

# Basis elektriciteit

2de graad D/A-finaliteit:

Houttechnieken

TSM - Mechelen

Dhr. Huyskens Thomas

3BASO elektriciteit & techniek

THOMAS MORE MECHELEN – CAMPUS KRUIDTUIN

## Voorwoord

Met trots en toewijding presenteer ik deze cursus die het resultaat is van een uitgebreide studie en diepgaand onderzoek naar vernieuwingen in het onderwijs. Met een scherp inzicht in de behoeften van het moderne onderwijs zijn de basisprincipes van elektriciteit geïntegreerd in het vak houttechnieken.

Deze unieke cursus, speciaal ontwikkeld voor de D/A-finaliteit in de tweede graad houttechnieken van het secundair onderwijs in Vlaanderen, beantwoordt aan een specifieke nood die voordien nog niet werd ingevuld. Door nauwgezet het curriculum te bestuderen en de meest essentiële onderwerpen te selecteren, werd er een waardevolle educatieve bron gecreëerd. Deze cursus biedt studenten een fundamentele en relevante opleiding, die hen niet alleen voorbereidt op de uitdagingen van vandaag, maar hen ook inspireert voor de toekomst.

Dit project zou niet mogelijk zijn geweest zonder de steun en begeleiding van mijn toegewijde mentoren. Mijn oprechte dank gaat uit naar de heer Erik De Landtsheer, mevrouw Joke Simons en de heer Hans De Boeck voor hun geboden kansen en ondersteuning. Hun bijdragen hebben niet alleen dit project verrijkt, maar dragen ook bij aan de educatieve vooruitgang van vele studenten.

Ik hoop dat deze cursus niet alleen als een bron van kennis dient, maar ook als een inspiratiebron voor de volgende generatie leerkrachten in houttechnieken. Samen kunnen we bouwen aan een toekomst waar onderwijs en innovatie hand in hand gaan.

Dhr. Thomas Huyskens

Herentals, 10 juni 2024

## Inhoudsopgave

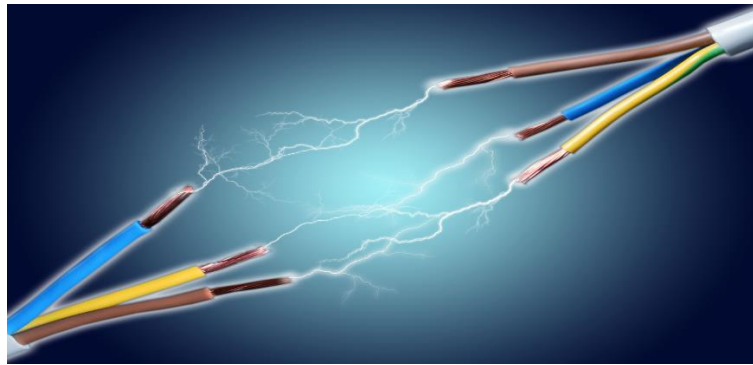
|                                                        |    |
|--------------------------------------------------------|----|
| 1. WAAROM ELEKTRICITEIT? .....                         | 6  |
| 2. WAT IS ELEKTRICITEIT? .....                         | 7  |
| De bouw van een stof.....                              | 7  |
| Moleculen .....                                        | 7  |
| Atomen .....                                           | 7  |
| Meer te weten komen?! .....                            | 8  |
| 3. STROOMKRINGEN .....                                 | 9  |
| Opbouw .....                                           | 9  |
| Onderdelen en functie .....                            | 10 |
| De spanningsbron.....                                  | 10 |
| De geleider .....                                      | 10 |
| De schakelaar .....                                    | 10 |
| De verbruiker.....                                     | 10 |
| De beveiliging.....                                    | 11 |
| Stroomkringen in huishoudelijke installaties.....      | 11 |
| Situatieschema.....                                    | 12 |
| Wat is een situatieschema?.....                        | 12 |
| Eendraadschema .....                                   | 12 |
| Wat is een eendraadschema? .....                       | 12 |
| Hoe ziet een eendraadschema er uit? .....              | 12 |
| Elektrische Symbolen .....                             | 13 |
| Samenvatting elektrische schema's: .....               | 16 |
| Meer te weten komen?! .....                            | 17 |
| 4. KLEURGEBRUIK ELEKTRISCHE GELEIDERS.....             | 18 |
| Kabelkleuren & functie van elektrische geleiders ..... | 18 |
| Fasedraad.....                                         | 19 |
| Schakeldraad .....                                     | 20 |
| Nuldraad .....                                         | 21 |
| Aardingsdraad .....                                    | 22 |
| Meer te weten komen?! .....                            | 23 |
| 5. ELEKTRISCHE STROOMSTERKTE .....                     | 24 |
| Grootheid, symbool en eenheid van stroomsterkte.....   | 24 |
| Conventionele- en werkelijke stroomzin.....            | 24 |

|                                                                                      |               |
|--------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| <b>De elektronenstroomzin.....</b>                                                   | <b>25</b>     |
| Meer te weten komen?! .....                                                          | 27            |
| Het weergeven en omzetten van veelvouden en onderdelen .....                         | 27            |
| De gebruikte voorvoegsels voor het weergeven van veelvouden en onderdelen.....       | 28            |
| De omzettingstabel.....                                                              | 28            |
| <b>Oefeningen op omzettingen .....</b>                                               | <b>28</b>     |
| <br><b>6. DE HOEEVEELHEID ELEKTRICITEIT EN DE WET VAN FARADAY .....</b>              | <br><b>29</b> |
| <b>Grootheid, symbool en eenheid van elektrische lading .....</b>                    | <b>29</b>     |
| <b>Wat betekent 'hoeveelheid elektriciteit' of wat zegt de Wet van Faraday?.....</b> | <b>29</b>     |
| <b>Hoe zet je tijd en lading om? .....</b>                                           | <b>31</b>     |
| Oefeningen op omzetten.....                                                          | 32            |
| <b>Oefeningen op de Wet van Faraday .....</b>                                        | <b>32</b>     |
| Meer te weten komen?! .....                                                          | 34            |
| <br><b>7. ELEKTRISCHE SPANNING.....</b>                                              | <br><b>35</b> |
| <b>Grootheid, symbool en eenheid van spanning.....</b>                               | <b>35</b>     |
| <b>Gelijk- en wisselspanning .....</b>                                               | <b>35</b>     |
| <b>Wat is potentiaalverschil? .....</b>                                              | <b>37</b>     |
| Meer te weten komen?! .....                                                          | 37            |
| <br><b>8. ELEKTRISCHE WEERSTAND.....</b>                                             | <br><b>38</b> |
| <b>Grootheid, symbool en eenheid van weerstand .....</b>                             | <b>38</b>     |
| <b>Goede geleiders, weerstandsmaterialen en isolatiestoffen .....</b>                | <b>38</b>     |
| Meer te weten komen?! .....                                                          | 40            |
| <b>Elektrische weerstand en weerstand van verbruikers.....</b>                       | <b>40</b>     |
| Toepassingen van geleiders in huisinstallaties.....                                  | 41            |
| Praktische Voorbeelden.....                                                          | 41            |
| Veiligheid en efficiëntie.....                                                       | 42            |
| Meer te weten komen?! .....                                                          | 42            |
| <br><b>9. DE WET VAN OHM.....</b>                                                    | <br><b>43</b> |
| <b>Wat zegt de wet van Ohm?.....</b>                                                 | <b>43</b>     |
| <b>Recht- en omgekeerd evenredig .....</b>                                           | <b>43</b>     |
| <b>Oefeningen op de Wet van Ohm .....</b>                                            | <b>44</b>     |
| <br><b>10. ELEKTRISCH VERMOGEN .....</b>                                             | <br><b>45</b> |

|                                                                 |           |
|-----------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Grootheid, symbool en eenheid van vermogen .....</b>         | <b>45</b> |
| <b>Wat betekent 'het begrip' elektrisch vermogen? .....</b>     | <b>45</b> |
| <b>Oefeningen op het berekenen van het vermogen.....</b>        | <b>46</b> |
| Meer te weten komen?! .....                                     | 48        |
| <b>11. SERIE- EN PARALLELSCHAKELING .....</b>                   | <b>49</b> |
| <b>Serieschakeling.....</b>                                     | <b>49</b> |
| Rekenen met serieschakelingen .....                             | 49        |
| Samenvatting:.....                                              | 50        |
| Meer te weten komen?! .....                                     | 50        |
| <b>Parallelschakeling.....</b>                                  | <b>51</b> |
| Rekenen met parallelschakelingen .....                          | 52        |
| Samenvatting:.....                                              | 52        |
| Meer te weten komen?! .....                                     | 53        |
| <b>12. WET VAN JOULE-LENZ .....</b>                             | <b>54</b> |
| <b>Het joule-effect .....</b>                                   | <b>54</b> |
| <b>Het Joule-effect in houtbewerkingsmachines .....</b>         | <b>55</b> |
| Meer te weten komen?! .....                                     | 55        |
| <b>13. HOOGSPANNING .....</b>                                   | <b>56</b> |
| <b>Transport van elektriciteit via hoogspanning.....</b>        | <b>56</b> |
| <b>14. VEILIGHEID IN ELEKTRISCHE INSTALLATIES .....</b>         | <b>58</b> |
| <b>De aarding:.....</b>                                         | <b>58</b> |
| <b>De differentieelschakelaar:.....</b>                         | <b>58</b> |
| <b>De automatische zekeringen: .....</b>                        | <b>59</b> |
| <b>Juiste dimensionering van bedrading en onderdelen: .....</b> | <b>59</b> |
| <b>Veilige installatiepraktijken: .....</b>                     | <b>59</b> |
| Meer te weten komen?! .....                                     | 60        |
| <b>15. DE GEVAREN VAN ELEKTRICITEIT .....</b>                   | <b>61</b> |
| <b>Elektrisering of elektrocutie .....</b>                      | <b>61</b> |
| Gevolgen van stroom die door het lichaam vloeit.....            | 61        |
| <b>Brandwonden.....</b>                                         | <b>62</b> |
| Vlamboog door kortsluiting.....                                 | 62        |

|                                                            |           |
|------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Schrikreactie .....</b>                                 | <b>63</b> |
| <b>Brand .....</b>                                         | <b>63</b> |
| <b>Explosie.....</b>                                       | <b>64</b> |
| Gevolgen .....                                             | 64        |
| Preventie.....                                             | 64        |
| Meer te weten komen?! .....                                | 65        |
| <b>16. ELEKTRISCHE MEETINSTRUMENTEN .....</b>              | <b>66</b> |
| <b>Analoge meetinstrumenten.....</b>                       | <b>66</b> |
| <b>Digitale meetinstrumenten .....</b>                     | <b>67</b> |
| Grootheden meetinstrumenten .....                          | 67        |
| Eenheden meetinstrumenten .....                            | 67        |
| <b>Multimeter.....</b>                                     | <b>68</b> |
| Meer te weten komen?! .....                                | 68        |
| <b>LEERPLANDOELN ELEKTRICITEIT IN HOUTTECHNIEKEN .....</b> | <b>69</b> |
| <b>BRONNEN .....</b>                                       | <b>70</b> |

# 1. Waarom elektriciteit?



"In de wereld van houttechnieken draait alles om het creëren en bewerken van prachtige houten creaties. Maar laten we eens een stap terug doen en nadenken over iets dat essentieel is voor ons dagelijks leven, inclusief ons werk in de houtbewerking: elektriciteit. Stel je voor dat je 's nachts alleen bij kaarslicht zou kunnen werken, zonder de mogelijkheid om moderne elektrische gereedschappen te gebruiken."

Zonder elektriciteit zouden houtbewerkers verschillende nadelen ondervinden:

1. **Beperkte efficiëntie:** Elektrische gereedschappen zoals cirkelzagen, schaafmachines en schuurmachines verhogen de productiviteit en precisie aanzienlijk. Zonder elektriciteit zouden houtbewerkers gedwongen zijn om handgereedschappen te gebruiken, wat vaak trager en minder nauwkeurig is, waardoor de efficiëntie van het werk wordt verminderd.
2. **Handmatige arbeid:** Het ontbreken van elektriciteit zou houtbewerkers dwingen om terug te vallen op handmatige methoden voor het zagen, schaven, boren en schuren van hout. Dit vergt niet alleen meer fysieke inspanning, maar kan ook leiden tot minder consistente resultaten en een grotere kans op vermoeidheid en letsel.
3. **Beperkte ontwerp mogelijkheden:** Elektrisch aangedreven gereedschappen maken complexere ontwerpen en fijnere details mogelijk. Zonder elektriciteit zouden houtbewerkers beperkt zijn in hun vermogen om ingewikkelde patronen, reliëfs of verfijnde afwerkingen te creëren, waardoor hun creatieve mogelijkheden worden beperkt.
4. **Moeilijkheden bij machinale bewerkingen:** Elektrisch aangedreven machines zoals draaibanken en freesmachines zijn essentieel voor het produceren van nauwkeurige en uniforme houten onderdelen, bijvoorbeeld voor meubels of decoratieve stukken. Het ontbreken van elektriciteit zou het gebruik van dergelijke machines onmogelijk maken, wat resulteert in beperkingen bij het produceren van complexe of gestandaardiseerde onderdelen.

Al met al zou het ontbreken van elektriciteit de mogelijkheden van houtbewerkers beperken en hun werkproces aanzienlijk vertragen en compliceren. Elektriciteit is niet alleen een alledaagse krachtbron; het is de levensader van onze moderne wereld, ook voor houtbewerkers. Het stelt ons in staat om krachtige gereedschappen te gebruiken, zoals cirkelzagen, schaafmachines en boormachines, die onze precisie en efficiëntie verhogen bij het vormgeven van hout.

Maar wat is elektriciteit eigenlijk? Hoe wordt het opgewekt en overgebracht naar onze werkplaatsen? Laten we deze fascinerende kracht verkennen en ontdekken hoe het onze passie voor houtbewerking voedt.

## 2. Wat is elektriciteit?

### De bouw van een stof



### Moleculen

Een stof is opgebouwd uit moleculen. Een molecule is het kleinste deeltje van een stof dat nog alle eigenschappen van die stof bezit.

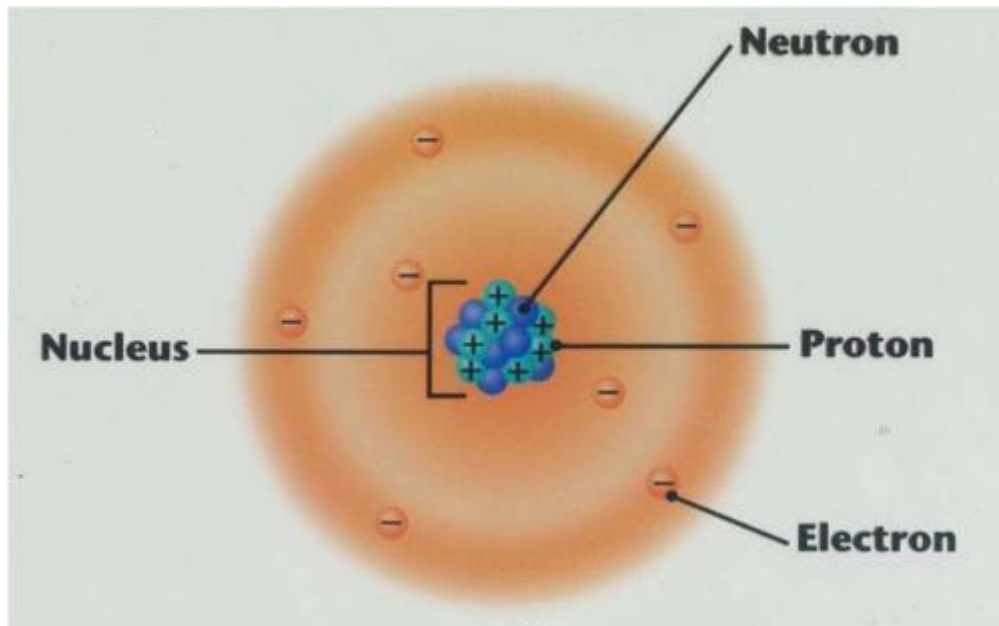
Een molecule koper is dus het kleinste deeltje koper (Cu) met nog alle eigenschappen van koper. Een molecule water is het kleinste deeltje water (H<sub>2</sub>O) met nog alle eigenschappen van water. Moleculen kan je niet met het blote oog waarnemen. Ga je een molecule koper of water verder splitsen dan krijg je atomen.

### Atomen

*Alles om ons heen bestaat uit deeltjes die zo klein zijn, dat ze zelfs met een microscoop niet te zien zijn. Deze deeltjes noemen we atomen.*

Atomen zijn ongelooflijk klein: ze hebben een grootte tussen de 62 en de 520 picometer. Een picometer komt overeen met 0,00 000 000 001 meter. Er zijn 118 verschillende soorten atomen, waarvan er 92 van nature op Aarde voorkomen. Die verschillende soorten noem je elementen. Goud is bijvoorbeeld een element, maar ook ijzer, waterstof, helium, koolstof, zuurstof etc. Veel stoffen bestaan uit combinaties van elementen. Water bestaat bijvoorbeeld uit twee waterstofatomen en een zuurstofatoom.

Stel dat je een ijzeratoom nog verder uit elkaar zou plukken dan kan dit, want atomen zijn niet zomaar kleine bolletjes. Ze bestaan op hun beurt uit nog kleinere deeltjes. Maar zodra je dit lukt is het ijzeratoom geen ijzeratoom meer. Of een atoom een ijzeratoom is hangt namelijk af van de deeltjes waaruit het atoom zelf bestaat. Een atoom is dus het kleinste stukje van een element (zoals ijzer) dat je maar kan hebben.



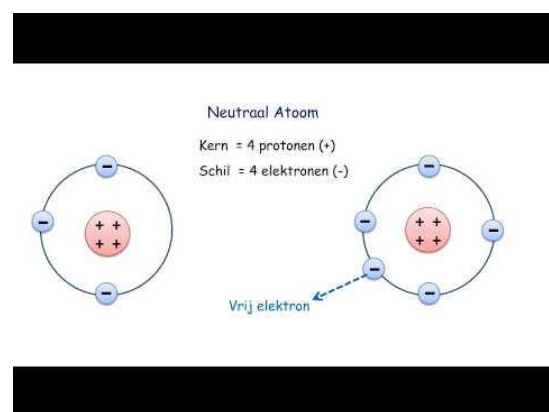
**De verschillende onderdelen van een atoom: de elektronen, de kern (nucleus), de protonen en neutronen.**

Als we verder inzoomen op het atoom, dan zien we dat hij bestaat uit een hele kleine kern met een wolk van deeltjes om zich heen. In de kern zitten twee soorten deeltjes: protonen en neutronen. Protonen hebben een positieve elektrische lading. Neutronen hebben geen lading. De deeltjes die om de kern heen zweven worden elektronen genoemd. Zij hebben een negatieve lading. Er zijn altijd net zoveel elektronen als protonen in een atoom. Daarom is de totale lading van een atoom toch 0.

*Meer te weten komen?!*

Bekijk onderstaande YouTube video's!

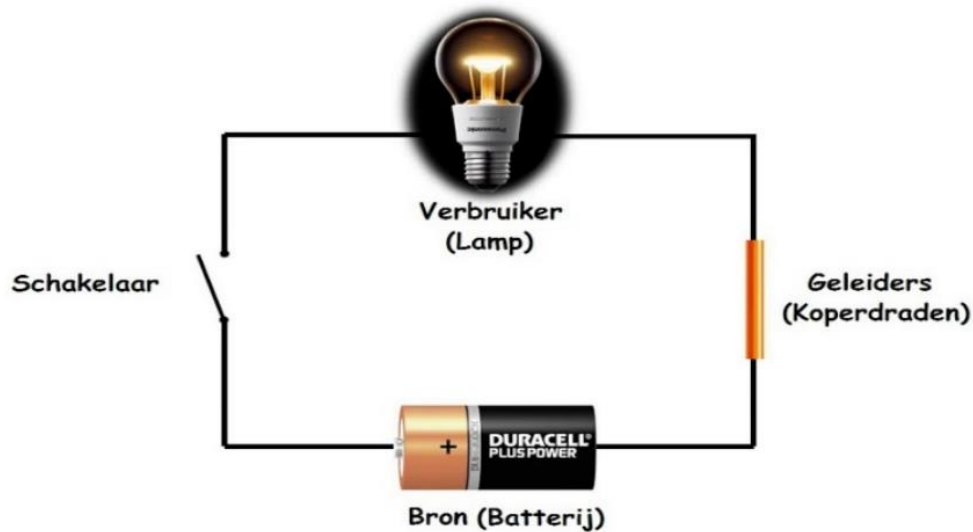
<https://www.youtube.com/watch?v=x9IFcT7bY0U>



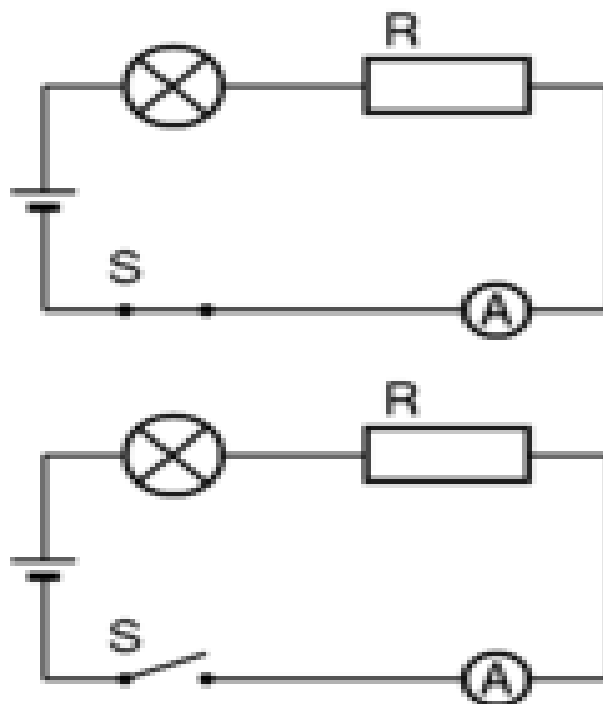
<https://www.youtube.com/watch?v=FSNU6MTvdiM>

### 3. Stroomkringen

#### Opbouw

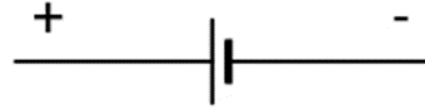


Een stroomkring is een gesloten elektrisch circuit. Met 'gesloten' wordt bedoeld, dat er een weg is, waarlangs de elektrische stroom in staat is, om vanuit één pool van de bron terug te keren naar de andere. De elektrische stroom komt van een stroombron die in de stroomkring aangebracht is. Een kring bestaat uit geleiders en wordt met een schakelaar geopend of gesloten. In de stroomkring zijn er ook onderdelen (verbruikers) zoals lampen, motoren of zoemers. Deze onderdelen bieden een weerstand aan de elektrische stroom, deze onderdelen geven bijvoorbeeld licht aan een lamp, laten een motor draaien of maken een geluid. In meer complexere elektrische stroomkringen wordt ook een beveiliging aangebracht om de elektrische stroom onder controle te houden. Ten slotte komt de elektriciteit weer terug naar de stroombron.



## Onderdelen en functie

### De spanningsbron



De spanningsbron is een element of een batterij met twee polen, namelijk een positieve pool (+ klem) en een negatieve pool (- klem). Tussen de twee polen is er een ladingsverschil. Dit komt omdat de negatieve pool te veel elektronen en de positieve te weinig elektronen bevat. Tussen de twee polen is er dus een 'natuurlijke' drang om het verschil in lading op te heffen of te vereffenen. Deze vereffeningsdrang noemt men spanning, uitgedrukt in Volt.

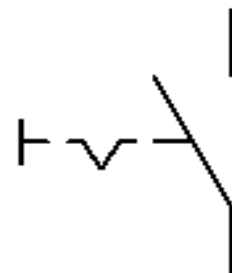
### De geleider



De geleider maakt het mogelijk dat er stroom kan vloeien zonder dat de stroom al te veel tegenstand ondervindt. Deze tegenstand die men weerstand noemt, drukt men uit in Ohm. Hoe kleiner de weerstand, hoe beter de geleider geleidt.

### De schakelaar

De schakelaar dient om gemakkelijk de stroomkring te openen en te sluiten.



- Schakelaar sluiten = de stroom wordt doorgelaten (geleid); de tegenstand is nul Ohm.

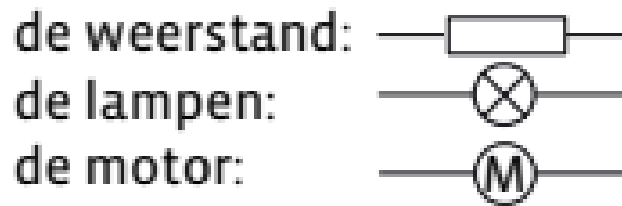
- Schakelaar openen = de stroom wordt tegengehouden; de tegenstand is oneindig aantal Ohms.

### De verbruiker

Dit toestel zet de elektrische stroom om in een andere energievorm. Het toestel houdt de stroom gedeeltelijk tegen en biedt dus een bepaalde weerstand aan de stroom. De meeste verbruikers bestaan uit weerstandselementen, bv. een strijkijzer. Andere toestellen bouwen hun weerstand op doordat de geleiders wikkelingen bevatten, bv. de elektrische motor.



Enkele voorbeelden van de symbolen van verbruikers:



## De beveiliging



De beveiliging zorgt ervoor dat de stroom door de leiding niet groter is of wordt dan dat de geleider aankan. Als er te grote stromen vloeien dan ontstaat er een opwarming van de geleider, te wijten aan het 'Joule-effect'. Hierdoor kan de geleider doorsmelten, en vonken veroorzaken met mogelijk brand tot gevolg.

## Stroomkringen in huishoudelijke installaties

Een stroomkring in een huishoudelijke installatie is een gesloten circuit waardoor elektrische stroom vloeit om apparaten en verlichting van energie te voorzien. Elke stroomkring begint bij de verdeelkast, waar elektriciteit vanuit het net binnenkomt. Deze kast bevat zekeringen, automatische schakelaars en differentieelschakelaars voor beveiliging. Leidingen en kabels voeren de elektriciteit vanuit de verdeelkast naar stopcontacten, lichtpunten en andere apparaten in de woning.



Stopcontacten zijn aansluitpunten voor apparaten, strategisch geplaatst voor gebruiksgemak. Schakelaars openen of sluiten de stroomkring om verlichting en apparaten aan- of uit te schakelen. Lichtpunten zijn locaties voor verlichtingsarmaturen, en aftakdozen verbinden leidingen en kabels en maken aftakkingen naar verschillende stroomkringen mogelijk.

Aarding is essentieel in elke installatie, omdat het overtollige elektrische lading veilig naar de grond afvoert, wat bescherming biedt tegen elektrische schokken en brand door kortsluiting vermindert. Stroomkringen zorgen voor een veilige en efficiënte verdeling van elektriciteit door de woning. Veiligheidsvoorzieningen zoals zekeringen, differentieelschakelaars en aarding beschermen tegen overbelasting, kortsluiting en elektrische schokken. Een goed ontworpen installatie voldoet aan de elektrische behoeften van de woning en de veiligheidsnormen van het Algemeen Reglement op de Elektrische Installaties (AREI).

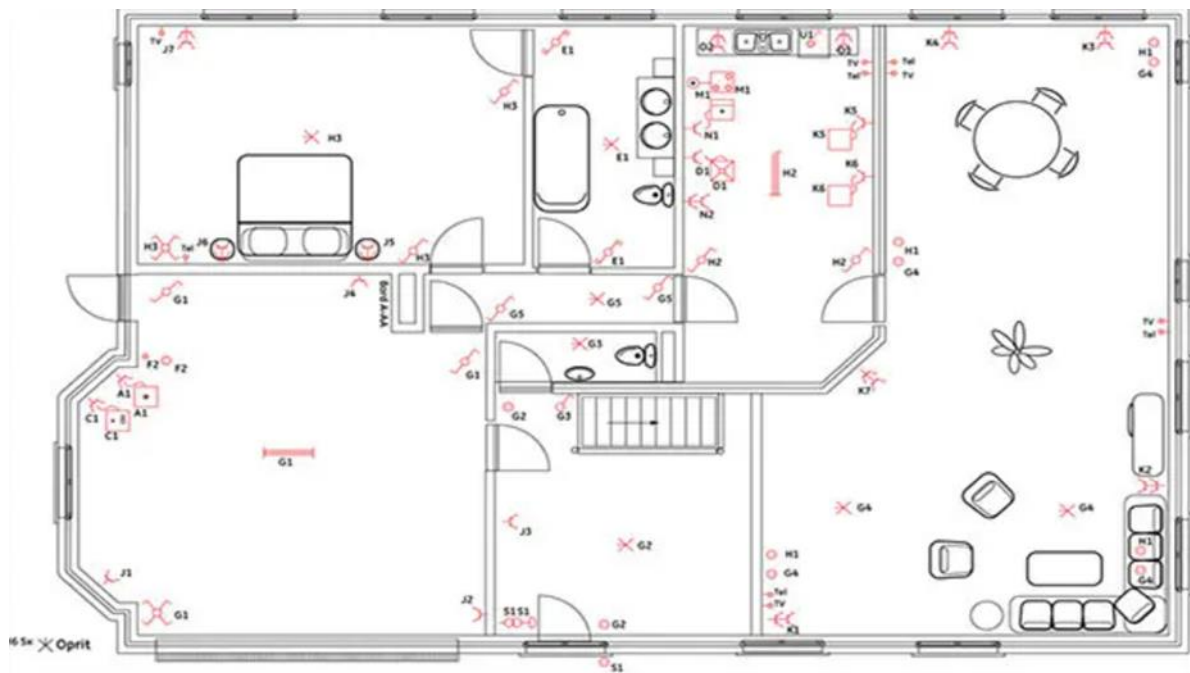
## Situatieschema

### Wat is een situatieschema?

Het situatieschema (of situatieplan) van de elektrische installatie is een grondplan van de woning dat door middel van symbolen de plaats aanduidt van de verdeelkast, de aftakdozen, stopcontacten, lichtpunten, schakelaars en gebruikstoestellen die op het eendraadschema voorkomen.

Het situatieschema is vaak wat minder compact dan het eendraadschema, maar het is wel wat duidelijker.

Je gebruikt dezelfde symbolen op het situatieschema als op het eendraadschema.



## Eendraadschema

### Wat is een eendraadschema?

De volledige elektrische installatie van je woning bestaat uit verschillende leidingen, kabels en elektrische elementen, die al dan niet onderling verbonden zijn.

Om dit geheel duidelijk en planmatig in kaart te brengen is er een universele taal ontwikkeld in de vorm van een eendraadschema.

Hierop wordt de verdeling van alle leidingen en kabels schematisch weergegeven door middel van een reeks elektrische symbolen.

### Hoe ziet een eendraadschema er uit?

Een eendraadschema wordt samengesteld uit letters, nummers en specifieke symbolen.

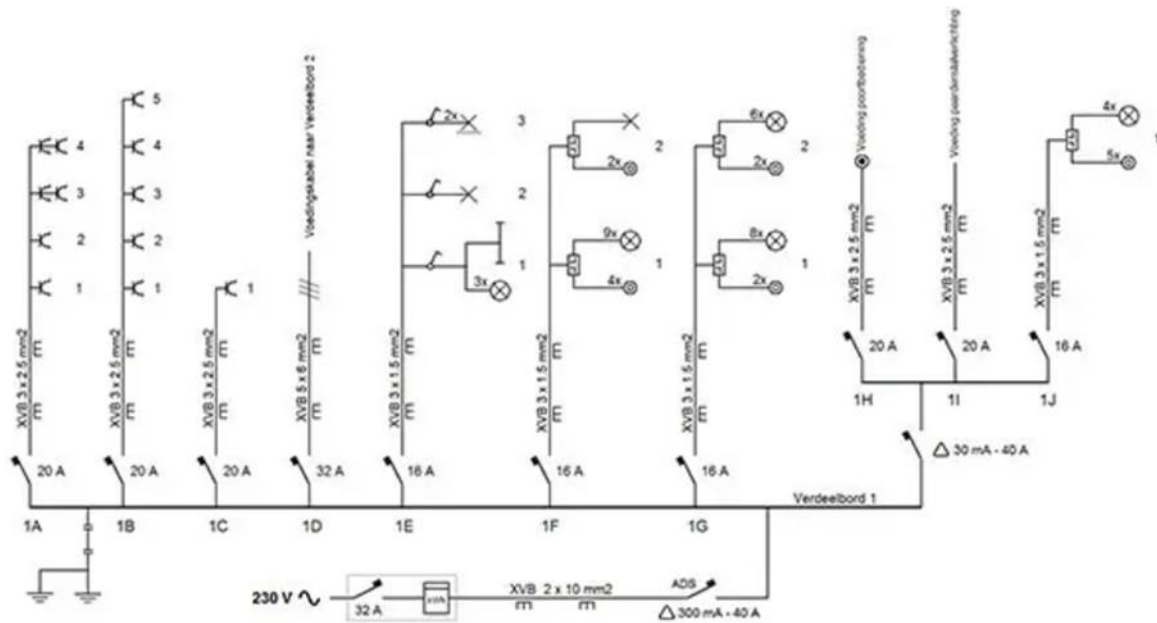
Alle leidingen worden met een letter aangeduid. De schakelaars in de zekeringkast worden met dezelfde letters gemerkt en per stroombaan wordt elk aftakpunt genummerd.

Vervolgens worden onderstaande elementen aangeduid met behulp van symbolen (altijd volgens de richtlijnen van het AREI):

- de leidingtypes;
- de doorsnede en aantal geleiders van leidingen;
- de plaatsingswijze (inbouw of niet);
- het type en de kenmerken van automatische differentieelschakelaars;
- de schakelaars;
- de aftakdozen;
- de stopcontacten;
- de lichtpunten.

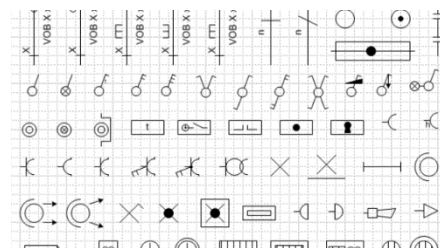
De exacte plaats van de verschillende elektrische elementen in de woning is bij een eendraadschema niet belangrijk. Hiervoor dient het situatieschema.

Om een elektrisch schema te kunnen lezen of zelf uit te tekenen, is het handig om de verschillende elektrische symbolen te kunnen herkennen en gebruiken. Deze zijn in overeenstemming met het AREI (Algemeen Reglement voor Elektrische Installaties).

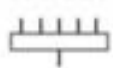


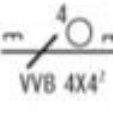
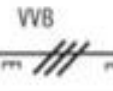
## Elektrische Symbolen

Voor het maken en aflezen van een elektriciteitsplan is het handig dat je de verschillende elektrische symbolen kan herkennen en gebruiken. Op de volgende pagina's vind je een overzicht van de symbolen, in overeenstemming met het AREI.



| A. Stroomnetinformatie        |                                                                                   |
|-------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| Gelijkstroom (DC)             |  |
| Wisselstroom (algemeen) (AC)  |  |
| Eenfasige wisselstroom (mono) |  |
| Driefasige wisselstroom       |  |

| ELEKTRISCHE TOESTELLEN                                     |                                                                                     |
|------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| Algemene voorstelling van een bord van een verdeelkast     |    |
| Voorbeeld van een bord van een verdeelkast met 5 leidingen |    |
| Doos, inbouwdoos, algemeen symbool                         |    |
| Verbindingsdoos, aftakdoos, aansluitdoos                   |   |
| Aftakkast                                                  |  |
| Aardingsstrip                                              |  |

| VOORBEELDEN:                                                                                                                                            |                                                                                     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| VVB-kabel met 4 geleiders (inbegrepen de eventuele nulgeleider en de beschermingsgeleider) van 4 vierkante millimeter geplaatst in een buis in een wand |  |
| in de beroepswereld spreekt men van een $xVB4G4 = 3 \text{ FQ} - 4 \text{ mm}^2$                                                                        |                                                                                     |
| VVB-kabel met drie geleiders van 2,5 vierkante millimeter op een wand                                                                                   |  |
| 4 VOB-kabels waarvan de geleiders een doorsnee van 2,5 vierkante millimeter hebben. Het geheel is geplaatst in een buis in een wand.                    |  |

| LEIDINGEN                                                                                                                 |                                                                                       |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| Leiding, algemeen symbool                                                                                                 |    |
| Ondergrondse leiding                                                                                                      |    |
| Luchtleiding                                                                                                              |    |
| Leiding in een buis                                                                                                       |    |
| Voorbeeld van een bundel van zes buizen                                                                                   |    |
| Leiding in een wand                                                                                                       |    |
| Leiding op een wand                                                                                                       |    |
| Leiding geplaatst in een buis in een wand                                                                                 |    |
| Twee leidingen                                                                                                            |    |
| n) leidingen                                                                                                              |  |
| Leiding met drie geleiders                                                                                                |  |
| Leiding met (n) geleiders                                                                                                 |  |
| <b>Opmerking:</b> (n) geeft het totaal aantal geleiders, inbegrepen de eventuele nulgeleider en de beschermingsgeleiders. |                                                                                       |

| B. Beschermingstoestellen                               |                                                                                       |
|---------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| Smeltveiligheid                                         |  |
| Smeltveiligheid met een nominale stroomsterkte van 16 A |  |
| Automatische differentieel-schakelaar                   |  |
| Kleine automatische schakelaar, maat 20A                |  |
| Aarding                                                 |  |

| <i>C. Schakelaars</i>                                                                                                                                        |                                                                                     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| Schakelaar, algemeen symbool                                                                                                                                 |    |
| Schakelaar met verklikkerlamp. De lamp brandt altijd en dient om de schakelaar in het duister terug te vinden.                                               |    |
| Eenpolige schakelaar met vertraagde opening                                                                                                                  |    |
| Tweepolige schakelaar                                                                                                                                        |    |
| Driepolige schakelaar                                                                                                                                        |    |
| Eenpolige omschakelaar (dubbele aansteking; om twee stroombanen afzonderlijk te sluiten of te openen op één enkele plaats)                                   |    |
| Eenpolige wisselschakelaar (dubbele richting; om een stroombaan te sluiten of te openen op twee plaatsen)                                                    |   |
| Tweepolige wisselschakelaar (dubbele richting)                                                                                                               |  |
| Kruisschakelaar (om een stroombaan te sluiten of te openen op een willekeurig aantal plaatsen in combinatie met twee wisselschakelaars op de twee uiteinden) |  |
| Dimmer                                                                                                                                                       |  |
| Eenpolige trekschakelaar                                                                                                                                     |  |
| Eenpolige schakelaar met signalisatielamp.                                                                                                                   |  |
| Drukknop                                                                                                                                                     |  |
| Drukknop met verklikkerlamp                                                                                                                                  |  |
| Drukknop met afgeschermdde toegang (te breken ruit).                                                                                                         |  |
| Impulsschakelaar                                                                                                                                             |  |

| <i>D. Contactdozen</i>                                                                    |                                                                                     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| Contactdoos (algemeen symbool)                                                            |  |
| Meervoudige contactdoos (voor drie stopcontacten)                                         |  |
| Contactdoos met contact voor beschermingsgeleider                                         |  |
| Contactdoos met contact voor beschermingsgeleider en met kinderbescherming                |  |
| Contactdoos met tweepolige schakelaar                                                     |  |
| Contactdoos met tweepolige vergrendelingsschakelaar                                       |  |
| Contactdoos met beschermings-transformator (bijvoorbeeld stopcontact voor scheerapparaat) |  |

| <i>E. Gebruikstoestellen</i>                                                         |  |
|--------------------------------------------------------------------------------------|--|
| Aansluitpunt voor een verlichtingstoestel, voorgesteld met toevoerleiding. Lichtpunt |  |
| Fluorescentie-armatuur. Algemeen symbool                                             |  |
| Armatuur met drie fluorescerende buislampen                                          |  |
| Bel                                                                                  |  |
| Vast elektrohuishoudelijk toestel. Algemeen symbool                                  |  |
| Kookfornuis                                                                          |  |
| Verwarmingstoestel                                                                   |  |
| Boiler                                                                               |  |
| Wasmachine                                                                           |  |
| Droogkast                                                                            |  |
| Vaatwasmachine                                                                       |  |
| Koelkast                                                                             |  |
| Diepvriezer                                                                          |  |
| Motor                                                                                |  |
| Transformator                                                                        |  |
| kWh-teller                                                                           |  |

### Samenvatting elektrische schema's:

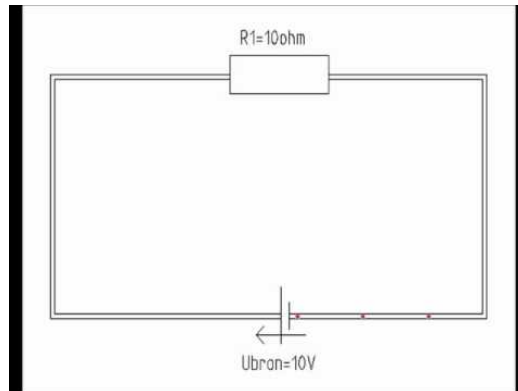
- **Situatieschema:** Gebruik dit schema om de exacte plaats van de verschillende elektrische elementen in de woning te bepalen.
- **Eendraadschema:** Gebruik dit schema om de verdeling van leidingen en kabels te begrijpen.
- **Elektrische Symbolen:** Leer deze symbolen te herkennen en te gebruiken voor een correcte interpretatie en weergave van de elektrische installaties volgens het AREI.

Het kennen en correct toepassen van deze schema's en symbolen zorgt voor een efficiënte en veilige elektrische installatie en onderhoud in de woning.

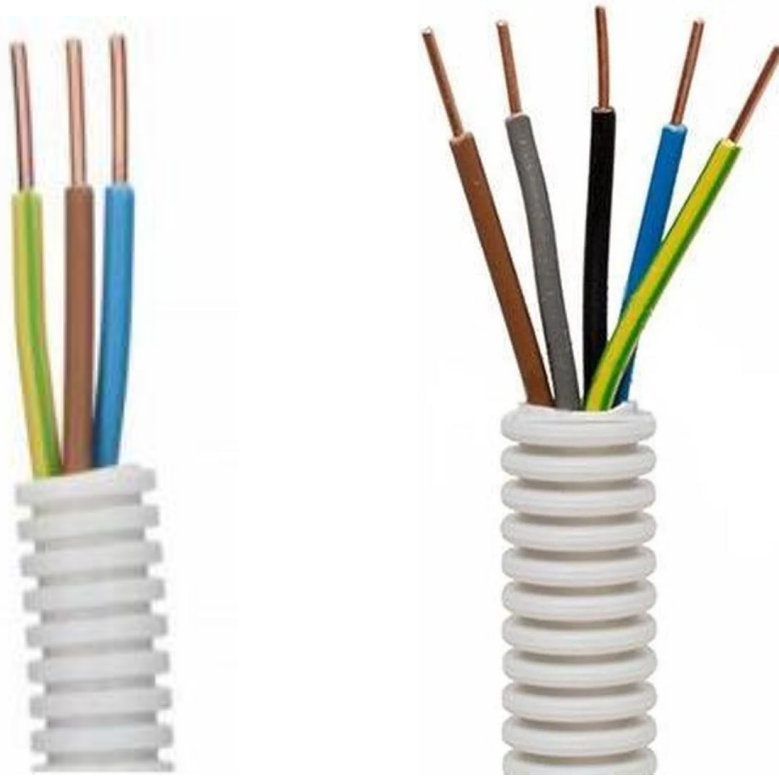
*Meer te weten komen?!*

Bekijk onderstaande YouTube video!

<https://www.youtube.com/watch?v=CckqH0Gvbu4>



## 4. Kleurgebruik elektrische geleiders



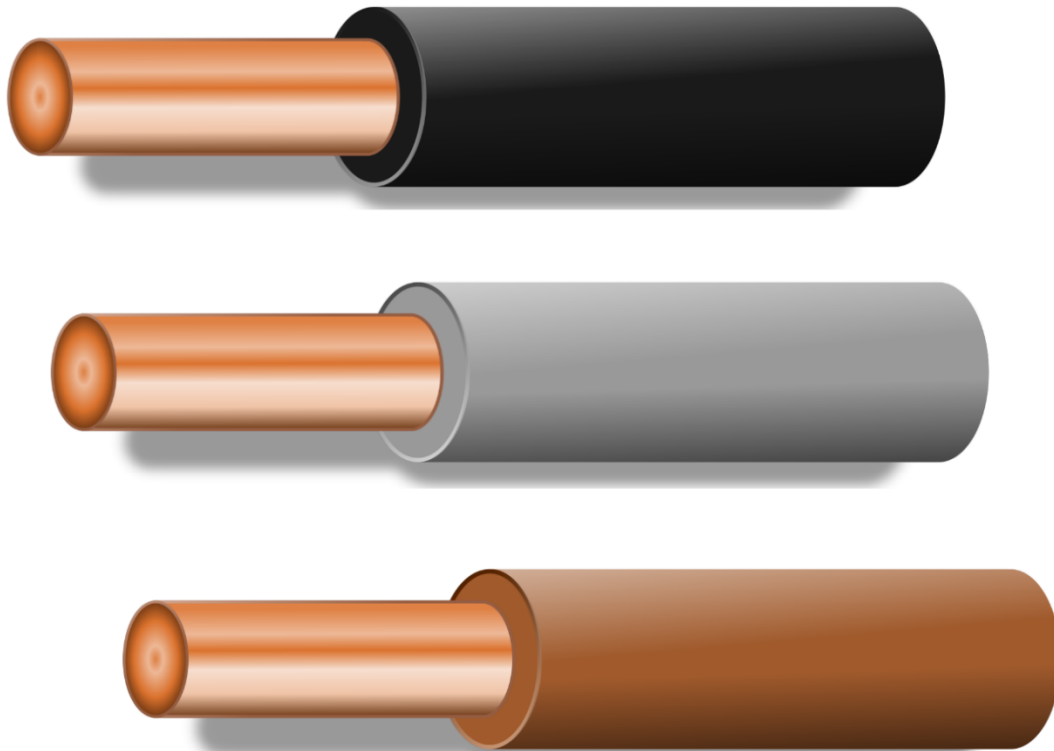
### Kabelkleuren & functie van elektrische geleiders

Er zijn verschillende kabelkleuren die wettelijk bepaald zijn en nageleefd moeten worden om de veiligheid en efficiëntie van elektrische installaties te waarborgen. Niet elke kleur mag zomaar gebruikt worden, aangezien deze kleuren een specifieke functie aangeven en verwarring of fouten kunnen voorkomen. Deze kabelkleuren van elektrische geleiders maken het leven gemakkelijker en veiliger door duidelijkheid te bieden over de rol van elke draad in een stroomkring.

Hoewel deze leidraad de standaardkleuren en hun functies beschrijft, kan er in de praktijk soms worden afgeweken van deze standaard. Bijvoorbeeld, in oudere installaties of bij bepaalde aanpassingen, kunnen afwijkende kleuren voorkomen. Het is daarom altijd belangrijk om de situatie grondig te bekijken en, indien nodig, een professionele elektricien te raadplegen om de correcte werking en veiligheid van de elektrische installatie te waarborgen.

Het naleven van deze kleurcoderingen draagt bij aan de veiligheid en duidelijkheid binnen elektrische systemen, wat essentieel is om ongelukken en fouten te voorkomen. Door de juiste kabelkleuren te gebruiken en te herkennen, kunnen installateurs en gebruikers veiliger en efficiënter werken met elektrische installaties.

## Fasedraad



De fasedraad, ook wel de live draad genoemd, heeft een belangrijke functie in een elektrische stroomkring. Hier zijn de belangrijkste functies en kenmerken van de fasedraad:

1. **Leveren van elektrische stroom:** De fasedraad voert de elektrische stroom van de stroombron (zoals het elektriciteitsnet) naar het apparaat of de installatie. Dit is de draad die de spanning draagt en de energie levert die nodig is om apparaten te laten werken.
2. **Onder spanning staan:** De fasedraad staat onder spanning (meestal 230 Volt in huishoudelijke installaties) en is daarom potentieel gevaarlijk bij aanraking. Deze spanning zorgt ervoor dat elektrische apparaten kunnen functioneren.
3. **Eerste onderdeel van de stroomkring:** De fasedraad is het eerste onderdeel in de stroomkring, die de elektrische stroom naar het apparaat brengt. De stroom keert vervolgens terug via de nuldraad, waardoor de kring gesloten wordt en de stroom kan blijven vloeien.

In België heeft een enkelfasige fasedraad veelal de **bruine** kleur en wordt aangeduid met de letter L (van het Engelse Live). In een driefasig systeem worden de kleuren **bruin**, **zwart** en **grijs** gebruikt, welke respectievelijk worden aangeduid met L1, L2 en L3. Deze kabels zijn normaliter altijd onder spanning ten opzichte van de aarde en de nuldraad.

Kortom, de fasedraad is essentieel voor het transporteren van elektrische stroom van de bron naar de verschillende apparaten en installaties. Omdat hij onder spanning staat, is het belangrijk om de fasedraad zorgvuldig en volgens de veiligheidsvoorschriften te hanteren om elektrische schokken en andere gevaren te vermijden.

## Schakeldraad

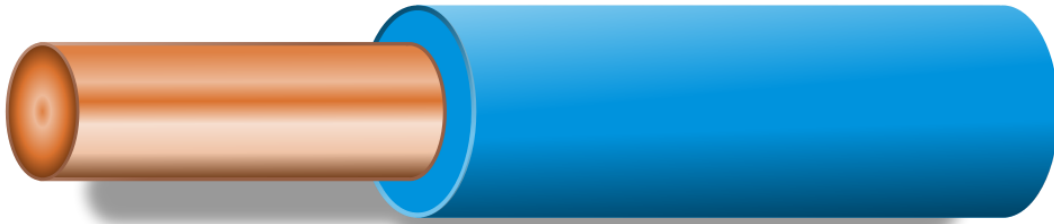


Een schakeldraad heeft een specifieke en belangrijke functie in een elektrische stroomkring, vooral in het schakelen van verlichting en andere elektrische apparaten. **Zwart** is de meest gebruikelijke kleur voor schakeldraden in standaard lichtschakelingen. Een zwarte schakeldraad loopt meestal van de schakelaar naar de lamp. Hier zijn de belangrijkste functies van een schakeldraad:

1. **Verbinding maken tussen schakelaar en apparaat:** De schakeldraad verbindt de schakelaar met het elektrische apparaat (bijvoorbeeld een lamp). Wanneer je de schakelaar bedient, sluit of opent deze de stroomkring, waardoor het apparaat aan- of uitgeschakeld wordt.
2. **Onderbreken of herstellen van de stroom:** Door de schakelaar te gebruiken, kan de schakeldraad de stroom naar het apparaat onderbreken (uitzetten) of herstellen (aanzetten). Dit maakt het mogelijk om een apparaat of verlichting eenvoudig te bedienen vanaf een schakelaar op een handige locatie.
3. **Veilige en efficiënte stroomregeling:** Schakeldraden zorgen voor een veilige en efficiënte manier om elektrische apparaten te bedienen zonder dat je direct de stroomkring hoeft aan te raken of te manipuleren.

Samengevat, de schakeldraad dient om de verbinding tussen een schakelaar en een elektrisch apparaat te maken, waardoor je de stroomtoevoer naar het apparaat kunt onderbreken of herstellen. Dit is essentieel voor het veilig en eenvoudig bedienen van verlichting en andere elektrische apparaten in een gebouw.

## Nuldraad



De nuldraad of neutrale draad – in de volksmond “Neuter” genaamd – heeft een essentiële rol in een elektrische stroomkring. Zijn belangrijkste functies zijn:

1. **Terugvoer van stroom:** De nuldraad dient als de retourweg voor de elektrische stroom die afkomstig is van het elektrische apparaat terug naar de energiebron (meestal een transformator of verdeelkast). Terwijl de fasedraad (meestal bruin) de stroom naar het apparaat voert, zorgt de nuldraad ervoor dat de stroomkring gesloten wordt door de stroom terug te voeren.
2. **Referentiepotentiaal:** De nuldraad is verbonden met de aarde op het punt van de energieleverancier, wat betekent dat hij een referentiepotentiaal van nul Volt heeft. Dit helpt om een stabiele spanning in de stroomkring te behouden en minimaliseert spanningsschommelingen.
3. **Veiligheid en stabiliteit:** Door het bieden van een retour pad met nul potentiaal, helpt de nuldraad om het elektrische systeem veilig en stabiel te houden. Dit is vooral belangrijk in huishoudelijke en industriële installaties waar een stabiele stroomvoorziening cruciaal is voor de werking van elektrische apparaten.

In België en veel andere landen is de nuldraad meestal **blauw** van kleur. Dit maakt het gemakkelijk om de nuldraad te identificeren en correct aan te sluiten in een elektrische installatie.

Kortom, de nuldraad is cruciaal voor het correct functioneren van elektrische stroomkringen, doordat hij de stroom terugvoert naar de bron en zorgt voor een stabiele en veilige werking van het elektrische systeem.

## Aardingsdraad



De aardingsdraad speelt een cruciale rol in de veiligheid van een elektrische installatie. Zijn belangrijkste functies zijn:

1. **Veiligheid bieden bij fouten:** De aardingsdraad biedt een veilige route voor elektrische stroom om terug naar de aarde te vloeien in het geval van een fout, zoals een kortsluiting of een lekkage van stroom. Dit voorkomt dat metalen behuizingen van elektrische apparaten onder spanning komen te staan, wat een ernstig risico op elektrische schokken zou kunnen vormen.
2. **Bescherming tegen elektrische schokken:** Door het aansluiten van metalen behuizingen van apparaten op de aardingsdraad, zorgt het systeem ervoor dat in het geval van een isolatiefout de stroom via de aardedraad naar de aarde wordt geleid. Dit minimaliseert het risico op elektrische schokken voor gebruikers.
3. **Werking van beveiligingsapparaten:** De aardingsdraad zorgt ervoor dat beveiligingsapparaten zoals aardlekschakelaars – ook wel verliesstroomschakelaar of differentieelschakelaar genoemd – effectief kunnen werken. Bij een lekstroom detecteert de aardlekschakelaar het verschil tussen de stroom die de installatie in gaat en de stroom die terugkomt, en schakelt de stroomtoevoer uit om gevaar te voorkomen.

De aardingsdraad moet verplicht **geel/groen** van kleur zijn, volgens de standaard kleurcodes voor elektrische installaties. Dit maakt het eenvoudig om de aardingsdraad te identificeren en correct aan te sluiten tijdens installatie of onderhoud van elektrische systemen.

Samengevat, de aardingsdraad is essentieel voor het waarborgen van de veiligheid van elektrische installaties door het bieden van een veilige afvoer van foutstromen en het voorkomen van elektrische schokken.

*Meer te weten komen?!*

Bekijk onderstaande YouTube video!

<https://www.youtube.com/watch?v=JLNUGzI2a4Y>



## 5. Elektrische stroomsterkte

### Grootheid, symbool en eenheid van stroomsterkte

**André-Marie Ampère**  
1775-1836



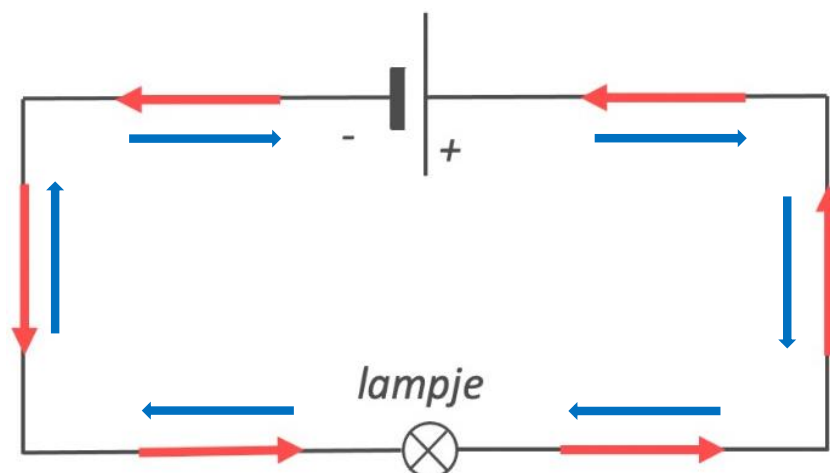
Bij een elektrische stroomkring stroomt er, als de kring gesloten is, elektrische lading van het ene naar het andere punt. De hoeveelheid elektrische lading die per seconde door de stroomdraad beweegt, is de stroomsterkte ( $I$ ). De eenheid van deze elektronen wordt gemeten in Coulomb (C). De eenheid voor de stroomsterkte wordt gemeten in Ampère (A). 1 Ampère staat gelijk aan 1 Coulomb per seconde. De Ampère is een van de zeven grondeenheden van het SI-stelsel en is genoemd naar de Franse fysicus André-Marie Ampère, een van de hoofdontdekkers van het elektromagnetisme.

| Grootheid                    | Symbool | Eenheid | Symbool |
|------------------------------|---------|---------|---------|
| De elektrische stroomsterkte | $I$     | Ampère  | A       |

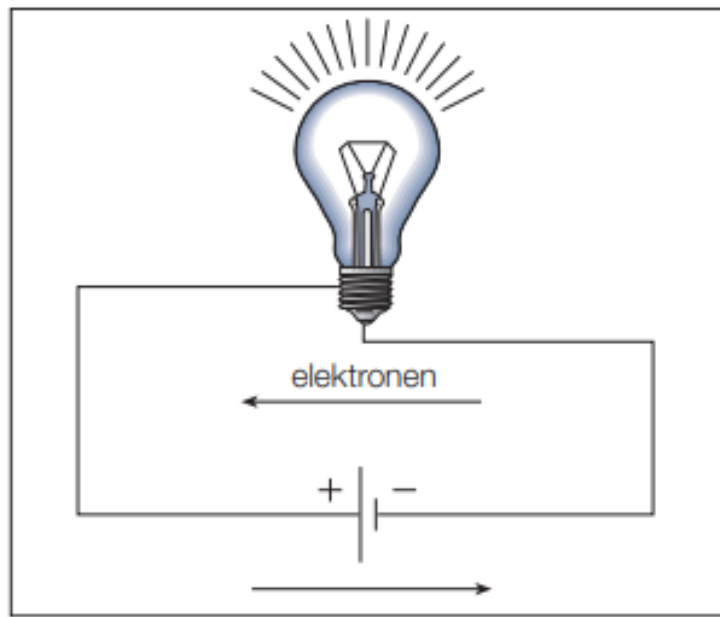
### Conventionele- en werkelijke stroomzin

Als je een lampje aansluit op een batterij met behulp van geleidende draden ontstaat een elektrische schakeling. De elektronen bewegen van de minpool van de batterij via de geleidende draden naar het lampje en stromen door het lampje naar de pluspool toe. Deze stroming van ladingen noemt men een elektrische stroom. Dit noemt men de **werkelijke stroomzin**.

Traditioneel wordt elektrische stroom uitgedrukt als de verplaatsing van positieve lading. Zelfs nu we weten dat elektrische stroom in de meeste gevallen wordt veroorzaakt door het verplaatsen van negatief geladen elektronen (in tegengestelde richting van de werkelijke stroomzin), blijft de oude definitie van kracht: in een metalen geleider gaat de richting van de stroom dus tegen de bewegingsrichting van de elektronen in. De definitie van de **conventionele stroomzin** dateert van de tijd toen men dacht dat elektrische stroom een verplaatsing van positieve ladingen was.



## De elektronenstroomzin



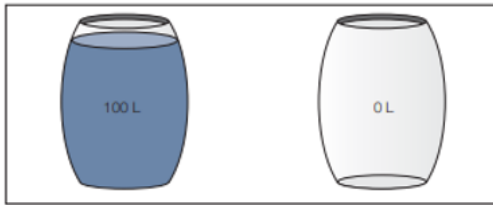
Wanneer er over de polen van de stroombron een ladingsverschil is dan willen de vrije elektronen zich verplaatsen van de minpool naar de pluspool om de lading te vereffenen. De vrije elektronen vloeien van de minpool (met een teveel aan vrije elektronen) naar de pluspool (waar er een tekort aan elektronen is).

Je kunt stroomsterkte vergelijken met de hoeveelheid water die door een pijp stroomt. Hoe groter de stroomsterkte, hoe meer elektrische lading er per seconde door het circuit beweegt, net zoals een krachtigere waterstroom meer water per seconde door een pijp laat stromen.

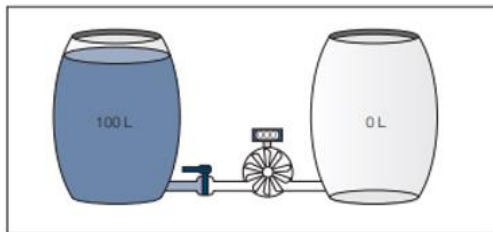
Denk hierbij aan “de wet van de communicerende vaten”. Het ene vat is vol en het andere leeg. Koppelt men deze vaten onderaan door middel van een buis, dan zal men zien dat de wijn van het volle vat overgaat naar het lege vat tot beide vaten een gelijk wijnniveau hebben. Dit heet de vereffening.

Bekijk en lees aandachtig volgende vergelijking a. → a) op de volgende pagina.

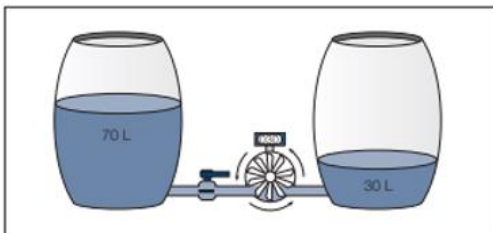
- a. Het overhevelen van wijn.



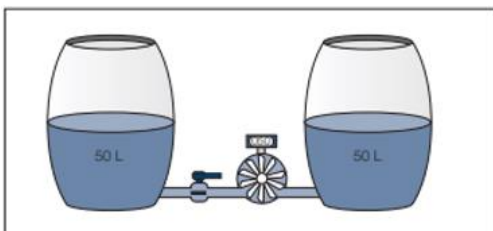
- b. Het ene vat is vol.  
c. Het andere vat is leeg.



- d. We verbinden beide vaten met een buis en een teller.  
e. De kraan staat dicht; er vloeit geen wijn.

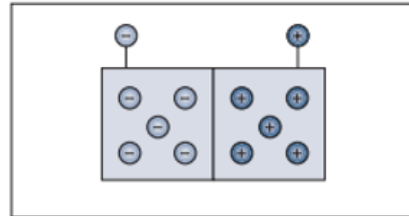


- f. De kraan staat open, er vloeit nu wijn.  
g. De teller draait!  
h. Zolang er een verschil in wijnniveau is, zal er wijn vloeien van vat A naar vat B. Deze natuurlijke drang noemt men "de wet van communicerende vaten".

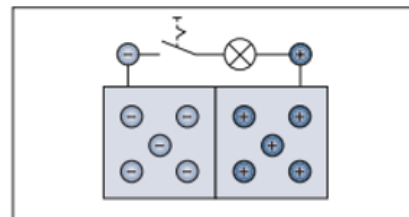


- i. Alhoewel de kraan open staat, vloeit er geen wijn.  
j. Er is geen verschil meer in wijnniveau.  
k. De teller stopt met tellen.

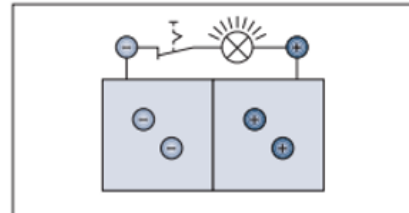
- a) Het overhevelen van vrije elektronen.



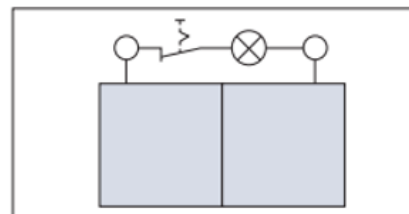
- b) Aan de negatieve klem zijn er te veel elektronen.  
c) Aan de positieve klem zijn geen of te weinig elektronen.



- d) We verbinden beide klemmen met een geleider en een verbruiker (lamp).  
e) De schakelaar staat open, er vloeien geen vrije elektronen.



- f) De schakelaar staat dicht, er vloeien nu vrije elektronen.  
g) De lamp brandt!  
h) Zolang er een verschil in lading is tussen de + klem en de - klem, zullen er vrije elektronen vloeien.



- i) Alhoewel de schakelaar dicht staat, vloeit er geen enkel vrij elektron meer.  
j) Er is geen verschil meer in lading.  
k) De lamp brandt niet meer.

*Meer te weten komen?!*

Bekijk onderstaande YouTube video.

<https://www.youtube.com/watch?v=CTRI6YQlqkc>



## Het weergeven en omzetten van veelvouden en onderdelen van eenheden

Veelvouden van de eenheid zijn:

**kilo** (= k) of duizend keer de eenheid

- bv. 1 kA = 1 000 A  
0,25 kA = 250 A ( $0,25 \times 1\,000 = 250$ )  
1,55 kA = 1 550 A ( $1,55 \times 1\,000 = 1\,550$ )

**Mega** (= M) of één miljoen keer de eenheid

- bv. 1 MA = 1 000 000 A  
0,015 MA = 15 000 A ( $0,015 \times 1\,000\,000 = 15\,000$ )  
3,655 MA = 3 655 000 A ( $3,655 \times 1\,000\,000 = 3\,655\,000$ )

**Giga** (= G) of één miljard keer de eenheid

- bv. 1 GA = 1 000 000 000 A  
0,005 GA = 5 000 000 A ( $0,005 \times 1\,000\,000\,000 = 5\,000\,000$ )  
0,000 001 GA = 1 000 A ( $0,000\,001 \times 1\,000\,000\,000 = 1\,000$ )

Onderdelen van de eenheid zijn:

**milli** (= m) of één duizendste van de eenheid

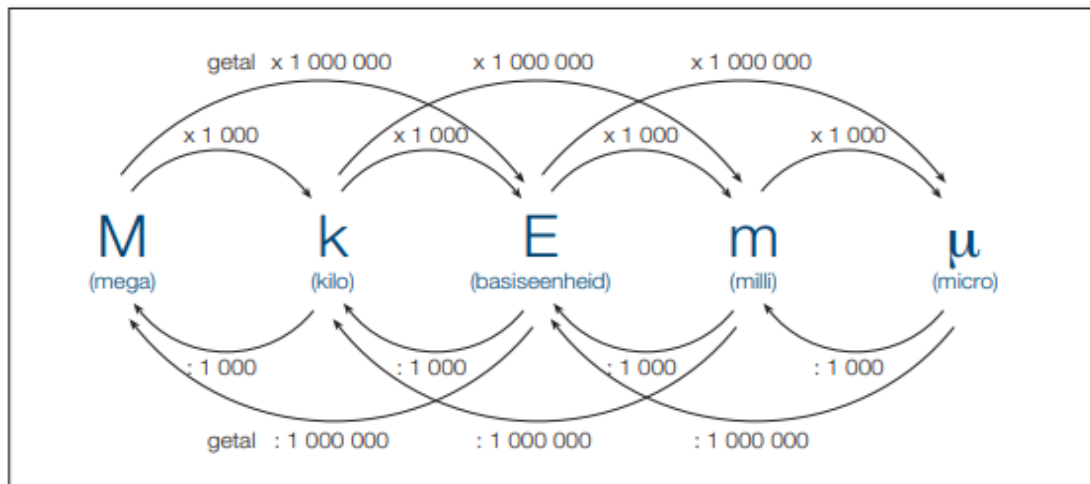
- bv. 1 mA = 0,001 A  
500 mA = 0,5 A ( $500 : 1\,000 = 0,5$ )  
1 250 mA = 1,25 A ( $1\,250 : 1\,000 = 1,25$ )

**micro** (=  $\mu$ ) of één miljoenste van de eenheid

- bv. 1  $\mu$ A = 0,000001 A  
250 000  $\mu$ A = 0,25 A ( $250\,000 : 1\,000\,000 = 0,25$ )  
1 250 000  $\mu$ A = 1,25 A ( $1\,250\,000 : 1\,000\,000 = 1,25$ )

*De gebruikte voorvoegsels voor het weergeven van veelvouden en onderdelen*

| Benaming | symbool      | waarde als macht van 10 | waarde volledig geschreven |
|----------|--------------|-------------------------|----------------------------|
| tera     | T            | $10^{12}$               | 1 000 000 000 000 eenheden |
| giga     | G            | $10^9$                  | 1 000 000 000 eenheden     |
| mega     | M            | $10^6$                  | 1 000 000 eenheden         |
| kilo     | k            | $10^3$                  | 1 000 eenheden             |
|          | basiseenheid | $10^0$                  | 1 eenheid                  |
| milli    | m            | $10^{-3}$               | 0,001 eenheden             |
| micro    | $\mu$        | $10^{-6}$               | 0,000 001 eenheden         |
| nano     | n            | $10^{-9}$               | 0,000 000 001 eenheden     |
| pico     | p            | $10^{-12}$              | 0,000 000 000 001 eenheden |

*De omzettingstabel*

## Oefeningen op omzettingen

Zet om:

1 000 A = ..... MA

0,25 mA = .....  $\mu$ A

0,05 A = .....  $\mu$ A

20 000  $\mu$ A = ..... A

0,01 A = ..... mA

0,025 kA = ..... A

1,011 MA = ..... kA

3 025 kA = ..... MA

5  $\mu$ A = ..... mA

50,025 mA = .....  $\mu$ A

10 A = ..... mA

0,2 kA = ..... A

10 000 mA = ..... kA

0,25 MA = ..... kA

20 mA = ..... A

500 A = ..... kA

0,05 kA = ..... mA

50 kA = ..... MA

0,025 MA = ..... A

125  $\mu$ A = ..... mA

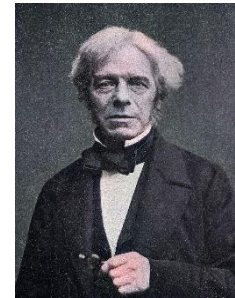
## 6. De hoeveelheid elektriciteit en de Wet van Faraday

### Grootheid, symbool en eenheid van elektrische lading



**Charles-Augustin de Coulomb**  
1736-1806  
Franse natuurkundige

**Michael Faraday**  
1791-1867  
Brits natuur- en scheikundige



De hoeveelheid elektriciteit, of elektrische lading, wordt gemeten in Coulomb (C), vernoemd naar de Franse natuurkundige Charles-Augustin de Coulomb. Eén Coulomb is de lading die wordt verplaatst door een constante stroom van één ampère in één seconde. Michael Faraday's belangrijke bijdragen aan het berekenen van elektrische lading liggen in zijn ontdekkingen van elektromagnetische inductie. Hij ontdekte dat een veranderend magnetisch veld een elektrische stroom kan opwekken, wat de basis vormt voor elektromotoren, generatoren en transformatoren. Deze inzichten hebben geleid tot een beter begrip van het meten en berekenen van elektrische stroom en lading, wat cruciaal is voor moderne elektrotechniek.

| Grootheid                                       | Symbool                           | Eenheid                   | Symbool  |
|-------------------------------------------------|-----------------------------------|---------------------------|----------|
| Hoeveelheid elektriciteit of elektrische lading | Q<br>(van Quantité = hoeveelheid) | Coulomb<br>Ampèreseconden | C<br>A.s |

$$1 \text{ C} = 1 \text{ A.s}$$

$$1 \text{ A.h} = 3600 \text{ C}$$

$$1 \text{ h} = 60 \text{ min} \times 60 \text{ s/min} = 3600 \text{ s}$$

$$1 \text{ A.h} = 1 \text{ A} \times 3600 \text{ s} = 3600 \text{ A.s} = 3600 \text{ C}$$

De elektrische stroomsterkte is de hoeveelheid elektriciteit (in Coulomb) die in één seconde door de elektrische leiding vloeit.

Eén Coulomb per seconde (1 C/s) heet één Ampère (1 A).

### Wat betekent 'hoeveelheid elektriciteit' of wat zegt de Wet van Faraday?

De hoeveelheid elektriciteit (Q) is de elektrische lading die in een bepaalde tijd (t) verplaatst wordt in een stroomkring.

Dit zegt de **Wet van Faraday**.

Hoeveelheid elektriciteit = stroomsterkte x tijd

In symbolen:  $Q = I \times t$

Hierbij wordt Q uitgedrukt in Coulomb (C) of Ampère-uur (Ah), I in Ampère (A) en t in seconde (s) of uur (h).

Basisformule:

$$Q = I \times t$$

Afgeleide formules:

$$I = \frac{Q}{t}$$

$$t = \frac{Q}{I}$$

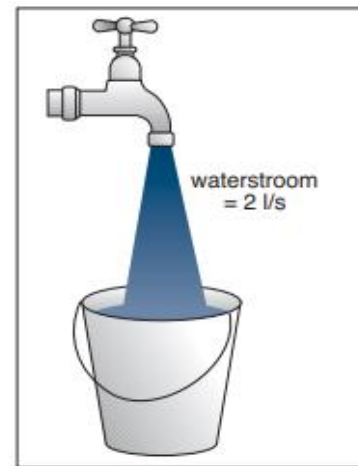
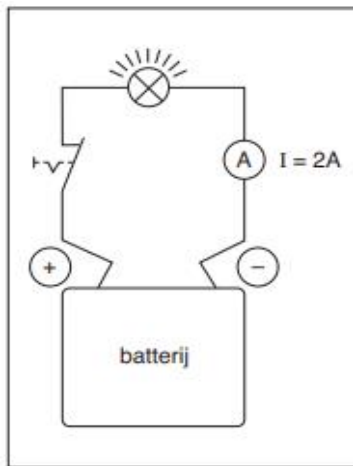
Een hoeveelheid elektriciteit zou je kunnen vergelijken met een hoeveelheid water.

Hoe bekom je een hoeveelheid elektriciteit?

door gedurende een bepaalde **tijd** een **stroomsterkte** te laten vloeien.

Hoe bekom je een hoeveelheid water?

door gedurende een bepaalde **tijd** een **waterstroom** te laten vloeien.



Berekeningsvoorbeeld van een hoeveelheid elektriciteit:

Een batterij levert een stroomsterkte van 2 Ampère gedurende 30 seconden.

Bereken de hoeveelheid elektriciteit.

Gegeven:

- de stroomsterkte  $I = 2 \text{ A}$
- de tijd  $t = 30 \text{ s}$

Gevraagd: de hoeveelheid elektriciteit  $Q = ?$

Oplossing:

$$Q = I \times t$$

$$Q = 2 \text{ A} \times 30 \text{ s} = 60 \text{ A.s} = 60 \text{ C}$$

Berekeningsvoorbeeld van een hoeveelheid water:

Een waterstroom van 2 liter per seconde vloeit gedurende 30 seconden.

Bereken de hoeveelheid water.

Gegeven:

- de waterstroom  $= 2 \text{ l/s}$
- de tijd  $t = 30 \text{ s}$

Gevraagd: de hoeveelheid water  $= ?$

Oplossing:

$$\text{de hoeveelheid water} = \text{waterstroom} \times \text{tijd}$$

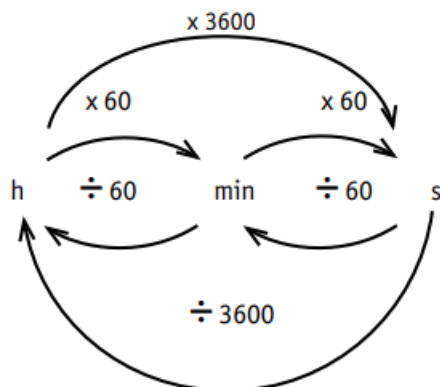
$$\text{de hoeveelheid water} = 2 \text{ l/s} \times 30 \text{ s} = 60 \text{ l}$$

Let op de gelijkenis tussen beide berekeningen en probeer hierdoor het verband te leggen.

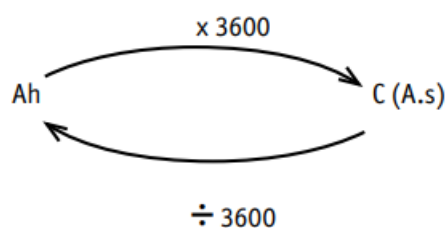
## Hoe zet je tijd en lading om?

| Tijd <b>t</b> |        |      | Lading <b>Q</b> |            |
|---------------|--------|------|-----------------|------------|
| min           | s      | uur  | <b>C = A.s</b>  | <b>A.h</b> |
| 6             | 360    | 0,1  | 360             | 0,1        |
| 12            | 720    | 0,2  | 720             | 0,2        |
| 15            | 900    | 0,25 | 900             | 0,25       |
| 18            | 1 080  | 0,3  | 1 080           | 0,3        |
| 24            | 1 440  | 0,4  | 1 440           | 0,4        |
| 30            | 1 800  | 0,5  | 1 800           | 0,5        |
| 36            | 2 160  | 0,6  | 2 160           | 0,6        |
| 42            | 2 520  | 0,7  | 2 520           | 0,7        |
| 45            | 2 700  | 0,75 | 2 700           | 0,75       |
| 48            | 2 880  | 0,8  | 2 880           | 0,8        |
| 54            | 3 240  | 0,9  | 3 240           | 0,9        |
| 60            | 3 600  | 1    | 3 600           | 1          |
| 90            | 5 400  | 1,5  | 5 400           | 1,5        |
| 120           | 7 200  | 2    | 7 200           | 2          |
| 150           | 9 000  | 2,5  | 9 000           | 2,5        |
| 180           | 10 800 | 3    | 10 800          | 3          |
| 240           | 14 400 | 4    | 14 400          | 4          |
| 300           | 18 000 | 5    | 18 000          | 5          |

Omzetting tijd (t)



Omzetting lading (q)



**Vul de onderstaande tabel aan:**

| Tijd (t)    |            |             | Lading (Q)  |             |
|-------------|------------|-------------|-------------|-------------|
| min         | s          | uur         | <b>C</b>    | <b>Ah</b>   |
| <b>1,8</b>  |            |             |             | <b>0,01</b> |
|             | <b>252</b> |             | <b>90</b>   |             |
|             |            | <b>0,11</b> |             | <b>0,12</b> |
|             | <b>828</b> |             | <b>1260</b> |             |
| <b>27,0</b> |            |             |             | <b>0,88</b> |

## Oefeningen op omzetten

**1 h = ..... minuten x ..... seconden/minuut = ..... seconden.**

1 800 s = ..... h

7 200 s = ..... h

2/3 h = ..... s

3/2 h = ..... s

3/4 h = ..... s

30 min = ..... s

180 min = ..... h

900 s = ..... min

90 min = ..... s

2 h = ..... min

10 800 s = ..... min

45 min = ..... h

Zet om in uren, minuten en seconden:

7 932 s = ..... h, ..... min en ..... s

12 030 s = ..... h, ..... min en ..... s

**1 Ah = ..... A x ..... s = ..... A.s = ..... C**

2 Ah = ..... C

0,5 Ah = ..... C

2,5 Ah = ..... C

0,25 Ah = ..... C

2,25 Ah = ..... C

4,75 Ah = ..... C

**3 600 C = 1 Ah**

1 200 C = ..... A.s = ..... Ah

7 200 C = ..... Ah

8 280 C = ..... Ah

6 480 C = ..... Ah

## Oefeningen op de Wet van Faraday

1. Een hoeveelheid elektriciteit (**Q**) verplaatst zich door een geleider met een stroom (**I**) van 1500 milli-Ampère (**mA**) gedurende 30 minuten (**t**). Bereken de hoeveelheid elektriciteit (**Q**).

Gegeven: .....

Gevraagd: .....

Oplossing:

.....  
 .....  
 .....

2. Een hoeveelheid elektriciteit ( $Q$ ) van 120 Coulomb (**C**) wordt verplaatst in 1 minuut (**t**). Bereken de stroomsterkte (**I**) in deze kring.

Gegeven: .....

Gevraagd: .....

Oplossing:

.....  
.....  
.....

3. Bereken op twee manieren de stroomsterkte (**I**) (op basis van de eenheden) als de hoeveelheid verplaatste elektriciteit (**Q**) 7 200 Coulomb (**C**) is in een tijd (**t**) van 30 minuten.

Gegeven: .....

Gevraagd: .....

Oplossing:

.....  
.....  
.....

4. Een stroom (**I**) van 2 Ampère (**A**) vloeit gedurende 2 uren (**t**) in een kring. Bereken de hoeveelheid elektriciteit (**Q**) in Coulomb (**C**).

Gegeven: .....

Gevraagd: .....

Oplossing:

.....  
.....  
.....

5. Van 14.30 u tot 16.45 u (**t**) neemt een motor uit het net een stroom (**I**) van 6 500 milli-Ampère (**mA**) . Bereken de verplaatste hoeveelheid elektriciteit (**Q**) in de motor.

Gegeven: .....

Gevraagd: .....

Oplossing:

.....  
.....  
.....

6. Hoeveel tijd (**t**) (**in uur h**) is er nodig om met een stroomsterkte (**I**) van 12 Ampère (**A**) een elektrische lading (**Q**) van 86 400 Coulomb (**C**) te leveren?

Gegeven: .....

Gevraagd: .....

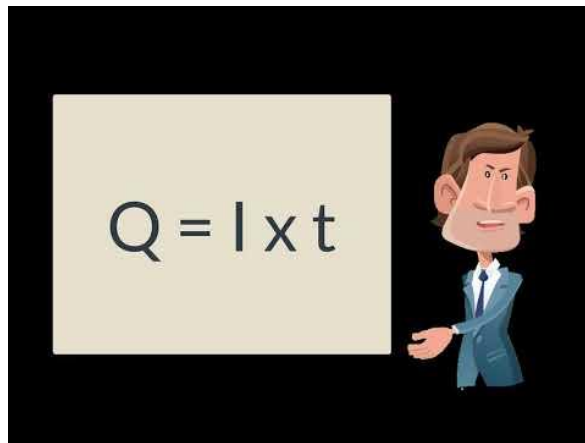
Oplossing:

.....  
.....  
.....

*Meer te weten komen?!*

Bekijk onderstaande YouTube video!

<https://www.youtube.com/watch?v=jOVJF-6NWIo>



## 7. Elektrische spanning

### Grootheid, symbool en eenheid van spanning

**Alessandro Volta**  
1745-1827



**Zuil van Volta**

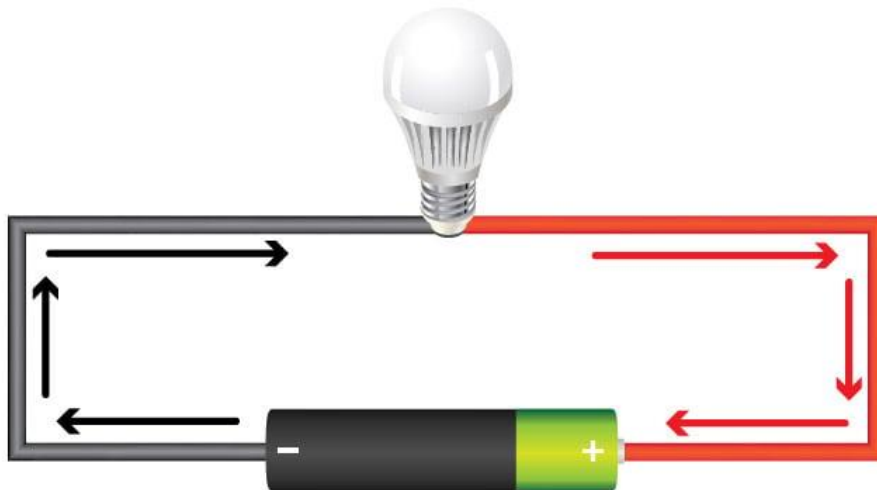


Spanning is de druk, gemeten in Volt (V), die de voedingsbron van een stroomkring uitoefent om geladen elektronen (stroom) door een geleidend circuit te duwen, waardoor deze bijvoorbeeld een lamp kunnen laten branden. Elektrische spanning is een maat voor het verschil in de elektrische potentiaal tussen twee punten in een elektrisch circuit. De naam van deze eenheid verwijst naar de Italiaanse natuurkundige Alessandro Volta, de uitvinder van de zuil van Volta – de voorloper van de hedendaagse batterij.

| Grootheid               | Symbool | Eenheid | Symbool |
|-------------------------|---------|---------|---------|
| De elektrische spanning | U       | Volt    | V       |

### Gelijk- en wisselspanning

Voorbeeld van spanning in een eenvoudige gelijkstroomkring (DC):



1. In dit DC-circuit is de schakelaar gesloten (ingeschakeld).
2. Spanning in de voedingsbron – het 'potentiaalverschil' tussen de twee polen van de batterij – wordt geactiveerd. Hierdoor ontstaat druk die de elektronen als stroom door de negatieve aansluiting van de batterij doet vloeien.
3. De stroom bereikt de lamp waardoor deze gaat branden.
4. De stroom keert terug naar de voedingsbron.

Spanning is ofwel **gelijkspanning (DC)** ofwel **wisselspanning (AC)**.

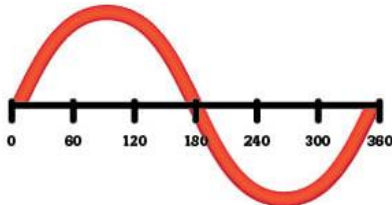
De verschillen hiertussen:

**Gelijkspanning** (op een digitale multimeter weergegeven met  $\overline{V}$  en  $\overline{mV}$ ):

- Beweegt zich voort in een rechte lijn en in slechts één richting.
- Wordt vaak geproduceerd door bronnen van opgeslagen energie, zoals batterijen.
- Een DC-spanningsbron heeft een positieve en een negatieve aansluiting. Deze aansluitingen zorgen voor polariteit in een stroomkring, en polariteit kan worden gebruikt om vast te stellen of een stroomkring DC of AC is.
- Wordt veel gebruikt bij draagbare apparatuur op batterijen (auto's, zaklampen, camera's).

**Wisselspanning** (op een digitale multimeter weergegeven met  $\tilde{V}$ ):

- stroomt in gelijkmatige sinusgolven, zoals hieronder te zien:



- wisselt met regelmatige intervallen van richting en heeft een frequentie van 50 hertz.
- wordt gewoonlijk geproduceerd door nutsbedrijven door middel van generatoren die mechanische energie - een draaibeweging die wordt aangedreven door stromend water, stoom, wind of warmte - omzetten in elektrische energie.
- komt meer voor dan DC-spanning. Nutsbedrijven leveren AC-spanning aan huizen en bedrijven, waar de meeste apparaten AC-spanning gebruiken.

De primaire voedingsspanning is in elk land anders. In België is de netspanning 220-230 Volt.

Sommige apparaten in huis, zoals tv's en computers, gebruiken echter DC-spanning. Deze zijn uitgerust met een gelijkrichter (zoals het grote blok in de voedingskabel van een laptop) om AC-spanning en -stroom om te zetten naar DC.



Generatoren zetten een draaiende beweging om in elektriciteit. De draaiende beweging wordt meestal opgewekt door stromend water (waterkracht) of stoom van water dat wordt verhit door middel van gas, olie, kolen of kernenergie.

## Wat is potentiaalverschil?

Spanning en de term 'potentiaalverschil' worden vaak door elkaar gebruikt. Potentiaalverschil kan beter worden gedefinieerd als het potentiële energieverval tussen twee punten in een stroomkring. Hoe groot dat verschil is (uitgedrukt in Volt), bepaalt hoeveel potentiële energie er bestaat om elektronen van één specifiek punt naar een ander punt te verplaatsen. Dit verschil geeft aan hoeveel arbeid er mogelijk door de stroomkring kan worden verricht.

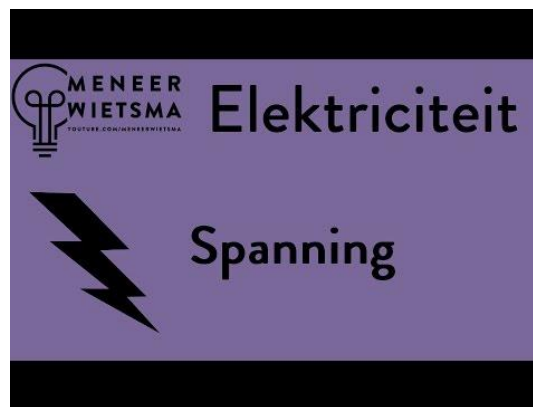
Een gewone AA-alkalinebatterij levert 1,5 V. Een gewone wandcontactdoos in huis levert 220-230V. Hoe groter de spanning in een stroomkring, hoe groter het vermogen om meer elektronen vooruit te 'duwen' en arbeid te verrichten.

Spanning/potentiaalverschil kan worden vergeleken met water dat is opgeslagen in een tank. Hoe groter de tank en hoe hoger deze is (en dus hoe hoger de potentiële snelheid is), hoe groter de capaciteit van het water is om een effect te hebben als er een kraan wordt geopend en het water kan stromen (net als elektronen).

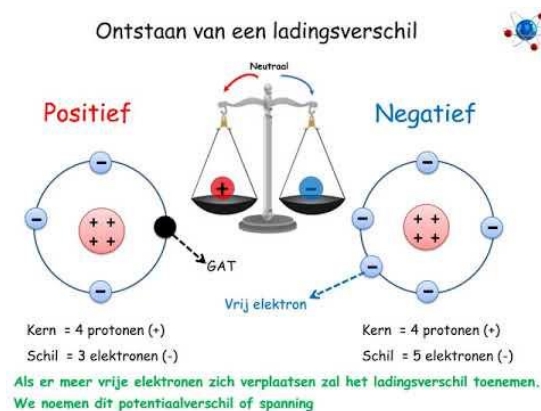
*Meer te weten komen?!*

Bekijk onderstaande YouTube video's!

<https://www.youtube.com/watch?v=LuX1p7Or7U8&t=2s>



<https://www.youtube.com/watch?v=1nwnk6FQM9Q&t=9s>



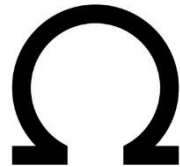
## 8. Elektrische Weerstand

### Grootheid, symbool en eenheid van weerstand

**Georg Simon Ohm**  
1789-1854



**Symbool:**  
Omega



Elektrische weerstand is de tegenstand die elektrische stroom ondervindt tijdens zijn doorstroming in het materiaal.

Als je bergop gaat, ondervind je meer weerstand dan als je vlak wandelt. Dit kan je vergelijken met de weerstand die de stroom ondervindt bij een slechte geleider tegenover een goede geleider. Een geleider is een materiaal dat de stroom goed geleidt, dus weinig weerstand biedt aan de stroom. Een slechte geleider is een materiaal dat de stroom moeilijk(er) doorlaat en daardoor meer weerstand biedt aan de stroom.

**Georg Simon Ohm** was een Duits wis- en natuurkundige. Hij is bekend geworden door de naar hem genoemde Wet van Ohm waarin de relatie tussen spanning, stroomsterkte en weerstand wordt uitgedrukt. De eenheid van de elektrische weerstand, Ohm, is naar hem genoemd.

| Grootheid                | Symbool | Eenheid | Symbool  |
|--------------------------|---------|---------|----------|
| De elektrische weerstand | R       | Ohm     | $\Omega$ |

### Goede geleiders, weerstandsmaterialen en isolatiestoffen



Heb je al eens goed gekeken wat er in een elektriciteitsdraad zit? Juist, **koperdraad**. Waarom? Omdat de elektrische stroom er gemakkelijk en snel doorheen vloeit. Koper noemen we daarom een goede **geleider**. Dat zijn stoffen waarvan de weerstand voor elektrische stroom heel laag is. Deze worden dan ook vaak gebruikt om elektriciteit door te sturen.

Rondom het koperdraadje in je elektriciteitskabel zit dan weer een **plastic** buisje, om de gebruiker te beschermen tegen de elektrische stroom, die er niet of nauwelijks door komt. De reden: plastic is een heel slechte geleider met een erg hoge weerstand voor elektrische stroom. Zo'n stoffen noemen we **isolatoren**, ze beschermen ons tegen de gevaren van elektrische stroom.

In de elektrotechniek deelt men de stoffen in volgens hun geleidbaarheid.

**Goede geleiders** zijn stoffen die de stroom zeer goed geleiden, zoals zilver, koper, aluminium. Ze worden dan ook veel gebruikt in de elektrotechniek.



- Zilver: gebruikt bij contactpunten (is te duur als leiding).
- Koper: veelgebruikte geleider in woningbouw, kantoren, enz.
- Aluminium: gezien het klein soortelijk gewicht gebruikt als luchtleiding en voor 'zware' kabels.

**Weerstandsmaterialen** zijn stoffen die de stroom niet goed geleiden, die m.a.w. meer weerstand bieden aan de stroom.



Deze materialen komen goed van pas voor:

- precisieweerstanden (bv. voor meetinstrumenten);  
Deze weerstanden hebben geen weerstandsverandering bij temperatuurschommelingen.
- verwarmingselementen (vb. kookplaat, strijkijzer, wafelijzer, ...);  
Deze weerstanden kunnen een hoge temperatuur weerstaan.
- gloeilampen (bv. gloeidraad in wolfram).  
Deze gloeiweerstand kunnen een heel hoge temperatuur aan.

**Isolatiestoffen** zijn de stoffen die de stroom niet geleiden, de zogenaamde niet-geleiders.



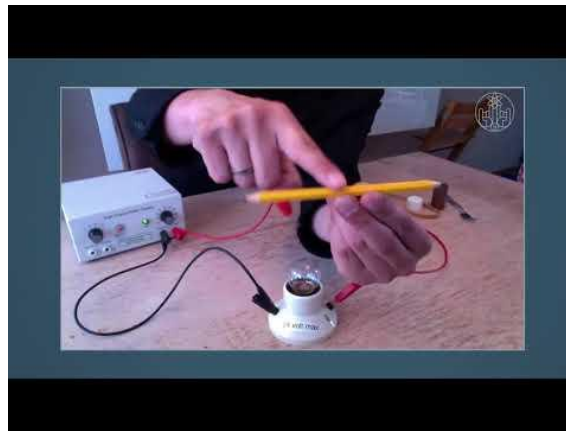
Isolatiestoffen worden gebruikt om geleiders (bv. draden, kabels en snoeren) af te zonderen, te ondersteunen of af te schermen (bv. schakelaars, contactdozen).

Men noemt dit isoleren. Isolatie biedt dus veiligheid voor de installatie zelf, de directe omgeving en de mens.

*Meer te weten komen?!*

Bekijk onderstaande YouTube video!

<https://www.youtube.com/watch?v=XpUrD6NMXog>



## Elektrische weerstand en weerstand van verbruikers

In een elektrisch circuit, zoals een stroomkring, bieden de onderdelen zoals lampen, motoren en andere apparaten ook weerstand tegen de stroom van elektrische lading. Deze onderdelen zetten elektrische energie om in andere vormen van energie, zoals licht, warmte, beweging, geluid, enzovoort. Tijdens dit proces hebben ze de neiging om elektrische stroom te vertragen of te beperken, waardoor ze in feite werken als weerstanden in het circuit.

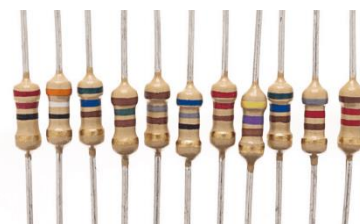


Het verschil tussen deze onderdelen en traditionele weerstanden zoals draden, is dat ze naast het beperken van de stroom van elektrische lading, ook energie omzetten in een andere vorm van nuttige output. Een lamp bijvoorbeeld, zet elektrische energie om in licht en warmte. Een motor zet elektrische energie om in mechanische beweging. Maar tijdens dit proces hebben ze nog steeds een zekere mate van weerstand tegen de stroom van elektrische lading.

Laten we eens kijken naar de vergelijking tussen een elektrische weerstand en de weerstand van verbruikers, zoals lampen en motoren, in een elektrisch circuit:

### 1. Elektrische weerstand:

- Een elektrische weerstand is een onderdeel in een circuit dat de stroom van elektrische lading beperkt.
- Het is vaak gemaakt van materialen zoals koolstof, metaal of halfgeleiders, die de stroom van elektronen verminderen.
- Elektrische weerstanden worden vaak gebruikt om de stroom in een circuit te regelen, bijvoorbeeld om de helderheid van een lamp te regelen.



## 2. Weerstand van verbruikers:

- Verbruikers zoals lampen, motoren en andere elektrische apparaten bieden ook weerstand tegen de stroom van elektrische lading.
- Deze weerstand wordt meestal veroorzaakt door de interne onderdelen van de apparaten, zoals gloeidraden in lampen of de wikkelingen van een motor.
- In tegenstelling tot traditionele weerstanden, zetten verbruikers elektrische energie om in andere vormen van energie, zoals licht, warmte of beweging, terwijl ze nog steeds weerstand bieden tegen de elektrische stroom.



## 3. Weerstand van een Geleider:

- De weerstand van een geleider is een maat voor hoe moeilijk het is voor elektrische stroom om door de geleider te vloeien. Dit wordt bepaald door verschillende factoren, waaronder het materiaal van de geleider, de lengte, de dikte (oppervlakte van de doorsnede), en de temperatuur. De weerstand van een geleider wordt gemeten in Ohms ( $\Omega$ ).



## Toepassingen van geleiders in huisinstallaties

Bij het ontwerpen van elektrische huisinstallaties, ook houtprojecten, is het essentieel om de juiste dikte van de geleiders (draden) te kiezen om ervoor te zorgen dat de installatie veilig en efficiënt werkt.

Voor verlichting wordt een geleider met een doorsnede van  $1,5\text{mm}^2$  gebruikt. Dit is voldoende om de stroomsterkte te dragen die nodig is voor standaardverlichting zonder oververhit te raken. Voor stopcontacten wordt een dikkere geleider met een doorsnede van  $2,5\text{mm}^2$  gebruikt. Stopcontacten moeten vaak hogere stromen kunnen dragen, vooral wanneer meerdere apparaten worden aangesloten. Een dikkere geleider zorgt ervoor dat de stroom veilig kan worden getransporteerd zonder oververhitting of significant spanningsverlies.

### Praktische Voorbeelden

- **Verlichting:** Stel je hebt een verlichtingsstroomkring met een totale stroom van 10 Ampère. De weerstand moet laag genoeg zijn om energieverlies en warmteontwikkeling te minimaliseren. Een draad van  $1,5\text{ mm}^2$  is hiervoor voldoende.
- **Stopcontacten:** Voor een keukenapparaat dat 16 Ampère trekt, is een draad van  $2,5\text{ mm}^2$  noodzakelijk. Dit voorkomt dat de draad oververhit raakt en zorgt voor een veilige werking van het apparaat.

### *Veiligheid en efficiëntie*

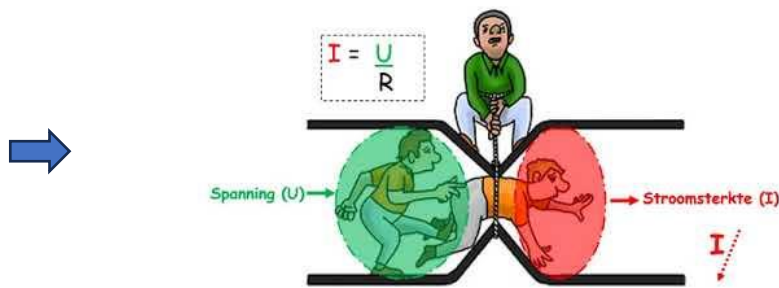
Het gebruik van de juiste dikte van geleiders is cruciaal voor de veiligheid en efficiëntie van een elektrische installatie. Te dunne draden kunnen oververhit raken en brand veroorzaken (Joule-effect), terwijl te dikke draden onnodig duur en moeilijk te hanteren kunnen zijn. Door de juiste afmetingen te kiezen op basis van de toepassing, wordt een betrouwbare en veilige elektrische installatie gegarandeerd.

Kortom, zowel elektrische weerstanden, verbruikers als de geleiders bieden weerstand tegen de stroom van elektrische lading, maar ze verschillen in hun functie en het doel waarvoor ze worden gebruikt in een elektrisch circuit.

### *Meer te weten komen?!*

Bekijk onderstaande YouTube video!

<https://www.youtube.com/watch?v=niYEtKFAHM>



## 9. De Wet van Ohm

### Wat zegt de wet van Ohm?

De wet van Ohm is een fundamenteel principe in de elektrotechniek dat de relatie beschrijft tussen spanning, stroom en weerstand in een elektrisch circuit.

De drie **hoofdpersonages** in de **Wet van Ohm** zijn:

- **Weerstand (R)**, de eigenschap van materialen om de doorgang van elektrische stroom te belemmeren.
- **Stroomsterkte (I)**, de hoeveelheid elektrische lading die per seconde door een leiding vloeit.
- **Spanning (U)**, levert de energie om elektronen te laten bewegen.



### Recht- en omgekeerd evenredig

Spanning, stroom en weerstand staan dus in nauw verband met elkaar. De Wet van Ohm, die vernoemd is naar de Duitse natuurkundige Georg Simon Ohm, zegt dat de stroomsterkte afhankelijk is van de spanning en weerstand in dezelfde stroomkring.

- De stroomsterkte is **recht evenredig** met de spanning. Als de spanning stijgt (en de weerstand blijft gelijk), neemt de stroomsterkte toe.
- Maar de stroomsterkte is **omgekeerd evenredig** met de weerstand. Als de weerstand daalt (en de spanning blijft gelijk), neemt de stroomsterkte toe.

Als je twee van deze drie waarden kent, kan je de derde berekenen met de formule van de Wet van Ohm.

#### Basisformule:

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

#### Afgeleide formules:

$$U = R \times I \qquad I = \frac{U}{R}$$

## Oefeningen op de Wet van Ohm

1. Een boormachine met een weerstand (**R**) van 23 Ohm ( **$\Omega$** ) is aangesloten op een stopcontact met een spanning (**U**) van 230 Volt (**V**). Bereken de stroomsterkte (**I**) in Ampère (**A**).

Gegeven: .....

Gevraagd: .....

Oplossing:

.....

.....

.....

2. Een cirkelzaag op een spanning (**U**) van 230 Volt (**V**) heeft een stroomsterkte (**I**) van 9 Ampère (**A**). Wat is de weerstand (**R**), in Ohm ( **$\Omega$** ), van de cirkelzaag?

Gegeven: .....

Gevraagd: .....

Oplossing:

.....

.....

.....

3. Een schaafmachine heeft een weerstand (**R**) van 115 Ohm ( **$\Omega$** ). We meten een stroomsterkte (**I**) van 2 Ampère (**A**). Welk is de spanning (**U**), in Volt (**V**), die het elektriciteitsnet levert?

Gegeven: .....

Gevraagd: .....

Oplossing:

.....

.....

.....

4. De stroomsterkte (**I**) van een schuurmachine is 8 Ampère (**A**). Deze wordt aangesloten op een stopcontact met een spanning (**U**) van 230 Volt (**V**). Wat is de weerstand (**R**), in Ohm ( **$\Omega$** ), van de schuurmachine?

Gegeven: .....

Gevraagd: .....

Oplossing:

.....

.....

.....

## 10. Elektrisch Vermogen

### Grootheid, symbool en eenheid van vermogen

**James Watt**  
**1736-1819**  
**Schotse ingenieur**



Elektrisch vermogen is de maat voor de hoeveelheid elektrische energie die per tijdseenheid wordt verbruikt of geproduceerd in een elektrisch circuit. Het wordt gemeten in Watts (W), een eenheid vernoemd naar James Watt, een Schotse ingenieur en uitvinder die een grote invloed had op de industriële revolutie. James Watt verbeterde de stoommachine en zijn werk legde de basis voor de moderne concepten van vermogen en energie. Dit concept is cruciaal voor het begrijpen van hoe elektrische apparaten en systemen werken en hoe efficiënt ze energie omzetten en gebruiken.

| Grootheid               | Symbool | Eenheid | Symbool |
|-------------------------|---------|---------|---------|
| Het elektrisch vermogen | P       | Watt    | W       |

### Wat betekent 'het begrip' elektrisch vermogen?

Wanneer een elektrische stroom door een verbruiker vloeit, worden er verschijnselen veroorzaakt. De verbruiker gaat de aangevoerde elektrische energie omvormen tot de gewenste vorm van energie (bv. beweging bij een motor, licht bij een lamp, enz.) De elektrische energie die per tijdseenheid omgevormd wordt, noemt men het elektrisch vermogen "P" (P komt van Power of Puissance) van de verbruiker.

Vermogen wordt uitgedrukt in Watt (W) en is afgeleid van spanning en stroom. Wanneer spanning en stroom met elkaar worden vermenigvuldigd is de uitkomst het vermogen in Watt. Bijvoorbeeld, een stopcontact met een spanning van 230V (AC) en een stroom van 16A levert een maximaal vermogen van 3680 Watt op.

Op veel apparaten staat het vermogen vermeld. Het vermogen van een apparaat zegt dus iets over het energieverbruik van het apparaat:

*Een lamp met een vermogen van 100 W verbruikt in één uur twee keer zoveel energie als een lamp van 50 W. De lichtopbrengst van de lamp van 100 W is wel groter dan de lichtopbrengst van een lamp van 50 W.*

#### Basisformule:

$$P = U \times I$$

**Afgeleide formules:**

$$U = \frac{P}{I}$$

$$I = \frac{P}{U}$$

P = het vermogen

U = spanning of potentiaalverschil uitgedrukt in V (Volt)

I = de stroomsterkte uitgedrukt in A (Ampère)

Eenheid = Watt "W"

1 W = 1V x 1A

Afgeleide eenheden:

1 kW = 1 000 W

1 MW = 1 000 000 W

1 GW = 1 000 000 000 W

1 mW = 0,001 W

1 µW = 0,000 001 W

**Als over een verbruiker een spanning van 1 V staat, terwijl er een stroom van 1 A vloeit, dan is het omgezet elektrisch vermogen 1 W.**

## Oefeningen op het berekenen van het vermogen

1. Bereken het vermogen (**P**), in Watt (**W**) en kiloWatt (**kW**), van een motor die een stroomsterkte (**I**) van 5 Ampère (**A**) opneemt bij een aangesloten spanning (**U**) van 230 Volt (**V**) .

Gegeven: .....

Gevraagd: .....

Oplossing:

.....  
.....  
.....

2. Hoeveel bedraagt de stroomsterkte (**I**), in Ampère (**A**), door een gloeilamp met een vermogen (**P**) van 100 Watt (**W**) als deze aangesloten is op een spanning (**U**) van 230 Volt (**V**)?

Gegeven: .....

Gevraagd: .....

Oplossing:

.....  
.....  
.....

3. Op welke spanning (**U**), uitgedrukt in Volt (**V**), is een motor aangesloten om een stroomsterkte (**I**) van 10 Ampère (**A**) om te zetten in een vermogen (**P**) van 2,3 kiloWatt (**kW**)?

Gegeven: .....

Gevraagd: .....

Oplossing:

.....

.....

.....

4. Een generator wekt een spanning (**U**) op van 400 Volt (**V**) en voedt een motor die een stroomsterkte (**I**) van 25 Ampère (**A**) opneemt. Bereken het vermogen (**P**), in Watt (**W**) en kiloWatt (**kW**).

Gegeven: .....

Gevraagd: .....

Oplossing:

.....

.....

.....

5. Een toestel neemt een stroom (**I**) van 2,5 Ampère (**A**) op bij aansluiting op een spanning (**U**) van 230 Volt (**V**). Bereken het opgenomen vermogen (**P**) in Watt (**W**).

Gegeven: .....

Gevraagd: .....

Oplossing:

.....

.....

.....

*Meer te weten komen?!*

Bekijk onderstaande YouTube video!

<https://www.youtube.com/watch?v=PReUYmApanQ&t=79s>



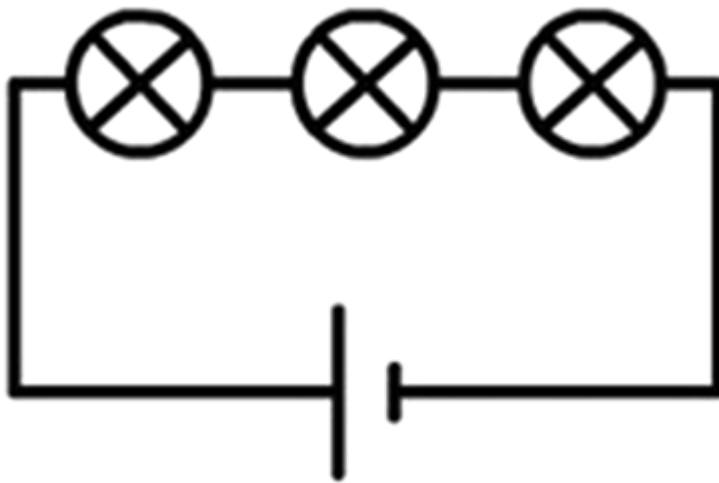
## 11. Serie- en parallelschakeling

### Serieschakeling

Als verschillende elektrische onderdelen in **serie** zijn **geschakeld**, dan wil dit zeggen dat de onderdelen achter elkaar aan zijn geschakeld. Zie het als een lange kralenketting, waarin de draad van de ketting in dit geval de stroomdraad voorstelt en de kralen de elektrische onderdelen. Een voorbeeld van een serieschakeling zijn de lampjes in een kerstboom. Het grootste probleem met een serieschakeling is dat **als er één onderdeel stuk gaat, de stroomkring verbroken is en daardoor alle andere onderdelen ook niet meer werken**. Hieronder zie je een tekening van een serieschakeling.

Een serieschakeling van lampjes en een spanningsbron:

### Serieschakeling



Onderdelen die in **serie** zijn geschakeld, kun je ook vervangen door één onderdeel. De regels hiervoor zijn als volgt:

- De **stroomsterkte** door elk van de onderdelen **blijft gelijk**. Als we de lampjes hierboven zouden nummeren van links naar rechts krijgen we:  $I_t = I_1 = I_2 = I_3$ , waarin  $I_t$  de stroomsterkte is die wordt geleverd door de spanningsbron.
- De **spanning** op de verschillende onderdelen is **verdeeld** en **tel je bij elkaar op**:  
 $U_t = U_1 + U_2 + U_3$ .  
 Oftewel: de som van de spanning van de onderdelen kan nooit meer zijn dan de spanning die wordt geleverd door de bron. Als je meerdere batterijen in serie schakelt, dan kun je dus een grote spanning opwekken doordat de **spanning** van onderdelen **in serie bij elkaar optelt**.
- De **weerstand** van de verschillende onderdelen **tel je bij elkaar op**:  $R_t = R_1 + R_2 + R_3$ . Je kan dit ook afleiden uit de formule voor de weerstand  $R = \frac{U}{I}$  en het feit dat de **spanning ( $U$ )** bij elkaar **optelt**, terwijl de **stroomsterkte ( $I$ ) gelijk blijft**.

### Rekenen met serieschakelingen

Neem bovenstaand schakelschema van de serieschakeling. De spanningsbron levert 12 V en er is een stroomsterkte van 5 A. De weerstand van het eerste lampje is 1  $\Omega$ . Op het tweede lampje staat een

spanning van 3 V. Bereken de weerstand van het tweede lampje, en bereken de weerstand en de spanning van het derde lampje.

Met de formule voor de weerstand  $R = \frac{U}{I}$  kunnen we alles oplossen in dit schakelschema. We weten dat de spanning van de individuele onderdelen bij elkaar opgeteld niet meer kan zijn dan de spanning geleverd door de spanningsbron, en we weten dat de stroomsterkte door alle onderdelen gelijk is aan 5 A.

Voor het eerste lampje hebben we  $R1 = \frac{U1}{It}$ . We vormen onze formule om, om de spanning te kunnen berekenen:

$$U1 = R1 \times It \rightarrow U1 = 1\Omega \times 5A \rightarrow \underline{U1 = 5V}$$

$$\text{Voor het tweede lampje hebben we: } R2 = \frac{U2}{It} \rightarrow R2 = \frac{3V}{5A} \rightarrow \underline{R2 = 0,6\Omega}$$

$$\text{Om de totale spanning te berekenen weten we dat: } Ut = U1 + U2 + U3 \rightarrow 12V = 5V + 3V + U3$$

Om  $U3$  te kunnen berekenen vormen we de formule om, door  $U3$  naar voor te brengen:

$$U3 = Ut - (U1 + U2) \rightarrow U3 = 12V - 8V \rightarrow \underline{U3 = 4V}$$

$$\text{Nu hebben we dus alles om } R3 \text{ te berekenen: } R3 = \frac{U3}{It} \rightarrow R3 = \frac{4V}{5A} \rightarrow \underline{R3 = 0,8\Omega}$$

Totaalberekening serieschakeling:

$$It = I1 = I2 = I3 \rightarrow 5A = 5A = 5A = 5A \rightarrow \underline{It = 5A}$$

$$Ut = U1 + U2 + U3 \rightarrow 12V = 5V + 3V + 4V \rightarrow \underline{Ut = 12V}$$

$$Rt = R1 + R2 + R3 \rightarrow 2,4\Omega = 1\Omega + 0,6\Omega + 0,8\Omega \rightarrow \underline{Rt = 2,4\Omega}$$

*Samenvatting:*

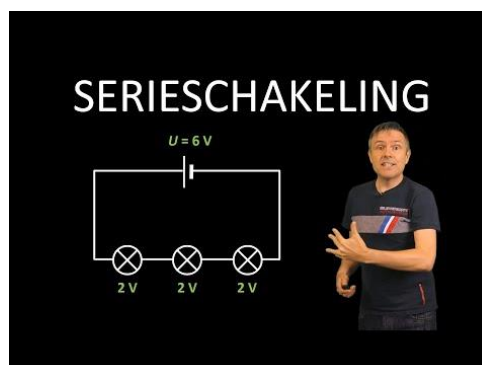
Bij een **serieschakeling** spreken we van **SPANNINGSVERDELING**.

In een **serieschakeling** worden de **onderdelen achter elkaar geschakeld**, waardoor de totale **stroom** door elk onderdeel **gelijk blijft**. De **spanning verdeelt** zich echter over elk onderdeel afzonderlijk, waarbij de **som van de spanningen** over alle onderdelen **gelijk is aan de toegepaste bronspanning**. Dit betekent dat als je een **weerstand toevoegt**, de **totale weerstand toeneemt** en dus de **totale stroom afneemt**, maar dat de **stroom door elk onderdeel hetzelfde blijft**.

*Meer te weten komen?!*

Bekijk onderstaande YouTube video!

<https://www.youtube.com/watch?v=-RpC04JqYA&t=63s>

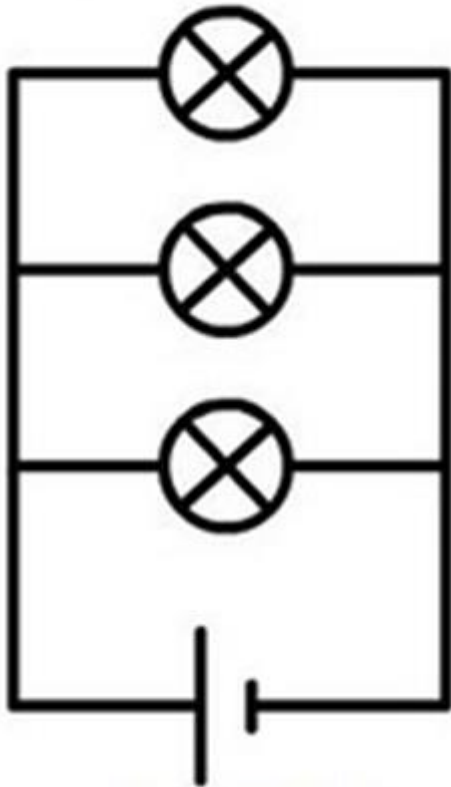


## Parallelschakeling

In een **parallelschakeling** zijn de onderdelen **naast elkaar geschakeld**. Je kan dit zien als een grote straat met kleine zijstraten; de zijstraten zijn dan de onderdelen die aan het einde weer uitkomen op een andere grote straat. Hieronder zie je een tekening van 3 lampjes en een spanningsbron die parallel zijn geschakeld.

Een parallelschakeling met lampjes en een spanningsbron:

## Parallelschakeling



Het voordeel van een parallelschakeling ten opzichte van een serieschakeling is dat **wanneer 1 onderdeel stuk gaat, de andere onderdelen nog wel een gesloten stroomkring vormen en dus blijven werken**. De rekenregels voor parallelschakelingen zijn:

- De **stroomsterkte** door de verschillende onderdelen **tel je bij elkaar op**:  $I_t = I_1 + I_2 + I_3$ .  
Zie het als auto's die afslaan van een straat: er kunnen nooit meer auto's uit een straat komen dan er ingaan.
- De **spanning** over de verschillende onderdelen **blijft gelijk**:  $U_t = U_1 = U_2 = U_3$ .
- De **weerstand** van de onderdelen als volgt. De formule ziet er zo uit:

$$\frac{1}{R_t} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

## Rekenen met parallelschakelingen

Neem bovenstaand schakelschema van de parallelschakeling. De spanningsbron levert 12V en de weerstand van het eerste (onderste) lampje is 20Ω. De stroomsterkte door het tweede lampje is 2A, en de weerstand van het derde lampje is 15Ω. Bereken de totale stroomsterkte die de spanningsbron levert. Bereken ook de weerstand van het tweede lampje, en de totale weerstand van de schakeling.

In deze vraag gebruiken we de regel dat in een parallelschakeling, de **stroomsterkte** door de verschillende onderdelen **verdeeld is** en **bij elkaar optelt**, en dat de **spanning** over alle onderdelen **gelijk blijft**.

Voor het eerste lampje kunnen we de stroomsterkte uitrekenen:

$$I_1 = \frac{U_t}{R_1} \rightarrow I_1 = \frac{12V}{20\Omega} \rightarrow I_1 = 0,6A$$

Voor het tweede lampje is de stroomsterkte gegeven: 2 A. We kunnen wel de weerstand van het tweede lampje uitrekenen:

$$R_2 = \frac{U_t}{I_2} \rightarrow R_2 = \frac{12V}{2A} \rightarrow R_2 = 6\Omega$$

Van het derde lampje is de weerstand gegeven, dus we kunnen de stroomsterkte door dit lampje uitrekenen op dezelfde manier als voor het eerste lampje:

$$I_3 = \frac{U_t}{R_3} \rightarrow I_3 = \frac{12V}{15\Omega} \rightarrow I_3 = 0,8A$$

Nu we de stroomsterkte door alle onderdelen hebben, kunnen we de totale stroomsterkte uitrekenen.

Dit is dan ook meteen de stroomsterkte die de bron zal leveren:

$$I_t = I_1 + I_2 + I_3 \rightarrow I_t = 0,6A + 2A + 0,8A \rightarrow I_t = 3,4A$$

Totaalberekening parallelschakeling:

$$I_t = I_1 + I_2 + I_3 \rightarrow I_t = 0,6A + 2A + 0,8A \rightarrow I_t = 3,4A$$

$$U_t = U_1 = U_2 = U_3 \rightarrow 12V = 12V = 12V = 12V \rightarrow U_t = 12V$$

$$\frac{1}{R_t} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \rightarrow \frac{1}{R_t} = \frac{1}{20\Omega} + \frac{1}{6\Omega} + \frac{1}{15\Omega} \rightarrow \frac{1}{R_t} = \frac{17}{60\Omega} = 0,283\Omega \rightarrow R_t = \frac{1}{0,283\Omega} \rightarrow R_t = 3,53\Omega$$

*Samenvatting:*

Bij een **parallelschakeling** spreken we van **STROOMVERDELING**.

In een **parallelschakeling** zijn de **onderdelen naast elkaar geschakeld**, waardoor de **spanning** over elk pad **gelijk blijft**, terwijl de **stroom** zich **verdeelt** over meerdere paden. In een parallelschakeling is de totale weerstand anders dan in een serieschakeling. We kunnen de weerstanden niet simpelweg bij elkaar optellen zoals in een serie. **Een handige regel is dat de totale weerstand altijd kleiner is dan de kleinste individuele weerstand.**

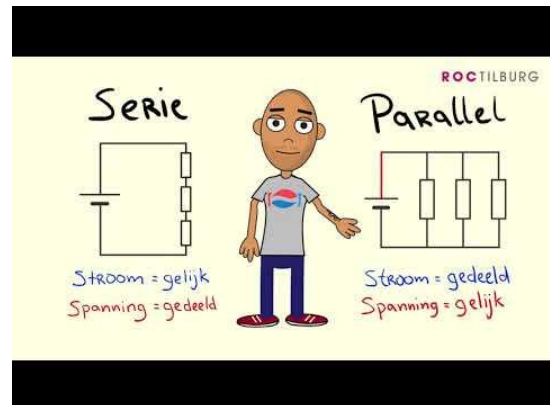
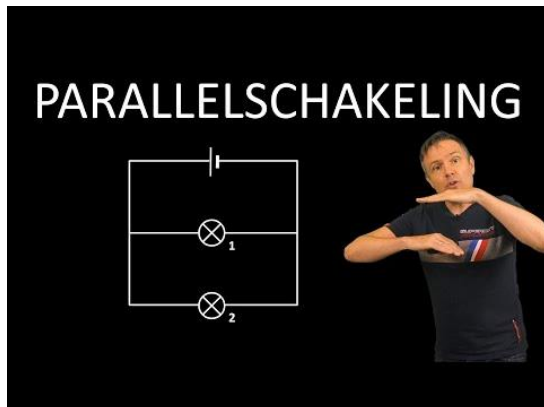
Om de totale weerstand in een parallelschakeling te berekenen, moeten we rekening houden met het feit dat de stroom zich verdeelt over meerdere wegen. We kijken naar hoe gemakkelijk de stroom door elke weerstand kan gaan. Dus, om de totale weerstand te vinden, nemen we het omgekeerde ( $\frac{1}{R}$ ) van elke individuele weerstand, tellen we deze individuele weerstanden op en dan bekomen we

het omgekeerde van dat totaal ( $\frac{1}{R_t}$ ). Daarvan kunnen we de uiteindelijke weerstand ( $R_t$ ) van de hele stroomkring berekenen.

*Meer te weten komen?!*

Bekijk onderstaande YouTube video's!

<https://www.youtube.com/watch?v=pVv-dhylL0o>



<https://www.youtube.com/watch?v=p3H7vmah4o0>

## 12. Wet van Joule-Lenz



**Heinrich Friedrich Emil Lenz**  
**1804-1865**  
**Baltisch-Duits natuurkundige**



**James Prescott Joule**  
**1818-1889**  
**Engelse natuurkundige**

In het midden van de 19e eeuw, zonder elkaar ooit te ontmoeten, ontdekten James Prescott Joule en Heinrich Lenz onafhankelijk dezelfde fundamentele wetmatigheid. Joule experimenteerde in zijn kleine Britse laboratorium met dunne draden en stroombronnen, ontdekkend dat de gegenereerde warmte recht evenredig is met de weerstand, het kwadraat van de stroomsterkte en de tijdsduur. Tegelijkertijd, in Sint-Petersburg, bevestigde Lenz deze observaties door vergelijkbare experimenten. Hun gezamenlijke bevindingen, bekend als de Wet van Joule-Lenz, legden de basis voor een beter begrip van elektrische en thermische processen en hebben bijgedragen aan de ontwikkeling van efficiëntere en veiligere elektrische systemen.

### Het joule-effect

Het joule-effect is een fysisch verschijnsel waarbij elektrische energie wordt omgezet in warmte-energie wanneer een elektrische stroom door een geleider stroomt die een bepaalde weerstand heeft. Het effect is vernoemd naar de Britse natuurkundige James Prescott Joule, die het fenomeen in de 19e eeuw bestudeerde.

Het joule-effect heeft belangrijke praktische toepassingen en gevolgen:

- **Verwarmingstoepassingen:** Het effect wordt doelbewust gebruikt in apparaten zoals elektrische kachels, strijkijzers en waterkokers, waarbij de warmteproductie gewenst is om een specifieke taak uit te voeren.
- **Energieverlies:** In elektrische leidingen en apparaten waar warmteontwikkeling ongewenst is, leidt het joule-effect tot energieverlies. Dit is een belangrijke overweging bij het transporteren van elektriciteit over lange afstanden, waar hoge stroomsterktes zouden leiden tot grote warmteverliezen. Dit is een van de redenen waarom elektriciteitstransport bij hoge spanningen plaatsvindt: om de stroomsterkte te verlagen en zo de verliezen door het joule-effect te minimaliseren.
- **Elektrische veiligheid:** In sommige situaties kan overmatige warmteontwikkeling door het joule-effect leiden tot oververhitting van draden en onderdelen, wat brandgevaar kan opleveren. Dit is een belangrijk aspect bij het ontwerp en de beveiliging van elektrische systemen.



## Het Joule-effect in houtbewerkingsmachines

In houtbewerkingsmachines treedt het Joule-effect op wanneer elektrische stroom door de bedrading en motoren stroomt, waardoor een deel van de energie wordt omgezet in warmte. Dit kan tot oververhitting leiden, vooral in zaagmachines, schuurmachines en boormachines, wanneer de stroomsterkte te hoog is of de machines te lang zonder pauzes worden gebruikt. Oververhitting kan motoren beschadigen en de efficiëntie van de machines verminderen. Het is daarom essentieel om de stroomsterkte en gebruiksduur van houtbewerkingsmachines te beheersen om schade te voorkomen en prestaties te optimaliseren.

### Gevaren door het Joule-effect:

- **Brandgevaar:** Oververhitte bedrading en motoren kunnen brand veroorzaken. In een werkplaats met veel houtstof kan een klein vonkje snel een brand ontketenen.
- **Smelten van isolatie:** Het Joule-effect kan de isolatie rondom bedrading laten smelten, wat kan leiden tot kortsluitingen en elektrische schokken.
- **Beschadiging van onderdelen:** Langdurige blootstelling aan warmte kan interne onderdelen van de machines beschadigen, wat kan leiden tot storingen en gevaarlijke situaties tijdens het gebruik.



### *Meer te weten komen?!*

Bekijk onderstaande YouTube video!

<https://www.youtube.com/watch?v=WekhYm3510E>



## 13. Hoogspanning



### Transport van elektriciteit via hoogspanning

Om elektrische energie van de energiecentrale naar jouw huis te transporteren, worden hoogspanningsleidingen gebruikt. Het verlies aan warmte in de hoogspanningsleiding is door de weerstand van de kilometerslange draad zelf extreem hoog wanneer dit bij een normale netspanning (220-240V) gebeurt. Dit warmteverlies wordt veroorzaakt door het joule-effect, waarbij elektrische energie wordt omgezet in warmte wanneer stroom door een weerstand stroomt.

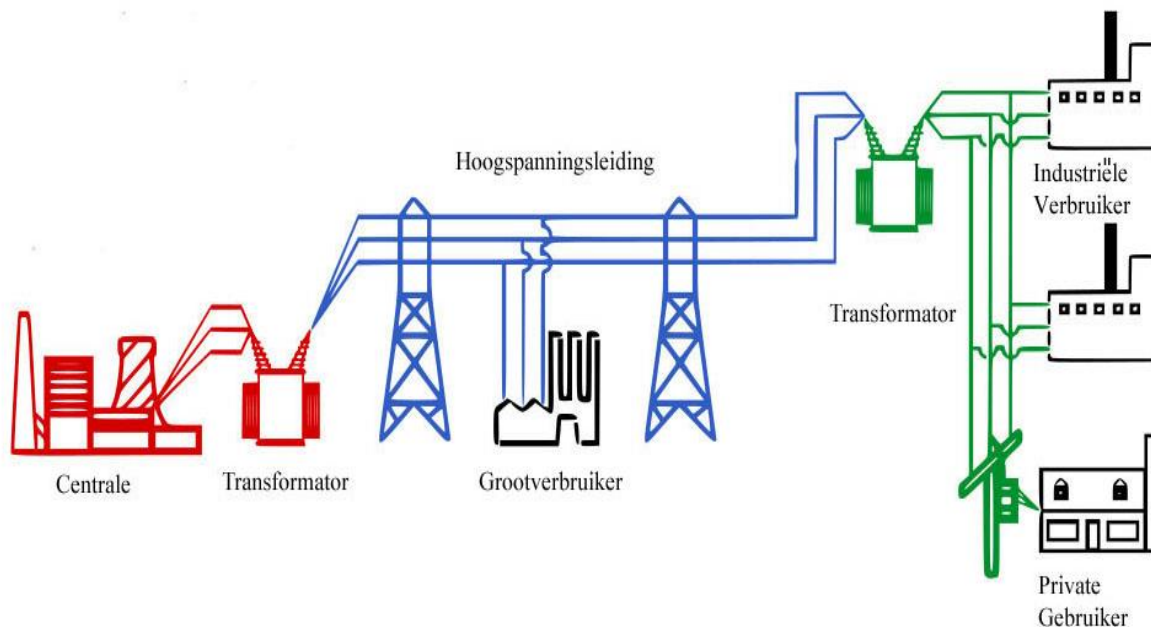
Bij een hele hoge transportspanning zijn de verliezen veel lager omdat er dan minder stroom hoeft te lopen voor dezelfde hoeveelheid elektrische energie. Met behulp van transformatoren wordt de spanning eerst omhoog getransformeerd en later weer omlaag getransformeerd. Dit vermindert de stroomsterkte en daarmee de warmteverliezen door het Joule-effect.

Met hoogspanning wordt een elektrische spanning van meer dan 1000 Volt wisselspanning bedoeld. Hoogspanning wordt vooral gebruikt om grote hoeveelheden elektrische energie te transporteren. Dit gebeurt over een hoogspanningsnet, zowel via bovengrondse als ondergrondse hoogspanningskabels.

Je kunt stroom vergelijken met water: als je een emmer water in een minuut wilt vullen, maakt het een verschil of je dit doet met een tuinslang of een brandweerslang. In een tuinslang moet het water heel snel stromen om de emmer in een minuut vol te krijgen. In een brandweerslang hoeft het water niet zo snel te stromen, want de slang is veel dikker. Dit principe kan men vergelijken met stroom. In onze huizen hebben we laagspanning, namelijk tussen 220-240 Volt. Stel dat de draden van de elektriciteitscentrale naar een stad ook een spanning van 220-240 Volt zouden hebben, dan zou de stroom heel hard moeten stromen om genoeg energie te kunnen leveren voor alle huizen. Bovendien zou dat veel energie kosten en leiden tot aanzienlijke warmteverliezen door het Joule-effect.

Daarom werken energietransporteurs met hoogspanning. Op hoogspanningskabels staat 220.000 of 380.000 Volt. Deze hoge spanning zorgt ervoor dat de stroom bij een lagere stroomsterkte kan worden getransporteerd, waardoor de verliezen door weerstand worden geminimaliseerd. Hiervoor worden kale draden gebruikt zonder isolatie, dus draden waar geen plastic omheen zit. De hoge spanning zorgt ervoor dat de stroom efficiënt over lange afstanden kan worden getransporteerd, waarna transformatoren de spanning weer verlagen tot het niveau dat veilig en bruikbaar is voor huishoudelijke en industriële toepassingen.

Het gebruik van hoogspanning voor elektriciteitstransport is essentieel om de efficiëntie te waarborgen en de kosten te verlagen. Door de spanning op te voeren, kan de stroomsterkte worden verminderd, wat leidt tot minder warmteverlies door het Joule-effect en een stabielere energievoorziening over grote afstanden. Dit systeem vormt de ruggengraat van moderne elektriciteitsnetwerken en maakt het mogelijk om energie betrouwbaar en efficiënt van opwekkingspunten naar verbruikspunten te brengen.



## 14. Veiligheid in elektrische installaties

In België worden elektrische installaties beheerd volgens het Algemeen Reglement op de Elektrische Installaties (AREI), dat is ontworpen om de veiligheid van zowel personen als eigendommen te waarborgen en gebruikers te beschermen tegen elektrische gevaren. Een aantal belangrijke veiligheidsvoorzieningen die in Belgische elektrische installaties worden toegepast, omvatten aarding, differentiële stroomonderbrekers, zekeringen, automatische zekeringen, juiste dimensionering van bedrading en componenten, veilige installatiepraktijken, periodieke inspecties en onderhoud.

### De aarding:

- Naast het bieden van bescherming tegen elektrocutie en het voorkomen van brandgevaar, heeft aarding nog andere belangrijke functies in elektrische installaties. Een goed aardingsysteem draagt bij aan de stabiliteit van het elektrische systeem en zorgt voor een betrouwbare werking van de apparatuur. Het helpt ook bij het voorkomen van elektrische interferentie en storingen, waardoor de kans op storingen en uitval van apparatuur wordt verminderd.
- Bovendien kan aarding helpen bij het afvoeren van statische elektriciteit, vooral in omgevingen waar gevoelige elektronische apparatuur wordt gebruikt. Dit is bijzonder belangrijk in industriële omgevingen waar statische ontladingen schade kunnen veroorzaken aan elektronische componenten.
- Een adequaat aardingsysteem is dus van essentieel belang voor de algehele betrouwbaarheid en veiligheid van een elektrische installatie. Het minimaliseert niet alleen de risico's op elektrische schokken en brand, maar draagt ook bij aan de operationele efficiëntie en duurzaamheid van het systeem.



### De differentieelschakelaar:

- Automatische differentieelschakelaars, ook wel differentieelstroomonderbrekers genoemd, vormen een integraal onderdeel van moderne elektrische installaties vanwege hun vermogen om extra bescherming te bieden tegen elektrische gevaren. Door continu de stroom te monitoren die het circuit binnenkomt en verlaat, kunnen ze zelfs de kleinste onbalans detecteren. Deze onbalans duidt vaak op een lekstroom naar de aarde, wat potentieel gevaarlijk kan zijn voor mensen en apparatuur. Het snelle ingrijpen van de differentieelschakelaar door de stroomtoevoer onmiddellijk af te snijden, minimaliseert niet alleen het risico op elektrocutie, maar voorkomt ook ernstige schade aan elektrische apparatuur en de kans op brandgevaar.
- Het wettelijk vereiste om minstens één differentieelstroomschakelaar aan het begin van de installatie te plaatsen, is van vitaal belang om een adequate bescherming te waarborgen. Door dit te doen, wordt de gehele installatie effectief bewaakt en wordt een snelle reactie op eventuele lekstromen gegarandeerd. Dit is essentieel voor het handhaven van een veilige werkomgeving en het beschermen van mensenlevens en eigendommen tegen de gevaren van elektriciteit.



## De automatische zekeringen:

- Automatische zekeringen zijn essentiële onderdelen van elektrische installaties, die niet alleen de apparatuur beschermen, maar ook de veiligheid van mensen in een gebouw waarborgen. Deze beschermingsmechanismen werken op verschillende manieren om de integriteit van elektrische circuits te behouden en mogelijke gevaren te minimaliseren.
- Automatische zekeringen werken met een extra niveau van automatisering. Ze zijn uitgerust met een bimetaalstrip die buigt wanneer deze wordt blootgesteld aan overmatige stroom, waardoor het circuit wordt onderbroken. Naast het beschermen tegen kortsluiting en overbelasting, bieden automatische zekeringen het voordeel van herstel nadat het probleem is verholpen, wat handig is in situaties waarin tijdelijke pieken in stroom nodig zijn.
- Deze beschermingsmechanismen zijn van vitaal belang om de veiligheid te waarborgen en de betrouwbaarheid van elektrische systemen te handhaven. Door zorgvuldig gedimensioneerde automatische zekeringen te installeren, kunnen elektrische installaties effectief worden beschermd tegen potentiële gevaren, waardoor zowel de levensduur van de apparatuur als de veiligheid van de gebruikers worden verbeterd.



## Juiste dimensionering van bedrading en onderdelen:

- Het AREI, het Algemeen Reglement op de Elektrische Installaties, speelt een cruciale rol bij het waarborgen van de veiligheid van elektrische installaties door specifieke richtlijnen te bieden voor de dimensionering van bedrading en onderdelen. Het voorschrijft het gebruik van kabels met de juiste doorsnede om oververhitting en brandgevaar te voorkomen, en waarschuwt voor het vermijden van overbelasting van circuits. Hierdoor wordt de veiligheid, betrouwbaarheid en efficiëntie van de installatie gewaarborgd.



## Veilige installatiepraktijken:

- Elektrische installateurs zijn verantwoordelijk voor het correct monteren van elektrische onderdelen en het nauwkeurig volgen van installatieprocedures om de veiligheid en betrouwbaarheid van elektrische systemen te waarborgen. Dit omvat niet alleen het vermijden van blootliggende draden en het beschermen van kabels tegen beschadiging, maar ook het zorgvuldig bevestigen van componenten volgens de specificaties van de fabrikant. Door deze richtlijnen te volgen, kunnen installateurs ervoor zorgen dat de installatie voldoet aan de hoogste veiligheidsnormen en optimale prestaties levert.

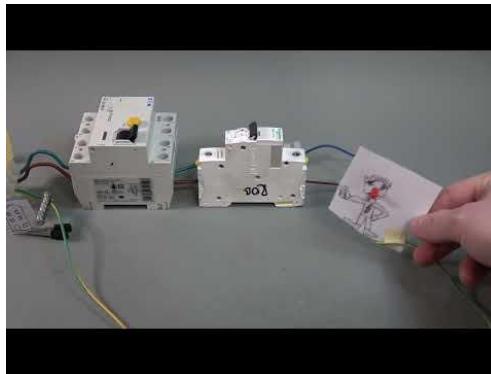


Het omgaan met elektriciteit brengt verschillende gevaren met zich mee, waaronder elektrocutie, kortsluiting en overbelasting. Elektrocutie kan optreden wanneer iemand wordt blootgesteld aan een elektrische stroom, met mogelijk fatale gevolgen. Kortsluiting kan leiden tot brand en schade aan apparatuur door een ongecontroleerde stroomstoot. Overbelasting van circuits kan leiden tot oververhitting van bedrading en componenten, wat op zijn beurt kan resulteren in brand en systeemuitval. Het naleven van de veiligheidsvoorschriften en het regelmatig inspecteren en onderhouden van elektrische installaties zijn cruciaal om deze risico's effectief te beheren en de veiligheid te waarborgen.

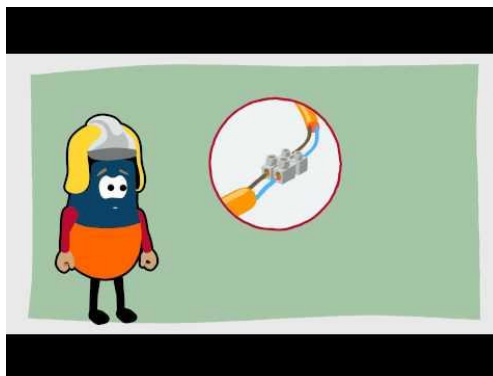
*Meer te weten komen?!*

Bekijk onderstaande YouTube video's!

<https://www.youtube.com/watch?v=cF0oxSAXNQY>



<https://www.youtube.com/watch?v=P6u9hnpUNXc&t=71s>



## 15. De gevaren van elektriciteit

### Elektrisering of elektrocutie

Als je direct in contact komt met stroom, kun je geëlektriseerd of geëlektrocuteerd worden. Elektrisering betekent dat je een schok krijgt, maar het is niet dodelijk. Elektrocutie is een dodelijke schok. Elke dag krijgen mensen onverwacht een elektrische schok, maar gelukkig zijn dodelijke elektrocuties zeldzaam. Volgens de Stichting Brandwonden krijgt jaarlijks 1,2% van de Belgische bevolking brandwonden door elektriciteit. Dit zijn ongeveer 60.000 volwassenen. Het is dus heel belangrijk om altijd voorzichtig te zijn met elektriciteit en veilig te werken in de werkplaats.



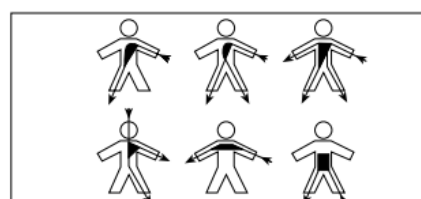
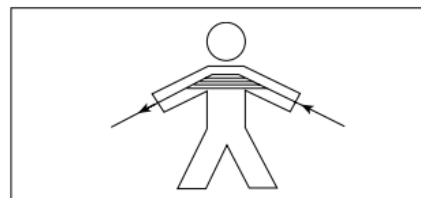
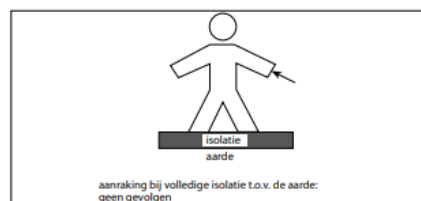
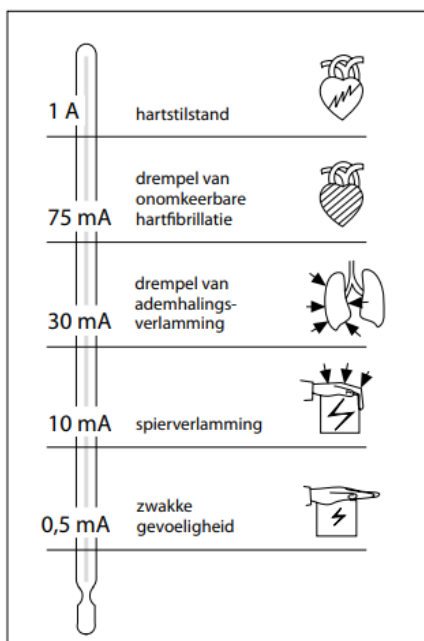
### Gevolgen van stroom die door het lichaam vloeit

Elektrisering en elektrocutie zijn vaak de oorzaak van ernstige brandwonden. Wetenschappers hebben ontdekt dat een stroomstoot van slechts 30 milli-Ampère gedurende 1 seconde al dodelijk kan zijn. Het maakt niet uit welke machine je gebruikt; het is de hoeveelheid stroom die door je lichaam gaat die bepaalt hoe ernstig de schok is. Ook de spanning is belangrijk. In een droge omgeving kun je al een elektrische schok voelen bij 50 Volt, zoals op een telefoonlijn.

Als je een 9V-batterij op je tong legt, voel je een kleine tinteling. Maar een schok van 230 Volt, zoals in een stopcontact, kan dodelijk zijn. Wat telt bij een elektrocutie is:

- hoeveel stroom door je lichaam gaat;
- hoelang de stroom doorgaat;
- de frequentie van de stroom;
- de weg die de stroom door je lichaam volgt.

Hoe groter de stroom en de spanning, hoe ernstiger de gevolgen. Daarom is het belangrijk om altijd voorzichtig te zijn met elektriciteit en goed op te letten bij je werk. Veiligheid gaat voor alles!



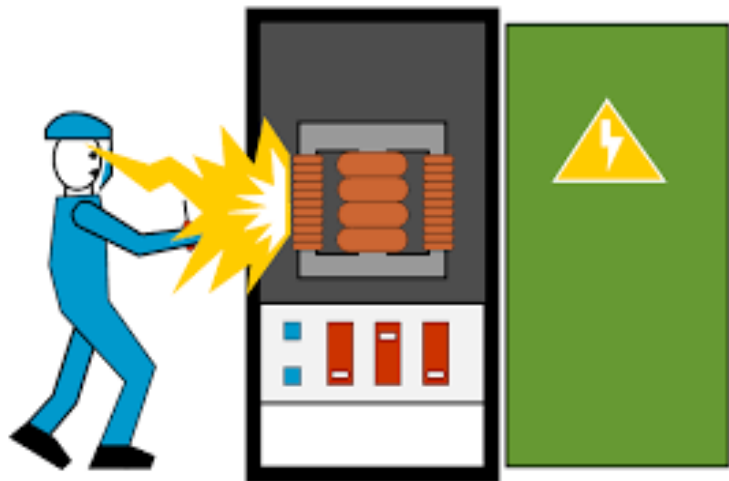
## Brandwonden

Omdat je lichaam zout water bevat, werkt het als een stroomgeleider wanneer je een elektrische schok krijgt tussen twee spanningen, zoals een elektrisch apparaat en de grond. Dit zorgt ervoor dat er stroom door je lichaam gaat, wat warmte creëert en interne brandwonden kan veroorzaken. Een elektrische schok van 200 milli-Ampère tot 1 Ampère kan brandwonden veroorzaken, maar er zijn ook andere ernstige gevaren. Je kunt hartproblemen krijgen, zoals hartfibrillaties of zelfs een hartstilstand en ademhalingsproblemen. Daarom is het heel belangrijk om voorzichtig te zijn met elektriciteit en de juiste veiligheidsmaatregelen te volgen in de werkplaats.



## Vlamboog door kortsluiting

Personen die aan een elektrische installatie werken, kunnen zich verbranden als ze niet-geïsoleerd gereedschap gebruiken en kortsluiting veroorzaken. Een kortsluiting ontstaat wanneer de stroom een verkeerde weg vindt, vaak door een fout of beschadiging. Dit kan een vlamboog veroorzaken, die extreem heet is. Zo'n vlamboog kan brandwonden aan de buitenkant van het lichaam veroorzaken, en vaak ook inwendige schade.



In de houttechniek gebruik je veel elektrische apparaten, zoals zaagmachines en boormachines. Het is belangrijk om altijd geïsoleerd gereedschap te gebruiken en voorzichtig te zijn met elektriciteit, zodat je jezelf beschermt tegen gevaarlijke kortsluitingen en de bijbehorende brandwonden.

## Schrikreactie

Je werkt elke dag met elektriciteit, vaak zonder erbij na te denken. Totdat de stroom plotseling uitvalt. Dan denk je misschien dat het een goed moment is om snel wat onderhoud aan een machine te doen of een lamp te vervangen. Maar dat is niet altijd veilig. Stel je voor dat iemand niet weet wanneer de stroom weer wordt ingeschakeld en bezig is met een machine of ander onderhoud. Ze kunnen dan schrikken als de stroom plotseling terugkomt. Dit kan gevaarlijke situaties veroorzaken, zoals vallen van een ladder door de schrik.



Zelfs een klein klusje, zoals het vervangen van een lamp, kan dan tot ongelukken leiden. Daarom is het belangrijk altijd te weten wanneer de stroom aan- of uitgaat en voorzichtig te zijn bij werkzaamheden aan elektrische apparaten. Veiligheid gaat voor alles!

## Brand

Maar liefst 30% van alle bedrijfsbranden in België ontstaat door een elektrisch defect! Dit komt omdat bijna alle elektrische apparaten en machines warmte opwekken tijdens het gebruik, wat brand kan veroorzaken. In de houttechnieken gebruik je veel elektrische apparaten, zoals zaagmachines, schuurmachines, freesmachines en boormachines. Al deze machines kunnen warm worden en daardoor brandgevaar opleveren.



Naast de machines zelf kunnen ook de elektrische bedrading en contacten problemen veroorzaken. Denk aan overbelasting door te veel apparaten op één stopcontact of slecht geïsoleerde kabels die kunnen smelten en kortsluiting kunnen veroorzaken.



In bedrijven waar de temperatuur snel kan stijgen door de aard van de machines, zoals in houtbewerkingswerkplaatsen, is het extra belangrijk om voorzichtig te zijn. Zorg ervoor dat alle bedrading in goede staat is, vermijd overbelasting van circuits en let op eventuele defecte contacten. Door deze voorzorgsmaatregelen te nemen, kun je brand voorkomen en een veilige werkomgeving creëren.

## Explosie

Een explosie door elektriciteit kan optreden wanneer er een plotse en intense ontlading van elektrische energie plaatsvindt, wat leidt tot een explosieve gebeurtenis. Dit kan gebeuren in verschillende scenario's, zoals kortsluitingen, vlamboogvorming, gasontploffingen, en overbelasting van elektrische systemen. Elk van deze situaties kan een krachtige en gevaarlijke explosie veroorzaken door de enorme hitte en energie die vrijkomen bij de elektrische ontlading.



## Gevolgen

De gevolgen van een explosie door elektriciteit kunnen ernstig zijn. Naast materiële schade kunnen er ernstige verwondingen optreden, zoals brandwonden, gehoorverlies door de explosie, en andere lichamelijke schade door rondvliegend puin. In extreme gevallen kan het dodelijk zijn.

Een elektrische ontploffing kan ontstaan wanneer aan de volgende 3 voorwaarden voldaan is:

- er moet voldoende zuurstof aanwezig zijn (wat altijd het geval is);
- er moet brandstof zijn om de ontploffing te 'voeden' (stofdeeltjes, gasniveaus of andere explosieve dampen);
- er moet een ontbrandingsbron actief zijn, bijvoorbeeld een actieve elektrische installatie.

Voeg deze drie elementen samen en de gevolgen zijn vaak niet te overzien.

## Preventie

Het voorkomen van elektrische explosies vereist strikte naleving van veiligheidsvoorschriften en regelmatige inspecties van elektrische installaties. Dit omvat:

- Het gebruik van goed geïsoleerde en juiste bedrading.
- Regelmatige controle en onderhoud van elektrische apparaten en installaties.
- Zorgvuldige omgang met brandbare stoffen in de nabijheid van elektrische apparatuur.
- Gebruik van explosieveilige apparatuur in gevaarlijke omgevingen.
- Het installeren van zekeringen en automatische schakelaars om overbelasting en kortsluiting te voorkomen.



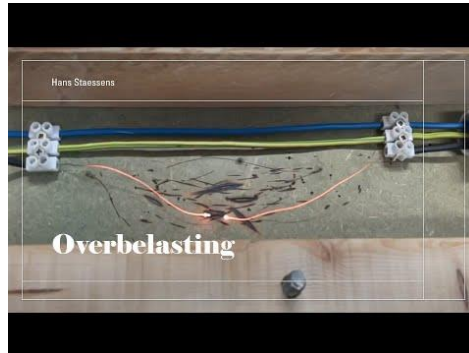
Door deze voorzorgsmaatregelen te nemen, kunnen de risico's van explosies door elektriciteit aanzienlijk worden verminderd.

*Meer te weten komen?!*

Bekijk onderstaande YouTube video's!

- Video overbelasting:

<https://www.youtube.com/watch?v=Rn1pS3XkHyl>



- Video kortsluiting:

[https://www.youtube.com/watch?v=0o\\_orrrq9\\_Q](https://www.youtube.com/watch?v=0o_orrrq9_Q)



- Video gevaren elektriciteit:

[https://www.youtube.com/watch?v=LHox\\_HCKiug](https://www.youtube.com/watch?v=LHox_HCKiug)



## 16. Elektrische meetinstrumenten

Meetinstrumenten zijn essentiële gereedschappen in de wereld van elektronica en elektrotechniek. Ze worden gebruikt om verschillende elektrische grootheden te meten, zoals spanning, stroom en weerstand. Deze metingen zijn cruciaal bij het ontwerpen, diagnosticeren en onderhouden van elektrische en elektronische systemen.



Analoge meetinstrumenten gebruiken een wijzer of een schaalverdeling om de meetwaarden aan te geven. Ze bieden vaak een directe en intuïtieve manier om veranderingen in elektrische grootheden te observeren. Digitale meetinstrumenten daarentegen tonen de meetwaarden als numerieke cijfers op een digitaal display. Ze bieden vaak hogere nauwkeurigheid, gemakkelijkere afleesbaarheid en extra functies zoals automatische bereikselectie en dataopslag. Ze zijn ook vaak compacter en draagbaarder dan analoge instrumenten. Echter, analoge instrumenten worden nog steeds gebruikt vanwege hun eenvoudige bediening en real-time zichtbaarheid van veranderingen in metingen.

Of het nu gaat om het controleren van de spanning van een batterij, het meten van de stroom door een schakeling of het controleren van de weerstand van een component, meetinstrumenten stellen ons in staat om elektrische eigenschappen te begrijpen en te beheren. Ze helpen bij het oplossen van problemen, het testen van apparaten en het optimaliseren van systemen, waardoor ze van onschatbare waarde zijn voor technici, ingenieurs en hobbyisten in de elektronica.

### Analoge meetinstrumenten

**Analoge Volt-meter**



**Analoge Ohm-meter**



**Analoge Ampère-meter**



## Digitale meetinstrumenten

**Digitale Volt-meter**



**Digitale Ohm-meter**



**Digitale Ampère-meter**



## Grootheden meetinstrumenten

|          |        |               |
|----------|--------|---------------|
| V        | Volt   | Spanning      |
| A        | Ampère | Stroomsterkte |
| $\Omega$ | Ohm    | Weerstand     |

## Eenheden meetinstrumenten

|       |       |                |                              |
|-------|-------|----------------|------------------------------|
| $\mu$ | micro | een miljoenste | $1\mu A = 0,000001A$         |
| m     | milli | een duizendste | $200mV = 0,2V$               |
| k     | kilo  | duizend        | $1k\Omega = 1000\Omega$      |
| M     | Mega  | miljoen        | $1M\Omega = 1.000.000\Omega$ |

## Multimeter

Een multimeter is een veelzijdig meetinstrument dat meerdere functies combineert, waardoor het een onmisbaar gereedschap is voor het meten van verschillende elektrische grootheden. Een van de belangrijkste functies is die van de Volt-meter, waarmee je zowel wisselspanning (AC) als gelijkspanning (DC) kunt meten. Dit is handig voor het controleren van de spanning in diverse soorten circuits, variërend van huishoudelijke apparaten tot houttechniek en elektronica-projecten.



Daarnaast heeft de multimeter de functie van een Ampère-meter, waarmee je de stroomsterkte in een circuit kunt meten. Dit kan zowel voor AC- als DC-toepassingen. Het meten van stroomsterkte is essentieel voor het diagnosticeren van stroomproblemen en het controleren van de belasting van een circuit, wat helpt om ervoor te zorgen dat alles correct en veilig functioneert.

Tot slot kan de multimeter functioneren als een Ohm-meter, waarmee je de weerstand in een circuit of van een afzonderlijk component kunt meten. Dit is bijzonder nuttig bij het controleren van de integriteit van weerstanden, kabels en verbindingen in een elektrisch circuit. Het meten van weerstand helpt bij het opsporen van problemen zoals slechte verbindingen of defecte componenten, wat cruciaal is voor het onderhoud en de reparatie van elektronische apparaten en systemen.

Samenvattend biedt de multimeter, met zijn gecombineerde functies van Volt-meter, Ampère-meter en Ohm-meter, een alles-in-één oplossing voor het meten en diagnosticeren van elektrische grootheden, waardoor het een onmisbaar hulpmiddel is voor zowel professionals als hobbyisten in de elektronica.

*Meer te weten komen?!*

Bekijk onderstaande YouTube video!

<https://www.youtube.com/watch?v=36BdxlYx7MY&t=13s>



## Leerplandoelen elektriciteit in houttechnieken

Katholiek onderwijs Vlaanderen. (2023, juni). *Leerplan secundair onderwijs Houttechnieken B+S 2de graad D/A-finaliteit II-Hou-da: BRUSSEL D/2021/13.758.069.*  
<https://Pro.Katholiekonderwijs.Vlaanderen>.



### **LPD17**

De leerlingen analyseren verbanden tussen stroomsterkte, de spanning en weerstand in een gelijkstroomkring.

### **LPD18**

De leerlingen berekenen spanning over, stroomsterkte door en vermogen van een verbruiker.

### **LPD19**

De leerlingen leggen het Joule-effect uit aan de hand van toepassingen.

## Bronnen

123e-learning management system. (2020, 30 oktober). *De wet van Faraday* [Video]. YouTube.

Geraadpleegd op 31 mei 2024, van <https://www.youtube.com/watch?v=jOVJF-6NWIo>

*Aarding sticker - Diverse Stickers*. (2019, 1 maart). Diverse Stickers.

<https://www.diversestickers.nl/product/aarding/>

*ACCESS Digital Micro Ohm Meter, 3.5 digit LED display, Mains Operated, 1 micro ohm to 19.99 Kohm*

*in 8 ranges, 1Amp DC Current in 1999 microohms / 199.9 milliohm with 2 - banana to*

*crocodile test leads : Amazon.in: Industrial & Scientific*. (z.d.). <https://www.amazon.in/>.

[https://www.amazon.in/Resistance-Operated-microohms-milliohm-](https://www.amazon.in/Resistance-Operated-microohms-milliohm-crocodile/dp/B01GV2UWDA)

[crocodile/dp/B01GV2UWDA](https://www.amazon.in/Resistance-Operated-microohms-milliohm-crocodile/dp/B01GV2UWDA)

*Amazon.com: Safety First Sign - Safety is Everybody's Job - 10" X 14" OSHA Safety Sign : Industrial &*

*Scientific*. (z.d.). [https://www.amazon.com/Safety-First-Sign-Everybodys-](https://www.amazon.com/Safety-First-Sign-Everybodys-OSHA/dp/B004WVX32A)

[OSHA/dp/B004WVX32A](https://www.amazon.com/Safety-First-Sign-Everybodys-OSHA/dp/B004WVX32A)

*Automatische zekering 2Polig - 20A curve C*. (z.d.). Zelektro. [https://www.zelektro.be/schneider-](https://www.zelektro.be/schneider-automatische-zekering-2p-32a.html)

[automatische-zekering-2p-32a.html](https://www.zelektro.be/schneider-automatische-zekering-2p-32a.html)

Automerik. (2018a, maart 3). *De elektrische spanning* [Video]. YouTube. Geraadpleegd op 31 mei

2024, van <https://www.youtube.com/watch?v=1nwnk6FQM9Q>

Automerik. (2018b, maart 5). *De elektrische stroomsterkte* [Video]. YouTube. Geraadpleegd op 31 mei

2024, van <https://www.youtube.com/watch?v=FSNU6MTvdiM>

*Betrouwbare Power Quality metingen verricht door experts | HyTEPS*. (z.d.). HyTEPS. Geraadpleegd

op 27 mei 2024, van <https://hyteps.nl/diensten/power-quality-metingen/>

Bobex. (z.d.). *Elektriciteit conform maken in België: prijs en overzicht*. [https://www.renovatie-](https://www.renovatie-gids.be/)

[gids.be/](https://www.renovatie-gids.be/). <https://www.renovatie-gids.be/elektriciteit/elektriciteit-conform-maken/>

Boemlouw Natuurkunde. (2017, 9 november). *Elektriciteit 3: Demonstratie geleiders en isolatoren*

[Video]. YouTube. Geraadpleegd op 31 mei 2024, van

<https://www.youtube.com/watch?v=XpUrD6NMXog>

Brandweer Zone Antwerpen. (2015, 18 maart). *Kortsluiting en overbelasting voorkomen* [Video].

YouTube. Geraadpleegd op 31 mei 2024, van

<https://www.youtube.com/watch?v=P6u9hnpUNXc>

Brookshire, B. (2021, 18 januari). Scientists say: molecule. *Science News Explores*.

<https://www.snexplores.org/article/scientists-say-molecule>

Btw jurisprudentie. (2023, 22 januari). *Facturatie van illegaal verbruikte elektriciteit door netbeheerder aan stroomdief met of zonder btw?* BTW Jurisprudentie.

<https://btwjurisprudentie.nl/facturatie-van-illegaal-verbruikte-elektriciteit-door-netbeheerder-aan-stroomdief-met-of-zonder-btw/>

Cable, Z. (2024, 10 april). *¿Cómo Determinar el Área Transversal de Conductores Eléctricos?* ZMS-KABEL. <https://zmscable.es/nl/area-transversal-de-conductores-electricos/>

Damien. (2022, 27 februari). *De vijf voornaamste risico's van elektriciteit*. ENGIE Business.

Geraadpleegd op 27 mei 2024, van <https://business.engie.be/nl/blog/safe-and-reliable-installations/de-vijf-grootste-risicos-van-elektriciteit-binnen-bedrijven/>

De School voor Autotechniek. (2021, 8 juli). *Elektrotechniek: stroom en spanning bij serie en parallel schakelingen* [Video]. YouTube. Geraadpleegd op 31 mei 2024, van

<https://www.youtube.com/watch?v=p3H7vmah4o0>

*De verschillen tussen spanning, stroom, weerstand en vermogen uitgelegd*. (z.d.). LuxImprove.

Geraadpleegd op 27 mei 2024, van <https://www.luximprove.com/kennisbank/installatie-techniek/22/de-verschillen-tussen-spanning-stroom-weerstand-en-vermogen-uitgelegd>

De Voogt, S. (2015, 9 november). Chemelot stelt onafhankelijk onderzoek in naar oorzaak incidenten.

*bnr.nl*. <https://www.bnr.nl/nieuws/10042897/chemelot-stelt-onafhankelijk-onderzoek-in-naar-oorzaak-incidenten>

*De wet van Ohm*. (z.d.). Watt's UP! Geraadpleegd op 27 mei 2024, van <https://wattsup.be/nl/de-wet-van-ohm>

*Draagbare multimeter - LCD-display - multimeter - multifunctioneel - multimeter. . . / bol. (z.d.).*

Bol.com. <https://www.bol.com/be/nl/p/draagbare-multimeter-lcd-display-multimeter-multifunctioneel-multimeter-digitaal-multimeters-oranje/9300000170076623/>

Drost, G. (2019, 7 november). *De risico's van werken met elektriciteit | Arbeidsveiligheid.net.*

Arbeidsveiligheid.net. Geraadpleegd op 27 mei 2024, van <https://www.arbeidsveiligheid.net/veiligheidsartikelen/elektrische-veiligheid/de-risicos-van-werken-met-elektriciteit>

Dupear, S. (2018, 4 juli). *Burns Hand Vector PNG, Cartoon Clipart, Cartoon Burns, Hand Burns PNG*

*Image For Free Download.* Pinterest. <https://www.pinterest.com/pin/500603314825968626/>

Dutchrfshop. (z.d.). *Amperemeter inbouw 10A DC.* <https://dutchrfshop.nl/en/ampere-meters/127-amperemeter-inbouw-10a-dc.html>

Dwarsliggers. (2018, 31 januari). *Het elektriciteitsnet.* Pjotr's Dwarsliggers. Geraadpleegd op 27 mei 2024, van <https://www.dwarsliggers.eu/index.php/2016-04-03-16-33-59/omgeving/447-het-elektriciteitsnet>

*Electronic Symbol Lamp royalty-free vector graphic. Free for use & download. (z.d.).*

<https://pixabay.com/>. <https://pixabay.com/vectors/electronic-symbol-lamp-symbols-40612/>

Elek581. (2021, 30 april). *Hoe voorkom ik brand bij het gebruik van elektrische apparaten? - Alles over*

*Elektra.* Alles Over Elektra. Geraadpleegd op 27 mei 2024, van

<https://www.allesoverelektra.nl/hoe-voorkom-ik-brand-bij-het-gebruik-van-elektrische-apparaten/>

*Elektriciteitstransport. (z.d.).* <https://natuurkundeuitgelegd.nl/>. Geraadpleegd op 27 mei 2024, van

<https://natuurkundeuitgelegd.nl/videolessen.php?video=elektriciteitstransport#:~:text=Waarom%20wordt%20elektriciteit%20met%20hoogspanning,elektrische%20energie%20door%20te%20geven.>

*Elektroclub voor leerkrachten (Door Volta). (z.d.).* <https://elektroclubvoorleerkrachten.be/>.

Geraadpleegd op 27 mei 2024, van <https://elektroclubvoorleerkrachten.be/>

Eltra Toolkit. (2016, 8 september). *Werken met de multimeter - uw Eltra toolkit* [Video]. YouTube.

Geraadpleegd op 31 mei 2024, van <https://www.youtube.com/watch?v=36BdxlYx7MY>

Fixami. (z.d.). *Multimeter: leer hoe het werkt en waarvoor je het kunt gebruiken!*

<https://www.gereedschapcentrum.nl/>. Geraadpleegd op 27 mei 2024, van

<https://www.gereedschapcentrum.nl/blog/productadvies/multimeter-handleiding>

Fluke. (z.d.). *Wat is spanning?* Fluke. Geraadpleegd op 27 mei 2024, van [https://www.fluke.com/nl-](https://www.fluke.com/nl-nl/informatie/blog/elektrisch/wat-is-spanning)

[nl/informatie/blog/elektrisch/wat-is-spanning](https://www.fluke.com/nl-nl/informatie/blog/elektrisch/wat-is-spanning)

Gamma BE. (z.d.). *Situatieschema | GAMMA.be*. GAMMA. Geraadpleegd op 31 mei 2024, van

<https://www.gamma.be/nl/doe-het-zelf/a/situatieschema-maken>

*Gamma kabels*. (z.d.). <https://www.electrobenbe.be/>.

<https://www.electrobenbe.be/webshop/draad-kabel/gamma-kabels.html>

Grommen, S. (2022, 7 november). Hoogspanning over hoogspanning: het Vlaamse

“hoofdpijndossier” Ventilus uitgelegd in 5 vragen. *vrtnws.be*.

<https://www.vrt.be/vrtnws/nl/2022/07/13/ventilus-wat-waar-waarom-wanneer/>

Hans staessens. (2021, 24 maart). *Overbelasting* [Video]. YouTube. Geraadpleegd op 31 mei 2024,

van <https://www.youtube.com/watch?v=Rn1pS3XkHyl>

*Het Joule-effect, daar krijg je het warm van*. (z.d.). Watt's UP! Geraadpleegd op 27 mei 2024, van

[https://wattsup.be/nl/joule-](https://wattsup.be/nl/joule-effect#:~:text=Wanneer%20elektrische%20stroom%20door%20een,elektrische%20energie%20in%20warmte%2Denergie.)

[effect#:~:text=Wanneer%20elektrische%20stroom%20door%20een,elektrische%20energie%20in%20warmte%2Denergie.](https://wattsup.be/nl/joule-effect#:~:text=Wanneer%20elektrische%20stroom%20door%20een,elektrische%20energie%20in%20warmte%2Denergie.)

Katholiek onderwijs Vlaanderen. (2023, juni). *Leerplan secundair onderwijs Houttechnieken B+S 2de*

*graad D/A-finaliteit II-Hou-da: BRUSSEL D/2021/13.758.069.*

[Https://Pro.Katholiekonderwijs.Vlaanderen.](https://Pro.Katholiekonderwijs.Vlaanderen)

KlasCement [info@klascement.net](mailto:info@klascement.net). (2023, 2 februari). *Wet van Ohm: Posters* (Door Volta).

KlasCement. Geraadpleegd op 27 mei 2024, van

<https://www.klascement.net/downloadbaar-lesmateriaal/170417/wet-van-ohm-posters/?previous>

Klompers, G. (2024, 24 april). *Wat is de aarding en hoe werkt het?* (Door Livios). Livios. Geraadpleegd op 27 mei 2024, van <https://www.livios.be/nl/artikel/41525/wat-is-de-aarding-en-hoe-werkt-het/?authId=1794178d-7f69-4313-bf88-c78325aa056a&referrer=https%3A%2F%2Fwww.google.com%2F&referer=https%3A%2F%2Fwww.google.com%2F>

Luvicus. (z.d.). *Kabelkleuren elektriciteit*. <https://www.luvicus.be/>. Geraadpleegd op 27 mei 2024, van <https://www.luvicus.be/elektriciteit/kabelkleuren>

Meneer Wietsma Natuurkunde. (2017a, maart 31). *Natuurkunde uitleg elektriciteit 1: Stroomsterkte* [Video]. YouTube. Geraadpleegd op 31 mei 2024, van <https://www.youtube.com/watch?v=CTRl6YQlqkc>

Meneer Wietsma Natuurkunde. (2017b, maart 31). *Natuurkunde uitleg elektriciteit 2: Spanning* [Video]. YouTube. Geraadpleegd op 31 mei 2024, van <https://www.youtube.com/watch?v=LuX1p7Or7U8>

Meneer Wietsma Natuurkunde. (2017c, maart 31). *Natuurkunde uitleg Elektriciteit 6: Weerstand* [Video]. YouTube. Geraadpleegd op 31 mei 2024, van <https://www.youtube.com/watch?v=niYEtKFAHM>

Meneer Wietsma Natuurkunde. (2017d, april 2). *Natuurkunde uitleg Elektriciteit 4: Vermogen* [Video]. YouTube. Geraadpleegd op 31 mei 2024, van <https://www.youtube.com/watch?v=PReUYmApanQ>

Mie Colin. (2012, 2 juli). *Conventionele stroomzin en werkelijke stroomzin* [Video]. YouTube. Geraadpleegd op 31 mei 2024, van <https://www.youtube.com/watch?v=CckqH0Gvbu4>

MissionToMars.be. (2016, 21 april). *Gevaren elektriciteit, demonstratie te Bernardustechnicum* [Video]. YouTube. Geraadpleegd op 31 mei 2024, van [https://www.youtube.com/watch?v=LHox\\_HCKiug](https://www.youtube.com/watch?v=LHox_HCKiug)

Mr. Chadd Academy. (z.d.). *Elektriciteit (spanningsbronnen)* - Mr. Chadd Academy. Geraadpleegd op 27 mei 2024, van <https://www.mrchadd.nl/academy/vakken/anw/elektriciteit-spanningsbronnen>

*Natuurkunde.nl - atomen.* (z.d.). <https://www.sciencespace.nl/>. Geraadpleegd op 27 mei 2024, van <https://www.sciencespace.nl/het-allerkleinste/artikelen/2191/atomen>

*Natuurkunde.nl - Elektriciteit, wat is dat eigenlijk?* (z.d.). <https://www.sciencespace.nl>. Geraadpleegd op 27 mei 2024, van <https://www.sciencespace.nl/het-allerkleinste/artikelen/4260/elektriciteit-wat-is-dat-eigenlijk>

NonPaints.com - CROP. (z.d.). *POWERPROBE 3 digitale voltmeter 12V + 24V*. Geraadpleegd op 27 mei 2024, van <https://www.nonpaints.com/nl/powerprobe-3-digitale-voltmeter-12v-24v>

*Ohm meter* (Door Haines). (z.d.). <https://www.haines.com.au/>. <https://www.haines.com.au/ohm-meter.html>

Onderbouw natuurkunde. (2017, 16 juli). *Kortsluiting* [Video]. YouTube. Geraadpleegd op 31 mei 2024, van [https://www.youtube.com/watch?v=0o\\_orrrq9\\_Q](https://www.youtube.com/watch?v=0o_orrrq9_Q)

*Onderscheid de geleiders en isolatoren van elkaar* (Door Volta). (z.d.). Elektroclub. Geraadpleegd op 27 mei 2024, van <https://elektroclub.be/geleiders-isolatoren>

*Parallelschakelingen – ElektroTube.* (z.d.). <https://elektrotube.nl/>. Geraadpleegd op 27 mei 2024, van <https://elektrotube.nl/parallel-schakelingen/>

Project, X. (z.d.). *Elektrische stroom* (Door KU Leuven). Ximera. Geraadpleegd op 27 mei 2024, van [https://set.kuleuven.be/voorkennis/blik-op-fysica/cursus/elektrodynamica/elektrische\\_stroom](https://set.kuleuven.be/voorkennis/blik-op-fysica/cursus/elektrodynamica/elektrische_stroom)

*RA-Basisvergunning - 3.4.4 Rendement en Hoeveelheid elektriciteit.* (z.d.). Geraadpleegd op 27 mei 2024, van <https://sites.google.com/myuba.be/ra-basisvergunning/home/3-basiskennis-elektriciteit/3-4-verbanden-binnen-elektriciteit/3-4-4-rendement-en-hoeveelheid-elektriciteit>

Ri4vos. (2013, 7 maart). *Joule-effect elektrische stroom* [Video]. YouTube. Geraadpleegd op 31 mei 2024, van <https://www.youtube.com/watch?v=WekhYm3510E>

Rob de Elektroman. (2023, 7 maart). *Basis: Wat is aarde, en hoe beschermt het ons ?* [Video]. YouTube. Geraadpleegd op 31 mei 2024, van <https://www.youtube.com/watch?v=cF0oxSAXNQY>

*Royalty Free Clipart Image of a Man Being Electrocuted #164292* | iPHOTOS.com. (z.d.). iPHOTOS.com. <https://iphotos.com/download.php?tl=clipart&iid=164292>

*Schneider Differentieelschakelaar 4p 63A 30mA*. (z.d.). My-Smarthome.be. <https://www.mysmarthome.be/lekstroomschakelaar-4p-63a-30ma.html>

*Serie- en Parallelschakelingen: Wat is het Verschil? (Uit. (z.d.-a)*. ExamenOverzicht. Geraadpleegd op 27 mei 2024, van <https://www.examenoverzicht.nl/natuurkunde/serie-en-parallelschakelingen>

*Serie- en Parallelschakelingen: Wat is het Verschil? (Uit. (z.d.-b)*. ExamenOverzicht. Geraadpleegd op 27 mei 2024, van <https://www.examenoverzicht.nl/natuurkunde/serie-en-parallelschakelingen>

*Single Cell Battery Symbol | Capital Electra X by Siemens*. (z.d.). <https://symbols.radिकासoftware.com/>. <https://symbols.radिकासoftware.com/226/electronic-symbols/22/battery-single-cell>

Stockgiu. (z.d.). *Ladder Falling Vector Images (over 1,600)*. VectorStock. Geraadpleegd op 27 mei 2024, van <https://www.vectorstock.com/royalty-free-vectors/ladder-falling-vectors>

Stockphoto, A. (2022, 8 april). *16,100+ Multimeter stock photos, pictures & Royalty-Free images - iStock*. <https://www.istockphoto.com/>. <https://www.istockphoto.com/photos/multimeter>

StudyGo. (z.d.). Geraadpleegd op 27 mei 2024, van <https://studygo.com/nl/learn/topics/191/isolerende-en-geleidende-stoffen?stream=1>

*Symbolen: elektrische installaties - schakelmateriaal, verdeelinrichtingen en beveiligingen - maak contacten*. (z.d.). <https://gallery.proficad.com/>.

<https://gallery.proficad.com/symbolen/elektrische-installaties/schakelmateriaal,-verdeelinrichtingen-en-beveiligingen/maak-contacten/>

Technokids. (2015, 11 november). *Wat is elektriciteit ?* [Video]. YouTube. Geraadpleegd op 31 mei 2024, van <https://www.youtube.com/watch?v=x9IFcT7bY0U>

Van Der Valk, E. (2018, 18 maart). *Weerstand & transitie*. Transitiefocus.com. Geraadpleegd op 27 mei 2024, van <https://transitiefocus.com/weerstand-transitie/>

*Veiligheid op het werk Cartoon*. (z.d.). <https://lectrr.be/>.

[https://lectrr.be/nl/cartoon/2013\\_09\\_25\\_veiligheid\\_op\\_het\\_werk](https://lectrr.be/nl/cartoon/2013_09_25_veiligheid_op_het_werk)

VTEKE. (z.d.). *Analog Direct Voltmeter 72 x 72, 500V, 300V or 600V - VTEKE Electrical Manufacturers*.

VTEKE Electrical Manufacturers. <https://www.vteke.com.tr/product/analog-direct-voltmeter-72-x-72-500v/>

*Wat is een vlamboog?* (Door Hyteps). (z.d.). <https://vlambogen.nl/>. Geraadpleegd op 27 mei 2024, van <https://vlambogen.nl/wat-is-een-vlamboog/>

WATT!? Natuurkunde. (2020a, juli 9). *Natuurkunde uitleg PARALLELSCHAKELING* [Video]. YouTube. Geraadpleegd op 31 mei 2024, van <https://www.youtube.com/watch?v=pVv-dhyIL0o>

WATT!? Natuurkunde. (2020b, juli 9). *Natuurkunde uitleg SERIESCHAKELING* [Video]. YouTube. Geraadpleegd op 31 mei 2024, van [https://www.youtube.com/watch?v=\\_-RpC04JqYA](https://www.youtube.com/watch?v=_-RpC04JqYA)

WATT!? Natuurkunde. (2021, 15 maart). *Natuurkunde uitleg ELEKTRICITEIT KLEUREN DRADEN* [Video]. YouTube. Geraadpleegd op 31 mei 2024, van <https://www.youtube.com/watch?v=JLNUGzl2a4Y>

*Wet van Joule, oftewel waarom wordt een kabel heet?* (z.d.). Elektronische Componenten.

Distributeur en Online Winkel - Transfer Multisort Elektronik. Geraadpleegd op 27 mei 2024, van <https://www.tme.eu/nl/news/library-articles/page/56024/wet-van-joule-oftewel-waarom-wordt-een-kabel-heet/#wydzielanie-ciepla>

Wikipedia contributors. (2024, 5 maart). *André-Marie Ampère*. Wikipedia. Geraadpleegd op 27 mei 2024, van [https://en.wikipedia.org/wiki/Andr%C3%A9-Marie\\_Amp%C3%A8re](https://en.wikipedia.org/wiki/Andr%C3%A9-Marie_Amp%C3%A8re)

Wikipedia-bijdragers. (2015, 31 augustus). *Bestand: Logo Katholiek Onderwijs Vlaanderen zonder witte achtergrond RGB.png* - Wikipedia. Geraadpleegd op 27 mei 2024, van

[https://nl.wikipedia.org/wiki/Bestand:Logo\\_Katholiek\\_Onderwijs\\_Vlaanderen\\_zonder\\_witte\\_achtergrond\\_RGB.png](https://nl.wikipedia.org/wiki/Bestand:Logo_Katholiek_Onderwijs_Vlaanderen_zonder_witte_achtergrond_RGB.png)

Wikipedia-bijdragers. (2017, 25 september). *Heinrich Lenz*. Wikipedia. Geraadpleegd op 27 mei 2024, van [https://nl.wikipedia.org/wiki/Heinrich\\_Lenz](https://nl.wikipedia.org/wiki/Heinrich_Lenz)

Wikipedia-bijdragers. (2022a, januari 21). *Georg Ohm*. Wikipedia. Geraadpleegd op 27 mei 2024, van [https://nl.wikipedia.org/wiki/Georg\\_Ohm](https://nl.wikipedia.org/wiki/Georg_Ohm)

Wikipedia-bijdragers. (2022b, november 16). *James Prescott Joule*. Wikipedia. Geraadpleegd op 27 mei 2024, van [https://nl.wikipedia.org/wiki/James\\_Prescott\\_Joule](https://nl.wikipedia.org/wiki/James_Prescott_Joule)

Wikipedia-bijdragers. (2023a, maart 18). *Alessandro Volta*. Wikipedia. Geraadpleegd op 27 mei 2024, van [https://nl.wikipedia.org/wiki/Alessandro\\_Volta](https://nl.wikipedia.org/wiki/Alessandro_Volta)

Wikipedia-bijdragers. (2023b, mei 7). *Michael Faraday*. Wikipedia. Geraadpleegd op 27 mei 2024, van [https://nl.wikipedia.org/wiki/Michael\\_Faraday](https://nl.wikipedia.org/wiki/Michael_Faraday)

Wikipedia-bijdragers. (2023c, juni 18). *Charles-Augustin de Coulomb*. Wikipedia. Geraadpleegd op 27 mei 2024, van [https://nl.wikipedia.org/wiki/Charles-Augustin\\_de\\_Coulomb](https://nl.wikipedia.org/wiki/Charles-Augustin_de_Coulomb)

Wikipedia-bijdragers. (2024, 22 mei). *James Watt*. Wikipedia. Geraadpleegd op 27 mei 2024, van [https://nl.wikipedia.org/wiki/James\\_Watt](https://nl.wikipedia.org/wiki/James_Watt)

Würth Nederland B.V. (z.d.). *Digitale ampèremeter*. © Würth Nederland B.V.

<https://eshop.wurth.nl/Product-categorieen/Digitale-ampere-meter/31216101020804.cyd/3121.cgid/nl/NL/EUR/>

*Zuil van Volta* (Door museum Boerhaave). (z.d.). <https://vindhetuit.nl/>.

[https://vindhetuit.nl/collectie/dcn\\_museumboerhaave\\_V29659](https://vindhetuit.nl/collectie/dcn_museumboerhaave_V29659)