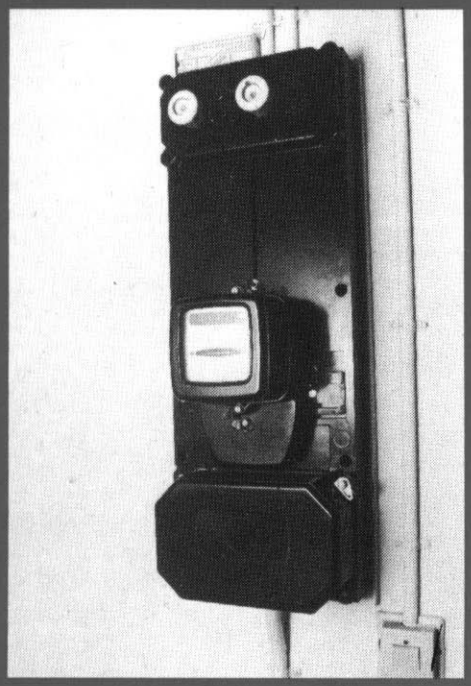
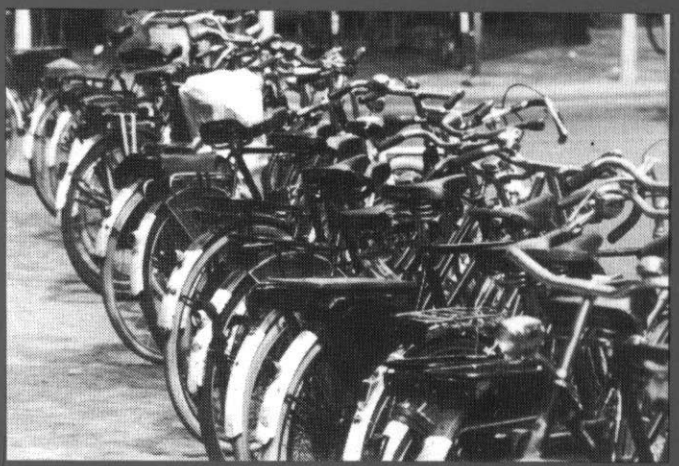
VERGELIJKEN





PLON

Vakgroep Natuurkunde-Didactiek
Rijksuniversiteit Utrecht

bovenbouw
HAVO

vergelijken

Samengesteld door de projectgroep van het PLON in samenwerking met de Vakgroep Natuurkunde-Didactiek van de Rijksuniversiteit Utrecht

voor de 4e klas HAVO

Experimentele uitgave

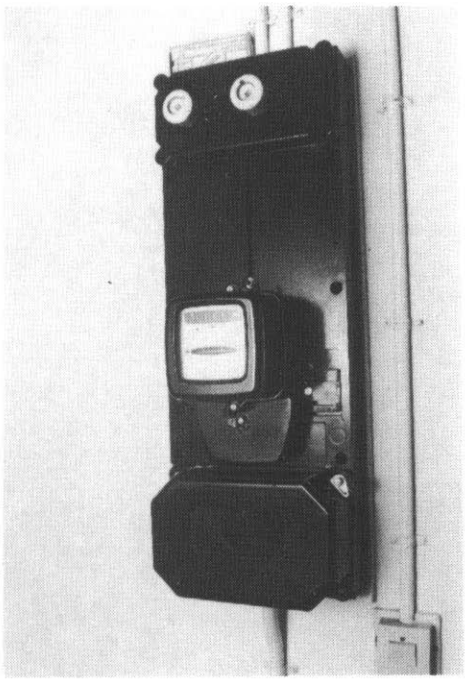
PLON

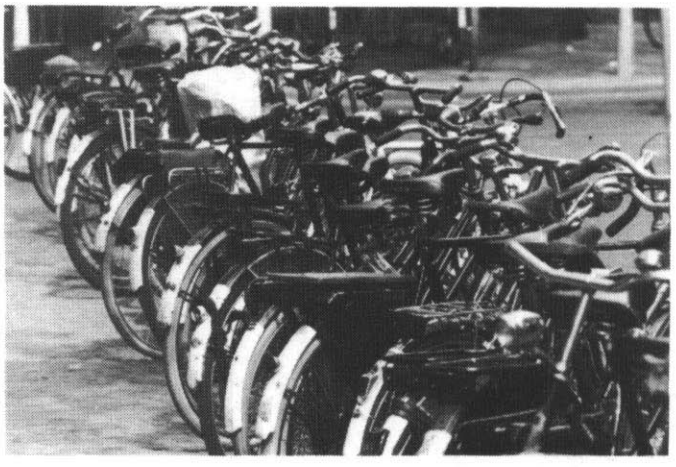
* Het Project Leerpakket Ontwikkeling Natuurkunde (PLON) is in 1972 begonnen onder auspiciën van de Commissie Modernisering Leerplan Natuurkunde (CMLN). De opdracht was: het ontwikkelen en door middel van onderzoek evalueren van leerpakketten voor natuurkundeonderwijs op mavo, havo en vwo, en het ontwerpen van een plan voor een goed begeleide introductie daarvan in de scholen.
* Het PLON werkt onder toezicht van een stuurgroep waarin vertegenwoordigers uit het onderwijs, de vervolgopleiding, didactische instellingen, onderwijsondersteuningsinstituten, lerarenopleidingen en het Ministerie van Onderwijs en Wetenschappen vertegenwoordigd zijn.
* Het PLON is ondergebracht bij de Vakgroep Natuurkunde-Didactiek van de Rijksuniversiteit Utrecht. Deze vakgroep participeert tevens in de activiteiten ten behoeve van havo-bovenbouw. Ten behoeve van vwo-bovenbouw bestaat een samenwerkingsverband met de universiteiten van Amsterdam (GU) en Groningen, en groepen leraren die werken aan de ontwikkeling van lesmateriaal.
* Het adres van het PLON is:
  PLON, lab. Vaste Stof, Postbus 80.008, 3508 TA, de Uithof, Utrecht
  Tel. 030-532717

© 1983 Rijksuniversiteit Utrecht Project Leerpakket Ontwikkeling Natuurkunde

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotocopie, microfilm of op welke andere wijze ook, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever.
No part of this book may be reproduced in any form by print, photoprint, microfilm or any other means without the prior permission of the publisher.

VERGELIJKEN





PLON

Vakgroep Natuurkunde-Didactiek
Rijksuniversiteit Utrecht

bovenbouw
HAVO

inhoud

		blz.
1	oriëntatie	5
2	vergelijken en kiezen	8
3	veilig fietsen	20
4	warmte-isolatie in woningen	35
5	elektriciteit in huis	48

bijlage

1	diagrammen maken	64
2	formules maken	67

index 68

hoofdstuk 1

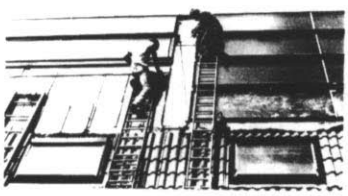
ORIËNTATIE

inhoud blz.

1.1 waar gaat het thema over 5
1.2 hoe ga je met dit thema aan het werk 6

1.1 WAAR GAAT HET THEMA OVER

De aanleg van een stadsverwarmingsnet vraagt hoge investeringen.



De montage van een zonnecollector voor warmwatervoorziening. Hoe groot is de energiebesparing, die dat oplevert?

De keuze voor toepassing van een bepaald materiaal heeft onder andere te maken met materiaaleigenschappen.

Dit thema gaat over *vergelijken*.

Je moet in het dagelijks leven keuzes maken. Bijvoorbeeld als je een apparaat wilt kopen, en je hebt de keus uit verschillende merken en typen. Die apparaten hebben verschillende eigenschappen. Eigenschappen die je met elkaar kunt vergelijken. Op grond van zo'n vergelijking kun je een keuze maken voor een bepaald merk of een bepaald type apparaat.
In een aantal gevallen hoef je (een deel van) dat vergelijken niet zèlf te doen. Je kunt gebruik maken van de resultaten van 'vergelijkend warenonderzoek'. Maar hoe kom je erachter of dat vergelijken 'eerlijk' gebeurd is? Of: hoe maak je zèlf een eerlijke vergelijking tussen verschillende merken en typen? Dat zijn vragen waarbij 'de natuurkunde' je wel een beetje kan helpen. Maar de keuze moet je uiteindelijk toch zelf maken. Dan is die natuurkunde niet zo erg belangrijk meer, maar spelen andere dingen vaak een doorslaggevende rol, zoals: hoe belangrijk vind je een laag energiegebruik van een apparaat in verband met een leefbaar, schoon milieu (of kun je het apparaat dan maar beter helemaal niet kopen?), ga je voornamelijk af op het uiterlijk van een apparaat, de vormgeving, de kleur? Of laat je de kosten het zwaarst wegen en zal het uiterlijk je een zorg zijn? Dit soort 'waarden' spelen mee bij het bepalen van je keuze. 'Waarden', die voor elk individu verschillend kunnen zijn.
Maar ondanks deze verschillen in 'waarden' kan vergelijken heel nuttig zijn. Niet alleen als je een apparaat koopt. Bij natuurkundig onderzoek en in de techniek is vergelijken net zo belangrijk. Het vergelijken van verwarmingssystemen in een woning bijv., of van het isolerend vermogen van verschillende materialen of andere materiaaleigenschappen als sterkte, hardheid, zwaarte, ... Een belangrijke vraag is hoe je verwarmingssystemen, materiaaleigenschappen, enz. op een eerlijke manier vergelijkt. De reden voor het vergelijken is ook hier: het moeten maken van een keuze. Bij verschillende verwarmingssystemen (losse kachels, CV op aardgas, stadsverwarming, warmtepomp, zonnecollectoren?) gaat het om vragen als: welk systeem springt het zuinigst met energie om, welk systeem kost het minst? Het onderzoek naar de antwoorden op deze vragen heeft te maken met samenlevingsproblemen als: het (mogelijk) opraken van bepaalde soorten brandstof (aardgas en -olie) in de niet al te verre toekomst, de milieuvervuiling die de verwarming van woningen en de elektriciteitsproductie in centrales veroorzaakt, de vraag of die systemen niet meer energie kosten dan ze opleveren, en of het allemaal wel te betalen is ... .
Het vergelijken van materiaaleigenschappen ligt misschien wat minder voor de hand. Maar kijk eens om je heen. Alles in je omgeving is wel van één of ander materiaal gemaakt. Gemaakt door mensen, die voor de keuze van dat materiaal wel een reden gehad zullen hebben. Gewoon omdat ze het een mooi materiaal vonden. Maar ook omdat de eigenschappen van dat materiaal gunstig zijn voor net díe toepassing. Daarbij gaat het om materiaaleigenschappen als sterkte, elasticiteit, elektrische geleidbaarheid, roestbestendigheid, warmte-isolerend vermogen enz. Bij het kiezen van materialen spe-

EERLIJK VERGELIJKEN

Als je besluit om (later) je woning te laten isoleren (dubbel glas bijv.), dan verwacht je dat je in het stookseizoen daarop een lagere energierekening in huis krijgt. Dat kan nog wel eens tegenvallen. Soms is die zelfs flink hoger. Wat kunnen daarvan de oorzaken zijn? Een stijgende gasprijs? Een veel koudere winter dan de vorige? Bij eerlijk vergelijken kun je dus maar beter niet naar de prijs kijken. Want die verandert. Het aantal m^3 gebruikt gas is een betere maat, maar dan wèl omgerekend op een 'standaardwinter' (sommige energiebedrijven doen dat voor je). Eerlijk vergelijken kun je pas goed, als je alle omstandigheden die invloed hebben op het energiegebruik hetzelfde laat. En alleen dàt waarvan je de invloed wilt onderzoeken (dubbel glas) verandert. In praktijksituaties is dat vaak lastig (koude of minder koude winter); in een laboratorium of praktikumlokaal meestal iets eenvoudiger.

len natuurlijk méér dingen een rol dan alleen materiaaleigenschappen: de prijs van het materiaal, het gemak waarmee het te krijgen is, het gemak waarmee het te verwerken is, ...

In dit thema ga je verschillende apparaten en eigenschappen van verschillende materialen vergelijken. Daarbij is de uitkomst van de vergelijking minder belangrijk. Het gaat vooral om de *manier van vergelijken*: hoe vergelijk je eerlijk.

1. GAS- EN ELEKTRICITEITSGEBRUIK VERGELIJKEN

Zoek thuis een jaarafrekening van het gas- en elektriciteitsbedrijf op.

- Vergelijk het gas- en/of het elektriciteitsgebruik bij jou thuis met dat van je klasgenoten. Bij wie thuis is het energiegebruik het laagst? En bij wie het hoogst? Wie springt thuis het zuinigst met energie om?
- Vind je dit een eerlijke manier van vergelijken van de zuinigheid waarmee energie gebruikt wordt? (Bedenk door welke factoren het energiegebruik thuis beïnvloed wordt.)

2. BRANDSTOFPRIJZEN VERGELIJKEN

Over de brandstofprijzen is de laatste tijd veel te doen. Daarbij worden nogal eens vreemde vergelijkingen gemaakt. Eén daarvan staat in het hiernaast afgedrukte deel van een krante-artikel.

- Volgens het artikel is een m^3 aardgas een kwartje goedkoper dan een m^3 huisbrandolie. Het is dus voordeliger om op aardgas te stoken.

Zoek in een tabellenboek op hoe groot de verbrandingswarmte van aardgas en van huisbrandolie is. (De verbrandingswarmte geeft aan hoeveel warmte (in joule) er vrijkomt bij de verbranding van een bepaalde hoeveelheid (1 kg, 1 liter of 1 m^3) brandstof.)

Leg met behulp van deze gegevens uit dat stoken op huisbrandolie *volgens het artikel* dus eigenlijk stukken *goedkoper* is dan stoken op aardgas.

- Op het moment van schrijven van het artikel golden de volgende brandstofprijzen:
  - aardgas: ƒ 0,46 per m^3
  - huisbrandolie: ƒ 0,70 per liter

Welke fout heeft de schrijver van het artikel gemaakt? Herschrijf het artikel vanaf de woorden 'Op het ogenblik ...'.

- Ondanks de verbetering, die je nu in het artikel hebt aangebracht, kun je nóg een bezwaar hebben tegen de prijsvergelijking van hoeveelheden brandstof. Welk bezwaar is dat? Maak zelf een betere vergelijking tussen de prijzen van stoken op aardgas en stoken op huisbrandolie.

3.

Kun je zelf nog meer voorbeelden noemen van 'oneerlijk' vergelijken?

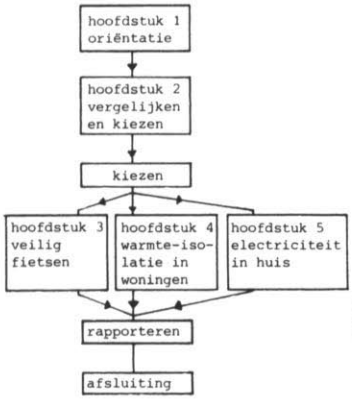
Koppeling

De Gasunie wil wel een hogere gasprijs, zodat het tarief in de pas gaat lopen bij de prijs voor huisbrandolie; het eerste alternatief voor ruimteverwarming. Op het ogenblik 'igt de gasprijs nog fors onder die voor huisbrandolie. Het verschil bedraagt ongeveer een kwartje per kubieke meter.

1.2 HOE GA JE MET DIT THEMA AAN HET WERK

Centraal in dit thema staat de vraag: *hoe vergelijk je eerlijk?*

In hoofdstuk 2 maak je daarmee een begin. Je vergelijkt apparaten op grond van de gevens van een *vergelijkend warenonderzoek*. Je bekijkt de *manier* van vergelijken: wàt vergelijk je en hoe doe je dat? En waardoor wordt uiteindelijk je keuze bepaald? Daarna volgt een 'natuurkundig' onderzoek naar de sterkte van materialen (een materiaaleigenschap). Ook hier weer de vraag: wàt vergelijk je met elkaar en hoe doe je dat.
Je werkt daarbij in kleine groepen aan hetzelfde onderwerp. Zo af en toe kun je een aantal taken over de verschillende groepen verdelen. Ter afwisseling van het werken in kleine groepen praat je op bepaalde momenten met de hele klas de onderzoeksresultaten door.



De structuur van het thema 'Vergelijken'.

Rapporteren over je onderzoek aan je medeleerlingen.

Na hoofdstuk 2 kies je voor één van de onderwerpen uit de hoofdstukken 3 t/m 5. Ook daar ga je in kleine groepen aan werken, maar nu is elke groep met een ander onderzoek bezig. In alle drie de hoofdstukken gaat het (nog steeds) om eerlijk vergelijken. De situaties waarin je vergelijkt zijn echter verschillend. In hoofdstuk 3 gaat het om de *veiligheid* van je *fiets*: wat is de beste manier van remmen, wanneer ben je in het donker het best zichtbaar voor andere verkeersdeelnemers? In hoofdstuk 4 gaat het over *warmte-isolatie* in *woningen*: hoe kun je een woning het beste tegen warmteverlies isoleren (en hoeveel levert je dat op)? Hoofdstuk 5 tenslotte gaat over de *veiligheid* van de *elektrische installatie thuis*: wat zijn de gevaren van elektriciteit in huis en wat is er gedaan om die installatie te beveiligen.
Aan het eind van elk van de hoofdstukken 3 t/m 5 vind je een 'rapportage-opdracht'. Daarin wordt aangegeven wat uit jouw onderzoek belangrijk is voor je medeleerlingen (die het onderzoek niet gedaan hebben) om te weten. De *manier van eerlijk vergelijken* in jouw onderzoek is één van die dingen. Maar de antwoorden die je hebt gevonden op de vragen die hierboven (bij de korte beschrijving van de hoofdstukken) zijn gesteld, zijn ook interessant.

Bij de rapportage 'geef je les' aan je klasgenoten over het onderzoek waaraan je zelf gewerkt hebt. Belangrijk daarbij is, dat je leert zo duidelijk mogelijk te zijn over je eigen onderzoek en de resultaten daarvan. Zélf weet je daar veel van, maar je klasgenoten niet. Het is de bedoeling dat die van jouw bevindingen leren. Net zoals het de bedoeling is dat jíj van hun bevindingen leert tijdens de rapportages die zij voor jou verzorgen. Dan zal blijken, dat er aan 'eerlijk vergelijken' méér kanten zitten dan jij bij je eigen onderzoek hebt ontdekt.

Bij de afsluiting van het thema kijk je met z'n allen nog eens terug naar het werk wat je gedaan hebt. Wat heb je geleerd? Hoe heb je dat geleerd? Wat vond je goed en wat vond je minder goed gaan? Wat zou je bij het werken aan het volgende thema anders willen zien, doen, horen?

hoofdstuk 2

VERGELIJKEN EN KIEZEN

inhoud blz.

2.1	frekwentiebereik, wow, flutter, ...	9
2.2	wasmachines en afwasmachines: vergelijken en kiezen	10
2.3	de sterkte van materialen: een tuibrugkabel kiezen	13
2.4	vergelijken	19

vergelijken en kiezen

Als je een apparaat koopt (wasmachine, versterker, fiets e.d.) heb je keus uit een heleboel merken en typen. Ze zien er verschillend uit, de één heeft dìt extra en de ander weer dàt, de één is duurder dan de andere. Hoe vergelijk je ze, wat zijn de redenen om dàt type van dàt merk te kiezen? Over dat vergelijken gaat het eerste deel van dit hoofdstuk.
In de natuurkunde worden ook dingen met elkaar vergeleken. Eigenschappen van materialen bijvoorbeeld. Hoe 'sterk' zijn kabels van verschillende materialen, welke invloed heeft de doorsnede van de kabel op de sterkte, enz.? Wat voor kabel moet je kiezen voor bijv. een tuibrug? Over het vergelijken van materiaaleigenschappen gaat het tweede deel van dit hoofdstuk.
En tussendoor komen de verschillen en overeenkomsten tussen het vergelijken en kiezen van apparaten en materialen aan de orde.

De nieuwe Willemsbrug over de Maas in Rotterdam, net voor die in 1981 geopend werd. Het is een tuibrug waarvan het stalen brugdek geheel vrij aan de A-vormige pylonen is opgehangen (foto Jan v.d. Meyden)

2.1 FREKWENTIEBEREIK, WOW, FLUTTER, ...

Hoe vergaat het jou als je een apparaat wilt kopen. Vergelijk je de kwaliteit van verschillende merken en typen? En hoe vergelijk je dat dan? Of ga je af op een verhaal van de verkoper, of laat je je vooral leiden door de prijs of het uiterlijk?

1.
Beschrijf eens zo'n situatie die je zelf hebt meegemaakt: wat heb je gekocht en hoe ben je tot de beslissing gekomen om dàt merk en dàt type te kiezen? Praat daar met elkaar over. Maak een lijstje met dingen waar je op zou *kunnen* letten bij het kopen van een apparaat.

Vaak hoef je niet zèlf te vergelijken. Organisaties als de 'Consumentenbond' en 'Konsumenten-Kontakt' maken voor een bepaald apparaat regelmatig vergelijkingen tussen de kwaliteit van verschillende merken. De resultaten van zo'n *vergelijkend warenonderzoek* worden gepubliceerd in bladen als 'De Consumentengids' en 'Koopkracht'.
Maar uiteindelijk moet je wèl *zelf kiezen*.

TOER- EN SPORTFIETSEN

MERK EN TYPE	PRIJS [1]	REMKRACHT	DAMESMODEL	WIELMAAT	GEWICHT	TRANSMISSIE	VERSNELLINGEN	VERLICHTING	COMBINEERBAARHEID	STICKETS	REMVERMOGEN	VERLICHTING	GEVAARLIJKE DELEN	GEBRUIKSCOMFORT	TOTAAL TESTRESULTAAT	
	f	cm	cm	inch	kg											
TOERFIETSEN																
BATAVUS TOER FAVORIET	640	60	56	28	20						+	□+	□	- -	+	□+ REDELIJK
BURGERS TOUR RICHE [2]	610	61	58	28	20	X		X			+	□	□	□	+	□+ REDELIJK TOT GOED
GAZELLE TOER POPULAIR [2][3]	570	57,61	57	28	19						□	+	□	□	+	+ REDELIJK TOT GOED
SPARTA POPULAIR	520	58	56	28	20						+	- □	□	□	+	□ REDELIJK TOT GOED
UNION TALLY	595	60	57	28	19						+	□	□	-	+	□+ REDELIJK
SPORTFIETSEN																
BATAVUS ASCOT	515	61	55,57	28	18			X	X	X	+					
BURGERS SPORT ROYAL [2]	530	58	58	26	17	X	X	X	X	+						
GAZELLE SPORT POPULAIR [2][3]	555	58,61	56,57	28	18	X	X	X	X							
KALKHOFF GRAND SPORT R	330	58	56	26	16	X			X							
PEUGEOT VL 32 25 M	500	54,57,60,63	57	28	16	X	X									
BSA 27 RVV [2]		60			17	X										

2.2 WASMACHINES EN AFWASMACHINES: VERGELIJKEN EN KIEZEN

Hoe spring je met de resultaten van zo'n vergelijkend warenonderzoek om?
In deze paragraaf probeer je op die vraag een antwoord te vinden. Je doet dat aan de hand van onderzoeksresultaten bij wasautomaten en afwasmachines. Voer de daarbij behorende activiteiten uit. Schrijf, terwijl je daarmee bezig bent, een kort verslag van wat je doet, vindt, denkt ... .

1. WASMACHINES VERGELIJKEN

In de 'Consumentengids' van april 1979 werd het resultaat gepubliceerd van een vergelijkend onderzoek naar wasmachines. In de tabel hieronder staan de resultaten van het onderzoek naar het wit- en het bontwasprogramma.

- Om te beginnen vergelijk je het energie- en watergebruik van de verschillen-

WASAUTOMATEN WITWASPROGRAMMA EN 60°C BONTWASPROGRAMMA

merk en type	witwasprogramma: lading	verbruik per keer, incl. voorwas: duur	verbruik per keer, incl. voorwas: water	verbruik per keer, incl. voorwas: elektriciteit	vuil- en vlekkenverwijdering	witheid in gloeilamplicht	slijtage	kalkzouten afzetting	spoelen	restvocht na centrifugeren met voorwas	60°C bontwasprogramma: lading	verbruik per keer: duur	verbruik per keer: water	verbruik per keer: elektriciteit	vuil- en vlekkenverwijdering
	kg	uur	liter	kWh						% [1]		uur	liter	kWh	
BAUKNECHT WA 8100	5	2	135	2,9	□	□	□/–	+	++	113	nee	1	124	0,9	– –
BLUE AIR LB 150/S	5	2½	142	3,1	□	□/–	□	++	++	100	nee	1½	128	1,5	□/–
CANDY M 141 inox	5	2½	134	3,1	□	+/□	+/□	+	++	99	nee	1½	108	1,4	□
ERRES RSW 406/87	4,5	2	123	2,5	□	+	+/□	++	+	97	nee	1¼	107	0,9	–
INDESIT Mondial L.50.L.I.	4	2	86	2,5	□/–	□	+/□	□	+	118	ja	1½	88	1,6	□
VENDOMATIC Excellent 2000	4	2	125	2,5	□/–	□/–	□/–	++	+	108	ja	1½	124	1,5	□/–
ZANUSSI DL 123	4	2¾	131	2,6	+	□	□	++	+	130	nee	1½	121	1,6	□
ZANUSSI S 118 T	4	2	107	2,6	□	□	□	++	+	83	ja	1¼	107	1,3	□/–
idem met ingedrukte E-knop	4	1¾	107	1,4	–/– –	+	+	++	+	83	ja	1¾	107	1,4	+
ZOPPAS A 143	4	2½	135	2,6	□	–	–	++	++	127	nee	1½	120	1,4	□/–

[1] gemiddeld blijft er nog ...% van het droge gewicht aan vocht achter in een lading van gladde katoen en badstof

++ = zeer goed
+ = goed
□ = redelijk
– = matig
– – = slecht

DIAGRAMMEN

Bij het zoeken naar een verband tussen wasresultaat en elektriciteitsgebruik kan een diagram handig zijn. Op de horizontale as zet je het elektriciteitsgebruik uit (dat kan met getallen); op de verticale as het wasresultaat (met vijf waarden van 'slecht' tot 'zeer goed'). Zo kun je de verschillende wasautomaten als punten in het diagram weergeven. Je ziet dan vrij snel of er een verband is tussen wasresultaat en elektriciteitsgebruik.

Over het tekenen van diagrammen vind je informatie in bijlage 1.

de wasautomaten. Rangschik de automaten naar oplopend energiegebruik met behulp van de gegevens uit de tabel. Doe hetzelfde voor oplopend watergebruik. Is er een verschil in rangschikking bij het wit- en het bontwasprogramma?

- Vind je het 'aantal liter/keer' en het 'aantal kWh/keer' een goede vergelijkingsgrootheid voor resp. het water- en elektriciteitsgebruik van wasautomaten? Zo ja, waarom? Zo nee, weet je dan een betere?

Hoe komt de rangschikking van de wasautomaten eruit te zien op grond van die nieuwe vergelijkingsgrootheid? Zijn er verschillen met de eerder gemaakte rangschikking?
Welke wasautomaat is het zuinigst met energie? En welke met water?

- Je hebt nu gekeken naar het water- en elektriciteitsgebruik van wasautomaten. Maar wast een automaat met een laag water- of elektriciteitsgebruik ook schoon? (Want daar gaat het toch om.)

Rangschik de onderzochte wasautomaten naar 'wasresultaat' (uit welke kolommen in de tabel haal je daarvoor de gegevens?). Vergelijk de rangschikking op 'wasresultaat' met die op bijv. elektriciteitsgebruik. Zijn er verschillen? Is er een bepaald verband te vinden tussen de beide rangschikkingen?

- Laten we aannemen, dat je op grond van je vergelijkingen op elektriciteitsgebruik en wasresultaat een wasautomaat moet kiezen. Welke kies je dan? Wat geeft daarbij voor jou de doorslag?

Bij een vergelijking van apparaten als een wasautomaat spelen een groot aantal factoren (grootheden, eigenschappen) een rol: het energie- en watergebruik, de lading (hoeveel kan er in één keer gewassen worden), het wasresultaat (zijn alle vlekken eruit, is het wasgoed wel wit genoeg?), slijtage van het wasgoed en de machine, enz. Maar bij het kiezen van één wasautomaat uit een hele rij mogelijkheden speelt nòg iets mee: wèlke van die factoren vind jíj belangrijk? Met een duur woord: wat zijn jouw *waarden*. Hecht je meer waarde aan een smetteloos witte was, en kan het energiegebruik van het apparaat je niet zoveel schelen? Of kies je juist voor het meest energiezuinige apparaat (en neem je een wat minder witte was op de koop toe)? Zo'n keuze heeft te maken met een verschil in waardeopvatting, met wat je zélf belangrijk vindt. Een ander kan daar heel anders over denken. Maar ook al kies je voor het meest energiezuinige apparaat, dan kunnen er achter die keuze ook nog verschillende waarden zitten. Namelijk: maak je die keuze uit financiële overwegingen (het ding kost minder in het gebruik) of heeft die keuze te maken met bijv. verontrusting over het milieu (produktie van elektriciteit levert luchtverontreiniging, kernafval ...).
Wat zijn jouw waarden achter een keuze?

wasautomaat
Met 15 programma's, inclusief bezuinigingsknop voor de kleine was en een zuiver scheerwolprogramma. Regelbare temperaturen en een 4-vakjes zeeplader. 400 Toeren centrifuge.
Prijs

- Vind je dat je op grond van de gegevens in de tabel een keuze kunt maken voor een bepaalde wasautomaat? Zo nee, welke gegevens zou je dan nog meer willen hebben? Hoe belangrijk zijn die extra gegevens voor jou (zouden ze doorslaggevend zijn bij je keuze)? Welke waarde(n) zit(ten) daar dan achter?

2. HOE ZUINIG IS EEN 'KLEINE-WASJES-PROGRAMMA'?

Soms wordt er in reclame extra nadruk gelegd op bepaalde eigenschappen van een produkt. Bijvoorbeeld een wasautomaat met als extra een 'energiezuinig' 'kleine-wasjes-programma'. Een aantal van de onderzochte wasautomaten (uit activiteit 1) heeft een 'kleine-wasjes-programma' voor de witte was. Daarbij wordt per wasbeurt minder energie en water gebruikt. De onderzoeksresultaten staan in de tabel op pagina 12.

- Bereken van de vier wasautomaten het elektriciteits- en watergebruik per kg wasgoed bij het 'kleine-wasjes-programma'. Vergelijk het resultaat met dat van het normale wasprogramma.

Wordt er bij het 'kleine-wasjes-programma' zuiniger omgesprongen met elektriciteit en water? Zo nee, wat kun je dan beter doen?

- Op welke 'waarde' speelt zo'n extra 'kleine-wasjes-programma' in, denk je?

WASAUTOMATEN BESPARINGSMOGELIJKHEDEN

merk en type	waterverbruik per keer: lading maximum	waterverbruik per keer: „kleine wasjes" lading maximum lading bij	waterverbruik per keer: „kleine wasjes" lading bij	elektriciteitsverbruik per keer: maximum lading bij	elektriciteitsverbruik per keer: „kleine wasjes" lading bij
	kg	kg	liter	liter	kWh	kWh
BAUKNECHT WA 8100	5	3	135	83	2,9	2,5
BLUE AIR LB 150/S	5	3	142	110	3,1	2,6
CANDY M 141 inox	5	3	134	118	3,1	2,9
ERRES RSW 406/87	4,5	2	123	71	2,5	1,7

3.
Als jij een vergelijkend warenonderzoek naar wasautomaten zou moeten uitvoeren, op welke manier zou je dan te werk gaan (wàt ga je meten, hoe ga je dat meten om bijv. de kolommen 'verbruik per keer' en 'witheid in gloeilamplicht' te kunnen invullen)?

4. MET EEN AFWASMACHINE OF MET DE HAND?
In de 'Consumentengids' van oktober 1978 werden de resultaten gepubliceerd van een vergelijkend warenonderzoek naar afwasmachines.

- Ben jij geïnteresseerd in de resultaten van zo'n vergelijkend warenonderzoek naar de kwaliteit van afwasmachines (bijv. omdat zo'n apparaat je wel handig lijkt en je een hekel hebt aan afwassen), of peins je er niet over om zo'n dure energie- en watervreter aan te schaffen?

Welke waarden zitten er achter deze twee mogelijke standpunten?

- Is de uitspraak 'Een afwasmachine is een energie- en watervreter' een feit of een veronderstelling (of een vooroordeel)?

- Om de vorige uitspraak te controleren zou je het afwassen met een afwasmachine en het afwassen met de hand kunnen vergelijken.

Bij het onderzoek van de Consumentenbond bleek, dat de afwasmachines *gemiddeld* per afwasbeurt 2,3 kWh elektrische energie en 56 liter water gebruiken.
Welke gegevens heb je nodig om een afwas met een afwasmachine en een afwas met de hand met elkaar te kunnen vergelijken?

- Vergelijk het afwassen met een afwasmachine en met de hand. Naast je eigen metingen kun je daarbij gebruik maken van de gegevens in het kader op pagina 13.

AFWASMACHINES

merk en type	winkelprijs ca. vrijstaand model	winkelprijs ca. onderbouwmodel	winkelprijs ca. speciaal	afmetingen h × b × d	veiligheid	kapaciteit in standaardcouverts	geluid	programma's (nr. en temp.)	onderzocht programma	verbruik programmaduur	verbruik elektriciteit	verbruik water	max. temperatuur tijdens afwassen	afwassen	drogen	zuinigheid elektriciteits- en waterverbruik	beladingsgemak rekken	bedieningsgemak	schoonmaken zeef	werking	zoutverbruik	totaal testresultaat
	f	f		cm			[4]			uur	kWh	liter	°C								[7]	
AEG Favorit 142	1100	1200		85 × 60 × 60	□	–	14	2-65 1-50		1½ 1¼	2,1 1,7	64 64	63 54	+ +	-	+/□	+	□	+	+	□	redelijk
BAUKNECHT GS 281	880	1100		85 × 59,5 × 63	[illegible]	–	12	2-65 2-55		1½ 1¼	2,6 2,3	67 67	65 56	+ +	+ +	□/–	□	□	□	–	+	redelijk
BOSCH GV S 300	800	950		85 × 60 × 64	+	–	12	2-65		1½	2,8	55	69	+	□	□/–	+	+/□	+/□	–	+	redelijk
BOSCH GV M 500	1150	1250		85 × 60 × 64	+	□	12	2-65 2-50		1½ 1¼	2,5 2,0	45 45	64 47	+ +	– –	+/□	+	+	+	–	+	goed
BOSCH GV M 500 [1]							12	2-65		1½	2,6	53	66	++	+	□						
CANDY D 2.90	800			85 × 60 × 62	[illegible]	– –	12	1 7 [6] 2 speciaal		1½ 1¾ 1	2,5 3,2 2,2	63 71 44	62 62 57	□ +	+ + ...	□	–	–	□	□	□	matig
INDESIT LS 120 LF	500			85 × 59,5 × 62	□	–	12	2-60 1-60 [6] 3-35			2,2 [illegible]	60 67 30	60 60 28	□ + ...	– – ...	□	+	–	+/□	–	+	redelijk tot matig
MIELE G 503 S	1350	1420		85 × 59,5 × 62	[illegible]	□	10	Univ S				[illegible]	65 48	++ +	+ □	+	+	+	+/□	+	□	zeer goed
PHILIPS 2000 SX AAD 012	850			85 × 59,5 × 64	[illegible]	–	12						[illegible]	+	+	–	□	□	□	–		
SIEMENS WG 3800	870	870		85 [illegible]	+	–								□	+	□	+	+	+/□			
SIEMENS WG 4801 (onderbouw-uitvoering															+				+			

– Voor de opwekking van 1 kWh elektrische energie in een elektriciteitscentrale is 0,3 m^3 aardgas nodig.
– Bij het onderzoek naar de afwasmachines bestond de lading van de machines gemiddeld uit 12 'standaardcouverts', aangevuld met 1 'opdieneenheid'.
– Een standaardcouvert bestaat uit 1 soepbord, 1 plat bord, 1 dessertbord, 1 kopje, 1 schoteltje, 1 glas, 1 vork, 1 lepel, 1 mes, 1 dessertlepel en 1 theelepeltje.
– Een opdieneenheid bestaat uit 1 platte schaal, 2 opdienschalen, 1 ronde juskom, 1 dienvork, 2 opdienlepels en 1 juslepel.
– Bevuild met eigeel, spinazie, pap, margarine, thee en tomatensap en dat alles nog eens twee uur lang opgedroogd: zo gingen de standaardcouverts de machine in.

'Een afwasmachine is een energie- en watervreter': is dit een geldig argument | om je tegen de aanschaf van zo'n apparaat te verzetten?

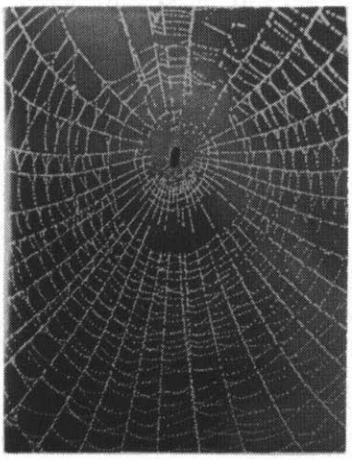
Bij je aktiviteiten rond het onderzoek naar afwasmachines heb je gemerkt wat de beperkingen zijn van een vergelijkend warenonderzoek. Het gaat daarbij om de keuze tussen apparaten van verschillende merken. Maar daaraan gaat een vraag vooraf: wìl je wel zo'n apparaat? En bij die eerste keuze spelen net zo goed 'waarden' een rol.

2.3 DE STERKTE VAN MATERIALEN: EEN TUIBRUGKABEL KIEZEN

vergelijkend warenonderzoek

vergelijkingsgrootheid

Bij een *vergelijkend warenonderzoek* heb je te maken met een vergelijking tussen verschillende apparaten. Je hebt bij zo'n onderzoek te maken met een groot aantal factoren die invloed hebben op het resultaat van de vergelijking. Je moet *vergelijkingsgrootheden* afspreken: het energiegebruik per kg wasgoed bijv. of het wasresultaat. Het eerste is nog vrij gemakkelijk te meten; bij het beoordelen van het wasresultaat wordt het al moeilijker. Een witheidsmeter? Of een aantal mensen die het wasresultaat (subjectief) beoordelen? Maar daarvóór kom je ook al in de problemen: het wasresultaat zou wel eens afhankelijk kunnen zijn van de gebruikte hoeveelheid waspoeder. Wat doe je dan: bij alle wasautomaten evenveel, of een bepaalde hoeveelheid per kg wasgoed, of hou je je aan de door de fabrikant opgegeven hoeveelheid? Dat soort beslissingen kan bepalend zijn voor de uitkomst van het vergelijkend onderzoek.



Ook in 'de natuurkunde' heb je te maken met vergelijkend onderzoek. Naar eigenschappen van materialen bijv. of naar verschillende manieren van verwarming in huis. Ook daar heb je te maken met een groot aantal factoren, die invloed hebben op het resultaat van de vergelijking. Ook daar moet je vergelijkingsgrootheden afspreken. Hoe doe je dat allemaal zo eerlijk mogelijk?
Over die vraag gaat de rest van dit hoofdstuk. Je probeert een antwoord te vinden op de vraag: hoe vergelijk je de sterkte van verschillende materialen?

sterkte

Waarom worden bij een tuibrug dikke staalkabels gebruikt om het brugdek op z'n plaats te houden?
Omdat die kabel sterk moet zijn?
Zoals de kabels van een tuibrug sterk genoeg moeten zijn om het brugdek te dragen, net zo moet een spinneweb sterk genoeg zijn om de spin te dragen.
Maar zijn ze daardoor ook allebei sterk?

In het dagelijkse spraakgebruik kun je met 'sterkte' heel verschillende dingen bedoelen. Een elastiekje moet sterk zijn, wat het moet goed ver kunnen uittrekken zonder te

breken. En de springplank in het zwembad moet sterk zijn, want die moet lekker kunnen doorbuigen en terugveren. Ook een tafel en een stoel moeten sterk zijn, maar juist weer niet teveel doorbuigen, als je er op gaat zitten. Een parketvloer moet sterk zijn, want er mogen geen putjes in komen, als er iets op valt. Trouwens, dat parket noem je ook sterk als het niet te snel slijt.
Dat zijn een paar voorbeelden van situaties, waarin het woord 'sterk' gebruikt wordt, *terwijl er steeds iets anders mee wordt bedoeld*. Dat is in het dagelijks leven geen enkel probleem. Maar wèl in de natuurkunde en de techniek. Daar heeft het woord 'sterkte' maar één betekenis. Want bij onderzoek naar de eigenschappen van materialen en bij het kiezen van een materiaal voor een bepaalde toepassing (de tuikabel van een brug bijv.) moet je precies weten wat er met 'sterkte' bedoeld wordt. Voor de andere eigenschappen van materialen worden andere woorden gebruikt, zoals: hardheid, elasticiteit, buigzaamheid.

1.

- In een aantal zinnen hierboven werd het woord 'sterk' in verschillende betekenissen gebruikt. In welke van die zinnen werd eigenlijk 'hardheid' bedoeld? In welke 'elasticiteit'? En in welke 'buigzaamheid'?
- Welke betekenis heeft het woord 'sterkte' in de natuurkunde en de techniek, denk je?

eerlijk vergelijken

Wat is 'sterkte' van materialen? *Sterkte* heeft iets te maken met de kracht, die nodig is om het materiaal te laten breken, als je er (aan twee kanten) aan *trekt*. Het gaat dus om *trekkrachten*.
Is plastic sterker dan ijzer? En is ijzer sterker dan touw? Op de eerste vraag ben je snel geneigd met 'nee' te antwoorden. En op de tweede met 'ja'.

2.

- Welke kritiek kun je hebben op de twee vragen hierboven en op de antwoorden?
- Hoe zouden de twee vragen hierboven moeten luiden volgens jou?
- Welke factoren hebben (dus) volgens jou invloed op de grootte van de kracht waarbij een draad breekt?
- Op welke manier zou je het verband tussen elk van die factoren afzonderlijk en de kracht waarbij een draad breekt onderzoeken?

Als de dikte (of de doorsnede) van een draad invloed heeft op de kracht die nodig is om de draad te laten breken (de sterkte dus), dan zou een dikke plastic staaf wel eens sterker kunnen zijn dan een dunne ijzerdraad. De vraag of plastic sterker is dan ijzer kun je niet beantwoorden: de vraag deugt niet.
Hoe vergelijk je dan de sterkte van materialen?
Je kunt als vergelijkingsgrootheid voor de sterkte van materialen best de kracht nemen, waarbij een draad breekt (tenminste voorlopig). Maar: dan moet je wel draden nemen met dezelfde dikte (of doorsnede), vorm, lengte ... . Met draden van gelijke afmetingen en vorm, maar van verschillend materiaal kun je een onderzoek naar de sterkte van verschillende materialen uitvoeren: hoe groter de kracht die nodig is om de draad te laten breken, hoe sterker het materiaal.
Maar: hàngt de kracht waarbij een draad breekt wel af van de dikte (of doorsnede), vorm en lengte? En: hoe onderzoek je dat?

MEETPLAN

Bij een onderzoek maak je een meetplan. In zo'n meetplan staan
– de vragen waarop je met het onderzoek een antwoord zoekt: de werkvragen;
– welke metingen er verricht moeten worden, in welke volgorde en onder welke omstandigheden om een antwoord te krijgen op de werkvragen.

Bij het onderzoek naar de sterkte van materialen kan één van de werkvragen zijn: hoe hangt de trekkracht waarbij een draad breekt, af van de doorsnede van de draad?
Een antwoord op die werkvraag vind je door de doorsnede van de draad te variëren (je neemt draden met verschillende (gemeten!)

3. DE STERKTE VAN EEN DRAAD METEN

- Maak een meetplan voor een onderzoek naar het verband tussen de trekkracht waarbij een draad breekt en
  – de doorsnede (= het *oppervlak* van de dwarsdoorsnede van de draad);
  – de lengte van de draad;
  – het draadmateriaal.

Bespreek het meetplan met de hele klas en probeer het met elkaar eens te worden over de opzet van het onderzoek. Probeer tot een taakverdeling te komen (welke groep onderzoekt wat?).

- Denk, voordat je met meten begint, eerst eens na over het meetresultaat dat

doorsnede) en de trekkracht, waarbij deze draden breken, te meten.
Bij dit onderzoek moet je steeds draden van gelijke lengte, gelijke vorm en van hetzelfde materiaal gebruiken. (Waarom?)

Voor de onderzoeken naar de invloed van de lengte van de draad en het draadmateriaal kun je een soortgelijk meetplan opstellen.

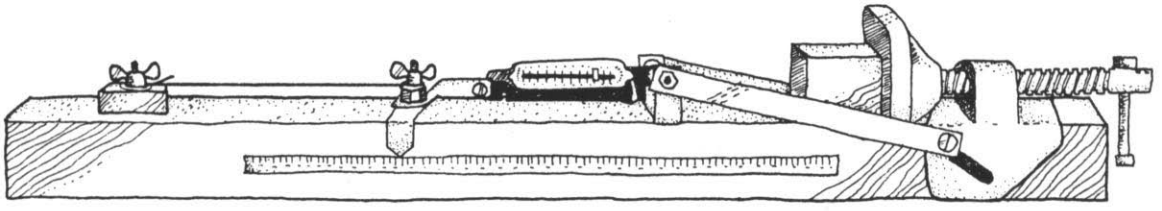
je *verwacht*. Schrijf deze *veronderstellingen* (hypothesen) over de uitkomsten van het onderzoek op (bijv. in de vorm van: 'Hoe groter de doorsnede van de draad, hoe ... (wat denk je?) de kracht waarbij de draad breekt als lengte, draadmateriaal en vorm van de draad steeds hetzelfde zijn').

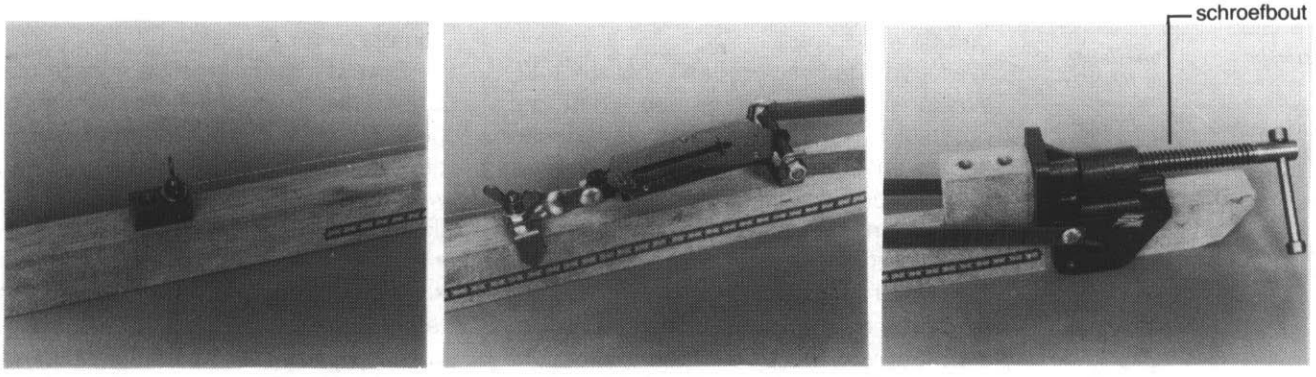
- Ga aan de slag met je onderzoek.

(Over de meetopstelling vind je in het kader hieronder informatie.)
Schrijf de meetresultaten duidelijk op, in een tabel en/of diagram bijv. (Over hoe je een diagram tekent vind je informatie in bijlage 1.)

- Rapporteer kort over de resultaten van je onderzoek aan je klasgenoten.

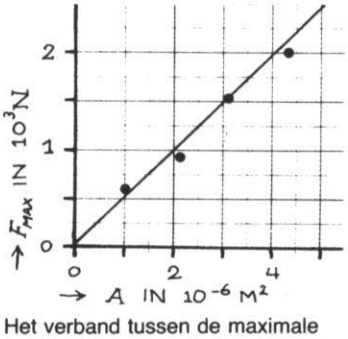
TREKAPPARAAT
Bij het onderzoek naar de sterkte van een draad, gebruik je het apparaat dat hieronder is afgebeeld.





Bij dit apparaat kun je, door aan een schroefbout te draaien, de kracht op de draad *geleidelijk* groter maken. De grootte van die kracht kun je steeds aflezen op de veerunster. Let goed op bij welke kracht de draad breekt.

- Welk verband bestaat er tussen de kracht waarbij een draad breekt en de doorsnede ervan? Klopt dat met je veronderstelling?
Kun je over dat verband nog iets méér zeggen dan: 'Als dit groter wordt, dan wordt dat ook groter'? (Bijv. iets als: 'Als de doorsnede 2 maal zo groot is, wordt de kracht waarbij de draad breekt ... maal zo ...'.)
- Welk verband bestaat er tussen de kracht waarbij een draad breekt en de lengte ervan? Had je dat verwacht?



Het verband tussen de maximale trekkracht op een staaldraad en de draaddoorsnede.

treksterkte

We bekijken nu de afhankelijkheid tussen de doorsnede en de kracht waarbij de draad breekt eens wat nauwkeuriger.
In het diagram zie je het verband tussen maximale trekkracht (F_{max}) en draaddoorsnede (A) getekend voor een staaldraad. Het verband tussen die grootheden is *lineair*: een rechte lijn door de 'oorsprong' van het diagram. (Bij wiskunde heet zo'n verband een *recht evenredigheid*.)
Uit het diagram kun je aflezen dat bij een 2 maal zo grote doorsnede een 2 maal zo grote maximale trekkracht hoort. En als de doorsnede 3 maal zo groot is, wordt de maximale trekkracht ook 3 maal zo groot.
Dit 'mooie' verband tussen maximale trekkracht en draaddoorsnede kun je gebruiken

om een 'betere' vergelijkingsgrootheid voor de sterkte van materialen af te spreken. Als je de maximale trekkracht deelt door de bijbehorende draaddoorsnede, krijg je (bij hetzelfde draadmateriaal) steeds dezelfde uitkomst (kijk zonodig maar in bijlage 2):

$$\frac{\text{maximale trekkracht}}{\text{draaddoorsnede}} = \text{constante}$$

$$\frac{F_{max}}{A} = \text{constante}$$

treksterkte

Die constante noem je de *treksterkte* (symbool: σ, de Griekse letter sigma).
Dus:

$$\frac{F_{max}}{A} = \sigma$$

4. EEN MAAT VOOR STERKTE

• Je vergelijkt twee draden van verschillend materiaal (staal en koper) met gelijke doorsnede op sterkte. De koperdraad breekt bij een kleinere trekkracht dan de staaldraad.
Welke van de twee draden is het sterkst?
Welke van de twee draden heeft de grootste treksterkte (volgens de formule hierboven)?
Kun je dus de treksterkte als een maat (vergelijkingsgrootheid) voor de sterkte van materialen gebruiken? Welke eenheid heeft de grootheid treksterkte?

• Wat is het voordeel van de treksterkte als maat voor de sterkte van materialen in vergelijking met de maximale trekkracht? (Denk eens goed na over de vraag hoe je gegevens over de sterkte van materialen in bijv. een tabellenboek zou opnemen.)

• Bereken de treksterkte van de materialen, die je in aktiviteit 3 onderzocht hebt. Vergelijk jouw waarden met die in de tabel hiernaast. Hoe groot zijn de afwijkingen tussen jouw waarden en de officiële waarden in de tabel?

• Waarom komt in de maat (vergelijkingsgrootheid) voor de sterkte van materialen de *lengte* van de draad niet voor?

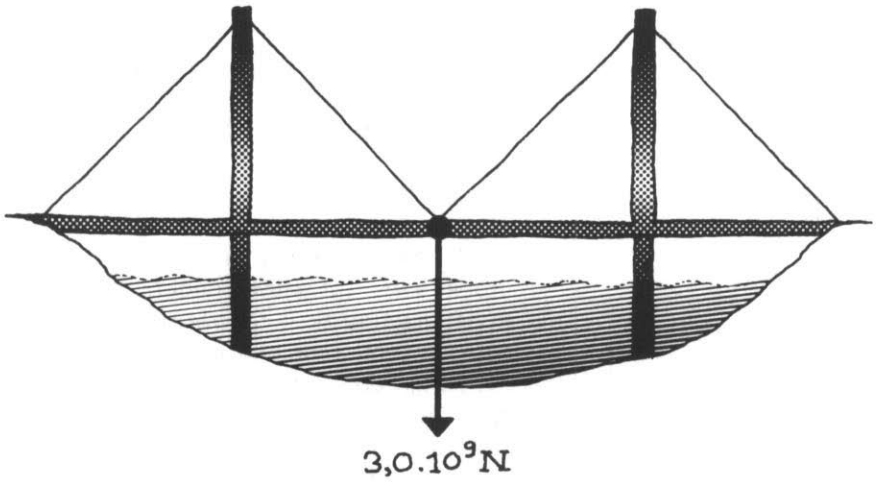
DE TREKSTERKTE VAN ENKELE METALEN

materiaal	*treksterkte in 10^8 N/m^2*
constructiestaal	*3,5 – 4,0*
chroomnikkelstaal	*8,5 – 11,0*
aluminium	*1,0 – 1,7*
koper	*2,2 – 4,2*
messing	*3,4 – 4,8*

5. EEN TUIBRUGKABEL KIEZEN

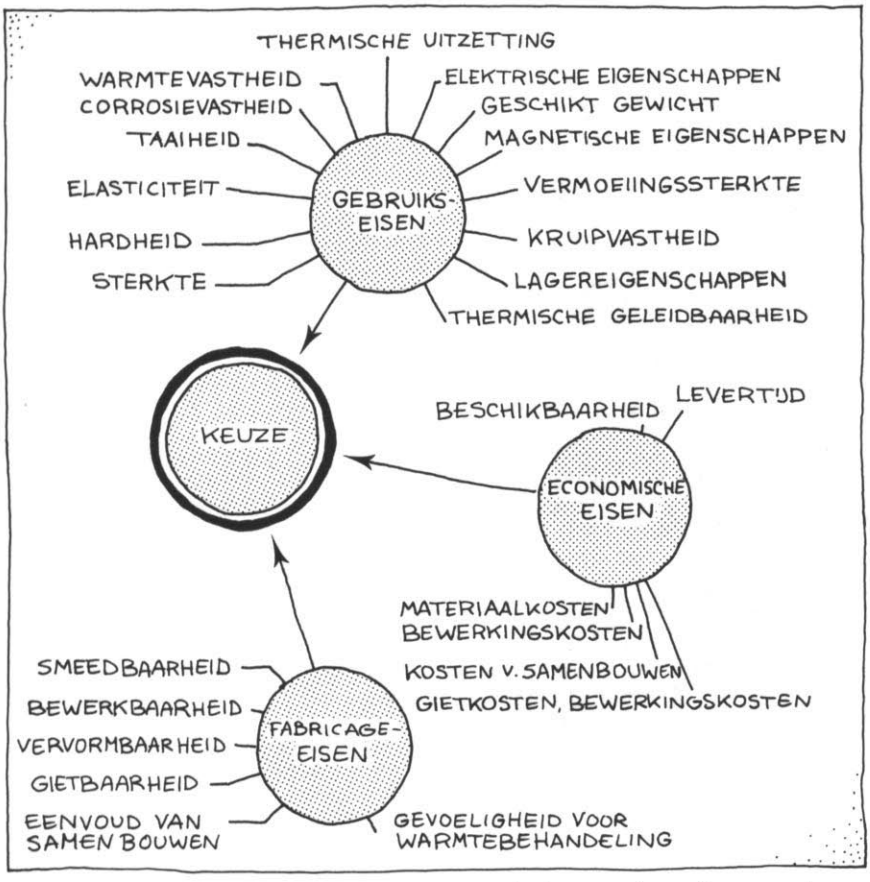
• Bij een tuibrug moeten de kabels het brugdek dragen. Bij het ontwerpen is berekend dat er in het midden van de brug een kracht van $3{,}0.10^9$ N opgevangen moet worden door de kabels.

Toon aan (door meting en constructie in de hieronder afgebeelde ontwerptekening van de brug), dat elke kabel belast wordt met een kracht van $2{,}1.10^9$ N.



Welk materiaal zou jij kiezen voor de tuikabels? En hoe groot moet de doorsnede van die tuikabels dan minstens zijn? Waarom *minstens*?

• Je hebt je antwoord hierboven waarschijnlijk alleen gegeven op grond van de *materiaaleigenschap* sterkte. Maar er zijn meer factoren, die een rol spelen bij het kiezen van een materiaal voor een bepaalde toepassing. Kijk maar eens in het plaatje hiernaast.

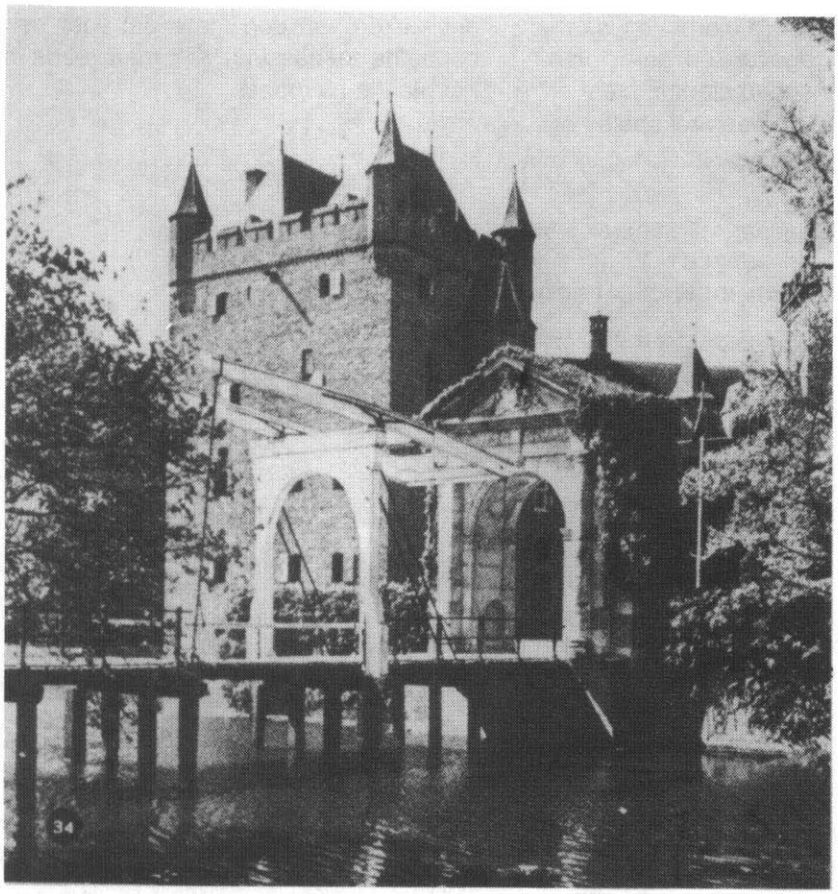


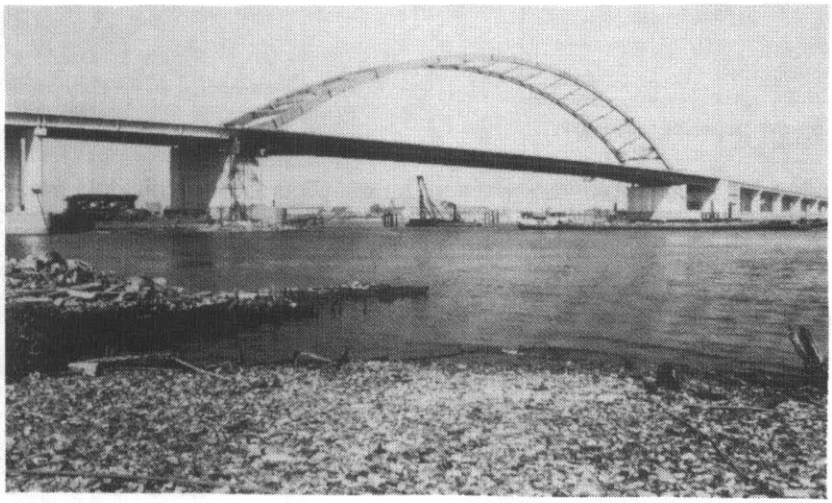
Factoren die een rol spelen bij de keuze van een materiaal voor een bepaalde toepassing.

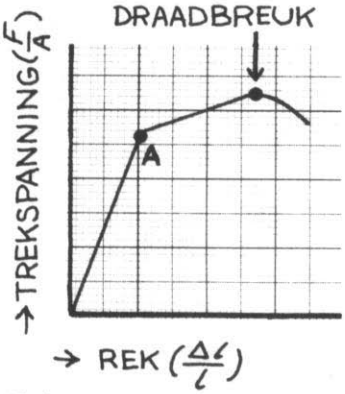
Welke andere factoren zullen volgens jou een rol spelen bij de keuze van het materiaal voor de tuikabel van een brug? Geef daar argumenten voor.

• Zouden er nog andere zaken dan gebruikseisen, economische eisen en fabricage-eisen een rol spelen bij de keuze van het materiaal voor de tuikabels van een brug? (Zouden daarbij ook 'waarden' – geen meetwaarden, maar persoonlijke waarden, dingen die je belangrijk vindt – een rol spelen?)

• En bij de keuze van het *soort* brug: zouden daarbij 'waarden' een rol spelen?







Trekspanning – rek – diagram.

6. TREKSTERKTE EN BLIJVENDE VERVORMING IN CONSTRUCTIES

Het idee, dat je bij aktiviteit 5 een veilige brug ontworpen hebt, is niet juist. Want lang voordat de kabel breekt is die al blijvend vervormd. En dat is in veilige constructies niet toegestaan!

In het diagram hiernaast is de trekspanning in een kabel uitgezet tegen de rek ervan. Trekspanning is de kracht op de kabel, gedeeld door de doorsnede ervan. Rek is de uitrekking van de kabel, gedeeld door de lengte ervan. In constructies mogen kabels niet verder belast worden dan tot punt A in het diagram. Tot aan dat punt is de uitrekking elastisch: als de kracht verdwijnt krijgt de kabel zijn oorspronkelijke lengte terug. Voorbij punt A is de uitrekking plastisch: als de kracht verdwijnt blijft de kabel langer dan hij oorspronkelijk was. Deze plastische (blijvende) vervorming is gevaarlijk in constructies.

- Kun je met behulp van het trekspan-

Je kunt een trekspanning-rek-diagram zelf opmeten met behulp van het trekapparaat dat je al eerder gebruikt hebt.
Maak eerst een meetplan.

ning-rek-diagram uitleggen waarom plastische (blijvende) vervorming gevaarlijk is in constructies?

- Kun je in het diagram de waarde van de treksterkte van het materiaal aangeven?
- Kun je nu uitleggen waardoor het bepalen van de doorsnede van tuikabels van een brug met behulp van de treksterkte (zie aktiviteit 5) van het materiaal nogal gevaarlijk is?

2.4 VERGELIJKEN

Het meten van de remweg bij een remblokjestest.

LEREN MÈT EN VAN ELKAAR

Je werkt met een groep aan één van de drie keuze-onderwerpen. Bij dat zelfstandig werken moet je op een paar dingen letten.
– Overleg goed met elkaar over een werkplan: hoeveel tijd heb je voor het keuze-onderwerp, wat ga je in welke volgorde in die tijd doen?
– Als je besluit tot het maken van een taakverdeling binnen de groep: wìe gaat wàt doen, en hoe zorg je ervoor dat iedereen in de groep op de hoogte komt van wat iedereen gedaan/gevonden heeft?
– Welke apparatuur heb je nodig voor de gekozen onderzoeken? (Het kost nogal wat tijd als je maar heen en weer blijft lopen met steeds weer nieuwe apparatuur.)

Na het zelfstandig werken aan één van de drie keuze-onderwerpen breng je je medeleerlingen in een rapportage op de hoogte van het verrichte werk. Zorg ervoor, dat je in je werkplan voldoende tijd inruimt voor het voorbereiden van deze rapportage.
Zo'n rapportage heeft alleen zin als je medeleerlingen er iets van kunnen leren. Dat stelt eisen aan de inhoud en de vorm van de rapportage. Aan het slot van elk keuze-onderwerp vind je wat aanwijzingen voor het houden van een duidelijke rapportage.

Vergelijken is vaak een onderdeel van het onderzoek in de natuurkunde. Vergelijken van materiaaleigenschappen: sterkte, elektrische geleidbaarheid, warmte-isolatie bijv. Vergelijken van verwarmingssystemen in een woning. Van het brandstofgebruik van een auto bij verschillende snelheden, van de verschillende soorten remblokjes voor de velgremmen van een fiets. Bij zo'n vergelijking moet je eerst een vergelijkingsgrootheid kiezen (remweg bijv.) en die duidelijk omschrijven of definiëren.
Dan ga je na welke factoren invloed kunnen hebben op de lengte van de remweg. (Welke zijn dat, denk je?)
Bij je onderzoek neem je dan steeds verschillende remblokjes en je meet de remweg, waarbij je alle andere factoren die invloed (kunnen) hebben op de remweg (dus: ...) steeds hetzelfde laat. Want ga je die óók veranderen, dan wordt het behoorlijk onduidelijk of de korte remweg (die je bij een bepaald remblokje meet) veroorzaakt wordt door het remblokje of door ... de lagere snelheid, de zand- in plaats van de asfaltweg, het harder knijpen in de handrem?
Vergelijken doe je dus *eerlijk*.

Eerlijk vergelijken is lastig. Dat moet je leren. En er zit ook nog meer aan vast dan wat je er tot nu toe van meegemaakt hebt.
Om wat meer vat te krijgen op *eerlijk vergelijken* kun je nu kiezen uit één van de drie volgende onderwerpen:
– het vergelijken van het remvermogen van verschillende soorten remmen op een fiets en van de zichtbaarheid van fietsers in het donker (hoofdstuk 3: *veilig fietsen*);
– het vergelijken van het warmte-isolerend vermogen van bouwmaterialen (hoofdstuk 4: *warmte-isolatie in woningen*);
– het vergelijken van de elektrische geleidbaarheid en warmteontwikkeling in de verschillende onderdelen van de elektriciteitscentrale bij je thuis (hoofdstuk 5: *elektriciteit in huis*).

Snuffel deze hoofdstukken eens door, lees er hier en daar wat uit en maak een keuze voor één van de drie onderwerpen. Denk na over de argumenten die je hebt, om juist dàt onderwerp te kiezen.

hoofdstuk 3

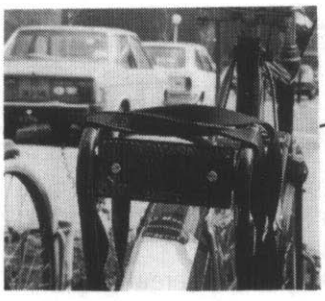
VEILIG FIETSEN

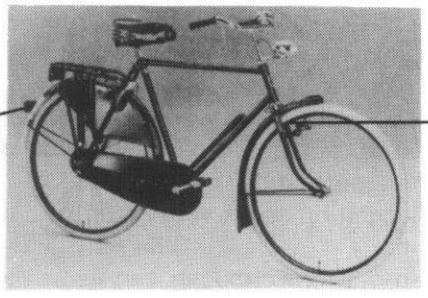
inhoud blz.

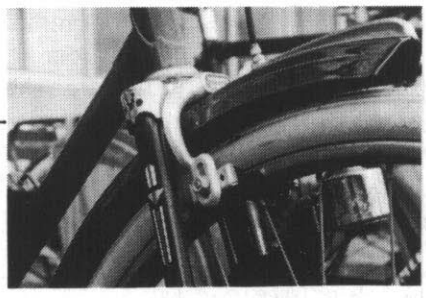
3.1	geschiedenis van de fiets	21
3.2	remmen	22
3.3	zichtbaarheid	27
3.4	veilig fietsen	31

veilig fietsen

De fiets is uniek onder de vervoermiddelen door zijn onvoorstelbaar laag energiegebruik: 0,6 J per gram per kilometer of zo'n 1:400 als je het in km per liter benzine zou omrekenen. Met de twee 'uitvindingen' waarop de fiets gebaseerd is, het wiel en de





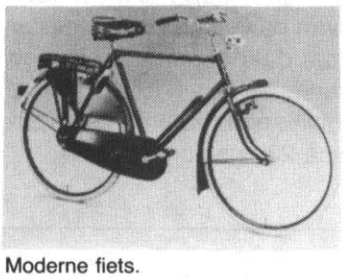


hefboom, zorgt de fiets voor een zeer efficiënt gebruik van de menselijke energie. Maar een fiets heeft ook z'n nadelen. Eén daarvan is de grote kwetsbaarheid in het moderne snelverkeer. Over de veiligheid van de fiets gaat dit hoofdstuk.
Welke soort remmen zijn het best? Hoe vergroot je de zicht- en herkenbaarheid, als je in het donker fietst?
Dat zijn belangrijke aspecten bij het kopen (en onderhouden) van een fiets.

3.1 GESCHIEDENIS VAN DE FIETS

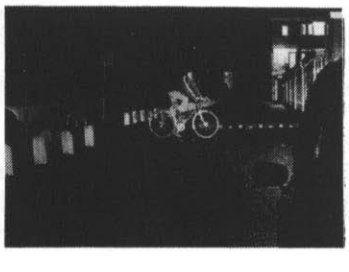
Loopfiets.

Vélocipède met groot voorwiel.



Moderne fiets.

Een uitstekend overzicht van de ontwikkeling van de fiets is te vinden in het Batavus Museum *in Heerenveen.*
En als je eens in Londen terecht komt: het Science Museum *heeft een grote collectie, en niet alleen fietsen ... .*



Rond 1817 ontwierp de Duitse baron Freiherr von Drais zu Sauerbrun de eerste bestuurbare voorloper van de fiets. Zijn *loopmachine, draisine* of *hobby horse* werd door 'steppen' met beide benen in beweging gebracht. Een loopfiets dus, met als voordeel, dat je kon zitten terwijl je liep.
Loopfietsen werden in de volgende vijftig jaar vrijwel onveranderd nagebouwd. Slechts enkele vindingrijke constructeurs en knutselaars experimenteerden met verbeteringen. De Duitser Philipp-Moritz Fischer bijv., die pedalen monteerde op de vooras van de draisine. De loopfiets werd zo een trapfiets.
Deze vindingen waren geen groot commercieel succes. (Heb je enig idee waardoor niet?)
Dat werd anders met de vélocipède, geconstrueerd door Pierre en Erneste Michaux uit Parijs. De eerste vélocipèdes hadden voorwielen van 90 cm diameter; later werd het voorwiel steeds groter gemaakt.

De ontwikkeling van de fiets werd in de jaren 80 van de vorige eeuw (zo'n *honderd* jaar geleden dus) afgesloten door de Engelsman John Kemp Starley. Zijn *Rover safety bicycle* (1885) had praktisch alles wat we vandaag kennen: de bekende framevorm, kettingaandrijving op het achterwiel, kogellagers. Alleen voor luchtbanden was het nog een paar jaar te vroeg. In 1888 kwam John B. Dunlop met de luchtband (die zo'n veertig jaar eerder ook al ontwikkeld was, maar in de 'vergeethoek' was beland). Fietsen werd nu licht en comfortabel.
Zelfs het freewheel, de velgrem, de dynamo en de voorloper van de derailleur werden nog voor het einde van de 19e eeuw ontwikkeld.

Natuurlijk is er sinds het einde van de 19e eeuw nog wel wat aan de fiets veranderd. Ontwikkelingen in de materiaaltechnologie maakten de fiets lichter en sterker. Verbeteringen van details, zoals de derailleur, de remmen en de vormgeving hebben de fiets sinds de eeuwwisseling aanmerkelijk veiliger en doelmatiger gemaakt.
Maar ook nu is er nog wel iets aan de fiets te verbeteren: de remmen en verlichting bijvoorbeeld.
Een andere zaak is het zogenaamde 'dode punt' in de pedaalaandrijving. Als de trapper in de hoogste positie staat, kun je er verticaal zo hard op drukken als je wilt: er gebeurt niets, de op de wielen overgebrachte kracht is nul. Naarmate de trapper verder draait (over 90°) wordt de overbrenging van de kracht efficiënter, maar bij verder draaien neemt dat weer af tot nul in de laagste positie van de trapper. Bij een gelijkmatiger overbrenging zou een hogere snelheid bereikt kunnen worden bij dezelfde trapkracht.
Daarnaast wordt door fietsconstructeurs gezocht naar een lichtgewicht versnellingsautomaat, die 'vanzelf' de snelheid aan het terrein en de kracht van de fietser aanpast.
De fiets is dus nog lang niet 'af'.

1.

- Wat was het grote voordeel van de grote afmeting van het voorwiel bij de vélocipède, waardoor deze fiets een groot succes werd?
- Welke techniek zou later ontwikkeld worden om hetzelfde effect te bereiken? Welke voordelen heeft het huidige fietstype boven die eerste vélocipèdes?

2.

Waarom kreeg de door Starley ontwikkelde fiets de naam 'veiligheidsfiets', denk je?

3.

'Uitvindingen' uit het verleden worden vaak aan één persoon toegeschreven; bijv. James Watt als uitvinder van de stoommachine. Onterecht vaak. Beargumenteer dat 'de fiets' eigenlijk nooit is uitgevonden.

remmen en zichtbaarheid

De fiets kent een aantal veiligheidsvoorzieningen, zoals remmen, verlichting en reflectoren. Bij de volgende twee onderzoeken ga je je daarop concentreren. Welke soorten

remmen zijn er, welke remmen het best onder verschillende omstandigheden? Hoe zichtbaar ben je voor andere verkeersdeelnemers in het donker, welke manieren zijn er om de zichtbaarheid te vergroten (naast je fietsverlichting), welke materialen, kleuren enz. zijn dan het beste?

3.2 REMMEN

Terugtraprem.

Velgrem.

Trommelrem.

MEETPLAN

Denk bij het opstellen van je meetplan aan de volgende punten.
- *Wat is je werkvraag?*
- *Welke grootheid verander je; hoe doe je dat?*
- *Welke grootheden meet je; hoe doe je dat?*
- *Welke grootheden hou je constant; hoe doe je dat?*

1. REMSOORTEN VERGELIJKEN

Bij een vergelijking van het remvermogen van verschillende soorten remmen (terugtraprem, velgrem en trommelrem) kun je de lengte van de remweg bij zo hard mogelijk remmen als vergelijkingsgrootheid nemen. Vaak slipt het wiel daarbij over de weg. De kortste remweg krijg je meestal als je net zó hard remt, dat het wiel nèt niet slipt. Maar daar denk je meestal niet aan, als er iemand vlak voor je de weg op schiet.

We nemen dus de remweg bij zo hard mogelijk remmen om de kwaliteit van verschillende soorten remmen te vergelijken.

- Probeer de drie soorten remmen eens in te delen naar remvermogen. (Welke soort rem remt het best en welke het slechtst, denk je?)
- Welke grootheden en omstandigheden zullen invloed hebben op de lengte van de remweg? Op welke manier moet je dan te werk gaan als je de lengte van de remweg als (eerlijke) vergelijkingsgrootheid voor het remvermogen van verschillende soorten remmen wilt gebruiken?
- Maak een meetplan en zoek drie fietsen bij elkaar met verschillende soorten remmen. Voer het vergelijkend onderzoek uit (buiten).

Welke soort rem is volgens het onderzoek het best? En welke het slechtst?

- Vergelijk jouw onderzoeksresultaten met die uit het hieronder afgedrukte stukje uit een onderzoeksrapport over de kwaliteit van sport- en toerfietsen ('De Consumentengids', juni 1982). Kom je tot eenzelfde conclusie, of heb je andere resultaten?
- Bij je onderzoek heb je het remvermogen van verschillende soorten remmen vergeleken onder omstandigheden, die voor alle drie soorten dezelfde zijn. Maar behalve een eventueel verschil in remvermogen zijn er nog wel meer vóór- en nadelen van de verschillende soorten remmen. Praat daar eens over met bijv. een rijwielhandelaar en vul daarna zo volledig mogelijk een tabel in, zoals bovenaan pagina 23 is weergegeven.

Terugtraprem alleen onvoldoende

Een ander punt waarover we niet te spreken zijn, is de terugtraprem. Volgens de wet moet een fiets tenminste één goed werkende rem hebben, maar wat "goed" is wordt niet verduidelijkt. Volgens de Duitse norm moet een fietser die 25 km per uur rijdt binnen $5^1/_2$ m kunnen stilstaan. (Aangenomen dat fiets plus berijder 100 kg wegen.) In onze test haalden we de $5^1/_2$ m in de verste verte niet; het beste resultaat was 9 m. Met de Sparta Populair, die standaard een velgrem op het voorwiel heeft, haalden we bij droog weer met beide remmen tegelijk bijna de Duitse eis. Maar bij nat weer liet de velgrem het afweten. Voor een eerlijke vergelijking hebben we van alle fietsen alleen de terugtraprem beoordeeld.

De Kalkhoff Grand Sport springt eruit: die heeft als enige een Shimano-remnaaf, waarvoor maar ongeveer de helft van de pedaaldruk nodig is van die bij andere fietsen (met Torpedo- of Favoritnaaf) om dezelfde remweg te halen. Een tip: probeer zo te remmen dat het achterwiel net niet blokkeert, dan is iedere rem het effectiefst. Met een geblokkeerd wiel slijt de band harder, wordt de remweg langer en loopt u bovendien het risico in een slip te raken, vooral op een natte weg.

Een nog betere tip: neem geen fiets met alleen een terugtraprem. Velgremmen op beide wielen zijn veel beter, als er tenminste goede remblokjes ("regenblokjes") in zitten.

Trommelremmen zijn misschien nog beter dan velgremmen, maar ook aanzienlijk duurder

remsoort	voordelen	nadelen
terugtraprem		
velgrem		
trommelrem		

- Schrijf met behulp van de door jou verzamelde voor- en nadelen (uit een tabel zoals hierboven) een aantal punten op, die belangrijk zijn bij het kiezen van de soort rem op een fiets. Vergelijk op elk van die punten, in een tabel zoals hieronder is weergegeven, de verschillende soorten remmen door ze 'cijfers' (1, 2, 3) te geven.

remsoort	remvermogen				
terugtraprem					
velgrem					
trommelrem					

- Welke soort rem zou jij kiezen, als je een fiets zou willen kopen? Welke argumenten heb je daarvoor?

2. REMBLOKJES VERGELIJKEN

In het stukje uit 'De Consumentengids' op de vorige bladzijde heb je kunnen lezen, dat bij nat weer veel velgremmen het laten afweten.

- Van welke grootheden en omstandigheden zal het remvermogen van een velgrem afhangen? (Je kijkt dus alleen naar de rem zelf, niet naar grootheden/omstandigheden die invloed hebben op de remweg, zoals de massa van fiets en berijd(st)er, soort weg, rijsnelheid e.d.)
- Hoe zou je het remvermogen van verschillende soorten/maten remblokjes (eerlijk) kunnen vergelijken? Heeft het soort materiaal invloed op het remvermogen? Zijn remblokjes met profiel beter voor remmen bij nat weer?

Hoe ziet je meetopstelling voor zo'n onderzoek eruit? Welke metingen ga je doen? En hoe? Hoe ga je uit je meetresultaten conclusies trekken?

In het kader staan een paar tips voor de uitvoering van dit onderzoek, als je er zelf niet (helemaal) uitkomt.

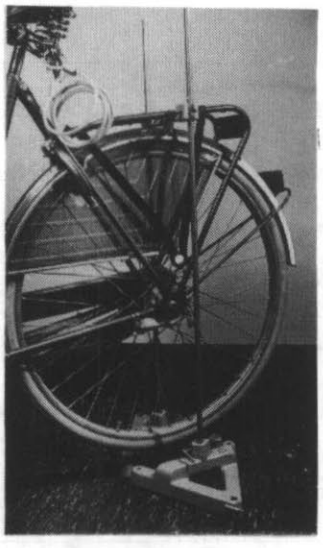
REMBLOKJES

Weinig remblokjes goed

TEST

ONDERZOEK REMBLOKJES

Je kunt het remvermogen van verschillende remblokjes onderzoeken via meting van de remweg, net als in het vorige onderzoek. De tips voor het onderzoek hieronder gaan echter uit van een 'laboratorium-situatie'. Daar heb je de grootheden/omstandigheden, die voor een eerlijke vergelijking niet mogen veranderen tijdens het onderzoek, vaak wat beter in de hand.



Eén van de mogelijkheden om het onderzoek aan te pakken is om de fiets zó op te stellen, dat het achterwiel vrij kan draaien.

– Hoe zorg je voor steeds dezelfde remkracht?

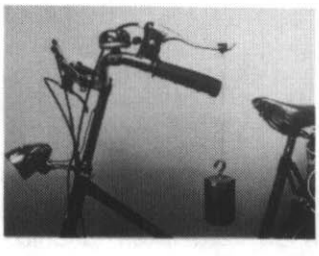
Eén mogelijkheid is het belasten van de remhandle aan het stuur zoals op de foto hieronder. Je kunt ook met behulp van een 'afstandsblokje' er voor zorgen, dat je de remhandle steeds even ver inknijpt. Welke van de twee manieren lijkt je het meest geschikt (het eerlijkst)? Welke argumenten heb je daarvoor?

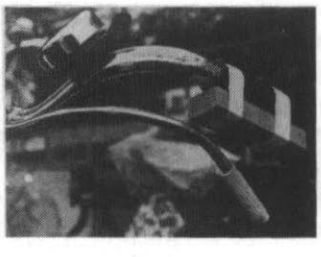
– Hoe meet je het remvermogen?

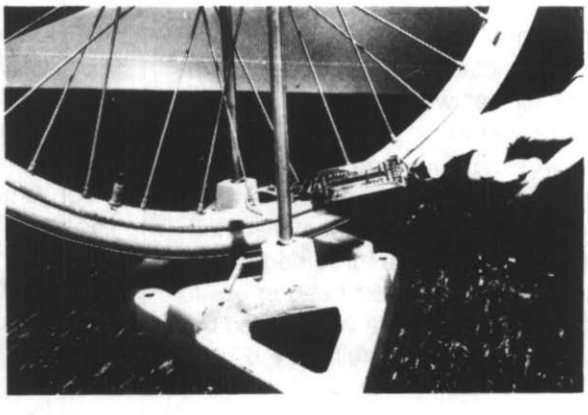
Je zou met behulp van een veerunster kunnen meten hoe groot de kracht is, die je nodig hebt om het achterwiel in beweging te krijgen (door de veerunster direkt aan het achterwiel te koppelen of indirekt via een trapper).

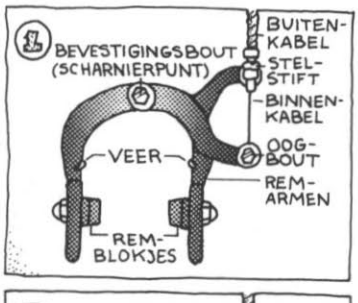
– Door met een spuitfles water tegen de velg te spuiten kun je natte weersomstandigheden nabootsen.

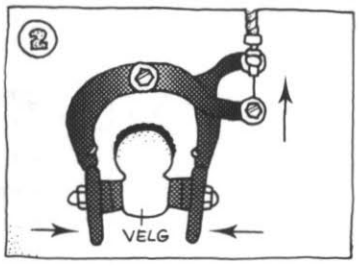
– Het verwisselen van de remblokjes is iets, dat je even moet oefenen. Let op een juiste stand van de remblokjes ten opzichte van de velg. Let er ook op dat sommige remblokjes *niet* op *aluminium*-velgen gebruikt mogen worden vanwege kans op beschadiging van de velg.











• Welke resultaten levert je onderzoek op?

Vergelijk jouw onderzoeksresultaten met die uit het op pagina 25 afgedrukte stukje uit een onderzoeksrapport over de kwaliteit van remblokjes ('De Consumentengids', juni 1982).

Kom je tot dezelfde conclusies, of heb je andere resultaten? Waar zouden eventuele andere resultaten door verklaard kunnen worden?

• Wat zijn volgens jouw onderzoek de best remmende blokjes voor fietsen met velgremmen?

Velgremmen doen bij nat weer bijna niets. Behalve met de vijf remblokjes die in een breed internationaal onderzoek met "goed" werden beoordeeld en die ook in de regen ongeveer even goed remmen als een terugtraprem. Omdat velgremmen meestal op voor- èn achterwiel worden toegepast, verkiezen wij velgremmen met goede blokjes boven een enkele terugtraprem.

Het blijft overigens diep treurig dat er met het merendeel van de geteste remblokjes in de regen geen houden aan is.

Bij aankoop van een fiets valt er wat remmen betreft weinig te kiezen: de vanouds bekende Hollandse toerfiets heeft bijna altijd een terugtraprem, en supersport- en racefietsen hebben vrijwel allemaal velgremmen. Bij sportfietsen zoals door ons getest (zie pagina 280) valt echter meestal te kiezen tussen terugtrap-, velg- en trommelremmen. Een terugtraprem is het goedkoopst, velgremmen zijn iets duurder en trommelremmen veel duurder.

Fietsen met velg- of trommelremmen hebben die op het voor- èn het achterwiel. Een achterrem is altijd minder effectief, omdat een achterwiel tijdens remmen minder gewicht draagt. Fietsen met alleen een terugtraprem, te weten in het achterwiel, zijn dus in het nadeel en hebben zelfs minder dan de helft remvermogen dan fietsen met trommelremmen of velgremmen met goede remblokjes. Wat ons betreft gaat de keus dus tussen velg- en trommelremmen, waarbij velgremmen goedkoper zijn.

Sommige blokjes doen het op aluminium velgen goed, maar op stalen of verchroomde velgen minder, of omgekeerd (zie de tabel met testresultaten). Let daar op als u nieuwe gaat kopen. Vervanging is nodig als er slechte blokjes op uw fiets zitten en u betere wilt, of als de metalen houders waar de blokjes in zitten, de velg gaan raken.

Profiel niet beter dan glad

Veel fabrikanten hebben noppen of profielen op hun blokjes aangebracht, die het water van een natte velg moeten afvoeren en de remwerking verbeteren. Dat dit de oplossing zou zijn voor het probleem van slecht remmen bij regen, is uit ons onderzoek niet gebleken. Van de vijf goede remblokjes zijn er drie helemaal glad. Kennelijk is de materiaalsoort van de blokjes voor een goede remwerking belangrijker dan de noppen of de profielen.

REMBLOKJES

MERK EN TYPE	PRIJS PER SET	AFMETINGEN l x b	REMEFFECT IN COMBINATIE MET ALUMINIUMVELG	REMEFFECT IN COMBINATIE MET CHROOM/STAAL VELG
	f	mm		
ALTENBURGER	1,00	34 x 13	-	-
ALTENBURGER	1,50	35 x 12	□	-
ALTENBURGER *SUPER STOP*	3,20	35 x 13	- - - [3]	+
BREVETTE *2000*	2,00	40 x 12	-	-
BRIDGESTONE	4,00	42 x 14	+	+
CAMPAGNOLO	5,00	40 x 11	-	-
FIBRAX *292*	2,95	36 x 13	-	□
FIBRAX *SH 300*	9,75	40 x 12	+	+
HEMA [1]	2,75 [2]	35 x 11	□	□
MAFAC	2,00	45 x 11	□	-
RALEIGH *RAINCHECK*	6,00 [2]	45 x 12	□	+
SHIMANO *TOURNEY*	3,85	37 x 14	+	□
SHIMANO *DURA ACE*	17,35 [2]	41 x 10	-	-
WEINMANN *S.R. 75*	3,50	38 x 12	□	-
WEINMANN	1,45	38 x 12	-	-
WEINMANN *BREV.*	2,50	42 x 12	-	□
MERKLOOS *1*	1,00	36 x 10	-	-
MERKLOOS *2*	2,50	45 x 12	-	□
MERKLOOS *3*	1,50	38 x 12	□	-

1 Volgens opgave niet meer geleverd
2 Per 4 stuks
3 Niet bruikbaar op aluminium: beschadigt de velg

++ = ZEER GOED;
+ = GOED;
□ = REDELIJK;
- = MATIG;
- - = SLECHT

Fabrikanten/importeurs
ALTENBURGER: G.T. van Dijk, Den Dolder, 030-786310
BREVETTE: niet bekend
BRIDGESTONE: Henze Import, Yerseke, 01131-2520
FIBRAX: Julius Smit, Amsterdam, 020-720838
HEMA: Hema, Amsterdam 020-793333
MAFAC: H.C. van Es Handelsonderneming, Den Haag, 070-680230
RALEIGH RAINCHECK: TI Raleigh, Amsterdam, 020-946767
SHIMANO: Citra International, Nunspeet, 03412-1884
WEINMANN: Vredestein Rubberfabriek, Doetinchem, 08340-25751

DEZE KEER ZIJN 'T EENDJES.

REMWEG MET STURMEY-ARCHER TROMMELREMMEN

REMWEG OVERIGE REMSYSTEMEN

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

	2	3	4	5	6	7	8	9	10m
TROMMELREMMEN									
TERUGTRAPREM MET VELGREM VOOR									
VELGREMMEN VOOR EN ACHTER									

Remweg:

Sturmey Archer trommelremmen worden ook uitgebracht in combinatie met de beroemde 3-versnellingsnaaf.

Voor gedetailleerde informatie:

STURMEY ARCHER

Johann Siegerstraat 6
1096 BH Amsterdam
telefoon: (020) 93 75 03
telex: 13026

STURMEY ARCHER TROMMELREMMEN: ONDER ALLE OMSTANDIGHEDEN 'T VEILIGST.

3. EEN ADVERTENTIE VOOR TROMMELREMMEN

Bekijk de hiernaast afgedrukte advertentie nauwkeurig.

- Klopt de in de advertentie gewekte indruk, dat trommelremmen (veel) beter zijn dan andere remsystemen, met jouw onderzoeksresultaten?
- Welke kritiek kun je hebben op de tekst en de illustratie in de advertentie (los van jouw onderzoeksresultaten)?

3.3 ZICHTBAARHEID

Fietsers zijn een kwetsbare groep verkeersdeelnemers. Als gevolg van het vrij snel defect raken van het verlichtingssysteem op de fiets is de zichtbaarheid in het donker vaak onvoldoende. Er zijn een aantal manieren om de zichtbaarheid van fietsers voor andere verkeersdeelnemers (met name automobilisten en beroepschauffeurs) groter te maken.

1.

- Maak een lijst van maatregelen, die genomen kunnen worden (of al genomen zijn) om de zichtbaarheid van fietsers te vergroten in het donker.
- Welke van de maatregelen uit je lijst zijn wettelijk verplicht?

In deze paragraaf onderzoek je verder alleen het effect van (kleding)kleur, de gele pedaal- en de rode achterreflector en de fietsverlichting zelf. Eerst onderzoek je deze aspecten los van elkaar, daarna kun je de verschillende effecten onderling vergelijken.

2. ZICHTBAARHEID VAN VERSCHILLENDE KLEUREN

Overdag kun je je zichtbaarheid voor andere verkeersdeelnemers vergroten door het dragen van 'felle' kleuren. Je bent dan beter zichtbaar tegen de meestal wat 'grauwe' of groene achtergrond. Maar hoe zit dat in het donker?

- Onderzoek de zichtbaarheid van verschillende kleuren in het donker.

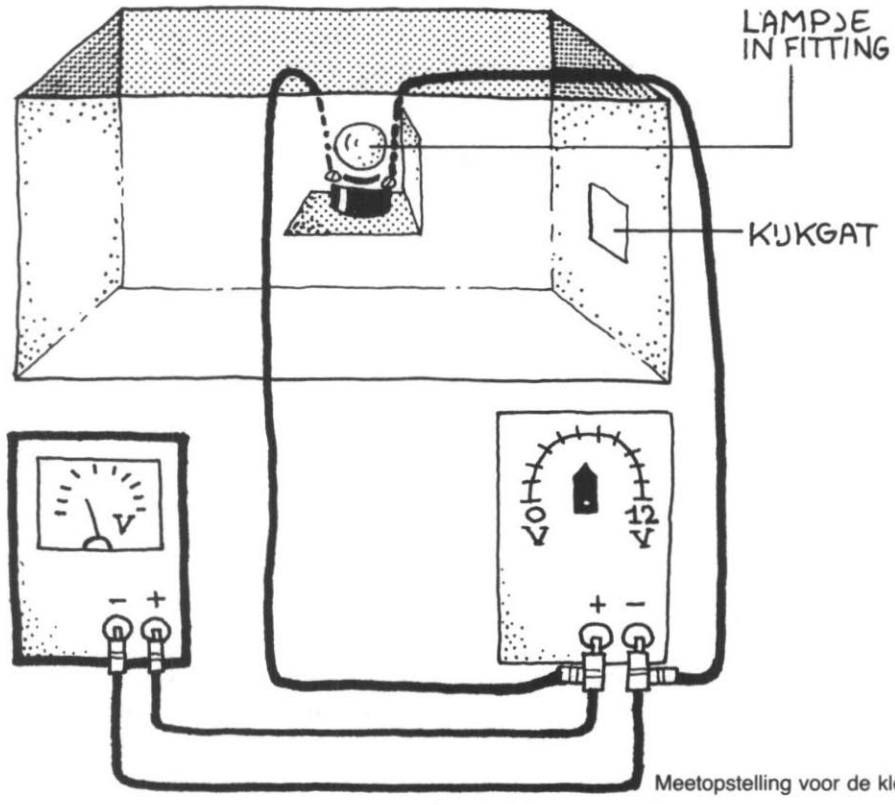
Bedenk een methode om het onderzoek uit te voeren. (Als je daar niet uit komt, vind je in het kader hieronder een mogelijke manier.)
Hoe zorg je ervoor, dat je zo eerlijk mogelijk vergelijkt?
Wat zijn de resultaten van je onderzoek? (Welke kleur zie je het best, of met andere woorden: voor welke kleur is je oog het gevoeligst?)

- Maak een duidelijke samenvatting van de opzet van je onderzoek en van je onderzoeksresultaten. Gebruik die samenvatting bij het werken aan activiteit 5.

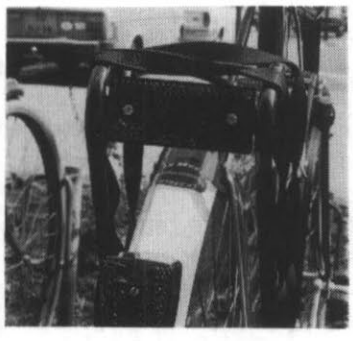
KLEURZICHTBAARHEIDSTEST

Eén van de mogelijkheden om de zichtbaarheid van verschillende kleuren te vergelijken is een 'donkere kamer' van het formaat van een grote schoenendoos. Verf de doos van binnen volledig zwart. Maak er een kijkgat in. Een lampje met een afscherming (zodat je de lamp door het kijkgat niet kunt zien) maakt de 'donkere kamer' compleet. Sluit het lampje aan op een regelbare spanningsbron (zet zo nodig nog een volmeter in je opstelling). Je kunt nu de hoeveelheid licht, die het lampje uitzendt, variëren (en de maat daarvoor is de spanning waarop het lampje brandt!). In verschillende kleuren geverfde plaatjes (of bestaande materialen van verschillende kleur) zet je tegen de achterwand van de doos (tegenover het kijkgat).
Regel de hoeveelheid licht in de doos steeds zo, dat een bepaalde kleur net (nog) zichtbaar is. Vergelijk zo de zichtbaarheid van verschillende kleuren/materialen. Maar denk eerst na over de volgende punten.

- Moet/mag de omgeving van de doos verlicht/donker zijn?
- Maakt het voor de meetresultaten bij een bepaalde kleur verschil of je het licht in de doos van maximaal laat afnemen of vanaf compleet donker laat toenemen? Zo ja, wat is dan de beste manier van meten (vergelijken)?
- Hoe hou je rekening met de 'aanpassingstijd' van het oog aan het donker? (Je kent het verschijnsel dat, als je het licht in een kamer uitdoet en het opeens volslagen donker is, je na verloop van tijd toch nog aardig wat blijkt te zien: het oog heeft tijd nodig om aan het donker te 'wennen'.)
- Vind je het verantwoord om af te gaan op de indrukken van één proefpersoon?
- Zou de hoek waaronder het geverfde plaatje tegen de achterwand staat, van invloed zijn op het meetresultaat?



Meetopstelling voor de kleurzichtbaarheidstest.



3. DE RODE REFLECTOR

In november 1979 werd de wettelijke verplichting van een rode achterreflector van kracht.

- Onderzoek de zichtbaarheid van de reflector, als je er vanuit verschillende richtingen op kijkt.

Bedenk een methode om het onderzoek uit te voeren. (Als je daar niet uitkomt, vind je in het kader hieronder een mogelijke manier.)

Maakt het wat uit of de reflector vuil of schoon is? Wat zijn de resultaten van je onderzoek? (In welke richting reflecteert een reflector het best?)

- Maak een duidelijke samenvatting van de opzet van je onderzoek en van je onderzoeksresultaten. Gebruik die samenvatting bij het werken aan activiteit 5.

REFLECTORTEST

Bij het onderzoek naar de richting waarin een reflector het best reflecteert (het opvallende licht terugkaatst) kun je de volgende meetopstelling gebruiken. Het lampje in de koplamp brandt op een vaste spanning. Het gereflecteerde licht valt op een lichtgevoelige weerstand (LDR: light dependent resistor). De weerstandswaarde van een LDR is afhankelijk van de hoeveelheid licht, die er op valt. Hoe meer licht, hoe kleiner de weerstandswaarde, hoe groter de stroomsterkte door de LDR (te meten met een ampèremeter in de opstelling). In plaats van een LDR met spanningsbron en ampèremeter, kun je ook een belichtingsmeter (van een fototoestel) gebruiken.

Meetopstelling voor de reflectortest.

Door de LDR (of belichtingsmeter) in een horizontaal vlak te verplaatsen kun je meten in welke richting de reflector het best reflecteert. Maar denk eerst na over de volgende punten.

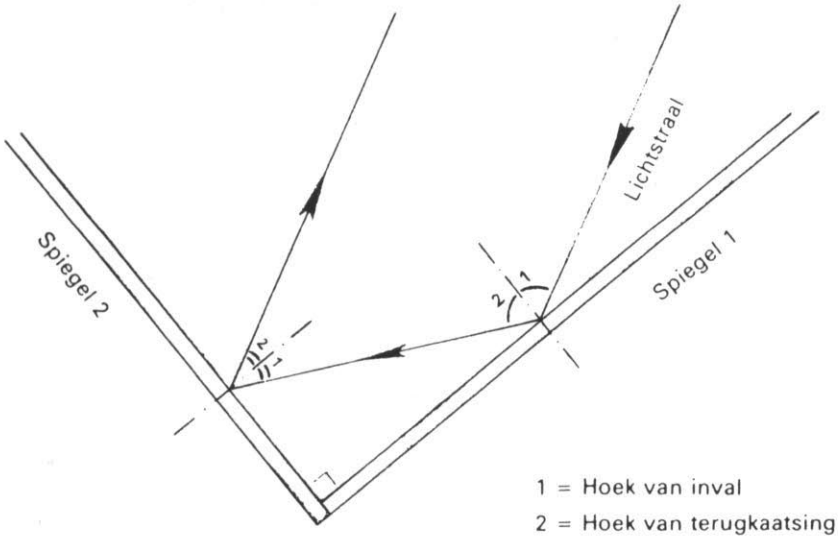
- Moet/mag de ruimte, waarin je de proef uitvoert, verlicht/donker zijn?
- Waar moet je op letten bij het verplaatsen van de LDR/belichtingsmeter?
- Maakt het voor de zichtbaarheid van de reflector uit vanuit welke richting het licht op de reflector *invalt*? Hoe onderzoek je dat?

• Lees eerst het hieronder overgenomen kader uit 'De Consumentengids' van oktober 1979, en beantwoord daarna de vragen eronder.

Retroflektie

Een lichtstraal die op een spiegel valt, wordt weerkaatst onder dezelfde hoek als waaronder hij de spiegel raakt. Het licht van een zaklantaarn die je vanaf een afstand schuin op een spiegeltje richt, zie je daardoor niet terug. Dit verschijnsel heet reflektie.
Een rode fietsreflektor die je schuin belicht, zie je wèl oplichten, wat betekent dat het licht in dezelfde richting wordt teruggekaatst als waaruit het op de reflektor viel. Zoiets wordt retroflektie genoemd en een reflektor met deze eigenschappen heet dan ook retroflektor.

In een retroflektor wordt dezelfde natuurwet toegepast als bij een gewone spiegel: hoek van inval is gelijk aan hoek van terugkaatsing. Alleen wordt het licht bij een retroflektor in principe niet weerkaatst door één spiegel, maar door twee die loodrecht op elkaar staan en daardoor het licht in dezelfde richting terugsturen waaruit het de retroflektor bereikte. Een retroflektor is opgebouwd uit een groot aantal van die (zeer kleine) spiegeltjes die in de vorm van pyramiden het retroflekterend oppervlak vormen.



Controleer de stralengang van een lichtstraal, die onder een andere hoek op spiegel 1 (in de tekening hierboven) invalt. Wordt die lichtstraal door de 'reflector' óók evenwijdig aan de invallende lichtstraal teruggekaatst? Is het verhaal over 'retroflectie' in overeenstemming met de resultaten van jouw onderzoek? Kun je uitleggen *waarom* de rode achterlichtreflector geen reflecterende, maar een *retroflecterende* eigenschap moet hebben?
Vermindert een scheef gemonteerde fietsreflector het zichtbaarheidseffect?

4. FIETSVERLICHTING

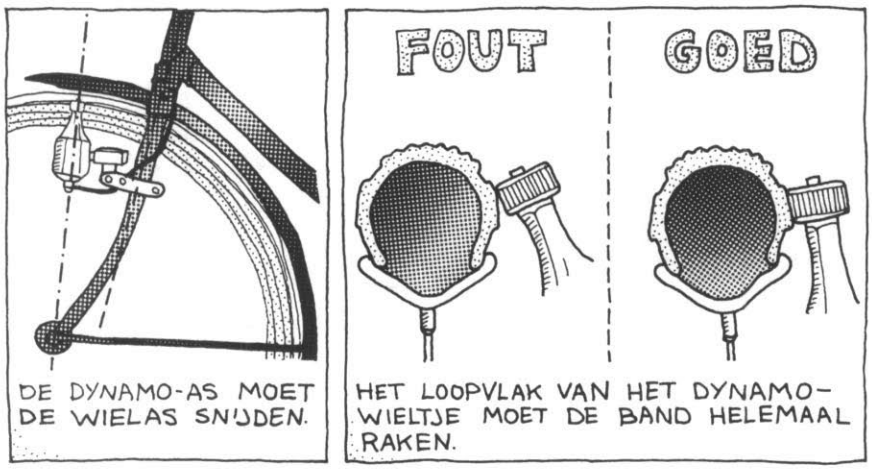
Een goed functionerend voor- en achterlicht op je fiets zijn belangrijk voor de zichtbaarheid in het donker. Maar de hoeveelheid licht, die de lampjes geven, hangt af van je snelheid.
• Onderzoek het verband tussen de snelheid waarmee je fietst en de spanning die de dynamo afgeeft.
Bedenk een methode om het onderzoek uit te voeren. (Als je daar niet uitkomt, vind je in het kader op pagina 30 wat mogelijkheden.)
Wat zijn de resultaten van je onderzoek?
• Maak een duidelijke samenvatting van de opzet van je onderzoek en van je onderzoeksresultaten. Gebruik die samenvatting bij het werken aan activiteit 5.

DYNAMOTEST

De meest simpele oplossing voor het meten van de dynamospanning bij verschillende snelheden is het bevestigen van een (wisselspannings)voltmeter op een fiets met snelheidsmeter. Zo'n voltmeter is echter een kwetsbaar instrument. Het is dus de vraag of deze simpele oplossing bruikbaar is. Andere mogelijkheden zijn een binnenopstelling van een fiets met een vrij draaiend voorwiel (je moet dan dat voorwiel wel op één of andere manier met verschillende snelheden kunnen laten draaien) of met een vrijdraaiend achterwiel (je moet dan de dynamo en de snelheidsmeter op het achterwiel monteren; de aandrijving van het achterwiel levert geen problemen op: met de trappers). Een laatste mogelijkheid is het direkt aandrijven van de dynamo met een (elektro)motor. (Het is dan wel lastig om de draaisnelheid van de dynamo te meten (kan met een stroboscoop) èn om die draaisnelheid 'terug te rekenen' naar de snelheid van de fiets.)

Welke meetmethode kies je? Welke argumenten heb je daarvoor?

Let op een juiste montage van de dynamo (zie de afbeelding hieronder). Welke invloed heeft een verkeerde montage van de dynamo op het meetresultaat? En de weersomstandigheden (regen bijvoorbeeld)? En de kwaliteit van de band (nieuw of versleten)?



De juiste montage van een fietsdynamo.

5. ZICHTBAARHEIDSMAATREGELEN VERGELIJKEN

Na het onderzoek naar de zichtbaarheid van verschillende kleuren, de reflector en de fietsverlichting kun je het effect van deze verschillende veiligheidsvoorzieningen proberen te vergelijken.

- Vergelijk de zichtbaarheidseffecten van (kleding-)kleur, rode achterreflector, gele trapperreflector en fietsachterlicht *onderling*.

Bedenk een meetmethode om het onderzoek uit te voeren.

Hoe vergelijk je het effect van de verschillende veiligheidsmaatrefelen zo eerlijk mogelijk? Gebruik daarbij zoveel mogelijk de resultaten van je onderzoek tot nu toe! (In het kader hieronder vind je wat tips, voor als je er niet uit komt.)

Wat zijn de resultaten van je vergelijking? (Wat is de beste veiligheidsvoorziening, en wat de slechtste?)

ZICHTBAARHEIDSMAATREGELEN VERGELIJKEN

Je zou het effect van de verschillende zichtbaarheidsmaatregelen kunnen vergelijken met behulp van een 'buitenmeting' in het donker: op welke afstand is het achterlicht, de reflector (de rode en de gele op de trapper), de kleding zichtbaar in het licht van een gedimde autokoplamp voor een *groep* waarnemers? (Waarom een *groep?*)

Het lijkt erop, dat je dan een vrij realistische onderzoekssituatie hebt. Maar denk eerst na over de volgende punten.

- Op welke spanning moet het achterlicht branden (en hoe zorg je daarvoor)?
- Welke kleur zou de kleding moeten hebben?
- Hoe zorg je ervoor, dat de gele pedaalreflectors zichtbaar worden?
- Moet je een echte auto hebben of is een losse koplamp met een accu ook voldoende?
- Kun je iemand gewoon laten wegfietsen van de groep waarnemers en deze laten bepalen wanneer een

bepaalde zichtbaarheidsmaatregel geen effect meer heeft? En hoe bepaal je dan de afstand waarop dat gebeurt? Hoe belangrijk is het meten van die afstand eigenlijk?
Of moet je de zichtbaarheidsmaatregelen *apart* testen? (Dus eerst bepalen op welke afstand het achterlicht niet meer zichtbaar is, daarna de reflector monteren, het licht uitzetten en de fietser opnieuw laten wegfietsen, enz.)
Of moet je de fietser niet van de groep waarnemers laten wegfietsen, maar moet die 'fietser' vanaf grote afstand juist naar de groep waarnemers toelopen (met de fiets in z'n achteruit)?

- Vergelijk de resultaten van je onderzoek met het hieronder afgedrukte deel van een onderzoeksverslag uit 'De Consumentengids' van oktober 1979. Had je vergelijkbare meetresultaten?

Rode achterreflektor

Goedkeuring. De wettelijk verplichte rode reflektor moet het NL keurmerk hebben (NL in een cirkel). Erachter staat het fabrikantennummer, bijvoorbeeld K-001, K-002 enzovoort.
„Goedgekeurd" wil zeggen dat een reflektor voldoet aan de eisen ten aanzien van retroflekterend oppervlak, sterkte en retroflekterend vermogen (retroflektie is reflektie in de richting waaruit het licht op de reflektor valt; schuin invallend licht wordt dus – anders dan bij een gewone spiegel – in dezelfde schuine richting teruggekaatst).

Lichtreflektie. De onderzochte exemplaren waren allemaal prima. Of ze vuil of schoon waren maakte niet veel uit. In een lichtbundel van gedimde autokoplampen zijn ze onder normale omstandigheden in het donker zichtbaar op een afstand van minstens 250 meter. Rijdend met een snelheid van 80 km per uur heeft een automobilist dan 11 sekonden de tijd om opzij te gaan. Een goed brandend achterlichtje is echter onder dezelfde omstandigheden al op 300 meter te zien; beter dan een reflektor is dus een goede verlichting.

Gele pedaalreflektors

Hoewel ook gele pedaalreflektors verplicht worden, is hiervoor vreemd genoeg geen keurmerk vastgesteld. Wel stelt ons Wegenverkeersreglement (te lage) eisen aan het reflekterend vermogen van pedaalreflektors, maar in de winkel is op geen enkele manier te zien of een reflektor daar aan voldoet.

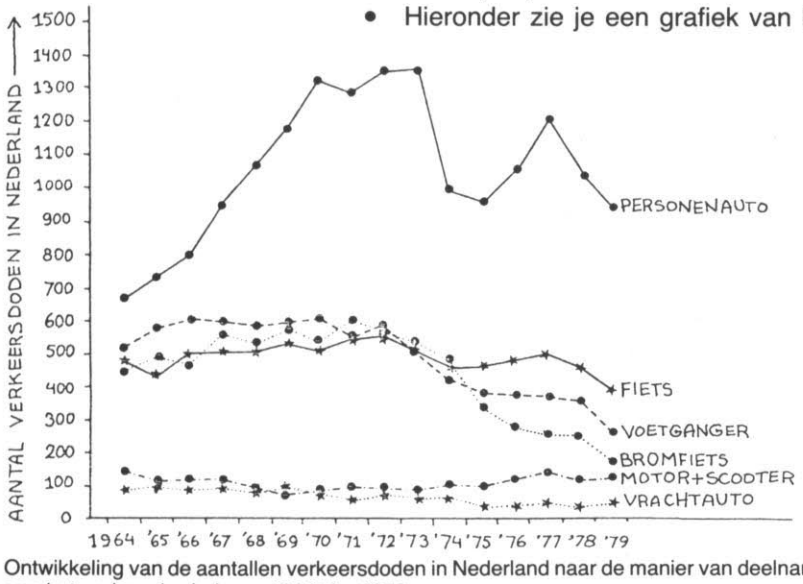
Lichtreflektie. Slechts twee typen reflekteerden goed, ook als we ze in alle richtingen een beetje draaiden. Dat waren twee stel pedalen van het merk Union; typen 630 Rü en 687 Rü. De reflektors van deze pedalen zijn te herkennen aan de kode TPP 19. Bepaald slecht reflekteerden de pedalen van Queen, Union 677 Rü en Way-Assauto.
De reflektie van het Weco pedaal verminderde aanzienlijk toen we alle pedalen aan een flinke plensbui hadden blootgesteld. Volgens Weco zijn er inmiddels betere pedalen van dat merk te koop.
Vuil laat de reflektie van gele reflektors meer teruglopen dan van de rode. Maar ook als hij schoon is, wordt een goede gele reflektor door zijn kleinere afmetingen pas op 100 meter afstand zichtbaar, terwijl een rode dan op de al eerder genoemde 250 meter gezien kan worden.

3.4 VEILIG FIETSEN

Remwerking en zichtbaarheid zijn twee aspecten van 'veilig fietsen'. Maar het zijn niet de enige.

1. HOE (ON)VEILIG IS FIETSEN?

- Hieronder zie je een grafiek van het aantal verkeersdoden in de loop der jaren.

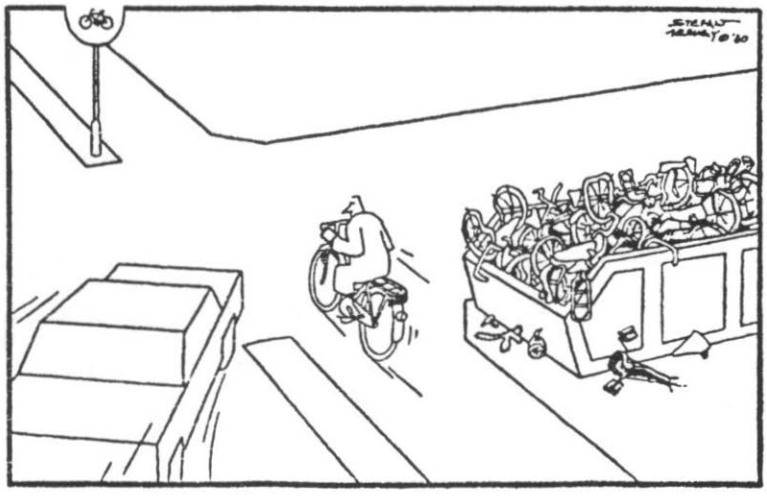


Ontwikkeling van de aantallen verkeersdoden in Nederland naar de manier van deelname aan het verkeer in de jaren 1964 t/m 1979.

Vind je dat je met behulp van de gegevens uit deze grafiek de veiligheid van verschillende manieren van vervoer eerlijk kunt vergelijken? Zo nee: hoe zou je de veiligheid dàn willen vergelijken; welke andere vergelijkingsgrootheid dan 'aantal doden per jaar' gebruik je dan? Welke gegevens heb je daarvoor nodig?

- Je hebt nu gekeken naar de veiligheid van verschillende soorten vervoer voor de *inzittenden/berijders* van een vervoermiddel. Je kunt ook op een andere manier tegen het woord 'veiligheid' aankijken. Welke manier is dat? (De cartoon hieronder kan je helpen bij het vinden van een antwoord.)

Hoe zou je vanuit dit (nieuwe) gezichtspunt de veiligheid van verschillende vervoermiddelen vergelijken? (Welke vergelijkingsgrootheid gebruik je, welke gegevens heb je nodig?)



2. VEILIGHEIDSMAATREGELEN

Afgezien van technische tekortkomingen aan de fiets, is het grootste gevaar voor de fietser het feit, dat hij aan snellere en zwaardere verkeersdeelnemers is overgeleverd.

In de lijst hieronder zie je hoe je je hiertegen bij het fietsen zoveel mogelijk kunt beschermen.

1. Volg alle verkeersvoorschriften, borden en aanwijzingen.
2. Houd de fiets altijd in perfecte mechanische conditie.
3. Houd je zelf in even goede conditie; gebruik onder invloed van alcohol of andere stimulerende middelen de fiets hooguit als een kruk bij het lopen.
4. Kies altijd bewust de veiligste weg (dat betekent *niet* per se het fietspad) en maak altijd aan andere weggebruikers duidelijk wat je doet en waar je heen wilt.
5. Rijd in het buitenland nooit, en in Nederland — vooral in de stad — alleen als het werkelijk veilig is met zijn tweeën naast elkaar.
6. Fiets bij schemering of duisternis nooit zonder licht, monteer zo groot mogelijke reflectoren op de fiets en draag lichte of reflecterende kleding.
7. Vervoer geen zijdelings zittende passagier of slecht uitgebalanceerde bagage. Als je ondanks alles toch zwaar beladen bent, kies dan een (om)weg met weinig verkeer.
8. Pas bij nat weer op voor alles wat glad kan zijn: tramrails, keienstraten, ja, zelfs de witte strepen op een asfaltweg; pro-

beer zo nodig dergelijke obstakels zo haaks mogelijk over te steken.
9. Blijf in de stad in een lage versnelling en reageer direct op de verkeersstroomsnelheid, door zoveel als maar mogelijk is 'pas' te houden.
10. Vertrouw niet alleen op de achterrem; de voorrem sorteert veel meer effect. Bij krachtig remmen gebruik je ze alle twee tegelijk. Bij langdurig remmen, bijv. tijdens bergafdalingen, gebruik je voor- en achterrem afwisselend met een pompende beweging.
11. Blijf als het even kan weg van snel rijdende vrachtauto's en bussen door stillere wegen en fietspaden te kiezen. Deze grote en snelle gevaartes veroorzaken een windstoot gevolgd door een zuigeffect waardoor je resp. van je fiets en onder zo'n ding terecht kunt komen.
12. Laat jonge kinderen niet in druk verkeer fietsen, vooral niet in het donker. Vervoer geen slapende kinderen op de fiets.
13. Ga nooit op stap zonder een eerstehulpuitrusting — al is het maar een paar verbandpleisters — een pomp, een gereedschapszakje en zo mogelijk een fles water.
14. Vergeet ook als je auto of brommer rijdt niet hoe het is om op de fiets te zitten, behandel je fietsende broeders en zusters met zorg, voorzichtigheid en beleefdheid.
15. Dring er bij de respectieve overheidsinstanties op aan dat eventuele onveilige toestanden op de weg opgeheven worden; protesteer als het nodig is.

Probeer naar aanleiding van beschermingsmaatregel 15 uit de lijst eens een inventarisatie te maken van voor fietsers gevaarlijke verkeerssituaties in de buurt van je school en/of langs de weg van school naar huis.
Welke oplossingen kun je bedenken voor die gevaarlijke situatie(s)? En wat doe je met die oplossing?

Doe er iets aan

In dat laatste punt zit een element dat veel te weinig aandacht krijgt. Het gaat er niet om als brave burger de voorschriften van een al dan niet autoritaire overheid te gehoorzamen, maar als actief democraat die voorschriften mede te beïnvloeden. De bestaande veiligheidsvoorzieningen en wetgeving, de bestrating en verbetering, ja zelfs de oorspronkelijke aanleg van wegen werden in het begin van deze eeuw door dergelijke fietsende democraten bereikt door hun invloed op het staatsapparaat te laten gelden. Sindsdien is de fietser meer en meer van dit zelfver-

overde terrein verdreven door de automobilist. Laat ons er *iets* van terugveroveren.
Dat betekent heus niet alleen fietspaden bouwen: het is in de eerste plaats de weg zelf — nog veel te veel gezien als domein alleen van het gemotoriseerd verkeer — waarop ook de fietser een recht heeft. Vele van de ongeveer 500 fietsers die alleen al in Nederland jaarlijks dodelijk verongelukken, sterven juist daar waar geen fietspad ze had kunnen helpen: op kruisingen, op op- en afritten van fietspaden, op fietspad-oversteekplaatsen.
Te veel verkeersplanners en wegenbouwers zien alleen heil in scheiding van fietsers van parallel verlopend gemotoriseerd verkeer. In de praktijk betekent dat geen veiligheidsvoordeel voor de fietser en alleen maar veel hinder: omrijden, bochtjes slingeren, oversteken, verkeerslichtknopjes indrukken. Hier wordt het slachtoffer — de fietser, die zelf voor geen mens gevaar oplevert — bestraft, in plaats van de veroorzaker van het gevaar!

Rapporteren

Je hebt nu veel geleerd over veilig fietsen. Je bent bezig geweest met het (eerlijk) vergelijken van remmen en zichtbaarheidsmaatregelen.
Nu wordt het tijd om na te denken over wat je van dat alles aan je medeleerlingen gaat rapporteren en hoe je dat gaat doen.
Hieronder staan een aantal punten waar je op kunt letten bij het voorbereiden van die rapportage, zowel wat betreft de inhoud als de vorm van rapportage.

inhoud
- Wat vergelijk je, en waarom doe je dat?
- Hoe vergelijk je (eerlijk) en wat voor resultaten levert dat op; wat is er goed gegaan en wat is er misgelopen?
- Hoe hebben jullie de taken verdeeld?
- Hoe kun je de onderzoeksresultaten in de praktijk gebruiken?

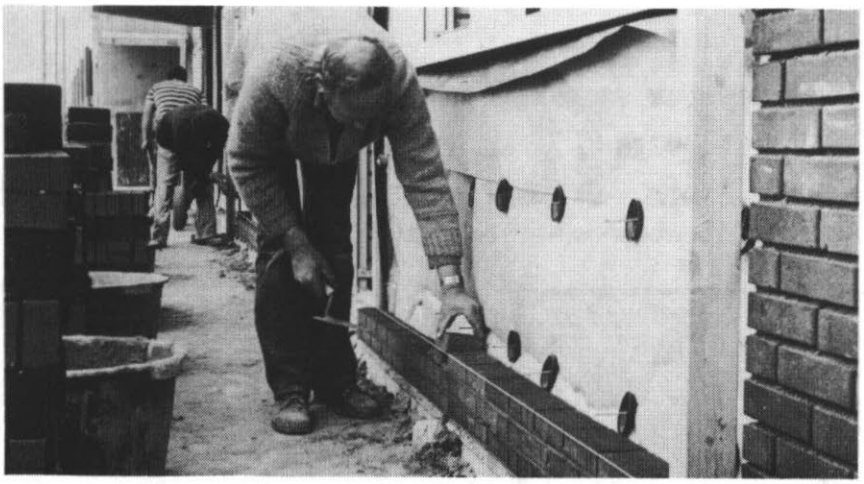
vorm
- Vertel rustig.
- Gebruik het bord, een overhead-projector, grote vellen papier enz. om je verhaal te ondersteunen met tekeningen, (diagrammen van) meetresultaten, enz.; demonstreer het werken aan een meetopstelling (maar pas op, dat dit niet teveel tijd vraagt!)
- Betrek de luisterende medeleerlingen bij je verhaal door af en toe vragen te stellen (of vragen te laten stellen).
- Maak een duidelijke taakverdeling: wíe uit je groep doet wàt tijdens de rapportage.

hoofdstuk 4

WARMTE-ISOLATIE IN WONINGEN

inhoud blz.

4.1	warmte-isolatie	36
4.2	isolatiematerialen vergelijken	38
4.3	isolatiemateriaal kiezen	42



Warmte-isolatie van een woning tijdens de bouw.

eter	datum van	datum tot	beginstand	eindstand	kWh/m3	per eenheid	verbruik	bedragen vastrecht etc.	totaal
CA	01-03-81	01-03-82	CENTRALE ANTENNE INRICHTING					11.00	11.00
ED	01-03-81	01-03-82	11667	13097	1430	02403	3436,3	56,52	400,15
GA	01-03-81	01-03-82	5960	7730	1770	04201	743,58	48,00	791,58
GA			KALORISCHE VERREKENING				0,821%		6,10
WA	01-03-81	01-03-82	355	450	95	21263	202,00	52,44	254,44

OPENBARE NUTSBEDRIJVEN SCHIEDAM
v. Heekstraat 15
Postbus 79
telefoon (010) 622222
Postgiro 95400
Amro Bank Nr. 48.87.30.090

J KORTLAND
AMPERESTRAAT 31 B
3112 MD SCHIEDAM

1475918

omzetbelasting	24,75
totaal verbruik etc.	180,92
af: berekende termijnbedragen	228,00
saldo verbruik	47,08-
MRT/APR '82: nieuw termijnbedrag	330,00
huisvuilbelasting	11,60
verontr. heffing	17,40
	111,98-

Voorziet u niet tijdig te kunnen betalen? Neemt u dan kontakt op met de afd. incasso.

53013030051B 2041 30
NOTA DD 23-04-82 WORDT AUTOMATISCH BYGESCHREVEN

RCF 17132 r

Toelichting:
EN = elektriciteit nachtstroom
ED = elektriciteit dagstroom
GA = gas
WA = water

Het nieuwe termijnbedrag is in het algemeen bepaald aan de hand van de gegevens over het afgelopen verbruiksjaar, waarbij rekening is gehouden met de geldende tarieven.

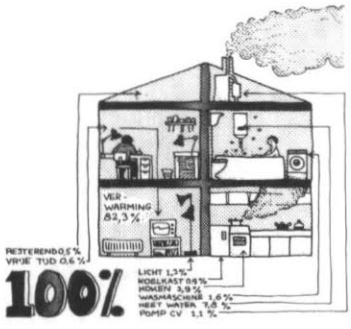
Indien aanzienlijke wijzigingen in uw verbruik optreden b.v. bij overgang op gasverwarming of uitbreiding van de apparatuur, dient u dit zo spoedig mogelijk te melden bij de verbruiksadministratie.
Het termijnbedrag wordt dan eventueel veranderd, waardoor grote verschillen bij de jaarlijkse afrekening worden voorkomen.

Wijzigingen geschieden in principe in de volgende periode.

warmte-isolatie in woningen

Of je je in huis behaaglijk voelt, hangt af van een heleboel factoren. Eén daarvan is de temperatuur. Met behulp van verwarming probeer je – in de winter – de temperatuur in huis zo constant mogelijk te houden op een waarde waarbij je je prettig voelt. Dat kost geld en energie. Twee dingen die je ook voor andere doelen kunt gebruiken. Besparing in kosten en energiegebruik kun je krijgen door het huis te isoleren tegen warmte-afgifte. Maar ook dat kost geld en energie.
Welke isolatiemaatregelen kun je nemen? Welke isolatiematerialen kun je kiezen? Hoe vergelijk je de warmte-isolerende eigenschappen van die materialen? Hoe groot is de besparing die een isolatiemaatregel oplevert? Op dergelijke vragen probeer je in dit hoofdstuk een antwoord te vinden.

4.1 WARMTE-ISOLATIE



De verdeling van het energiegebruik in een gemiddelde Nederlandse woning (gas èn elektriciteit).

Het verwarmen van woningen kost energie en geld. Daar valt op te besparen door de woning te isoleren tegen afgifte van warmte naar buiten.

1. BESPARING OP ENERGIEGEBRUIK

- In de tekening hiernaast zie je de gemiddelde verdeling van het energiegebruik over een aantal gebruikscategorieën, zoals verwarming, verlichting, heet-watervoorziening, enz.
  In welke gebruikscategorie levert een energiebesparing van bijv. 20% de grootste daling van het totale energiegebruik?
- Noem een aantal redenen voor een zuinig omgaan met energie.
- Besparing op het energiegebruik voor verwarming kan bereikt worden door het nemen van isolatie-maatregelen. Noem een aantal van deze maatregelen.

Bekijk de hieronder afgebeelde advertentie. Vind je daarin nog isolatiemaatregelen waar je zo gauw niet aan gedacht hebt?

ISOLATIE-TOETS

(Warm aanbevolen aan alle bewoners van een eigen huis*)

Bent u bewoner van een eigen huis? Dan hoeft dat niet te betekenen dat u er warmpjes bij zit. Zeker als uw huis nog niet of slechts gedeeltelijk is geïsoleerd. En u zoveel aan stookkosten moet betalen.

Voor u is er daarom alle reden eens te toetsen wat er in uw huis (nog) geïsoleerd kan worden. En wat u zich daarmee tot in lengte van dagen aan stookkosten kunt besparen!

Isolatie-toets

Aan de hand van de hiernaaststaande toets kunt u berekenen wat er in uw huis te isoleren valt en wat u daarmee aan stookkosten kunt besparen.

Bedenk daarbij: ieder huis is anders en iedereen heeft zo z'n eigen manier van stoken: de cijfers zijn daarom aan de voorzichtige kant. Wel heeft onderzoek vóór en na isolatie aangetoond dat de gemiddelde besparingen zo'n 6% hoger liggen.

Minder stookkosten: méér comfort!

Isolatie is een voordelige zaak. Niet alleen bespaart u daarmee het nodige aan stookkosten, u verhoogt ook het wooncomfort! Géén kou-afstralende muren en vloeren. Géén kille kamers en hoeken die het woonplezier 's winters beperken.

Want wat te denken van het comfort van dubbelglas of voorzetramen die niet meer zo gauw beslaan?

Een luxe? Ja! Maar uiteindelijk een luxe die zichzelf terugbetaalt.

Hoe zit het met de kosten?

Natuurlijk brengt isolatie kosten met zich mee. Die zult u als eigenaar-bewoner zelf voor uw rekening moeten nemen. Echter: omdat u zoveel minder aan stookkosten gaat betalen kunt u die investering vaak al vrij snel terugverdienen.

Want de kosten van isolatie zijn eenmalig terwijl de stookkosten steeds weer terugkomen. Met de verwachting dat de energieprijzen in de toekomst wellicht nóg verder zullen stijgen.

Hiernaast ziet u binnen hoeveel jaar u de kosten van isolatie weer kunt terugverdienen. Daarbij is uitgegaan van prijzen die gemiddeld voor isolatie worden berekend en de thans geldende aardgasprijs van 58,6 cent per m³.

Ziet u kans ook zélf het nodige te isoleren? Dan betaalt u alleen de materiaalkosten en komt u uiteraard nóg voordeliger uit.

Ook uw gas/energiebedrijf weet wat isolatie aan besparingen oplevert en zal u graag van advies dienen. Vaak kunt u daar regelen dat met uitgevoerde isolatievoorzieningen rekening wordt gehouden,

soort isolatie	besparing* in m³ aardgas per m² oppervlak per jaar		aantal m² dat in uw woning te isoleren is		totaal aantal m³ aardgas per jaar
Spouwmuurisolatie	10	×		=	
Dakisolatie:					
– verwarmde zolder	10	×		=	
– onverwarmde zolder	6	×		=	
Vloerisolatie	5	×		=	
Dubbelglas/voorzetramen:					
– woonkamer	30	×		=	
– slaapkamer	20	×		=	
Gevelisolatie (binnen)	9	×		=	
Leidingisolatie (per strekkende meter)	9	×		=	
Totaal aantal m³ aardgas					
Besparingen: m³ aardgas per jaar à 58,6 cent = f					

* Deze besparingscijfers gelden voor woningen waarin 3500 tot 3700 m³ aardgas per jaar wordt verbruikt.

In hoeveel jaar zijn de isolatievoorzieningen terugverdiend?		
soort isolatie	uitgevoerd door de vakman	zélf uitgevoerd
Spouwmuurisolatie	3½ jaar	
Gevelbinnenisolatie		6 jaar
Dakisolatie - verwarmde zolder - onverwarmde zolder	10 jaar 17 jaar	5 jaar 8½ jaar
Vloerisolatie	10 jaar	5 jaar
Dubbelglas - woonkamer - slaapkamer	12½ jaar 19 jaar	
Voorzetramen - woonkamer - slaapkamer		5½ jaar 8½ jaar
Leidingisolatie		1 jaar

waardoor uw termijnrekening verlaagd kan worden.

Kwestie van bekijken!

Misschien hebt u al een en ander laten isoleren in uw huis. Bijvoorbeeld: dubbelglas of spouwmuurvulling. In dat geval toont de toets u dat er méér te isoleren is.

En dat u – vaak tegen lágere investeringen – nog méér op stookkosten kunt besparen. Alle beetjes helpen! Daarom moet u ook eens bekijken wat u met de nodige handigheid misschien zélf kunt isoleren.

De brochure "Isolatie: Wat doen we zelf?" zal u daarbij goed van dienst zijn. Deze brochure is aan te vragen bij het ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer, Postbus 20951, 2500 EZ Den Haag.

Maak een isolatieplan

Hebt u met behulp van onze isolatie-toets uitgerekend wat u aan stookkosten kunt besparen?

Maak dan, samen met een isolatiebedrijf een isolatieplan, waarin "kosten" en "opbrengsten" duidelijk op 'n rijtje worden gezet.

Wilt u zelf het nodige isoleren? Steek dan bij een doe-het-zelf specialist uw licht eens op over materialen en kosten. Een prima basis om snel te isoleren. Om spoedig op stookkosten te kunnen besparen!

* Ook bewoners van huurwoningen biedt isolatie interessante besparingsmogelijkheden. Voor hen is de brochure "Isoleren huurwoningen" op aanvraag verkrijgbaar bij het ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer, Postbus 20951, 2500 EZ Den Haag.

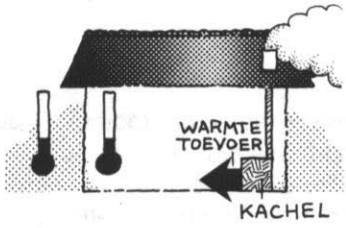
Nationaal Isolatie Programma

Een publikatie van Coördinatieteam Uitvoering Voorlichting NIP (Nationaal Isolatie Programma). In dit Coördinatieteam zitten vertegenwoordigers van de ministeries van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer en van Economische Zaken, de Vereniging van Nederlandse Gemeenten, de NV Nederlandse Gasunie, het Bouwcentrum, Stichting Voorlichting Energiebesparing Nederland, Vereniging van Exploitanten van Gasbedrijven in Nederland, Nationale Woningraad, Nederlands Christelijk Instituut voor Volkshuisvesting, Stafbureau Nationaal Isolatie Programma, Stafbureau Iso-Noord Assen en Stafbureau Provinciaal Isolatieprogramma Limburg.

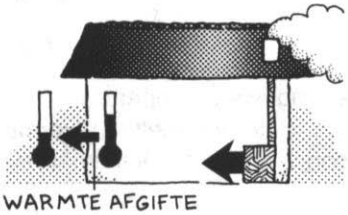
terugverdientijd

Met behulp van de gegevens in de advertentie hierboven kun je de *besparing* op aardgasgebruik als gevolg van de verschillende isolatiemaatregelen berekenen. En je vindt er ook in na hoeveel jaar je de isolatievoorzieningen hebt *terugverdiend*: hoe lang

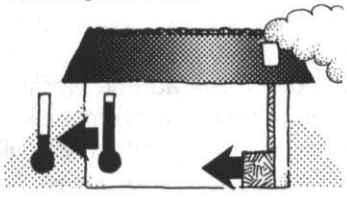
duurt het voordat de kosten van het aanbrengen van de isolatie zijn terugverdiend door de besparing op het aardgasgebruik.
Hoe worden dit soort gegevens vastgesteld? In de rest van het hoofdstuk ga je onderzoeken hoe je op die vraag een antwoord kunt vinden.

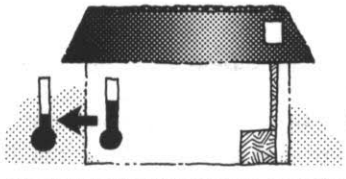


De temperatuur in een kamer stijgt bij warmtetoevoer.



Door het temperatuurverschil tussen de kamer en de omgeving ontstaat een warmte-afgifte naar de omgeving. Deze warmte-afgifte wordt groter, naarmate het temperatuurverschil groter wordt.


Na verloop van tijd is de temperatuur in de kamer zó hoog geworden, dat er een temperatuur-evenwicht is bereikt: de warmtetoevoer en de warmte-afgifte (naar de omgeving) zijn even groot. De temperatuur in de kamer blijft dan constant.


Als de warmtetoevoer stopt, gaat de warmte-afgifte naar de omgeving door: de temperatuur in de kamer daalt tot die gelijk is aan de buitentemperatuur.

warmte-isolatie: stroming, straling en geleiding

Warmtetoevoer aan een stof (of een ruimte, kamer) heeft meestal een temperatuurstijging tot gevolg. Het temperatuurverschil tussen de stof (of ruimte) en de koudere omgeving blijft alleen bestaan, als er steeds warmte wordt toegevoerd. Als de warmtetoevoer stopt, daalt de temperatuur van de stof (of ruimte) tot het temperatuurverschil weer verdwenen is. Warmte verplaatst zich in de natuur van een plaats met een hoge naar een plaats met een lage(re) temperatuur. Als (daardoor) het temperatuurverschil opgeheven is, stopt het warmtetransport. Bij een *temperatuurverschil* heb je altijd te maken met *warmtetransport*. Dat warmtetransport kan op drie verschillende manieren plaats vinden: door *stroming, straling* en *geleiding*.

stroming
Bij deze vorm van warmtetransport wordt warmte *door middel van een stromende vloeistof of een stromend gas* getransporteerd van een plaats met hoge naar een plaats met lage(re) temperatuur.
Kun je een paar voorbeelden van deze vorm van warmtetransport noemen?

straling
Alle voorwerpen met een temperatuur hoger dan die van de omgeving zenden straling uit. Een voorbeeld is de zon. Absorptie van die straling (door je lichaam bijv.) veroorzaakt een temperatuurstijging. Voor het warmtetransport door straling is geen tussenstof nodig (de straling van de zon bereikt ons door een luchtledige ruimte over een afstand van $1{,}5.10^8$ km). Maar ook alle andere warmtebronnen die je hier op aarde gebruikt (gaskachel, radiator, houtvuur) zenden straling uit. Daardoor warmen ze voorwerpen en de lucht in hun omgeving op.

geleiding
Bij warmtetransport door geleiding gaat het om de verplaatsing van warmte *door een vaste stof en/of een niet-stromende vloeistof of niet-stromend gas heen.* Er zijn stoffen die warmte goed geleiden (*warmtegeleiders*) en er zijn stoffen die warmte slecht geleiden (*warmte-isolatoren*).
Kun je een paar voorbeelden noemen van het gebruik van warmtegeleiders en -isolatoren in het dagelijkse leven?

Bij de meeste isolatiematerialen voor warmte-isolatie van woningen wordt gebruik gemaakt voor het feit, dat *stilstaande lucht* een *slechte warmtegeleider* is. In zo'n isolatiemateriaal moet die lucht zoveel mogelijk 'opgesloten' zitten, want anders zou er warmtetransport door *stroming* kunnen optreden.

2. ISOLATIEMATERIALEN

Maak een lijst van materialen, die in de woningbouw en in het dagelijks leven als warmte-isolator gebruikt worden. Bekijk er zoveel mogelijk.

In welke materialen zit lucht als warmte-isolator? Op welke manier(en) wordt de stroming van de lucht in die materialen (zoveel mogelijk) tegengegaan?

Materiaal voor warmte-isolatie.

4.2 ISOLATIEMATERIALEN VERGELIJKEN

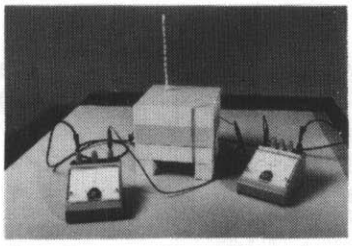
warmtestroom

Hoe vergelijk je de warmte-isolatie van verschillende (bouw)materialen?
Een maat (vergelijkingsgrootheid) daarvoor is de *warmtestroom*: de warmte (energie), die zich per seconde door dat materiaal verplaatst. Een kleine warmtestroom betekent dus een goede isolatie.

1. WARMTESTROOM

- Waarom is de warmtestroom een betere vergelijkingsgrootheid voor de isolerende eigenschap van een materiaal dan bijv. de warmte, die zich door dat materiaal verplaatst?
- Wat is de eenheid waarin je de warmtestroom meet? Wat voor grootheid is de warmtestroom dus eigenlijk?
- Van welke grootheden zal de warmtestroom door een materiaal afhangen, denk je?

2. METING VAN DE WARMTESTROOM



Opstelling voor de meting van de warmtestroom door de wanden van een modelkamer.

Voor de meting van de warmtestroom door een materiaal gebruik je een *modelkamer*. De modelkamer is gemaakt van het materiaal waarvan je de isolerende eigenschap wilt onderzoeken. In de modelkamer zit een weerstand als (elektrische) warmtebron. Het vermogen dat die warmtebron levert, kun je bepalen door de spanning (V) over en de stroomsterkte (I) door de weerstand te meten:
$P = V \cdot I$

- Stel het vermogen van de warmtebron in op 0,5 W (ongeveer).

Zet de warmtebron aan en meet de temperatuur in de modelkamer in de loop van de tijd. Ga door met meten tot de temperatuur in de modelkamer niet meer verandert. (Dit duurt ongeveer 20 minuten).
Meet het vermogen van de warmtebron en meet de omgevingstemperatuur.

- Hoe groot is de hoeveelheid warmte die per seconde in de modelkamer vrijkomt?

Hoe groot is de warmtestroom (de hoeveelheid warmte per seconde) door de wanden van de modelkamer, *als de temperatuur in de modelkamer niet meer verandert*?

- Waarom is de warmtestroom door de wanden van de modelkamer naar de omgeving alleen dàn gelijk aan het vermogen dat de warmtebron ìn de modelkamer levert, als het temperatuurverschil tussen 'binnen' (in de modelkamer) en 'buiten' (de omgeving) constant is?
- Beschrijf (in je eigen woorden) de manier waarop je de warmtestroom door een materiaal kunt meten.

3. WARMTESTROMEN VERGELIJKEN

MEETPLAN

Denk bij het opstellen van je meetplan aan de volgende punten.
– Wat is je werkvraag?
– Welke grootheid verander je; hoe doe je dat?
– Welke grootheden meet je; hoe doe je dat?
– Welke grootheden hou je constant; hoe doe je dat?

Bij activiteit 1 heb je opgeschreven van welke grootheden de warmtestroom door een materiaal volgens jou afhangt. Bij het volgende onderzoek beperk je je tot de afhankelijkheid tussen de warmtestroom en

– het temperatuurverschil tussen 'binnen' en 'buiten';
– de grootte van het wandoppervlak;
– de dikte van en het soort wandmateriaal.

- Maak een meetplan voor het onderzoek naar het verband tussen de warmtestroom en de hierboven genoemde grootheden. (In het kader op pagina 39 vind je zonodig wat aanwijzingen).

Bespreek het meetplan in je groep en met je leerkracht.

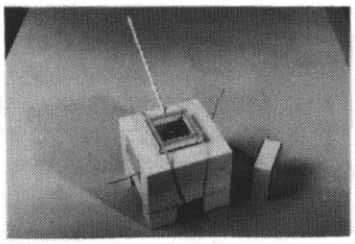
- Denk, voordat je met meten begint, eerst na over het meetresultaat dat je verwacht. Schrijf deze veronderstellingen (hypothesen) over de uitkomsten van het onderzoek op.
- Maak zonodig een taakverdeling (wie uit je groep onderzoekt wat?) en ga aan de slag met je onderzoek.

Schrijf je meetresultaten duidelijk op (gebruik tabellen/diagrammen): de andere leden van de groep moeten straks kunnen begrijpen wat je gedaan/gevonden hebt.

WARMTESTROMEN VERGELIJKEN

warmtestroom en wandoppervlak
Bij een onderzoek naar het verband tussen warmtestroom en de grootte van het wandoppervlak, werk je met modelkamers van verschillende afmetingen. (Waar moet je op letten als je die verschillende modelkamers maakt?)
Een probleem bij deze modelkamers is de meting van het wandoppervlak. Bij een huis bijvoorbeeld is het verschil tussen het buitenoppervlak en het binnenoppervlak van een muur te verwaarlozen. Maar bij een modelkamer is dat verschil vrij groot als gevolg van de kleine afmetingen van de modelkamer en de relatief grote dikte van het wandmateriaal. Een redelijke maat voor het wandoppervlak in een modelkamer is dan het *gemiddelde van binnen- en buitenoppervlak.*

warmtestroom en soort/dikte van het materiaal
Bij een onderzoek naar de invloed van de soort/dikte van het materiaal op de warmtestroom zou je kunnen werken met modelkamers, gemaakt van verschillende materialen. (Waar moet je op letten, als je die verschillende modelkamers maakt?)
Dat kan wat problemen geven: een modelkamer van enkel glas of dubbel glas maak je niet zo makkelijk. Je kunt deze problemen vermijden door met dezelfde modelkamer te werken, maar steeds met één wand van een ander materiaal.


Modelkamer met een verwisselbare wand.

Je komt dan wel voor een ander probleem te staan: hoe groot is de warmtestroom door die ene, verwisselbare wand? Want door de vijf andere wanden, gemaakt van een ander materiaal, gaat natuurlijk ook warmte 'verloren'. Een oplossing voor dit probleem is pas te vinden na een uitwerking van de resultaten van de onderzoeken naar het verband tussen warmtestroom en temperatuurverschil en grootte van het wandoppervlak. Tot zolang laat je dit probleem dus maar rusten: in activiteit 6 kom je er op terug.

meetmethode
Voor meting van de warmtestroom moet je wachten tot een in de tijd constant temperatuurverschil tussen 'binnen' en 'buiten'. Je kunt de wachttijd verkorten door het vermogen van de warmtebron in het begin vrij groot te maken, en na een snelle temperatuurstijging in de modelkamer het vermogen lager in te stellen.
Bovendien kun je de tijd die je voor de metingen nodig hebt bekorten, door tegelijkertijd aan méér dan één modelkamer metingen te verrichten.

• Als er taken verdeeld zijn, rapporteer dan na afloop van jouw deel van het onderzoek aan de andere leden van je groep, die aan een ander deel van dit onderzoek gewerkt hebben. Wissel onderling je ervaringen, meetresultaten en conclusies uit. Zijn de conclusies in overeenstemming met de veronderstellingen (hypothesen) die je eerder hebt opgeschreven?

K-waarde

Je onderzoek 'warmtestromen vergelijken' zou het volgende resultaat moeten opleveren:
– als het temperatuurverschil tussen 'binnen' en 'buiten' 2 (of 3, 4, ...) maal zo groot is, wordt de warmtestroom door een wand ook 2 (of 3, 4, ...) maal zo groot (de warmtestroom en het temperatuurverschil zijn dus recht evenredig);
– als het wandoppervlak 2 (of 3, 4, ...) maal zo groot is, wordt de warmtestroom ook 2 (of 3, 4, ...) maal zo groot (de warmtestroom en het wandoppervlak zijn dus recht evenredig).
– de warmtestroom door een wand hangt af van de dikte en het soort wandmateriaal.

4. EEN NIEUWE VERGELIJKINGSGROOTHEID VOOR DE WARMTE-ISOLERENDE EIGENSCHAP VAN EEN MATERIAAL

• Vergelijk de uitspraken onderaan pagina 39 met de conclusies uit je eigen onderzoek. Stemmen ze met elkaar overeen? Zo nee, denk dan eerst nog eens goed na over de manier waarop je het onderzoek hebt opgezet. Heb je eerlijk vergeleken bij de verschillende delen van het onderzoek?

• Vind je, nu je weet hoe de warmtestroom afhangt van temperatuurverschil en wandoppervlak, de warmtestroom een goede vergelijkingsgrootheid voor de isolerende eigenschap van verschillende materialen? Zo nee, heb je een voorstel voor een betere vergelijkingsgrootheid?

Bij het vergelijken van de isolerende eigenschap van verschillende materialen kun je de warmtestroom niet als vergelijkingsgrootheid gebruiken. Want de warmtestroom hangt af van het temperatuurverschil aan beide kanten van het materiaal en van de grootte van het materiaaloppervlak. Bij een vergelijking van de isolerende eigenschap van materialen moet je uitgaan van eenzelfde temperatuurverschil (bijv. 1°C) en eenzelfde oppervlakte (bijv. 1 m^2). Welke vergelijkingsgrootheid krijg je dan?

5. WARMTESTROOM BEREKENEN

• Door een bakstenen muur met een oppervlak van 12 m^2 gaat een warmtestroom van 820 W bij een temperatuurverschil van 20°C tussen beide kanten van de muur.
Hoe groot wordt de warmtestroom door de hele muur als het temperatuurverschil geen 20 maar 1°C zou zijn? (Welk onderzoeksresultaat gebruik je bij deze berekening?)
Hoe groot is de warmtestroom door 1 m^2 bij een temperatuurverschil van 1°C tussen beide kanten van de muur? (Welk onderzoeksresultaat gebruik je bij deze berekening?)

Het symbool Δ (de Griekse letter delta) wordt gebruikt om, een verschil aan te geven: ΔT betekent dus verschil in temperatuur (temperatuurverschil).

• Schrijf een formule op voor de berekening van de warmtestroom door een muuroppervlak van 1 m^2 bij een temperatuurverschil van 1°C tussen beide kanten van de muur. Als gegevens heb je:
– warmtestroom door de hele muur (symbool: *P*)
– het muuroppervlak (symbool: *A*)
– het temperatuurverschil tussen beide kanten van de muur (symbool: *ΔT*).

De isolerende eigenschap van verschillende materialen vergelijk je met behulp van de warmtestroom door het materiaal bij een oppervlak van 1 m^2 en een temperatuurverschil van 1°C tussen beide kanten van het materiaal. Deze warmtestroom per m^2 materiaaloppervlak en per °C temperatuurverschil noem je de *warmtedoorgangscoëfficiënt* (symbool: *K*) of korter: *K*-waarde. De *K-waarde* van een materiaal kun je uit metingen berekenen met de formule:

warmtedoorgangscoëfficiënt
K-waarde

$$K = \frac{P}{A.\Delta T}$$

Je kunt de formule voor de K-waarde ook op een andere manier uit je onderzoeksresultaten afleiden. Zie daarvoor het kader op de volgende pagina.

In die formule is
– *P* de warmtestroom door het materiaal (in W);
– *A* het materiaaloppervlak (in m^2);
– *ΔT* het temperatuurverschil tussen beide kanten van het materiaal (in °C of K).

6. *K*-WAARDES BEREKENEN

• Welke eenheid heeft de *K*-waarde van een materiaal?

• Betekent een grote *K*-waarde van een materiaal, dat het materiaal goede of dat het slechte isolerende eigenschappen heeft?

• Bereken uit je metingen bij activiteit 2 de *K*-waarde van het materiaal waarvan de modelkamer gemaakt is. (Welke aanvullende meting heb je nog nodig?)

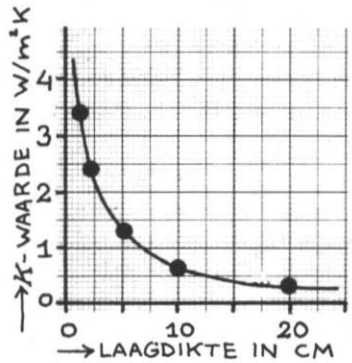
• Nu kun je uit de metingen bij activiteit 3 ook de *K*-waarden van de daar onderzochte materialen bepalen. Als je bij dat deel van activiteit 3 gewerkt hebt met de modelkamer met verwisselbare wand, moet je bij de berekening van de *K*-waar-

K-WAARDEN VAN BOUWMATERIALEN

materiaal	*K-waarde in* W/m²K
enkel glas 3 mm	*6*
dubbel glas (spouwbreedte > 20 mm)	*3*
enkelsteens baksteen muur 11 cm	*3,5*
dubbele baksteen muur (spouwbreedte 5 cm)	*1,7*
kurk 5 cm	*0,7*
aluminium 4 mm	*6*
beton 11 cm	*4,5*
hout 2 cm	*4,5-5*
polystyreen 5 cm	*1,3*
polyurethaan-schuim 5 cm	*0,9*
dubbele baksteen muur (spouwbreedte 5 cm *gevuld met pu-schuim)*	*0,7*

WARMTEWEERSTAND

Een lagere K-waarde betekent een betere isolatie. Dat klinkt wat verwarrend. Daarom gebruikt men in de praktijk ook wel de warmteweerstand *als vergelijkingsgrootheid. De warmteweerstand (symbool: R) is het omgekeerde van de K-waarde). Is de verwarring uit de beginregel hiermee opgeheven?*



K-waarde van polystyreen, afhankelijk van de laagdikte.

De K-waarde van een materiaal neemt af met de dikte ervan. Het verband tussen beide grootheden is niet met een simpele formule te beschrijven.

de even oppassen (zie ook het kader op pagina 39):
– reken uit hoe groot de warmtestroom is door de vijf vaste wanden van de modelkamer (met de formule voor de *K*-waarde, de *K*-waarde van het wandmateriaal van de modelkamer en andere meetresultaten);
– reken uit hoe groot de warmtestroom is door de zesde, verwisselbare wand en bepaal met behulp van je meetresultaten de *K*-waarde van het materiaal van deze zesde wand.
• Vergelijk je berekende *K*-waarden met uit de literatuur afkomstige waarden (zie de tabel hiernaast). Hoe groot is de afwijking tussen jouw *K*-waarden en de officiële waarden?

K-WAARDE

De formule voor de *K*-waarde als vergelijkingsgrootheid voor de isolatie van materialen kun je ook op een andere manier vaststellen dan je in activiteit 5 gedaan hebt. Uit je onderzoek bij activiteit 3 komen de volgende resultaten:

– P is recht evenredig met ΔT, dus: $\frac{P}{\Delta T}$ = constant (als A niet verandert!)

– P is recht evenredig met A, dus: $\frac{P}{A}$ = constant (als ΔT niet verandert!)

Deze beide formules samen geven:

$$\frac{P}{A.\Delta T} = \text{constante}$$

De grootte van de constante is afhankelijk van soort/dikte van het materiaal: een materiaaleigenschap dus. De constante krijgt de naam: warmtedoorgangscoëfficiënt (symbool: K) of *K*-waarde:

$$K = \frac{P}{A.\Delta T}$$

Uit deze formule kun je het verband tussen P en ΔT 'teruglezen'. Hoe doe je dat? Dezelfde vraag voor het verband tussen P en A.

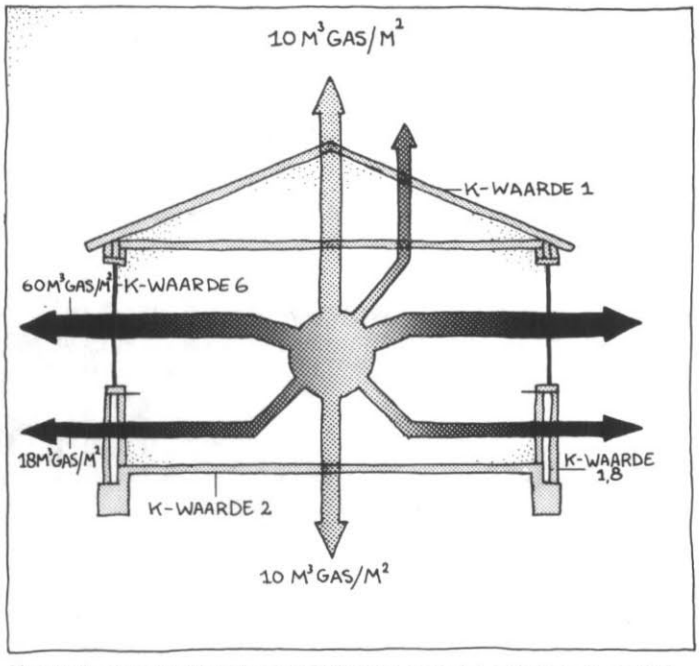
Bij isolatieberekeningen in praktijksituaties worden de *K*-waarden van bouwmaterialen gebruikt. Hoe *lager* de *K*-waarde, hoe *beter* de warmte-isolatie.
Maar met die *K*-waarde is nog iets geks aan de hand: het is geen echte materiaaleigenschap. (Waaraan kun je dat zien in de tabel met *K*-waarden?)
In praktijksituaties (en ook bij de metingen met de modelkamer) heb je niet de isolerende eigenschap van het wandmateriaal gemeten, maar van het *wandmateriaal met twee luchtlaagjes* aan weerskanten van het materiaal bij elkaar. Daardoor wordt het verband tussen warmtestroom en dikte van het materiaal wat ingewikkeld. Als je het materiaal 2 maal zo dik kiest, dan blijven de luchtlaagjes aan weerskanten van het materiaal hetzelfde. En bij slecht isolerende materialen zijn het nou net de luchtlaagjes die het best isoleren. Een verdubbeling van de wanddikte zal dan niet veel effect geven. (Een voorbeeld: de *K*-waarde van 3 mm dik glas is 5,9 W/m²K; verdubbeling van de glasdikte levert een *K*-waarde van 5,8 W/m²K – 0,1 W/m²K minder slechts).
Als je de luchtlaagjes buiten beschouwing zou laten, dan zou je de dikte ook in de *K*-waarde kunnen verwerken. Je krijgt dan een echte materiaaleigenschap als vergelijkingsgrootheid (helemaal onafhankelijk van grootheden die niets met het materiaal op zich te maken hebben, zoals temperatuurverschil, oppervlak, dikte). Alleen heeft die vergelijkingsgrootheid in praktijksituaties weinig betekenis ... .

4.3 ISOLATIEMATERIAAL KIEZEN

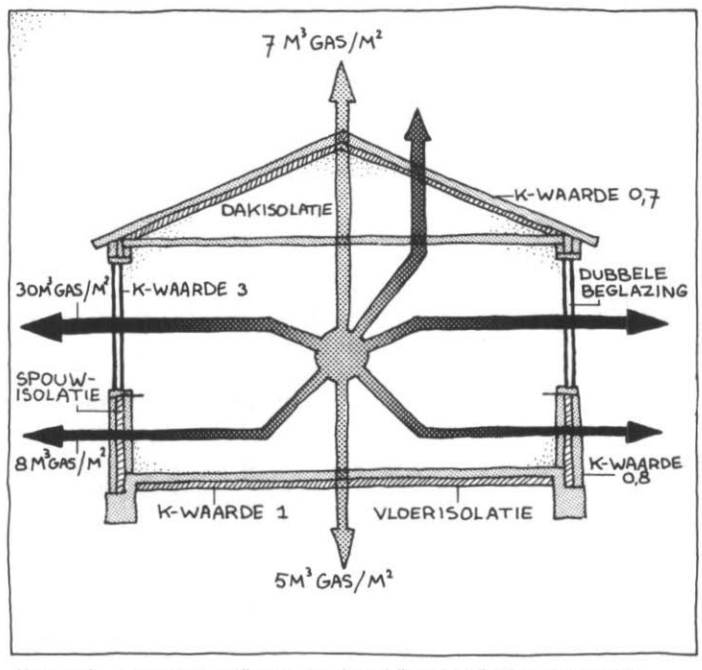
In deze paragraaf vind je een paar situaties waarin je de kennis, die je tot nu toe over warmte-isolatie hebt opgedaan, kunt gebruiken.

1. HET RESULTAAT VAN ISOLATIE-MAATREGELEN

• Hieronder is in een tweetal tekeningen het effect van een aantal isolatiemaatregelen in een woning weergegeven. Bekijk beide tekeningen goed. Zie je het verband tussen *K*-waarde en warmteverlies?



K-waarde en warmteverliezen per jaar bij een niet-geïsoleerde woning.



K-waarde en warmteverliezen per jaar bij een geïsoleerde woning.

Warmteverliezen kun je zichtbaar maken op een infraroodfoto. Op de lichtgekleurde plaatsen is de warmtestroom per m^2 het grootst (bij de ramen).

• Welke isolatiematerialen zijn gebruikt voor de isolatiemaatregelen in het huis, denk je? (Vergelijk de *K*-waarden in de linker en de rechter tekening.)

• De beide tekeningen suggereren dat het grootste warmteverlies optreedt via de ramen (ook bij toepassing van dubbele beglazing). Is deze suggestie juist? Zo nee, hoe bepaal je dan het warmteverlies via de ramen?

• Uit de gegevens in de tekeningen kun je zien, dat er een verband bestaat tussen de *K*-waarde van het bouwmateriaal en het warmteverlies per jaar door 1 m^2 van dat materiaal. Beschrijf dit verband zo nauwkeurig mogelijk.

• Je kunt het verband tussen *K*-waarde en warmteverlies, zoals dat uit de tekeningen naar voren komt, controleren. Met andere woorden: levert een *K*-waarde van 3 (dubbel glas in de rechtertekening) inderdaad een besparing van 30 m^3 gas per m^2 raamoppervlak in een jaar? Gebruik bij je controle de volgende gegevens:

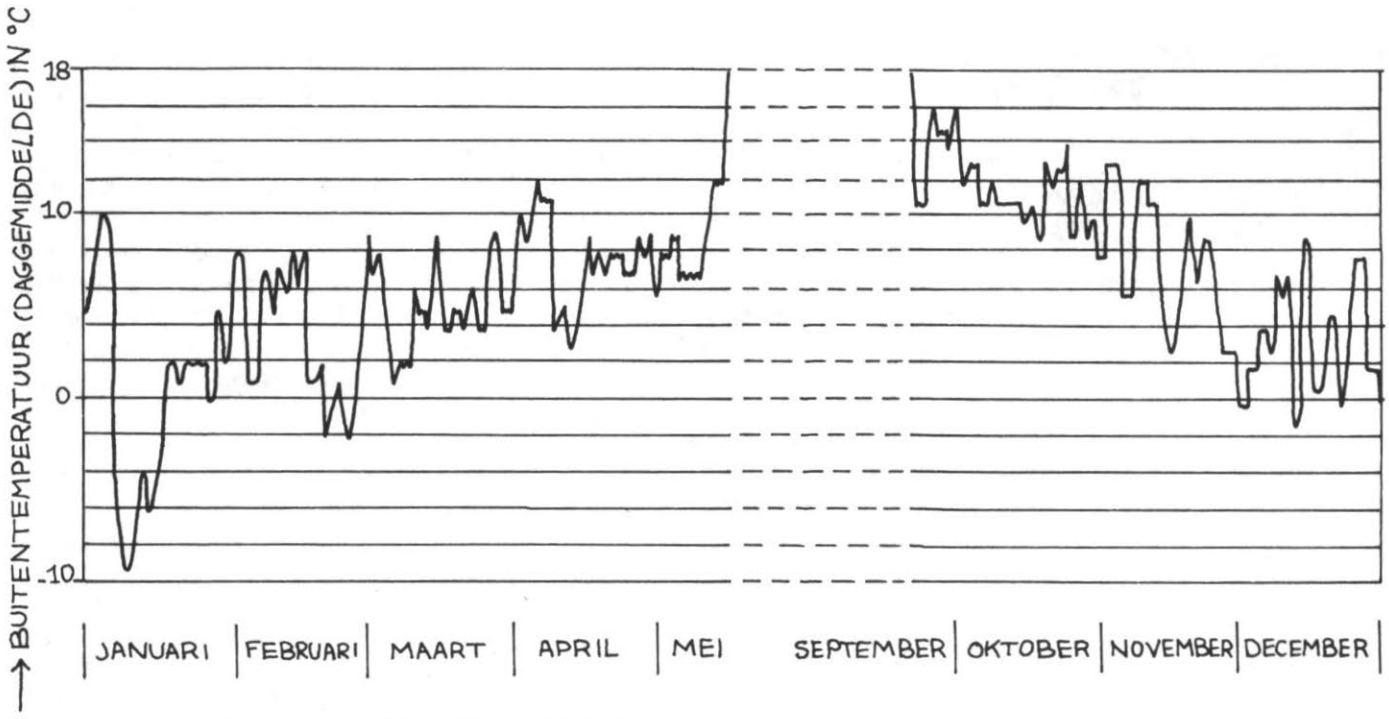
– het diagram hiernaast geeft het verloop van de buitentemperatuur (daggemiddelden) in de loop van een jaar; maak op grond van deze grafiek een *schatting* van het gemiddelde temperatuurverschil tussen 'binnen' en 'buiten' in het 'stookseizoen';

– bij de verbranding van 1 m^3 aardgas komt 30.10^6 J warmte vrij.

• In de hiernaast afgebeelde advertentie staan gegevens over de aardgasbesparing bij verschillende isolatiemaatregelen. Ga na of de gegevens uit de advertentie kloppen met de gegevens uit de tekeningen op blz. 42 met *K*-waarden en warmteverliezen bij een geïsoleerde en een niet-geïsoleerde woning.

• Bereken hoe groot de besparing is van de isolatiemaatregelen in de woning op blz. 42, uitgedrukt in energie (hoeveelheid aardgas) en geld.
Gebruik daarbij onder andere de volgende gegevens over deze woning:

– glasoppervlak 14 m^2
– muuroppervlak 32 m^2



Het verloop van de buitentemperatuur (daggemiddelden) in 1982.

ISOLATIE-TOETS

(Warm aanbevolen aan alle bewoners van een eigen huis*)

Bent u bewoner van een eigen huis? Dan hoeft dat niet te betekenen dat u er warmpjes bij zit. Zeker als uw huis nog niet of slechts gedeeltelijk is geïsoleerd. En u zoveel aan stookkosten moet betalen.

Voor u is er daarom alle reden eens te toetsen wat er in uw huis (nog) geïsoleerd kan worden. En wat u zich daarmee tot in lengte van dagen aan stookkosten kunt besparen!

Isolatie-toets

Aan de hand van de hiernaaststaande toets kunt u berekenen wat er in uw huis te isoleren valt en wat u daarmee aan stookkosten kunt besparen.

Bedenk daarbij: ieder huis is anders en iedereen heeft zo z'n eigen manier van stoken: de cijfers zijn daarom aan de voorzichtige kant. Wel heeft onderzoek vóór en na isolatie aangetoond dat de gemiddelde besparingen zo'n 6% hoger liggen.

Minder stookkosten: méér comfort!

Isolatie is een voordelige zaak. Niet alleen bespaart u daarmee het nodige aan stookkosten, u verhoogt óók het wooncomfort! Géén kou-afstralende muren en vloeren. Géén kille kamers en hoeken die het woonplezier 's winters beperken.

Want wat te denken van het comfort van dubbelglas of voorzetramen die niet meer zo gauw beslaan? Een luxe? Ja! Maar uiteindelijk een luxe die zichzelf terugbetaalt.

Hoe zit het met de kosten?

Natuurlijk brengt isolatie kosten met zich mee. Die zult u als eigenaar-bewoner zelf voor uw rekening moeten nemen. Echter: omdat u zoveel minder aan stookkosten gaat betalen kunt u die investering vaak al vrij snel terugverdienen.

Want de kosten van isolatie zijn eenmalig terwijl de stookkosten steeds weer terugkomen. Met de verwachting dat de energieprijzen in de toekomst wellicht nóg verder zullen stijgen.

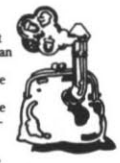
Hiernaast ziet u binnen hoeveel jaar u de kosten van isolatie weer kunt terugverdienen. Daarbij is uitgegaan van prijzen die gemiddeld voor isolatie worden berekend en de thans geldende aardgasprijs van 58,6 cent per m³.

Ziet u kans ook zélf het nodige te isoleren? Dan betaalt u alleen de materiaalkosten en komt u uiteraard nóg voordeliger uit.

Ook uw gas/energiebedrijf weet wat isolatie aan besparingen oplevert en zal u graag van advies dienen. Vaak kunt u daar regelen dat met uitgevoerde isolatievoorzieningen rekening wordt gehouden.

soort isolatie	besparing* in m³ aardgas per m² oppervlak per jaar		aantal m² dat in uw woning te isoleren is		totaal aantal m³ aardgas per jaar
Spouwmuurisolatie	10	×		=	
Dakisolatie:					
– verwarmde zolder	10	×		=	
– onverwarmde zolder	6	×		=	
Vloerisolatie	5	×		=	
Dubbelglas/voorzetramen:					
– woonkamer	30	×		=	
– slaapkamer	20	×		=	
Gevelisolatie (binnen)	9	×		=	
Leidingisolatie (per strekkende meter)	9	×		=	
Totaal aantal m³ aardgas					
Besparingen: m³ aardgas per jaar à 58,6 cent = f					

* Deze besparingscijfers gelden voor woningen waarin 3500 tot 3700 m³ aardgas per jaar wordt verbruikt.



In hoeveel jaar zijn de isolatievoorzieningen terugverdiend?		
soort isolatie	uitgevoerd door de vakman	zélf uitgevoerd
Spouwmuurisolatie	3½ jaar	
Gevelbinnenisolatie		6 jaar
Dakisolatie		
- verwarmde zolder	10 jaar	5 jaar
- onverwarmde zolder	17 jaar	8½ jaar
Vloerisolatie	10 jaar	5 jaar
Dubbelglas		
- woonkamer	12½ jaar	
- slaapkamer	19 jaar	
Voorzetramen		
- woonkamer		5½ jaar
- slaapkamer		8½ jaar
Leidingisolatie		1 jaar

waardoor uw termijnrekening verlaagd kan worden.

Kwestie van bekijken!

Misschien hebt u al een en ander laten isoleren in uw huis. Bijvoorbeeld: dubbelglas of spouwmuurvulling. In dat geval toont de toets u dat er méér te isoleren is.

En dat u – vaak tegen lágere investeringen – nog méér op stookkosten kunt besparen. Alle beetjes helpen! Daarom moet u ook eens bekijken wat u met de nodige handigheid misschien zélf kunt isoleren.

De brochure "Isolatie: Wat doen we zelf?" zal u daarbij goed van dienst zijn. Deze brochure is aan te vragen bij het ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer, Postbus 20951, 2500 EZ Den Haag.

Maak een isolatieplan

Hebt u met behulp van onze isolatie-toets uitgerekend wat u aan stookkosten kunt besparen?

Maak dan, samen met een isolatiebedrijf een isolatieplan, waarin "kosten" en "opbrengsten" duidelijk op 'n rijtje worden gezet.

Wilt u zelf het nodige isoleren? Steek dan bij een doe-het-zelf specialist uw licht eens op over materialen en kosten. Een prima basis om snel te isoleren. Om spoedig op stookkosten te kunnen besparen!

* Ook bewoners van huurwoningen biedt isolatie interessante besparingsmogelijkheden. Voor hen is de brochure "Isoleren huurwoningen" op aanvraag verkrijgbaar bij het ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer, Postbus 20951, 2500 EZ Den Haag.

Nationaal Isolatie Programma

Een publikatie van Coördinatieteam Uitvoering Voorlichting NIP (Nationaal Isolatie Programma). In dit Coördinatieteam zitten vertegenwoordigers van de ministeries van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer en van Economische Zaken, de Vereniging van Nederlandse Gemeenten, de NV Nederlandse Gasunie, het Bouwcentrum, Stichting Voorlichting Energiebesparing Nederland, Vereniging van Exploitanten van Gasbedrijven in Nederland, Nationale Woningraad, Nederlands Christelijk Instituut voor Volkshuisvesting, Stafbureau Nationaal Isolatie Programma, Stafbureau Iso-Noord Assen en Stafbureau Provinciaal Isolatieprogramma Limburg.

– vloeroppervlak 35 m²
– dakoppervlak 40 m²

• Isoleren betekent het verkleinen van de warmtestroom door de wanden van een huis door het verlagen van de *K*-waarde. De formule voor de *K*-waarde kun je namelijk ook schrijven als:

$P = K.A.\Delta T$

Een kleinere *K*-waarde bij gelijke *A* en ΔT betekent een kleinere warmtestroom *P*.

Welke andere mogelijkheid zie je (op

Het aanbrengen van een voorzetraam.

grond van de formule voor *P* op pagina 43) voor het verkleinen van de warmtestroom door de wanden *in een bestaand huis*. En voor een huis dat *nog gebouwd moet worden*?

- Ga met behulp van de advertentie (de 'isolatie-toets') eens na hoe groot de energiebesparing zou kunnen zijn in het huis, waarin je zelf woont. Welke isolatiemaatregelen zijn al genomen? Welke kunnen nog genomen worden en welke niet? Hoe groot is de energiebesparing die dat oplevert? Hoeveel is dat, uitgedrukt in geld?
- Bereken de terugverdientijd voor het aanbrengen van isolatiematerialen (bijv. voorzetramen). Gebruik voor de kosten van isolatiemateriaal gegevens uit de tabel hieronder. Kloppen de berekende terugverdientijden met die uit de advertentie?
- Het nemen van isolatiemaatregelen kost energie: in het geval van het aanbrengen van voorzetramen bijv. is energie nodig om het extra glasoppervlak te produceren, vervoeren enz. Als de hoeveelheid energie die nodig is voor het aanbrengen van zo'n voorzetraam groter is dan de energiebesparing die het oplevert, dan is er eigenlijk geen energiebesparing.

Bereken de tijd waarin de in een voorzetraam *geïnvesteerde energie* wordt terugverdiend via een lager energiegebruik in de woning. De 'energie-inhoud' (de geïnvesteerde energie) van glas is zo'n 170 MJ/m^2.

- Als je een keuze zou moeten maken tussen het wèl of níet aanbrengen van voorzetramen, wat doe je dan?

Welke argumenten heb je voor die keuze?

En als je beslist om het wèl te doen, wat is dan de belangrijkste beweegreden: de tijd waarin het geïnvesteerde geld zichzelf terugverdient of de tijd waarin de geïnvesteerde energie zichzelf terugverdient via een lager energiegebruik in huis (of misschien nog iets anders)?

In 1983 wordt de gasprijs tenminste f 0,59 per m^3, in 1992 verwachten we een gasprijs van f 1,19. Dit geeft een gemiddelde van f 0,86 per m^3. Over de jaren 1983 tot 1993 zijn dus gemiddeld de volgende rendementen bereikbaar.
N.B. Hierbij is geen rekening gehouden met renteverlies en afschrijving.

Isolatie-activiteiten zelf doen	besparing m^3 gas per m^2 oppervlak in f per jaar		kosten materiaal per m^2 oppervlak	kosten minus subsidie	rendement excl. subs.	rendement incl. subs.	nevenargumenten
	m^3	f	f	f	%/jr	%/jr	
VOORZETRAMEN (25%)							
slaapkamer	15	12,90	95,00	71,25	14	18	comfortverbetering, waaronder minder condens, minder koude straling
woonkamer	30	25,80	95,00	71,25	27	36	
GEVELISOLATIE (30%) muren aan de binnenzijde	9	7,74	21,00	14,70	37	52	minder koudestraling
DAKISOLATIE (30%)							
verwarmde zolder	11	9,46	22,00	15,40	43	61	
onverwarmde zolder	5	4,30	22,00	15,40	20	28	
VLOERISOLATIE (30%)	5	4,30	10,00	7,00	43	61	
LEIDINGISOLATIE	9m'	7,74	5,-/8,-	-	± 100	-	

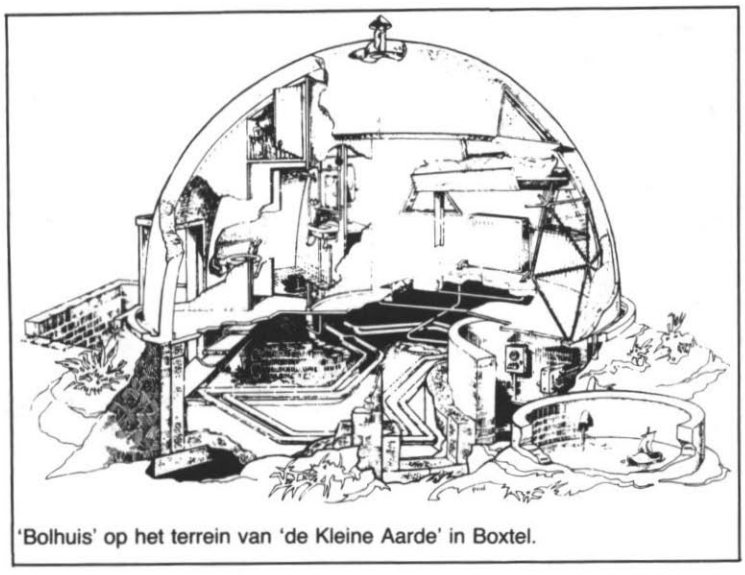
Bron: 'Energie tot welke prijs?', uitgave FNV (Federatie Nederlandse Vakbeweging), 1983.

2. VORM EN BUITENOPPERVLAK VAN EEN WONING

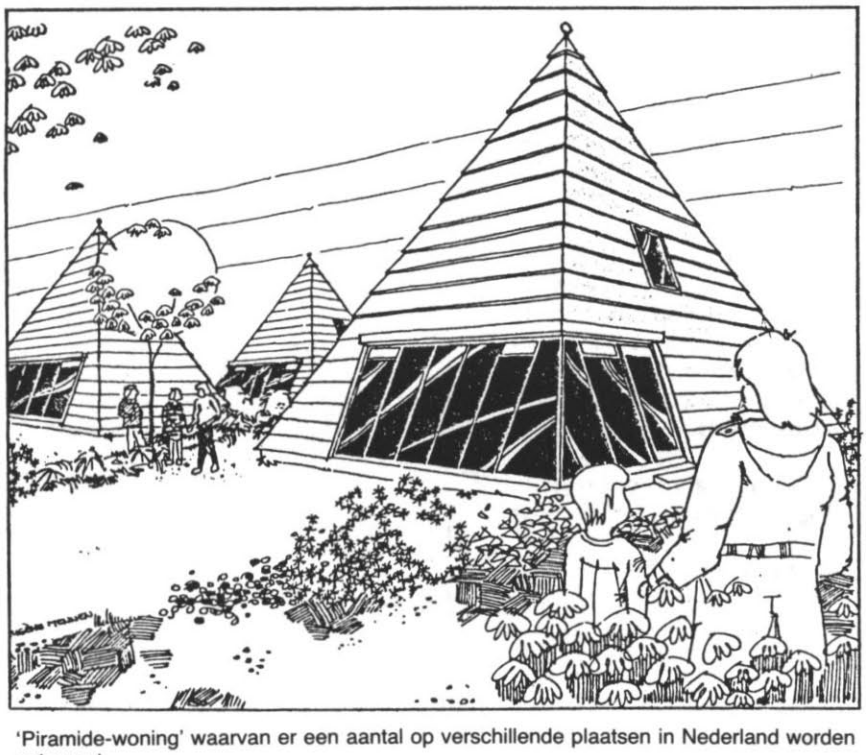
Het buitenoppervlak van een woning is van invloed op de grootte van de warmtestroom door de wanden (en daarmee op het energiegebruik). Om een zo laag mogelijk energiegebruik te bereiken, zou het oppervlak zo klein mogelijk moeten zijn.

In de tekeningen op pagina 45 zie je een paar 'afwijkende' vormen van huizen. Deze vormen zijn gekozen vanuit een oogpunt van energiebesparing via een zo klein mogelijk oppervlak.

Als je het (buiten)oppervlak van een bolhuis, een piramidewoning en een 'normaal' (bijv. blokvormig, of makkelijker: kubusvormig) huis onderling wilt vergelij-



'Bolhuis' op het terrein van 'de Kleine Aarde' in Boxtel.



'Piramide-woning' waarvan er een aantal op verschillende plaatsen in Nederland worden gebouwd.

ken, welke grootheid moet dan bij alle drie de huizen hetzelfde zijn (als je eerlijk wilt vergelijken)?
Voer die vergelijking uit.
Heeft een bolhuis of een piramidewoning inderdaad voordelen vanuit een oogpunt van energiebesparing?

Zou je zelf in zo'n huis willen wonen? Wat zijn de voor- en nadelen ervan, denk je? Zijn er nog andere voor- en nadelen van deze woningvorm als je wat verder kijkt dan alleen naar je eigen woongemak?

3. RECLAME MET ONDERZOEKSRESULTATEN

Zou de volgende 'advertentie' je overtuigen van de goede isolerende eigenschappen van een nieuw op de markt gebracht materiaal voor dakisolatie?

- Welke kritiek heb je op de inhoud van de 'advertentie'?
- Denk je dat je die kritiek óók gehad zou hebben, als je niet aan dit hoofdstuk

over warmte-isolatie gewerkt had? (Probeer de 'advertentie' eens uit op je klasgenoten, andere leerkrachten, je ouders.)

4. RECLAME CONTROLEREN

Ga na of de in de op pagina 47 weergegeven advertentie genoemde jaarlijkse besparing van 51 m^3 aardgas per m^2 beglazing klopt met de gegevens en berekeningen uit activiteit 1.

Thermoplus Prestige.
Beglazing die net zo goed isoleert als een stenen spouwmuur.

Met Thermoplus Prestige kunt u eindelijk, zonder energieverspilling, een deel van de muren van uw woning eenvoudigweg door glas vervangen.
Dit betekent meer licht, meer zon en meer zicht op de natuur.
In feit isoleert Thermoplus net zo goed als een dubbele muur.
Een muur 43,5 cm dik, bestaande uit 2 wanden, met een luchtspouw, die een isolatie coëfficient k van 1,6 heeft.

43.5cm

2.5cm

Ook Thermoplus bestaat uit 2 wander (van glas) maar de lucht in de ruimte ertussen werd vervangen door een nog beter isolerend gas. Bovendien is op een van de glasbladen een doorzichtige metaallaag aangebracht, die het isolerend vermogen nog vergroot.
Op deze manier wordt eveneens een k coëfficiënt van 1,6 bereikt.

Een ideale termische bescherming.

Thermoplus verzekerk u, met enkel glas vergeleken, een jaarlijkse besparing van minstens 51 m^3 aardgas per m^2 beglazing. De koude zones dichtbij de ramen verdwijnen; dit betekent een totaal nieuwe ervaring van komfort.

Wie Thermoplus kiest, kiest voor prestigieus komfort en energiebesparing!

De reflekterende metaallaag geeft aan de beglazing Thermoplus Prestige een aspekt met een zachte blauwe schijn: het teken van een onbetwistbare klasse. Het zicht door Thermoplus Prestige is aangenamer daar de kontrasten verzacht worden. De toekomstige eigenaar en de architekt krijgen hierdoor nieuwe uitdrukkingsmogelijkheden.

Gaarne toezending van dokumentatie Thermoplus.
Naam _____
Beroep _____
Adres _____
E.H.

THERMO + PRESTIGE

Glaverbel *Steeds vooraan inzake glasisolatie*

REVO handelsonderneming
Nieuwe Parklaan 9 - Den Haag
Tel. (070) 51 41 31*

Rapporteren

Je hebt nu veel geleerd over warmte-isolatie in woningen. Je bent bezig geweest met het (eerlijk) vergelijken van de warmte-isolerende eigenschap van (bouw)materialen. Nu wordt het tijd om na te denken over wat je van dat alles aan je medeleerlingen gaat rapporteren en hoe je dat gaat doen.
Hieronder staan een aantal punten waar je op kunt letten bij het voorbereiden van die rapportages, zowel wat betreft de inhoud als de vorm van de rapportage.

inhoud
- Wàt vergelijk je en waarom doe je dat?
- Hóe vergelijk je (eerlijk) en wat voor resultaten levert dat op; wat is er goed gegaan en wat is er misgelopen?
- Hoe hebben jullie de taken verdeeld?
- Welke vergelijkingsgrootheid heb je gevonden als gevolg van de onderzoeksresultaten; hoe kun je die vergelijkingsgrootheid in de praktijk gebruiken.

vorm
- Vertel rustig.
- Gebruik het bord, een overhead-projector, grote vellen papier enz. om je verhaal te ondersteunen met tekeningen, (diagrammen van) meetresultaten, enz.; demonstreer het werken aan een meetopstelling (maar pas op, dat dit niet teveel tijd vraagt!).
- Betrek de luisterende medeleerlingen bij je verhaal door af en toe vragen te stellen (of vragen te laten stellen).
- Maak een duidelijke taakverdeling: wìe uit je groep doet wàt tijdens de rapportage.

hoofdstuk 5

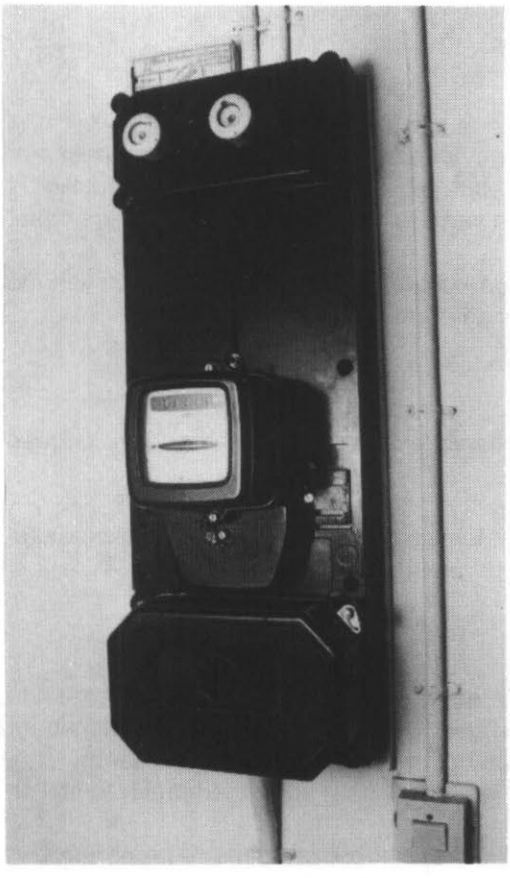
ELEKTRICITEIT IN HUIS

inhoud blz.

5.1	de elektrische huisinstallatie	49
5.2	warmte-ontwikkeling in een elektriciteitsdraad	50
5.3	beveiliging tegen brandgevaar	52
5.4	leidingweerstand en warmte-ontwikkeling	56

elektriciteit in huis

De elektrische installatie in een woning is op een aantal manieren beveiligd. Bij die beveiligingen gaat het om het voorkómen van stroomdoorgang door je lichaam, en om het voorkómen van een te grote stroomsterkte en daarmee gepaard gaande warmte-ontwikkeling in de leidingen. Een te grote stroomsterkte in de leidingen kan brand veroorzaken.
In dit hoofdstuk ga je na op welke manieren een te grote stroomsterkte in de leidingen ontstaat, en welke beveiligingsmaatregelen daartegen genomen worden. Maar ook bij normaal gebruik van de elektrische installatie moet de warmte-ontwikkeling binnen de perken gehouden worden. De doorsnede van de elektriciteitsleidingen blijkt daarbij een belangrijke grootheid te zijn.

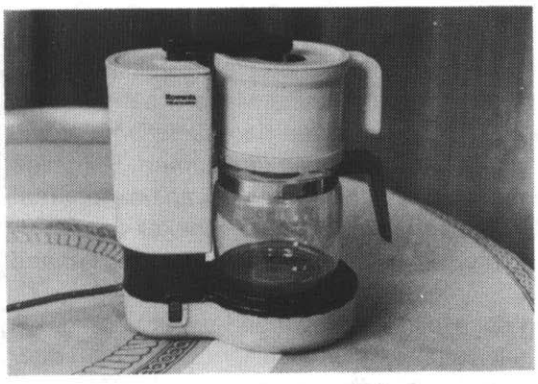


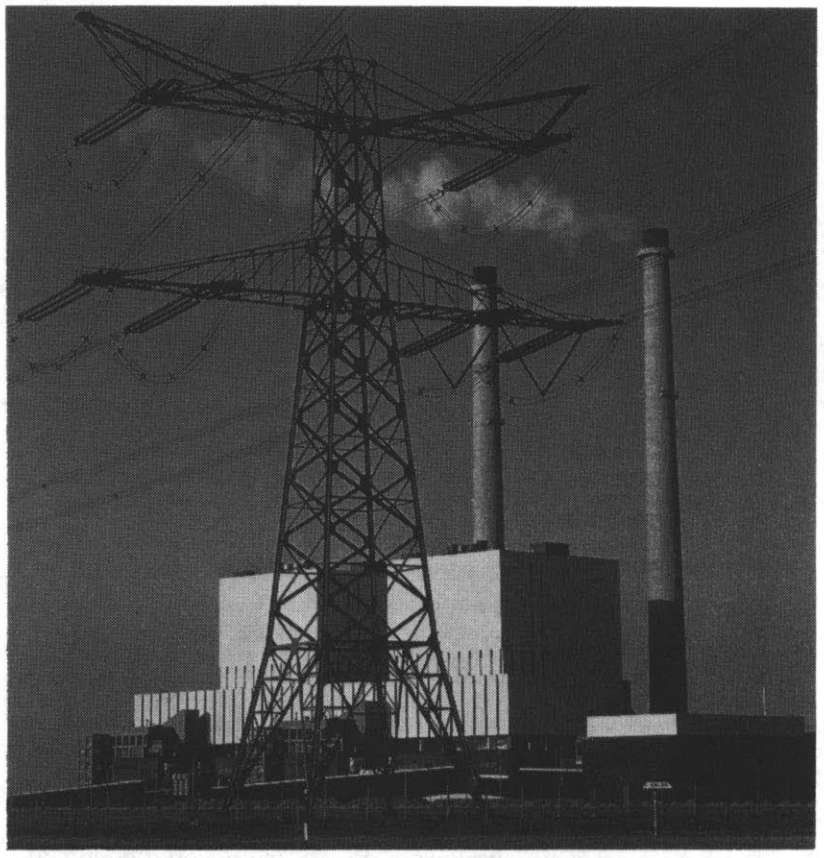
5.1 DE ELEKTRISCHE HUISINSTALLATIE

In woningen wordt elektriciteit gebruikt: voor verlichting, verwarming (strijkijzer, broodrooster, enz.) en om motoren te laten draaien (mixer, stofzuiger, boormachine, enz.).
Elektriciteit – of beter: elektrische energie – wordt geleverd door het elektriciteitsbedrijf. Elektrische energie wordt opgewekt in de elektriciteitscentrale en via het distributienet naar gebruikers getransporteerd.
In een woning moet die elektrische energie getransporteerd worden naar elektrische apparaten en lichtpunten, die zich op allerlei plaatsen in de woning kunnen bevinden. Het stelsel van leidingen en andere voorzieningen als schakelaars, wandcontactdozen, enz. is een distributienet op kleine schaal: de *huisinstallatie*.

huisinstallatie

Elektriciteit in huis kan gevaar opleveren. De twee grootste gevaren van elektriciteit zijn:
- persoonlijke ongevallen ten gevolge van stroom, die door het lichaam gaat;
- het ontstaan van te hoge temperaturen, mogelijk zelfs brand, ten gevolge van een te grote warmte-ontwikkeling in de elektriciteitsleidingen en aangesloten apparaten.





Hoogspanningsleiding voor het transport van elektrische energie van de centrale naar de gebruikers.

De huisinstallatie is op een aantal manieren zodanig *beveiligd* dat de kans op ongelukken zoals hierboven zo klein mogelijk is. Er zijn daarvoor door de elektriciteitsbedrijven een groot aantal voorschriften opgesteld, waaraan een huisinstallatie moet voldoen. Leidingen, schakelaars, wandcontactdozen, enz. zijn omgeven door *isolatiemateriaal*, zodat het aanraken van de elektriciteitsleidingen nauwelijks kan voorkomen. Sommige apparaten worden aangesloten op een *aardleiding*, zodat het omhulsel van het apparaat niet 'onder spanning' kan komen te staan. En een *aardlekschakelaar* schakelt onmiddellijk de hele huisinstallatie uit, als er ondanks die veiligheidsmaatregelen toch nog iemand contact maakt met de elektriciteitsleidingen.
Het ontstaan van te hoge temperaturen in de elektriciteitsleidingen wordt voorkomen door *zekeringen*, door de splitsing van de huisinstallatie in verschillende *groepen*, door voorschriften voor de *doorsnede van de elektriciteitsleidingen*, enz.
In dit hoofdstuk ga je dieper in op dit laatste punt: waardoor ontstaan te hoge temperaturen in elektriciteitsleidingen, en welke veiligheidsmaatregelen zijn er genomen om dit te voorkómen.

5.2 WARMTE-ONTWIKKELING IN EEN ELEKTRICITEITSDRAAD

Als je een elektrisch apparaat inschakelt, gaat er een stroom lopen door de elektriciteitsleidingen, het aansluitsnoer en het apparaat zelf. Die stroom levert warmte: de temperatuur van de leiding stijgt iets. (Probeer maar of je dat kunt voelen.)
De eerste vraag is, van welke grootheden die warmte-ontwikkeling afhangt.

1. WAMTE-ONTWIKKELING EN ELEKTRISCHE STROOM

• Van welke grootheden zal de warmte-ontwikkeling in een elektriciteitsdraad afhangen, denk je?
• Bij het volgende onderzoek beperk je je tot de afhankelijkheid tussen de warmte-ontwikkeling en
– de grootte van de stroom door de draad (stroomsterkte);
– de tijd dat er stroom door de draad loopt.

Maak een meetplan voor het onderzoek naar het verband tussen de warmte-ontwikkeling en de hierboven genoemde grootheden. (In het kader op pagina 51 vind je zonodig wat aanwijzingen.)

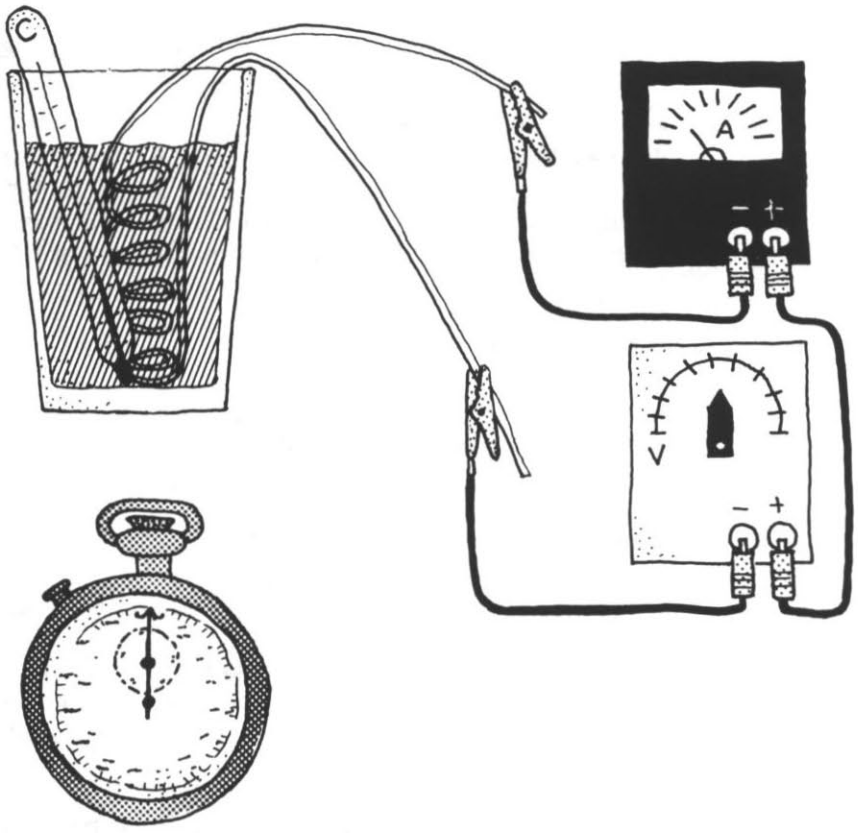
MEETPLAN

Denk bij het opstellen van je meetplan aan de volgende punten:
– Wat is je werkvraag?
– Welke grootheid verander je; hoe doe je dat?
– Welke grootheden meet je; hoe doe je dat?
– Welke grootheden hou je constant; hoe doe je dat?

wat aanwijzingen.)
Bespreek het meetplan in je groep en met je leerkracht.
• Denk, voordat je met meten begint, eerst na over het meetresultaat dat je verwacht. Schrijf deze veronderstellingen (hypothesen) over de uitkomsten van het onderzoek op.
• Maak zonodig een taakverdeling (wie uit je groep onderzoekt wat?) en ga aan de slag met je onderzoek. Schrijf je meetresultaten duidelijk op (gebruik tabellen/diagrammen): de andere leden van de groep moeten straks kunnen begrijpen wat je gedaan/gevonden hebt.

WARMTE-ONTWIKKELING METEN

Voor het onderzoek naar de warmte-ontwikkeling in een elektriciteitsdraad kun je de hieronder weergegeven opstelling gebruiken.



De (in een spiraal gewonden) elektriciteitsdraad is aangesloten op een regelbare spanningsbron. Daarmee kun je de grootte van de stroom (de stroomsterkte) in de draad variëren. Die stroomsterkte meet je met een stroommeter (ampèremeter). De warmte-ontwikkeling in de stroomdraad meet je door de spiraal in een – warmtegeïsoleerde – beker met water te plaatsen. De temperatuur*stijging* van het water is een maat voor de warmte-ontwikkeling in de elektriciteitsdraad.

• Als er taken verdeeld zijn, rapporteer dan na afloop van jouw deel van het onderzoek aan de andere leden van de groep, die aan een ander deel van het onderzoek gewerkt hebben. Wissel onderling je ervaringen, meetresultaten en conclusies uit. Zijn de conclusies in overeenstemming met de veronderstellingen (hypothesen), die je eerder hebt opgeschreven?

2. WARMTE—ONTWIKKELING IN VERSCHILLENDE DRADEN VERGELIJKEN

In activiteit 1 heb je onderzocht hoe de warmte-ontwikkeling in *één* draad afhangt van de stroomsterkte in de draad en de tijd dat er stroom doorheen loopt. Nu ga je onderzoeken wat de invloed is van de lengte en de doorsnede (= het *oppervlak* van de dwarsdoorsnede) van de draad op de warmte-ontwikkeling.

• Maak een meetplan voor dit onderzoek. (In het kader op pagina 52 vind je zonodig wat aanwijzingen.)
Bespreek het meetplan in je groep en met je leerkracht.

• Denk, voordat je met meten begint, eerst na over meetresultaat dat je verwacht. Schrijf deze veronderstellingen (hypothesen) over de uitkomsten van het onderzoek op.

• Maak zonodig een taakverdeling. Schrijf je meetresultaten duidelijk op.

WARMTE-ONTWIKKELING IN VERSCHILLENDE DRADEN
De meetopstelling kan hetzelfde zijn als die bij activiteit 1.
Gebruik bij het onderzoek drie verschillende draden, maar wel van hetzelfde materiaal. Draad 2 heeft dezelfde doorsnede als draad 1, maar is bijvoorbeeld vier maal zo lang. Draad 3 is even lang als draad 1, maar de doorsnede is bijvoorbeeld twee maal zo groot.
Denk goed na over de manier waarop je de warmte-ontwikkeling in deze drie draden eerlijk met elkaar vergelijkt!

- Als er taken verdeeld zijn, rapporteer dan na afloop van jouw deel van het onderzoek aan de andere leden van de groep, die aan een ander deel van het onderzoek gewerkt hebben. Wissel onderling je ervaringen, meetresultaten en conclusies uit. Zijn de conclusies in overeenstemming met de veronderstellingen (hypothesen), die je eerder hebt opgeschreven?

5.3 BEVEILIGING TEGEN BRANDGEVAAR

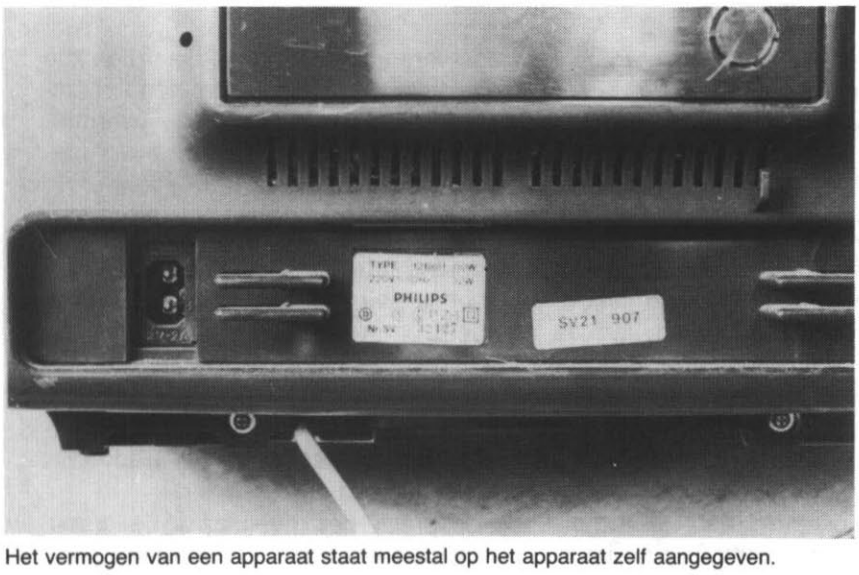
In de vorige paragraaf heb je gezien, dat de warmte-ontwikkeling in een elektriciteitsdraad onder andere afhangt van de stroomsterkte in die draad: hoe groter de stroomsterkte, hoe groter de warmte-ontwikkeling.

stroomsterkte in een huisinstallatie

vermogen

Hoe groot is nu de stroomsterkte in de elektriciteitsdraden van een huisinstallatie? Je kunt dat vrij eenvoudig uitrekenen, als je het *vermogen* van de aangesloten apparaten weet. Het vermogen van een (elektrisch) apparaat is de hoeveelheid elektrische energie, die het apparaat *per seconde* gebruikt. Het vermogen wordt uitgedrukt in de eenheid watt (afgekort: W). Lampen en (andere) elektrische apparaten kunnen een verschillend vermogen hebben.

1. HET VERMOGEN VAN ELEKTRISCHE APPARATEN



Het vermogen van een apparaat staat meestal op het apparaat zelf aangegeven.

Maak een lijst van de verschillende elektrische apparaten bij je thuis. Noteer bij elk apparaat het vermogen.

netspanning

Een lamp met een vermogen van 100 W geeft meer licht dan een lamp van 40 W. Beide lampen branden op dezelfde spanning (namelijk de *netspanning* in een huisinstallatie: 220 V). In de lamp met een vermogen van 100 W loopt echter een grotere stroom. De grootte van die stroom (de stroomsterkte) reken je uit met behulp van het verband tussen vermogen (P), spanning (V) en stroomsterkte (I):

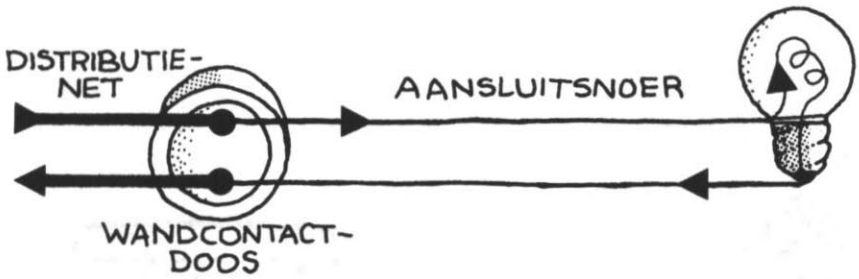
$$P = V \cdot I$$

2. DE STROOMSTERKTE DOOR ELEKTRISCHE APPARATEN

Bereken met behulp van de formule voor *P* op pagina 52 de stroomsterkte in de apparaten uit de lijst van activiteit 1.

Schrijf het resultaat van je berekeningen overzichtelijk op.

Apparaten met een verschillend vermogen 'vragen' een verschillende stroomsterkte. Hoe groter het vermogen, hoe groter de stroomsterkte in het apparaat. Wasmachines, straalkachels en boilers zijn in huis de apparaten, die de meeste stroom vragen. De stroomsterkte, die in een apparaat loopt, loopt ook in de leidingen. Het apparaat en de aan- en afvoerleidingen zijn namelijk in serie geschakeld. Een apparaat dat veel stroom vraagt zal dus voor een grotere warmte-ontwikkeling in de elektriciteitsleidingen zorgen dan een apparaat met een laag vermogen.

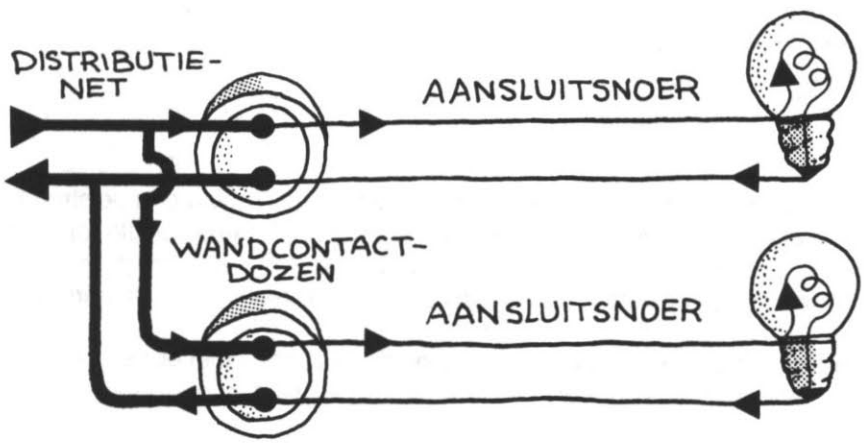


Elektriciteitsleiding en apparaat zijn in serie geschakeld: de stroomsterkte in de leiding en in het apparaat is even groot.

3. AANSLUITSNOEREN VERGELIJKEN

- Zorg dat je een paar korte stukken aansluitsnoer te pakken krijgt voor een schemerlamp en voor bijv. een wasmachine (of een ander aparaat met een groot vermogen). Bekijk de dwarsdoorsnede goed en schrijf de verschillen op tussen beide snoeren.
- Leg uit wat de reden is van het verschil in doorsnede tussen de elektriciteitsdraden in beide snoeren. Maak daarbij gebruik van wat je tot nu toe over de warmte-ontwikkeling in elektriciteitsdraden hebt geleerd.

In een huisinstallatie zijn alle aangesloten elektrische apparaten parallel geschakeld. Hoe meer apparaten worden ingeschakeld, hoe groter de stroom die door (een deel van) de leidingen loopt. En dus ook: hoe meer warmte er in die leidingen ontwikkeld wordt.

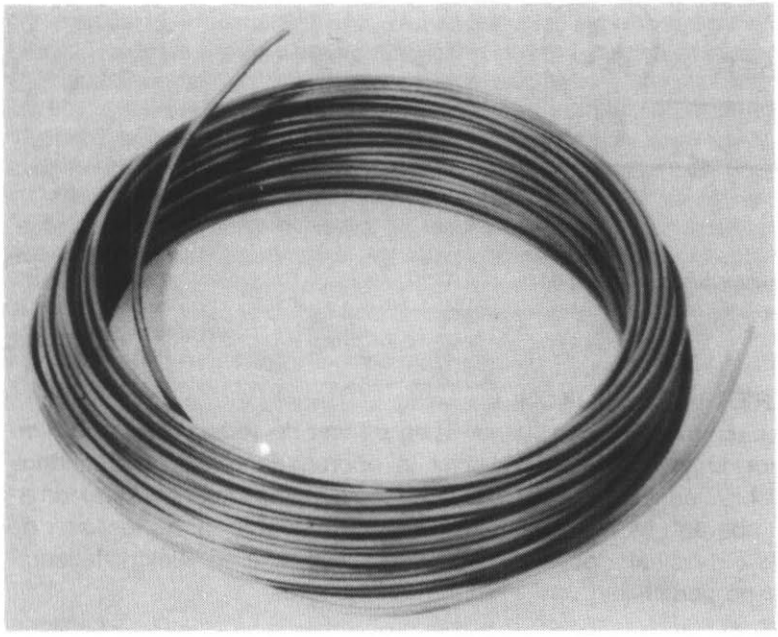


Apparaten zijn parallel geschakeld: de stroomsterkte in de leidingen van het distributienet wordt groter naarmate meer apparaten ingeschakeld zijn.

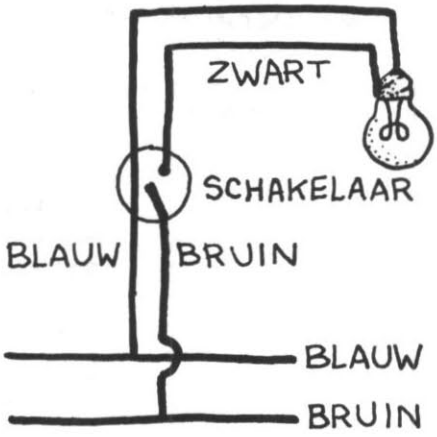
4. INSTALLATIEDRAAD

• Zorg dat je een paar korte stukken installatiedraad te pakken krijgt. (Installatiedraad wordt gebruikt voor de elektriciteitsleidingen vanaf de meterkast naar wandcontactdozen, lichtpunten, enz.).
Vergelijk de doorsnede van de elektriciteitsleidingen in de installatiedraad (blauwe of bruine isolatie) met die van de leidingen in de snoeren van activiteit 3.
Welke verschillen zie je?
Leg uit wat de reden is van de verschillen in doorsnede.

• Vergelijk de doorsnede van de elektriciteitsleiding in zwart geïsoleerd installatiedraad met die in blauw of bruin geïsoleerd installatiedraad.
Welk verschil zie je?
Leg uit wat de reden voor dat verschil is.
(Daarbij moet je gebruik maken van de functie van de zwart geïsoleerde installatiedraad in een huisinstallatie: deze draad wordt gebruikt om een schakelaar en een lichtpunt te verbinden, zoals je kunt zien in de afbeelding hieronder.)



Installatiedraad.



zekeringen en groepenindeling

In een huisinstallatie vind je leidingen met verschillende doorsnede. Hoe groter de stroomsterkte in de leiding kan worden, hoe groter de doorsnede. Daardoor wordt de warmte-ontwikkeling (die groter wordt bij toenemende stroomsterkte) binnen de perken gehouden (want: de warmte-ontwikkeling daalt bij groter wordende doorsnede). Ondanks deze veiligheidsmaatregelen kan het toch nog gebeuren, dat de stroomsterkte in de leidingen zo groot wordt, dat er brandgevaar aanwezig is door een te grote warmte-ontwikkeling. Dit gevaar treedt op bij

- overbelasting;
- kortsluiting.

overbelasting

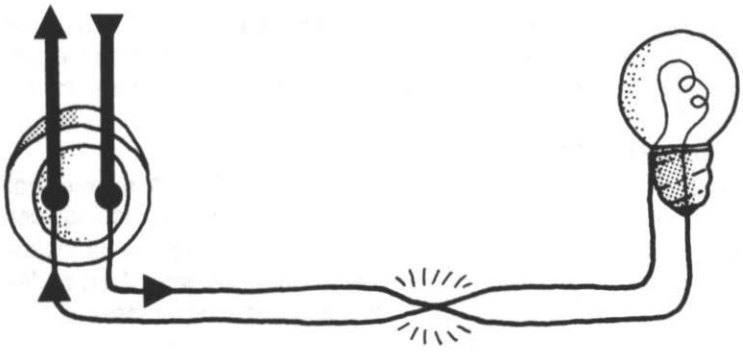
Hoe meer (parallel geschakelde) apparaten worden ingeschakeld, hoe groter de stroomsterkte in (een deel van) de leidingen. Vooral het tegelijkertijd ingeschakeld zijn van apparaten die veel stroom vragen (wasmachine en straalkachel bijv.), zorgt voor een grote warmte-ontwikkeling in de elektriciteitsleidingen. De huisinstallatie raakt dan *overbelast*.

kortsluiting

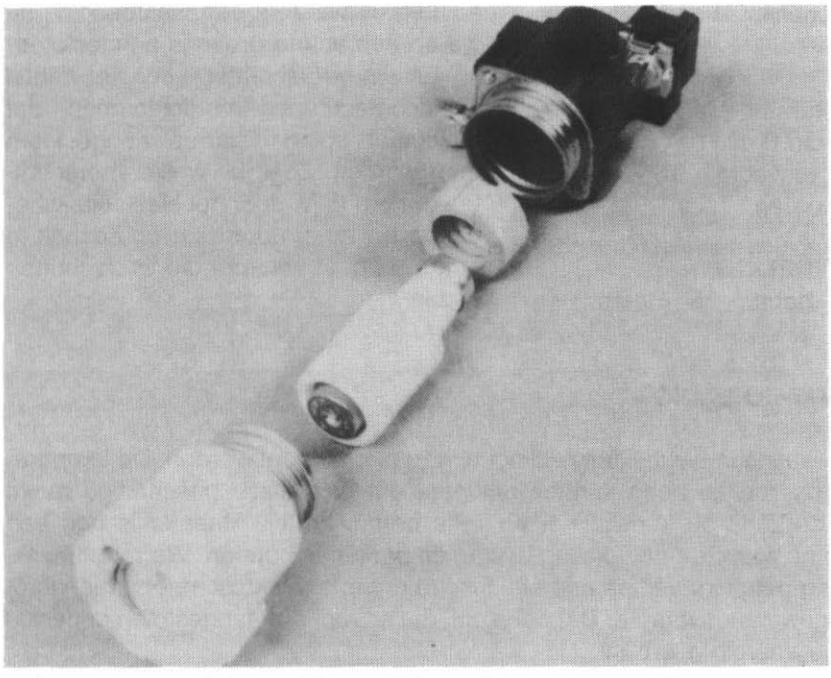
Bij *kortsluiting* maken de aan- en afvoerdraad ergens direkt contact met elkaar. Dat leidt tot stroomsterktes van 100 A en meer. De warmte-ontwikkeling is dan zeer groot in vergelijking met die bij een normaal gebruik.

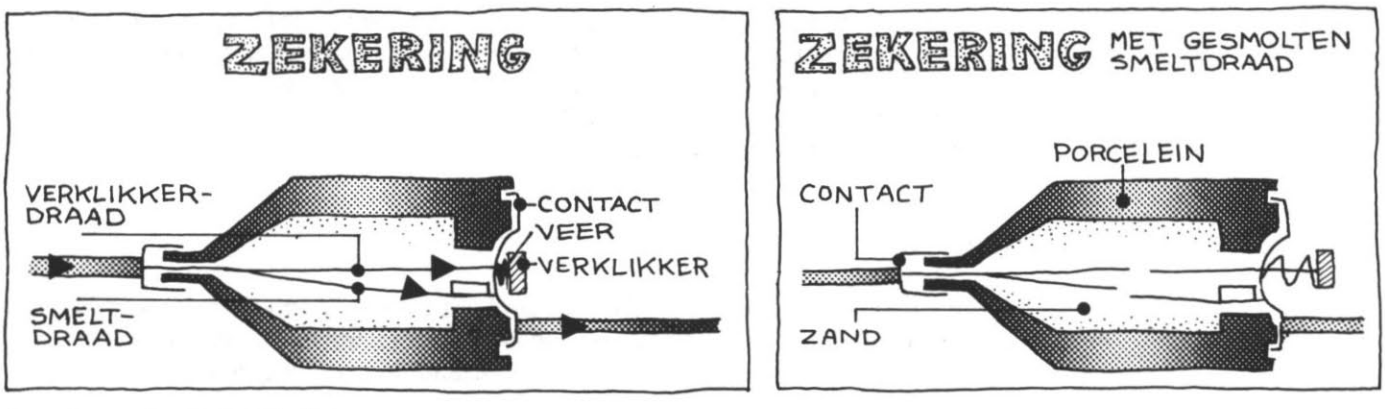
zekering

De huisinstallatie is tegen te grote stroomsterktes beveiligd met een *zekering*. Een zekering is een dunne koperen draad, die in de elektriciteitsleiding is opgenomen. Als



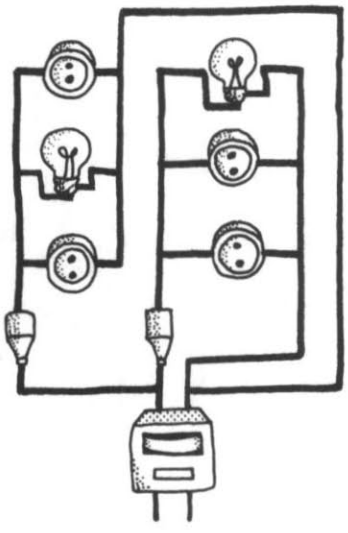
Kortsluiting.





Langsdoorsnede van een zekering.

de stroom door de zekering (en de elektriciteitsleiding) boven een bepaalde waarde komt, wordt de warmte-ontwikkeling in de koperdraad van de zekering zo groot, dat deze doorsmelt. Een zekering is dus een schakelaar, die de huisinstallatie uitschakelt bij een te grote stroomsterkte in de leidingen (als gevolg van overbelasting of kortsluiting). In een huisinstallatie worden tegenwoordig meestal zekeringen van 16 A gebruikt. Vroeger werden ook wel zekeringen van 6 en 10 A gebruikt.
Bij normaal gebruik is de totale stroomsterkte in een huisinstallatie tegenwoordig vaak



Huisinstallatie met twee groepen.

hoger dan 16 A. Om te voorkomen dat dan de zekering steeds zou doorsmelten, is de huisinstallatie gesplitst in twee of meer *groepen*. Een huisinstallatie bestaat dus eigenlijk uit twee of meer distributienetten naast elkaar, elk beveiligd met een aparte zekering.

5. DE SMELTDRAAD VAN EEN ZEKERING

- Maak eens een (doorgesmolten) zekering open en vergelijk de doorsnede van de smeltdraad met de doorsnede van de leiding in installatiedraad. Verklaar het verschil in doorsnede.
- Wat verwacht je voor het verschil in doorsnede van de smeltdraden in zekeringen van 6, 10 en 16 A?
Controleer zo mogelijk je voorspelling.

6.

Leg uit waarom huisinstallaties vroeger met zekeringen van 6 of 10 A beveiligd waren, terwijl tegenwoordig 16 A-zekeringen gebruikt worden.

7. GROEPENINDELING

- Bij normaal gebruik is de totale stroomsterkte in een huisinstallatie wel eens groter dan 16 A. Een oplossing voor dit probleem is de splitsing van de installatie in twee of meer groepen. Een andere oplossing zou kunnen zijn: het installeren van zekeringen van bijv. 32 A. Geef een reden waarom niet voor deze laatste oplossing gekozen wordt.
- Leg uit waarom een wasmachine altijd op een aparte groep is aangesloten.
- Er zijn voorschriften voor het aantal wandcontactdozen en lichtpunten, dat maximaal op één groep aangesloten mag worden. Zoek uit welke voorschriften dat zijn (bijv. door het elektriciteitsbedrijf te bellen of door daar op bezoek te gaan). Leg uit waarom die voorschriften er zijn.

5.4 LEIDINGWEERSTAND EN WARMTE-ONTWIKKELING

De warmte-ontwikkeling in elektriciteitsleidingen mag niet te groot worden. De temperatuur van de leiding zou zo hoog kunnen oplopen, dat de isolatie beschadigd raakt. Daardoor wordt de kans op kortsluiting, en zelfs brand, groter. Maar er is nog een andere reden om de warmte-ontwikkeling binnen de perken te houden. Warmte-ontwikkeling in de leiding betekent verlies aan elektrische energie: elektrische energie wordt omgezet in (niet gewenste) warmte. Dat betekent, dat er voor het aangesloten apparaat minder elektrische energie overblijft.
Hoe groot is de warmte-ontwikkeling in elektriciteitsleidingen nu precies? Met welke warmtebronnen die je kent (lampen bijv.), kun je die warmte-ontwikkeling vergelijken? Je weet, dat de warmte-ontwikkeling (en dus het verlies aan elektrische energie) in een elektriciteitsleiding onder andere afhangt van de stroomsterkte, de doorsnede en de lengte van de leiding. Om er achter te komen welk verband er precies tussen die grootheden bestaat, is het handig om te weten hoe groot de *weerstand* van een elektriciteitsleiding is.

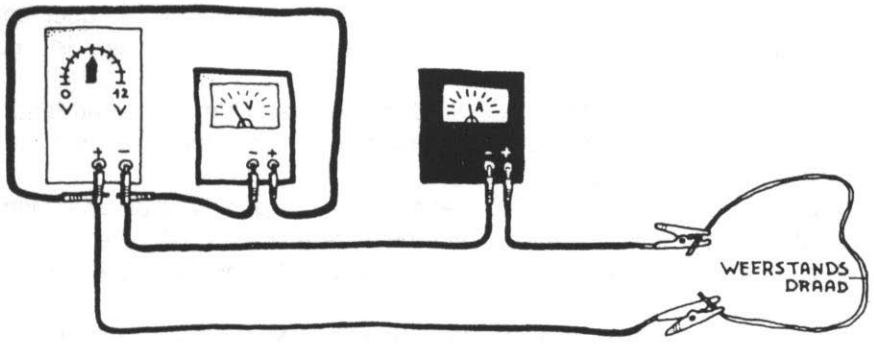
weerstand

De weerstand van een elektriciteitsdraad zegt iets over het gemak waarmee de stroom door de draad stroomt. Een draad met een kleine weerstand laat de stroom gemakkelijk door. Hoe groter de weerstand, hoe meer de draad de stroomdoorgang tegenwerkt.

1. DE WEERSTAND VAN VERSCHILLENDE DRADEN

- Sluit een stroomdraad aan op een regelbare spanningsbron. Sluit een volt- en ampèremeter aan, zodat je de spanning over en de stroomsterkte door de draad kunt meten.
Stel de spanning in op een bepaalde waarde (bijv. 6 V) en meet de stroomsterkte.
- Vervang de stroomdraad door een andere (met een andere doorsnede, lengte, of gemaakt van een ander materiaal). Regel zonodig de spanning bij tot dezelfde waarde als bij de eerste draad. Meet de stroomsterkte.
- Welke van de twee draden heeft de grootste weerstand?

• Bereken voor beide draden de grootheid: spanning/stroomsterkte.
Bij welke draad levert dit de grootste uitkomst op? Is dat ook de draad met de grootste weerstand?



Meetopstelling voor het meten van de weerstand van een draad.

weerstand

De *weerstand* (*R*) van een elektriciteitsdraad is gedefinieerd als de spanning (*V*) over de draad, gedeeld door de stroomsterkte (*I*) in de draad. In formule-vorm:

$$R = \frac{V}{I}$$

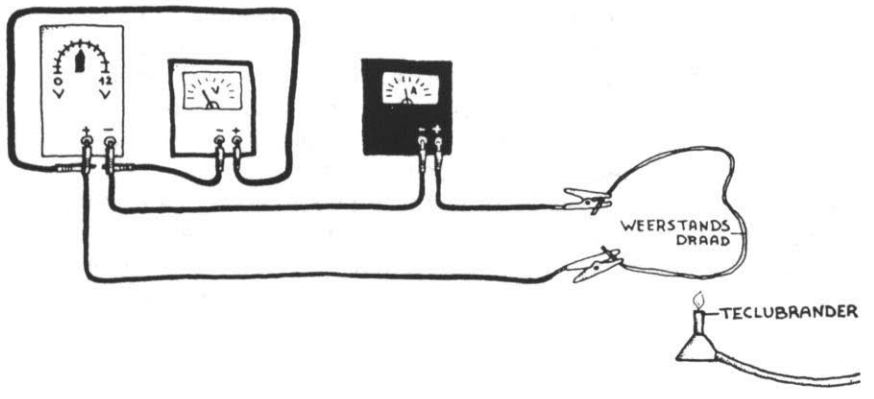
Een kleinere stroomsterkte in een draad (bij gelijke spanning) betekent dus een grotere weerstand: de draad laat de stroom minder gemakkelijk door.
De eenheid van weerstand is V/A (volt per ampère). Dit wordt 'afgekort' tot ohm (symbool: Ω, de Griekse letter omega).

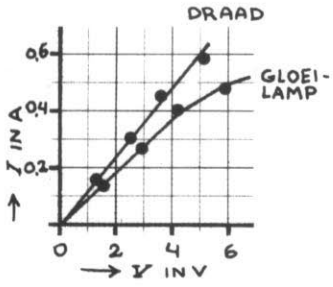
2. WEERSTAND EN TEMPERATUUR

• Gebruik dezelfde meetopstelling als bij activiteit 1. Stel de spanning in op een bepaalde waarde (bijv. 6 V). Meet de stroomsterkte en bereken de weerstand.
• Verhit de draad met een gasvlam (eerst een matige, daarna een felle vlam). Regel de spanning zonodig bij tot de gekozen waarde. Meet in beide gevallen de stroomsterkte en bereken de weerstand.
• Welke conclusie trek je uit deze proef over het verband tussen de weerstand van een stroomdraad en de temperatuur ervan?

3. DE WET VAN OHM

• Gebruik dezelfde meetopstelling als bij activiteit 1. Meet bij een aantal verschillende waarden van de spanning over de draad de stroomsterkte in de draad. Noteer je meetresultaten overzichtelijk (in een tabel en in een diagram).
Bereken bij elke bij elkaar horende waarde van spanning en stroomsterkte de weerstand van de draad. Welke conclusie trek je?
• Herhaal deze proef met een gloeilampje.





De stroomsterkte in een draad neemt evenredig toe met de spanning, zolang de temperatuur niet of nauwelijks verandert.

De stroomsterkte in een draad hangt af van de spanning tussen de einden van de draad. Maak je de spanning hoger, dan neemt de stroomsterkte toe. In veel gevallen blijkt de stroomsterkte *evenredig* met de spanning toe te nemen: als je de spanning n-maal zo groot maakt, wordt de stroomsterkte ook n-maal zo groot. Zet je in een diagram de stroomsterkte uit tegen de spanning, dan krijg je een rechte lijn door de oorsprong. Spanning gedeeld door stroomsterkte (de weerstand van de draad!) is dus een constante.
Dit verband tussen spanning en stroomsterkte wordt de 'wet van Ohm' genoemd (naar de Duitser Georg Simon Ohm, die zo'n 150 jaar geleden dit verband met veel 'primitievere' instrumenten dan nu ontdekte).
Ook de stroomsterkte door de gloeidraad van een lampje hangt af van de spanning over het lampje. Maar in dit geval neemt de stroomsterkte niet evenredig toe met de spanning. De oorzaak is een temperatuurstijging van de draad (*gloei*draad), waardoor de weerstand toeneemt.
Voor geleiders van metaal en koolstof blijkt de wet van Ohm goed op te gaan, tenminste: zolang de temperatuur van de geleider niet of nauwelijks verandert.

4. DE WEERSTAND VAN EEN DRAAD

In activiteit 1 heb je al gemerkt, dat de weerstand van verschillende draden een andere waarde kan hebben. Bij dit onderzoek ga je na hoe de eigenschappen van een draad de weerstand ervan bepalen.

- Van welke eigenschappen (grootheden) van een draad zal de weerstand van die draad afhangen, denk je?
- Je beperkt je bij dit onderzoek verder tot de afhankelijkheid tussen de weerstand van een draad en
  - de lengte;
  - de doorsnede (= het oppervlak van de dwarsdoorsnede);
  - het draadmateriaal.

Maak een meetplan voor het onderzoek naar het verband tussen de weerstand van een draad en de hierboven genoemde grootheden. (In het kader hieronder vind je zo nodig wat aanwijzingen.)
Bespreek het meetplan in je groep en met je leerkracht.

- Denk, voordat je met meten begint, eerst na over het meetresultaat, dat je verwacht. Schrijf deze veronderstellingen (hypothesen) over de uitkomsten van het onderzoek op.
- Maak zonodig een taakverdeling (wie uit je groep onderzoekt wat?) en ga aan de slag met je onderzoek. Schrijf je meetresultaten duidelijk op (gebruik tabellen/diagrammen): de andere leden van de groep moeten straks kunnen begrijpen wat je gedaan/gevonden hebt.

DE WEERSTAND VAN EEN DRAAD

De meetopstelling kan dezelfde zijn als bij activiteit 1.

- Meting van de weerstand van een draad is mogelijk door bij één (willekeurige) waarde van de spanning de stroomsterkte in de draad te bepalen. De weerstand van een draad is immers niet afhankelijk van de spanning (want volgens de wet van Ohm neemt de stroomsterkte evenredig met de spanning toe of af, en is V/I (= de weerstand) constant). Bij het kiezen van een waarde van de spanning moet je echter wel rekening houden met de volgende twee punten.
  - Hoe groter de uitslagen van de spannings- en stroommeter zijn, hoe nauwkeuriger je meetresultaat is.
  - De wet van Ohm gaat alleen op, als de temperatuur van de draad niet of nauwelijks verandert; bij meting van de weerstand van een draad via één meting van spanning en stroomsterkte moet je er dus rekening mee houden dat de draad niet te heet wordt: hoe kleiner de stroomsterkte in een draad, hoe minder heet hij wordt. Een geschikt materiaal voor dit onderzoek is constantaan (een legering van koper en nikkel). Bij dit materiaal heeft de temperatuur weinig invloed op de weerstand – vandaar de naam constantaan.
- De doorsnede van een draad kun je gemakkelijk 2, 3 enz. maal zo groot maken door twee of meer draden naast elkaar te schakelen. Je kunt ook draden van verschillende dikte nemen. Daarbij moet je even oppassen: bij een dubbele dikte hoort een viermaal zo grote doorsnede (oppervlak). De doorsnede is namelijk evenredig met het kwadraat van de dikte (middellijn) van een draad. (Wiskundig: de oppervlakte van een cirkel is $\frac{1}{4}\pi d^2$, waarin d de middellijn van de cirkel is.)

• Als er taken verdeeld zijn, rapporteer dan na afloop van jouw deel van het onderzoek aan de andere leden van je groep, die aan een ander deel van dit onderzoek gewerkt hebben. Wissel onderling je ervaringen, meetresultaten en conclusies uit.
Zijn de conclusies in overeenstemming met de veronderstellingen (hypothesen), die je eerder hebt opgeschreven?

soortelijke weerstand

De weerstand van metalen draden is afhankelijk van het materiaal, de lengte en de doorsnede. Als je een draad n-maal zo lang maakt, wordt de weerstand n-maal zo groot: lengte en weerstand van een draad zijn dus *recht evenredig*.
Wat de doorsnede betreft: je zult gevonden hebben, dat bij twee draden naast elkaar de weerstand 2 maal zo klein is. Anders gezegd: maak je de doorsnede 2 (3, 4 enz.) maal zo groot, dan wordt de weerstand 2 (3, 4 enz.) maal zo klein. Zo'n verband heet een *omgekeerde evenredigheid*.
Bij het vergelijken van de weerstand van verschillende materialen moet je met deze afhankelijkheid van lengte en doorsnede rekening houden. De weerstand van verschillende materialen is alleen goed vergelijkbaar, als je draden vergelijkt met gelijke lengte en gelijke doorsnede: een lengte van 1 m en een doorsnede van 1 mm^2 bijvoorbeeld. De weerstand van een 'standaard-koperdraad' van 1 m lengte en 1 mm^2 doorsnede wordt de *soortelijke weerstand* van koper genoemd. Verschillende materialen hebben een van elkaar verschillende soortelijke weerstand.

DE SOORTELIJKE WEERSTAND VAN ENKELE METALEN

materiaal	*soortelijke weerstand in* $\Omega mm^2/m$ *in* Ωm
aluminium	$2{,}7 \cdot 10^{-2}$ $2{,}7 \cdot 10^{-8}$
constantaan	$45 \cdot 10^{-2}$ $45 \cdot 10^{-8}$
goud	$2{,}2 \cdot 10^{-2}$ $2{,}2 \cdot 10^{-8}$
koper	$1{,}7 \cdot 10^{-2}$ $1{,}7 \cdot 10^{-8}$
kwik	$96 \cdot 10^{-2}$ $96 \cdot 10^{-8}$
lood	$21 \cdot 10^{-2}$ $21 \cdot 10^{-8}$
nichroom	$110 \cdot 10^{-2}$ $110 \cdot 10^{-8}$
nikkel	$7{,}8 \cdot 10^{-2}$ $7{,}8 \cdot 10^{-8}$
ijzer	$10{,}5 \cdot 10^{-2}$ $10{,}5 \cdot 10^{-8}$
zilver	$1{,}6 \cdot 10^{-2}$ $1{,}6 \cdot 10^{-8}$

In de tabel staat voor de soortelijke weerstand van koper $1{,}7 \cdot 10^{-2}$ $\Omega mm^2/m$. *Dat betekent een weerstand van 1,7* Ω *voor een koperdraad met een lengte van 1* m *en een doorsnede van 1* mm^2.
Voor de berekening van de weerstand van een koperdraad kun je die soortelijke weerstand vermenigvuldigen met de lengte in m *en delen door de doorsnede in* mm^2.
De soortelijke weerstand van koper kan óók gedefinieerd worden als de weerstand van een koper'draad' met een lengte van 1 m *en een doorsnede van 1* m^2. *(Een draaddoorsnede van 1* m^2 *is wel wat veel, maar de meter is tenslotte de afgesproken eenheid van lengte.) Daardoor wordt de getalwaarde van de soortelijke weerstand* 10^6 *maal zo klein, want een doorsnede van 1* m^2 *is* 10^6 *maal zo groot als een doorsnede van 1* mm^2. *De soortelijke weerstand wordt dan uitgedrukt in* $\Omega m^2/m = \Omega m$.
Voor de berekening van de weerstand van een draad met behulp van de soortelijke weerstand in Ωm *moet gedeeld worden door de draaddoorsnede in* m^2 *(in plaats van in* mm^2*).*

5. WEERSTAND BEREKENEN

• Een koperen kabel van een hoogspanningsleiding is 5 km lang en heeft een doorsnede van 1 cm^2 (= 100 mm^2). Hoeveel maal zo groot is de lengte van deze kabel in vergelijking met de 'standaard-koperdraad'?
Hoe groot is dan de weerstand van een koperdraad van 5 km lengte en een doorsnede van 1 mm^2? (Welk onderzoeksresultaat gebruik je bij deze berekening?)
Hoeveel maal zo groot is de doorsnede van de kabel in vergelijking met de 'standaard-koperdraad'?
Hoe groot is dan de weerstand van een koperdraad van 5 km lengte en een doorsnede van 1 cm^2? (Welk onderzoeksresultaat gebruik je bij deze berekening?)
• Schrijf een formule op voor de berekening van de weerstand van een (elektriciteits)draad. Als gegevens heb je:
– de soortelijke weerstand van het draadmateriaal (symbool: ρ, de Griekse letter rho);
– de lengte van de draad (symbool: l);
– de doorsnede van de draad (symbool: A).

6. SOORTELIJKE WEERSTAND

• Bereken uit je metingen bij activiteit 4 de soortelijke weerstand van de gebruikte draadmaterialen. In welke eenheid druk je de grootheid soortelijke weerstand uit?
Vergelijk het resultaat van je berekeningen met de officiële waarden van de soortelijke weerstand van een aantal materialen uit de tabel hiernaast. Hoe groot zijn de afwijkingen tussen jouw waarden en de officiële waarden?
• Welke draadmaterialen komen volgens jou in aanmerking voor gebruik als elektriciteitsleiding in een huisinstallatie, gelet op de soortelijke weerstand ervan? Welke andere factoren zullen een rol spelen bij die keuze?

warmte-ontwikkeling in een elektriciteitsleiding

De weerstand R_l van een leiding met een lengte l, doorsnede A en gemaakt van een materiaal met een soortelijke weerstand ρ, wordt gegeven door de formule:

$$R_l = \frac{\rho \cdot l}{A}$$

Met behulp van de weerstand van een leiding kan een formule gevonden worden voor de warmte-ontwikkeling in die leiding.
De leiding gebruikt, net als een op de leiding aangesloten apparaat, elektrische energie

elektrische energie

(de leiding wordt warm!). De hoeveelheid *elektrische energie* E_e die door een apparaat (vermogen P) in een tijd t gebruikt wordt, kun je berekenen met:

$E_e = P.t = V.I.t$

warmte-ontwikkeling

Voor een leiding geldt hetzelfde, maar dan is V niet de spanning over het apparaat, maar de spanning over de leiding (V_l). Voor de *warmte-ontwikkeling* Q in een leiding geldt dus:

$Q = V_l.I.t$

Volgens de definitie van weerstand staat er over de leiding een spanning V_l, die gelijk is aan:

$V_l = I.R_l$

HOOGSPANNING

De warmte-ontwikkeling in een leiding wordt dus weergegeven door:

$Q = V_l.I.t = I.R_l.I.t = I^2.R_l.t$

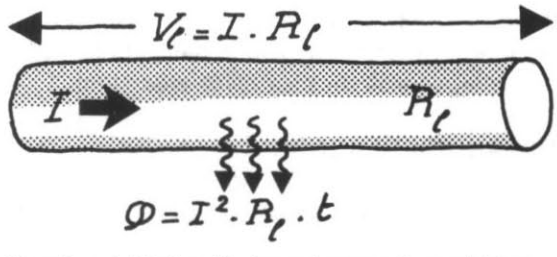
Volgens deze formule voor de warmte-ontwikkeling in een leiding ($Q = I^2.R_l.t$) kun je de warmte-ontwikkeling in een leiding beperken door:

- een kleine stroomsterkte in de leiding;
- een lage leidingweerstand (dus: een kleine soortelijke weerstand van het draadmateriaal, een kleine lengte en een grote doorsnede);
- een korte tijd waarin er stroom door de leiding loopt.

De warmte-ontwikkeling in een leiding kan het meest effectief beperkt worden door de stroomsterkte te verkleinen. De warmte-ontwikkeling is namelijk evenredig met de stroomsterkte in het kwadraat. *Bij een halvering van de stroomsterkte, wordt de warmte-ontwikkeling viermaal zo klein bijvoorbeeld.*

Bij het transport van elektrische energie over grote afstanden (via een hoogspanningsleiding) wordt daarom de spanning omhoog getransformeerd (met een transformator). Bij deze hogere spanning kan eenzelfde vermogen getransporteerd worden bij een kleinere stroomsterkte in de leiding (want: $P = V \cdot I$).

Hoe kleiner de stroomsterkte, hoe kleiner de warmte-ontwikkeling in de leiding (en hoe kleiner het verlies aan elektrische energie).



Warmte-ontwikkeling bij stroomdoorgang in een leiding.

De lengte van de leidingen is moeilijk te beïnvloeden, omdat die afhankelijk is van de afmetingen van het huis. De stroomsterkte in de leiding en de tijd dat er stroom loopt hangen af van de aangesloten apparatuur (het vermogen van de apparaten en het gebruik dat er van een apparaat gemaakt wordt). Deze grootheden kunnen in een huisinstallatie dus niet 'vrij' gekozen worden om de warmte-ontwikkeling te beperken. Blijft over de keuze van het draadmateriaal en de doorsnede van de leiding.

7. DE KEUZE VAN HET DRAADMATERIAAL

Is de keuze voor het draadmateriaal, die je bij activiteit 6 gemaakt hebt, in overeenstemming met wat je nu weet over het beperken van de warmte-ontwikkeling in een leiding?

8. DE KEUZE VAN DE LEIDINGDOORSNEDE

Voor de doorsnede van een leiding bestaan voorschriften, afhankelijk van de (maximale) stroomsterkte in de leiding. Die voorschriften zie je in de tabel hieronder.

leidingdoorsnede in mm²	maximale stroomsterkte in de leiding in A			
	snoer	vaste leiding (installatiedraad 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

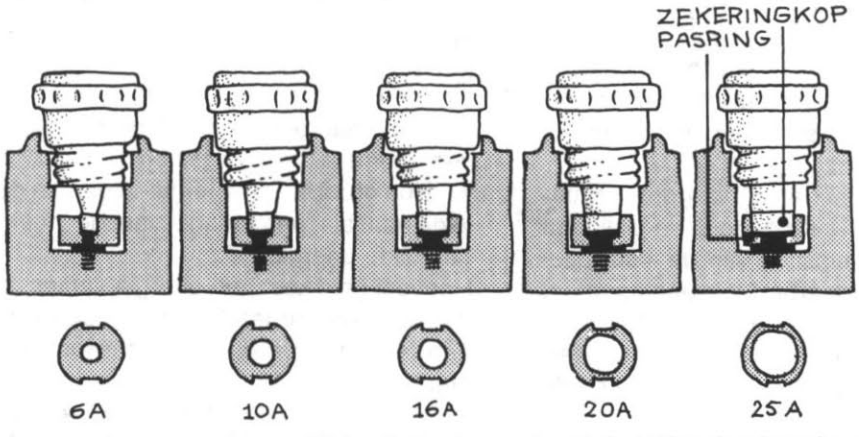
• Uit deze tabel met voorschriften voor de leidingdoorsnede blijkt een verband tussen de leidingdoorsnede en de grootte van de stroom, die maximaal in de leiding mag lopen.
Breng dat verband onder woorden.
Geef de reden van een dergelijk verband tussen maximaal toelaatbare stroomsterkte en leidingdoorsnede.
• Kun je verklaren waarom de maximaal toelaatbare stroomsterkte in kabels groter is dan in een vaste leiding bij een gelijke leidingdoorsnede?

9. EEN WASMACHINE INSTALLEREN

Een wasmachine neemt een vermogen op van maximaal 3 kW. De wasmachine is met een vaste leiding (installatiedraad in buis) van 11 m lengte (leidingmateriaal: koper) op de netspanning van 220 V aangesloten.
• Bereken de maximale stroomsterkte in de leiding. Met welke zekering zou je de leiding beveiligen? (Je hebt de keus uit zekeringen van 6, 10, 16, 20 en 25 A.)
Hoe groot is dan de voorgeschreven leidingdoorsnede van het installatiedraad?
• Bereken de warmte die *per seconde* in de leiding ontwikkeld wordt als de wasmachine op vol vermogen draait. Hoe groot is dit 'energie-verlies' in % ten opzichte van het nuttig gebruikte vermogen (= het vermogen van de wasmachine)?

10. EEN ANDERE ZEKERING INDRAAIEN?

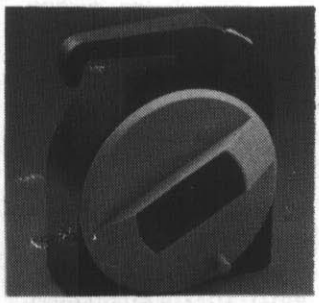
De zekeringen in de meterkast passen met hun 'kop' in een 'pasring'. Naarmate de maximale stroomsterkte waarbij de zekering doorsmelt groter is, is de kop van de zekering groter.
• Het is niet mogelijk om een 10-A zekering te vervangen door bijv. een 16-A zekering.
Leg uit waardoor niet. Leg ook uit waarom zekeringkoppen en pasringen zó gemaakt zijn, dat een zekering niet vervangen kan worden door een zekering die bij een grotere stroomsterkte doorsmelt.
• Als een zekering doorgesmolten is, en er is geen nieuwe zekering bij de hand, wordt de oude (onbruikbare) zekering wel eens, omwikkeld met aluminiumfolie, weer vastgedraaid. Leg uit waardoor dit een gevaarlijke 'oplossing' is om (een deel van) de huisinstallatie weer bruikbaar te maken.



Naarmate de stroomsterkte waarbij de zekering doorsmelt groter is, hebben de zekeringkop en de pasring een grotere diameter.

11. 220 V ONVEILIG

De spanning van 220 V in een huisinstallatie is voor de mens onveilig. Een lagere spanning zou veiliger zijn.
• Leg uit wat er gebeurt met de stroomsterkte in een leiding als gewerkt wordt met een lagere spanning, maar wel met hetzelfde door een apparaat opgenomen vermogen.
Welk gevolg heeft dit voor de warmte-ontwikkeling in de leiding?
• Welke oplossing kun je voor dit probleem bedenken? Welk nadeel heeft die oplossing?


Kabelhaspel.

12. EEN KABELHASPEL

Hiernaast zie je een afbeelding van een kabelhaspel. De kabel heeft een lengte van 15 m, de doorsnede van de leidingen (materiaal: koper) is 0,75 mm^2.

- Volledig afgerold mag in de kabel een stroom lopen van maximaal 6 A. Controleer (met behulp van de tabel bij activiteit 8) of bij deze kabelhaspel voldaan wordt aan de voorschriften voor leidingdoorsnede en maximaal toelaatbare stroomsterkte.

Hoe groot is maximaal het vermogen van het apparaat dat op deze kabel mag worden aangesloten?

- Opgerold mag in de kabel een stroom lopen van maximaal 2,75 A. Leg uit waarom de maximaal toelaatbare stroomsterkte in opgerolde toestand kleiner is dan met de kabel volledig uitgerold.

Mag je een boormachine met een vermogen van 400 W aansluiten op de opgerolde kabel? En een straalkachel?

- Bereken de hoeveelheid warmte die *per seconde* in de kabel wordt geproduceerd bij een maximale belasting van 6 A. Hoe groot is het vermogen van een gloeilamp, die per seconde dezelfde hoeveelheid warmte produceert?

13. KORTSLUITING

Op een afstand van 20 m van de meterkast is in een huisinstallatie (leidingmateriaal: koper met een doorsnede van 2,5 mm^2) kortsluiting ontstaan.

- Bereken de stroomsterkte in de leiding, als de installatie niet beveiligd zou zijn door een zekering.
- Bereken de warmte-ontwikkeling *per seconde* in een stuk van de leiding met een lengte van 1 m.

Hoe groot is het vermogen van een gloeilamp die per seconde dezelfde hoeveelheid warmte produceert? (Kun je je voorstellen dat kortsluiting brand kan veroorzaken in een niet met een zekering beveiligde installatie?)

14. 'ENERGIE-VERLIES' IN EEN HUISINSTALLATIE

Huisinstallaties zijn in het algemeen berekend op een totaal vermogen van 5,5 kW. (Is dit getal in overeenstemming met de gegevens uit de lijst van apparaten, die je bij activiteit 1 in paragraaf 5.3 gemaakt hebt?)

Neem aan, dat er in een huisinstallatie zo'n 200 m installatiedraad (leidingmateriaal: koper met een doorsnede van 2,5 mm^2) verwerkt zit.

- Maak een schatting van de warmte-ontwikkeling per seconde in de leidingen bij volledige belasting van de installatie. (Veronderstel daarbij dat je één apparaat met een vermogen van 5,5 kW via een leiding met een lengte van 100 m (waarom 100, en geen 200 m?) aansluit op de netspanning van 220 V.)
- De schatting die je hebt gemaakt is wat aan de hoge kant. Een meer reële schatting krijg je, als je rekening houdt met de indeling in groepen. Maak een nieuwe schatting van de warmte-ontwikkeling per seconde in de leidingen bij volledige belasting, als de installatie gesplitst is in twee groepen en waarbij elke groep voor de helft van het volledige vermogen belast is.

Leg uit waardoor de schatting nu ongeveer viermaal zo laag uitkomt.

- Hoe groot is het 'energie-verlies' in de leidingen als percentage van de nuttig gebruikte energie?

Hoeveel geld kost het 'energie-verlies' in de leidingen per jaar? (Welke gegevens heb je nodig om dit te kunnen uitrekenen?)

- Waarom is je laatste schatting van het 'energie-verlies' nog steeds aan de hoge kant?

15. DE WARMTE-ONTWIKKELING IN EEN STROOMDRAAD

De in een leiding ontwikkelde warmte Q werd eerder in deze paragraaf gegeven door:

$$Q = I^2.R.t$$

In activiteit 1 en 2 van paragraaf 5.2 heb je onderzocht hoe de in een stroomdraad ontwikkelde warmte afhangt van de stroomsterkte I, de tijd t en de lengte l en doorsnede A van de draad. Zoek je conclusies uit dat onderzoek nog eens op. Controleer of die conclusies in overeenstemming zijn met de hierboven weergegeven formule voor de in een stroomdraad ontwikkelde warmte.

rapporteren

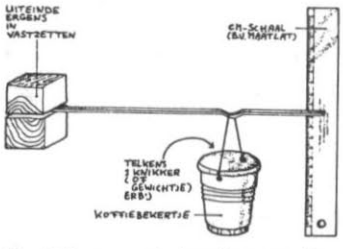
Je hebt nu veel geleerd over elektriciteit in huis. Je bent bezig geweest met het (eerlijk) vergelijken van de warmte-ontwikkeling in verschillende (elektriciteits)draden. Je weet hoe je die warmte-ontwikkeling kunt berekenen, en hoe de elektrische huisinstallatie beveiligd is tegen een te grote warmte-ontwikkeling bij stroomdoorgang door de leidingen.
Nu wordt het tijd om na te denken over wat je van dat alles aan je medeleerlingen gaat rapporteren en hoe je dat gaat doen.
Hieronder staan een aantal punten waar je op kunt letten bij het voorbereiden van die rapportage, zowel wat betreft de inhoud als de vorm van de rapportage.

inhoud
- Wat vergelijk je en waarom doe je dat?
- Hoe vergelijk je (eerlijk) en wat voor resultaten levert dat op; wat is goed gegaan en wat is er misgelopen?
- Hoe hebben jullie de taken verdeeld?
- Hoe kun je de onderzoeksresultaten in de praktijk gebruiken?

vorm
- Vertel rustig.
- Gebruik het bord, een overhead-projector, grote vellen papier enz. om je verhaal te ondersteunen met tekeningen, (diagrammen van) meetresultaten, enz.; demonstreer het werken aan een meetopstelling (maar pas op, dat dit niet teveel tijd vraagt!).
- Betrek de luisterende medeleerlingen bij je verhaal, door af en toe vragen te stellen (of vragen te laten stellen).
- Maak een duidelijke taakverdeling: wie uit je groep doet wàt tijdens de rapportage.

bijlage 1

DIAGRAMMEN MAKEN



Opstelling voor het meten van de doorbuiging van een staaf.

Waarschijnlijk heb je al eens eerder een diagram gemaakt. In deze bijlage zetten we nog eens op een rij waar je allemaal op moet letten bij het tekenen van een diagram. Een diagram gebruik je om in één oogopslag het resultaat van een groot aantal metingen te overzien. Daardoor kun je gemakkelijker een idee krijgen van het eventuele verband tussen de grootheden, die je in het diagram tegen elkaar hebt uitgezet. Laten we een paar voorbeelden bekijken.

1. DE DOORBUIGING VAN EEN STAAF

De doorbuiging (d) van een staaf is afhankelijk van onder andere de kracht (F), die je op het uiteinde ervan uitoefent (de belasting). De meetresultaten van een onderzoek naar het verband tussen deze twee grootheden (belasting en doorbuiging) vind je in de tabel hieronder.

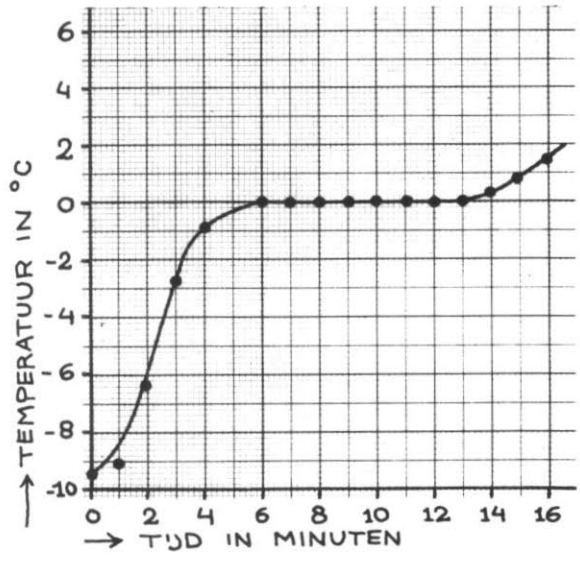
F in N	2	4	6	8	10	12
d in 10^{-2} m	0,6	2,1	1,9	2,5	2,9	3,1

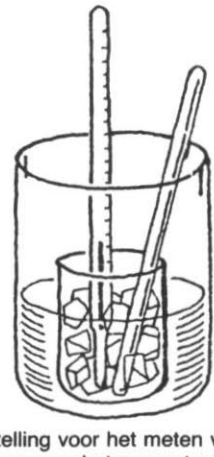
- Zet deze meetresultaten uit in een diagram. (F langs de horizontale en d langs de verticale as.)
- Teken in het diagram een vloeiende lijn die een beeld geeft van het verband tussen belasting en doorbuiging.
- Bij welke meting is een meetfout gemaakt?
- In het diagram zie je in één oogopslag welk verband er bestaat tussen de belasting en de doorbuiging van een staaf. Breng dat verband onder woorden.
- Hoe groot is de doorbuiging van de staaf bij een belasting van 5 N?
- Hoe groot zal de doorbuiging van de staaf waarschijnlijk zijn bij een belasting van 14 N? Waarom *waarschijnlijk*?

2. HET SMELTPUNT VAN IJS

Hieronder zie je het verloop in de tijd van de temperatuur in een bekerglas met ijs.

- Bij welke temperatuur smelt het ijs?





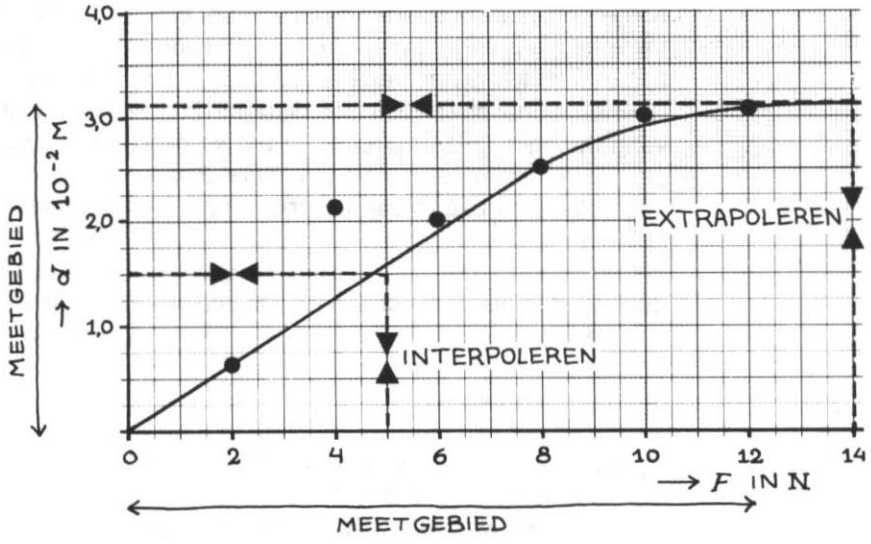
Opstelling voor het meten van het verloop van de temperatuur in een bekerglas met ijs.

waarom teken je diagrammen?

In de twee voorbeelden heb je een diagram op twee verschillende manieren gebruikt. In het eerste geval (de doorbuiging) kun je het verband tussen twee grootheden in één oogopslag zien. Een diagram geeft dus een overzichtelijk beeld van een (groot) aantal afzonderlijke meetresultaten: het brengt verbanden tussen meetresultaten in beeld. Dat is een belangrijk voordeel van een diagram. (In bijlage 2 gaan we dieper in op de conclusies, die je uit een getekend diagram kunt trekken.)
Maar bovendien heb je in het eerste voorbeeld door het tekenen van het diagram nog een meetfout ontdekt ook. En ook dat kan belangrijk zijn. Verder kun je waarden van belasting en bijbehorende doorbuiging aflezen, die je niet gemeten hebt.
In het tweede voorbeeld (het smelten) gebruikte je het diagram om er een bepaalde waarde (het smeltpunt van ijs) uit af te lezen.

Het aflezen van bij elkaar horende waarden binnen *het meetgebied noem je* interpoleren.

Het aflezen van bij elkaar horende waarden buiten *het meetgebied noem je* extrapoleren. *Je moet daarvoor de lijn die het verband tussen de twee grootheden aangeeft zo logisch mogelijk verlengen. De waarden die je bij extrapoleren afleest, zijn vrij onzeker! (Wat kan er bijv. bij doorbuiging gebeuren als de belasting steeds groter wordt?)*



Het verband tussen belasting en doorbuiging van een staaf.

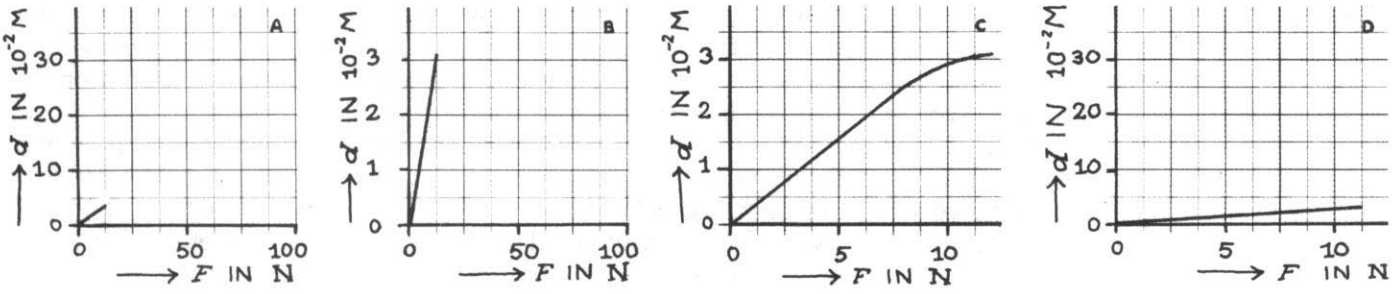
hoe teken je diagrammen?

Bij het tekenen van diagrammen moet je je aan een paar regels houden.
– Dat wat je *zelf* verandert (bijv. de belasting bij de doorbuigingsproef) of wat *uit zichzelf* verandert (bijv. de tijd bij de smeltproef) zet je uit op de horizontale as.
Dat wat *als gevolg daarvan* verandert (bijv. de doorbuiging of de temperatuur) zet je uit op de verticale as van het diagram.
– Bij de assen van het diagram moet staan wat de getallen op die assen voorstellen (dus de grootheid voluit of in de vorm van een symbool èn de eenheid). Over wèlke getallen je bij de assen zet straks meer bij 'schaal'.
– De meetpunten geef je duidelijk aan met bolletjes (of kruisjes of vierkantjes).
– Je maakt het plaatje compleet met een vloeiende lijn die zo goed mogelijk bij de meetpunten aansluit. Over deze regel straks meer bij 'meetonzekerheid'.
– Van meetpunten die ver buiten de lijn liggen kun je in de meeste gevallen aannemen, dat dat meet- of opschrijffouten zijn. (Je zou die meting nog eens een keer kunnen herhalen.)
Van die meetpunten trek je je bij het tekenen van de (vloeiende) lijn maar niets aan.
– Een onderschrift bij het diagram (wat stelt het diagram voor) is ook nooit weg.

de schaal

De bedoeling van een diagram is, dat je een goed beeld krijgt van het eventuele verband tussen de twee grootheden, die op de assen zijn uitgezet.

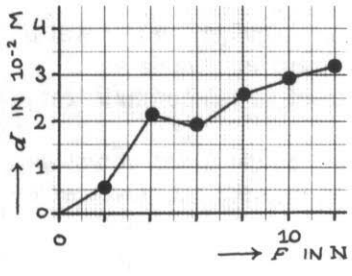
3.
Geef aan welke van de vier volgende diagrammen je het beste vindt, en waarom.



Als je de schaal langs de assen van het diagram ruim opzet, heb je minder moeite met het intekenen van de meetpunten. In diagram C bijv. is een gemeten doorbuiging van $2{,}1.10^{-2}$ m wèl op de verticale as op te zoeken; in diagram D niet.
Bij een ruime opzet van het diagram kun je bovendien veel beter zien wanneer er veranderingen gaan optreden in het verband tussen beide grootheden. In diagram C bijv. zie je dat de doorbuiging regelmatig met de kracht toeneemt, maar bij een belasting van zo'n 10 N begint dat te veranderen. Die verandering is onzichtbaar in de andere drie diagrammen.
Als een soort vuistregel (die niet altijd opgaat!) kun je aanhouden dat een diagram het duidelijkst is als de beide meetgebieden langs de assen ruwweg even groot zijn (in cm gerekend).

de meetonzekerheid

Bij het aflezen van meetwaarden heb je te maken met een *meetonzekerheid*. Als je op een thermometer een temperatuur afleest van 23,8 °C, dan zou de temperatuur 'in werkelijkheid' wel eens 0,1 of 0,2 °C hoger of lager kunnen zijn. Je bent dus nooit helemaal zeker van een meetresultaat: iedere meting heeft een meetonzekerheid. Dat geldt voor de temperatuur, maar ook voor de tijd, doorbuiging, kracht, ... Dit betekent dat een meetpunt in een diagram net zo goed wat hoger of lager of wat meer naar links of naar rechts kan liggen 'in werkelijkheid'. Eigenlijk heb je in een diagram nooit te maken met meet*punten*. Wel met kleine gebieden waarin het meetpunt zou kunnen liggen.

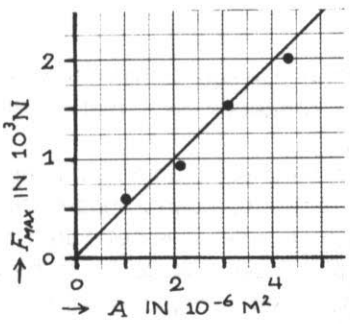


Omdat het onzeker is waar een meetpunt in een diagram precies ligt, is het bij het tekenen van een vloeiende lijn ook niet zo belangrijk, dat die lijn door alle meetpunten gaat. Je trekt de lijn die het verband tussen de twee grootheden aangeeft zó, dat hij zo goed mogelijk bij de meetpunten aansluit (er 'tussendoor' loopt).

4.
Waarom moet je in een diagram een *vloeiende* lijn tekenen, en mag je niet de meetpunten door korte lijnstukken met elkaar verbinden (zoals hiernaast getekend)?

bijlage 2

FORMULES MAKEN



Het verband tussen de maximale trekkracht op een staaldraad en de draaddoorsnede.

Bij je onderzoek naar het verband tussen de maximale trekkracht (F_{max}) op een draad en de draaddoorsnede (A), heb je je metingen in een diagram weergegeven. Dat diagram kan er uitzien als hiernaast getekend.

Het diagram geeft een beeld van het verband tussen F_{max} (maximale trekkracht) en A (draaddoorsnede): als A groter is, wordt F_{max} ook groter.
Maar er is veel meer informatie uit zo'n diagram te halen over het verband tussen F_{max} en A.

1.

- Lees uit het diagram af hoe groot F_{max} is bij een draaddoorsnede van 1.10^{-6} m² (1 mm²).
- Lees uit het diagram af hoe groot F_{max} is bij een tweemaal zo grote draaddoorsnede ($A = 2.10^{-6}$ m²)
- Conclusie als A 2 maal zo groot is wordt F_{max} ... .
- Controleer of de 'regel' voor het verband tussen F_{max} en A óók opgaat als je A 3 maal, 1,5 maal, enz. zo groot maakt.

Met behulp van het diagram kun je het verband tussen maximale trekkracht en draaddoorsnede dus wat nauwkeuriger opschrijven: als A n-maal zo groot is, wordt F_{max} ook n-maal zo groot (n = 2, 3, 1,5 enz.).
Dat is wel een hele mondvol. Het is mooier als het korter kan.

formules

$\frac{4}{3} = \frac{8}{6} = \frac{12}{9} = ...$

Een aanwijzing voor hoe dat korter kan, zit al in de regel 'als A n-maal zo groot ...'. Als A bijv. 2 maal zo groot is, dan wordt F_{max} ook 2 maal zo groot. En als je die twee 2 maal zo grote getallen nu eens op elkaar deelt? Hiernaast staat een voorbeeld met willekeurige getallen! Dat levert steeds dezelfde uitkomst op.

2.

- Lees uit het diagram bij een aantal willekeurige waarden van A steeds de bijbehorende waarde van F_{max} af. Zet die waarden in een tabel.

Bereken bij elk tweetal waarden van F_{max} en A hoe groot F_{max}/A is. Noteer je uitkomsten in de derde kolom van je tabel.

- Hoe kun je het verband tussen F_{max} en A nu heel kort opschrijven?

Een rechte lijn door de 'oorsprong' van een diagram als verband tussen twee grootheden (in dit geval F_{max} en A) betekent, dat je het verband tussen die grootheden ook kunt opschrijven in de vorm van de volgende *formule*:

$$\frac{F_{max}}{A} = 5.10^8$$

Het verband tussen maximale trekkracht en draaddoorsnede kun je dus op drie verschillende manieren opschrijven:
- als een rechte lijn door de 'oorsprong' van een diagram;
- met de regel: 'als A n-maal zo groot is, wordt F_{max} ook n-maal zo groot;
- met de formule: $F_{max}/A = 5.10^8$.

De laatste manier is het kortst, maar heeft ook nog andere voordelen. Welke zouden dat zijn?
Je moet bij het gebruiken van de formule wel oppassen! Het getal 5.10^8 geldt alleen maar voor het onderzochte draadmateriaal. Bij een ander materiaal kan een ander getal horen. En verder heb je het getal 5.10^8 bepaald door de kracht in *newton* te delen door het oppervlak in *vierkante meter*. Je kunt de formule dus alleen maar gebruiken voor

In formules werk je in het algemeen met internationaal afgesproken standaard-eenheden (zogenaamde SI-eenheden). Hieronder volgen er een paar.

grootheid	*eenheid*	*symbool*
lengte	*meter*	m
tijd	*seconde*	s
massa	*kilogram*	kg
tempera-tuur	*kelvin*	K
kracht	*newton*	N
oppervlak-te	*vierkante meter*	m^2
volume	*kubieke meter*	m^3
snelheid	*meter per seconde*	m/s
spanning	*volt*	V
stroom-sterkte	*ampère*	A
energie	*joule*	J
vermogen	*watt*	W

rekenwerk, als je de kracht in N of het oppervlak in m^2 invult. Doe je dat niet, dan krijg je heel verkeerde resultaten uit je berekening!
Het getal 5.10^8 is dus niet zo maar een getal. Het is een getal met een eenheid (een grootheid dus): 5.10^8 N/m^2.

een diagram als gemiddelde

Om te kunnen bekijken of je het verband tussen twee grootheden in een simpele formule kunt opschrijven, moet je altijd eerst een diagram tekenen. (Anders weet je niet of het verband er als een rechte lijn door de 'oorsprong' uitziet.)
Maar àls er een rechte lijn door de 'oorsprong' uitkomt, dan heeft een diagram nòg een voordeel. Omdat je de lijn, die het verband tussen de twee grootheden aangeeft zo goed mogelijk 'tussen de meetpunten door' trekt (zie bijlage 1), is de lijn in het diagram een soort *gemiddelde* van al je meetresultaten. Door nu één punt òp de lijn in het diagram te kiezen, de bijbehorende waarden (van F_{max} en A in dit geval) af te lezen en op elkaar te delen, vind je een *gemiddelde* waarde van F_{max}/A voor in de formule. Je hoeft dus niet voor alle metingen die je gedaan hebt F_{max}/A uit te rekenen en daarna het gemiddelde van al die uitkomsten te bepalen. Het diagram moet je toch tekenen, en dan is het snel uit het diagram bepalen van de gemiddelde waarde van de constante in de formule mooi meegenomen.

INDEX

elektrische energie 60

geleiding 37
groepen 56

huisinstallatie (elektrische -) 49

kortsluiting 54
K-waarde 40

netspanning 52

overbelasting 54

soortelijke weerstand 59
straling 37
stroming 37

terugverdientijd 36
treksterkte 16

vergelijkend warenonderzoek 13
vergelijkingsgrootheid 13
vermogen 52

warmtedoorgangscoëfficiënt 40
warmtegeleider 37
warmte-isolator 37
warmte-ontwikkeling (in een stroomdraad) 60
warmtestroom 38
warmtetransport 37
weerstand 57

zekering 54

Begeleidingscommissie S.V.O.-project 0213 (vooronderzoek voor het PLON, 1972-1974)

F. van de Maesen (voorzitter tot 1973); hoogleraar natuurkunde Technische Hogeschool Eindhoven
N.J. Heijkoop (voorzitter 1973-1974); inspecteur voortgezet onderwijs
W.P.J. Lignac (secr.); secretaris Commissie Modernisering Leerplan Natuurkunde
S. Auer, algemeen didacticus Universiteit van Amsterdam
F. Balkema, inspecteur voortgezet onderwijs
H.P. Hooymayers, lector natuurkundedidactiek Rijks Universiteit Utrecht
H.J.L. Jongbloed (1972-1973), mediadeskundige NIAM
J. Schweers, leraar natuurkunde havo/vwo
J. Smit, inspecteur voortgezet onderwijs
E. Warries, hoogleraar onderwijskunde Technische Hogeschool Twente
M. van Wieringen (1973-1974), mediadeskundige NIAM

Stuurgroep PLON (1974-heden)

H.P. Hooymayers (voorzitter), hoogleraar natuurkundedidactiek Rijks Universiteit Utrecht
W.P.J. Lignac (secr. tot 1978), secretaris Commissie Modernisering Leerplan Natuurkunde
A.A.M. Agterberg (secr. sedert 1978), secretaris Advies Commissie voor de Leerplan Ontwikkeling Natuurkunde in oprichting
P. Broekman (sedert 1980), hoofd afdeling Bèta en Gammavakken CITO
F. Dekkers (sedert 1979), hoofddocent natuurkunde Moller Instituut
H. Lengkeek (tot 1977), leraar natuurkunde mavo
D.A. Lockhorst (tot 1978), leraar natuurkunde havo/vwo
J. Schipper (sedert 1980), medewerker A.P.S.
M. Sjamaar (sedert 1982), rector Niels Stensen College te Utrecht
A. Snater (tot 1980), hoofddocent natuurkunde Stichting Opleiding Leraren
F.J. Steenbrink (tot 1978), leraar natuurkunde vwo
J.M.F. Teunissen (tot 1975), onderwijskundige Rijks Universiteit Utrecht
W.C. Vink (tot 1979), directeur Christelijke Mavo te Putten
R. de Vries (sedert 1980), leraar natuurkunde havo/vwo, namens de NVON
E. Warries (tot 1975), hoogleraar onderwijskunde Technische Hogeschool Twente
S.A. Wouthuysen (tot 1976), hoogleraar natuurkunde Universiteit van Amsterdam

Kerngroep PLON havo-bovenbouw

G. Buisman (sedert 1978), leraar natuurkunde hts
P.G. Hogenbirk (1981-1982), leraar natuurkunde havo/vwo
E. Holl (sedert 1982), leraar natuurkunde havo/vwo
E. Maarschall (1978-1981), leraar natuurkunde hts
H. Poorthuis (1978-1981), leraar natuurkunde havo-top pedagogische academie
J. Scherrenburg (sedert 1978), hoofddocent natuurkunde Stichting Opleiding Leraren
W.J.G. Schraven (sedert 1978), leraar natuurkunde havo/vwo
M. van Woerkom (sedert 1982), leraar natuurkunde havo/vwo

PLON-team havo-bovenbouw

H.M.C. Eijkelhof (sedert 1981)
R. van Eyck (1981-1982)
A.C.L. van Gameren (sedert 1977)
D. van Genderen, Rijks Universiteit Utrecht
F.L. Gravenberch (1978-1983)
P.G. Hogenbirk (1981-1983)
T. Jörg (sedert 1982)
W.H. Kamphuis (sedert 1978)
P.T. Kloek (sedert 1983)
J. Kortland (sedert 1982)
P.L. Lijnse, Rijks Universiteit Utrecht
B. Pelupessy (sedert 1978)
H. Vermeulen (1981-1983)
R.F.A. Wierstra (sedert 1978)

PLON-administratie

E. van den Broek (1976-1979)
R. Lindeman (1977-1980)
M. Rolff van den Baumen (1974-1979)
N. Rotteveel (sedert 1982)
A.G. Schwering (1980-1982)
B. Schillert (sedert 1980)
H. Veurink (tot 1974)

Tekeningen

A. Lurvink (Onderwijs Media Instituut, Rijks Universiteit Utrecht)
H. de Waal (Onderwijs Media Instituut, Rijks Universiteit Utrecht)

Foto's

A.C.L. van Gameren (PLON)
W.H. Kamphuis (PLON)

PLON-CITO (namens CITO)

F. Boessenkool
P. Broekman
C. Hellingman
T. Heuvelmans
H. Vonken

Proefscholen 1983-1984

Ashram College te Alphen a/d Rijn
S.G. Nijmegen Oost te Nijmegen
Chr. S.G. Revius te Deventer
S.G. Oost Betuwe te Bemmel
Hertog Jan College te Valkenswaard
Marnix College te Ede
Niels Stensen College te Utrecht
Eemland College Noord te Amersfoort
Chr. S.G. Jan van Arkel te Hardenberg
S.G. Huizermaat te Huizen
Chr. Lyceum en Havo te Veenendaal

Overzicht van PLON-thema's voor havo-bovenbouw

VOOR DE 4e KLAS

- Vergelijken
- Weersveranderingen
- Muziek
- Verkeer
- Elektrische Machines
- Energie en Kwaliteit

VOOR DE 5e KLAS

- Lichtbronnen
- Ioniserende Straling
- Elektronica
- Materie
- Repeteerthema

Tevens zijn beschikbaar:

- docentenhandleidingen (AVOL's) en apparatuurgidsen bij elk thema