

§ 2 De elektrische schakeling

2.1 Introductie

Inleiding

In huis waar gewerkt wordt met een spanning van 230 volt, kunnen *gevaarlijke situaties* voorkomen, bijvoorbeeld kortsluiting, overbelasting, het aanraken van een niet-geïsoleerde geleider die onder spanning staat of het aanraken van een apparaat dat onder spanning staat. Om het gevaar te voorkomen of te verminderen zijn er een aantal *veiligheidsvoorzieningen* aangebracht zoals isolatie en dubbele isolatie, aarding, een groepenkast met zekeringen of een groepenkast met zekeringen en aardlekschakelaar.

Paragraafvraag

P Welke wetmatigheden die gelden voor de elektrische schakeling kun je gebruiken om de werking van *aarding, zekering en aardlekschakelaar* te begrijpen?

2.2 Instaprobleem met demonstratie *Sluiting in de elektrische huisinstallatie*

In een drie-aderig snoer zitten drie draden met verschillende kleuren isolatie: bruin, blauw en geelgroen. Bij sluiting komen twee niet-geïsoleerde draden van verschillende kleur per ongeluk tegen elkaar.

Startvraag

I1 Wat gebeurt er als er contact gemaakt wordt tussen twee niet-geïsoleerde draden van verschillende kleur?

Contact tussen niet-geïsoleerde draden met de kleuren	Groepenkast met zekeringen zonder aardlekschakelaar	groepenkast met zekeringen met aardlekschakelaar	
	zekering eruit ?	zekering eruit?	aardlekschakelaar eruit ?
Bruin en blauw	Ja / nee	Ja / nee	Ja / nee
Bruin en geelgroen	Ja / nee	Ja / nee	Ja / nee
Blauw en geelgroen	Ja / nee	Ja / nee	Ja / nee

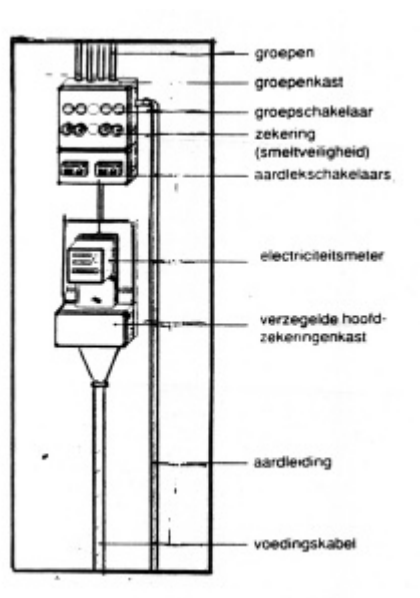
Vervolg vragen

In figuur 2.1 is dat deel van de elektrische huisinstallatie weergegeven dat zich thuis in de meterkast bevindt. In sommige huizen heeft de groepenkast geen aardlekschakelaar (zie figuur 2.2), in de meeste huizen tegenwoordig wel (zie figuur 2.3).

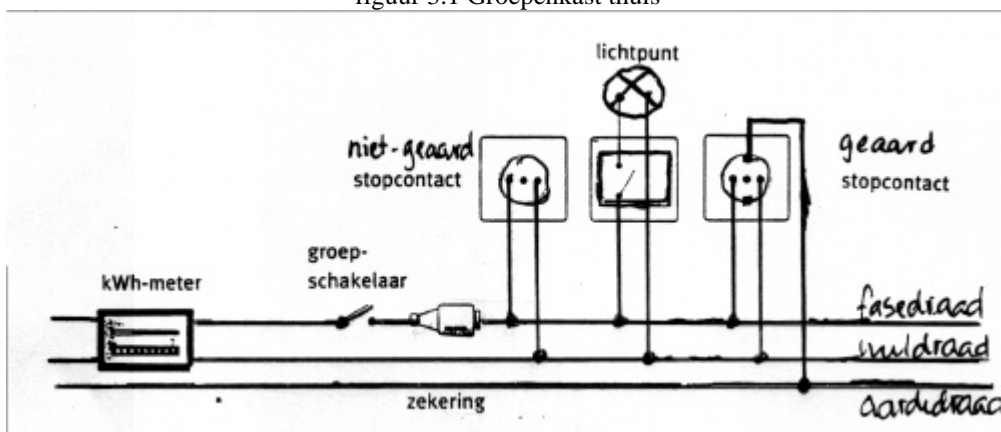
I2 Welke beveiliging geeft de aardlekschakelaar die een zekering niet geeft?

I3 Welke beveiliging geeft een zekering die een aardlekschakelaar niet geeft?

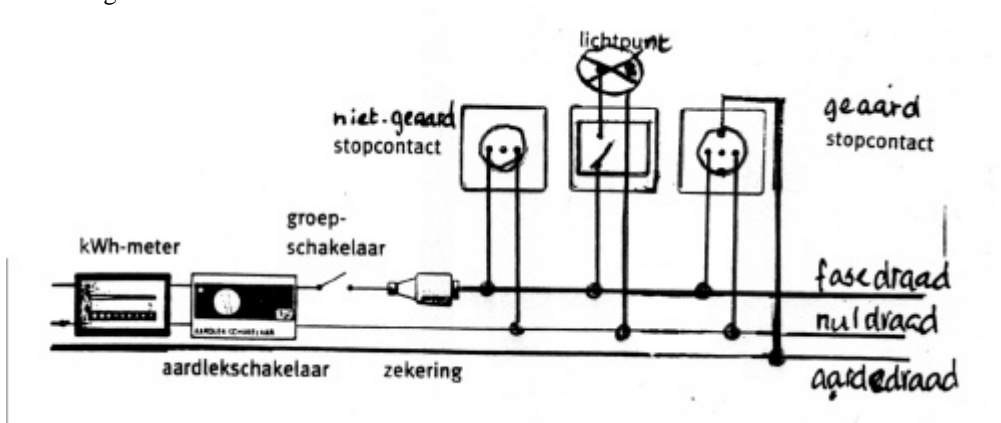
I4 Als je met je ene hand de fase draad vasthoudt en met je andere de nul draad dan gaat er een stroom door je lichaam. Waarom geeft zowel een zekering als een aardlekschakelaar hier geen beveiliging tegen?



figuur 3.1 Groepenkast thuis



figuur 3.2 schema van een deel van de huisinstallatie zonder aardlekschakelaar



figuur 3.3 schema van een deel van de huisinstallatie met aardlekschakelaar

2.3 Opgaven

1. Onder spanning staan

Leg uit wat er wordt bedoeld met onder spanning staan van de behuizing van een apparaat. Hoe is de elektrische huisinstallatie daartegen beveiligd

- bij een geaard apparaat?
- bij een ongeaard apparaat?

2. Zekering en aardlekschakelaar

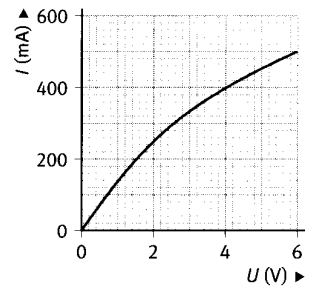
Een elektrische huisinstallatie is meestal beveiligd met 16 A zekeringen. Dat betekent dat de zekering de installatie uitschakelt bij een stroomsterkte van 16 A of meer.

- Schakelt een zekering de installatie uit als je lichaam onder spanning komt te staan?
- En schakelt een aardlekschakelaar die uit? Leg uit waarom wel of niet.

3. (I,U) -diagram van een lamp

De stroomsterkte in een lamp is gemeten bij verschillende waarden van de spanning. De meetresultaten zijn weergegeven in het (I,U) -diagram van figuur 6.

- Bereken de weerstand van de lamp bij een spanning van 2,0 V.
- Beredeneer of de weerstand van de lamp bij een spanning van 6,0 V groter of kleiner is dan, of even groot is als de weerstand bij een spanning van 2,0 V.



Figuur 6

4. Een gloeilamp

Een 40 W gloeilamp in de elektrische huisinstallatie heeft een weerstand van 1,3 k Ω ($= 1,3 \cdot 10^3 \Omega$).

Hoe groot is de stroomsterkte in de lamp?

5. Lichaamsweerstand

De weerstand van het menselijk lichaam hangt vooral af van de toestand van de huid. Bij een droge huid is de lichaamsweerstand groot, zo'n 30 k Ω . Bij een vochtige huid is die weerstand ongeveer tienmaal zo klein. In het informatieboek staat wat de gevolgen zijn van een stroom door het menselijk lichaam.

- Is het aanraken van de netspanning met droge handen gevaarlijk? En met natte handen? Leg uit waarom wel of niet.
- Waarom schakelt een aardlekschakelaar de installatie uit bij een lekstroom van 30 mA? En waarom binnen 0,2 s?
- Hoe is de elektrische huisinstallatie in een 'natte ruimte' (zoals een badkamer) extra beveiligd tegen het onder spanning staan van het lichaam?

2.4 Leerlingenpracticum *De spanningzoeker*

Inleiding

Met een spanningszoeker kun je nagaan of een onderdeel van de huisinstallatie *onder spanning staat* ten opzichte van de *aarde*. Bij reparaties aan de huisinstallatie kun je zo controleren of je de juiste groepsschakelaar hebt uitgezet en bij storingen kun je nagaan welke delen van de huisinstallatie geen spanning meer voeren.

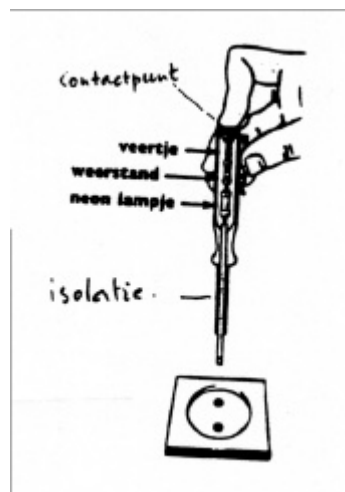
In dit practicum ga je uitzoeken:

- L1 Hoe kun je de werking van de spanningszoeker omschrijven door gebruik te maken van de *kringregel* en de *weerstandregel* (= *wet van Ohm*)?

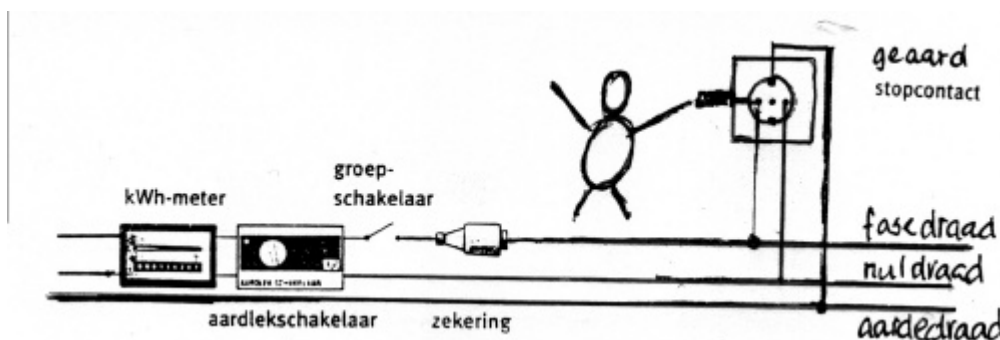
Gebruiksaanwijzing

Je gebruikt een spanningszoeker als volgt (zie figuur 2.4).

- Houd je vinger op het contactpunt bovenaan het handvat.
- Steek de schroevendraaier in het stopcontact.
- Als het neonlampje van de spanningszoeker normaal gaat branden heb je blijkbaar de spanningszoeker in de fase van een stopcontact gestoken
- Als het neonlampje van de spanningszoeker niet of heel zwak gaat branden heb je de spanningszoeker in de nul van een stopcontact gestoken.
- Als je de spanningszoeker tegen de aarde van een stopcontact houdt, brandt het neonlampje niet.



figuur 5.1 De spanningszoeker



figuur 5.2 schema van de elektrische huisinstallatie

Verkenningsopdrachten.

- 1) Ga naar een stopcontact, liefst in de buurt van een verwarming. Zoek met de spanningzoeker de fase. Raak met je vrije hand de verwarming aan. Kijk goed of de intensiteit van het lampje verandert. Verklaar je waarnemingen.
- 2) Hebben schoenen invloed op de intensiteit waarmee het lampje brandt? Probeer het uit en verklaar je waarnemingen.
- 3) Voorspel wat je zult waarnemen als je in iedere hand een spanningzoeker neemt, en de ene spanningzoeker in de fase van het stopcontact steekt en de andere in de nul.. Probeer het uit. Verklaar je waarnemingen.

Verwerkingsopdrachten

Gesloten stroomkring

- 4) Het neonlampje kan alleen gaan branden als er een gesloten stroomkring is. Kleur die stroomkring in figuur 2.5. Uit welke onderdelen bestaat die stroomkring?

De stroom door je lichaam is veilig

Om te berekenen of de stroomsterkte door je lichaam niet te groot is heb je gegevens nodig over de weerstandswaarde van de weerstand die in de spanningzoeker zit. De weerstandswaarde is ongeveer 800 kΩ.

- 5) Controleer eventueel met behulp van de kleurcode en BINAS tabel 92 deze weerstandswaarde.
- 6) Bereken de stroom die zou lopen als deze weerstand als enige in de stroomkring was opgenomen.
- 7) Ga na dat deze stroomsterkte ongevaarlijk is en leg uit dat deze weerstand ook wel *stroombegrenzer* wordt genoemd.

Onderdelen van de spanningszoeker

- 8) Bekijk nog eens nauwkeurig uit welke onderdelen de spanningzoeker is opgebouwd. Waarvoor dienen: het contactpunt, het veertje, de weerstand, het lampje en de isolatie?

2.4 Toepassingsprobleem *Aarding bij huizen van voor 1950*

Inleiding

Dit probleem gaat over de aarding bij huizen van voor 1950. Lees eerst het krantenartikel (zie figuur 2.6)

Aarding bij huizen van voor 1950 kan ondeugdelijk zijn

Man sterft onder de douche door elektrocutie

Bewoners van huizen gebouwd voor omstreeks 1950 doen er goed aan de aarding van hun elektrische installatie te laten controleren. Als die nog is aangesloten op de waterleiding, zoals tot die tijd gebeurde, lopen ze kans met een levensgevaarlijke situatie te maken te hebben. In Oisterwijk heeft dat al tot een dodelijk ongeval geleid.

Daar werd in 1993 een 30-jarige man ge-

elektrocuteerd toen hij een douche nam. Normaal gesproken zou die zijn opgevangen door de aarding, maar de elektrische installatie in huis bleek niet meer geaard te zijn doordat de waterleidingmaatschappij het loden buizensysteem in de straat had laten vervangen door pvc-buizen. Daarom moet de aarding van woonhuizen voortaan door een technicus worden gecontroleerd.

Figuur 2.6

Startvraag

T1 Kun je begrijpen waarom het ongeval mogelijk was?

Onderbouw je antwoord door gebruik te maken van het begrip *stroomkring* en van het schema van de elektrische huisinstallatie.

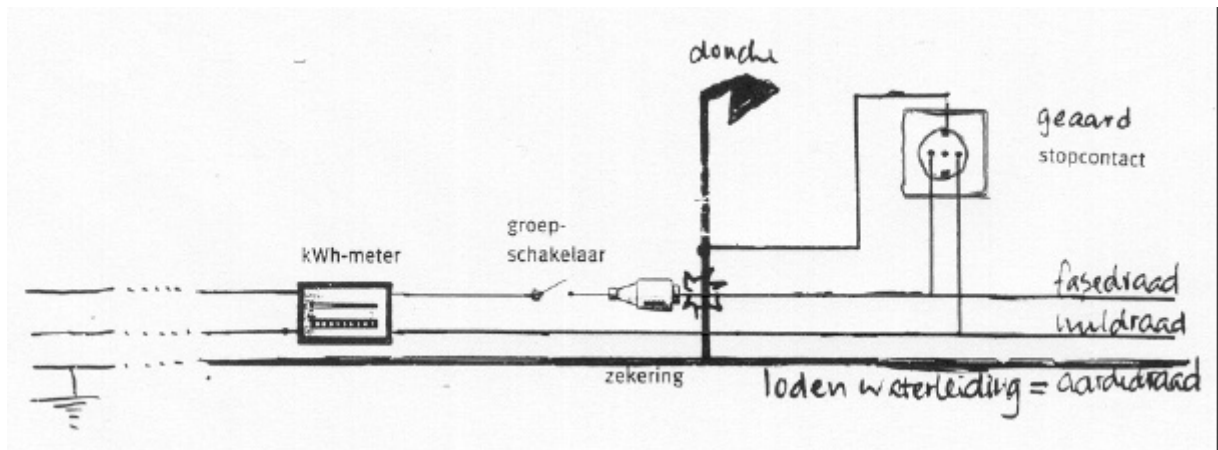
Aanwijzingen

1. Vroeger diende de loden waterleiding als aardleiding in en buiten huis (zie figuur 2.7) Tegenwoordig is er een aparte aardleiding. In een natte ruimte zoals de douche worden waterleiding, maar ook centrale verwarming en de wapening van het beton via deze aardleiding geaard. (zie figuur 2.8).
2. Maak in je antwoord onderscheid in drie situaties:
 - A Vroeger: aarding via de waterleiding en een loden buizenet
 - B Tegenwoordig: aarding via een extra aarddraad met een pvc buizenet
 - C Gevaarlijk overgangssituatie: aarding via de waterleiding en een pvc buizenet

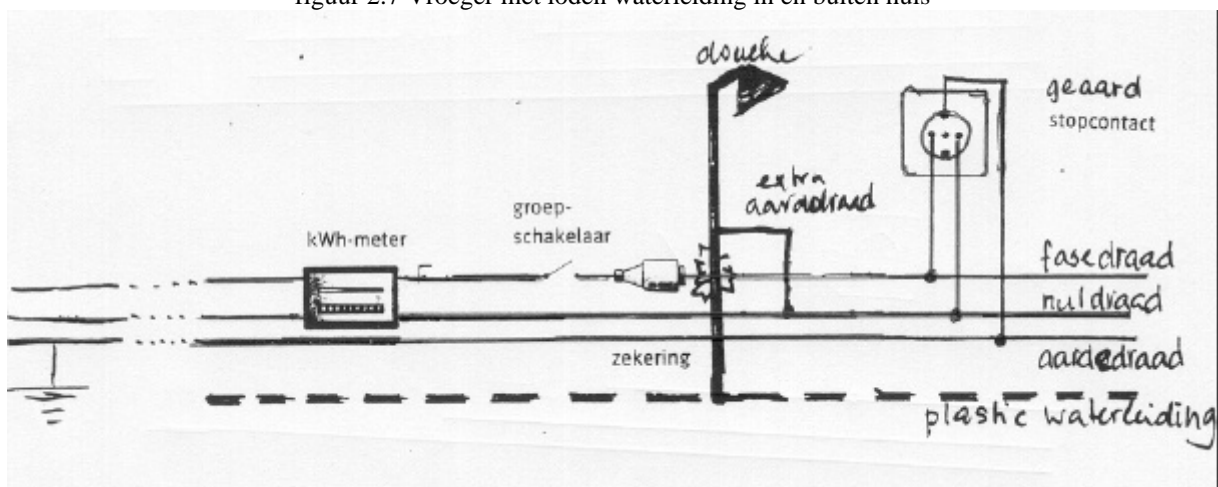
Besteed tenminste tien minuten, maar niet meer dan twintig minuten aan deze opgave.

Noteer wat je hebt geprobeerd om het probleem op te lossen en neem dat mee.

In de volgende les gaan we bespreken hoe je dit probleem hebt aangepakt en hoe je zo nodig je aanpak kunt verbeteren



figuur 2.7 Vroeger met loden waterleiding in en buiten huis



Figuur 2.8 Tegenwoordig: met pvc-waterleiding in de straat en met een extra aarddraad

Delen (in kleine groepjes van drie of vier leerlingen)

- 1) De oplossing
 - a) Vergelijk jouw oplossing met die je medeleerlingen.
 - b) Hoe weet je of een oplossing juist is of niet?

- 2) De aanpak

Vergelijk je aanpak met die van je medeleerlingen door het beantwoorden van de volgende vragen

 - a) Het komt nog al eens voor dat je aan het begin van een probleem of halverwege vastloopt.
Was dat met dit probleem ook zo? Heb je tips om niet meer vast te lopen?
 - b) Voor het verkennen van het probleem maakte je onderscheid in drie situaties waarvan er twee al getekend waren.
Had je de tekeningen nodig voor je oplossing?
 - c) Voor het oplossen van het probleem moet je gebruik maken van de kringregel. Om met de kringregel aan te tonen welk gevaar er is en welke veiligheidsvoorziening in werking treedt, neem je steeds een dezelfde denkstappen. Welke zijn dat?
- 3) Zorg dat ieder het resultaat van 2) *De aanpak* kan rapporteren.

Uitwisselen (klassikaal)

Op basis van observaties tijdens het werken in groepen, bespreekt de docent kort het antwoord op de probleemstelling

Mogelijke vervolgvragen zijn:

- T2 In steden wordt een ringleiding gebruikt voor de aardleiding. Waarom zou dat zijn?
- T3 Op het platteland wordt gebruik gemaakt van een aardpin bij het huis en bij het transformatorhuisje. Het is wenselijk maar niet noodzakelijk dat de aardpin reikt tot aan het grondwater. Waarom is dat zo?

Daarna inventariseert de docent hoe het probleem is aangepakt door per groepje iemand aan te wijzen die het resultaat van 2) *De aanpak* rapporteert.

De docent vat de inbreng van de leerlingen samen naar:

- het verkennen van de situatie
- het bedenken van een aanpak

2.6 Afronding § 2 Elektrische schakeling

Paragraafvraag	
P Welke wetmatigheden die gelden voor de elektrische schakeling kun je gebruiken om de werking van <i>aarding, zekering en aardlekschakelaar</i> te begrijpen?	
Begrippen en wetmatigheden	Toelichting
<i>Kringregel</i> : om een apparaat te laten werken is een gesloten stroomkring nodig met daarin opgenomen een spanningsbron.	
<i>Stroomregel</i> : in ieder punt van een schakeling geldt stroombehoud Bij een weerstand: $I_{\text{voor}} = I_{\text{na}}$ Bij een splitsing: $I_{\text{hoofdtak}} = I_{\text{deeltak1}} + I_{\text{deeltak2}} + \dots$ Bij een samenvloeiing: $I_{\text{deeltak1}} + I_{\text{deeltak2}} + \dots = I_{\text{hoofdtak}}$	
<i>Weerstandsregel</i> of wet van Ohm $R_{\text{apparaat}} = U_{\text{bron}} / I_{\text{bedrading}}$ volt (V) = ampere (A) x ohm (O)	
<i>U-I-diagram</i> Weerstand Gloeilampje	
Fasedraad, nuldraad, aarddraad Overbelasting, sluiting Brandgevaar, elektrocutiegevaar Apparaat onder spanning	
Isolatie en dubbele isolatie Aarding en randaarde Groepenkast met zekering Groepenkast met zekering en aardlekschakelaar	
Gevolgen van stroom door het lichaam Lichaamsweerstand	
Jouw antwoord op de paragraafvraag:	
Jouw vragen die niet beantwoord zijn:	

2.7 Uitwerkingen van opgaven

1. Onder spanning staan

- a. Bij een geaard apparaat ontstaat een stroomkring van fasedraad via de behuizing van het apparaat naar de aarddraad. Dit is een lekstroom dus de aardlekschakelaar schakelt uit. Als er geen aardlekschakelaar is brandt de zekering door.
- b. Bij een ongeaard apparaat dat onder spanning komt te staan kan de lekstroom via de omgeving soms groot genoeg zijn om de aardlekschakelaar uit te schakelen. Als iemand het apparaat aanraakt wordt de aardlekschakelaar zeker uitgeschakeld.

2. Zekering en aardlekschakelaar

Nee, de weerstand van het menselijk lichaam zou dan kleiner dan $230/16 = 14 \text{ } \Omega$ moeten zijn.

Deze is $3 \text{ k}\Omega$ of meer. De aardlekschakelaar schakelt de spanning uit als er stroom weglekt (30 mA) naar de aarde.

3. (U,I) -diagram van een lamp

- a. $R = U/I = 2,0 / 0,25 = 8,0 \text{ } \Omega$
- b. Met toenemende spanning neemt de stroom minder dan evenredig toe, de weerstand wordt groter

4. Gloeilamp

$I = U/R = 230 / 1,3 \cdot 10^3 = 0,18 \text{ A}$ (40 W speelt geen rol)

5. Lichaamsweerstand

- a. Met droge handen niet: $I = U/R = 230 / 30 = 7,7 \text{ mA}$. Met natte handen wel: $230 / 3 = 77 \text{ mA}$.
- b. Meer dan 30 mA en langer dan $0,2 \text{ s}$ wordt gevaarlijk.
- c. Alle apparaten bezitten randaarde of zijn dubbel geïsoleerd. Er zijn geen open stopcontacten toegestaan.