

# Het verband tussen de spanning en de stroomsterkte bij een weerstand

*Semih Can Karakoç (695258)*

*27 januari 2023*

# Inhoudsopgave

<b>1</b>	<b>Inleiding</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>Benodigdheden</b>	<b>5</b>
<b>3</b>	<b>Probleem- en doelstelling en hypothese</b>	<b>6</b>
<b>4</b>	<b>Theoretisch kader</b>	<b>7</b>
4.1	De wet van Ohm . . . . .	7
4.2	Het vermogen en de potentiële energie . . . . .	8
4.3	Weerstanden: kleurcodering . . . . .	8
4.4	Verbanden binnen grafieken . . . . .	8
<b>5</b>	<b>Opdracht 1</b>	<b>9</b>
5.1	Deelopdrachten . . . . .	9
5.1.1	Theoretische vragen . . . . .	9
5.1.2	Antwoorden op theoretische vragen . . . . .	10
5.2	Berekeningen . . . . .	12
5.2.1	Weestandswaarden . . . . .	12
5.2.2	Vermogenswaarden . . . . .	12
5.3	Schema's van de gebruikte schakeling . . . . .	13
5.4	Tabellen . . . . .	14
5.5	Grafieken . . . . .	15
<b>6</b>	<b>Opdracht 2</b>	<b>16</b>
6.1	Berekeningen . . . . .	16
6.1.1	Weestandswaarden . . . . .	16
6.1.2	Vermogenswaarden . . . . .	16
6.2	Schema van de gebruikte schakeling . . . . .	17
6.3	Tabellen . . . . .	18
6.4	Grafieken . . . . .	19
<b>7</b>	<b>Opdracht 3</b>	<b>20</b>
7.1	Berekeningen . . . . .	20
7.1.1	Weestandswaarden . . . . .	20
7.1.2	Vermogenswaarden . . . . .	20
7.2	Schema van de gebruikte schakeling . . . . .	21
7.3	Tabellen . . . . .	22
7.4	Grafieken . . . . .	23

<b>8 Opdracht 4</b>	<b>24</b>
8.1 Berekeningen . . . . .	24
8.1.1 Berekeningen over het hele circuit . . . . .	24
8.1.2 Berekeningen over de parallel tak van $R_1$ . . . . .	24
8.1.3 Berekeningen over de parallel tak van $R_2$ en $R_3$ . . . . .	25
8.1.4 Berekeningen over de parallel tak van $R_v = R_2 + R_3$ . . . . .	25
8.2 Schema van de gebruikte schakeling . . . . .	26
8.3 Tabellen . . . . .	27
<b>9 Conclusie</b>	<b>28</b>
<b>10 Bronvermelding</b>	<b>29</b>

# 1 Inleiding

In dit practicum is onderzocht wat het verband is tussen de spanning en de stroomsterkte bij een weerstand in verschillende schakelingen. Er zijn in totaal vier opdrachten uitgevoerd in dit practicum. In de eerste opdracht waren er theoretische vragen die beantwoord moesten worden. Daarnaast moest je een serie schakeling maken met een weerstand van  $1000\ \Omega$ . Hierbij moest je spanning en de stroomsterkte meten en vervolgens het vermogen en de weerstand berekenen van het circuit. Dit deed je met spanningswaarden van 1 t/m 10 Volt. Bij de tweede opdracht was het principe van opdracht 1 hetzelfde, alleen waren er nu twee weerstanden van  $1200\ \Omega$ , in plaats van één weerstand van  $1000\ \Omega$ . Bij de derde opdracht moest je het principe van opdracht 2 toepassen, alleen moest je nu de twee weerstanden parallel gaan schakelen. Ten slotte in opdracht vier moest je een gemengde schakeling maken. Hierbij stond R1 parallel met R2 en R3 (die in serie stonden). Bij deze laatste opdracht moest je een spanning van 12 Volt gebruiken en alle stromen en spanningen meten door alle drie de weerstanden. Vervolgens moest je met de gemeten waarden de weerstandswaarden berekenen van R1, R2 en R3.

Dit verslag gaat over het toepassen van de wet van Ohm en hoe je het vermogen moet berekenen. Het verslag bevat verder alle: grafieken, tabellen, schakelschema's, conclusies, uitkomsten, bronvermelding, probleemstelling en een theoretisch kader.

## **2 Benodigdheden**

De volgende materialen zijn nodig voor het uitvoeren van dit practicum:

1. een multimeter;
2. een aantal snoeren;
3. één weerstand van  $1000\ \Omega$ ;
4. drie weerstanden van  $1200\ \Omega$ ;
5. een DC-spanningsbron.

### **3 Probleem- en doelstelling en hypothese**

De volgende probleemstelling wordt aan het einde van dit verslag beantwoord:  
*“wat is het verband tussen de spanning en de stroomsterkte bij een weerstand in verschillende schakelingen. Is het verband in theorie en praktijk hetzelfde?”.*

De verwachting is dat het verband in theorie hetzelfde moet zijn als in de praktijk, omdat je in de theorie alles kan berekenen, maar dat wil niet betekenen dat alles zó nauwkeurig zal zijn. We shall see... op het einde natuurlijk!

De volgende doelstellingen bij dit practicum zijn:

1. laten zien dat je een serie en een parallelschakeling kunt bouwen;
2. meetgegevens op een correcte wijze kan verkrijgen;
3. weerstand en vermogen kunt berekenen;
4. dat je de verzamelde gegevens kan verwerken tot een goed verslag.

## 4 Theoretisch kader

### 4.1 De wet van Ohm

Georg Simon Ohm was een Duitse natuur- en wiskundige die zich bezig hield tussen het verband van de spanning en de stroomsterkte. Ohm wilde meer weten over die verbanden binnen de wereld van elektriciteit. Hij deed drie experimenten. In zijn eerste experiment plaatste Ohm achter elkaar, één voor één testdraden tussen de klemmen van een natte cel. De draden waren van hetzelfde materiaal en hadden ook de zelfde diameter, alleen de lengtes waren verschillend. Hij ontdekte dat de lengte van de draad invloed had op het krachtverlies. Hij kwam met de volgende formule:  $v = m \log(l + \frac{x}{a}) = m(\log(a + x) - \log a)$ . In zijn tweede experiment wilde Ohm de geleidbaarheid van verschillende metalen vergelijken. Net als in zijn eerste experiment gebruikte hij draden van dezelfde diameter, alleen dit keer van verschillende metalen. Zijn doel was de lengte van de draden te variëren tot elke draad "gelijkwaardig" was aan de andere. In zijn beschrijving van dit experiment zegt Ohm niet of deze gelijkwaardigheid betrekking heeft op de hoeveelheid kracht die van een normale kracht wordt afgetrokken of op de werkelijk uitgeoefende kracht. In zijn derde experiment ging Ohm er verder op in en gebruikte hij het voorstel van (de Duitse natuurkundige) Pogendorf. De experimentele procedure was uiterst eenvoudig: acht testdraden werden achtereenvolgens één voor één in het circuit geplaatst en de waarden van de herstellende kracht van de draad (van de balans) werden genoteerd. Ohm was overgelukkig met zijn apparaat; voor een bepaalde testdraad bleef de magnetische naald meer dan een half uur in één positie staan. Bij het rapporteren van zijn resultaten rapporteerde Ohm niet de verlies van kracht, noch de werkelijke hoeveelheid, noch een fractie van een standaard. Hij gebruikte geen standaard geleider. Hij legde de lengte van elke testdraad in tabelvorm vast met de waargenomen kracht van de stroom. Zijn resultaten, merkte hij op, konden worden weergegeven door de formule:  $X = \frac{a}{(b+x)}$ . Hierbij is X de sterkte van de magnetische werking van de geleider waarvan de lengte gelijk is aan  $x$ . Verder zijn  $a$  en  $b$  de constanten die afhangen van die kracht, maar ook afhangen van de weerstand van de delen van de schakeling. Later ontdekte Ohm dat  $b$  hetzelfde bleef terwijl  $a$  verkleind werd. Dit betekende dat  $a$  de spanningskracht was en dat  $b$  op het onveranderlijke deel van de van de geleiding leek af te hangen, oftewel de weerstand: het was de meetwaarde van de weerstand van het hele circuit. Dit betekende voor hem dat  $b + x$  gelijk is aan de weerstand van de schakeling. Hiermee wilde Ohm zeggen dat de totale weerstand van de schakeling evenredig is met de magnetische werking met de juiste hoeveelheid stroom, oftewel de wet van Ohm:  $I = \frac{V}{R}$  [1]. Hierbij is de spanning uitgedrukt in Volt ( $= \frac{\text{Joule}}{\text{Coulomb}} = \frac{\text{Energie}}{\text{Lading}}$ ), stroom uitgedrukt in Ampère ( $\frac{\text{Coulomb}}{\text{seconde}} = \frac{\text{Lading}}{\text{tijd}}$ ) en R is de weerstand in  $\Omega$  ( $= \frac{\text{Joule*seconde}}{\text{Coulomb}^2} = \frac{\text{Energie*tijd}}{\text{Lading}^2}$ ).

## 4.2 Het vermogen en de potentiële energie

Het vermogen is niks anders dan energie per seconde, oftewel  $P(\text{Power}) = \frac{\text{Energy}}{\text{Time}} = \frac{\text{Joule}}{\text{seconde}}$ . Je kunt naast  $\frac{\text{Energy}}{\text{Time}}$  ook de formule  $P(\text{Power}) = V * I$  gebruiken. Dit is mogelijk, omdat de spanning gelijk is aan het aantal  $\frac{\text{Joule}}{\text{Coulomb}}$ , oftewel de potentiële energie per lading [2]. Daarnaast is de stroomsterkte gelijk aan  $\frac{\text{Coulomb}}{\text{seconde}}$ , oftewel lading per seconde. Als we dit in het vermogens-formule substitueren dan krijgen we:  $\text{Vermogen}(\text{Power}) = \frac{\text{Joule}}{\text{Coulomb}} * \frac{\text{Coulomb}}{\text{seconde}} = \frac{\text{Joule}}{\text{seconde}}$ . De eenheid van  $\frac{\text{Joule}}{\text{seconde}}$  is in Watt uitgedrukt [3].

## 4.3 Weerstanden: kleurcodering

Alle weerstanden hebben een kleurcode of een nummercodering. De kleurcode werkt als volgt: eerste twee ringen bepalen de waarden 0 t/m 9, de derde ring is de multiplier gaan ook op kleurencode van (laag-hoog) 1, 10, 100, 1k, 10k, 100k, 1M, 10M. De eerste twee getallen plak je als het waren aan elkaar, daarna vermenigvuldigen je met de derde ring zijn waarde, zie straks het voorbeeld. De kleuren gaan van zwart tot en met wit voor de eerste drie ringen, gelukkig is er hier een ezelsbruggetje voor: “Zij BRengt Rozen Op GERits GRAf Bij Vies GRAuw Weer”, oftewel Zwart (0), BRuin (1), Rood (2), Oranje (3), GEel (4), GROen (5), Blauw (6), Violet (7), GRijs (8) en Wit (9). De tolerantie kleuren zijn: goud (+-5 procent), zilver (+-10 procent) en blank (+-20 procent). Deze kleuren geven aan hoeveel procent afwijking de weerstand kan hebben. Voorbeeld: weerstand met kleurcode grijs, rood, bruin en goud. Dat is gelijk aan  $82 * 10 = 820\Omega$  [4].

## 4.4 Verbanden binnen grafieken

In dit verslag komen er meerde grafieken in voor. Deze grafieken bevatten allerlei verbanden tussen verschillende meet- en rekenwaarden. De x-as is gelijk aan de spanning in Volt en de y-as is gelijk aan de stroomsterkte in Ampère. De lijn van de weerstand moet theoretisch gezien linear zijn, omdat de weerstand een constante waarden heeft. Zo'n lijn wordt ook wel een recht evenredig verband genoemd. Naast de weerstand hebben we ook het vermogen berekend door de spanning te vermenigvuldigen met de stroomsterkte. In alle drie de opdrachten waren de vermogenswaarden allemaal exponentieel opgebouwd. Dit komt, omdat de formule die erbij hoort gelijk is aan  $P = I^2 * R$ . Je kunt het ook zien aan de meetwaarden: bij 1 Volt is de stroomsterkte gelijk aan 0,00099 Ampère en bij 2 Volt is de stroomsterkte gelijk aan 0,00205. Als we dan van beide het vermogen berekenen met de standaard formule:  $P = V * I$ , dan krijgen we voor de eerste 0,00099 Watt en bij de tweede 0,00410 Watt. Dit geldt ook voor de andere waarden, daarom krijgen we zo'n exponentieel verband in grafiek(en) [5].



## **5 Opdracht 1**

### **5.1 Deelopdrachten**

#### **5.1.1 Theoretische vragen**

De theoretische vragen die horen bij dit practicum:

1. Hoe plaats je de Ampère-meter in de schakeling? Teken dit schematisch.
2. Hoe plaats je de Volt-meter in de schakeling? Teken dit schematisch.
3. Hoe sluit je in de praktijk de Ampère-meter aan en stel je het juiste meetbereik in?
4. Hoe sluit je in de praktijk de Volt-meter aan en stel je het juiste meetbereik in?
5. Hoe sluit je in de praktijk een DC-spanningsbron aan?
6. Waar moet je bij een praktische schakeling op letten, om spanning en stroom te kunnen meten?
7. Lees de weerstandswaarde af aan de hand van de kleurcodering (maak gebruik van het ezelsbruggetje uit les 1).
8. Welk verband zie je in de grafiek?
9. Klopt dit met de theorie?

### 5.1.2 Antwoorden op theoretische vragen

De antwoorden die horen bij de theoretische vragen:

1. De Ampère-meter plaats je in serie waar je de stroom wil meten in de keten. Je kunt ook bij een parallelle circuit de stroom meten, alleen dan moet je per parallelle circuit een Ampère-meter in serie zetten in de desbetreffende circuit. Zie het kopje “*Schema’s van de gebruikte schakelingen*” onder opdracht 1 voor het tekening!
2. De Volt-meter plaats je altijd parallel met het object waarover je de spanning wil meten. Dit doe je, omdat je het potentiaal wil meten tussen punten a en b over dat object. Zie het kopje “*Schema’s van de gebruikte schakelingen*” onder opdracht 1 voor het tekening!
3. Zoals onder vraag 1 aangegeven sluit je de Ampère-meter aan. Het meetbereik kun je vooraf ongeveer bepalen als je weet wat de waarden van je componenten (bronspanning en de weerstandswaarde) zijn. Desnoods kun je proefondervindelijk bepalen door eerst de stroombereik op Ampère te zetten en als bijvoorbeeld de Ampère-meter 0 Ampère aangeeft, dan weet je dat je de stroombereik te hoog ingesteld hebt. In dat geval verzet je het meetbereik naar milli- of microAmpère.
4. Zoals onder vraag 2 aangegeven sluit je de Volt-meter aan. Het meetbereik van de Volt-meter kun je net als de Ampère-meter bepalen aan de hand van de gegevens die je al hebt van de componenten. In het geval dat je die gegevens niet hebt, kun je proefondervindelijk bepalen door een schaal te kiezen en kijken wat de Volt-meter aangeeft. Is de meetbereik te hoog is, dan zal de Volt-meter 0 of een zeer klein getal aangeven. Dan weet je dat het meetbereik verkeerd is ingesteld en dan kun je dat verzetten naar het juiste meetbereik.
5. De plus van de spanningsbron sluit je aan de bovenkant van het circuit aan en de min sluit je aan de onderkant.
6. Je moet er opletten dat als je de stroom wil meten dat je de Ampère-meter in serie zet in het circuit op het punt waar je de stroom wil weten. Als je de spanning wil meten over een(de) component(en) dan moet je de Volt-meter parallel over die component(en) plaatsen.
7. De eerste weerstand die we kregen had de kleurcode: Bruin - zwart - rood. Het ezelsbruggetje is: ”Zij BRengt Rozen Op GErrits GRaf Bij Vies GRauw Weer”, de hoofdletters van de tekst zijn de kleuren en die komen overeen met 0 t/m 9 voor de eerste twee ringen. De derde ring is de multiplier. In ons

geval komt bruin overeen met 1, zwart met 0 en rood is de multiplier 100. Dan krijgen we:  $10 * 100$ . Dit is dan  $1000 \Omega$ , oftewel  $1K \Omega$ .

8. Er is een lineaire verband tussen de spanning en de stroom. Dit komt doordat de weerstand een constante waarde heeft. Het vermogen heeft een kwadratisch verband. Dit komt doordat het vermogen gelijk is aan  $I^2R$ , waarbij de weerstand constant is, en de stroom kwadratisch toeneemt bij het verhogen van de spanning.
9. Ja dit komt overeen met de theorie!

## **5.2 Berekeningen**

### **5.2.1 Weerstandswaarden**

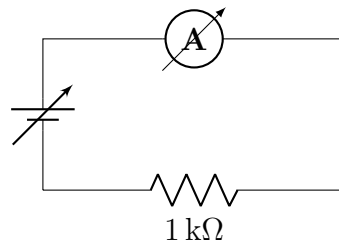
De gemeten waarden zijn de spanning en de stroom. Met deze meetwaarden is de weerstandswaarde te berekenen met de wet van Ohm, zoals uitgelegd in het theoretische kader. De weerstandswaarde is gelijk aan  $V/I$ . De eerste meetwaarde was voor de spanning 1 Volt en de bijbehorende stroom was 0,00099 Ampère. De berekende weerstandswaarde is gelijk aan  $1/0,00099 = 1010 \Omega$ . Volgens de kleurencode van de weerstand was dat een weerstand van  $1000 \Omega$ . Het verschil ontstaat door meetafwijkingen of de weerstand heeft een afwijking, zoals gecodeerd met een gouden ring die aangeeft dat de tolerantie  $\pm 5$  procent is. Zo worden voor de overige meetwaarden ook de weerstandswaarde berekend.

### **5.2.2 Vermogenswaarden**

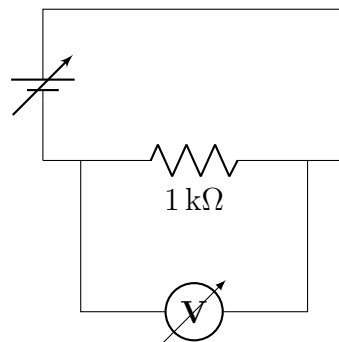
Met de gemeten spanning en stroom is het mogelijk om het vermogen daarover van te berekenen. Het vermogen is dan gelijk aan  $V * I$ . De eerste meetwaarde was voor de spanning 1 Volt en de bijbehorende stroom was 0,00099 Ampère. Het berekende vermogen is dan gelijk aan  $1 * 0,00099 = 0,00099$  Watt. De rest van de vermogenswaarden zijn op dezelfde manier berekend.

### 5.3 Schema's van de gebruikte schakeling

Hier onder zijn twee schakelingen te zien. De eerste schakeling is het antwoord op de eerste theoretische vraag. De tweede schakeling is het antwoord op de tweede theoretische vraag. Naast het beantwoorden van de vragen, zijn deze twee schakelingen ook daadwerkelijk gebruikt tijdens het practicum!



Figuur 1: antwoord op de eerste theoretische vraag: Ampère-meter geplaatst in een schakeling.



Figuur 2: antwoord op de tweede theoretische vraag: Volt-meter geplaatst in een schakeling.

## 5.4 Tabellen

In tabel 1 zijn de gemeten spannings- en stroomwaarden en de berekende weerstands- en vermogenswaarden te zien. De weerstandswaarde heeft een linear verband, zoals we al eerder hebben beantwoord. Dit kun je nu terug zien in tabel 1. Zodra de spanningswaarde met 1 Volt toeneemt, neemt de stroom toe met circa 0,0010 Ampère. Als je dan voor elke spanningswaarde de weerstandswaarde berekent, kom je elke keer uit op circa  $1000\ \Omega$ . Dat is de reden waarom de weerstandswaarde een linear verband heeft!

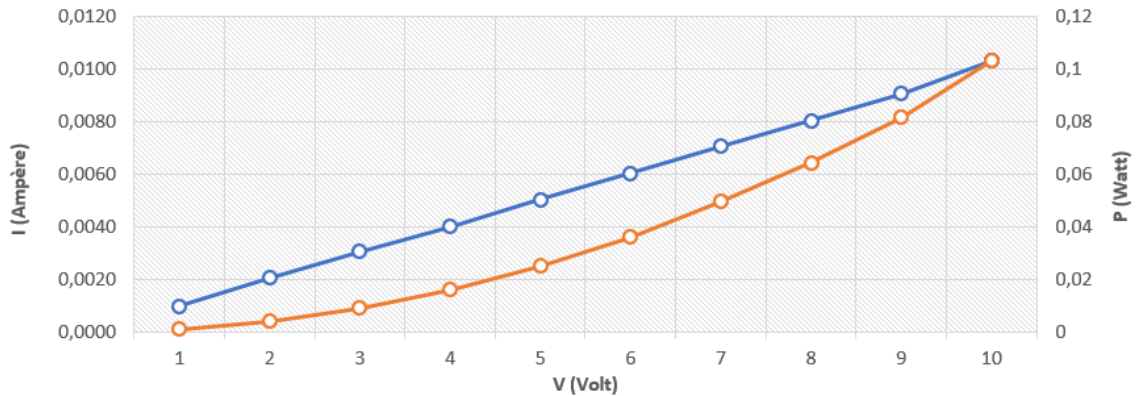
Het vermogen neemt kwadratisch toe, dit komt doordat je de spanning vermenigvuldigt met de stroomsterkte. Bij een spanning van 2 Volt en stroomsterkte van 0,0021 Ampère betekent het dus dat het vermogen gelijk is aan 0,0041 Watt. Dus elke keer wanneer de spannings- en stroomwaarden toeneemt met 1 Volt en 1 Ampère, zal het vermogen kwadratisch zo groot worden! Dit is de reden waarom het vermogen een kwadratisch verband heeft.

V (V)	I (A)	R ( $\Omega$ )	P (W)
1	0,00099	1010	0,00099
2	0,00205	976	0,00410
3	0,00305	984	0,00915
4	0,00400	1000	0,01600
5	0,00503	994	0,02515
6	0,00602	997	0,03612
7	0,00706	992	0,04942
8	0,00804	995	0,06432
9	0,00906	993	0,08154
10	0,01030	971	0,10300

Tabel 1: de gemeten stroom- en spanningswaarden en de berekende vermogens- en weerstandswaarden in een tabel, die horen bij opdracht 1.

## 5.5 Grafieken

In de grafiek hieronder kun je twee lijnen zien: een met een linear verband en een met een kwadratisch verband. De blauwe-lineaire lijn moet de weerstand representeren en de oranje-kwadratische lijn moet het vermogen voorstellen. Zoals in het kopjes hiervoor zien we inderdaad dat het vermogen een kwadratisch verband heeft en dat de weerstand een linear verband heeft! Door meet afwijkingen of tolerantie afwijkingen kan het zijn dat de lijn op hele kleine schaal niet perfect toeneemt. Op de linker y-as hebben we de stroomsterkte in Ampère en op de x-as hebben we de spanning in Volt. Ook zie je dat er een tweede (rechter) y-as te zien is. Dit is het vermogen in Watt. Deze extra y-as was nodig om de lijn van het vermogen te plotten in de grafiek (oranje lijn).



Figuur 3: de gemeten stroom- en spanningswaarden en de berekende vermogens- en weerstandswaarden in een grafiek, die horen bij opdracht 1. De blauwe lijn hoort bij de weerstand en de oranje lijn is het vermogen.

## **6 Opdracht 2**

### **6.1 Berekeningen**

#### **6.1.1 Weerstandswaarden**

De gemeten waarden zijn de spanning en de stroomsterkte. Met deze meetwaarden is de weerstandswaarde te berekenen met de wet van Ohm, zoals uitgelegd in het theoretische kader. De weerstandswaarde is gelijk aan  $V/I$ . De eerste meetwaarde was voor de spanning 1 Volt en de bijbehorende stroomsterkte was 0,00041 Ampère. De berekende weerstandswaarde is gelijk aan  $1/0,00041 = 2439 \Omega$ . De weerstandswaarde is in dit geval kloppend, wel is dit over de twee weerstanden en niet over één aparte, want dat is  $1200 \Omega$ ! Wel is er een kleine afwijking van  $+39 \Omega$ , gelukkig is dit te verklaren. Volgens de kleurencode van de weerstand was dat een weerstand van  $1200 \Omega$ . Het verschil ontstaat door meetafwijkingen of de weerstand heeft een afwijking, zoals gecodeerd met een gouden ring die aangeeft dat de tolerantie  $\pm 5$  procent is. Zo worden voor de overige meetwaarden ook de weerstandswaarde berekend.

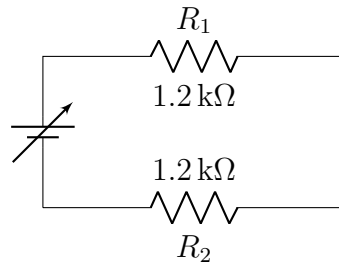
#### **6.1.2 Vermogenswaarden**

Met de gemeten spanning en stroom is het mogelijk om het vermogen daarover van te berekenen. Het vermogen is dan gelijk aan  $V * I$ . De eerste meetwaarde was voor de spanning 1 Volt en de bijbehorende stroom was 0,00041 Ampère. Het berekende vermogen is dan gelijk aan  $1 * 0,00041 = 0,00041$  Watt. De rest van de vermogenswaarden zijn op dezelfde manier berekend.



## 6.2 Schema van de gebruikte schakeling

De schakeling hieronder is gebruikt bij opdracht 2. De Ampère- en Voltmeter zijn in deze schakeling weggelaten.



Figuur 4: schakelschema die is gebruikt bij opdracht 2.

### 6.3 Tabellen

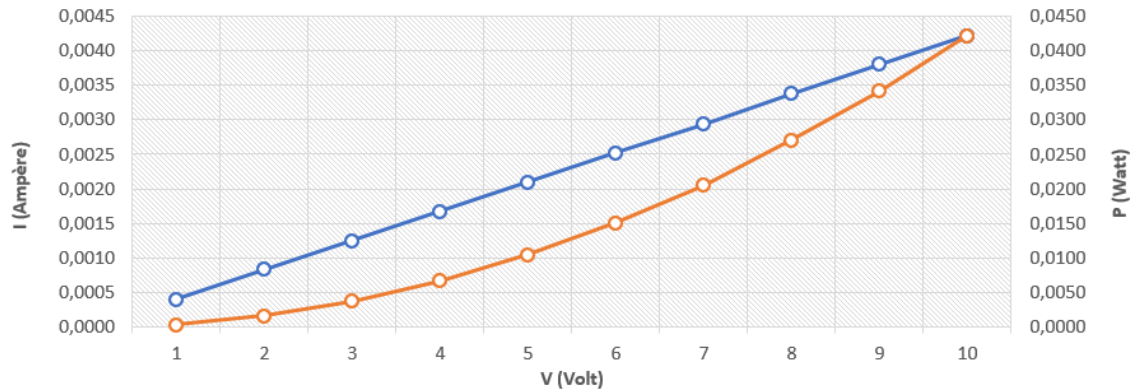
In tabel 2 zijn de gemeten spannings- en stroomwaarden en de berekende weerstands- en vermogenswaarden te zien. De weerstandswaarde heeft een linear verband, zoals we al eerder hebben beantwoord. Dit kun je nu terug zien in tabel 2. Zodra de spanningswaarde met 1 Volt toeneemt, neemt de stroom toe met circa 0,00041 Ampère. Als je dan voor elke spanningswaarde de weerstandswaarde berekent, kom je elke keer uit op circa  $2400 \Omega$ . Dat is de reden waarom de weerstandswaarde een linear verband heeft!

Het vermogen neemt kwadratisch toe, dit komt doordat je de spanning vermenigvuldigt met de stroomsterkte. Bij een spanning van 2 Volt en stroomsterkte van 0,00084 Ampère betekent het dus dat het vermogen gelijk is aan 0,0017 Watt. Dus elke keer wanneer de spannings- en stroomwaarden toeneemt met 1 Volt en 1 Ampère, zal het vermogen kwadratisch zo groot worden! Dit is de reden waarom het vermogen een kwadratisch verband heeft.

V (V)	I (A)	R ( $\Omega$ )	P (W)
1	0,00041	2439	0,00041
2	0,00084	2381	0,00168
3	0,00125	2400	0,00375
4	0,00168	2381	0,00672
5	0,00210	2381	0,01050
6	0,00252	2381	0,01512
7	0,00294	2381	0,02058
8	0,00338	2367	0,02704
9	0,00380	2368	0,03420
10	0,00422	2370	0,04220

Tabel 2: de gemeten stroom- en spanningswaarden en de berekende vermogens- en weerstandswaarden in een tabel, die horen bij opdracht 2.

## 6.4 Grafieken



Figuur 5: de gemeten stroom- en spanningswaarden en de berekende vermogens- en weerstandswaarden in een grafiek, die horen bij opdracht 2. De blauwe lijn hoort bij de weerstand en de oranje lijn is het vermogen.

## **7 Opdracht 3**

### **7.1 Berekeningen**

#### **7.1.1 Weerstandswaarden**

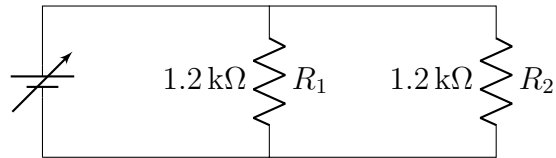
De gemeten waarden zijn de spanning en de stroomsterkte. Met deze meetwaarden is de weerstandswaarde te berekenen met de wet van Ohm, zoals uitgelegd in het theoretische kader. De weerstandswaarde is gelijk aan  $V/I$ . De eerste meetwaarde was voor de spanning 1 Volt en de bijbehorende stroomsterkte was 0,00166 Ampère. De berekende vervangingsweerstandswaarde ( $R_v$ ) is gelijk aan  $1/0,00166 = 602 \Omega$ . De weerstandswaarde is in dit geval kloppend, wel is dit over de twee weerstanden in parallel geschakeld ( $R_v$ ) berekend en niet over één aparte, want dat is  $1200 \Omega$ ! Volgens de kleurencode van de weerstand was dat een weerstand van  $1200 \Omega$ . Het verschil ontstaat door meetafwijkingen of de weerstand heeft een afwijking, zoals gecodeerd met een gouden ring die aangeeft dat de tolerantie  $\pm 5$  procent is, maar in dit geval was de afwijking niet heel groot, gelukkig maar! Zo worden voor de overige meetwaarden ook de weerstandswaarde berekend.

#### **7.1.2 Vermogenswaarden**

Met de gemeten spanning en stroom is het mogelijk om het vermogen daarover van te berekenen. Het vermogen is dan gelijk aan  $V * I$ . De eerste meetwaarde was voor de spanning 1 Volt en de bijbehorende stroom was 0,00166 Ampère. Het berekende vermogen is dan gelijk aan  $1 * 0,00166 = 0,00166$  Watt. De rest van de vermogenswaarden zijn op dezelfde manier berekend.

## 7.2 Schema van de gebruikte schakeling

De schakeling hieronder is gebruikt bij opdracht 3. De Ampère- en Voltmeter zijn in deze schakeling weggelaten.



Figuur 6: schakelschema die is gebruikt bij opdracht 3.

### 7.3 Tabellen

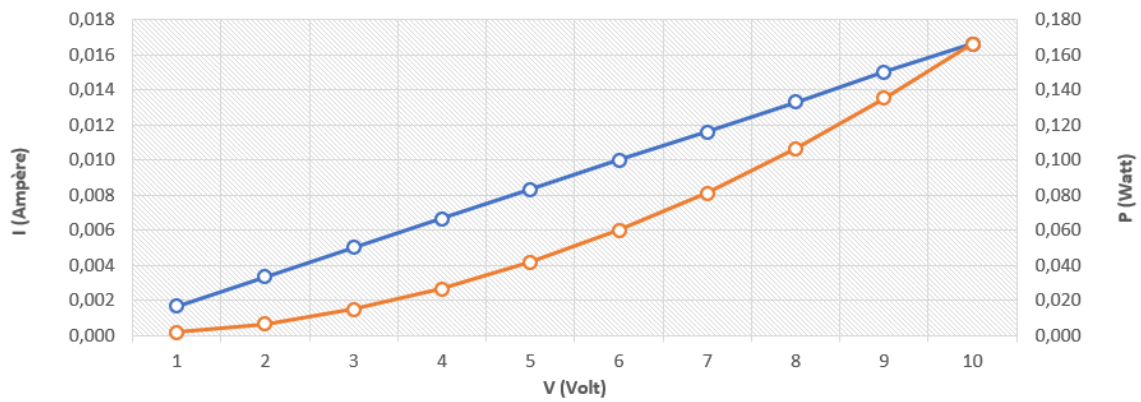
In tabel 3 zijn de gemeten spannings- en stroomwaarden en de berekende weerstands- en vermogenswaarden te zien. De weerstandswaarde heeft een linear verband, zoals we al eerder hebben beantwoord. Dit kun je nu terug zien in tabel 3. Zodra de spanningswaarde met 1 Volt toeneemt, neemt de totale stroomsterkte toe met circa 0,000166 Ampère. Als je dan voor elke spanningswaarde de weerstandswaarde berekent, kom je elke keer uit op circa 600  $\Omega$ . Dat is de reden waarom de weerstandswaarde een linear verband heeft. Verder is het goed om te weten dat die berekende weerstandswaarde gelijk is aan de totale weerstand, dus de vervangingsweerstand! Je kunt ook de weerstandswaarden voor beide weerstanden berekenen. Echter had dit alleen gekunt als we de stroomsterkte hadden gemeten bij een van de weerstanden.

Het vermogen neemt kwadratisch toe, dit komt doordat je de spanning vermenigvuldigt met de stroomsterkte. Bij een spanning van 2 Volt en stroomsterkte van 0,00084 Ampère betekent het dus dat het vermogen gelijk is aan 0,0017 Watt. Dus elke keer wanneer de spannings- en stroomwaarden toeneemt met 1 Volt en 1 Ampère, zal het vermogen kwadratisch zo groot worden! Dit is de reden waarom het vermogen een kwadratisch verband heeft.

V (V)	I (A)	R ( $\Omega$ )	P (W)
1	0,00166	602	0,00166
2	0,00333	601	0,00666
3	0,00500	600	0,01500
4	0,00666	601	0,02664
5	0,00833	600	0,04165
6	0,01000	600	0,06000
7	0,01160	603	0,08120
8	0,01330	602	0,10640
9	0,01500	600	0,13500
10	0,01660	602	0,16600

Tabel 3: de gemeten stroom- en spanningswaarden en de berekende vermogens- en weerstandswaarden in een tabel, die horen bij opdracht 3.

## 7.4 Grafieken



Figuur 7: de gemeten stroom- en spanningswaarden en de berekende vermogens- en weerstandswaarden in een grafiek, die horen bij opdracht 3. De blauwe lijn hoort bij de weerstand en de oranje lijn is het vermogen.

## 8 Opdracht 4

### 8.1 Berekeningen

#### 8.1.1 Berekeningen over het hele circuit

De totale weerstandswaarde is berekend door de totale spannings- en stroomwaarden te gebruiken. Als je dan de wet van Ohm toepast, bereken je eigenlijk de vervangingsweerstand. Je doet het zo:  $R_{totaal} = \frac{U_{totaal}}{I_{totaal}}$ , met de meetwaarden ingevuld ziet het er zo uit:  $R_{totaal} = 12/0,01516 = 792\Omega$ . Je kunt ook de vervangingsweerstand op de theoretische manier berekenen, dan zul je zien dat het realistische antwoord (met kleine afwijkingen) overeen komt met het theoretische antwoord. Hierbij pas je ook de wet van Ohm toe, alleen gebruik je de parallel regel. Eerst moet je de  $R_v$  berekenen van  $R_2$  en  $R_3$ , deze twee staan in serie, dus:  $R_{R_2+R_3} = 1200 + 1200 = 2400\Omega$ . Nu we de  $R_v$  hebben over  $R_2$  en  $R_3$ , kunnen we  $R_{totaal}$  berekenen:  $\frac{1}{R_{totaal}} = \frac{1}{1200} + \frac{1}{2400} = \frac{1}{800} = 800\Omega$ .

Het totale vermogen is te bepalen door  $P_{totaal} = V_{totaal} * I_{totaal}$  toe te passen, dus:  $P_{totaal} = 12 * 0,01516 = 0,18192$  Watt, en voilà je hebt het totale vermogen berekend. Het theoretische vermogen is ook te berekenen. We weten dat de spanning gelijk is aan 12 Volt en dat de totale weerstandswaarde gelijk is aan  $800\Omega$ . Met deze waarden kunnen we de theoretische-totaal stroomsterkte berekenen. Dit doe je als volgt:  $I_{totaal} = \frac{V_{totaal}}{R_{totaal}} = \frac{12}{800} = 0,015$  Ampère. Nu kunnen we het totale theoretische vermogen berekenen:  $P_{totaal} = V_{totaal} * I_{totaal} = 12 * 0,015 = 0,18$  Watt. Dit klopt, want als we terug kijken naar de realistische berekende vermogen, zien we dat die gelijk is aan  $0,1892$  Watt.

#### 8.1.2 Berekeningen over de parallel tak van $R_1$

De weerstandswaarde van  $R_1$  is berekend door de gemeten spannings- en stroomwaarden van de parallel tak  $R_1$  te gebruiken. Weerstandswaarde van  $R_1$  is bepaald door de volgende berekening uit te voeren:  $R_1 = \frac{V_1}{I_1} = \frac{12}{0,01012} = 1186\Omega$ . Dit klopt, want de weerstanden zijn allemaal  $1200\Omega$ ! Nu kunnen we ook de theoretische stroomsterkte berekenen en kijken of dat overeen komt met de gemeten stroomsterkte van tak  $R_1$ . Hiervoor passen we weer de wet van Ohm toe:  $I_{R_1} = \frac{V_{R_1}}{R_{R_1}} = \frac{12}{1200} = 0,01$  Ampère, en dit komt overeen met de gemeten  $0,0102$  Ampère. De theoretische spanning is ook te berekenen:  $V_{R_1} = I_{R_1} * R_{R_1} = 0,01012 * 1200 = 12,24$  Volt en dat circa 12 Volt, dus het klopt! Het vermogen is met het zelfde principe te berekenen:  $P_{R_1} = V_{R_1} * I_{R_1} = 12 * 0,01012 = 0,12144$  Watt. Daarnaast kunnen we ook het theoretische vermogen berekenen:  $P_{R_1} = 12 * 0,01 = 0,12$  Watt, en ook dit komt overeen met het realistische berekende vermogen:  $0,12144$  Watt.



### 8.1.3 Berekeningen over de parallel tak van $R_2$ en $R_3$

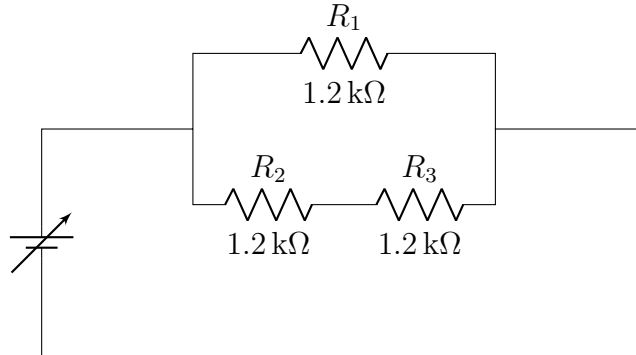
De weerstandswaarde van  $R_2$  en  $R_3$  is berekend door de gemeten spannings- en stroomwaarden van de parallel tak  $R_2$  en  $R_3$  te gebruiken. Weerstandswaarde van  $R_2$  en  $R_3$  is bepaald door de volgende berekening uit te voeren:  $R_2 = \frac{V_2}{I_2} = \frac{6}{0,00504} = 1190\Omega$  en  $R_3 = \frac{V_3}{I_3} = \frac{6}{0,00504} = 1190\Omega$ . Ook dit kunnen we controleren of het theoretisch gezien klopt:  $R_2 = \frac{6}{0,005} = 1200\Omega$ . Dit klopt, want  $1200\Omega$  komt inderdaad ongeveer overeen met  $1190\Omega$ . Verder klopt het ook dat de spanning op  $R_2$  en  $R_3$  6 Volt is, omdat er twee weerstanden in serie staan geschakeld, dus de som van die twee is weer 12 Volt! De theoretische stroomsterkte zal dan wel gelijk moeten zijn aan:  $I = \frac{V}{R} = \frac{6}{1200} = 0,005$  Ampère. Het realistische vermogen kun je op deze manier berekenen:  $P_2 = V_2 * I_2 = 6 * 0,00504 = 0,03024$  Watt. Het theoretische vermogen willen we ook weten:  $P_2 = V_2 * I_2 = 6 * 0,005 = 0,03$  Watt. Ook dit komt weer overeen met het realistische vermogen van  $0,03024$  Watt!

### 8.1.4 Berekeningen over de parallel tak van $R_v = R_2 + R_3$

Tenslotte kun je ook de weerstandswaarde van  $R_2 + R_3$  berekenen: je weet dat de spanning over die twee bij elkaar 12 Volt moeten zijn. De stroomsterkte is gemeten en dat is gelijk aan  $0,00504$  Ampère. Nu pas je de wet van Ohm toe:  $R_{v(R_2+R_3)} = 12/0,00504 = 2381\Omega$ . De weerstandswaarde theoretisch berekend:  $R_{v(R_2+R_3)} = 12/0,005 = 2400\Omega$ . Dit klopt, want  $2381\Omega$  is ongeveer gelijk aan  $2400\Omega$ . Als we de theoretische weerstandswaarde en spanning weten, kunnen we de theoretische stroomsterkte berekenen:  $I = \frac{V}{R} = \frac{12}{2400} = 0,005$  Ampère. Het vermogen bereken je door  $P = VI$  te gebruiken:  $P = 12 * 0,00504 = 0,06048$  Watt. Theoretische vermogen is ook te berekenen:  $P = 12 * 0,005 = 0,06$  Watt en ook dit klopt. Het is je misschien niet opgevallen, maar het vermogen over  $R_2 + R_3$  is twee keer zo groot als die van  $R_2$  en  $R_3$  individueel, hier komen we later op terug in het kopje “*Conclusies en resultaten*”.

## 8.2 Schema van de gebruikte schakeling

De schakeling hieronder is gebruikt bij opdracht 4. De Ampère- en Voltmeter zijn in deze schakeling weggelaten.



Figuur 8: schakelschema die is gebruikt bij opdracht 4.

### 8.3 Tabellen

In de volgende aantal tabellen is te zien wat de spanning-, stroomsterkte-, weerstand- en het vermogenswaarden zijn per weerstand, maar ook bij elkaar. In deze tabellen zijn de spanning en de stroomsterkte gemeten waarden. De weerstands- en vermogenswaarden zijn berekend met gebruik van de gemeten waarden!

<b><i>V (V) totaal</i></b>	<b><i>I (A) totaal</i></b>	<b><i>R (<math>\Omega</math>) totaal</i></b>	<b><i>P (W) totaal</i></b>
12	0,01516	792	0,18192

<b><i>V (V) R1</i></b>	<b><i>I (A) R1</i></b>	<b><i>R (<math>\Omega</math>) R1</i></b>	<b><i>P (W) R1</i></b>
12	0,01012	1186	0,12144

<b><i>V (V) R2</i></b>	<b><i>I (A) R2</i></b>	<b><i>R (<math>\Omega</math>) R2</i></b>	<b><i>P (W) R2</i></b>
6	0,00504	1190	0,03024

<b><i>V (V) R3</i></b>	<b><i>I (A) R3</i></b>	<b><i>R (<math>\Omega</math>) R3</i></b>	<b><i>P (W) R3</i></b>
6	0,00504	1190	0,03024

<b><i>V (V) R2+R3</i></b>	<b><i>I (A) R2+R3</i></b>	<b><i>R (<math>\Omega</math>) R2+R3</i></b>	<b><i>P (W) R2+R3</i></b>
12	0,00504	2381	0,06048

Tabel 4: Hierboven zie per weerstand de gemeten stroomsterkte en spanning. In het kopje “7.1 Berekeningen” staan ook de theoretische berekeningen uitgewerkt. Daarbij wordt ook uitgelegd of de berekende waarden overeen komen met de gemeten waarden.

## 9 Conclusie

De probleemstelling was:

*“Wat is het verband tussen de spanning en de stroomsterkte bij een weerstand in verschillende schakelingen. Is het verband in theorie en praktijk hetzelfde?”*

In dit practicum is er uitgezocht wat het verband is tussen de spanning en de stroomsterkte bij een (of meerdere) weerstand(en). Dit is gedaan door vier verschillende opdrachten uit te voeren, zoals ik al eerder heb uitgelegd in de inleiding van dit verslag. Het verband tussen de weerstand, spanning en de stroomsterkte heeft te maken met de wet van Ohm:  $R = \frac{V}{I}$  en de andere vormen ervan, zoals:  $P = I^2R$  en andere dergelijke vormen. Zodra de spanning toe neemt bij een weerstand met een constante weerstandswaarde neemt de stroomsterkte ook toe. Dit komt, omdat de weerstand een constante waarde heeft, bovendien zegt de wet van Ohm dat de stroomsterkte gelijk is aan het quotiënt van de spanning gedeeld door weerstandswaarde, dus hoe groter de spanning wordt, des te groter de stroomsterkte!

## 10 Bronvermelding

### Referenties

- [1] M. L. Schagrin, “Resistance to ohm’s law,” *American Journal of Physics*, vol. 31, pp. 536–547, 1963.
- [2] H. Goldstein, *Classical Mechanics*, ser. A-W series in advanced physics. Addison-Wesley, 1965. [Online]. Available: <https://books.google.nl/books?id=xAbjRUhdk-kC>
- [3] S. Institution and F. Fowle, *Smithsonian Physical Tables*, ser. Publication (Smithsonian Institution). Smithsonian Institution, 1921. [Online]. Available: <https://books.google.nl/books?id=tCoJAQAIAAJ>
- [4] J. J. Burns, “Resistor color code,” Master’s thesis, California State University, Northridge, 1987.
- [5] J. Devore, *Probability and Statistics for Engineering and the Sciences*. Cengage Learning, 2015. [Online]. Available: <https://books.google.nl/books?id=1wRbzgEACAAJ>