band "Elektriciteit in huis" start met het laten zien van de apparaten, die ons in het dagelijks leven omringen. Het gebruik van elektriciteit is vooral een gevolg van de eenvoud waarmee deze energievorm getransporteerd kan worden. Daarna wordt vastgelegd hoe de elektriciteit stroomt, hoe wij elektriciteit gebruiken en hoe dat gebruik wordt gemeten. De betekenis van de grootheden stroomsterkte, spanning, elektrisch vermogen en elektrische energie komen aan de orde (met de bijbehorende eenheden).

Na enkele demonstraties volgt een verklaring van de elektrische verschijnselen met behulp van elektronen.

titel	Elektriciteit in huis
technische gegevens:	video-kleur-geluid-30 min.-1974
bestellen:	NIAM, VC 40702
toepassing	hoofdstuk 5

1) Bestellen door middel van overschrijving van f48,65 (prijsspeil 1 aug. 1982) met vermelding van de titel van de uitgave op giro nr. 2069727 t.n.v. N.V. KEMA, Utrechtseweg 310, 6812 AR Arnhem of door het zenden van een schriftelijke opdracht aan de Afdeling Boekhandel van de N.V. KEMA (adres op blz. 30).

LITERATUUR, AUDIO-VISUELE MIDDELEN, ADRESSEN

3. ADRESSEN

NV Nederlandse Gasunie	Laan Corpus den Hoorn 102 9728 JR Groningen tel. 050-219111	energievoorziening/ -besparing
Stichting Voorlichting Energiebesparing Nederland (SVEN)	Postbus 503, 7300 AM Apeldoorn tel. 055-230750	energiebesparing
Stichting Bouwcentrum	Weena 700 3014 DA Rotterdam tel. 010-116181	energiebesparing
Stichting Energie Anders	Stationsweg 91 3151 HR Hoek van Holland tel. 01747-5242	"alternatieve" energievoorziening (excursie mogelijk)
Ministerie van Economische Zaken, afd. Voorlichting	Bezuidenhoutseweg 30 2594 AV Den Haag tel. 070-814011	energievoorziening/ isolatiesubsidie
NV tot Keuring van Elektro- technische Materialen (KEMA)	Utrechtseweg 310 6812 AR Arnhem	keuringseisen elektrische installatie
Plaatselijk of Provinciaal gas- en elektriciteitsbedrijf		energievoorziening/ keuringseisen elektrische installatie (excursie mogelijk)
NIAM	Sweelinckplein 33 Postbus 63426 2502 JK Den Haag tel. 070-600924	film en video- banden

SAMENVATTING

In het dagelijks leven kom je regelmatig voor keuzes te staan: kies ik dit materiaal of een ander om iets te maken.

Een keuze maken voor een bepaald *apparaat* betekent: verschillende apparaten onderling vergelijken op een aantal eigenschappen. Eerst moet je dus die eigenschappen waarop je vergelijkt vaststellen. (Daarbij spelen vaak *waarden* een rol: welke eigenschappen vind je belangrijk, en welke niet of minder.)

Als je gekozen hebt voor een aantal eigenschappen waarop je verschillende apparaten onderling wilt vergelijken, dan gaat het daarna om het vaststellen van "zo eerlijk mogelijke" vergelijkingsgrootheden. Bijv. het energiegebruik als belangrijke eigenschap voor het vergelijken van wasautomaten. Het energiegebruik van een wasautomaat zal kunnen afhangen van onder andere de hoeveelheid wasgoed in de machine, de temperatuur waarbij het wasprogramma verloopt, enz. Je moet dan beslissen wat naar jouw mening een "zo eerlijk mogelijke" vergelijkingsgrootte is: het energiegebruik per kg wasgoed of het energiegebruik zonder meer. Bij het vaststellen van de meetmethode moeten ook keuzes gemaakt worden: laten we alle wasmachines op dezelfde temperatuur wassen, of houden we ons aan de door de verschillende fabrikanten opgegeven wastemperaturen? Bij het "vergelijkend warenonderzoek" moet je dus per eigenschap die je wilt vergelijken keuzes maken bij het vaststellen van een vergelijkingsgrootte en bij het vaststellen van de meetmethode. Die keuzes kunnen alleen gemaakt worden, als er vooraf nagedacht is over de factoren die mogelijk invloed hebben op de te onderzoeken eigenschap. Sommige vergelijkingsgrootheden kunnen vrij nauwkeurig gemeten worden (energiegebruik per kg wasgoed bij een wasautomaat bijv.), bij andere (bijv. het "wasresultaat" bij wasautomaten) is dat lastiger. Dan moet vaak gewerkt worden met een aantal mensen die de onderzochte eigenschap "beoordelen", en waarvan de meningen/waarnemingen gemiddeld worden.

In het dagelijks leven worden niet alleen apparaten gekozen. Ook de keuze van *materialen* voor een bepaalde toepassing op grond van bepaalde materiaaleigenschappen is alleen mogelijk als die materiaaleigenschappen bekend zijn en als een onderlinge vergelijking mogelijk is. Na een duidelijke afspraak over de betekenis van een materiaaleigenschap (wat is "sterkte" van een materiaal bijv.?) moet ook hier een vergelijkingsgrootte gekozen worden. En dat betekent:

- vooraf nagaan welke factoren mogelijk invloed hebben op de te onderzoeken eigenschap;
- een meetplan opstellen voor het zoeken naar het verband tussen elk van die factoren afzonderlijk en de te onderzoeken eigenschap (werkvrage, welke grootte verander je, welke grootheden meet je, welke grootheden hou je constant; en hoe doe je dat?);
- voorafgaand aan het uitvoeren van je meetplan nadenken over je verwachtingen over de resultaten van het onderzoek (hypothesen opstellen) - dat kan je helpen om het meetresultaat een beetje kritisch te bekijken;
- het meetplan uitvoeren en conclusies trekken over het verband tussen elk van de factoren afzonderlijk en de onderzochte eigenschap (bijv. met behulp van diagrammen en wiskundige notaties - formules);
- een vergelijkingsgrootte definiëren die alleen nog maar betrekking heeft op het *materiaal* waarmee het onderzoek uitgevoerd is (de vergelijkingsgrootte is dan een *materiaaleigenschap*).

BIJLAGE D1

En eigenlijk moet je dan nog voor een heleboel andere materialen nagaan of die zich op een soortgelijke manier gedragen als dat ene, onderzochte materiaal.

Zo vind je bijv. als vergelijkingsgrootheid

- de *treksterkte* σ als maat voor de "sterkte" van een materiaal:

$$\sigma = \frac{F_{\max}}{A} \quad (F_{\max}: \text{maximale trekkracht; } A: \text{draaddoorsnede.})$$

- de *warmtedoorgangscoefficiënt* K (de K -waarde) als maat voor de "warmte-isolerende eigenschap" van een materiaal:

$$K = \frac{P}{A \cdot \Delta T} \quad (P: \text{warmtestroom (de hoeveelheid warmte die per seconde een wand passeert, een vermogen dus); } A: \text{wandoppervlak; } \Delta T: \text{het verschil in temperatuur aan beide kanten van de wand.})$$

- de *soortelijke weerstand* ρ als maat voor de "weerstand tegen stroomdoorgang" door een materiaal:

$$\rho = \frac{R \cdot A}{l} \quad (R: \text{weerstand (spanning/stroomsterkte); } A: \text{draaddoorsnede; } l: \text{draadlengte.})$$

Het is niet altijd nodig om vergelijkingsgrootheden te definiëren. Dan gaat het niet om materiaaleigenschappen, maar meer algemeen om een onderzoek naar het verband tussen verschillende grootheden. Bij zo'n onderzoek volg je dezelfde weg als hierboven werd beschreven, maar alleen de laatste stap blijft achterwege.

Je kunt dan komen tot uitspraken over bijv.:

- de invloed van het soort rem en het soort remblokje op de remweg van een fiets
- de effectiviteit van verschillende zichtbaarheidsbevorderende maatregelen (bijv. de kleur van je kleding, reflectoren, (fiets)verlichting) bij deelname aan het verkeer
- de factoren die de warmte-ontwikkeling Q in een stroomdraad bepalen:
 $Q = I^2 R \cdot t$ (I : stroomsterkte; R : weerstand; t : tijd)

Eerlijk vergelijken is *kiezen*: voor een zo eerlijk mogelijke *meetmethode*, voor een zo eerlijk mogelijke *vergelijkingsgrootheid*. Voor het maken van die keuzes zijn wel een paar algemene regels te geven (zoals hierboven), maar vaak komt het toch aan op goed en rustig nadenken welke keuze je de beste lijkt.

RAPPORTAGE-MATRIX

De onderstaande rapportage-matrix kan gebruikt worden bij het structureren van de leerling-rapportages, zodat de fysisch methodologische overeenkomsten tussen het werk aan de drie verschillende keuzehoofdstukken van het thema duidelijk(er) naar voren komen.

	hoofdstuk 3 veilig fiet- sen	hoofdstuk 4 warmte- isolatie in woningen	hoofdstuk 5 elektriciteit in huis
te onderzoeken eigenschap			
factoren/variabelen die (mogelijk) invloed hebben op de te onder- zoeken eigenschap			
hypothese(n) over verbanden tussen afzonderlijke variabelen en de te onderzoeken eigenschap			
gevonden relaties tussen afzon- derlijke variabelen en de te onderzoeken eigenschap			
(gedefiniëerde) vergelijkings- grootte (materiaaleigenschap)			

BIJLAGE D3

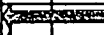
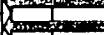
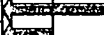
PROEFWERK "VERGELIJKEN"

Beantwoord de vragen 1 en 2 en beantwoord naar keuze één van de vragen 3 t/m 5.

1. VERGELIJKEND WARENONDERZOEK: KOELKASTEN

Hieronder zie je een gedeelte van de resultaten van een vergelijkend onderzoek naar het energieverbruik van koelkasten.

energie-wijzer

merk	type	elektrische veilig- heid	totale netto- inhoud (L)	netto inhoud vriesvak (L)	energie- verbruik per 24 uur (kWh)	beoordeling energieverbruik				
						laag 1	2	3	4	hoog 5
KASTMODEL VRIJSTAAND VRIESVAK ★ ★ ★ ★										
MARIJNEN	8294/2DPR		261	80	1,7					
MARIJNEN	1284/2D		265	53	1,6					
MARIJNEN	8284/2DPR		265	53	1,6					
PHILIPS	ARB 404		220	37	1,6					
PHILIPS	ARB 405		270	51	1,8					
SIEMENS	KS 2604		256	67	1,3					
SIEMENS	KS 3104		307	67	1,3					
ZANUSSI	ZO 6000		214	36	1,5					

- Definiëer een zo eerlijk mogelijke *vergelijkingsgrootheid* voor het *energiegebruik* van een koelkast. Motiveer je antwoord.
 - Bereken de waarde van die vergelijkingsgrootheid voor de in de tabel genoemde koelkasten. Geef het resultaat van je berekeningen weer in een (staaf)diagram.
 - Is het beeld dat dit (staaf)diagram geeft van het energieverbruik van de koelkasten in overeenstemming met de beoordeling van het energieverbruik, zoals die in de (laatste kolom van de) tabel wordt gegeven? Motiveer je antwoord
- Energiegebruik is één van de factoren die je keuze voor een koelkast kunnen beïnvloeden. *In de tabel* staan nog een paar andere factoren die je ook bij de keuze van een koelkast zou kunnen betrekken. Noem twee van die factoren, en leg uit waarom ze belangrijk zijn bij het maken van een keuze.
- Bij het bepalen van de gegevens over het energieverbruik van koelkasten in de (voorlaatste kolom van de) tabel moet eerlijk vergeleken worden. Welke grootheden moeten naar jouw mening tijdens het onderzoek naar het energieverbruik van de verschillende koelkasten constant gehouden worden? Noem er minstens twee en motiveer je antwoord.

2. UITZETTING VAN MATERIALEN.

Een materiaal zet uit bij verwarming. De factoren die invloed hebben op de uitzetting Δl (= lengteverandering) van een staaf zijn:

- de lengte l van de staaf
- de temperatuurstijging ΔT
- de materiaalsoort

- a. Maak een *meetplan* voor het onderzoek naar het verband tussen de uitzetting van een staaf en de hierboven genoemde grootheden. (Je hoeft daarbij niet aan te geven *hoe* je de uitzetting van een staaf zou moeten meten.)
- b. In de onderstaande tabellen vind je de meetresultaten van een onderzoek naar het verband tussen de uitzetting Δl van een staaf en de lengte l en naar het verband tussen Δl en de temperatuurstijging ΔT .

l in m	Δl in m
0,5	$2,4 \cdot 10^{-4}$
1,0	$4,6 \cdot 10^{-4}$
1,5	$7,3 \cdot 10^{-4}$
materiaal: aluminium $\Delta T = 20^\circ \text{C}$	

ΔT in $^\circ \text{C}$	Δl in m
15	$3,5 \cdot 10^{-4}$
30	$7,4 \cdot 10^{-4}$
40	$9,6 \cdot 10^{-4}$
materiaal: aluminium $l = 1,0 \text{ m}$	

1. Geef in een tweetal diagrammen het verband tussen Δl en l en het verband tussen Δl en ΔT weer.
2. Schrijf je conclusies uit de twee diagrammen zo kort en zo volledig mogelijk op.
- c. Bereken op grond van de meetresultaten in de tabellen hierboven en op grond van je conclusies bij b2 de uitzetting van een aluminium staaf met een lengte van 1,0 m bij een temperatuurstijging van $1,0^\circ \text{C}$.

De uitzetting van een staaf met een lengte van 1,0 m bij een temperatuurstijging van $1,0^\circ \text{C}$ wordt de *lineaire uitzettingscoëfficiënt* van een staafmateriaal genoemd. De lineaire uitzettingscoëfficiënt van verschillende materialen heeft een verschillende waarde.

- d. 1. Hoe groot is de lineaire uitzettingscoëfficiënt van aluminium.
2. Geef een formule waarmee je de lineaire uitzettingscoëfficiënt van een materiaal kunt bepalen bij gemeten uitzetting Δl , lengte l en temperatuurstijging ΔT van een staaf van dat materiaal.
3. Leg uit waarom de lineaire uitzettingscoëfficiënt van een materiaal een betere vergelijkingsgrootte is voor de uitzetting van materialen bij temperatuurstijging dan de grootte van de uitzetting zelf.
4. In welke eenheid moet de lineaire uitzettingscoëfficiënt van een materiaal opgegeven worden?

BIJLAGE D3

e. In de tabel hiernaast is de lineaire uitzettingscoëfficiënt van een aantal materialen gegeven.

Kies uit de tabel een materiaal voor elk van de volgende toepassingen en motiveer je antwoord.

1. Een materiaal voor de wapening van beton.
2. Een materiaal dat in de vorm van een stroomdraad gebruikt kan worden voor het geleiden van een elektrische stroom door de wand van een glazen vat.

materiaal	lineaire uitzettingscoëfficiënt in $^{\circ}\text{C}^{-1}$
beton	$1,0 \cdot 10^{-5}$
glas	$0,8 \cdot 10^{-5}$
koper	$1,6 \cdot 10^{-5}$
messing	$2,1 \cdot 10^{-5}$
platina	$0,8 \cdot 10^{-5}$
staal	$1,0 \cdot 10^{-5}$

Kies nu voor één van de vragen 3 t/m 5

3. EEN KORTERE REMWEG

In de advertentie hieronder wordt een nieuwe, bredere band aangeprezen: de remweg is korter dan bij normale banden.

De bredere band met de kortere remweg.

Normale band

Vredestein Sprint ST 70

Zet de nieuwe Vredestein Sprint ST 70 naast een normale band en u ziet onmiddellijk het verschil: De Sprint ST 70 is breder en remt daardoor sneller en accurater, ook op natte wegen. De bredere Sprint ST 70 is gewoon stukken veiliger. Zo is aangetoond dat deze Vredestein band een tot 10% kortere remweg heeft, afhankelijk van weg- en weersomstandigheden.

En een kortere remweg betekent langer schadevrij rijden. Soms zelfs langer leven. Dus? Als u aan nieuwe banden toe bent, stap dan naar een Vredestein-dealer en vraag naar de Sprint ST 70. Hij past op vrijwel elke normale velg.

De prijs is voor zoveel kwaliteit een meevaller. Vergelijk gerust, en kies bewust. Voor de Sprint ST 70, de bredere band met de kortere remweg.

tot 10% kortere remweg, afhankelijk van weersomstandigheden

Bekend van radio en TV.

De nieuwe

Vredestein Sprint ST 70

VERDESTEIN

- a. Beschrijf hoe jij het onderzoek naar de invloed van de bandbreedte op de remweg zou opzetten.
- b. Is de informatie die de *foto* in de advertentie geeft over het verschil in remweg in overeenstemming met de *tekst* van de advertentie? Motiveer je antwoord.

In de advertentie gaat het over de remweg. Daarbij is de afstand die een auto aflegt in de reactietijd (de "schrikseconde") van de bestuurder buiten beschouwing gelaten. Wordt er wél rekening gehouden met de reactietijd, dan spreken we niet meer over remweg, maar over *stopafstand*.

- c. 1. Als de *stopafstand* als vergelijkingsgrootte voor het "remvermogen van een band" wordt gekozen, is het verschil in stopafstand bij remmen met normale en met nieuwe, bredere banden dan 10 %, of meer, of minder? Motiveer je antwoord.
2. Welke vergelijkingsgrootte vind je het meest eerlijk, de remweg of de stopafstand? Geef (een) argument(en) voor je keuze.

4. HET VERMOGEN VAN EEN CARAVAN-KACHEL

Een caravan die ook tijdens de winter gebruikt wordt, moet een kachel hebben die een temperatuurverschil van zo'n 40 °C tussen "binnen" (temperatuur ongeveer +20 °C) en "buiten" (laagste temperatuur ongeveer -20 °C) de baas kan.

Om te bepalen hoe groot het vermogen van de in de caravan te installeren kachel dan moet zijn, bepaalt men eerste de *K-waarde van de caravan als geheel*.

- a. Metingen voor het bepalen van de *K-waarde* van een caravan leverden het volgende resultaat:
Een elektrische kachel met een vermogen van 1,25 kW werd in de caravan geïnstalleerd. Bij een constante buitentemperatuur van 5 °C werd na verloop van tijd een constante binnentemperatuur van 19 °C gemeten. De afmetingen van de caravan: lengte 4 m, breedte en hoogte beide 2 m.
 1. Toon met behulp van deze meetresultaten aan, dat de *K-waarde* van de caravan 2,2 W/m²°C bedraagt.
 2. Leg uit waardoor, ondanks de constante warmteproductie van de elektrische kachel, de temperatuur binnen in de caravan vanaf een bepaald moment constant blijft.
 3. Leg uit waarom voor de bepaling van de *K-waarde* van de caravan met de meting van de binnentemperatuur gewacht moet worden tot deze temperatuur een constante waarde heeft bereikt.
- b. Hoe groot moet het vermogen van een in de caravan te installeren kachel zijn, om een constant temperatuurverschil van 40 °C tussen "binnen" en "buiten" te kunnen handhaven.
- c. Als energiebron voor de verwarming van een caravan wordt meestal butagas gebruikt. De energie-inhoud van een butagasfles met een vulling van 6 kg is ongeveer 3.10⁸ J. Hoe lang kan een caravan bij

BIJLAGE D3

een temperatuurverschil tussen "binnen" en "buiten" van 40 °C warm gestookt worden op één fles butagas? (Houd daarbij rekening met een rendement van de kachel van zo'n 80%. Dat wil zeggen: 20% van de energie-inhoud van de fles gaat verloren voor de verwarming van de caravan in de vorm van afgevoerde hete verbrandingsgassen.)

5. EEN BOERDERIJ VAN STROOM VOORZIEN.

Een afgelegen boerderij heeft een ondergrondse voedingskabel (leidingmateriaal: koper, met een soortelijke weerstand van $1,7 \cdot 10^{-8} \Omega \text{ m}$) met een lengte van 200 m. De elektrische huisinstallatie op de boerderij is berekend op een vermogen van 11 kW bij een spanning van 220 V.

- a. 1. Bereken de maximale stroomsterkte in de ondergrondse voedingskabel.
2. Bepaal de voorgeschreven leidingdoorsnede van de voedingskabel met behulp van de gegevens uit de tabel hieronder. Motiveer je keuze.

leiding doorsnede in mm^2	maximale stroomsterkte in de leiding in A			
	snoer	vaste leiding (installatie draad in buis)	kabel niet in de grond	kabel in de grond
0,75	6			
1	6			
1,5	10	10	20	25
2,5		16	25	35
4		20	35	50
6		25	50	63
10		35	63	80

- b. 1. Hoe groot is de weerstand van de voedingskabel bij de in a2 gekozen leidingdoorsnede?
2. Hoe groot moet de spanning aan het begin van de voedingskabel zijn, om ervoor te zorgen dat de huisinstallatie op een spanning van 220 V is aangesloten?
3. Bereken het vermogensverlies in de voedingskabel bij een maximale belasting van 11 kW. Hoe groot is het verliespercentage?
- c. Het verliespercentage van 28% uit b3 is aan de hoge kant. Bedenk twee oplossingen om het verliespercentage kleiner te maken. Leg uit welke van die twee maatregelen de meeste invloed heeft op het verliespercentage. Welk(e) nade(e)l(en) heeft die meest effectieve oplossing?

BIJLAGE D⁴

PRAKTIKUM-TOETS "VERGELIJKEN"

Bij deze toets ga je na hoe je de zwaarte van een materiaal eerlijk kunt vergelijken.

1. De zwaarte van een materiaal speelt bij de keuze van materialen soms een doorslaggevende rol.
Noem een voorbeeld van het gebruik van een materiaal, waarbij de zwaarte van het materiaal een belangrijke rol speelt bij de keuze ervan.
2. Van welke factoren zal de massa van een hoeveelheid materiaal (= een voorwerp, gemaakt uit één soort materiaal) afhangen?
3. Je gaat nu op zoek naar het verband tussen de massa van een hoeveelheid materiaal en het volume ervan. (Je hebt voor de uitvoering van het onderzoek de beschikking over een aantal voorwerpen en over meetapparatuur als een veerbalans of brievenweger, een maatglas, een lineaal of schuifmaat.)
 - Maak een meetplan voor dit onderzoek.
 - Welke veronderstelling (hypothese) over de uitkomst van het onderzoek heb je?
 - Voer het onderzoek uit.
 - Noteer je meetresultaten in (een) tabel(len) en geef ze overzichtelijk weer in (een) diagram(men).
 - Welke conclusie(s) trek je uit je onderzoek?
4. Nu je het verband tussen de massa van een hoeveelheid materiaal en het volume ervan bepaald hebt, is het mogelijk om de zwaarte van materialen te vergelijken.
 - Definieer een vergelijkingsgrootte voor het (eerlijk) vergelijken van de zwaarte van materialen. Leg uit hoe je het resultaat van je onderzoek bij 3. daarbij gebruikt.
 - Voer een aantal metingen uit, waarmee je de waarde van deze vergelijkingsgrootte voor een aantal verschillende materialen kunt bepalen.
Rangschik de verschillende materialen naar groter wordende zwaarte in een (staaf)diagram.

Benodigd praktikum-materiaal per leerling of groepje leerlingen.

- Aantal voorwerpen (3 à 4) van hetzelfde materiaal (herkenbaar) en verschillend volume (opdracht 3)
- Aantal voorwerpen (4 à 5) van verschillend materiaal en verschillend volume, deels regelmatig, deels onregelmatig gevormd (opdracht 4).
- Veerunster of brievenweger, maatglas, lineaal of schuifmaat.

Didaktische aanwijzingen.

- Laat de praktikum-toets uitvoeren door leerlingen individueel of in groepjes van hooguit twee.
- De uitvoering van de praktikumtoets kost naar schatting 45 minuten.
- Laat leerlingen zelf de voorwerpen selecteren die ze bij opdracht 3 respectievelijk opdracht 4 willen gebruiken.
- Bij de nabespreking ingaan op de formele definitie van dichtheid $\rho = m/V$ als materiaal-eigenschap.

BIJLAGE D5

PROEFWERKVRAGEN

1. KOFFIEZETAPPARATEN VERGELIJKEN

In een test van koffiezetapparaten staat de volgende tabel afgedrukt:

merk	inhoud koffiekan (liters)	opgegeven aantal kopjes	opwarmtijd (minuten)	energiegebruik per seconde (watt)	
				koken van het water	koffie warm houden
A	1,0	8	12	500	50
B	0,8	7	11	450	40
C	0,6	4	8	500	50
D	0,35	2	5	400	45

- Zoek uit welk koffiezetapparaat het zuinigst omgaat met energie.
- Bij het meten van het energiegebruik van een koffiezetapparaat moet men natuurlijk eerlijk vergelijken. Noem twee factoren die bij de proeven steeds hetzelfde moeten zijn.

2. EEN STOFZUIGER KOPEN

Je gaat een stofzuiger kopen.

Maar waarop ga je daarbij letten? Een verkoper kan je van alles aansmeren, tenzij je voor jezelf duidelijk weet waarop je wilt letten.

- Noem twee factoren, die natuurkundig/technisch gezien van belang zijn. Motiveer kort de keuze van elke factor.
- Bedenk naast de natuurkundig/technische factoren (zie a.) twee andere factoren, waarop je zou letten bij de aankoop. Geef ook hier weer een korte motivatie.

3. ONDERZOEK VAN DROOGTROMMELS

Op de volgende bladzijde staan de resultaten van een test van droogtrommels.

- Geef een zo eerlijk mogelijke omschrijving van een vergelijkingsgrootheid voor het energiegebruik van een droogtrommel.
- Bereken de waarden van deze grootheid voor de aangegeven droogtrommels met een tijdschakelaar bij het drogen van polyester/katoen.
- Vergelijk jouw antwoorden met de beoordeling zoals deze staat in de kolom 'rendement'.
- Noem twee factoren die bij een eerlijke vergelijking constant gehouden moeten worden. Is dat hier volgens jou gebeurd? Toelichten!
- Noem nog twee factoren die volgens jou belangrijk zijn bij de keuze van een droogtrommel. Welke machine zou jij kiezen, als je rekening houdt met de door jou aangegeven factoren?



SVWO DECEMBER 1981

DROOGTROMMELS

merk en type	plaats luchtafvoer winkelprijs ca.	geluids- hinder	katoen drogen					polyester/katoen drogen					monteren afvoerslang gebruiksaanwijzing					totaal testresultaat
			voordeur draait naar verrijdbaar	in de ruimte eronder veiligheid	max. looptijd tijdstip lading	tot kast- droog ⁹⁾	elektriciteitsverbruik droogrijd	rendement droogrijd	tot kast- droog ⁹⁾	elektriciteitsverbruik droogrijd	rendement droogrijd	voordeur draait naar verrijdbaar	voordeur draait naar verrijdbaar	voordeur draait naar verrijdbaar				
met tijdschakelaar																		
AEG Lavatherm ¹⁾		800	a, l, r	o	nee	••	KE	4,5	120	110	4,8	+	-	1,5	30	1,0	+	matig
BAUKNECHT TRA 771		780	a, l, r	r	nee	••	KE	4,5	120 ¹⁰⁾	95	3,6	+	+	1,0	25	0,6	+	redelijk/goed
CREDA TD 450 RB		800	l, r	l	ja	•	KE	4,0	120	95	3,4	+	+	3,0	45	1,5	+	goed
ERRES RSD 400/87		700	a	l	ja	•	+	4,0	120	110	3,9	+	+	2,0	55	1,1	+	redelijk/goed
MARJUNEN D 50 MB ¹⁾		550	a	r	nee		KE	4,5	120	155 ¹⁾	3,9	-	+	2,7	90	1,5	-	slecht ²⁾
MIELE T 329 S		1000	a, l, r	l	nee	•••	KE	4,5	120	90	4,2	+	+	2,0	30	1,1	+	goed
PHILIPS AWB 162		500	a	l	ja	••	+	4,0	120	105	3,7	+	+	2,0	55	1,0	+	redelijk
SIEMENS WT 4100		1050	a, l, r	r (l)	nee	••	-	4,5	140	105	4,1	+	+	2,0	30	1,1	+	onveilig
ZANUSSI N 402 ¹⁾		500	a, r	r	nee	••	KE	4,0	120	130	3,4	-	+	2,0	45	1,0	+	redelijk
met droogprogramma's																		
AEG Lavatherm Electronic ¹⁾		1080	a, l, r	o	nee	••	KE	4,5		125	5,2	+	-	1,5	40	1,4	+	matig
BAUKNECHT TRA 782		1000	a, l, r	r	nee	••	+	4,5	(30)	105	3,7	+	+	1,0	25	0,8	+	matig/redelijk
CREDA TD 450 RE		1100	l, r	l	ja	•	KE	4,0		100	3,9	+	+	1,5	40	1,2	+	slecht ²⁾
MIELE T 333		1300	a, l, r	l	nee	•••	KE	4,5	(40)	85	3,6	+	+	2,0	35	1,3	+	goed
PHILIPS AWB 180		880	a	l	ja	•	+	4,0	(45)	110	3,4	-	+	2,0	50	1,3	+	redelijk

1) te volgens importeur uit productie gesloten

2) te volgens importeur opgevolgd door type N483 met ander bedieningspaneel; overigens technisch gelijk

3) a = achter, l = links, r = rechts, o = onder

4) hoe meer bolletjes, hoe meer lawaai; geen bolletjes betekent geluid nog aanvaardbaar (zie tekst)

5) voor synthetische vezels e.d. 60 min.

6) gedroogd vanaf 80% restvocht (na centrifugeren bij ca. 750 omw.)

7) wasgoed rolt af en toe tot een kluit in elkaar en droogt dan niet meer; vermijd zijn droogtijd en droogsnelheid wanneer dit niet gebeurt

8) gedroogd van 55% restvocht

9) wasgoed heeft sterke neiging tot één kluit in elkaar te rollen en veel waterdamp kondenseert in afvoerslang

10) strijkdroogprogramma werkt niet goed; wasgoed wordt of te droog om te strijken, of blijft kletsnat

fabrikanten/importeurs:

AEG: AEG-Telefunken, Postbus 1816, 1000 BV Amsterdam, 020-5116333

BAUKNECHT: Bauknecht Nederland, Postbus 1, 4900 VB Oosterhout (N.Br.), 01620-29111

CREDA: Mebro Huis & Techniek, Postbus 10, 2100 AA Heemstede, 023-339150

ERRES: Erres Nederland, Postbus 437, 3420 AK Nieuwegein, 03402-41574

MARJUNEN: I.A.Z. International Nederland, Postbus 120, 2400 AC Alphen aan den Rijn, 01720-45121

MIELE: Miele Nederland, Postbus 166, 4130 ED Vianen, 03473-78911

PHILIPS: Philips Nederland, Boschdijk 525, 5621 JG Eindhoven, 040-784478

SIEMENS: Siemens Nederland, Postbus 16068, 2500 BB Den Haag, 070-782752

ZANUSSI: I.A.Z. International Nederland, Postbus 120, 2400 AC Alphen aan den Rijn, 01720-45121

++ = zeer goed, + = goed, □ = redelijk, - = matig, -- = slecht, ... = niet van toepassing

BIJLAGE D5

4. REFLECTERENDE WIELCIRKELS

Uit de KAMPEERKAMPIOEN van oktober 1983.

Reflecterende wielcirkels voor fietsers

Dit najaar zal de ANWB veel aandacht schenken aan de zijdelingse zichtbaarheid van fietsen in het donker.

Vanaf dinsdag 11 oktober tot dinsdag 6 december zal op alle 48 ANWB-kantoren voorlichting worden gegeven over goede vormen van zijreflectie.

Zoals bekend pleit de ANWB al jaren voor verbetering van de zichtbaarheid van de zijkant van de fiets door de montage van reflecterende banden.

Daarin wordt de ANWB gesteund door o.a. de vereniging Veilig Verkeer Nederland. Reflecterende banden maken de fiets niet alleen zichtbaar, maar ook, en dat is heel belangrijk, direct als fiets herken-

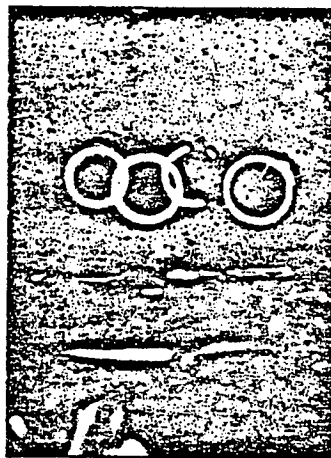
baar door de kenmerkende wielvorm. Ze worden al op veel fietsen standaard gemonteerd en zijn, in diverse bandenmaten, los verkrijgbaar (o.a. van Vredestein).

Door recente, Nederlandse, technische ontwikkelingen zijn nu ook goede alternatieven beschikbaar.

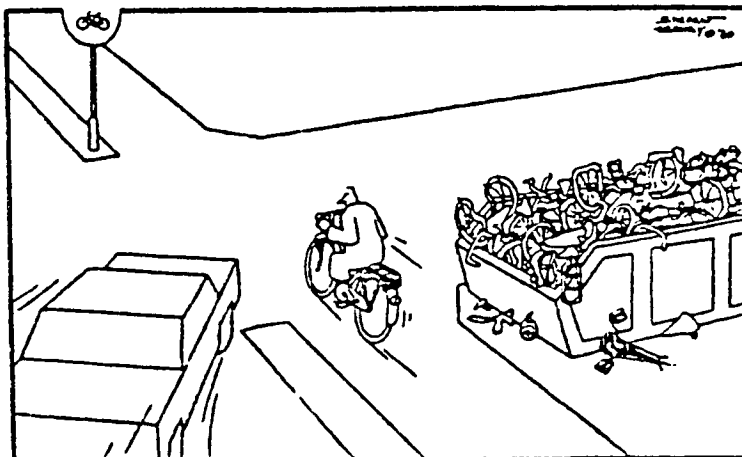
Het gaat daarbij om de reflecterende velg, ontwikkeld door van Schothorst en Beiersdorf, en een reflecterende wielstrip die langs de velg tussen de spaken moet worden gevlochten. Deze is ontwikkeld door Batavus en 3M.

De reflecterende velgen worden al op enkele fietsen standaard gemonteerd. De reflecterende wielstrip is los verkrijgbaar en past op vrijwel elk type fiets.

ANWB
N · I · E · U · W · S



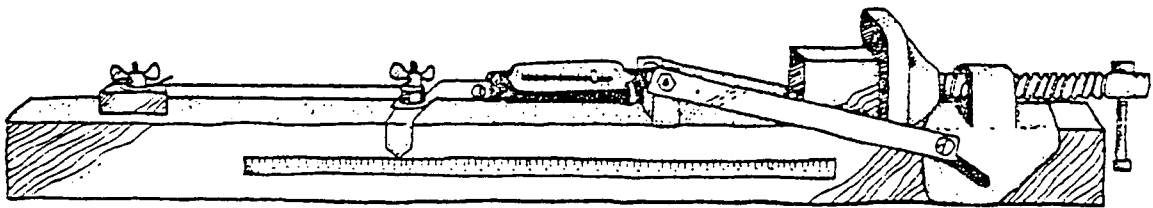
- Beschrijf hoe jij een onderzoek naar de effectiviteit van de reflecterende banden, velgen en wielstrippen zou opzetten.
- De reflecterende strook langs een band is meestal wit. Losse spaakreflectoren (die in het artikel niet genoemd worden) zijn meestal geel of oranje van kleur. Geef (met een toelichting!) een argument vóór geel/oranje en een argument tégen geel/oranje.
- Afgezien van de kleur van de reflectoren is er een duidelijk voordeel en een duidelijk nadeel aan te geven van de reflecterende wielcirkels uit het artikel aan de ene kant, en losse spaakreflectoren aan de andere kant. Noem dat voor- en nadeel, en licht je antwoord toe.
- Leg (mèt argumenten!) uit welke van de drie genoemde methoden uit het artikel jij het beste vindt.
- Helpen reflecterende wielcirkels in situaties als hier-naast aangegeven (als het donker is)? Zo ja: leg dat uit. Zo nee: geef dan een andere oplossing.



5. BEPALEN VAN DE TREKSTERKTE

Met onderstaand trekapparaat wordt gemeten bij welke kracht een draad breekt.

Gebruiken we een koperdraad met een diameter van 0,2 mm, dan breekt deze draad bij een kracht van 12,6 N. De lengte van de gebruikte koperdraad bedraagt 30 cm.



- bereken de treksterkte van koper.
- Bepaal bij welke kracht de draad zou breken als de lengte niet 30 cm was, maar slechts 10 cm.

6. KABELDIAMETER KIEZEN

Nylon heeft een treksterkte van 265 N/mm^2 .

Men moet een kabel kiezen voor een hijskraan. Omdat er in de kabel knopen gelegd moeten worden, moet men rekening houden met een verlies in treksterkte van 30%.

Nylon draad is te koop in diktes (=diameters) van 1, 3, 5, 7, enz mm, (alleen oneven getallen).

Reken uit welke dikte men moet kopen als de hijskraan een maximale last van $3,0 \cdot 10^4 \text{ N}$ moet kunnen heffen.

7. NOODVERWARMING

Een gaskachtel in een noodlokaal heeft een maximaal vermogen van 1,8 kW. De afmetingen van het lokaal zijn 8 bij 6 bij 3 m. Het gebruikte bouwmaterial heeft gemiddeld een K -waarde van $2 \text{ W/m}^2\text{K}$.

- leg uit waardoor bij een buitentemperatuur van 13°C de temperatuur in het lokaal niet hoger dan 18°C komt.
- Bereken de temperatuur in het lokaal bij een buitentemperatuur van 0°C .
- Bepaal het aantal gaskachels (max. vermogen 1,8 kW) dat nodig is om in het lokaal een draaglijke temperatuur van 18°C te bereiken bij buitentemperaturen om het vriespunt.

BIJLAGE D5

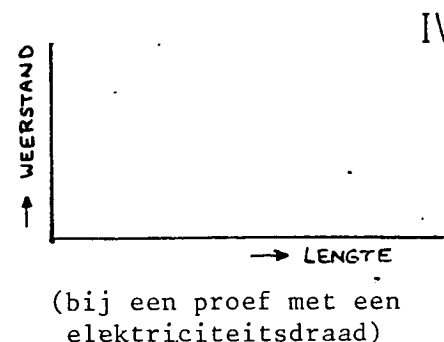
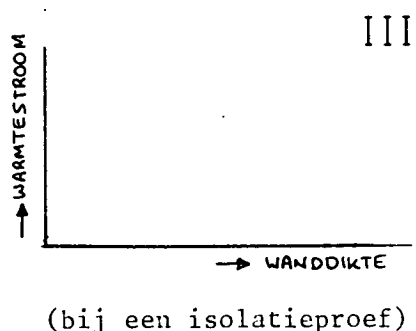
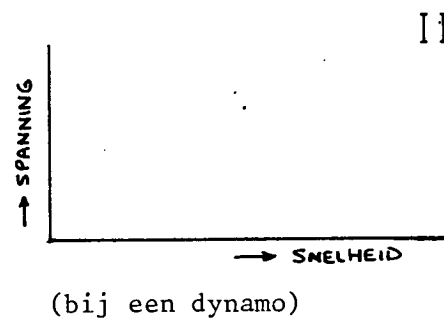
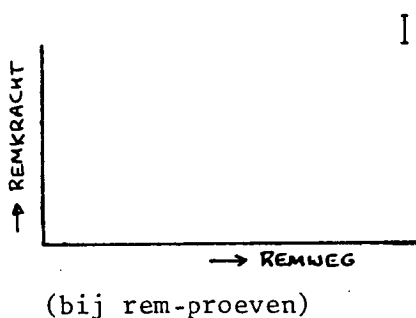
8. KABELLENGTE CONTROLEREN

Volgens de bewering van de verkoper zit op een klos 400 m koperdraad met een doorsnede van $0,4 \text{ mm}^2$. De soortelijke weerstand van koper is $1,7 \cdot 10^{-8} \Omega \text{m}$.

- bereken de weerstand die deze draad moet hebben.
- Hoe zou je met een proef kunnen controleren of de draad inderdaad deze weerstand heeft ?

9.

Schets in de volgende diagrammen het verband tussen de genoemde factoren.



10. REMWEG VAN EEN FIETS

Bij een experiment wordt de remweg van een fiets opgemeten bij verschillende snelheden. De meetresultaten zie je in de tabel.

snelheid (km/h)	remweg (m)
10	0,6
15	1,3
20	2,3
25	3,9
30	5,2

- Zet de metingen in een diagram
- Maak een nieuw diagram door één van de grootheden te kwadrateren, zodat een recht-evenredig verband ontstaat.
- Maak voor dit rechtevenredige verband een formule.

11. DE WARMTE-ONTWIKKELING IN EEN LEIDING

De warmte-ontwikkeling in een leiding hangt ondermeer af van de weerstand van de leiding. Om het verband hiertussen te onderzoeken worden de volgende metingen gedaan (zie tabel):

R (Ω)	Q (J)
0,10	2,5
0,15	3,8
0,25	6,1
0,40	9,8
0,60	16,0
1,0	25,0

Bij deze metingen werd steeds gedurende 5 minuten dezelfde stroom door de draad gestuurd.

- Zet de meetresultaten uit in een diagram.
- Stel een formule op voor het verband tussen warmte-ontwikkeling en weerstand.
- Leg uit dat de gevonden formule overeenstemt met de algemene formule:

$$Q = I^2 \cdot R \cdot t$$
- Hoe groot was de stroomsterkte in de draad bij de metingen ?

12. VOLUME EN MASSA

Iemand onderzoekt het verband tussen het *volume* van een voorwerp en de *massa* er van. Hij vindt de volgende resultaten (zie tabel):

- Welke metingen zou jij gebruiken om boven genoemde onderzoeksvraag te beantwoorden? Toelichten.
- Maak een diagram waarin je deze metingen tegen elkaar uitzet.
- Welke conclusie trek jij hieruit over de onderzoeksvraag?
- Bereken voor metingen nr. 1 en 5 de materiaalkonstante (vergelijkingsgrootte) "soortelijke massa":

nr.	materiaal	volume (cm ³)	massa (g)
1	hout	12	10
2	aluminium	12	32
3	messing	12	100
4	messing	18	145
5	messing	22	180

$$\text{soortelijke massa} = \frac{\text{massa}}{\text{volume}}$$

BIJLAGE D5

Praktische toetsvraag

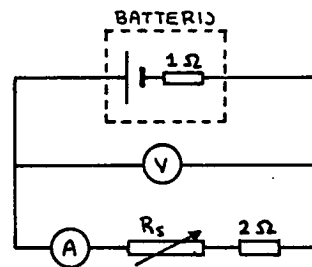
13. BATTERIJSPANNING EN GELEVERDE STROOMSTERKTE

Het volgende experiment moet je zelf uitvoeren. Je gaat onderzoeken hoe de *spanning* van een batterij verandert, als hij meer *stroom* moet leveren. De schakeling voor dit onderzoek is hieronder weergegeven. De stroomsterkte is te regelen met de schuifweerstand R_s .

- a. Meet bij *zes* standen van de schuifweerstand de bijbehorende stroomsterkte I en spanning V . (Zorg voor een goede spreiding van je metingen.)

Maak een tabel van je meetresultaten.

- b. Zet je metingen uit in een diagram.



- c. Omschrijf het verband tussen batterijspanning en geleverde stroom in je eigen woorden.

LESSENPLAN "VERGELIJKEN"/ASHRAMCOLLEGE

les	hoofdstuk	activiteiten	toetsing
1	1	• uitdelen van boeken • structuur thema(s) • vormen van groepen • BINAS introduceren hw: opdrachten blz. 6, blz. 8 t/m 14, bijlage 1	mondeling
2	-	• instaptoets (ook praktische opdrachten doen)	
3	2	• hoofdstuk 1 afronden • 2.1 en 2.2 klasikaal • kort over instaptoets hw: 2.3 en 2.4, opdrachten 1,2 blz.14	mondeling
4	2	• demo (11 + 1kr) doen, uitwerken en bespreken • bijlagen 1,2 hw: hoofdstuk 1, 2, bijlagen	mondeling
5	1,2	• basisstof afronden/samenvatten • stencil over keuzeperiode uitdelen • taakverdeling enz. hw: proefwerk voorbereiden	
6		• proefwerk hw: stencil keuzeperiode uitdelen, eigen onderdeel voorbereiden	schriftelijk werkplan controle
7	3,4,5	• proefwerk teruggeven • groepen aan het werk zetten • werkplan kort bespreken	
8,9		• onderzoek doen • afspraken over taken binnen de groep • schrijfwerk zoveel mogelijk thuis	via logboek
10		• onderzoek afronden • verslag en rapportage bespreken • taakverdeling hw: eigen taak uitvoeren	
11		• mondelinge verslaggeving hw: extra opdrachten maken, verslag afmaken	
12		• thema afronden	

BIJLAGE D6

LESSENPLAN "VERGELIJKEN"/SG. HUIZERMAAT

les	hoofdstuk	activiteiten (op school en zonodig thuis)	toetsing
1	1	• groepen vormen • hoofdstuk 1 lezen en opdrachten maken	-mondeling -controle van huiswerk
2	2	• lezen 2.1 en 2.2 hw: maken 2.1 opdr. 1 en 2.2 opdr. 1 t/m 4	
3	2	• lezen 2.3, maken opdr. 1 en 2 • demo onderzoeken 3 en 4 hw: maken opdr. 5 en 6; doorlezen 2.4	
4	2	• bespreken bijlage 1 (blz. 64 t/m 66) en bijlage 2 (blz. 67,68) hw: maken opdr. uit bijlagen 1,2	
5 t/m 8	3,4,5	• kiezen van één van de hoofdstukken 3, 4 en 5 door de groepen: - drie groepen moeten hfdst. 3 kiezen: alle drie groepen lezen 3.1. één groep doet de onderzoeken uit 3.2. één groep doet de onderzoeken uit 3.3 blz. 27 t/m 29 onderdeel 3. één groep doet de onderzoeken uit 3.3 en 3.4 vanaf blz. 29 onderdeel 4. - één groep kiest hfdst. 4 en doet alle onderzoeken uit dit hoofdstuk - twee groepen kiezen hfdst. 5: één groep 5.1 t/m 5.3, de andere groep 5.4	voor je begint aan je onderzoek moet je je meetplan laten keuren.
9	3,4,5	• afronden van je onderzoeken • beginnen met de voorbereiding van een rapportage (lees hiervoor blz. 34 als je hfdst. 3 gedaan hebt of blz. 47 voor hfdst. 4, of blz. 63 voor hfdst. 5) hw: rapportage voorbereiden (maak in je groep een taakverdeling wie precies wat thuis doet)	beoordeling van de rapportages op: -inhoud -werkverzorging -samenwerking

LESSENPLAN "VERGELIJKEN"/SG. HUIZERMAAT (vervolg)

les	hoofdstuk	activiteiten (op school en zonodig thuis)	toetsing
10 t/m 12	3,4,5	• tijdens les 10 nog kort gelegenheid tot voorbereiding op de rapportage • rapportages door de groepen	
13,14	1 t/m 5	• toets over het thema: in 75 min. moet je drie, vrij lange opdrachten beantwoorden: - één over een niet-natuurkundig onderzoek (hfdst. 1, 2) - één over een natuurkundig onderzoek, dat je echter niet zelf gedaan hebt (hfdst. 2) - één keuzevraag over het hoofdstuk van je eigen keuze. Als je eigen onderzoek maar een gedeelte van het hele hoofdstuk (3 of 5) betrof, dan moet je voor deze toets toch het hele hoofdstuk bestuderen. Het is daarom van belang goed én kritisch op te letten bij de rapportages van de andere groepen (vooral de groepen die een ander gedeelte van 'jouw' hoofdstuk gedaan hebben).	schriftelijke eindtoets: -cijfer 1 t/m 10 voor 'kennis' -cijfer 1 t/m 10 voor 'inzicht'

BIJLAGE D6

LESSENPLAN "VERGELIJKEN"/HERTOG JAN COLLEGE

les	onderwerp
1	• kennismaking • inleiden natuurkunde in 4 en 5 HAVO • financiën: f25,-,doubleurs f10,- (afspreken wanneer dit geïnd wordt) • themaboek 'Vergelijken' uitdelen • inleiden thema en hoofdstuk 1 • in groepjes opdr. 2 en 3 van 1.2 laten maken hw: 1.1 en 1.2 bestuderen, 2.1 lezen + opdr. 1 maken
2	• inleiden hfdst. 2 en bespreken opdr. 1 van 2.1 • oefening in eerlijk vergelijken met behulp van opdr. 1 en 2 van 2.2 (ene helft van de groepen opdr. 1, andere helft opdr. 2) • korte verslaggeving door de groepen (dit kan door één groep de opdr. uitvoeriger te laten rapporteren: de andere groepen kunnen aanvullen en evt. kritiek leveren) hw: 2.2 bestuderen, opdr. 4 maken, 2.3 lezen tot opdr. 4
3	• vragen beantwoorden, opdr. 4 van 2.2 kort bespreken • inleiden 2.3: - hoe vergelijk je eerlijk de treksterkte - opnoemen van factoren die van invloed zijn - maken van 'meetplan' (klassikaal) • verschillende groepen de onderdelen van het meetplan laten uitvoeren: - hypothese - metingen doen - concluderen • korte rapportage van de groepen hw: 2.3 bestuderen tot aan opdr. 5, opdr. 4 maken, bijlage 1 (blz 64 t/m 66) bestuderen
4	• bespreken van de onderzoeksresultaten en bijlage 1 • bespreken van begrip treksterkte en het maken van formules (bijlage 2); hierbij de begrippen 'evenredig' en 'omgekeerd evenredig' goed bespreken • kort ingaan op het doel van opdr. 5 hw: bijlage 1 en 2 bestuderen en opdrachten maken
5	• vragen beantwoorden (het is niet de bedoeling opdr. 5 van 2.3 te bespreken) • inleiden hfdst 3 'veilig fietsen', inhoudelijk en werkwijze • verdelen van onderwerpen over de groepen: - 3.2.1 remsoorten vergelijken - 3.2.2 remblokjes vergelijken - 3.3.2 zichtbaarheid van kleuren - 3.3.3 reflectoren testen - 3.3.4 dynamo's testen

LESSENPLAN "VERGELIJKEN"/HERTOG JAN COLLEGE (vervolg)

les	onderwerp
	• eisen aan onderzoek duidelijk maken wat betreft verslaggeving en presentatie aan de klas • groepjes bereiden onderzoek voor (meetplan) hw: hfdst. 3 lezen: 3.1 en eigen onderzoek
6,7	• onderzoeken uitvoeren en werken aan het verslag
8	• uitleg bedoeling van rapportage in les 9 en 10; eisen aan rapportage duidelijk maken • voorbereiden van rapportages (iedere groep moet met 3.3.5 en 3.4 rekening houden!) • evt. afronden van het onderzoek
9,10	• rapportages hw: bij de rapportages behorende gedeeltes uit hfdst. 3 doorlezen
11	• evaluatie thema/toets

BIJLAGE D6

LESSENPLAN "VERGELIJKEN"/CGS JAN VAN ARKEL

les	hoofdstuk	activiteiten	toetsing
1	1	• kennismaking • boeken uitdelen • energienota's vergelijken hw: lezen hfdst. 1, maken 1.1 opdr. 2, lezen 2.1, maken opdr. 1	
2	2	• bespreken gemaakte opdr. • groepen vormen • uitvoering 2.2 opdr. 1,2,4 door parallel werkende groepen hw: transparant maken met resultaten uitvoering 2.2 opdr. 1,2,4 lezen: bijlage 1 (blz. 64-66)	
3	2	• rapportage adhv. transparanten • evt. toelichting op bijlage 1 hw: lezen 2.3 (tot 'treksterkte'), maken opdr. 1,2	
4	2	• uitvoering 2.3 opdr. 3 door parallel werkende groepen (arbeidsverdelend onderzoek) hw: meetresultaten uitwerken maken 2.3 opdr. 4,5,6	
5	2	• meetresultaten uitwerken • maken 2.3 opdr. 4,5,6 hw: lezen bijlage 2 (blz. 67-68) oriënteren op keuze-onderzoek	
6	2	• bespreken 2.4 (incl. treksterkte-onderzoek)	
	3,4,5	• kiezen keuze-onderzoek: - 3.1 + 3.2 + 3.4 - 3.1 + 3.3 + 3.4 - 4.1 + 4.2 - 5.1 + 5.2 + 5.3 - 5.1 + 5.4 hw: keuze-onderzoek voorbereiden (meetplan maken + 3.1, 4.1 of 5.1 lezen)	
7,8,9	3,4,5	• controle meetplan • keuze-onderzoek uitvoeren hw: meetresultaten uitwerken lezen bijlage 1, 2 (voor les 10)	

LESSENPLAN "VERGELIJKEN"/CGS JAN VAN ARKEL (vervolg)

les	hoofdstuk	activiteiten	toetsing
10	3,4,5	• bijlage 2 bespreken • rapportage voorbereiden hw: rapportage voorbereiden	
11	3,4,5	• rapportage hfdst. 3 • rapportage bespreken	
12	3,4,5	• rapportage hfdst. 4,5	
13	1 t/m 5	• proefwerk	schriftelijk met vragen over: -basisstof (hfdst. 1+2) -eigen onderzoek (hfdst. 3, 4 of 5) -rapportages

BIJLAGE D7

ANTWOORDEN

hoofdstuk 1

1.1 1 • -

- Factoren die bij een eerlijke vergelijking van de zuinigheid waarmee energie gebruikt wordt meespelen zijn o.a.: de grootte van de woning, de soort woning (vrijstaand, 'rijtjeshuis', flat enz.), het aantal voordeurdelers. (N.B.: factoren als het soort verwarming, isolatie, de hoeveelheid elektrische apparatuur enz. zijn wél van invloed op het energiegebruik, maar zijn niet van belang voor de eerlijke vergelijking op zich).

2 • Verbrandingswarmten: aardgas 30.10^6 J/m³, huisbrandolie 40.10^9 J/m³.

Een kubieke meter huisbrandolie levert zo'n duizend maal méér warmte bij verbranding dan een kubieke meter aardgas. Met hetzelfde volume brandstof kan een huis bij stoken op huisbrandolie zo'n duizend maal langer op temperatuur gehouden worden dan bij stoken op aardgas. Het prijsverschil van f 0,25/m³ brandstof is hierbij te verwaarlozen.

- De schrijver van het artikel heeft de prijs van 1 m³ aardgas vergeleken met die van 1 liter huisbrandolie. Het artikel zou moeten luiden: "De warmtehoeveelheden die 1 m³ aardgas en 1 liter huisbrandolie bij verbranding leveren zijn bij benadering even groot. De prijs van 1 liter huisbrandolie ligt echter een kwartje hoger dan die van 1 m³ aardgas".
- Een betere vergelijking tussen gas- en olieprijs is gebaseerd op de prijs per eenheid geleverde energie (de prijs per joule): aardgas $1,5.10^{-8}$ f/J, huisbrandolie $1,8.10^{-8}$ f/J.

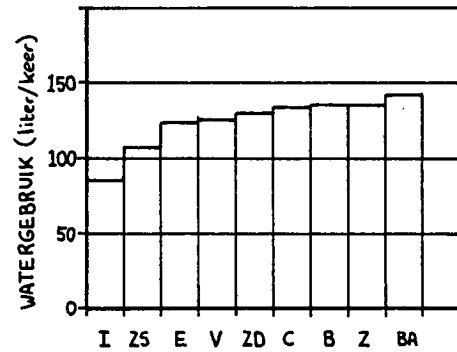
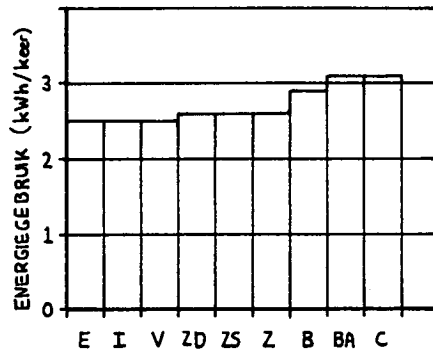
3 • -

hoofdstuk 2

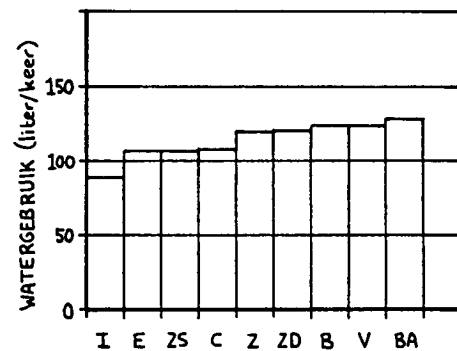
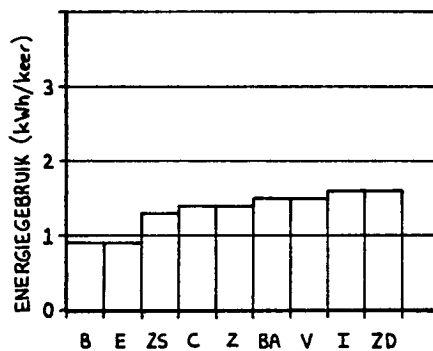
2.1 1 • -

2.2 1 •

WITWASPROGRAMMA



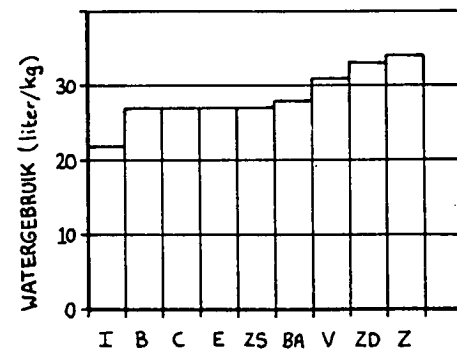
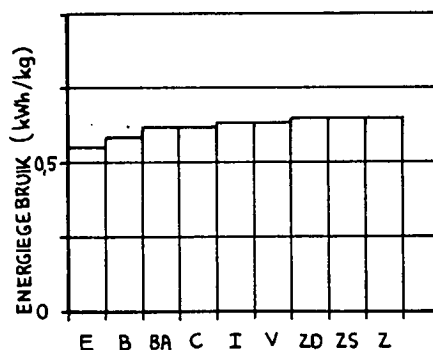
BONTWASPROGRAMMA



Wat betreft energieverbruik verschilt de rangschikking bij beide wasprogramma's nogal: bij het watergebruik lopen de beide rangschikkingen minder uiteen.

- De lading van de verschillende wasautomaten verschilt. Een betere vergelijkingsgrootte zou dus zijn: het energieverbruik per kg lading resp. het watergebruik per kg lading. Voor het wit-wasprogramma (met het oog op opdracht 2) levert dat als resultaat:

WITWASPROGRAMMA



BIJLAGE D7

Wat betreft energieverbruik is er een verschuiving in de rangschikking opgetreden, vergeleken met de vergelijking op energieverbruik per keer. Opvallend(er) is echter dat de verschillen tussen de verschillende merken/types kleiner zijn geworden. Een maat hiervoor zou kunnen zijn het verschil in energieverbruik tussen het zuinigste en het minst zuinige merk/type, gedeeld door het gemiddelde energieverbruik:

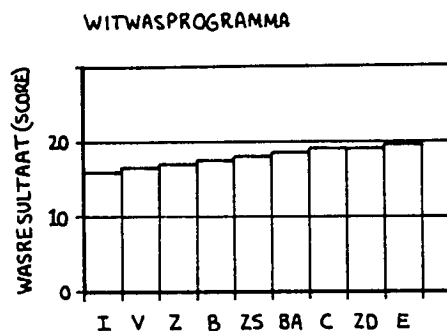
$$\text{-vergelijking op energieverbruik per keer: } \frac{3,1 - 2,5}{2,7} = 0,22$$

$$\text{-vergelijking op energieverbruik per kg: } \frac{0,65 - 0,56}{0,62} = 0,15$$

Ook wat betreft het watergebruik is er een verschuiving in de rangschikking opgetreden, vergeleken met de vergelijking op watergebruik per keer.

- Bij het maken van een rangschikking op grond van wasresultaat kan bijv. gebruik gemaakt worden van de informatie in de kolommen 'vuil- en vlekkenverwijdering' t/m 'spoelen' (weer beperkt tot het wit-wasprogramma). Deze informatie kan worden omgewerkt tot een wasresultaat-score voor elk merk/type via bijv. de volgende sleutel:

zeer goed	++	:	5
goed	+	:	4
redelijk	□	:	3
matig	-	:	2
slecht	--	:	1



Dus: hoe hoger de score, des te beter het wasresultaat.

Opvallend is dat een merk/type met een betrekkelijk laag energie- en watergebruik (E) het beste wasresultaat geeft. Andere merken/types met een hoge score op wasresultaat (C en ZD) liggen wat betreft energie- en watergebruik 'hoger' resp. 'flink hoger' in de rangschikking. Een verband tussen beide rangschikkingen (resp. wasresultaat en energie/watergebruik) is dus niet waarschijnlijk.

- -
- -

2 • merk/type	watergebruik per kg		energiegebruik per kg	
	bij max. lading	bij kl. w. lading	bij max. lading	bij kl. w. lading
B	27 liter/kg	28 liter/kg	0,58 kWh/kg	0,83 kWh/kg
BA	28 "	37 "	0,62 "	0,87 "
C	27 "	39 "	0,62 "	0,97 "
E	27 "	36 "	0,56 "	0,85 "

Zowel het water- als het energiegebruik per kg wasgoed ligt bij de besparingsprogramma's duidelijk hoger dan bij het normale (wit)wasprogramma. Conclusie: je kunt beter wachten tot de wasmachine vol is.

- De besparingsprogramma's spelen in op, mede door reclamecampagnes ingegeven waarden als 'zuinig omspringen met energie en water'.
- 3 • Als aanvullende onderzoekspunten zouden bijv. genoemd kunnen worden: prijs(klasse), levensduur van het apparaat, aantal verschillende wasprogramma's, afmetingen, geluidsniveau, bedieningsgemak.
- 4 • Bij de aanschaf van een afwasmachine kan het gaan om een conflict tussen het belang dat iemand hecht aan persoonlijk gemak en het meer maatschappelijk belang van zuinig omgaan met energie, grondstoffen en water.
- Over de controle van de *veronderstelling* dat een afwasmachine een 'energie- en watervreter' is het volgende deel van een artikel uit de Consumentengids van oktober 1978.

Bezint eer u begint

Eindelijk van die vervelende afwas af zijn. Tijd over houden voor andere dingen. Steeds een opgeruimd aanrecht. Hygiënischer afwassen. Dat kunnen belangrijke redenen zijn om de knoop door te hakken en te besluiten een afwasmachine te kopen. Maar staart u zich er niet blind op, want redenen om er niet een te kopen zijn er ook. Voor sommigen zullen ze misschien niet zo zwaar wegen, maar anderen zullen er voldoende aanleiding in vinden om die afwasmachine maar te laten voor wat hij is. Hier zijn ze:

- Afwasmachines maken een hoop lawaai, al het moois wat daarover in de folders staat ten spijt. Vooral als u een open keuken heeft kan dat hinderlijk zijn.
- Afwasmachines bieden ruimte voor heel wat serviesgoed en bestek. Heeft u wel zóveel dat u de vaat kunt opsparen tot een machine vol is? Een halfvolle machine laten draaien is onvoordelig!

- Niet alles kan tegen machinaal afwassen. Als u daar veel van heeft, zult u toch nog een flinke vaat op de hand moeten doen. Waarmee u moet uitkijken? In de eerste plaats met aardewerk, porselein en glas dat voorzien is van decor. Door de behandeling in de machine kan dat decor vervagen. Verder met glaswerk: daarop kunnen horizontale randen, krasjes, een metaalachtige blauwe gloed en witte wolkachtige vlekken ontstaan. Bestek met een houten of benen heft dat niet tegen heet water kan, mag zeker niet in een afwasmachine. Hetzelfde geldt voor aluminium, en soms voor geëmailleerde pannen. Aluminium wordt in de machine zwart en wordt op den duur aangetast door de sterk alkalische afwasmiddelen. Ook email – vooral het decor – kan in de machine worden aangetast.

- Rekken van afwasmachines zijn berekend op een vaat met gangbare afmetingen. Passen úw spullen wel in de

machine die u op het oog heeft? Dit kan wel eens problemen opleveren.

- Denkt u niet dat u met de koop van een afwasmachine helemaal van die afwas af bent. Tussendoor heeft u altijd wel iets nodig wat dan net in de machine staat. Pannen moeten vaak nog apart worden afgewassen.

- De afwas komt doorgaans niet helemaal droog uit de machine, zodat u toch nog moet afdrogen. Glaswerk en bestek zijn soms vlekkerig en moeten dan worden opgewreven.

- De afwasmachine zelf vraagt ook onderhoud, zoals af en toe schoonmaken, de zeef regelmatig uitspoelen, bijvullen (naspoelmiddel en zout) e.d.

- Tenslotte een erg belangrijk punt: in afwasmiddelen voor afwasmachines zitten fosfaten. En u zult weten dat fosfaten bepaald niet bevorderlijk zijn voor het milieu. Met handafwasmiddelen hoeft u er niet bang voor te zijn; daarin zitten geen fosfaten.

BIJLAGE D7

Niet de hand

Kan een afwasmachine het oude „handwerk” doen vergeten? Een aantal proefpersonen waste een vaat af die ongeveer overeenkwam met een machinelading en die op dezelfde manier was bevuild als de standaardcouverts voor de afwasproeven. Voor er afgewassen werd, was de vaat eerst met koud water voorgespoeld onder een lopende kraan. Voor de afwas werd ongeveer 23 l water van zo'n 50°C met afwasmiddel gebruikt. De vaat werd afgedroogd met een schone droogdoek. Bij de afwas werd een vaste volgorde aangehouden:

eerst de glazen, daarna kopjes, schoteltjes, lepeltjes, borden en bestek.

Het resultaat? In alle gevallen was de vaat goed tot zeer goed schoon. Veel minder schoon was de vaat na drogen in het afdruiptrek, dus zonder afdrogen met een droogdoek. Die droogdoek neemt dus ook nog wel wat vuil weg.

En wat betreft het waterverbruik: voor deze handwas was dit ongeveer 55 l, inclusief voorspoelen. Best mogelijk dat u meer of minder verbruikt. Daarom moet u voorzichtig zijn met het trekken van conclusies bij de vraag wat minder

verbruikt, met de hand of met de machine.

Aan water, afwasmiddel en wassen van de droogdoek kost zo'n handafwas overigens ongeveer 16 cent. Bij een gasboiler komt daar nog eens 11 cent bij voor het verbruikte gas (0,36 m³), zodat het totaal dan 27 cent wordt; bij een elektrische boiler komt er 19 cent bij voor elektriciteit (1,7 kWh), zodat dan het totaal 35 cent bedraagt.

Hieronder vindt u uiterekend dat dezelfde afwas met de afwasmachine 83 cent kost, exclusief de vaste kosten.

Jaarlijkse kosten

Kostenbewuste konsumenten kijken verder dan het prijskaartje dat aan een apparaat hangt. Die willen weten hoeveel het een en ander hen per jaar gaat kosten. Om een behoorlijke huishoudelijke begroting te kunnen maken.

Wat betreft afwasmachines is wat rekenwerk verricht. De resultaten vindt u hiernaast rechts. Houdt u wel in de gaten dat de vermelde bedragen gemiddelden zijn en dus kunnen afwijken van de cijfers die voor u gelden.

Uitgangspunt voor ons was een afwasmachine van f 1100 die in acht jaar wordt afgeschreven en die gemiddeld f 75 per jaar aan reparatie kost. De machine draait zes keer per week volgens het normale programma. Het verbruik is 2,5 kWh, 60 l water, 30 g afwasmiddel en 3 ml naspoelmiddel per keer, terwijl telkens 75 g zout wordt gebruikt voor het regenereren van de ontharder. Dan krijgen we het volgende sommetje:

Vaste kosten

afschrijving machine 1/8 van f 1100:
rente-verlies 6% over f 550:
reparatiekosten:

f 137,50 per jaar
f 33,00 per jaar
f 75,00 per jaar

f 245,50 per jaar

Kosten per keer afwassen

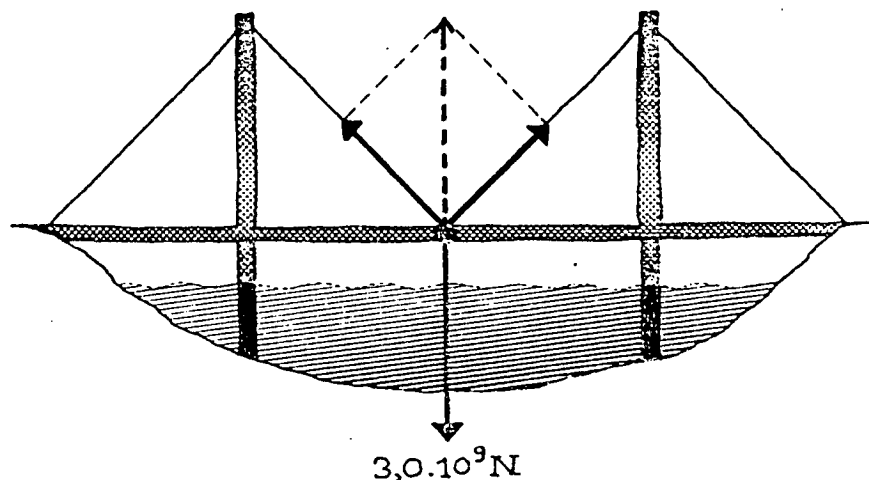
30 g afwasmiddel:
3 ml naspoelmiddel:
75 g zout:
2,5 kWh elektriciteit à f 0,20:
60 l water à f 1,35 per m³:

f 0,15 per keer
f 0,04 per keer
f 0,06 per keer
f 0,50 per keer
f 0,08 per keer

f 0,83 per keer

Alles bij elkaar moet u dus rekenen op zo'n f 500 per jaar.

- 2.3 1 • elastiek: elasticiteit
springplank: elasticiteit/buigzaamheid
tafel: buigzaamheid
parketvloer: hardheid
- 'sterkte' heeft in natuurkunde en techniek betrekking op de reactie van een materiaal onder invloed van trekkrachten.
- 2 • Alleen de materialen worden in de vergelijking betrokken. De vergelijking is incompleet en de antwoorden dus hoogstwaarschijnlijk onjuist. Bijv. een dik touw kan sterker zijn dan een heel dun ijzerdraadje.
- Is de sterkte van een kabel afhankelijk van de gebruikte materiaal-soort bij kabels van gelijke lengte, doorsnede-oppervlakte, vorm van de doorsnede enz.
 - *Verdere uitwerking vindt plaats in opdracht 3.*
- 3 • *Zie bijlage D10*
- 4 • Als koperdraad bij een kleinere trekkracht breekt dan staaldraad (gelijke doorsnede) is de staaldraad het sterkst. Voor staal vindt men dan een grotere treksterkte. De treksterkte is dus een goede maat voor de sterkte van materialen: hoe groter de treksterkte, des te sterker het materiaal.
Eenheid treksterkte: N/m^2 .
- De maximale trekkracht als maat voor de sterkte van een materiaal heeft als nadeel dat hij doorsnede-afhankelijk is. In tabellenboeken zou dan voor elk materiaal de maximale trekkracht bij een aantal verschillende doorsneden gegeven moeten worden (in de vorm van een tabel of diagram).
 - -
 - De maximale trekkracht blijkt onafhankelijk van de draadlengte. In de vergelijkingsgrootte treksterkte komt daarom de lengte van de draad niet voor.
- 5 •



Schaal: $1 \text{ cm} \approx 1,1 \cdot 10^9 \text{ N}$

Trekkracht per kabel: $2 \text{ cm} \approx 2,2 \cdot 10^9 \text{ N}$

Vereiste voorkennis: instructieboek 'Krachten'

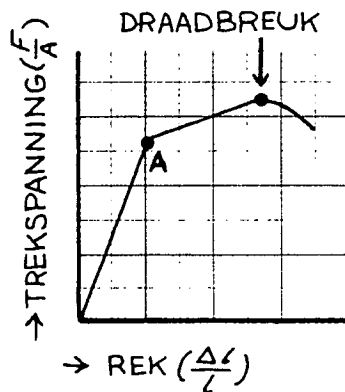
- Bij keuze voor constructiestaal (lijkt het meest voor-de-hand liggend bij een brug) is de vereiste doorsnede minimaal:

BIJLAGE D7

$$A = \frac{F_{\max}}{\sigma} = \frac{2,2 \cdot 10^9}{3,5 \cdot 10^8} = 6 \text{ m}^2 \text{ (lijkt wat veel!)}. \text{ Minimaal, omdat een}$$

zekere veiligheidsmarge nooit weg is.

- Bij een beperking tot 'gebruikseisen' lijken voor de keuze van het materiaal voor een tuikabel naast (trek)sterkte onder andere belangrijk: corrosievastheid, vermoeiingssterkte en kruipvastheid (alle drie in verband met de levensduur van de brug), elasticiteit (het brugdek mag niet teveel doorzakken bij belasting) en dichtheid (in verband met de massa van de brug).
 - Ongetwijfeld spelen bij de keuze van materialen en de vorm (soort) van de brug waarden mee als de persoonlijke voorkeur van de ontwerper voor bepaalde materialen (waar is hij vanuit zijn opleiding/ervaring gewend mee te werken) en esthetische overwegingen (hoe past de brug in de omgeving).
- 6 • In het gebied van plastische vervorming leidt een toename van de trekspanning tot een relatief grote vervorming, waardoor andere brugonderdelen te zwaar belast kunnen worden. Bovendien leidt in het genoemde gebied een relatief kleine toename van de trekspanning snel tot draadbreek.



Bepaling van de doorsnede van een tuikabel met behulp van de treksterkte betekent dat je ervan uit gaat dat de kabel plastisch vervormd mag worden. Dit is echter gezien het voorgaande niet toegestaan. Een veiliger bepaling van de kabeldoorsnede moet gebaseerd zijn op de treksterkte, behorend bij punt A in het diagram.

hoofdstuk 3

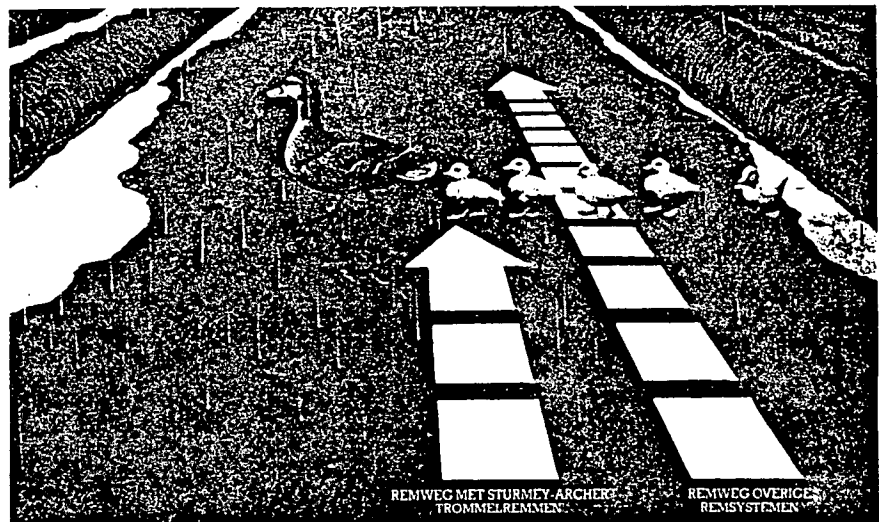
- 3.1 1 • Door het grote voorwiel kon een redelijke snelheid bereikt worden, zonder al te *snel* te hoeven trappen. (itt. de draisine (loopfiets) met pedalen op de vooras).
- De kettingaandrijving op het achterwiel zorgde voor een vergelijkbaar effect, met als voordeel dat het voorwiel weer zijn 'normale' afmetingen kon terugkrijgen. Daardoor kwam het zadel lager te liggen: het opstappen en het in evenwicht blijven tijdens het fietsen werden gemakkelijker.
- 2 Zie opdracht 1
- 3 In de loop der jaren heeft de fiets een ontwikkeling doorgemaakt, waaraan door een groot aantal personen wezenlijke bijdragen zijn geleverd.
- 3.2 1 -
- 2 -
- 3 • -

Met Sturmey Archer trommelremmen op uw fiets staat u stil waar u dat wilt. Onder alle weersomstandigheden.

Want trommelremmen zijn volledig gesloten, dus ongevoelig voor vuil en vocht. En Sturmey Archer maakt al meer dan 80 jaar de beste. Logisch dat u bij de aankoop van een fiets speciaal let op het remsysteem. De betere fietsen zijn ermee uitgerust.

Trommelremmen van Sturmey Archer stoppen een fiets sneller dan elk ander remsysteem.

DE REGEN-REMTEST
Remweg 2 3 4 5 6 7 8 9 10m



De advertentietekst 'Met S/A-trommelremmen op uw fiets staat u stil waar u dat wilt' is enigszins overdreven. Ook met trommelremmen is er een zekere remweg: zo'n 3 m bij regen volgens de advertentie. Helaas wordt niet aangegeven bij welke snelheid de regen-remtest werd uitgevoerd, terwijl het bovendien onduidelijk is of de verschillende factoren die de remweg beïnvloeden bij het testen van de drie soorten remmen gelijk gehouden zijn.

Wat betreft de illustratie: de 'remweg overige remsystemen' doet wat lang aan in vergelijking met de in de regen-remtest genoemde remweg van zo'n 4 m bij een terugtraprem met velgrem op het voorwiel.

- 3.3 1 Voor- en achterlicht (verplicht); gele pedaalreflectoren (verplicht); rode achterreflector (verplicht); spaak-, velg- of bandreflectoren, reflecterende kleding.

2 -
3 -
4 -
5 -

- 3.4 1 • Om de veiligheid van verschillende vervoermiddelen voor de inzittenden te kunnen vergelijken, zijn extra gegevens nodig, namelijk het aantal kilometer dat in een jaar in Nederland met de betreffende vervoermiddelen wordt afgelegd en de gemiddelde bezetting ervan. Een vergelijkingsgrootte zou kunnen zijn: het aantal verkeerdoden per reizigerskilometer. Deze grootte brengt het relatieve gebruik dat van een vervoermiddel gemaakt wordt in rekening. (Zie bijv. het thema 'Stoppen of Doorrijden'.)

Daarnaast zou ook rekening gehouden kunnen worden met het aantal *gewonden* bij verkeersongelukken.

- Je kunt veiligheid van een bepaald vervoermiddel bekijken vanuit het gezichtspunt van de inzittenden van het voertuig (zoals hier voor gedaan is), maar ook vanuit het gezichtspunt van de veiligheid van het voertuig voor andere verkeersdeelnemers. Dan krijg je bijv. te maken met een vraag als: hoe gevaarlijk zijn de verschillende vervoermiddelen voor een fietser. Als vergelijkingsgrootte zou bruikbaar kunnen zijn het aantal gedode/gewonde fietsers per reizigerskilometer, afgelegd door de verschillende andere soorten vervoermiddel. Benodigde gegevens zijn onder an-

BIJLAGE D7

Over de juiste manier om verkeersrisico's te berekenen is nogal wat discussie mogelijk, gezien de onderstaande artikelen uit de Volkskrant van resp. 4, 18 en 25 mei 1985.

Therapie tegen technofobie

„Risiko's meten is een verstandige manier om het waardevolle van de techniek op het spoor te komen. Gebeurt dat meer, dan kunnen we de toekomst met vertrouwen tegemoet zien.” Een citaat uit het recent verschenen boek „Risiko's meten; een antwoord op de angst voor een technologische cultuur”. Het boek is een bewerking van het boek „Keine Angst vor der Angst”, van Klaus Heilmann, dat in 1983 verscheen. In de Verenigde Staten kwam vorig jaar eveneens een bewerking van dit boek uit.

Voor Nederland is de bewerkte en aangepaste versie van het boek gemaakt door Harry Struyker Boudier, sinds 1980 hoogleraar in de farmacologie aan de Rijksuniversiteit Limburg. Struyker is geen onbekende. In het verleden heeft hij een aantal boeken en artikelen geschreven over geneesmiddelen die worden gebruikt bij hart- en vaatziekten.

Heilmann die de oorspronkelijke versie van het risico-boek schreef is hoogleraar aan de Technische Hogeschool van München en aan het Baylor College of Medicine in Houston (Texas). Het is dan ook niet zo vreemd, gezien de achtergronden van beide auteurs/bewerker, dat de voorbeelden die in het boek worden aangedragen voornamelijk zijn ontleend aan de medische wereld. De lessen die daaruit worden getrokken worden vervolgens algemeen gesteld voor 'alle technologie'. Gevolg is dat het begrip 'risico' in het boek voornamelijk wordt vertaald in 'levenskansen': al dan niet dood gaan. Kinderen hebben nu een veel hogere levensverwachting dan zeven jaar geleden. De wetenschappelijke ontwikkelingen die daarvoor hebben gezorgd zijn bijvoorbeeld röntgendiagnostiek (1901), nierdialyse (1945) tot recentere zoals pacemaker-implantatie (1960) en computergestuurde tomografie (1976). Technologische

ontwikkelingen, zoals een verbeterde drinkwatervoorziening en riolering tot en met een verbeterde toegankelijkheid van de gezondheidszorg voor de gehele bevolking, hebben de levenskansen eveneens vergroot.

De maatschappij staat voor een dilemma, vindt Struyker. Enerzijds wordt de samenleving verlamd door de angst dat technologie onbestuurbaar wordt en anderzijds is juist de technologie — en het wetenschappelijk onderzoek dat hieraan ten grondslag ligt — de basis van ons bestaan. Volgens Struyker is het een illusie dat we zonder technologie kunnen. Het levert wellicht niet het 'paradijs' op, maar het kan het leven wel draaglijker maken. Voorwaarde is dat de angst wordt overwonnen door een goed begrip van risico's.

En aan dat laatste — het begrip risico's — wijdt hij vervolgens een aantal hoofdstukken. Absolute veiligheid bestaat niet. Het gebruik van het begrip 'veiligheidsgraad' is realistischer. Aan dat begrip wordt in het boek veel aandacht besteed. De nieuwsmidia zouden meer gebruik moeten maken van wat Struyker aanduidt als

Veiligheidsgraadeenheden, ofwel VGE, een logaritmische eenheid. De beklimming van de Mount Everest levert een VGE van 0,7 op, en dat is niet best. Het risico om naar beneden te kletten is groot. Tot 1982 hebben 127 mensen de top met succes gehaald, bij beklimmingen zijn zeker 34 doden gevallen.

Autorijden in Nederland is wat minder gevaarlijk: per 5000 autorijders valt er jaarlijks één dode (3,8 VGE). Ongeveer hetzelfde geldt voor bromfietzers. Verdrinking door dijkdoorbraak komt nagenoeg niet voor: gemiddeld valt er jaarlijks één dode op de 10 miljoen Nederlanders als gevolg van dijkdoorbraak. Systematisch gebruik van zo'n risicoschaal zou de discussie over

moderne technologische verworvenheden aanzienlijk verbeteren, vindt Struyker. Zijn betoog is duidelijk. Media melden meestal incidenten, bijvoorbeeld elk vliegongeluk, omdat er telkens veel doden bij vallen. Het lijkt er dan op dat 'vliegen' ontzettend gevaarlijk is. Vergeten wordt dat het aantal ongelukken zeer beperkt is ten opzichte van de gigantische aantallen passagiers die worden vervoerd. Uit de statistiek blijkt dat er jaarlijks maar één dode valt op 800.000 vervoerde passagiers (5,9 VGE). In feite honderd maal veiliger dan autorijden.

Een boek over risico's kan natuurlijk niet om het vreedzaam gebruik van kernsplijting heen. Ook Struyker Boudier wijdt een paar pagina's aan wat hij noemt het meest duidelijke voorbeeld van 'technofobie', de grote angst van de laatste jaren. Toch wel een beetje onterecht, vindt hij. „De veiligheidsstatus van de kernenergie is tot nu toe in veertig jaar tijd hoger dan die van de energiewinning op basis van fossiele stoffen zoals steenkool, olie en gas. En dat zijn al industriële activiteiten met weinig risico's.”

Maar die nucleaire technofobie zal de komende jaren wel minder worden: „We kunnen er van uit gaan dat de zure regen en het kooldioxide-probleem (klimaatverandering op aarde, niet veroorzaakt door kerncentrales, B.S.) een krachtige psychotherapie zullen zijn voor de nucleaire technofobie. Helaas werkt geen enkele vorm van psychotherapie als de patiënt zijn fobie koestert,” vindt Struyker. Bij velen zal zo'n uitspraak niet goed vallen, maar de statistiek geeft hem tot nu toe geen gelijk.

BROER SCHOLTENS

Risiko's meten; een antwoord op de angst voor een technologische cultuur, door Harry Struyker Boudier, Klaus Heilmann en John Urquhart. Uitgeverij In den Toren, Baarn (1985). Prijs f25,-.

Fietsen is altijd nog veiliger dan autorijden: jaarlijks overlijdt er een op de 26.000 fietsers.



Fietsen is driemaal gevaarlijker dan autorijden

Statistiek is een moeilijk vak. De wetenschappelijke technieken, die in de statistiek worden gehanteerd zijn zeer ingewikkeld en vaak pas na grote en langdurige inspanning te doorgronden. Niet alleen de technieken zijn moeilijk. Ook de toepassing van de statistiek op het dagelijks leven is niet eenvoudig. Dit toepassingsgebied is bezaaid met voetangels en klemmen.

Het in Amerika in de jaren zestig verschenen boekje: „How to lie with statistics” geeft enkele pakkende illustraties van bereden scheve schaatsten. Het heeft nog niets aan actualiteit ingeboet, zoals bleek uit het artikel: „Therapie tegen technofobie” van Broer Scholten over het boek: „Risiko's meten” in de Volkskrant van 11 mei.

Het daarin opgenomen pleidooi voor een wat objectievere benadering van ongevalsrisico's in de pers, kan alleen met grote instemming worden begroet. Meer gebruik maken van cijfers en getallen, die vaak uitsluitend en alleen voor dat doel worden verzameld, moet van harte worden toegejuicht. Of van een dergelijk pleidooi een positieve werking uitgaat, indien daarbij tegelijkertijd een statistische wanprestatie wordt geleverd, moet worden betwijfeld.

In het bewuste artikel wordt gesteld — al dan niet overgenomen uit het boek — dat fietsen veiliger is dan autorijden. Jaarlijks komt een op de 26 duizend fietsers om. Bij het autorijden is dit een op de vijfduizend. Een dergelijke conclusie gebaseerd op deze gegevens kan de toets der kritiek niet doorstaan. Een motorkettingzaag — om maar iets te noemen — is een gevaarlijk stuk gereedschap. Het aantal personen, dat jaarlijks omkomt bij het werken met een motorkettingzaag is nagenoeg nul. Kan daarmee het werken met dit soort gereedschap als veilig worden bestempeld? Natuurlijk niet. Aangezien het nog bestaande bosareaal in Nederland



goed wordt beschermd, is voor deze apparaten weinig empoel. Er wordt dus weinig met dit soort zaken gewerkt en er gebeuren absoluut gezien weinig ongelukken mee.

Ongevalsrisico's kunnen niet zonder meer gekoppeld worden aan absolute aantallen slachtoffers. Steeds moet worden nagegaan, hoe lang men aan een zeker risico bloot staat. Indien moet worden vastgesteld of autorijden of fietsen veiliger is, dan kan niet volstaan worden met aantallen slachtoffers. Men moet niet alleen deze aantallen kennen, maar ook het gebruik van auto en fiets,

voordat een ongevalsrisico kan worden uitgerekend.

Deze gegevens zijn maatschappelijk gezien van groot belang. Ze kunnen echter alleen op basis van omvangrijke onderzoeken berekend worden. In Nederland heeft het Centraal Bureau voor de Statistiek de ongevalsrisico's voor een groot aantal verschillende vervoermiddelen bepaald. De resultaten zijn gepubliceerd in de maandstatistiek Verkeer en Vervoer van mei 1984. Uit het daarin verschenen artikel over ongevalsrisico's, dat in de pers weinig aandacht heeft getrokken, kan het volgende worden afgeleid:

Verkeersdoden per 100 miljoen reizigers/km:

auto	0,9
fiets	3,0

Per verreden kilometer, de enige juiste maat voor de grootte van het risico, is fietsen dus driemaal gevaarlijker dan autorijden. Vertaalt men dit in praktische termen dan verdient het dus aanbeveling kinderen met de auto naar school te brengen in plaats van ze te laten fietsen. Onderzoekresultaten werpen soms een vreemd licht op bestaande maatschappelijke situaties.

W. Walta

Fietsen zou veiliger kunnen zijn

„Fietsen is driemaal gevaarlijker dan autorijden” schrijft W. Walta op de U-pagina van 18 mei. Hij komt met de aanbeveling „kinderen met de auto naar school te brengen in plaats van ze te laten fietsen”.

Inderdaad mag je de risico's van het fietsen en het autorijden niet zomaar afmeten aan de aantallen vervoermiddelen en de aantallen slachtoffers. Het gaat ook om de aantallen kilometers die afgelegd worden. Je moet geen vergelijking maken op grond van cijfers uit onvergelykbare situaties. Daarom is het jammer dat Walta zelf aan het eind van zijn bijdrage over het verkeerd hantieren van statistiek, vergeet dat er nog meer verschillen zijn tussen fietsen en autorijden, waar je rekening mee moet houden als je wilt uitmaken welk vervoermiddel te kiezen is.

Als je alle fietskilometers bij elkaar vergelijkt met alle autokilometers, dan zijn de risico's voor fietsers inderdaad veel groter. Maar als het gaat om een keuze tussen vervoermiddelen, dan moet je je beperken tot de kilometers die „evenveel” per fiets als per auto afgelegd kunnen worden. Wat leeftijd na de bestuurder betreft, moet je dan vooral kijken naar de leeftijdsgroep tussen 25 en 65. In die leeftijdsgroep vallen naar verhouding minder fietsslachtoffers. Bovendien gaat het niet alleen om de risico's van bestuurders en eventuele passagiers, maar ook om het gevaar dat anderen aangereden worden.

Er vallen veel autoslachtoffers buiten de eigen auto. Zelden rijdt een fietser iemand dood. Genoemde factoren wijzen alle in dezelfde richting: autorijden is veel gevaarlijker dan het lijkt op grond van de (te) simpele statistiek die Walta aanhaalt.

Tenslotte nog dit. Omgaan met de gevaren in het verkeer leer je kinderen alleen door ze zelf aan het verkeer te laten deelnemen. Samen gaan fietsen (liefst dagelijks, bijvoorbeeld naar school) is de beste vorm van verkeersopvoeding. Dit alles neemt niet weg dat de risico's voor fietsers en dan vooral fietsende kinderen en bejaarden (te) groot zijn. Er is alle reden om (meer) prioriteit te geven aan het beschermen van fietsers in het razende verkeer. Ga dus toch fietsen en beteugel de auto die onze straten onveilig maakt.

AMSTERDAM Steven Schepel, Pressiegroep Stop de Kindermoord

Fietsen

Zaterdag 18 mei werd in deze rubriek door W. Walta uit Leiden beweerd dat statistiek een moeilijk vak is dat slechts na grote en langdurige inspanning geleerd kan worden. Onder de titel „Fietsen is driemaal gevaarlijker dan autorij-

den” wordt beweerd dat men steeds moet nagaan, hoe lang men aan een zeker risico wordt blootgesteld. Zeer juist!

Vervolgens wordt echter met instemming een artikel van het Centraal Bureau voor de Statistiek aangehaald, waarin het risico tussen auto en fiets wordt vergeleken met de volgende maat: verkeersdoden per 100 miljoen reizigers/km, resultaat: auto:fiets = 0,9 : 3,0. Vervolgens beweert W. Walta instemmend: Per verreden kilometer, de enige juiste maat voor de grootte van het risico, is fietsen driemaal gevaarlijker dan autorijden.

Hiermee wordt de eerder gedane bewering dat men slechts moet kijken hoe lang men aan een risico wordt blootgesteld ondergraven. Het is immers genoegzaam bekend dat een auto een kilometer in veel kortere tijd aflegt dan een fiets. Houdt men hiermee rekening dan zou de fiets wel eens veiliger kunnen zijn! Logisch en consequent denken is blijkbaar ook een moeilijk „vak” dat slechts na grote en langdurige inspanning geleerd kan worden! Wellicht is het beter het aantal mensen dat men aan het verkeer deelneemt als maat te nemen.

NIJMEGEN

J. Ruijters

BIJLAGE D7

dere gegevens over het soort verkeersongevallen (hoeveel botsingen tussen welke vervoermiddelen en welke verkeersdeelnemers raakten daarbij gewond/gedood) en het aantal reizigerskilometer dat met verschillende vervoermiddelen per jaar wordt afgelegd.

2 -

hoofdstuk 4

4.1 1 • Ruim 80% van de gebruikte energie in huis is bestemd voor verwarmingsdoeleinden. Een besparing van 20 % in deze gebruikscategorie levert dus de grootste daling van het totale energieverbruik.

- Redenen voor een zuinig omgaan met energie kunnen zijn: kostenbesparing, bezorgdheid om met energieopwekking en -gebruik samenhangende milieuproblemen, bezorgdheid om de toekomstige energievoorziening ('eindige voorraden'), enz.
- *Zie illustratie in themaboek p. 36.*

2 De meeste isolatie-materialen hebben een vezel- of bellenstructuur, waardoor gebruik gemaakt wordt van de slechte warmtegeleidingseigenschappen van lucht (of een ander gas) die in zijn stroming belemmerd wordt.

4.2 1 • De hoeveelheid warmte die zich door een materiaal verplaatst is afhankelijk van de tijd. Die tijdsafhankelijkheid is afwezig bij de grootte warmtestroom.

- Eenheid warmtestroom: $J/s = W$. Warmtestroom is dus eigenlijk een vermogen.
- De warmtestroom kan afhangen van bijv.: de dikte van de wand, het wandmateriaal, de oppervlakte van de wand, het temperatuurverschil tussen beide kanten van de wand, de kleur van het wandmateriaal (reflectie!).

2 -

3 -

4 • -

- De warmtestroom door een wand is geen goede vergelijkingsgrootte voor de isolerende eigenschap van een materiaal, omdat de grootte van de warmtestroom afhangt van wandoppervlakte en temperatuurverschil tussen beide kanten van de wand. De warmtestroom is dus geen 'materiaaleigenschap'. Een betere vergelijkingsgrootte zou zijn de 'warmtestroom per m^2 wandoppervlak en per $^{\circ}C$ temperatuurverschil tussen beide kanten van de wand'.

5 • Bij $\Delta T = 1^{\circ}C$ geldt: $P = \frac{820}{20} = 41 \text{ W}$ (P en ΔT zijn recht evenredig)

- Bij $\Delta T = 1^{\circ}C$ en $A = 1 \text{ m}^2$ geldt: $P = \frac{41}{12} = 3,4 \text{ W}$ (P en A zijn recht evenredig).

- Warmtestroom door muuroppervlak van 1 m^2 bij een temperatuurverschil van $1^{\circ}C$ tussen beide kanten van de muur $= \frac{P}{A \cdot \Delta T}$

6 • Eenheid K -waarde: $\dot{W}/(m^2^{\circ}C)$

- Hoe groter de K -waarde, des te groter de warmtestroom P (bij gelijke A en ΔT , en des te slechter de isolerende eigenschap van het materiaal).

- *Aanvullende meting: wandoppervlak (gemiddelde tussen binnen- en buitenoppervlak).*

• -

• -

- 4.3 1 • Hoe kleiner de K -waarde, des te kleiner het warmteverlies per m^2 materiaaloppervlak in een jaar.
- Vervanging van enkele door dubbele beglazing (K -waarde gaat van 6 naar 3); vullen van de aanwezige spouw met bijv. polyurethaanschuim (K -waarde gaat van 1,8 naar 0,8). (Zie gegevens over K -waarde in het themaboek op blz. 41.)
 - In de tekening is het warmteverlies door 1 m^2 materiaaloppervlak in een jaar weergegeven. Het is juist dat deze grootte voor glas de hoogste waarde heeft. De grootte van het warmteverlies per jaar via de ramen is echter afhankelijk van het totale raamoppervlak in de woning. Voor een vergelijking tussen het warmteverlies door ramen, wanden, dak en vloer zijn dus gegevens nodig over de respectievelijke oppervlakten.
 - Warmteverlies (in m^3 gas) per jaar door 1 m^2 materiaal = 10 . K -waarde (behalve voor de vloer).
 - Een verlaging van de K -waarde van 6 naar 3 (dubbele i.p.v. enkele beglazing) moet een jaarlijkse besparing van 30 m^3 aardgas per m^2 opleveren (van 60 naar 30 m^3 aardgas per m^2), ofwel een energiehoeveelheid van $30 \cdot 30 \cdot 10^6 = 9 \cdot 10^8$ J.

Controle:

- gemiddeld temperatuurverschil tussen binnen en buiten:
 $18 - 4 = 14$ °C (Binnentemperatuur 18 °C is een aanname van de gemiddelde temperatuur over een dag; buitentemperatuur 4 °C is een ruwe schatting op grond van het diagram op blz. 43 van het themaboek)
- energiebesparing per seconde: $P = (K_1 - K_2) \cdot A \cdot \Delta T = 3 \cdot 1 \cdot 14 = 42$ J.
- lengte stookseizoen: $t = (8/12) \cdot 365 \cdot 24 \cdot 3600 = 2,1 \cdot 10^7$ s.
- energiebesparing per stookseizoen (jaar): $E = P \cdot t = 42 \cdot 2,1 \cdot 10^7 = 8,8 \cdot 10^8$ J.

De controleberekening levert een goede overeenstemming met de opgegeven jaarlijkse besparing.

soort isolatie	besparing uit tekening (in m^3 aardgas/ m^2)	besparing uit advertentie (in m^3 aardgas/ m^2)
spouwmuurisolatie	10	10
dakisolatie	3	6-10
vloerisolatie	5	5
dubbel glas (woonkamer)	30	30

De gegevens uit de advertentie stemmen goed overeen met de gegevens uit de tekeningen op blz. 42 van het themaboek (m.u.v. dakisolatie; mogelijk heeft dit te maken met het meetellen van de gelijkblijvende schoorsteenverliezen in de tekeningen).

BIJLAGE D7

soort isolatie	besparing per jaar (in m ³ aardgas/m ²)	oppervlakte (in m ²)	besparing [*] per jaar (in gulden)
spouwmuurisolatie	10	32	192
dakisolatie	3	40	72
vloerisolatie	5	35	105
dubbel glas	30	14	252
totaal			621

*Gebaseerd op aardgasprijs van 0,60 f/m³

- In een bestaand huis kan de warmtestroom door de wanden verkleind worden door verlaging van ΔT . D.w.z.: door het instellen van een lagere binnentemperatuur.
Voor een huis dat nog gebouwd moet worden kan gestreefd worden naar een zo klein mogelijk buitenoppervlak A .
- -
- Terugverdiëntijd aanbrengen voorzetramen (woonkamer).
 - besparing in gulden per jaar per m² oppervlakte: $30 \cdot 0,60 = 18$
 - materiaalkosten in gulden per m² oppervlakte: 95
 - terugverdiëntijd in jaar : $95/18 \approx 5$
 De advertentie geeft voor deze isolatie-activiteit een terugverdiëntijd van $5\frac{1}{2}$ jaar (mits zelf uitgevoerd). Dat stemt redelijk overeen met de berekende terugverdiëntijd.
- Energie-terugverdiëntijd aanbrengen voorzetramen (woonkamer).
 - energiebesparing in joule per jaar per m² oppervlak: $30 \cdot 30 \cdot 10^6 = 9 \cdot 10^8$
 - energiekosten in joule per m² oppervlakte: $1,7 \cdot 10^8$
 - energierugverdiëntijd in jaar: $1,7 \cdot 10^8 / 9 \cdot 10^8 \approx 0,2$ (Hierbij is geen rekening gehouden met benodigde energie voor transport en voor extra materialen, bijv. sponningen.)
- -
- 2 • Bij een vergelijking van de invloed van de vorm van woningen op het energiegebruik, moeten we uitgaan van eenzelfde volume en in de verschillende gevallen het totale buitenoppervlak bepalen. Als uitgangspunt nemen we een kubusvormig huis met afmeting a :
volume $V = a^3$, wandoppervlak $A = 6 \cdot a^2$
Een bolhuis met straal r heeft als volume $V_b = \frac{1}{2} \cdot \frac{4}{3} \pi r^3 \approx 2,1r^3$ (Zie BINAS tabellenboek, blz. 183 tabel 95) en als wandoppervlak $A_b = \pi r^2$ (vloeroppervlak) + $\frac{1}{2} \cdot 4\pi r^2 \approx 9,5r^2$.
De volumes van kubus- en bolhuis moeten gelijk zijn, dus:
 $a^3 = 2,1r^3 \rightarrow r \approx 0,78a$. Voor A_b geldt dan: $A_b \approx 9,5 \cdot 0,78^2 \cdot a^2 \approx 5,8a^2$.
De energiebesparing door een kleiner wandoppervlak bij een bolhuis lijkt op grond van deze vergelijking verwaarloosbaar. De vergelijking kan er anders uitzien als we het vloeroppervlak van beide woningen verwaarlozen, omdat de bijdrage daarvan aan het warmteverlies relatief klein is.
Het wandoppervlak van een kubushuis wordt dan: $A = 5a^2$. Voor het bolhuis geldt: $A_b = \frac{1}{2} \cdot 4\pi r^2 = \frac{1}{2} \cdot 4\pi \cdot 0,78^2 \cdot a^2 = 3,8a^2$. Deze vergelijking levert dus een redelijke wandoppervlakte-verkleining bij het bolhuis, vergeleken met het kubushuis.
Tegenover het voordeel van een lager energiegebruik bij een bol-

huis staan nadelen op het persoonlijke vlak als bijv. een lastige inrichting (holle 'buiten' muren) en mogelijk verlies van leefruimte doordat de stahoogte nogal varieert en nadelen op het maatschappelijk vlak als bijv. het grote ruimtebeslag van dit soort woningen (ze zijn lastig stapelbaar).

- 3 • De zolder- en kamertemperaturen zijn vergeleken gedurende verschillende winters. Over het algemeen zijn winters in opeenvolgende jaren niet even streng, met andere woorden: de gemiddelde buitentemperatuur gedurende de twee winters kan verschillend geweest zijn. Hierover geeft de advertentie geen informatie. Datzelfde geldt voor de gebruikte hoeveelheid energie. De advertentie gebruikt de hoogte van de gemiddelde binnentemperatuur als maat voor de isolerende eigenschappen van het isolatiemateriaal. Dat mag wel, maar dan moet de warmtestroom door de wanden gelijk zijn in beide gevallen. De uitdrukking voor de K -waarde kan namelijk geschreven worden als: $\Delta T = P/K.A$. Bij gelijke P en A geldt: hoe kleiner K (betere isolerende eigenschappen), des te groter ΔT (hogere binnentemperatuur). De binnentemperatuur mag dus als maat voor de isolerende eigenschap van het materiaal gebruikt worden, maar alleen bij gelijke warmtestroom door de wanden (= gelijk energiegebruik) én bij gelijk wandoppervlak (dat klopt met het in de advertentie beschreven onderzoek) én bij gelijke gemiddelde buitentemperatuur (en daar is de advertentie onduidelijk over, zoals hiervoor al gezegd).
- -
- 4 • K -waarde thermoplus: $1,6 \text{ W/m}^2\text{°C}$.
In activiteit 1 (blz. 42 themaboek) is gecontroleerd dat de getalwaarde van het warmteverlies in m^3 aardgas per jaar per m^2 oppervlakte ruwweg gegeven wordt door $10.K$. Voor de thermoplus beglazing komen we dus uit op een warmteverlies van 16 m^3 aardgas per jaar per m^2 . Ten opzichte van normale enkele beglazing (warmteverlies 60 m^3 aardgas per jaar per m^2) geeft dat een besparing van 46 m^3 aardgas per jaar per m^2 . De in de advertentie genoemde aardgasbesparing lijkt dus wat aan de te hoge kant.

hoofdstuk 5

- 5.2 1 -
- 2 -
- 5.3 1 -
- 2 -
- 3 De doorsnede van schemerlampsnoeren is over het algemeen kleiner dan de doorsnede van het aansluitsnoer van een wasmachine. Uit opdracht 2 is bekend dat de stroomsterkte in het aansluitsnoer van een wasmachine groter is dan in dat van een schemerlamp. Gecombineerd met de resultaten van de opdrachten 1 en 2 uit paragraaf 5.2 kan dit leiden tot de conclusie dat de grotere draaddoorsnede bij het wasmachine-aansluitsnoer dient als compensatie voor de grotere warmte-ontwikkeling in het snoer als gevolg van de grotere stroomsterkte (hoe groter de draaddoorsnede, des te kleiner de warmte-ontwikkeling bij gelijke stroomsterkte).
- 4 • De doorsnede van installatiedraad is over het algemeen vergelijk-

BIJLAGE D7

baar met die van het aansluitsnoer van een wasmachine. Dit is in overeenstemming met het resultaat uit opdracht 2: de (maximale) stroomsterkte in een wasmachine-aansluitsnoer ligt niet zo ver af van de maximale stroomsterkte in de installatiedraden (bepaald door de zekeringen): de warmte-ontwikkeling (en dus ook de draaddoorsnede volgens opdracht 3) is van vergelijkbare grootte in beide draden.

- Zwart geïsoleerd installatiedraad wordt gebruikt voor het aansluiten van een lichtpunt met een relatief laag vermogen (zie opdracht 1). De stroomsterkte in deze draad blijft dus beperkt (zie opdracht 2): bij een geringe stroomsterkte is een kleine draaddoorsnede voldoende om de warmte-ontwikkeling binnen de perken te houden.
- 5 • De doorsnede van een smeltdraad in een zekering is zeer klein, vergeleken met de doorsnede van installatiedraad. Bij gelijke (maximale) stroomsterkte in beide draden (serieschakeling) moet de warmte-ontwikkeling in de smeltdraad zo hoog kunnen worden dat de temperatuur van de draad stijgt tot het smeltpunt van het draadmateriaal bereikt wordt; de warmte-ontwikkeling in de installatiedraad moet juist beperkt blijven. Dit wordt bereikt bij een kleine doorsnede van de smeltdraad (zie opdracht 3).
- Hoe groter de maximale stroomsterkte die een zekering doorlaat, des te groter de smeltdraaddoorsnede.
- 6 • De overgang van 6 à 10A-zekeringen naar 16A-zekeringen heeft te maken met het toenemend aantal elektrische apparaten in een woning. (Alternatief zou geweest zijn het installeren van meer groepen.)
- 7 • Bij 32A-zekeringen moet de installatiedraaddoorsnede flink groter gekozen worden dan in de huidige situatie. Dit kan leiden tot problemen bij de installatie van de huisinstallatie (geringe flexibiliteit van de installatiedraad).
- De (maximale) stroomsterkte in een wasmachine ligt vaak in de buurt van 16 A: het is dus nauwelijks mogelijk op de installatieleiding naar de wasmachine nog extra elektrische apparatuur aan te sluiten.
- De tekst hieronder geeft informatie over de eisen die aan de groepeerindeling gesteld worden (uit: *Elektriciteit in de woning*, W. Hesselink, N.V. KEMA, Arnhem p. 226-228).

De van de installatiekast(en) van een verdeelinrichting afgaande leidingen zijn in het algemeen groepsleidingen. Groepsleidingen mogen op geen enkel punt en op geen enkele wijze elektrisch met elkaar zijn of kunnen worden verbonden. D.w.z. buisleidingen en kabels, behorende tot verschillende groepen, mogen wel naast elkaar lopen of elkaar kruisen, maar géén gemeenschappelijke las- of kabeldozen bezitten, niet in eenzelfde aansluitpunt eindigen en evenmin d.m.v. schakelaars e.d. kunnen worden verbonden.

Naar vermeld moeten alle draden of aders van een groepsleiding een kerndoorsnede hebben van tenminste 2,5 mm² (groepsveiligheid maximaal 16 A), met uitzondering van de schakeldraden naar lichtpunten in buisleidingen, die een kerndoorsnede van 1,5 mm² mogen hebben. Ook moet de kleur van de draad- of aderisolatie, volgens de geldende codering, overeenkomen met de bestemming (aarde: geel/groen, nul: blauw, fase: bruin, schakeldraad: zwart). Lassen moeten d.m.v. lasdoppen worden gemaakt en mogen zich uitsluitend in blijvend toegankelijke lasdozen of kabeldozen bevinden. De aansluiting van wandcontactdozen en schakelaars op niet in zicht aangelegde (dus in muren e.d. weggewerkte) buisleidingen moet eveneens d.m.v. lasdozen geschieden. Lichtpunten, d.w.z. aansluitpunten voor vast aan te brengen verlichtingstoestellen, worden meestal ook van een lasdoos voorzien.

De groepsleidingen moeten zodanig worden aangelegd dat, als geheel, een huisinstallatie met een logische, overzichtelijke opbouw ontstaat. Hiertoe kunnen diverse installatiesystemen worden gevolgd, die hierna worden toegelicht. In het algemeen verdient het aanbeveling in grote en/of algemeen gebruikte ruimten (woonkamer, hall, trappenhuis e.d.) lichtpunten en wandcontactdozen op verschillende groepen aan te brengen, zodat die ruimten in geval van storing in een bepaalde groep niet volledig van elektriciteit (en licht) zijn verstoken. Voorts moet in ieder vertrek tenminste een bepaald aantal, doelmatig verspreide, wandcontactdozen aanwezig zijn — onder meer om overmatig gebruik van verlengsnoeren tegen te gaan. De bedoelde aantallen zijn schetsmatig aangegeven in de bijgaande tekening.

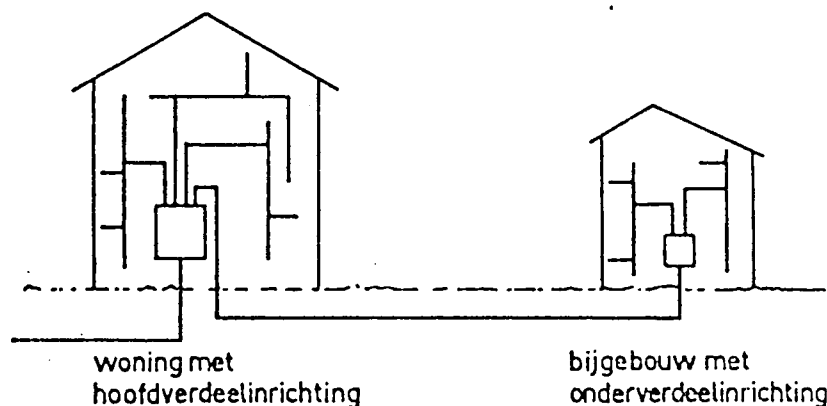
Bij het aanleggen van een nieuwe huisinstallatie of het vernieuwen van een bestaande installatie mogen per groep niet meer dan twaalf aansluitpunten worden aangebracht. Een aansluitpunt is, in dit verband, een aansluiting op een vast opgesteld toestel, een lichtpunt of een aantal met dezelfde schakelaar(s) geschakelde lichtpunten of een enkel- of meervoudige wandcontactdoos. Ten behoeve van latere uitbreiding mag het aantal aansluitpunten worden opgevoerd tot ten hoogste vijftien. Indien er, aanvankelijk of later, meer dan resp. 12 of 15 aansluitpunten nodig zijn, dan moet een extra groepsleiding worden aangelegd vanaf de verdeelinrichting — meestal wordt de oorspronkelijke groep daarbij opgesplitst in twee ongeveer even omvangrijke groepen.

Aangeraden wordt om veel gebruikte toestellen met een groter vermogen dan ca. 2 kW (bv. wasautomaten) via een aparte groepsleiding aan te sluiten. In grotere bijgebouwen, zoals stallen en ateliers, moeten vaak meer dan het voor één groep toegestane aantal aansluitpunten worden geïnstalleerd. Het desbetreffende gebouw wordt dan voorzien van een 'onderverdeelinrichting'. Deze bestaat ook uit één of meer installatiekast(en) met een hoofdschakelaar en groepsveiligheden en -schakelaars t.b.v. twee of meer groepen. De groepsleiding naar de onderverdeelinrichting (eigenlijk een huisleiding van de tweede orde) heeft, met het oog op het vermogen en/of de leidingverliezen, vaak een kerndoorsnede van 4 mm² (veiligheid of, bij drie fasen, veiligheid in de hoofdverdeelinrichting maximaal 20 A).

RUIMTE		⊕	⊖
HOOFDWOONKAMER	≥ 20 m ³	4	
IDEM	< 20 m ³	3	
OVERIGE KAMERS	≥ 10 m ³	2	
IDEM	< 10 m ³	1	
KEUKEN		2	
BIJKEUKEN EN WASRUIMTE		1	
ZOLDER OF BEGAANBARE VLIERING			1
BERGPLAATS EN/OF GARAGE		1	

Overzicht van het voorgeschreven aantal wandcontactdozen

Installatie van hoofd- en bijgebouw.



BIJLAGE D7

- 5.4 1 -
 2 -
 3 -
 4 -
- 5 • Standaard-koperdraad ($l = 1 \text{ m}$, $A = 1 \text{ mm}^2$): $R = 1,7 \cdot 10^{-2} \Omega$
 Koperdraad $l = 5 \text{ km}$ ($= 5 \cdot 10^3 \text{ m}$), $A = 1 \text{ mm}^2$: $R = 5 \cdot 10^3 \cdot 1,7 \cdot 10^{-2} = 85 \Omega$ (R recht evenredig met l ; de lengte van de koperdraad is $5 \cdot 10^3$ maal zo groot als die van de standaard-koperdraad.)
 Koperdraad $l = 5 \text{ km}$, $A = 1 \text{ cm}^2$ ($= 10^2 \text{ mm}^2$): $R = 85/10^2 = 0,85 \Omega$ (R omgekeerd evenredig met A ; de doorsnede van deze koperdraad is 10^2 maal zo groot als die van de vorige koperdraad, dus de weerstand van de laatste draad is 10^2 maal zo klein.)
- Volgens het bovenstaande vind je de weerstand R van een draad door de weerstand van de standaarddraad (de soortelijke weerstand ρ) te vermenigvuldigen met de lengte l en te delen door de doorsnede A :
- $$R = \rho \cdot \frac{l}{A}$$
- 6 • -
- Materialen met een kleine soortelijke weerstand komen in aanmerking voor gebruik in een elektrische huisinstallatie: aluminium, goud, zilver, koper. Kostenoverwegingen leiden tot een keuze voor aluminium en koper.
 Gebruik van materialen met een kleine soortelijke weerstand leidt tot een lage leidingweerstand. Dat betekent dat de leidingen de stroom gemakkelijk doorlaten en er weinig verlies optreedt in de leidingen.
- 7 De lage leidingweerstand (zie opdracht 6) leidt tot een beperking van de warmte-ontwikkeling.
- 8 • Hoe groter de maximaal toelaatbare stroomsterkte in een leiding (bepaald door de geïnstalleerde zekering), des te groter moet de leidingdoorsnede zijn. Een grotere leidingdoorsnede betekent een kleinere leidingweerstand met een matigende invloed op de warmte-ontwikkeling veroorzaakt door de hogere maximaal toelaatbare stroomsterkte in de leiding.
- De grotere maximaal toelaatbare stroomsterkte in kabels ten opzichte van vaste leidingen (bij gelijke leidingdoorsnede) heeft mogelijk iets te maken met het gemak van warmte-afvoer. Vaste leidingen liggen in lucht in de installatiebuis. De slechte warmtegeleidende eigenschappen van niet stromende lucht (zie hoofdstuk 4) bemoeilijken de warmte-afvoer, waardoor de temperatuur in de installatiebuis sneller oploopt dan bij kabels, waarbij de isolatiemantel (en de grond) veel van de vrijkomende warmte kan opnemen zonder veel in temperatuur te stijgen.
- 9 • $I = P/V = 3 \cdot 10^3 / 220 = 14 \text{ A}$.
 De leiding kan beveiligd worden met een 16A-zekering. De voorgescreven leidingdoorsnede is dan $2,5 \text{ mm}^2$.
- Leidingweerstand: $R = \rho \cdot l/A = 1,7 \cdot 10^{-2} \cdot 22/2,5 = 0,15 \Omega$ (de leidinglengte bedraagt in totaal 22 m).
 Warmte-ontwikkeling per seconde: $Q = I^2 \cdot R \cdot t = 14^2 \cdot 0,15 \cdot 1 = 29 \text{ W}$.
 Energie-verlies: $Q/P = 29/3 \cdot 10^3 = 0,01 \approx 1\%$.
- 10 • Bij een geïnstalleerde 10A-zekering zijn de leidingen berekend op een maximale stroomsterkte van 10 A: de leidingdoorsnede bedraagt dan $1,5 \text{ mm}^2$. Als vervanging van de 10A-zekering door een 16A-ze-

kering zonder meer mogelijk zou zijn, kan de warmte-ontwikkeling te groot worden als gevolg van de te grote leidingweerstand. Die leidingweerstand moet bij een 16A-zekering kleiner zijn dan bij 10A-zekering om de grotere warmte-ontwikkeling bij een stroomsterkte van 16 A te compenseren.

- De stroomsterkte kan nu te hoog oplopen, doordat de zekering uitgeschakeld is.
- 11 • Bij een lagere spanning V en eenzelfde opgenomen vermogen P is de stroomsterkte I in de leidingen groter ($I = P/V$). De warmte-ontwikkeling in de leidingen is dan groter.
- Twee mogelijke oplossingen zijn: grotere draaddoorsnede (nadeel: geringere flexibiliteit bij aanleg installatie en hogere kosten) of een groter aantal groepen (nadeel: hogere aanleg- en materiaalkosten).
- 12 • Volgens de voorschriften voor leidingdoorsnede op blz. 60 van het themaboek moet bij een snoer de leidingdoorsnede minimaal $0,75 \text{ mm}^2$ bedragen bij een maximale stroomsterkte van 6A. De kabelhaspel voldoet dus aan de voorschriften.
 $P_{\text{max}} = V \cdot I = 220 \cdot 6 = 1,3 \text{ kW}$.
- In opgerolde toestand is de afvoer van de bij stroomdoorgang ontwikkelde warmte moeilijker: de temperatuur zal hoger oplopen en er bestaat kans op smelten van de isolatie (kortsluiting) en het plastic omhulsel van de haspel.
 De lagere maximaal toelaatbare stroomsterkte moet de belemmering van de warmte-afvoer compenseren met een geringere warmte-ontwikkeling.
 $I = P/V = 400/200 = 2 \text{ A}$: een 400 W-boormachine mag op de opgerolde kabel aangesloten worden. Bij een straalkachel ($P \approx 1000 \text{ W}$) mag dat niet!
- Leidingweerstand: $R = \rho \cdot l/A = 1,7 \cdot 10^{-2} \cdot 30/0,75 = 0,68 \Omega$
 Warmte-ontwikkeling per seconde: $Q = I^2 \cdot R \cdot t = 2^2 \cdot 0,68 \cdot 1 \approx 2,7 \text{ W}$.
 Deze warmte-ontwikkeling is vergelijkbaar met de warmte-ontwikkeling bij een 25 W-gloeilamp.
- 13 • Leidingweerstand: $R = \rho \cdot l/A = 1,7 \cdot 10^{-2} \cdot 40/2,5 = 0,27 \Omega$
 Stroomsterkte: $I = \frac{V}{R} = \frac{220}{0,27} = 8,1 \cdot 10^2 \text{ A}$.
- Leidingweerstand per m: $R = 0,27/40 = 6,8 \cdot 10^{-3} \Omega$
 Warmte-ontwikkeling per seconde in 1 m leiding: $Q = I^2 \cdot R \cdot t = (8,1 \cdot 10^2)^2 \cdot 6,8 \cdot 10^{-3} \cdot 1 = 4,5 \cdot 10^3 \text{ W}$.
 Deze warmte-ontwikkeling komt overeen met die van zo'n twee straalkachels.
- 14 • Stroomsterkte in de leiding: $I = P/V = 5,5 \cdot 10^3/220 = 25 \text{ A}$
 Leidingweerstand: $R = \rho \cdot l/A = 1,7 \cdot 10^{-2} \cdot 200/2,5 = 1,4 \Omega$.
 Warmte-ontwikkeling per seconde: $Q = I^2 \cdot R \cdot t = 25^2 \cdot 1,4 \cdot 1 = 8,8 \cdot 10^2 \text{ W}$.
 Energieverlies: $8,8 \cdot 10^2/5,5 \cdot 10^3 = 0,16 \approx 16\%$
- Stroomsterkte per groep: 13 A
 Leidingweerstand per groep: $0,7 \Omega$ (Dit is overigens een aanvechtbare aanname: omdat elke groep aansluitpunten door het hele huis moet hebben, zal de leidingweerstand per groep niet veel afwijken van de leidingweerstand in het eerste geval).
 Warmte-ontwikkeling per seconde per groep: $Q = I^2 \cdot R \cdot t = 13^2 \cdot 0,7 \cdot 1 = 1,2 \cdot 10^2 \text{ W}$
 Warmte-ontwikkeling per seconde in beide groepen gezamenlijk: $2,4 \cdot 10^2 \text{ W}$.

BIJLAGE D7

Energieverlies: $2,4 \cdot 10^2 / 5,5 \cdot 10^3 = 0,04 \cong 4\%$

De schatting van het energieverlies komt viermaal zo laag uit doordat de stroomsterkte in de leidingen gehalveerd is. Een tweemaal zo kleine stroomsterkte levert een viermaal zo kleine warmte-ontwikkeling, omdat de warmte-ontwikkeling evenredig is met het kwadraat van de stroomsterkte ($Q = I^2 \cdot R \cdot t$ in het eerste geval wordt $Q = (\frac{1}{2}I)^2 \cdot R \cdot t = \frac{1}{4}I^2 \cdot R \cdot t$ in het tweede geval).

- Om de kosten van het energieverlies per jaar te bepalen is nodig informatie over het elektriciteitsgebruik en de kosten daarvan. Bij een jaargebruik van 2000 kWh gaat in het geval van opdeling in twee groepen 4% verloren: 80 kWh. Bij een kWh-prijs van f 0,25 gaat het om een bedrag van f 20,- per jaar.
- De laatste schatting van het energieverlies is nog steeds aan de hoge kant, omdat niet voortdurend het maximale vermogen is ingeschakeld. Als bijv. slechts de helft van het vermogen is ingeschakeld, is de stroomsterkte tweemaal zo klein en de warmte-ontwikkeling daardoor viermaal zo klein. Het energieverlies (warmte-ontwikkeling gedeeld door ingeschakeld vermogen) wordt in zo'n situatie alweer gehalveerd.

Naast het niet volledig belast zijn van de elektrische huisinstallatie loopt er ook meestal slechts stroom door een deel van de installatie. De leidingweerstand is dus vrijwel altijd kleiner dan hierboven berekend, en daarmee de warmte-ontwikkeling en het energieverlies.

INSTAPTOETS/ASHRAMCOLLEGE

1. WERKEN MET EENHEDEN

Vul in:

$25\text{mA} = \dots\dots\text{A}$

$0,1\text{cm} = \dots\dots\text{m}$

$57\text{min} = \dots\dots\text{s}$

$1\text{dm}^2 = \dots\dots\text{cm}^2$

$30\text{km} = \dots\dots\text{m}$

$10^3\text{gram} = \dots\dots\text{kg}$

$3457\text{km} = \dots\dots\text{m}$

$5\text{cm}^3 = \dots\dots\text{mm}^3$

$3,6\text{MJ} = \dots\dots\text{J}$

$10\text{kWh} = \dots\dots\text{J}$

$0,5\text{mm} = \dots\dots\text{km}$

$20\text{km}^2 = \dots\dots\text{m}^2$

2. ONDERZOEKSVRAGEN

Peter vergelijkt de zwaarte van twee materialen, bijv. ijzer en aluminium. Hij stelt de volgende werkvraag op:

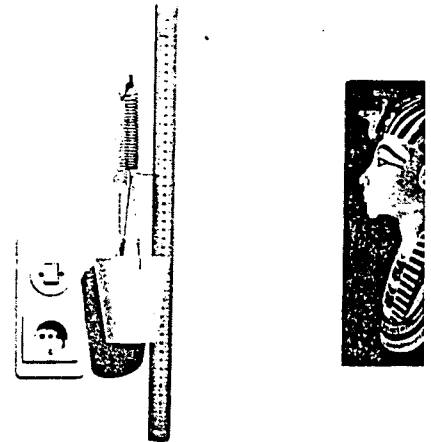
Hoe groter en sterker een materiaal is; hoe zwaarder het zal zijn.

a. Wat vind je van zijn vraag? Licht je antwoord toe.

b. Hoe kun je de zwaarte van deze materialen eerlijk met elkaar vergelijken? Geef een korte beschrijving van je meetmethode.

3. DIAGRAMMEN EN FORMULES

Sonja experimenteert met een veer. Ze wil weten hoe stug/slap deze veer is. Hier-naast zie je haar meetopstelling. Ze gooit steeds een lepel zand in de beker en noteert de bijbehorende uitrekking van de veer in de tabel.



- Teken een diagram waarin de hoeveelheid zand langs de Y-as en uitrekking langs de X-as aangegeven is.
- Hoeveel centimeter gaat de veer uitrekken als zij resp. 5 en 8 lepels zand in de beker gooit?
- Welk verband is er tussen de uitrekking en de belasting van de veer?
- Sonja wil het verband tussen belasting en uitrekking weergeven in een formule. Daarvoor bepaalt zij de gemiddelde massa van een lepel zand: 25 g.
 - Hoe groot is de kracht die een lepel zand gemiddeld uitoefent op de veer?
 - Stel een formule op voor het verband tussen de kracht (symbool F) op de veer en de uitrekking (symbool u) ervan.

belasting in 'lepels zand'	uitrekking in cm
0	0,00
1	0,50
2	0,90
3	1,45
4	2,05
6	2,9
10	5,1

BIJLAGE D⁸

3. Geldt de formule uit d.2 voor alle veren? Licht je antwoord toe.
4. Geef een zo eerlijk mogelijke vergelijkingsgrootheid voor de stugheid van een veer.

4. ELEKTRISCHE SCHAKELINGEN

In het lokaal zijn vier elektrische schakelingen opgesteld.

- a. Teken van elke schakeling het schakelschema.
- b. Welke van de vier schakelingen is/zijn juist geschakeld? Licht je antwoord toe.

EXTRA OEFENING/ASHRAMCOLLEGE

1. WERKEN MET EENHEDEN

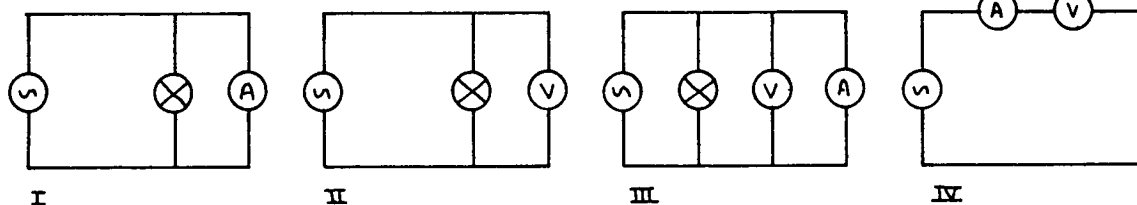
- Bereken de oppervlakte van je schrift in mm^2 en km^2 .
Gegeven: lengte = 21 cm; breedte = 15 cm.
- Bereken de diameter van een rijksdaalder in km en mm.
Gegeven: $d = 3,0$ cm.
- Gegeven: $1 \text{ kWh} = 3,6 \cdot 10^6 \text{ J}$; $W = \text{watt} = \text{J/s}$.
Reken een energie van 36000 J om in kWh.
- Bereken de inhoud van een luciferdoosje.
Afmetingen: 56,1 mm; 3,4 cm en 13,3 mm.
- Hoeveel seconden zitten in 2000 jaar?

2. UITWERKEN VAN MEETGEGEVENS.

- Hoe groot is het *aantal significante cijfers* in de volgende meetresultaten: $1,26 \text{ kg/dm}^3$; 1260 kg/m^3 ; $1,3 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$; $126 \cdot 10^3 \text{ g/dm}^3$.
- In welk opzicht verschillen de meetresultaten 2 A en 2,0 A?

3. SCHAKELINGEN

Welke schakelingen zijn fout en waarom?



BIJLAGE D10

MEETPLAN

ONDERZOEK: STERKTE VAN EEN DRAAD

*werkvrage*n:

- 1.
- 2.
- 3.

Hoe hangt de trekkracht waarbij een draad breekt af van

- de doorsnede van de draad;
- de lengte van de draad;
- het soort draadmateriaal.

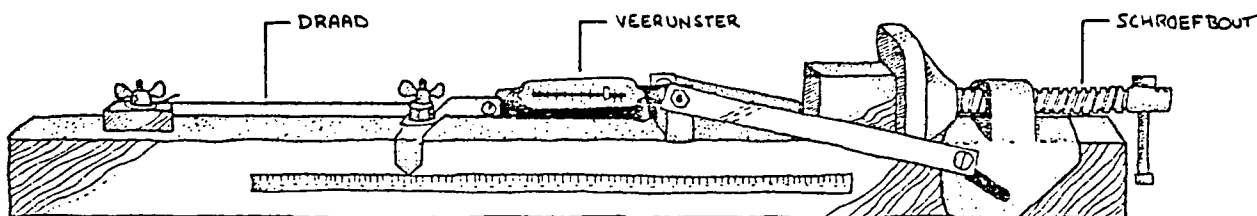
hypothesen

- 1.
- 2.
- 3.

- Hoe groter de doorsnede van een draad, des te groter de trekkracht waarbij de draad breekt bij draden van gelijke lengte en gemaakt van hetzelfde materiaal.
- Hoe groter de lengte van een draad, des te kleiner de trekkracht waarbij de draad breekt, bij draden van gelijke doorsnede en gemaakt van hetzelfde materiaal
- De trekkracht waarbij een draad breekt, hangt af van het draadmateriaal bij draden van gelijke lengte en doorsnede; staal kan de grootste trekkracht verdragen, dan volgen ijzer, nylon en als laatste koper.

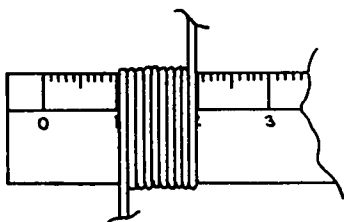
meetopstelling

De trekkracht waarbij een draad breekt, wordt gemeten met de veerunster in het hieronder afgebeelde trekapparaat.



meetmethode

- draaddoorsnede



Om de gemiddelde draaddikte d te bepalen, wordt een stukje draad 10x om een lineaal gewikkeld (zie tekening). De draaddikte wordt gevonden door de aflezing op de lineaal door 10 te delen. De doorsnede A van de draad wordt berekend met $A = \frac{1}{4}\pi d^2$.

- draadlengte

De lengte l van de draad wordt na inspannen in het trekapparaat gemeten met een meetlint. De draad staat daarbij een klein beetje gespannen.

- maximale trekkracht

Door steeds de schroefbout een halve slag te draaien, wordt de trekkracht op de draad geleidelijk groter gemaakt. Na elke slag wordt de veerunster afgelezen. De laatste aflezing van de veerunster voordat de draad breekt geldt als de maximale trekkracht $F_{\max}$ die de draad kan verdragen.

meetseries

1.

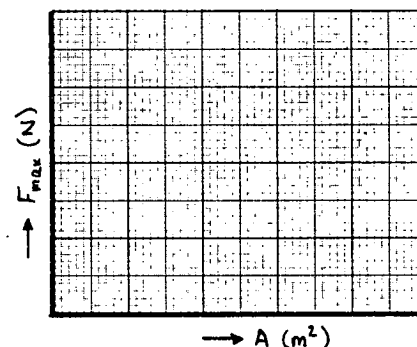
- Het verband tussen maximale trekkracht $F_{\max}$ en draaddoorsnede A .

Bij vier draden van hetzelfde materiaal en dezelfde lengte (na inspannen) wordt $F_{\max}$ gemeten. De draden verschillen in doorsnede A (ongeveer 1, 2, 3 en 4 mm²).

$$l = 0,20 \text{ m}$$

draadmateriaal: ijzer

d (m)	A (m ²)	$F_{\max}$ (N)



2.

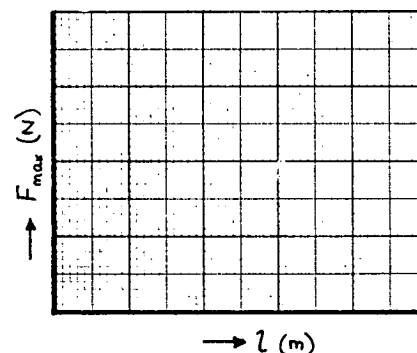
- Het verband tussen maximale trekkracht $F_{\max}$ en de draadlengte l .

Bij vier draden van hetzelfde materiaal en dezelfde doorsnede wordt $F_{\max}$ gemeten. De draden verschillen in lengte l (ongeveer 5, 10, 15 en 20 cm).

$$d = \text{ } \text{m}; A = \text{ } \text{m}^2$$

draadmateriaal: ijzer

l (m)	$F_{\max}$ (N)



3.

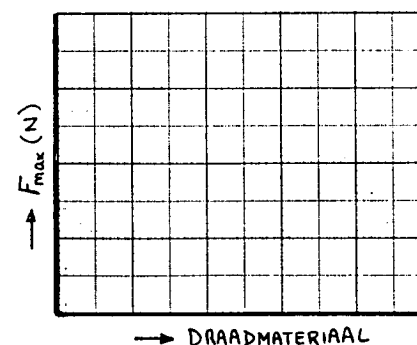
- Het verband tussen maximale trekkracht $F_{\max}$ en draadmateriaal.

Bij vier draden van dezelfde lengte (na inspannen) en doorsnede wordt $F_{\max}$ gemeten. De draden zijn gemaakt van verschillend materiaal (ijzer, koper, staal en nylon).

$$d = \text{ } \text{m}; A = \text{ } \text{m}^2$$

$$l = 0,15 \text{ m}$$

draadmateriaal	$F_{\max}$ (N)
ijzer	
koper	
staal	
nylon	



BIJLAGE D10

conclusies

1.
 - *Het verband tussen maximale trekkracht $F_{\max}$ en draad-doorsnede A .*

2.
 - *Het verband tussen maximale trekkracht $F_{\max}$ en draad-lengte l .*

3.
 - *Het verband tussen maximale trekkracht $F_{\max}$ en draad-materiaal.*

DE "WET VAN OHM"

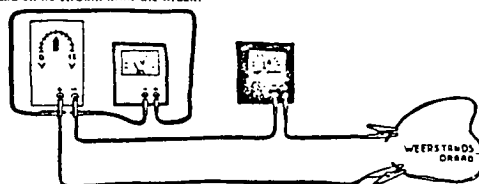
Onderstaande tekst is overgenomen uit de gebruikershandleiding bij het instructieboek 'Elektrische Schakelingen' voor 3-MAVO/HAVO/VWO. Ze heeft betrekking op de manier waarop in hoofdstuk 8 van het genoemde instructieboek de grootheid *weerstand* wordt geïntroduceerd, gekoppeld aan de *Wet van Ohm*. Gepleit wordt voor een ontkoppeling van beide begrippen; een ontkoppeling die in de tekst van het thema 'Vergelijken' vorm heeft gekregen.

In hoofdstuk 8 wordt onder andere de "wet van Ohm" behandeld. Daarbij wordt de volgende opbouw gehanteerd:

- In voorgaande experimenten hebben leerlingen het kwalitatieve verband tussen spanning en stroom al (min of meer impliciet) leren kennen.
- In het eerste onderzoek van paragraaf 8.1 wordt het verband tussen spanning en stroom gemeten; de meetresultaten zijn nu in tabelvorm beschikbaar.
- De volgende stap is nu meestal het weergeven van deze meetresultaten in een grafiek en het daaruit afleiden van een semi-kwantitatieve relatie tussen spanning en stroomsterkte. Doordat de serie spanningen, waarbij de stroomsterkte gemeten moet worden, gegeven is in de vorm van een "mooie" reeks, is het semi-kwantitatieve verband tussen spanning en stroomsterkte vrij eenvoudig uit de meetresultaten af te lezen. Een grafiek gebruiken voor het formuleren van een semi-kwantitatief verband tussen spanning en stroomsterkte is wel zinvol én noodzakelijk als de leerlingen vrij zijn in het kiezen van de waarden van de spanning waarbij de bijbehorende stroomsterkte gemeten wordt. Dan kan gevraagd worden uit de grafiek af te lezen hoeveel de stroomsterkte verandert als de spanning twee of driemaal zo groot wordt. Dit laatste is echter voor veel leerlingen lastig, maar het valt te overwegen om deze werkwijze in bijvoorbeeld 3-havo/vwo te volgen.

8.1. SPANNING EN STROOM

Een belangrijk verband in de natuurkunde is het verband tussen de spanning over een draad en de stroom door die draad.



PROEF 16.
Spanning en stroom (1)
1. Maak bovenstaande schakeling.
2. Stel de spanning in op 1,0 V en meet de stroom.
3. Doe dit ook voor 2,0 V, 3,0 V en 4,0 V.
4. Hoe verandert de stroomsterkte als de spanning 2x zo groot wordt? Wat valt je op in de laatste kolom?

SPANNING	STROOM	SPANNING STROOM
1,0 V		
2,0 V		
3,0 V		
4,0 V		

PROEF 17.
Spanning en stroom (2)
Herhaal proef 16 met een andere draad.

- De laatste stap is het formaliseren van de relatie in een formule, waarbij tegelijkertijd een nieuw begrip wordt ingevoerd: "weerstand". Deze stap levert voor veel leerlingen problemen op. Daarvoor zijn drie redenen:
 - spanning en stroomsterkte zijn al abstracte begrippen en voor weerstand geldt hetzelfde
 - voor veel leerlingen is het moeilijk in te zien dat de formule $\frac{V}{I} = R$ een formele, wiskundige manier is om de *lineaire relatie* tussen V en I te beschrijven; dus de formule als weergave van de "wet van Ohm"
 - de koppeling tussen de formule en de "wet van Ohm" levert problemen op als in paragraaf 8.3 het verband tussen weerstand

BIJLAGE D11

en temperatuur aan de orde komt.

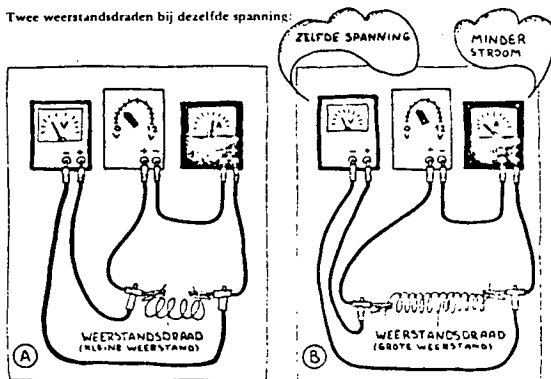
De conclusie in paragraaf 8.3 luidt: "De 'wet van Ohm' geldt alleen bij constante temperatuur".

Als leerlingen de "wet van Ohm" koppelen aan de formule $\frac{V}{I} = R$, dan zouden zij uit deze zin kunnen concluderen dat dus ook de formule alleen geldt bij constante temperatuur. Maar die formule hebben ze net gebruikt bij het bepalen van de weerstand van een ijzerdraad bij lage én bij hoge temperatuur! Dat levert een interne tegenspraak op, waardoor leerlingen in verwarring kunnen raken.

Het lijkt daarom het beste om $R = V/I$ te presenteren als "rekenregel":

Geef het getal dat je krijgt als je spanning en stroomsterkte op elkaar deelt maar de naam "weerstand". Het argument voor deze naam kan ontleend worden aan het feit dat een draad die minder stroom doorlaat dan een andere draad (bij gelijke spanning) kennelijk méér weerstand tegen stroomdoorgang biedt, én dat dit bij delen van spanning door stroomsterkte een groter getal oplevert.

Twee weerstandsdraden bij dezelfde spanning:



Het introduceren van de formule $R = V/I$ als "rekenregel" vereist wél een andere aanpak dan die in het instructieboek "Elektrische

8.2. SPANNING, STROOM EN WEERSTAND

De verhouding tussen de spanning over een draad en de stroom door die draad is constant.* Deze zin heet de Wet van Ohm.** De constante noemt men de weerstand van de draad. De Wet van Ohm kun je ook als formule opschrijven, als je voor spanning, stroom en weerstand symbolen hebt ingevoerd.



Symbolen voor spanning, stroomsterkte en weerstand

De Wet van Ohm

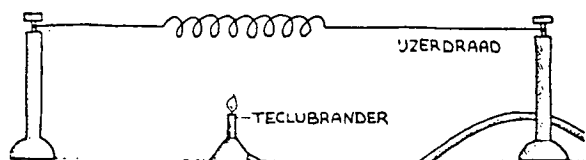
De verhouding tussen spanning (V) en stroom (I) is de weerstand (R) wordt dan: $\frac{V}{I} = R$.

De eenheid van weerstand is ohm (afgekort: Ω , spreek uit „oom“).

De weerstand geeft aan in welke mate een draad elektronen die erdoor heengaan, tegenwerkt.

Alleen weerstandsdraad die elektronen die erdoor heengaan maar een klein beetje tegenwerkt, heeft hij een kleine weerstand. De spanningsbron hoeft niet zo hard te duwen om de elektronen door de draad te krijgen. Een weerstandsdraad die elektronen sterk tegenwerkt, heeft een grote weerstand. De spanningsbron moet dan weer harder duwen om hetzelfde aantal elektronen door de draad te krijgen. Als hij dat niet doet, gaan er veel minder elektronen door de draad en is de stroomsterkte dus kleiner.

PROEF 19: weerstand en temperatuur
1. Maak de volgende opstelling



2. Bepaal de weerstand van je ijzerdraad (teclubranders uit).

3. Steek de teclubranders aan.
Bepaal de weerstand van de ijzerdraad.

Uit de proef blijkt: De weerstand van een ijzerdraad is groter als de temperatuur van de draad hoger is. Omdat de moleculen heftiger heen en weer bewegen, kunnen de elektronen er moeilijker langs.

De weerstand hangt dus af van de temperatuur van de draad.

Bij proef 18 kon je de stroom „opblazen“. Door te blazen koelt het ijzerdraadje af. Daardoor wordt zijn weerstand kleiner en de stroom in de stroomkring groter.

In de vorige paragraaf heb je geleerd dat de weerstand van een draad gelijk is aan de spanning over die draad gedeeld door de stroom door de draad. Als de weerstand verandert bij temperatuursverhoging, dan verandert dus ook de verhouding van spanning en stroom. Bij temperatuurverandering geldt dus niet meer dat de verhouding van spanning en stroom constant is: de Wet van Ohm geldt dus niet meer.

De Wet van Ohm. Deze wet geldt alleen als de temperatuur constant is.

Schakelingen". Bij die andere aanpak wordt de naam "wet van Ohm" niet gekoppeld aan de formule. Bij deze afwijkende aanpak is het uitgangspunt de introductie van het begrip "weerstand".

Als twee draden bij gelijke spanning een verschillende stroom doorlaten, levert de draad die de kleinste stroom doorlaat de grootste weerstand tegen stroomdoorgang. Een maat voor de weerstand van een draad is dan het getal $\frac{V}{I}$, want de uitkomst van die deling is een groot getal als de weerstand van die draad ook groot is.

Hier wordt dus begonnen met een *definitie* van weerstand, met een *rekenregel*. Daarna kan het verband tussen spanning en stroom gemeten worden voor één of meer weerstandsdraden. Het daaruit volgende, semi-kwantitatieve of in termen van een evenredigheid geformuleerde, verband tussen spanning en stroomsterkte kan de naam "wet van Ohm" krijgen.

De "wet van Ohm" luidt dus: "Als de spanning over een weerstandsdraad n x zo groot wordt, wordt ook de stroomsterkte door de draad n x zo groot" of "De spanning over een weerstandsdraad en de stroomsterkte door de draad zijn (recht)-evenredig".

Door met behulp van de rekenregel steeds de weerstand van één draad (bij verschillende waarden van de spanning) te berekenen, blijkt dat deze een vaste (constante) waarde heeft. De volgende vraag is nu, wat er met de "wet van Ohm" gebeurt als de weerstand van een draad gaat veranderen.

Het verhitten van een draad zorgt voor een toename van de weerstand. De gevolgen voor de "wet van Ohm" kunnen nagegaan worden aan de hand van het opmeten van het verband tussen spanning en stroomsterkte bij een gloeilampje. De toename van de temperatuur is daarbij goed zicht- én voelbaar. Zolang de temperatuur niet te hoog oploopt, geldt de eerder geformuleerde semi-kwantitatieve of lineaire relatie tussen spanning en stroomsterkte (de "wet van Ohm" dus), maar bij een temperatuur waarbij de weerstand duidelijk begint te veranderen (te constateren met behulp van de rekenregel) geldt deze relatie niet meer! Conclusie: "De "wet van Ohm" geldt alleen bij "constante" temperatuur". Maar met "de wet van Ohm" wordt nu duidelijk bedoeld het semi-kwantitatieve of in termen van een evenredigheid geformuleerde verband tussen spanning en stroomsterkte door een draad, en NIET de rekenregel $\frac{V}{I} = R$. De rekenregel is niet méér dan een (kwantitatieve) definitie van het begrip "weerstand" en is (ook in de ogen van de leerlingen) losgekoppeld van de "wet van Ohm". De rekenregel is onder alle omstandigheden geldig; de "wet van Ohm" alleen bij (binnen de grenzen van de meetnauwkeurigheid) "constante" temperatuur van de weerstandsdraad.

BIJLAGE I1

NATUURKUNDE - SCHEMATISCH OF THEMATISCH

Dik van Genderen

uit: Verslag HAVO-bovenbouw conferentie 2/3-10-'80
(enigszins ingekort).

De titel van mijn verhaal bestaat uit vier woorden, waarmee ik ook de vier onderdelen aangeef. Het gaat eerst over natuurkunde, dan over schematisch, vervolgens over thematisch en het moeilijkste deel heeft de kortste titel: of.

1. NATUURKUNDE

1.1. *Definities*

Wat was dat ook alweer, natuurkunde, voor leerlingen? Ik heb opgezocht wat ik ruim 20 jaar geleden aan mijn eerste leerlingen verkondigde, uit Schweers en Van Vianen. Daar stond

In de natuurkunde worden die veranderingen en werkingen van de dode stof onderzocht, waarbij de aard van de stof niet verandert.

Ik heb nagekeken of dat nog steeds zo is. Het is nu gewijzigd, wat bekort, zoals in deze tijd past:

Natuurkunde is de studie van de levenloze natuur.

Toen ik zelf school ging, leerde ik, uit Krans en Vrij:

Zijn op een gebied verschillende feiten met elkaar in verband gebracht en zo gerangschikt, dat men er verder mee kan werken, dan spreekt men van de wetenschap op dat gebied. Dus: wetenschap is geordende kennis.

Dat was uiteraard vereenvoudigd, voor beginners, in de tweede klas. Op hoger niveau kom je bijvoorbeeld dit tegen, over vakken in het algemeen:

a discipline is

- *a community*
- *an expression of human imagination*
- *a domain* (herkenbaar: natuurkunde als een gebied)
- *a tradition*
- *a syntactical structure (mode of enquiry)*. Daar proberen we ook iets aan te doen: de wijze van onderzoek
- *a conceptual structure* (dat speelt heel sterk in onze natuurkunde: het begrippensysteem)

- *a specialized language or other system of symbols* (dat zit er bij ons vanouds ook duidelijk in)
- *a heritage of literature and a communications network* (dat zie je in de schoolnatuurkunde niet zo duidelijk)
- *a valuative and affective stance* (moeilijk te vertalen: "stance" is zoiets als een standpuntskeuze)

Dan nog een aardige, korte definitie:

"Physics is what physicists do when they consider themselves working"

1.2. Een model.

In mijn kandidaatsstudie kreeg ik natuurkunde in vier delen: mechanica, warmteleer, electriciteitsleer en optica. Atoomfysica werd ook gegeven, maar was niet verplicht. In de doctoraalcolleges werd de samenhang duidelijker: in "statistische mechanica" de relatie tussen mechanica en warmteleer, in "electromagnetisme" het verband tussen electriciteit en optica, in "quantummechanica" de samenhang van alle gebieden. Het beeld wordt compleet als we de "bijvakken" sterrenkunde en scheikunde erbij betrekken. De klassieke gebieden zijn te groeperen rondom het moderne centrum, waar de uitersten elkaar raken: de studie van het heelal en van de elementaire deeltjes.

Door heel de tegenwoordige natuurkunde loopt een "wegennet" van fundamentele begrippen en wetten. Deze eenheid, deze basisstructuur ("conceptual structure") probeer ik - voor 6 vwo - te verduidelijken met een soort landkaart (fig. 1 en 2). Het "landschap" wordt gevormd door de verschijnselen, de experimenten, de apparaten, de toepassingen. In dit "landmodel" passen ook kenmerken als traditie, wijze van onderzoek en taal (uit de voorlaatste definitie hierboven).

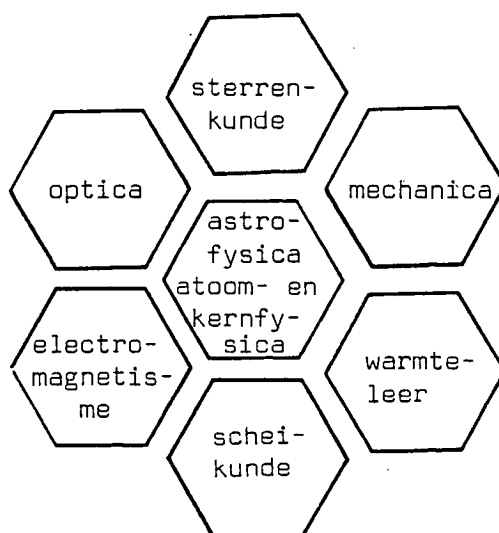


fig. 1 Globale "kaart" van de natuurkunde

BIJLAGE II

Is dit alles ver en vreemd voor jonge mensen? Uiteraard wel als je de universitaire leerboeken bekijkt. Toch is de globale indeling hierboven wel herkenbaar te maken voor beginners. In de wereld die je beleeft heb je te maken met beweging, warmte, licht, met electriciteit tegenwoordig ook, met stoffen en met hemellichamen.

Je hebt dit alles ook lijfelijk bij je: de mechanica is belichaamd in je skelet en je spieren, warmteleer en scheikunde in bloedsomloop en stofwisseling, electriciteit in je zenuwstelsel, optica in je ogen, sterrenkunde in je aangepast zijn aan deze planeet van deze zon.

In de techniek, als verlengstuk van ons natuurlijk gegeven lichaam, kom je dit alles ook tegen. Soms zie je een stuk natuurkunde in de etalage van een winkel: bij de fietsenmaker de mechanica, bij de electriciteitszaak het electromagnetisme, bij de fotograaf en de opticiën de optica.

2. SCHEMATISCH

2.1. *De gangbare schoolnatuurkunde.*

Laten we nu bekijken, aan de hand van het model, hoe we het vak natuurkunde aan de leerlingen overbrengen. In de onderbouw behandelen we deelgebiedjes, bijvoorbeeld hydrostatica, gaswetten, geometrische optica, de stroomkring. In de bovenbouw zie je gewoonlijk in de vierde klas mechanica, warmteleer en golfoptica; in de vijfde klas komen electromagnetisme, atoom- en kernfysica aan de orde.

In de praktijk zie je dan hoe het "wegennet", het stelsel van begrippen en wetten, gaat domineren. Daarbij passen speciale objecten: de puntmassa in de mechanica, de puntlading in de electriciteitsleer, de cilinder met wrijvingsloze zuiger in de warmteleer, de dunne lens in de optica. Dit zijn op zichzelf zinvolle idealisaties, maar daaromheen worden allerlei vraagstukken en oefeningen bedacht, die met de fysische realiteit weinig meer te maken hebben.

Een sprekend voorbeeld was de mechanica, die vroeger op de hbs-b als apart vak werd gegeven. Daar kwam eigenlijk geen experiment aan te pas. Het ging over puntmassa's, wrijvingsloze katrollen, hellende vlakken, met wrijvingscoëfficiënten van $1/3$ $\sqrt{3}$ en soortgelijke zaken.

Zoiets bedoel ik met "schematisch" onderwijs: het construeren van een schoolvak vanuit het schema van begrippen en wetten uit het echte vak, waarbij dit schema wordt omkleed met passende voorbeelden en vraagstukken. Het vak wordt aan het schema aangepast, gesloten gemaakt, verschoolst.

In de keuze van de leerstof heeft dit doorgewerkt, denk ik. Calorimetrie was een "geschikt" stukje warmteleer, beter te schematiseren dan warmtetransport. Aardsatellieten in een cirkelbaan, waaraan te rekenen is, zijn populairder in de schoolnatuurkunde dan vliegtuigen, waarop je niet enkele eenvoudige formules kunt toepassen. Het schema leidde bijvoorbeeld ook tot de algemene gaswet in de tweede klas, met opgaven waarin de temperatuur in een kamer wordt opgegeven in kelvin. Sinds de jaren 60 is veel ten goede veranderd. Je ziet dat bijvoorbeeld als je recente examens vergelijkt met oudere. Veel opgaven gaan over situaties die je experimenteel zou kunnen realiseren; ze leiden soms tot invoering van die proeven op school. Toch dreigt ook hier nog het schematische: je kunt die proeven speciaal gaan verzinnen bij jouw schoolnatuurkunde. De problemen die je stelt zijn dan alleen maar schemabevestigend: voor de zoveelste keer komt alles precies uit volgens het boekje. Er zijn eigenlijk geen echte problemen.

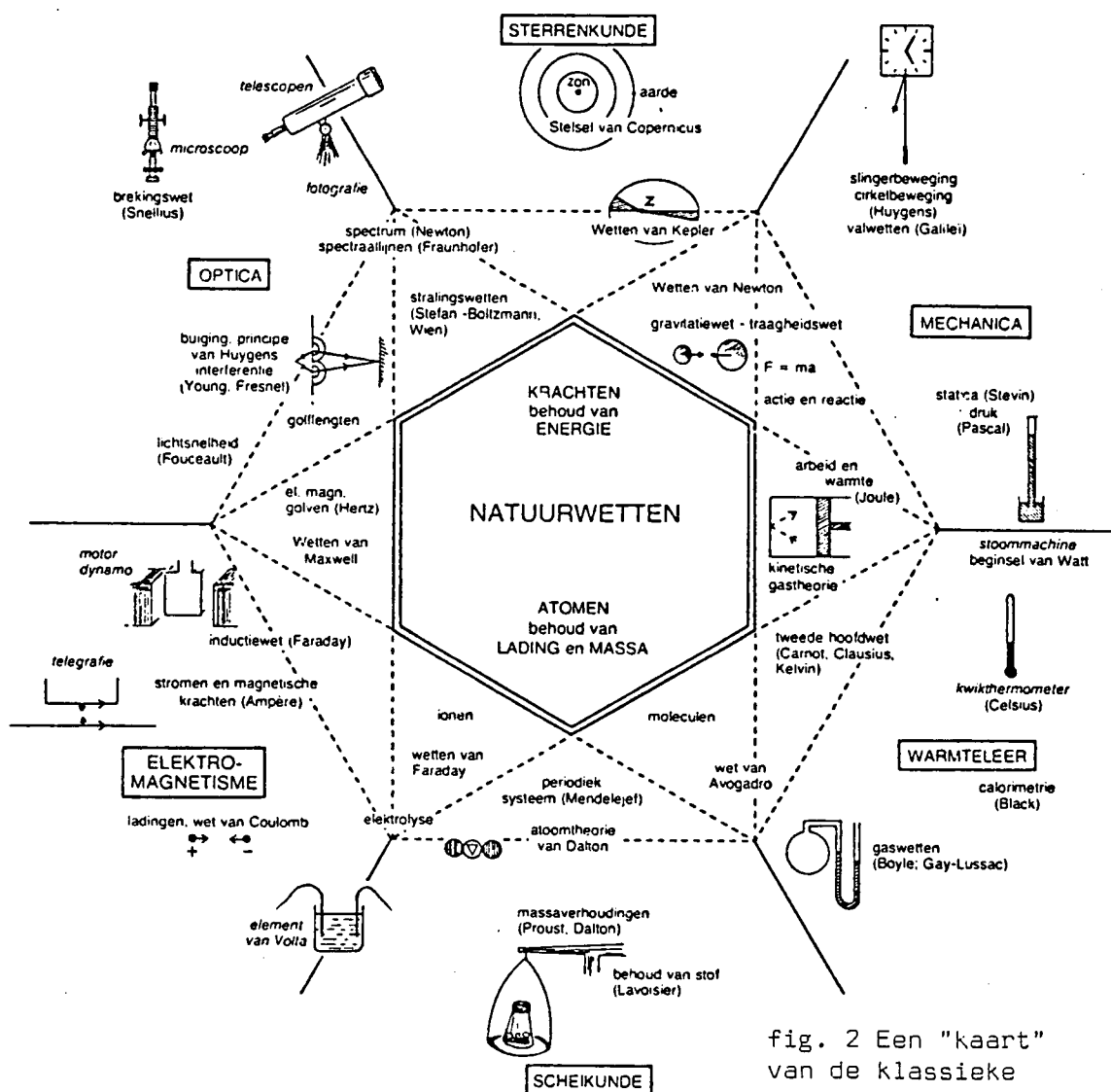


fig. 2 Een "kaart" van de klassieke natuurkunde

BIJLAGE II

2.2. Nadelen.

Ik zie als risico's van "schematisch" natuurkunde-onderwijs:

- de leerling ziet weinig verband tussen de op school bestudeerde situaties en situaties buiten de school;
- de leerling krijgt een verkeerd beeld van wat natuurkundigen doen, dus van de natuurkunde in de zin van de laatste definitie;
- de leerling krijgt weinig te zien van de verbanden tussen natuurkunde, technologie en maatschappij.

Het plaatje dat hier voor mijn gevoel bij hoort is figuur 2.

Het beeld wordt sterk bepaald door de schoolapparatuur, waarmee feilloos de wetten worden bevestigd, die vervolgens in vraagstukken worden toegepast.

3. THEMATISCH

In het PLON werken we volgens een thematische opzet. Deze keus is gemaakt, denk ik omdat de bezwaren tegen "schematisch" onderwijs ernstiger worden naarmate de toepassingen van de natuurwetenschappen toenemen en naarmate technologische en maatschappelijke ontwikkelingen meer vervlochten raken. Om met de titel van een Teleac-cursus te spreken: "Natuurkunde is overal". Daarom moet het domein van het natuurkunde-onderwijs niet meer een aparte wereld zijn - de fysische verschijnselen-, maar in principe de hele wereld: hemel en aarde, materie en leven, en het menselijk bedrijf in al zijn schakeringen. Beperking is alleen, dat niet alles zich leent voor onderzoek met natuurkundige methoden. Het CMLN-rapport sprak ergens van "het leren onderkennen van het natuurwetenschappelijk aspect van dingen en verschijnselen" (als doelstelling voor mavo). In de havo-bovenbouw zal het "leren onderkennen" aangevuld moeten worden met "bestuderen", maar ik wil graag het woord aspect vasthouden. De natuurkunde houdt zich bezig met een aspect van de wereld, niet los van velerlei andere aspecten: technische, ecologische, economische, sociale, esthetische en ethische. Denk bijvoorbeeld aan verkeer, aan bewapening, aan energievoorziening, aan electriciteitsbedrijven enz. Voor natuurkundigen in het technisch onderwijs en in het bedrijfsleven was dat allang duidelijk.

Met deze voorbeelden komt de mogelijkheid van een thematisch natuurkunde-onderwijs in zicht. De dingen en verschijnselen in de waarneembare wereld vormen niet een chaotische veelheid. Ze zijn te groeperen volgens gemeenschappelijke kenmerken en onderlinge relaties en het gebruik dat wij mensen ervan maken. Voordelen van de thematische aanpak, die we in havo-bovenbouw hebben gekozen (en die je ook in het onderbouw-materiaal van PLON ziet) boven de schematische:

- de leerling ziet een ruimere wereld van toepassingsmogelijkheden dan het gesloten systeem van oefeningen in natuurkunde regels;
- de leerling krijgt een beter idee van het werk van natuurkundigen en van haar samenwerking met anderen.
- de leerling krijgt een beter beeld van de samenhang tussen wetenschappelijk onderzoek, technologische ontwikkelingen en maatschappelijke veranderingen.

Wij hopen dat zulk onderwijs voor de leerlingen zinvoller is dan het schematische, dat ze niet het gevoel hebben te leren voor de school en voor het examen, maar voor het leven. Bovendien kan de eigen inbreng van de leerlingen groter zijn, omdat ook het eigen huis en de apparatuur die je thuis hebt, je hobby's, het verkeer en het vrije veld in het natuurkunde-onderwijs betrokken worden. Hetzelfde geldt voor de informatie via pers, radio en tv. De media doen hun licht schijnen over leraren en leerlingen gelijkelijk.

4. OF

4.1. *Het beeld van de natuurkunde.*

Voor havo-bovenbouw hebben wij een thematische opzet gekozen, die andere accenten legt dan de gangbare "schematische" behandeling. Waar gaat het over, in de beleving van leerlingen die natuurkunde aan het doen zijn? In onze opzet: vooral over de bewerkte natuur, de "man-made-world". De uitdaging voor de onderzoeker is hier niet in de eerste plaats het onbekende, maar het onvolmaakte: problemen op het gebied van energievoorziening of verkeersveiligheid; verbetering van lichtbronnen of geluidsapparatuur, enz. Zulke problemen zijn maar gedeeltelijk op te lossen volgens het patroon dat in schematisch onderwijs domineert: we hebben een probleem, we doen één of meer proeven en komen tot een conclusie, liefst in wiskundige vorm uitgedrukt. In onze thema's gaat het vaak om optimalisering: als de basisgegevens bekend zijn, zijn nog diverse uitwerkingen mogelijk, waarbij de wiskunde een nuttig hulpmiddel kan zijn.

De techniek is, in ons beeld, niet simpelweg het toepassen van wat de natuurkunde aan het licht heeft gebracht. De techniek heeft haar eigen soort problemen en oplossingsmethoden, in verband met optimalisering. Steeds vaker komt hierbij ook de relatie tussen mens en natuurlijk milieu in geding; daarin zie ik belangrijke aanknopingspunten met de biologie.

Naar onze opvatting moeten we in het natuurkunde-onderwijs ook aandacht besteden aan wat er in de maatschappij gebeurt met de resultaten van onderzoek. En onvermijdelijk gaat het dan niet alleen om zuivere kennis, maar ook om macht en welvaart, en hopelijk ook om welzijn.

BIJLAGE II

	SCHEMATISCH: accent op	THEMATISCH: accent op
— werkterrein	de levenloze natuur (kosmos)	de bewerkte natuur ("man-made-world")
— probleemkeuze	het onbekende	het onvolmaakte
— probleemaanpak	"de" natuurwetenschappelijke methode	optimalisering
— rol van wiskunde	ideaal uitdrukkingsmiddel	belangrijk hulpmiddel
— relatie met andere natuurwetenschappen	vooral sterrenkunde	vooral biologie
— relatie met techniek	techniek is toepassing	techniek past toe
— relatie met maatschappij	afzijdigheid	medeverantwoordelijkheid
— invloed op de mens	wereldbeeld verandert	leefwereld verandert
— drijfveren	kennis, inzicht, waarheid	macht, welvaart, welzijn

4.2. Leerstofordening.

In de gangbare natuurkundeboeken zie je veelal per hoofdstuk een onderverdeling in kleinere eenheden, voor een of enkele lessen, waarin telkens ongeveer hetzelfde patroon terugkeert. Eerst een oriëntatie, direct toegespitst op een bepaald fysisch probleem; vervolgens een onderzoek - vaak als demonstratie uitgevoerd met speciale toestellen, leidend tot een conclusie, waarmee je wat moet oefenen in nieuwe situaties. Eventueel wordt zo'n stukje leerstof nog gekoppeld aan een ander stukje natuurkunde, misschien zelfs met iets uit de gewone wereld. Dit patroon wordt in een hoofdstuk een keer of tien herhaald: de "seriegeschakelde weerstanden" in mijn schets.

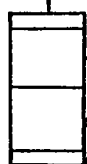
In onze thema's zijn we al werkende gekomen tot een leerstofordening waarin ik een soortgelijk patroon herken, maar nu grootschalig, een heel thema omvattend. De oriëntatie is nu breed: bijvoorbeeld verkeer als maatschappelijk fenomeen, met belangrijke technische en fysische aspecten. We focuseren op fysische problemen, bijvoorbeeld in het thema "verkeer" op remmen, botsen en energieverbruik.

De leerlingen doen onderzoek over deze problemen, soms in parallelle projecten werkend. Conclusies uit de verschillende onderzoeken worden verzameld en verwerkt in een stuk theorie. Daarna

SCHEMATISCH

LEERSTOFORDENING

THEMATISCH



Oriëntatie

- bekend verschijnsel
- het vroeger geleerde
- nieuwe informatie

Focusering

- fysisch probleem

Kennisverwerving

- onderzoek
- demonstratie, praktikum (speciale toestellen)

Conclusies

Generalisatie

nieuw situaties (verschijnsel/proef vraagstukken)

Integratie

koppeling met eerder geleerde natuurkunde

Oriëntatie

- maatschappelijk
- technisch
- fysisch

Focusering

fysische probleemstelling

Kennisverwerving

- onderzoek (vaak parallelle groepen)
- experimenten (ook gebruiksvoorwerpen)

Conclusies

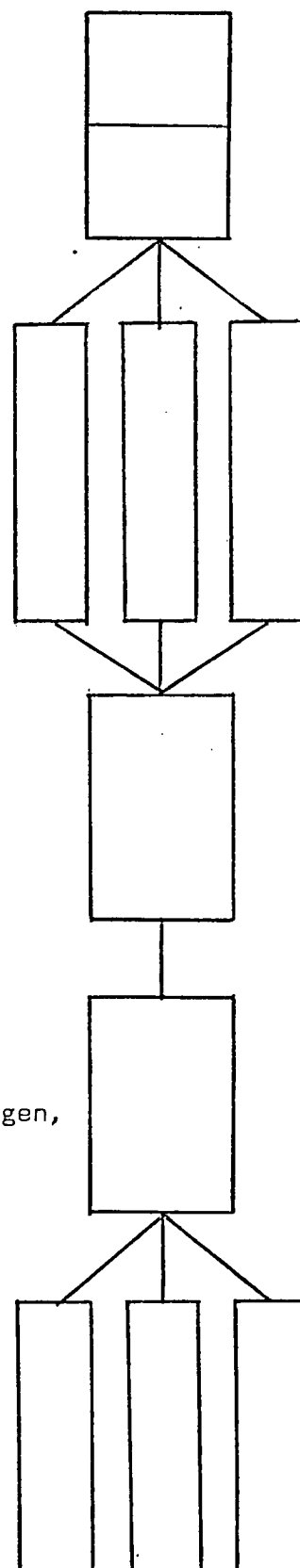
verzamelen en uitwerken

Generalisatie

nieuwe situaties (zinvolle toepassingen, vragen soms open)

Integratie

- keuzen:
- fysisch
- technisch
- maatschappelijk



BIJLAGE 11

zou een verzameling opgaven moeten komen, zinvol bij het thema aansluitend, niet altijd gesloten ("wat is het juiste antwoord"), maar ook open ("wat zou volgens jou een geschikte oplossing zijn?"). Aan het eind, in de integratie-fase, krijgt het thema weer de oorspronkelijke breedte: fysisch, technisch en maatschappelijk, waarin leerlingen kunnen kiezen naar gelang van hun belangstelling en toekomstperspectief.

4.3. *Gevolgen van onze keuze.*

Ter afronding noem ik nog enkele consequenties van onze keuze voor thematisch natuurkunde-onderwijs in de hierboven geschetste vorm.

- *Voor het programma.* Wij wijken in de fysische inhoud van onze cursus niet ver af van de gangbare leerstoflijst. Er zijn echter belangrijke verschillen ten opzichte van het gangbare onderwijs, in de tijdsverdeling, in de keuze van werkvormen en de keuze van problemen. Examenopgaven die hierbij aansluiten, zullen in het algemeen anders uitvallen dan de gebruikelijke.

- *Voor het ontwikkelen van materiaal.* De thematische opzet is voor ons als ontwikkelaars moeilijker dan een schematische opzet zou zijn. We kunnen niet werken volgens vertrouwde richtlijnen; we moeten velerlei alternatieven overwegen; we hebben weinig steun aan bekende buitenlandse projecten als PSSC, Project Physics en de Nuffield-leergangen. We moeten veel materiaal zoeken buiten de gewone natuurkundeboeken, bijvoorbeeld brochures en informatieboekjes over allerlei soorten lampen, of over verschillende typen electromotoren, of over botsingsonderzoek van TNO. Daar horen dan vaak nieuwe proeven en opdrachten bij.

- *Voor de proefscholen.* De proefschoolleraren en hun technische assistenten krijgen te maken met heel ander materiaal dan ze gewend waren, met deels nieuwe hulpmiddelen en andere werkvormen. Daarbij komt een herziening van waarden, van wat je in je onderwijs belangrijk vindt. Ik heb die veranderingen ook zelf gevoeld, die Piet aanduidde als "vermenselijking" en "vermaatschappelijking". De aanloopmoeilijkheden zullen zeker hun weerslag hebben op de leerlingen. Een ander probleem voor hen is de omvang van het materiaal: 10 thema's van elk ongeveer 100 bladzijden. We proberen dat zo goed mogelijk te ondervangen in een repeteerthema.

- *Voor de toekomst.* Een thematische leergang zal telkens herziening behoeven. Als de wereld verandert - denk bijvoorbeeld aan verkeer en energieproblemen - moet je bijblijven door thema's aan te passen, misschien zelfs te vervangen.

In de oude opzet had je een vast patroon, waarbij je wel eens nieuwe hulpmiddelen introduceerde (zoals een golfbak of een lucht-kussenbaan). De natuurkunde verandert minder snel dan de fysische aspecten van de wereld waarin we leven.

NASCHRIFT

Op zeker drie punten was ik, achteraf gehoord, niet duidelijk genoeg.

1. Mijn kritiek op "schematisch" onderwijs houdt geen afwijzing in van schema's in de zin van vereenvoudigde voorstellingen of overzichten.
2. De techniek hoeft niet in ieder thema een belangrijke rol te spelen. In "Materie" bijvoorbeeld zal het vooral gaan over fundamenteel fysisch onderzoek.
3. Mijn betoog betrof alleen de bovenbouw van het havo. In de bovenbouw van het vwo zou een thematische opzet aanvulling behoeven met "schematische" natuurkunde.

Als belangrijkste contexten, waarin de schoolnatuurkunde geplaatst wordt, willen we de volgende onderscheiden:

- *Natuurkunde als vakwetenschap*

Hierin wordt de leerstof gepresenteerd op een wijze waarin het er om gaat de zuiver wetenschappelijke kant van de natuurkunde te benadrukken. Dus als het werk en het resultaat van vele onderzoekers in tegenwoordig vaak zeer grote laboratoria, gericht op het zoeken naar de structuur van de materie.

- *Natuurkunde van het vrije veld*

Dit is heel ander toepassings- en onderzoeksgebied van de natuurkunde. Natuurkundige kennis ter vergroting van het inzicht in en de kennis van de directe "dode" natuur, die je dagelijks ervaart. En daardoor hopelijk bijdragend tot een dieper besef van de "schoonheid van de natuur".

- *Natuurkunde en techniek*

Een derde context waarin natuurkundige kennis functioneert is de wereld van de techniek.

Dit betreft zowel de meer "kleinschalige" techniek in de directe leefomgeving (thuis of op school) als de meer "grootschalige" technologieën in industrie en maatschappij.

Natuurkundige en technische kennis zijn hierin onontwarbaar door elkaar heen verweven en dienen dus ook als zodanig aan de orde te komen.

- *Natuurkunde en de levende natuur*

Dit is een toepassings- en onderzoeksgebied van de natuurkunde dat zich nogal eens aan ons gezichtsveld dreigt te onttrekken.

Eigenlijk zeer merkwaardig, omdat het functioneren van levende wezens in de natuur, waaronder dus ook ons eigen functioneren, mede bepaald wordt door diezelfde "welbekende" natuurwetten.

Het lijkt dan ook belangrijk, alhoewel misschien weinig gebruikelijk, om deze natuurkunde-kennis wel degelijk in deze context te leren zien en gebruiken.

BIJLAGE 12

- *Natuurkunde en "cultuur"*

Dit is een wat moeilijker te omschrijven context. Het gaat om natuurkunde-kennis, functionerend in een directe-materiële-wereld-overstijgende-context van "mooie ideeën en gedachten". Het betreft natuurkunde-kennis, gezien vanuit een perspectief van algemeen menselijke culturele verworvenheid en van daaruit verbonden met andere cultuuruitingen als filosofie, religie en "schone kunsten".

- *Natuurkunde en maatschappij*

Een laatste belangrijke context is het functioneren van natuurkundige kennis en van de "natuurkunde als wetenschap" in de maatschappij als geheel. Het gaat dus enerzijds om een expliciet reflecteren op de relatie natuurkunde - technologie - maatschappij en anderzijds om het leren hanteren van natuurkundige kennis in direct maatschappelijk handelen.

De technische context heeft een zeer zwaar accent in het huidige HBB-materiaal. Slechts in één thema wordt hieraan geen aandacht besteed.

Ook de maatschappelijke context scoort zeer hoog. Slechts in twee thema's speelt deze geen hoofdrol.

De vakwetenschappelijke context komt op de derde plaats.

De drie andere genoemde contexten spelen een duidelijk ondergeschikte rol. Slechts in één of twee thema's wordt aan ieder van hen aandacht besteed.

Het huidige HBB-materiaal weerspiegelt een duidelijke en sterke verschuiving van de gangbare zuiver vakwetenschappelijke natuurkunde naar natuurkunde in een technische en maatschappelijke context.

De verschuiving hangt samen met een veranderde visie op de rol en inhoud van natuurkunde-onderwijs. Het "normale" natuurkunde-onderwijs kan het best begrepen worden vanuit een schoolvisie die hoofdzakelijk gebaseerd is op cultuuroverdracht en directe beroepsvoorbereiding. Voor "algemeen vormend onderwijs" betekent dit dat de vakwetenschap (als hoogste cultuurgoed voor het betreffende vak)

BIJLAGE 12

Er is echter ook een geheel andere visie op de taak van de school mogelijk, die ten grondslag ligt aan veel maatschappelijk geïnspireerde onderwijsvernieuwingen.

In een IPN-publicatie (Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften) heet het dat "die Schule soll den Einzelnen zur Bewältigung von Lebenssituationen befähigen".

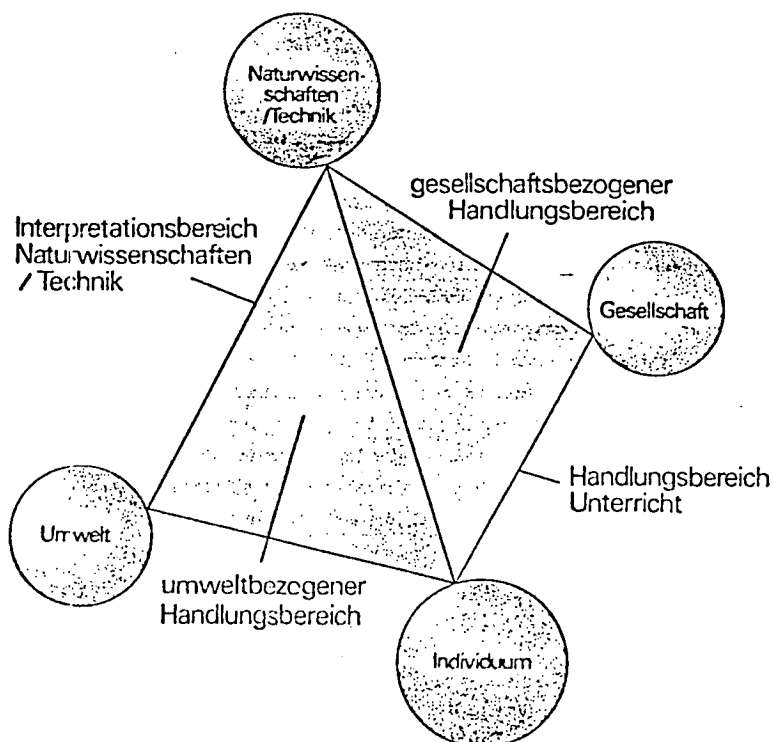
Vanuit deze visie hebben de schrijvers gepoogd te komen tot een beargumenteerde nieuwe invulling van natuurwetenschappelijk onderwijs. Het is interessant en leerzaam hen hierbij een ogenblik te volgen.

Allereerst, de uitdrukking "Bewältigung von Lebenssituationen" roept de vraag op wat bedoeld wordt met "Bewältigung" en om welke "Lebenssituationen" het eigenlijk gaat? En met name, welke "Lebenssituationen" zijn relevant voor het natuurkunde-onderwijs?

Ten aanzien van de eerste vraag valt op te merken, dat "beheersing" duidelijk méér bedoelt te zijn dan "kennis en inzicht". Het houdt ook in een "potentie tot bewust en adequaat kunnen handelen" en dat is met elkaar een aanzienlijke stap moeilijker, maar ook redelijk ongebruikelijk.

Om greep te krijgen op de tweede vraag, de voor het natuurkunde-onderwijs relevante levenssituaties, werd het hieronder weergegeven denkmodel ontwikkeld.

Het IPN-denkmodel



Het gaat daarin om de betrekkingen tussen de hoekpunten van een tetra-
ider, te weten: een individu (de leerling dus) in betrekking tot de
maatschappij, de materiële "Umwelt" en het beschikbare geheel van
natuurwetenschappelijke en technische kennis. De schrijvers zeggen dan:
"Zwei Bereiche bieten sich unmittelbar aus dem Modell zur Entdeckung
von Lebenssituationen an. Menschen setzen sich mit ihrer materiellen
Umwelt auseinander, und sie interagieren mit anderen Personen und mit
Institutionen. In beiden Bereichen geht es unseres Erachtens dabei
hauptsächlich um den Handlungsaspekt, aus didaktischer Sicht also um
die Erzeugung und Förderung von Handlungsbereitschaft und -fähigkeit.
Dem entsprechend benennen wir diese beiden Bezugsbereiche als umwelt-
bezogenen und gesellschaftsbezogenen Handlungsbereich (....).

Eine unmittelbar auf den Handlungsaspekt konzentrierte Suche nach
naturwissenschaftsdidaktisch relevanten Situationen birgt auch eine
Gefahr. Jene Situationen geraten leicht aus dem Blick, die zwar nicht
unmittelbare Handlungsanforderungen an ein bestimmtes Individuum
stellen, jedoch mittelbar Handlungschancen erzeugen oder hindern kön-
nen. Ihre Kenntnis wäre wichtige Voraussetzung, um die eigenen Hand-
lungsmöglichkeiten abschätzen und erfolgversprechend realisieren zu
können. Deshalb wissen wir, dass der Gesamtzusammenhang, in dem
Naturwissenschaften und Technik stehen, so wie unsere Modellierung
ihn darstellt, selbst einen Bezugsbereich für die Situationsidentifi-
kation und -interpretation abgeben müsste. Wir nennen diesen Bereich
Interpretationsbereich, weil es darin um die Entdeckung solcher
Situationen geht, deren Kenntnis den Interpretationshintergrund für
die Handlungsentscheidungen liefern soll.

Zu diesen drei Bereichen nehmen wir einen vierten hinzu: den Unter-
richt. Damit engen wir den Umfang naturwissenschaftsdidaktischer
Entscheidungen bewusst auf das Lehren und Lernen in der Schule ein.
Im Unterricht treffen die Anforderungen der Gesellschaft und die
Bedürfnisse der Schüler aufeinander. Für den dort stattfindenden
Auseinandersetzungsprozessen stellen die anderen Bezugsbereiche
Ressourcen dar, deren Analyse eben nicht nur für Didaktiker Lernziel
und Lernaufgaben entdeckt, sondern auch für die Schüler selbst".

BIJLAGE 12

Tot zover een, het zij toegegeven, nogal moeilijk citaat.

Toch vind ik het vermeldenswaard, omdat het "heel herkenbaar" is voor het denken binnen PLON-HBB, zonder dat we overigens dit IPN-model van tevoren kenden.

In ons denken heeft zich, mijns inziens, een verschuiving voltrokken van natuurkunde-onderwijs vanuit het "landkaart-model" naar natuurkunde-onderwijs vanuit het tetraïder-model, zonder overigens als inhoudelijke richtlijn de landkaart geheel uit het oog te verliezen. Voor dit laatste zijn denk ik goede redenen aan te geven, waaronder in ieder geval het pragmatisch argument van de haalbaarheid van wat je wilt.

Een verschuiving ook van nadruk op kennis en inzicht in wetenschappelijke natuurkunde naar leren handelen met relevante natuurkundekennis in "leefwereldsituaties". Dat handelen kun je nog onderscheiden in "beroepsmatig handelen" (of vanuit een beter beroepsperspectief), "maatschappelijk handelen" en "handelen in de vrije tijd". En daarmee hoop je dat het voor leerlingen tevens gaat om een verschuiving van "schoolse" natuurkunde naar natuurkunde die door hen als herkenbaar, zinvol en relevant wordt ervaren.

Zoals gezegd, ligt aan het PLON-onderwijs, mijns inziens, een veranderde visie op de rol van de school ten grondslag. Daarin staan we uiteraard niet alleen, maar middenin alle heftige discussies over onderwijs en dus ook middenin de politiek. Want aan verschillende onderwijsvisies liggen ook verschillende visies op "de mens" ten grondslag. Daar wil ik nu echter niet verder op ingaan, hoe belangrijk voor de legitimering van het PLON-onderwijs en hoe interessant deze discussies ook mogen zijn.

2. PRODUKTKENNIS EN -VAARDIGHEDEN

2.1 *Kennis*

Wat zijn nu de consequenties van voornoemde verschuiving voor de PLON-praktijk? Of, anders gezegd: hoe blijkt dit nu uit onze thema's?

Daartoe willen we hier eerst kijken naar het "produkt", dat in deze thema's ligt neergeslagen. Bijvoorbeeld naar de vraag: *welke* begrippen, wetten en regels zitten er nu eigenlijk in? Maar ook tot *welke diepgang* worden ze behandeld en in *welke situaties* moeten ze kunnen worden gehanteerd (welke wendbaarheid veronderstellen we kennelijk als gewenst)?

Dit zijn vragen die hier niet in alle uitputtendheid kunnen worden beantwoord. Bovendien is het denk ik wenselijk om niet alleen in absolute zin over ons curriculum te praten, maar dit te vergelijken met het normale havo-programma.

Laten we als voorbeeld eens wat precieser naar 2 thema's kijken. Bijvoorbeeld: "Verkeer" en "Elektronica" als PLON-pendants van mechanica en vaste stof.

Onderstaande lijst geeft daarvan een (niet-volledige) analyse en vergelijking met de havo-leerstoflijst.

BIJLAGE 12

VERKEER

Niet behandeld

Wel behandeld

Bijvoorbeeld

vectoren

horizontale worp

valversnelling

$$s(t) = s(0) + v(0)t + \frac{1}{2} a t^2$$

$$F = m a$$

$$F_w \ll F_{w \max}$$

Bijvoorbeeld

reactietijd

remweg

functie veiligheids-
gordel

functie kreukzone

stroomlijning

luchtweerstand

beheersing door

techniek

beheersing van

techniek

$$F = m a$$

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

andere situaties

ELEKTRONICA

Bijvoorbeeld: vaste stofbinding

$$F = q E$$

van der Waalskracht

Bijvoorbeeld: informatie-maatschappij

automatisering

privacy-bescherming

digitaliseren

(de-)moduleren

transistor als schakelaar

werking elektronisch geheugen

IC-fabricage

A/D - D/A conversie

andere situaties

Hierbij passen enkele opmerkingen en conclusies.

- De boze tongen die beweren, dat je "met PLON veel te weinig natuurkunde leert" hebben in zoverre gelijk, dat in onze thema's inderdaad een aantal begrippen en regels òf niet òf anders geïnterpreteerd aan de orde komen. Daar staat tegenover dat in onze thema's een *grote hoeveelheid nieuwe* begrippen en regels aan de orde komen. Het is dus zeker niet zo, dat de PLON-leerstoflijst kleiner zou zijn dan de normale. Integendeel, in onze thema's zit zoveel aan leerstof, dat we - om overlading te voorkomen - nadrukkelijker hoofdzaken en bijzaken moeten gaan onderscheiden. Dat we precieser moeten aangeven wat de centrale begrippen zijn en welke niet.

- Bij de vermelde begrippen en regels moet wel bedacht worden, zeker als het gaat om de "overlap", dat de *situaties* waarin ze moeten kunnen worden toegepast in onze thema's, vaak afwijken van wat gebruikelijk is. Hier ligt nu precies een belangrijke consequentie van het leren van natuurkunde in een bepaalde context, die afwijkt van de zuivere wetenschap en uitgaat van leefwereldsituaties.

Als verduidelijking bijvoorbeeld de formule:

$$s(t) = s(0) + v(0) t + \frac{1}{2} a t^2.$$

Deze welbekende formule speelt een belangrijke rol binnen de schoolse vertaling van de wetenschappelijke natuurkunde. Als zodanig heeft ze natuurlijk alleen betrekking op wereldvreemde, zeer geïdealiseerde situaties.

Bij de invulling van het thema "Verkeer" hebben we ons dus afgevraagd of er *reële* situaties te bedenken zijn waarvoor een leerling zich in het verkeer geplaatst kan zien en waarin deze formule voor hem *functioneel* kan zijn om die situatie beter te beheersen. Deze situaties hebben we niet kunnen opsporen en dat is dan ook een belangrijke reden waarom ze niet in ons thema voorkomt.

BIJLAGE 12

- Concluderend kunnen we zeggen, dat uit deze globale thema-analyses toch concreet blijkt wat bedoeld wordt met de eerder genoemde verschuiving van natuurkunde in een wetenschappelijke context naar natuurkunde in leefwereldcontexten, gebaseerd op handelen in reële situaties. Een verschuiving dus van puur fysische begrippen en regels naar een veelheid van nauw samenhangende fysische, technische en maatschappelijke begrippen en regels.

Overigens dient te worden toegegeven, dat de actuele vormgeving daarvan in de thema's nog veel te wensen overlaat. Maar daardoor dient dan ook de komende revisieperiode.

2.2 Produktvaardigheden

Daarover allereerst de opmerking, dat het mijns inziens betrekkelijk zinloos is te spreken over vaardigheden los van inhoud. Een vaardigheid beheers je altijd tot een bepaald niveau en in bepaalde situaties, en dus gekoppeld aan bepaalde inhouden. Maar goed, toch iets over vaardigheden, en met name die vaardigheden die genoemd worden in het NVON-havo-programma en die vaak tot de normale dagelijkse lespraktijk behoren, zoals:

1. wiskundige vaardigheden
2. omgaan met formules
3. grafieken en diagrammen lezen, vergelijken en maken
4. extra-/interpoleren
5. werken met de raaklijn en oppervlakte-methode
6. gevoel hebben voor orde van grootte
7. omgaan met (on)nauwkeurigheden
8.etc..

Aan dergelijke vaardigheden wordt in de PLON-cursus aandacht besteed. In de thema's komt het voor, dat de leerling een aantal van de hiervoor genoemde vaardigheden zelfs in vrij complexe situaties moet kunnen hanteren. Overigens is het wel degelijk zo, dat er ook bewust verschillen zijn met wat gebruikelijk is. Bijvoorbeeld zijn wij duidelijk "voorzichtiger" ten aanzien van het gebruik van mathematische relaties en formules. Je zou kunnen zeggen, dat ook dit weer een uiting is van een verschuiving van puur fysisch-theoretische diepgang naar theorie-gerelateerd-aan-praktische-relevantie. Overigens zijn voor deze voorzichtigheid ook argumenten aan te voeren uit de sfeer van de leer- en ontwikkelingspsychologie en van het vakdidactisch onderzoek, maar daar wil ik nu verder niet op ingaan.

3. PROCESKENNIS- EN VAARDIGHEDEN

3.1 *Kennis*

- *Processen in de natuur*

Hiermee bedoel ik, dat je expliciet bestudeert hoe *veranderingen* in de natuur plaatsvinden. Hoe oorzaak en gevolg met elkaar samenhangen. Hoe een ingreep hier ergens heel anders tot een effect kan leiden. Of hoe de *dimensie tijd* zijn rol speelt in natuurlijke processen. Als je vanuit deze optiek kijkt, is er eigenlijk maar één thema dat dit proceskarakter voorop stelt, en wel het thema: "Weersveranderingen".

- *Proces in de natuurkunde*

Hiermee bedoel ik wat wel het "interne proces" wordt genoemd, dat wil zeggen hoe natuurkundige kennis groeit en ontstaat. Daarbij horen zaken als: methode van onderzoek, modelvorming, relatie tussen theorie en experiment, wat is progressie van kennis, het "waarheidsgehalte" van kennis, en natuurkundigen als sociale groep met eigen werknormen en waarden.

Deze zaken komen in sommige van onze thema's wel meer of minder aan bod, b.v. in "Materie", "Lichtbronnen" en "Weersveranderingen".

BIJLAGE 12

- *Proces van natuurkunde en techniek*

Hierbij gaat het om de spiraal van wetenschap en techniek, dus om te laten zien hoe de technische ontwikkeling gebaseerd is op en aanleiding geeft tot nieuwe wetenschappelijke ontdekkingen. Wetenschap en techniek, ieder met hun eigen manier van probleem-aanpak, verschil in manier van denken van fysici en technici, en toch sterk van elkaar afhankelijk.

Ook dit proces komt in onze thema's aan de orde, bijvoorbeeld in "Verkeer", "Elektronica", "Lichtbronnen", "Elektrische Machines", enz.

- *Proces van natuurkunde, techniek en samenleving*

Hierbij komt als extra dimensie de nadrukkelijke samenhang met en beïnvloeding van en door de samenleving als geheel ter sprake.

De belangrijkste thema's waarin dit proces ter sprake komt, zijn: "Energie en Kwaliteit", "Elektronica" en "Ioniserende Straling", met kleinere stukken in andere thema's.

3.2 Vaardigheden

- *Kennisverwerving*

Een belangrijk kenmerk van ons curriculum is dat leerlingen in belangrijke mate geacht worden in staat te zijn *zelfstandig kennis te verwerven*. Met opzet zeg ik hier "kennis verwerven" en geen "proeven doen", omdat het laatste slechts een onderdeel is van het eerste. En dan nog alleen als het in niet al te gesloten vorm gebeurt. Kennis verwerven betekent, dat leerlingen in staat zijn zelfstandig kennis-bronnen op te sporen, te raadplegen en daarmee "iets te doen".

Als kennisbron kan fungeren het natuurkundeboek, de leraar, het experiment, maar ook "externe deskundigen", de bibliotheek en media-theek en niet te vergeten medeleerlingen.

Noorzakelijke vaardigheden daarbij zijn bijvoorbeeld (uiteraard opnieuw in relatie te zien met inhouden):

- probleem stellen
- hypothesen formuleren
- oplossingsplan opstellen
- informatie verzamelen, analyseren, samenvatten en toepassen
- theorie bestuderen en gebruiken
- experimenten ontwerpen, opzetten en uitvoeren
- variabelen onderkennen en manipuleren
- mathematiseren, idealiseren en modelleren
- data interpreteren, logisch redeneren en concluderen
- rapporteren, communiceren en verslaggeven.

Dit is een lange lijst, die opnieuw niet pretendeert volledig te zijn. Het is belangrijk om hier even bij stil te staan, omdat in deze vaardigheden voor mijn gevoel een zwaartepunt ligt van de PLON-vernieuwing. Zelfstandige kennisverwerving lijkt een "conditio sine qua non" te zijn, om te kunnen komen tot de eerder genoemde "Bewältigung von Lebenssituationen".

Voor diegenen die zeggen, dat in het normale onderwijs "toch ook practicum wordt gedaan" zij hier nog benadrukt, dat wat wij nastreven uiteraard veel verder gaat dan "practicum doen" en ook essentiële gekoppeld is aan andere ruimere inhouden, zoals die uit de thema's blijken.

- *Sociale vaardigheden.*

Het werken hieraan is een belangrijk cursuskenmerk, dat zich echter onttrekt aan een directe koppeling met bepaalde inhouden. Wel is het zo dat er een spanning te constateren valt tussen het werken aan inhoudelijke doelen en het werken aan sociale doelen. Het laatste komt vooral tot uiting in werkvormen, waarbij sociale interactie wordt bevorderd.

BIJLAGE I2

Welnu, het is niet vanzelfsprekend dat daarmee het inhoudelijke leereffect ook optimaal gediend wordt. Het is in dit verband misschien belangrijk op te merken, dat je "met PLON wel verplicht bent altijd in groepen te werken". Zo dit ooit zo bedoeld is, dan zijn we daarvan in PLON-HBB in ieder geval teruggekomen. Daarin streven we veel meer een afwisseling in werkvormen na, waardoor zowel aan inhoudelijke als aan sociale doelen gewerkt kan worden.

- *Bewustwording en zelfinzicht.*

Een belangrijk kenmerk van ons curriculum dient ook te zijn, dat het iedere leerling voldoende mogelijkheden biedt voor de vorming van een adequaat "natuurkundig zelfbeeld".

De inhoudelijke consequenties daarvan zijn, dat we inderdaad goed aansluiten bij het scala van interessen van leerlingen en bij het scala van eisen van het vervolgonderwijs. Alleen dan kan een leerling zich een beeld vormen van wat hij wil en wat hij kan.

De manier waarop we hieraan inhoudelijk willen werken, is vooral geënt op differentiatie.

WARMTEGELEIDINGSCOEFFICIENT EN K-WAARDE

Warmte-elektriciteit-analogon

Bij de grootte van de warmtestroom door een materiaal gaat het om vier factoren: het temperatuurverschil, de wandoppervlakte, de dikte van het materiaal en het soort materiaal:

$$P = \frac{A \cdot \lambda \cdot \Delta T}{d}$$

In deze formule is P de warmtestroom, A de wandoppervlakte, λ de warmtegeleidingscoëfficiënt, ΔT het temperatuurverschil en d de dikte van materiaal.

De *warmtegeleidingscoëfficiënt* is een stofconstante; de waarde ervan is voor een groot aantal materialen te vinden in een tabellenboek.

Onder de *warmtestroom* verstaat men de hoeveelheid energie (in de vorm van warmte) die per tijdseenheid door de wand "stroomt". Een warmtestroom is dus een *vermogen*.

Er bestaat een analogie tussen de "stroming" van warmte door een wand en de stroming van elektronen door een elektriciteitsdraad. De "drijvende kracht" is in het eerste geval het temperatuurverschil, in het tweede geval het spanningsverschil tussen de uiteinden van de draad. Om de analogie compleet te maken zijn in het geval van "stroming" van warmte twee nieuwe definities nodig:

$$q = \frac{P}{A}$$

$$R = \frac{d}{\lambda}$$

Hierin is q de warmtestroomdichtheid (de warmtestroom per m^2 wandoppervlak) en R de warmteweerstand van het materiaal.

Het analogon ziet er nu als volgt uit:

warmte:	elektriciteit:
$q = \frac{\Delta T}{R}$	$I = \frac{\Delta V}{R}$

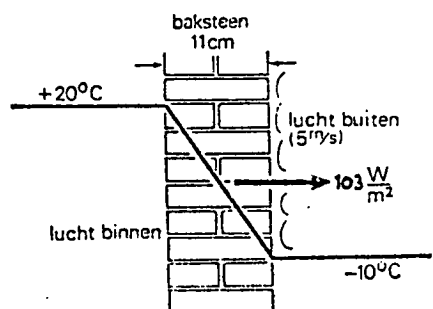
De *warmtestroomdichtheid* is vergelijkbaar met de *stroomsterkte* in het elektrisch geval, en de *warmteweerstand* is vergelijkbaar met de *elektrische weerstand*.

Het voordeel van dit analogon is, dat hiermee duidelijk wordt dat warmteweerstanden van achter elkaar (in *serie*) geplaatste materialen bij elkaar opgeteld mogen worden (net als bij in serie geschakelde weerstanden).

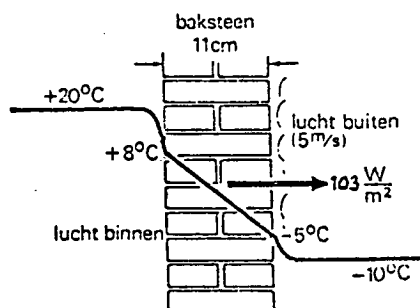
Berekenen van warmteweerstand en K-waarde.

Niet alleen bij geïsoleerde muren die uit meer dan één materiaal bestaan, maar ook bij muren die slechts uit één materiaal zijn opgebouwd speelt het optellen van warmteweerstanden een rol. Zoals uit de figuren hieronder blijkt, speelt slechts een deel van het temperatuurverschil zich af binnen de muur. Het overige verval treedt op in de dunne luchtlagen die direct aan de muur grenzen.

BIJLAGE 13



Warmtestroom bij muur (vereenvoudigd).



Warmtestroom bij muur (3 warmteweerstanden in serie).

Ook deze luchtlagen hebben (dus) een warmteweerstand (de zogenaamde overgangsweerstand).

In de tabel hiernaast zijn een aantal waarden van de warmteweerstand van verschillende materialen gegeven. Deze warmteweerstanden zijn bepaald uit de dikte d en de warmtegeleidingscoëfficiënt λ van het materiaal.

stof	warmte-weerstand in $m^2 \text{ KW}^{-1}$
lucht (binnen)	0,12
lucht (5 m/s)	0,043
lucht (10 m/s)	0,021
glas 4 mm	0,004
baksteen 11 cm	0,13
spouw 2-10 cm	0,15-0,16

De warmteweerstand van 4 mm dik glas bijvoorbeeld wordt berekend uit:

$$R = \frac{d}{\lambda} = \frac{4 \cdot 10^{-3}}{0,93} \frac{m}{W/mK} \approx 0,004 \text{ m}^2 \text{ K/W}$$

In de tabel hiernaast zijn de warmtegeleidingscoëfficiënten van een aantal (bouw)materialen gegeven.

De warmteweerstand van 4 mm dik glas zal in de praktijk echter hoger uitvallen, omdat de overgangsweerstanden aan weerskanten van het glas meegerekend moeten worden.

Voor de warmteweerstand van een glazen ruit in een woning mag dus genomen worden:

stof	warmtegeleidingscoëfficiënt in $Wm^{-1} K^{-1}$
aluminium	220
marmer	2-4
beton	1,7
baksteen	0,8
glas	0,93
water	0,60
hout	0,3-0,5
polystyreen	0,008
polyurethaanschuim	0,05
lucht	0,024

$R = 0,004 + 0,12 + 0,043 \approx 0,17 \text{ m}^2 \text{ K/W}$ (bij een stroomsnelheid van de buitenlucht van 5 m/s).

De warmteweerstand van "glas" wordt dus voor het overgrote deel veroorzaakt door de luchtlaagjes aan weerskanten van de glasplaat.

In de praktijk wordt de isolerende eigenschap van een bouw materiaal tegenwoordig vaak uitgedrukt in de R -waarde (= de warmteweerstand). In het thema hebben we uit didaktische overwegingen (een simpeler afleiding van de formule) gekozen voor de K -waarde als vergelijkingsgrootte. Voor deze K -waarde geldt:

$$K = \frac{1}{R}$$

De K -waarde van 4 mm dik glas volgt dus uit

$$K = \frac{1}{R} \approx \frac{1}{0,17} \approx 6 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Deze waarde is in overeenstemming met de in de praktijk gehanteerde K -waarde.

De warmteweerstand van een luchtspouw.

Bij berekeningen van de warmteweerstand en K -waarde van constructies met een spouw (bijv. dubbel glas of spouwmuren) treedt een probleem op. De warmtegeleidingscoëfficiënt van lucht is zeer klein. Berekening van de warmteweerstand van een luchtlaag van bijv. 2 cm dikte levert als resultaat

$$R = \frac{d}{\lambda} = \frac{2 \cdot 10^{-2}}{0,024} = 0,83 \text{ m}^2\text{K/W}$$

De K -waarde van dubbel glas zou daarmee uitkomen op:

$$K = \frac{1}{R} = \frac{1}{2 \times 0,004 + 0,83 + 0,12 + 0,043} \approx 1 \text{ W/m}^2\text{K}$$

In de praktijk echter wordt voor dubbele beglazing gerekend met een K -waarde van 3. De berekende K -waarde komt dus veel te laag uit. Dit is een gevolg van het feit dat er in een luchtlaag ook warmtetransport door stroming en straling optreedt, en we dus *niet alleen met warmtegeleiding te maken hebben*. De warmteweerstand zal dus kleiner zijn dan hierboven berekend. Het blijkt dat het warmtetransport door stroming en straling ervoor zorgt dat de warmteweerstand van een luchtspouw 0,15 à 0,16 m²K/W bedraagt, en vrijwel onafhankelijk is van de spouwbreedte.

Dit leidt tot een K -waarde voor dubbele beglazing van

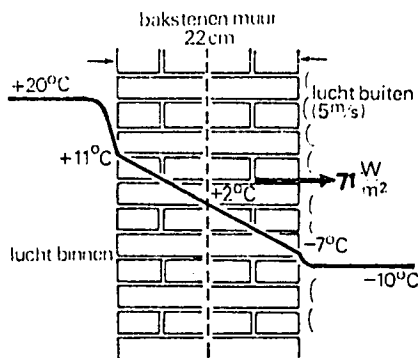
$$K = \frac{1}{R} = \frac{1}{2 \times 0,004 + 0,15 + 0,12 + 0,043} \approx 3 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Deze K -waarde is goed in overeenstemming met de in de praktijk gebruikte waarde.

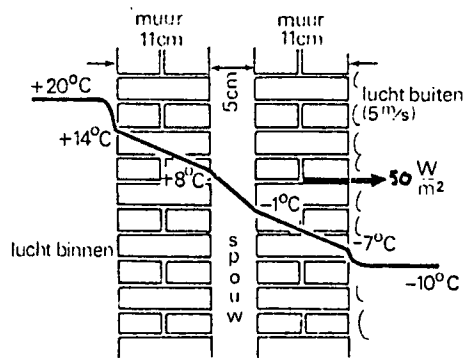
Verdubbeling van muurdikte en spouwmuurisolatie.

Op een soortgelijke manier kan de K -waarde van een dubbele muur (totaal 22 cm dik) en van twee enkele muren (beide 11 cm dik) met een luchtspouw van 5 cm breedte bepaald worden.

BIJLAGE I3



Warmtedoorgang bij muur van 22 cm.

Warmtedoorgang bij spouwmuur
(2 x 11 cm + 5 cm)

K-waarde 2,4

K-waarde 1,7

Vergeleken met de warmtedoorgang bij een enkele muur (11 cm dik) van 103 W/m^2 (zie vorige blz.) is de warmtedoorgang bij een dubbele muur (22 cm dik) *minder* dan tweemaal zo klein (als gevolg van de invloed van de luchtlaagjes aan weerskanten van beide muren). Verdubbeling van de muurdikte levert dus wel een groterewarmte-isolatie, maar minder dan tweemaal zo groot.

Het toepassen van een luchtspouw verbetert de warmte-isolatie eveneens, maar het effect hiervan wordt beperkt door de vrijwel constante warmte-weerstand van zo'n luchtlaag. Vandaar dat de vulling van de luchtspouw met isolatiemateriaal dat warmtetransport door straling en stroming tegengaat (polyurethaanschuim bijv.) een merkbaar grotere verbetering van de warmte-isolatie geeft, met name bij groter spouwbreedte.

Warmteweerstand (R) per cm dikte		Luchtlaag	0,15-0,20
Baksteen	0,01	Minerale wol	0,29
Beton	0,005	Polyisocyanuraatschuim ¹⁾	0,42
Gasbeton	0,05	Polystyreenschuim	0,28
Gipsplaat	0,01	Polyurethaanschuim	0,35
Hardboard	0,03	Spaanplaat	0,06
Houtwolcement	0,16	Tapijt	0,20
Kalkzandsteen	0,01	Vurehout	0,07
Kurk	0,23	Zachtboard	0,12

1 Met tweezijdige toplaag

Blz. 14 ONDERZOEK: *De sterkte van een draad meten.*

Materiaal

Bij deze proef wordt het trekapparaat gebruikt, zie tekening 1a + b
Het trekapparaat is samengesteld uit de volgende onderdelen;

POS 1 Verstelbare ruiters

2x U-staal	30x30x3	lang 30 mm
1x inbusbout	M8x20	
2x ringen	M8	
1x vleugelmoer	M8	
1x bout	M4x40	
1x moer	M4	

POS 2 Glijdende ruiters

2x U-staal	30x30x3	lang 40 mm
1x inbus	M8 x20	
2x ringen	M8	
1x vleugelmoer	M8	

POS 3 Tussen ruiters

1x U-staal	30x30x3	lang 75 mm
1x U-staal	30x30x3	lang 30 mm
1x U-staal	30x30x3	lang 25 mm

POS 4 Spindel stuk

1x U-staal	30x30x3	lang 60 mm
1x U-staal	30x30x3	lang 25 mm

POS 5 Veerunster

Veerunster 0-12 kg

POS 6 Handel

1x moer	M10	
1x staal rond	6 mm	lang 60 mm
1x bout	M4x8 mm	

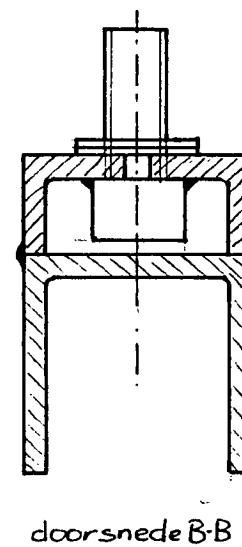
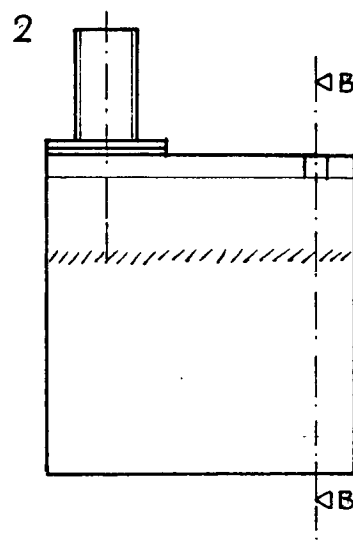
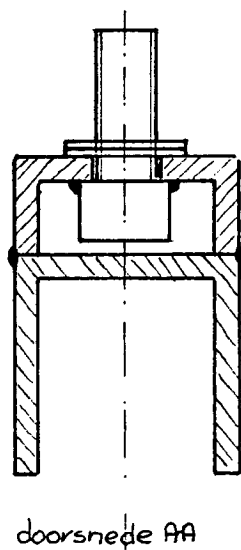
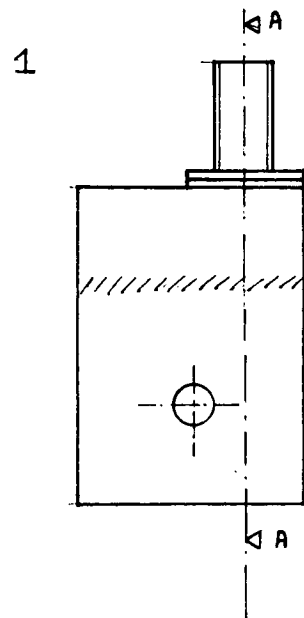
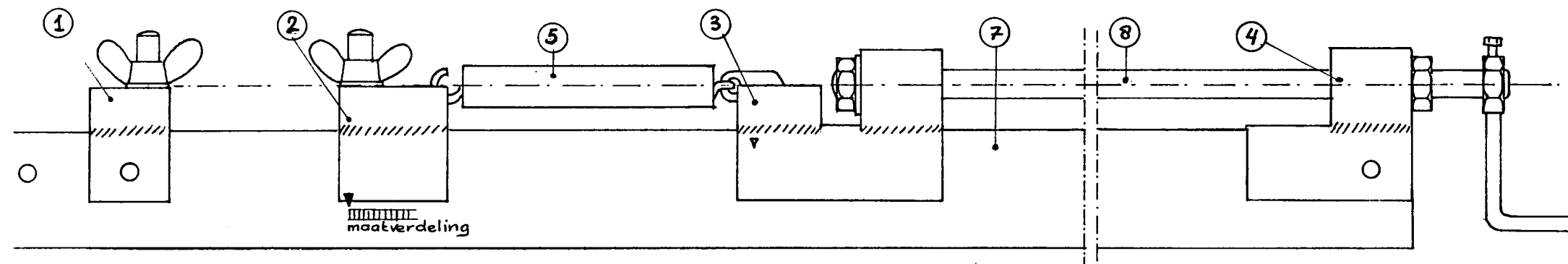
POS 7 Houten glijstuk

1x meranti	23x40 mm	lang ± 600 mm
------------	----------	---------------

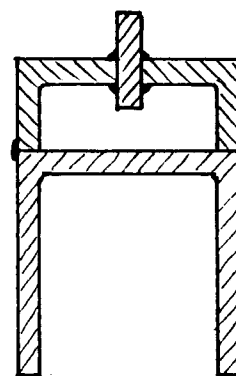
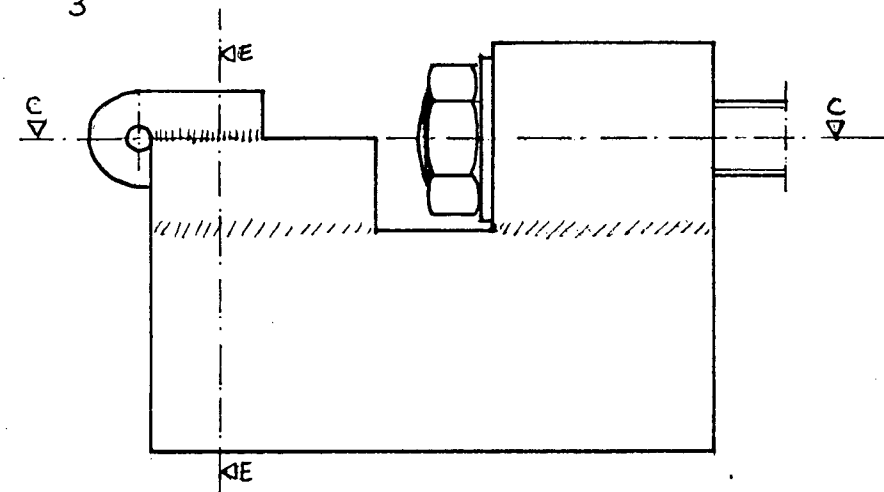
POS 8 Spindel

1x draadstang	M10	300 mm lang
4x moeren	M10	
2x ringen	M10	

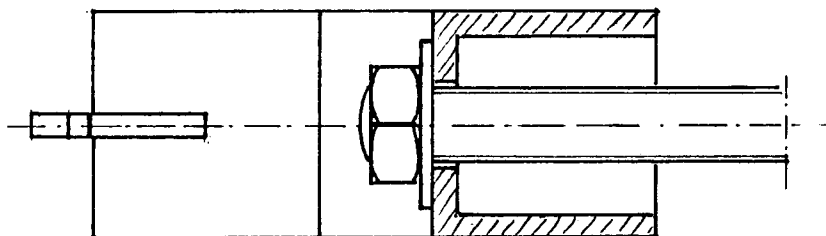
tekening 1 a
TREKAPPARAAT



3 tekening 1b

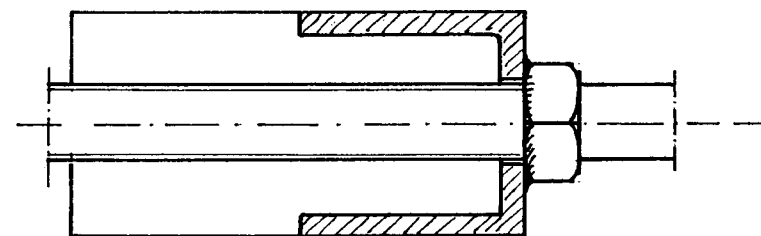
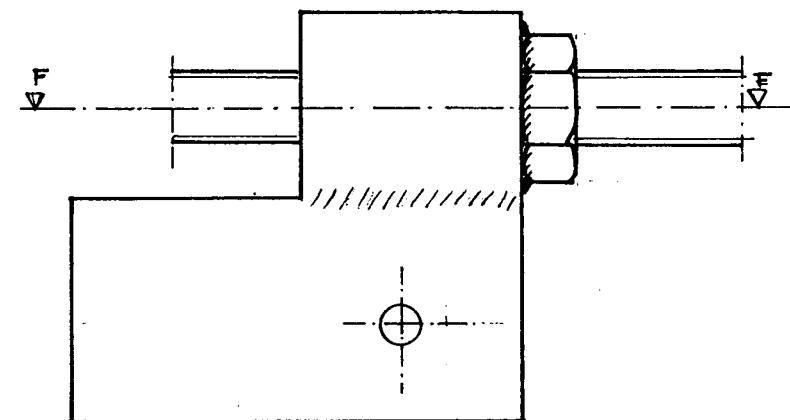


doorsnede E-E



doorsnede C-C

4



doorsnede F-F

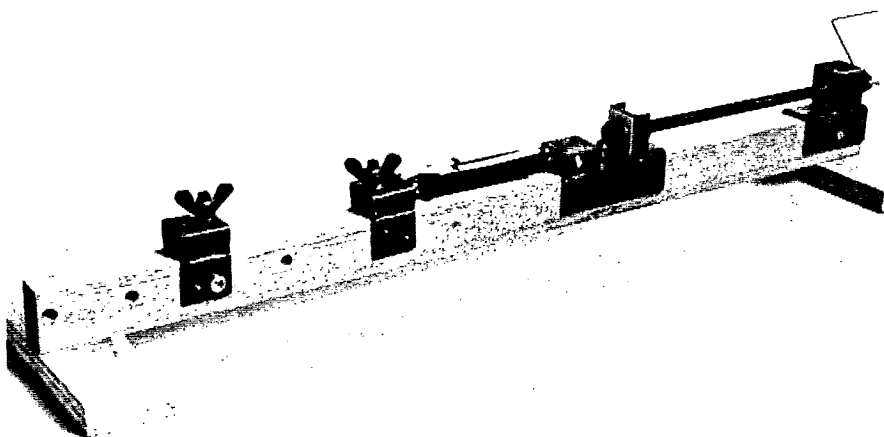
APPARATUURGIDS

Montage aanwijzingen

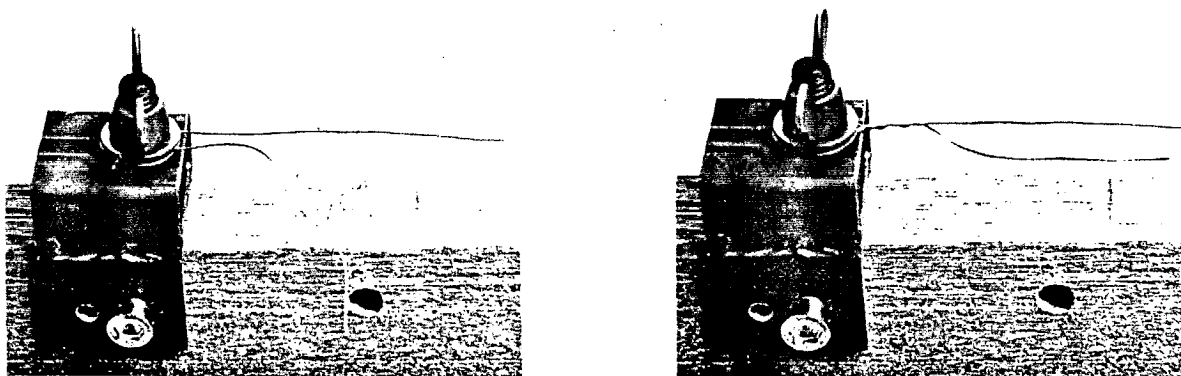
Voordat de onderdelen aan elkaar worden gesoldeerd of hard gesoldeerd dienen de inbusbouten te zijn aangebracht en met gewone- of hardsoldeer vastgezet.

De trekafstand tussen de glijdende ruiters (POS 2) en de verstelbare ruiters (POS 1) moet worden vastgezet door met de bout en moer M4 de verstelbare ruiters (POS 1) vast te zetten aan het houten glijstuk (POS 7). Er moeten dus 4 gaten in het houten glijstuk (POS 7) geboord zodanig dat de begin-trekafstanden voor de draden 5, 10, 15 en 20 cm zijn.

Onder de glijdende ruiters (POS 2) kan op het houten glijstuk (POS 7) een lineaal voor het aflezen van de rek worden vastgelijmd.



Het trekapparaat



De draad goed inspannen gaat als volgt: eerst de draad tussen de ringen door omleggen dan de vleugelmoeren licht aandraaien en vervolgens het losse draad uiteinde om de gespannen draad wikkelen.

EEN VOORBEELD MEETSERIE MET HET BOVENSTAANDE TREKAPPARAAT.

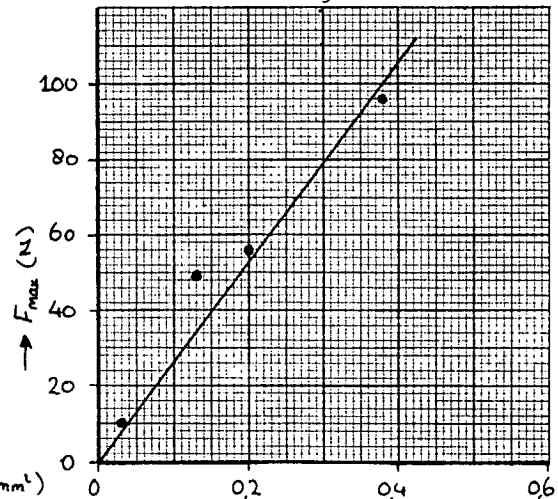
Meetserie 1

Het verband tussen de maximale trekkracht $F_{\max}$ en draaddoorsnede A bij vier draden van hetzelfde materiaal en dezelfde lengte.

lengte = 100 mm

draadmateriaal = koper

d (mm)	A (mm ²)	$F_{\max}$ (N)
0,2	0,03	10
0,4	0,13	49
0,5	0,20	56
0,7	0,38	96



Meetserie 2

Het verband tussen de maximale trekkracht $F_{\max}$ en de draadlengte l bij vier draden van hetzelfde materiaal en dezelfde doorsnede.

draadmateriaal = koper

draad diameter = 0,5 mm

draadlengte l (mm)	$F_{\max}$ (N)
50	46
100	49
150	50
200	48

Meetserie 3

Het verband tussen maximale trekkracht $F_{\max}$ en het draadmateriaal bij vier draden van dezelfde lengte en doorsnede.

materiaal = koper, messing, aluminium en verenstaal.

draaddiameter = 0,5 mm

draadlengte = 100 mm

APPARATUURGIDS

draadmateriaal	$F_{\max}$ (N)
koper	49
messing	77
aluminium	30
verenstaal	125

Conclusies

- Uit meetserie 1 blijkt dat $F_{\max}$ recht evenredig is met de draaddoorsnede A (bij draden van dezelfde lengte en hetzelfde materiaal).
- Uit meetserie 2 blijkt dat $F_{\max}$ niet afhankelijk is van de draadlengte l (bij draden van dezelfde doorsnede en hetzelfde materiaal).
- Uit meetserie 3 blijkt dat $F_{\max}$ afhankelijk is van het draadmateriaal (bij draden van dezelfde doorsnede en lengte).

Uit de meetseries 1 en 2 blijkt dat het verband tussen $F_{\max}$, A en l gegeven wordt door: $\frac{F_{\max}}{A} = \sigma$

Uit meetserie 3 blijkt dat σ een materiaalconstante is: de zgn. treksterkte.

De meetresultaten bij meetserie 3 geven de mogelijkheid de treksterkte van de verschillende materialen te bepalen.

draadmateriaal	$\sigma (10^8 \text{ N/m}^2)$	
	gemeten	literatuurwaarde
koper	2,5	2,2 - 4,2
messing	3,9	3,4 - 4,8
aluminium	1,5	1,0 - 1,7
verenstaal	6,4	

Er is een redelijke overeenstemming tussen de gemeten waarden van de treksterkte en de literatuurwaarden.

Blz. 38 ONDERZOEK: WARMTESTROMEN VERGELIJKEN.

Voor dit onderzoek maken we gebruik van de modelkamer, zie tekening.

Materiaal

De modelkamers worden gemaakt uit een plaat Roofmate van 40 mm dik. Deze platen zijn verkrijgbaar bij de bouwmaterialen-handel ($\pm 22,-$ p/m²) en hebben een afmeting van 60x125 cm. Uit een plaat kunnen minstens 7 modelkamers worden gemaakt. Het is aan te bevelen de platen te (laten) verzagen op een zaagbank. Het verlijmen moet met een voor polystyreen geschikte lijm geschieden. (Eerst proberen.) De buitenmaten van de verschillende modelkamers zijn;

- | | |
|----------------------------|--|
| A. de kleine modelkamer | 12x12x12 cm en is dus opgebouwd uit: |
| | 2 stuks Roofmate van 12x12 cm A ₁ |
| | 2 stuks " " 12x 4 cm A ₂ |
| | 2 stuks " " 4x 4 cm A ₃ |
| B. de standaard modelkamer | 15x15x15 cm opgebouwd uit: |
| | 2 stuks Roofmate van 15x15 cm B ₁ |
| | 2 stuks " " 7x15 cm B ₂ |
| | 2 stuks " " 7x 7 cm B ₃ |
| C. de grote modelkamer | 18x18x18 cm opgebouwd uit: |
| | 2 stuks Roofmate van 18x18 cm C ₁ |
| | 2 stuks " " 10x18 cm C ₂ |
| | 2 stuks " " 10x10 cm C ₃ |

Een zaagplan voor 7 kamers (2x A, 3x B, 2x C) uit één plaat Roofmate is weergegeven in fig. 2; de gearceerde resten moeten worden gebruikt voor de poten (blokjes van 4x4x4 cm diagonaal doorgesneden).

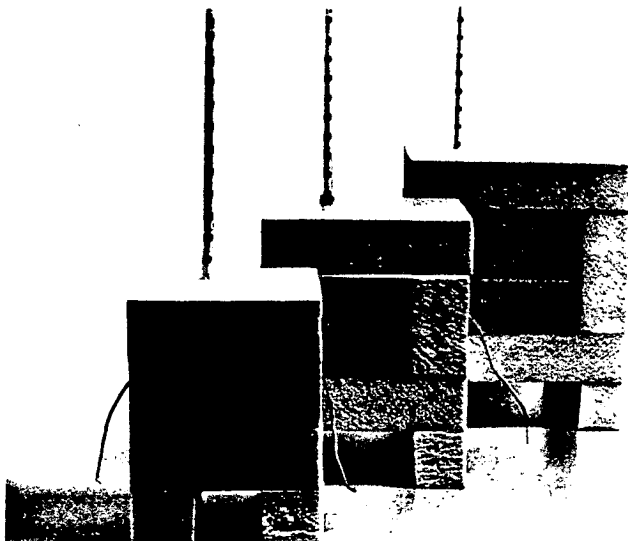
De modelkamers worden verwarmd met een weerstand van 15 Ω en een vermogen van 7 W. Het bovendeksel van de modelkamers blijft los en wordt tijdens de experimenten vastgedrukt met een elastiek, let op de positie van de thermometer in het bovendeksel.

De modelkamer wordt aangesloten op een regelbare voeding met een voltmeter en een ampèrèmeter in het circuit. Aangezien het bij het verwarmen van de modelkamers om kleine vermogens gaat, is het belangrijk dat de volt- en ampèrèmeter nauwkeurig afleesbaar zijn, liefst digitaal.

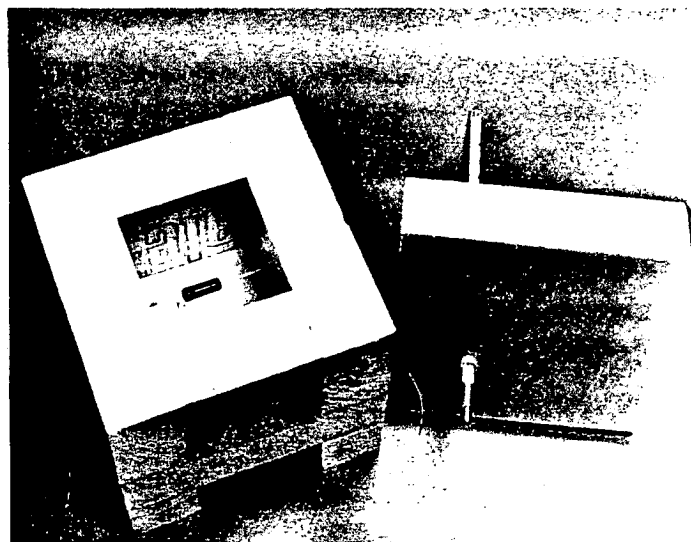
Bij de laatste meetserie wordt één van de zes wanden vervangen door een wand van een ander materiaal. Hoe dat is gerealiseerd geeft de foto duidelijk weer.

Benodigheden

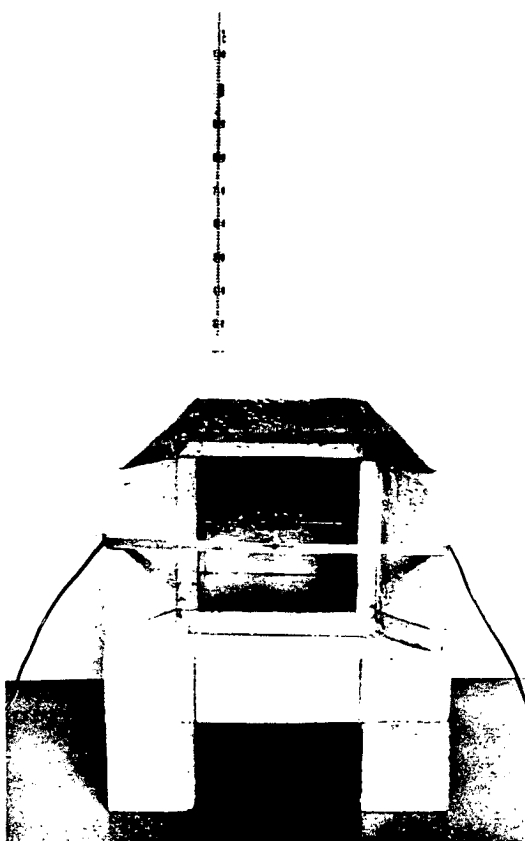
- modelkamer met ingebouwd verwarmingselement 15 Ω , 7 W.tt.
- 2 gepaarde thermometers 0-100 °C
- nauwkeurige voltmeter 0-5 V, liefst digitaal uitleesbaar
- nauwkeurige ampèrèmeter 0-300 mA, liefst digitaal uitleesbaar



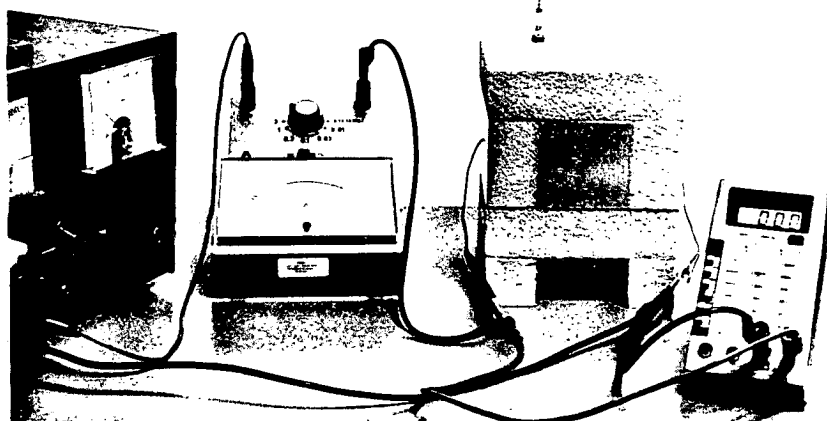
De drie verschillende modelkamers.



De standaard-modelkamer met verwarmingselement en de thermometer door het deksel.



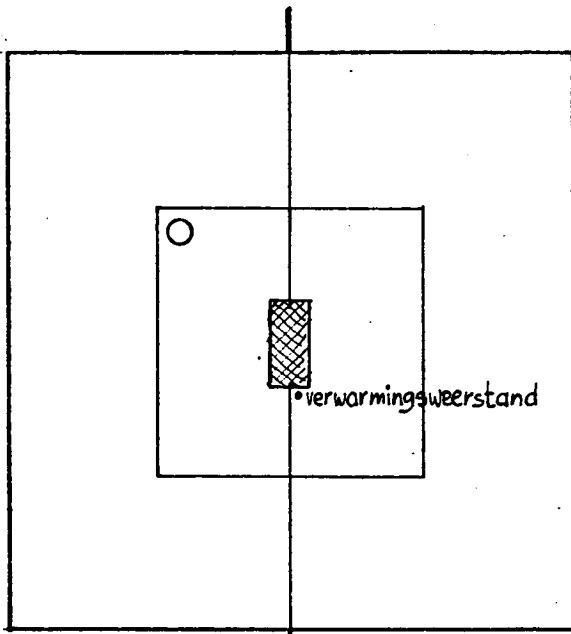
De standaard-modelkamer met de verwisselbare zijwand (let op de weggesneden gedeelten van het Roofmate).



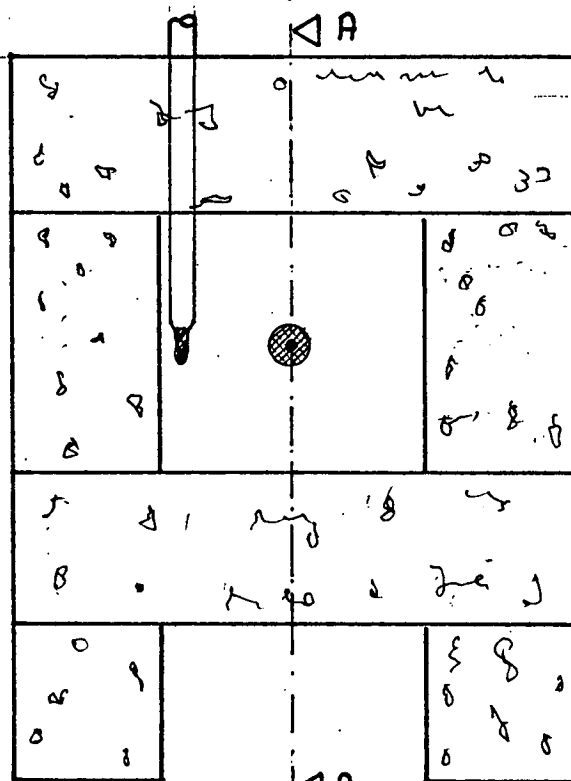
De complete proefopstelling van de modelkamer.

MODELKAMER.
(standaard)

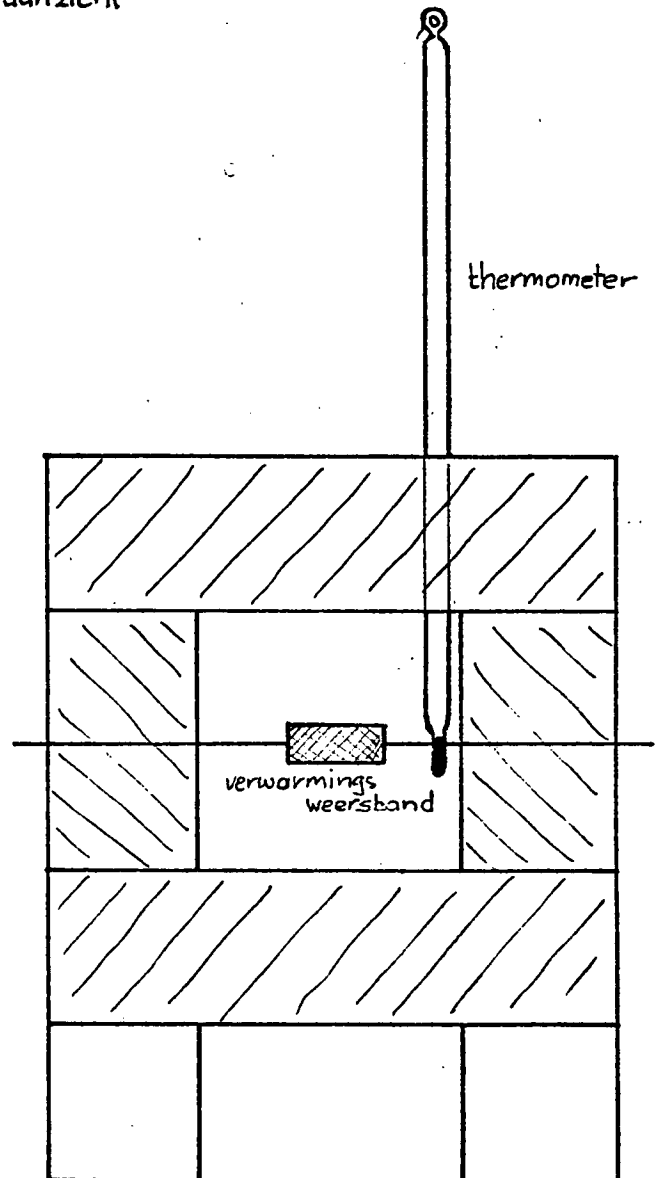
bovenaanzicht



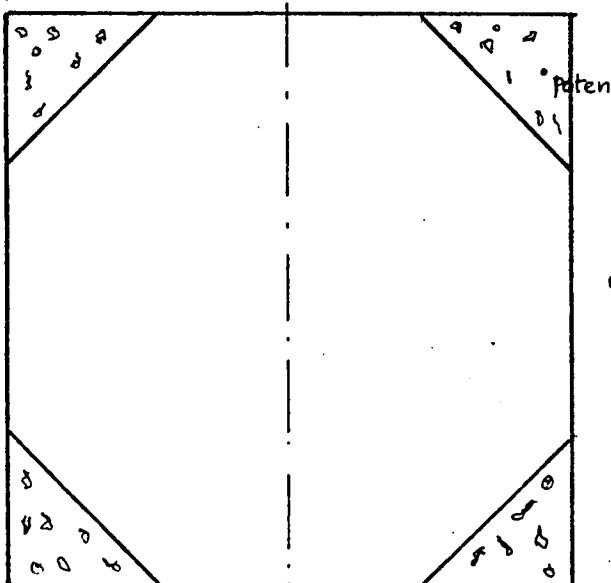
thermometer



zijaanzicht

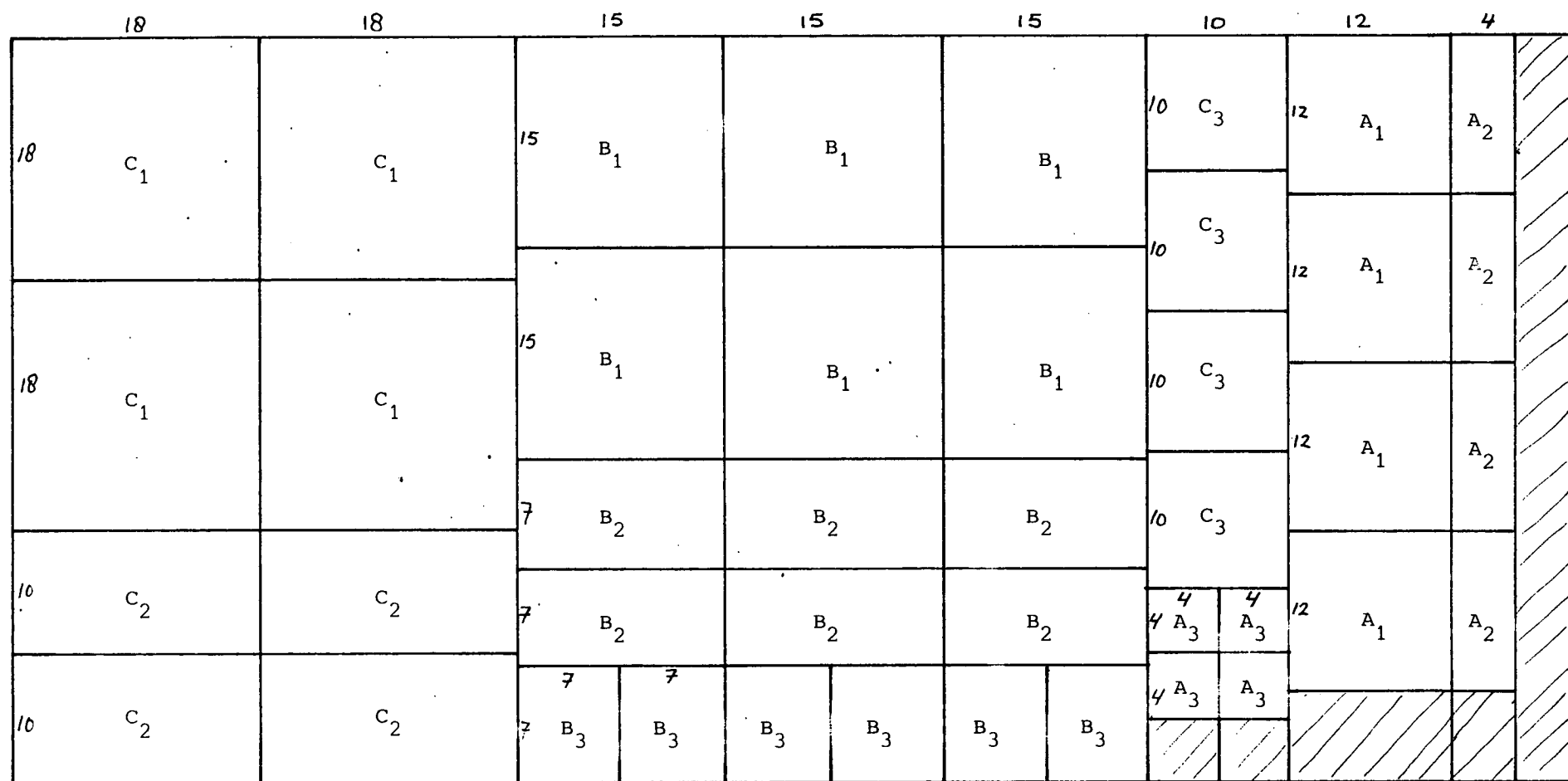


doorsnede A-A



onderaanzicht

Fig. 2



- variabele voeding

Extra bij meetserie 3

- plaatjes van verschillende soorten en dikten materiaal met een afmeting van 9x9 cm.

Enkele opmerkingen vooraf bij de proeven met de modelkamers.

Het experiment met de modelkamer vereist een flinke dosis experimenteervaardigheid en nauwkeurigheid van de leerlingen. Het kan daarom nodig zijn op de volgende punten attent te zijn;

- laat ze de proef doen op een plaats die niet of weinig aan temperatuurschommelingen bloot staat; een veranderende omgevingstemperatuur tijdens de meting kan grote verschillen geven in de uitkomst;
- wijs de leerlingen erop dat het toevoeren van een extra vermogen aan het begin van het experiment de tijdsduur aanzienlijk kan bekorten. Laat ze hierbij gebruik maken van de voorinschatting (de evenwichtstemperatuur).

EEN VOORBEELD MEETSERIE MET DE MODELKAMERS.

Meetserie 1

Het verband tussen warmtestroom P en het temperatuurverschil ΔT tussen beide kanten van de wand (binnen en buiten de modelkamer) bij de standaard-modelkamer. Bij de standaard-modelkamer wordt ΔT gemeten

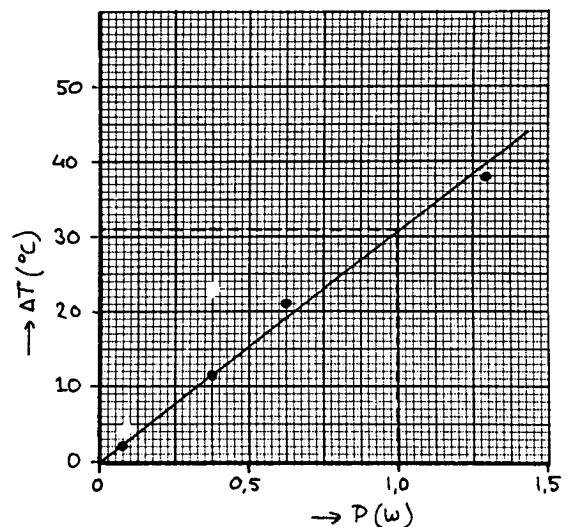
Bij de standaard-modelkamer wordt ΔT gemeten als de temperatuur in de modelkamer een constante waarde heeft bereikt. Dit wordt herhaald bij nog 3 andere waarden van het vermogen van het verwarmings-element.

Gemiddelde oppervlakte A van de standaard-modelkamer (6 wanden van 11x11 cm): $0,073 \text{ m}^2$.

materiaal dikte = 4 cm.

materiaalsoort = Roofmate

$P \text{ (W)}$	$\Delta T \text{ (}^\circ\text{C)}$
0,07	2
0,37	11,5
0,62	21
1,3	38



Meetserie 2

Het verband tussen de warmtestroom P en het materiaaloppervlak A van drie verschillende modelkamers van hetzelfde materiaal en dezelfde dikte.

Om binnen de verschillende modelkamers eenzelfde temperatuur te bereiken zullen verschillende vermogens van het verwarmingselement nodig zijn. Bij het instellen van het benodigde vermogen nemen we aan dat de

APPARATUURGIDS

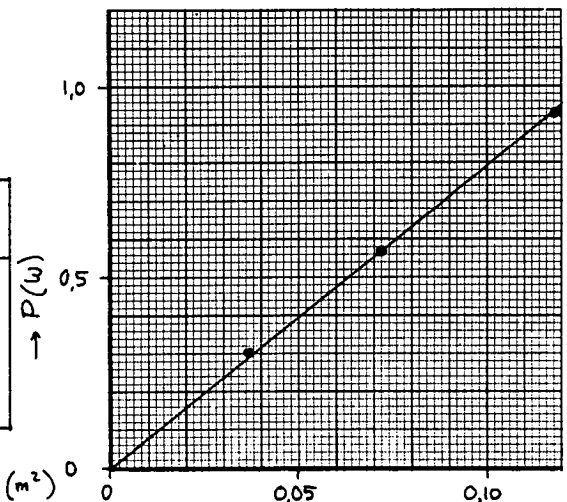
warmtestroom (= het vermogen van het verwarmingselement) evenredig is met het wandoppervlak. Na de eerste meting (modelkamer A: $P = 0,30$ W geeft $\Delta T = 17$ °C) kan dus uitgerekend worden op welke vermogens het verwarmingselement bij de tweede en derde meting ingesteld moet worden om eenzelfde temperatuur binnen de drie verschillende modelkamers te krijgen. Bij uitvoering van de proef kan het ingestelde vermogen nog wat bijgesteld worden als de binnentemperatuur niet de juiste waarde blijkt te krijgen.

materiaaldikte = 4 cm

$\Delta T = 17$ °C

materiaalsoort = Roofmate

modelkamer	A (cm ²)	P (W) berekend	P (W) gemeten
A	0,038		0,30
B	0,072	0,6	0,57
C	0,118	0,9	0,93



Meetserie 3

Het verband tussen warmtestroom P en materiaalsoort bij de standaard-modelkamer, waarvan een zijde kan worden vervangen door een ander materiaal (zie fig.)

We maken hierbij gebruik van de standaard-modelkamer waarbij het deksel ook is vastgelijmd en één zijkant is weggesneden zodanig dat een stuk plaatmateriaal van 9x9 cm kan worden ingezet. We nemen dan aan dat de gemiddelde oppervlakte van het plaatmateriaal gelijk is aan het verwarmde oppervlak plus de dikte van het materiaal (bijv.: 3 mm dik glas is de gemiddelde oppervlakte van het glas in de standaard-modelkamer 7,3x7,3 cm²).

$\Delta T = 17$ °C

materiaalsoort	P (W) gemeten
3 mm glas	0,90
12 mm spaanplaat	0,84
4 mm hardboard	0,92
22 mm spaanplaat	0,82

Conclusies

- Uit meetserie 1 blijkt dat P recht evenredig is met ΔT bij eenzelfde modelkamer.
- Uit meetserie 2 blijkt dat P recht evenredig is met het (gemiddelde)

wandoppervlak A bij eenzelfde temperatuurverschil ΔT tussen binnen en buiten.

- Uit meetserie 3 blijkt dat P afhankelijk is van het soort wandmateriaal bij eenzelfde wandoppervlak A en eenzelfde temperatuurverschil ΔT tussen binnen en buiten.

Uit de meetseries 1 en 2 volgt dat voor de warmtestroom P door een materiaal geldt: $P = K.A.\Delta T$.

Uit meetserie 3 blijkt dat K een materiaalconstante is (afhankelijk van soort materiaal en de dikte ervan - hoewel dat laatste uit deze metingen niet duidelijk blijkt): de zgn. K - waarde.

De meetresultaten uit de verschillende meetseries geven de mogelijkheid de K -waarde van de verschillende materialen te bepalen.

Meetserie 1 levert de K -waarde van Roofmate (dikte 4 cm):

$$K = \frac{P}{A.\Delta T} = \frac{1,0}{0,073 \times 31} = 0,44 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Meetserie 3 levert de K -waardes van de andere onderzochte materialen. Daartoe moet eerst bepaald worden hoe groot de warmtestroom P_{Roofmate} is door de vijf Roofmate-wanden:

$$P_{\text{Roofmate}} = K.A.\Delta T = 0,44.5.0,11^2.17 = 0,45 \text{ W.}$$

Deze warmtestroom is in alle vier onderzochte situaties bij meetserie 3 gelijk.

De warmtestroom door het onderzochte materiaal $P_{\text{mat.}}$ is nu te bepalen uit:

$$P_{\text{mat.}} = P_{\text{gemeten}} - P_{\text{Roofmate}}$$

Met de nu bekende $P_{\text{mat.}}$ is de K -waarde van de onderzochte materialen te bepalen.

materiaalsoort	$P_{\text{mat.}}$ (W)	A (m ²)	ΔT (°C)	K -waarde (W/m ² K)	
				gemeten	literatuur
3 mm glas	0,45	$5,3.10^{-3}$	17	5	6
12 mm splaanplaat	0,39	$5,8.10^{-3}$	17	4	4
4 mm hardboard	0,47	$5,2.10^{-3}$	17	5	6
22 mm spaanplaat	0,37	$6,6.10^{-3}$	17	3	3

Er is een redelijke overeenstemming tussen de gemeten K -waardes en de in de literatuur opgegeven waardes.

APPARATUURGIDS

Blz. 50 ONDERZOEK: WARMTE-ONTWIKKELING EN ELEKTRISCHE STROOM

Bij deze proevenserie maken we gebruik van de warmte-geïsoleerde beker (zie tekening).

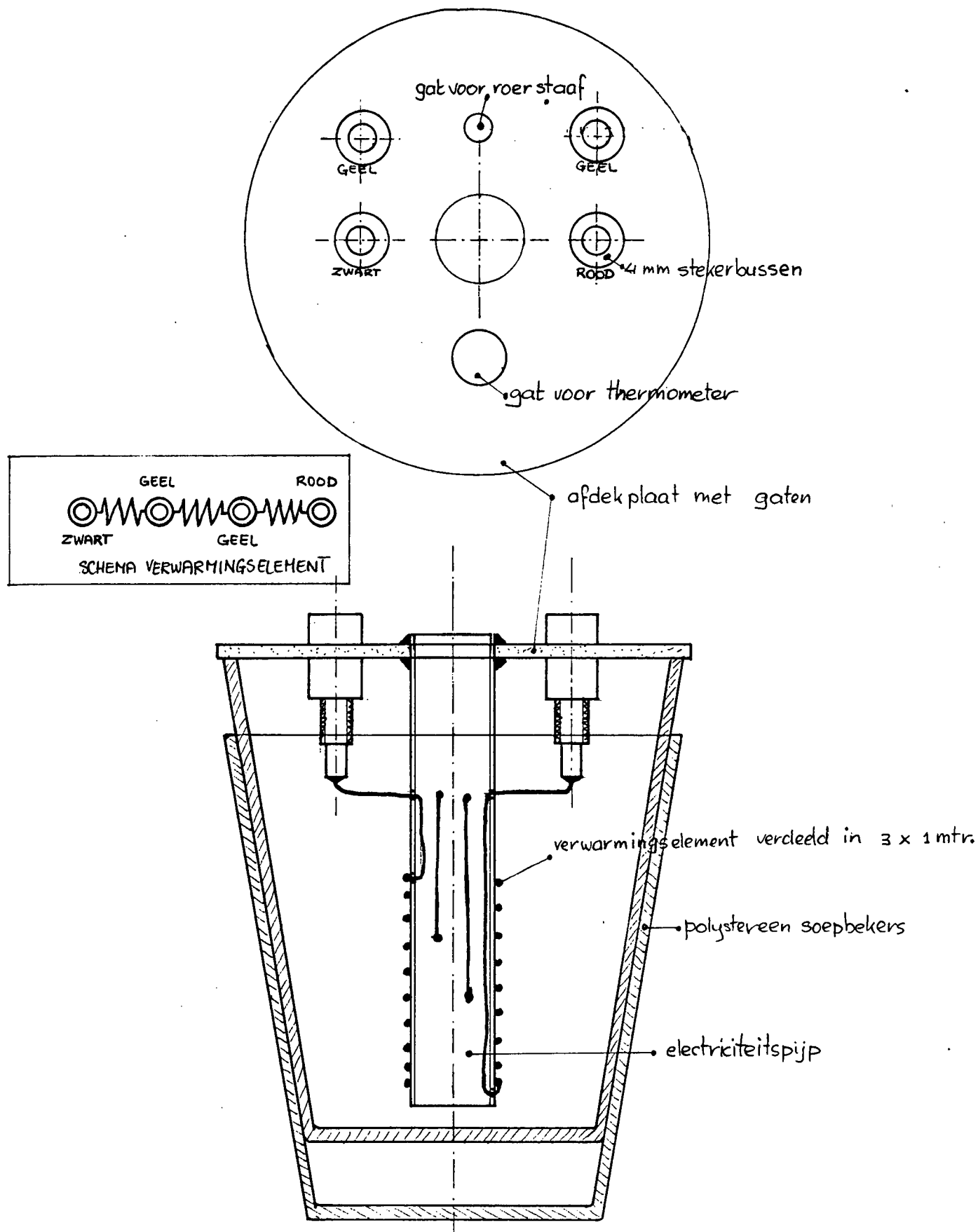
De warmte-geïsoleerde beker bestaat uit een tweetal in elkaar geschoven polystyreen soepbekers met daarop een deksel van perspex. Aan het deksel is in het midden een electriciteitspijpje gelijmd waaromheen een draad is gewikkeld die fungeert als verwarmingselement. De uiteinden van de draad van het verwarmingselement zijn vastgesoldeerd aan 4 mm stekerbussen die in het perspex deksel zijn gemonteerd. Verder kunnen door het deksel via de daarvoor bestemde gaten een roerstaaf en een thermometer worden gestoken.

Benodigdheden

- 2x polystyreen soepbekers 250 ml.
- 1x stukje electriciteitspijp.
- 4x4 mm stekerbussen
- 1x3 m nichroondraad 0,4 mm
- 1x perspex 90x90x 3 mm voor deksel
- twee componenten lijm
- roerstaaf
- thermometer
- variabel voedingsapparaat
- ampèremeter
- een grote bak met water (water direct uit de kraan kan nogal van temperatuur verschillen)



De warmte-geïsoleerde beker met losse deksels. Met het verwarmingselement zoals dat rechts op de foto is te zien zijn alle proeven (serie en parallel) te doen.



WARMTE GEÏSOLEERDE BEKER

APPARATUURGIDS

VOORBEELD MEETSERIE

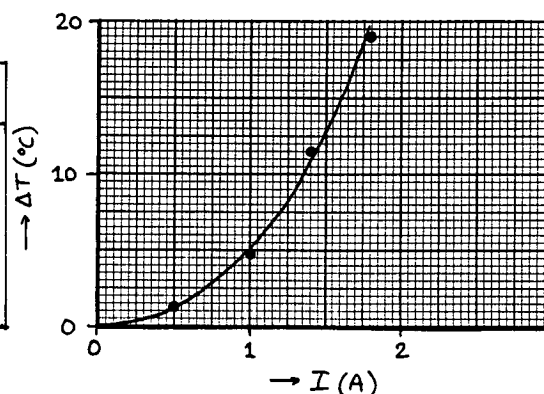
Meetserie 1

Het verband tussen temperatuurstijging ΔT en de stroomsterkte I .

tijsduur = 300 s

hoeveelheid water = 250 ml

I (A)	T_{begin} ($^{\circ}\text{C}$)	T_{eind} ($^{\circ}\text{C}$)	ΔT ($^{\circ}\text{C}$)
0,5	18,5	19,8	1,3
1	18,5	23,3	4,8
1,4	18,5	29	11,5
1,8	18,5	37,5	19



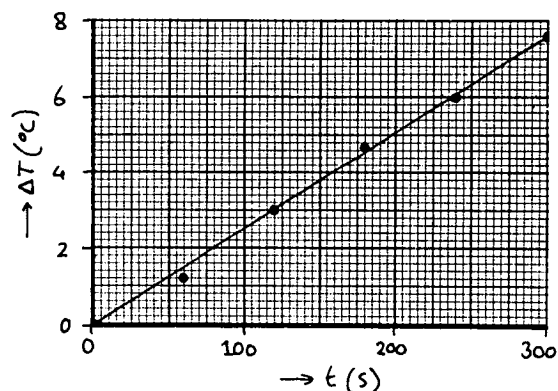
Meetserie 2

Het verband tussen temperatuurstijging ΔT en tijsduur t .

$I = 1,2$ A

hoeveelheid water = 250 ml

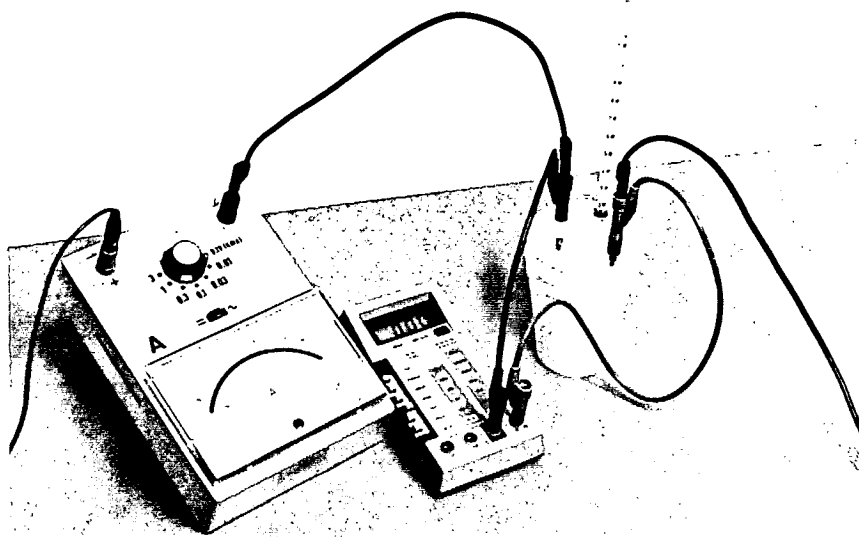
t (s)	T ($^{\circ}\text{C}$)	ΔT ($^{\circ}\text{C}$)
0	19,0	0
60	20,2	1,2
120	22,0	3,0
180	23,7	4,7
240	25,0	6,0
300	26,6	7,6



Conclusies

- Uit meetserie 1 blijkt dat de temperatuurstijging van het water in de beker (en dus de warmte-ontwikkeling in het verwarmingselement) afhankelijk is van de stroomsterkte I (in een gegeven tijsduur). De warmte-ontwikkeling neemt sterker dan evenredig toe met de stroomsterkte*.
- Uit meetserie 2 blijkt dat de temperatuurstijging van het water in de beker (en dan de warmte-ontwikkeling in het verwarmingselement) recht evenredig is met de tijsduur t van stroomdoorgang (bij een gegeven stroomsterkte).

* Kwadratische evenredigheden komen pas in het thema 'Verkeer' aan de orde.



De complete proefopstelling van de warmte geïsoleerde beker.

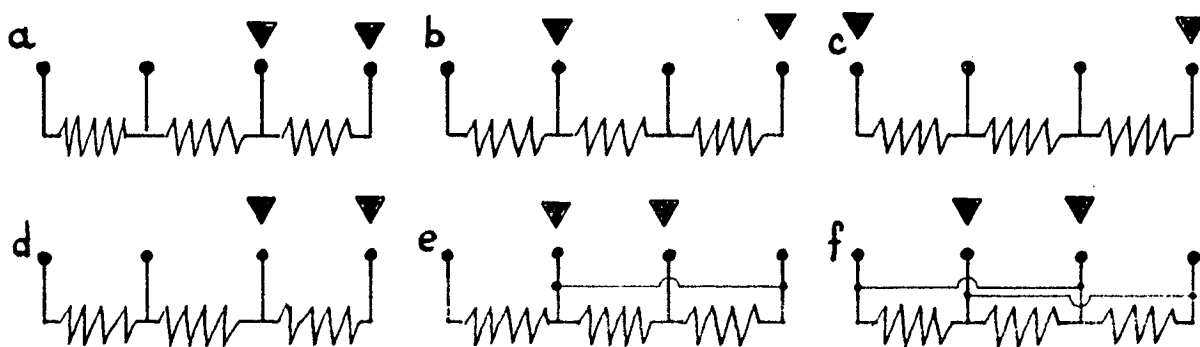
Blz. 51. ONDERZOEK: WARMTE-ONTWIKKELING IN VERSCHILLENDE DRADEN VERGE-
LIJKEN.

Het onderzoek geschiedt met dezelfde warmte-geïsoleerde beker en toe-
behoren.

We kunnen de benodigde variabelen, lengte en doorsnede, bij deze meet-
serie als volgt verkrijgen.

Lengte (serie) schema a,b,c.

Doorsnede (parallel) schema d,e,f.



SCHAKELSCHEMA'S VERWARMINGSELEMENT

VOORBEELD MEETSERIE

Meetserie 1

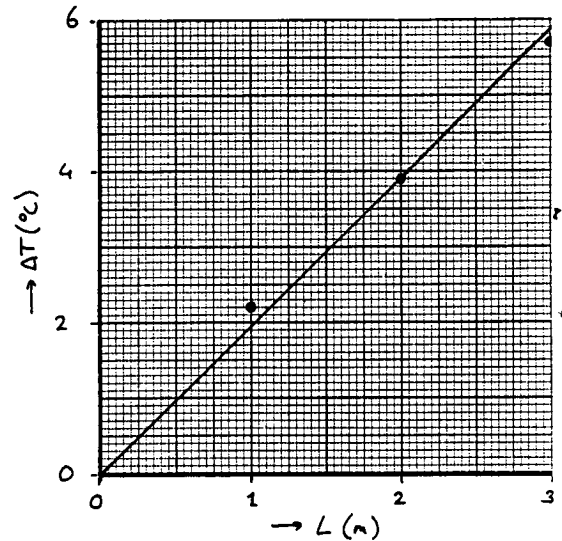
Het verband tussen de temperatuurstijging ΔT en draadlengte L .

$I = 1 \text{ A}$

$t = 300 \text{ s}$

$A = 0,13 \text{ mm}^2$

	$L \text{ (m)}$	$T_{\text{begin}} \text{ (}^\circ\text{C)}$	$T_{\text{eind}} \text{ (}^\circ\text{C)}$	$\Delta T \text{ (}^\circ\text{C)}$
a	1	16,7	18,9	2,2
b	2	16,5	20,4	3,9
c	3	16,5	22,2	5,7



Meetserie 2

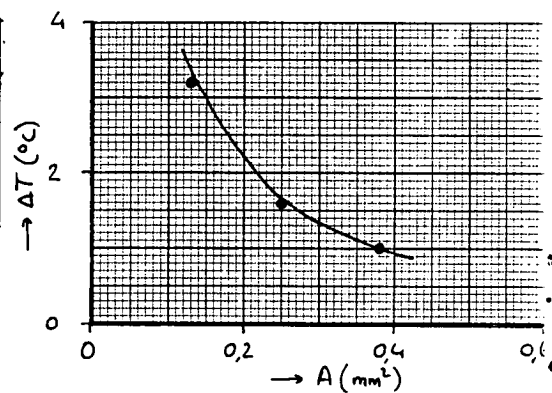
Het verband tussen temperatuurstijging ΔT en draaddoorsnede A .

$I = 1 \text{ A}$

$L = 1 \text{ m}$

$t = 300 \text{ s}$

	$A \text{ (mm}^2\text{)}$	$T_{\text{begin}} \text{ (}^\circ\text{C)}$	$T_{\text{eind}} \text{ (}^\circ\text{C)}$	$\Delta T \text{ (}^\circ\text{C)}$
d	0,13	16,7	19,9	3,2
e	0,25	16,9	18,5	1,6
f	0,38	17	18	1



Conclusies

- o Uit meetserie 1 blijkt dat de temperatuurstijging van het water in de beker (en dus de warmte-ontwikkeling in het verwarmingselement) recht evenredig is met de lengte L van de draad (bij gegeven stroomsterkte, tijdsduur en draaddoorsnede).
- o Uit meetserie 2 blijkt dat de temperatuurstijging van het water in de beker (en dus de warmte-ontwikkeling in het verwarmingselement) afhankelijk is van de draaddoorsnede A . Hoe groter de draaddoorsnede, des te kleiner de warmte-ontwikkeling (bij gegeven stroomsterkte, tijdsduur en draadlengte)*.

*Omgekeerde evenredigheden komen pas in het thema 'Lichtbronnen' aan de orde.

