

TECHNISCHE NATUURKUNDE

Rapportage



Handleiding voor het schrijven van meetrapporten en verslagen bij de
opleiding TN.

Versie: 22 augustus 2022

Voorwoord

Bij het schrijven van een meetrapport of verslag wordt dit document als uitgangspunt gebruikt voor de opleiding Technische Natuurkunde. Het betreft alle semesters t.w. NP1 t/m NHA. Bij de opleiding TN worden ook invulformulieren gebruikt; deze kunnen per practicum anders vormgegeven zijn. Aanvullende eisen die aan rapportages gesteld worden, zoals aantal pagina's, zijn in de studiewijzers opgenomen.

Als uitgangspunt is gebruikt het boek "Exact communiceren" [1]. Dit boek heeft jarenlang bij de opleiding TN op de boekenlijst gestaan en wordt nu als naslagwerk aanbevolen. In hoofdstuk 1 van dit boek wordt de driedeling gemaakt: journaal, meetrapport en verslag. In het document "Rapportage" gaat de aandacht uit naar de rapportage in de vorm van een meetrapport en verslag. De indeling van de rapportages, tabellen en grafieken worden in "Exact communiceren" uitvoerig doorgenomen; in dit document is e.e.a. vormgegeven in tabellen die als checklist voor de student en docent gebruikt kunnen worden.

Inhoudsopgave

1.	Inleiding.....	1
2.	Algemene rapportageregels	2
2.1	Symbolen, getallen en formules	2
2.2	Figuren	2
2.3	Tabellen.....	2
2.4	Schrijfstijl.....	3
2.5	Bronvermeldingen	3
2.5.1	Fraude en plagiaat	3
2.5.2	Opmaak stijl	4
3.	Meetrapport	5
3.1	Indeling meetrapport.....	5
3.2	Eisen meetrapport	5
4.	Verslag.....	8
4.1	Indeling onderzoeksverslag	8
4.2	Eisen onderzoeksverslag	9
4.3	Verslag met andere invalshoek.....	13
	Bibliografie	14
	Bijlage 1: Labjournaal	15
	Bijlage 2: Voorbeeld meetrapport.....	16

1. Inleiding

Rapportage in welke vorm dan ook, mondeling of schriftelijk, is een belangrijke vorm van communicatie. Mondelinge rapportage in de vorm van een presentatie of een gesprek betekent vaak dat de toehoorder toelichting kan vragen op punten die niet duidelijk zijn. Schriftelijke rapportage is van een andere orde; de rapportage zal helder en duidelijk moeten zijn, zodat de lezer goed geïnformeerd wordt en met zo min mogelijk vraagtekens blijft zitten. Goede documentatie met een eenduidige verantwoording van een onderzoek is dan ook van belang. De documentatie binnen de opleiding Technische Natuurkunde (TN) bestaat uit invulformulieren, meetrapporten en verslagen. Daarnaast wordt er in de praktijk ook gebruik gemaakt van een laboratoriumjournaal, of kortweg labjournaal, waarin alle bevindingen, inclusief ruwe data, vastgelegd worden. Bij het gebruik van data-acquisitiesystemen is het voor onderzoekers van belang om alle ruwe data eenduidig vast te leggen en op te slaan, zodat naderhand verificatie mogelijk is.

Bij rapportage wordt veel gebruik gemaakt van informatie die afkomstig is uit andere bronnen, zoals literatuur, internet, presentaties e.d. Daarom is het belangrijk om een eenduidige bronvermelding op te nemen. Zoek maar eens in Google op de trefwoorden “plagiaat wetenschappers” en trek zelf je conclusies.

Binnen de opleiding TN ligt de nadruk op het meetrapport en het verslag. Hoofdstuk 2 start met algemene regels die gelden voor alle rapportages die je inlevert. Deze gaan over het gebruik van symbolen, getallen en formules, van figuren, van tabellen, over schrijfstijl en over het vermelden van bronnen. Onmisbare informatie dus. In hoofdstuk 3 komt het meetrapport aan de orde en in hoofdstuk 4 het verslag. Aangezien in de praktijk een labjournaal wordt gebruikt, is in Bijlage 1 een overzicht opgenomen met daarin de belangrijkste aspecten betreffende een labjournaal.

2. Algemene rapportageregels

De regels in dit hoofdstuk gelden voor alle rapportages, waaronder in ieder geval uitwerkingen van practica, meetrapporten en verslagen.

2.1 Symbolen, getallen en formules

- Gebruik de zgn. SI-eenheden en noteer symbolen van grootheden cursief; de eenheden niet cursief. Gebruik voor alle symbolen en formules een formule-editor (word) of math-mode (LateX).
- Nummer de formules en verklaar de symbolen in de tekst direct na de formule. Als het veel symbolen zijn kan dat in 3 kolommen (symbool, omschrijving, eenheid). Laat een formule inspringen voor de leesbaarheid.
- Getallen: Nederlandse notatie, dus met komma.
- Gebruik superscript 10^3 , niet 10E3 of 10^3 .
- Bij vermenigvuldigen: gebruik een gecentreerde punt (voorkeur) of x.
- Afronden: let op significante cijfers in relatie tot de onzekerheid.
- Noteer de juiste eenheden; spatie tussen getal en eenheid.

2.2 Figuren

- Figuurnummer en informatief bijschrift onder de figuur. Geen titel.
- Alle illustraties worden een figuur genoemd; geen onderscheid in bijvoorbeeld grafiek en meetopstelling.
- Verwijs vanuit de tekst naar figuurnummer.
- Bij grafieken met meetdata:
 - Grootheden en eenheden vermelden langs de assen van een grafiek.
 - Gebruik spreidingsdiagram met alleen meetpunten (tenzij zeer veel meetpunten, houd leesbaarheid in de gaten).
 - Indien mogelijk foutenvlaggen aangeven.
 - Indien theoretisch verband bekend: trendlijn toevoegen en trendlijnvergelijking vermelden.

2.3 Tabellen

- Tabelnummer en informatief bijschrift boven de tabel.
- Eenheden vermelden in de kop van de kolom.
- Constante onnauwkeurigheid niet herhalen maar plaatsen in de kop van de kolom.
- Centreer getallen en tekst in de kolom.
- Verwijs vanuit de tekst naar tabelnummer.
- Bij lange tabel: kop herhalen op nieuwe pagina.

2.4 Schrijfstijl

Pas je aan op de doelgroep. Over het algemeen geldt dat een medestudent je tekst moet kunnen begrijpen.

Je schrijfstijl moet helder, scherp en bondig zijn. Beschrijf exact wat je bedoelt.

- Bedenk bij elk hoofdstuk, elke paragraaf en elke alinea wat de boodschap is die je de lezer wilt meegeven. Neem op wat nodig is; niet meer en niet minder. De regel is: een nieuwe boodschap een nieuwe alinea.
- Je schrijfstijl moet objectief zijn. Daarom is het niet gebruikelijk om een persoonlijke ervaring weer te geven, zoals: "Tot mijn verbazing...", of: "Gelukkig wist de docent...". Gebruikelijker formuleringen zijn: "Het resultaat bleek...", of: "De meettijd bedroeg...", of: "De oplossing hiervan...".
- Gebruik geen termen als ongeveer, komt in de buurt van, ziet er goed uit.... Wees concreet en geef de getallen met de bijbehorende onzekerheid.
- Beschrijf geen handelingen "Ik stelde eerst de oscilloscoop in en daarna de digitale multimeter...",

2.5 Bronvermeldingen

In vrijwel elke rapportage binnen TN wordt gebruik gemaakt van informatie (zoals formules, feitelijke informatie, figuren, grafieken) afkomstig uit een bron zoals een boek, artikel, verslag, internetpagina e.d. om het werk te onderbouwen. Omdat deze informatie geen eigen werk is, zal er een eenduidige bronvermelding opgenomen moeten worden zodat de lezer de betreffende bron terug kan vinden.

2.5.1 Fraude en plagiaat

Bronvermeldingen zijn belangrijk; dat blijkt wel uit het Onderwijs- en Examenreglement (OER) van de opleiding. Onder Hoofdstuk 8 Onregelmatigheden zijn de woorden fraude en plagiaat opgenomen. De omschrijving van fraude en plagiaat in het OER luidt als volgt [2], de cursieve regels zijn met name van toepassing bij verslaglegging:

- Onder fraude wordt onder andere, maar niet uitsluitend, verstaan:
 - a. het afkijken tijdens een toets;
 - b. het in het zicht of onder handbereik hebben van ongeoorloofd materiaal tijdens een toets;
 - c. *het inleveren van werk onder een andere naam dan de eigen naam;*
 - d. het zich niet houden aan regels die (mede) zijn ingesteld om fraude te voorkomen tijdens een toets;
 - e. *het ter beschikking stellen van eigen materiaal aan anderen;*
 - f. het zich voorafgaand aan de toets in kennis gesteld hebben van vragen, opgaven of modelantwoorden van de betreffende toets;
 - g. het tijdens of na afloop van een toets overnemen van vragen en/ of modelantwoorden en deze zelf gebruiken of aan anderen ter beschikking stellen;
 - h. *het aanwenden van vervalste gegevens voor onderzoek in het kader van een onderwijseenheid of de scriptie;*
 - i. het vervalsen van beoordelingen.
- Onder plagiaat worden onder andere, maar niet uitsluitend, de volgende gedragingen verstaan:

- a. *het letterlijk of in eigen woorden verwerken van delen van het werk van anderen, al dan niet met aanhalingstekens, in eigen werk zonder verdere specificatie of bronvermelding.*
- b. *het presenteren van uitgewerkte ideeën of vondsten van anderen als eigen ideeën of vondsten.*

Een vermoeden van fraude of plagiaat wordt altijd gemeld aan de examencommissie. De examencommissie kan vervolgens sancties opleggen die variëren van een waarschuwing tot uitschrijving van de opleiding. Zie het Onderwijs- en Examenreglement (OER) van de opleiding [2].

2.5.2 Opmaak stijl

Er is veel informatie op internet te vinden over het onderwerp bronvermeldingen. Het is belangrijk om voor een bepaalde stijl te kiezen. De stijl die gekozen wordt hangt o.a. af van het vakgebied waarbinnen geopereerd wordt. Bekende stijlen [3] zijn:

- American Psychological Association (APA); auteur-datum stijl die vooral gebruikt wordt binnen (sociale) wetenschap
- Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE); numerieke stijl, meestal gebruikt binnen de exacte wetenschappen.

De opleiding TN maakt voornamelijk gebruik van de numerieke IEEE-stijl; de APA-stijl kan natuurlijk ook; hou het wel bij één stijl! De keuze kan ook per organisatie bepaald worden. Zo zijn er opleidingen binnen de Haagse Hogeschool die de APA-stijl hanteren [4], terwijl binnen andere Hogescholen op centraal niveau een keus gemaakt is voor een stijl [5]. In dit TN-document wordt de IEEE-stijl gebruikt.

Maak altijd gebruik van de automatische opmaak van bronvermeldingen en aanmaak van de bibliografie die tekstverwerkers (Word, LaTeX) bieden. Tips voor gebruik bronvermeldingen in Word kun je vinden in Bijlage 3.

Het opnemen van citaten is ook aan regels gebonden. Allereerst wordt de bron vermeld en daarna de tekst tussen aanhalingstekens opgenomen. Het citaat mag ook deels in eigen woorden opgenomen worden; als voorbeeld van wat wel en niet is toegestaan wordt verwezen naar “Boxx Hill Institute” [6].

Algemeen kan gesteld worden: het is beter om één verwijzing te veel op te nemen dan net één te weinig! Nadat alle bronnen opgenomen zijn rest alleen nog de literatuurlijst op te nemen. Het is in dit document ondoenlijk om alles te benoemen; in dit document is volgens de IEEE-stijl gewerkt en kan dus als voorbeeld dienen.

Bij twijfel m.b.t. bronnen en/of citaten: raadpleeg internet en zoek op de betreffende stijl naar relevante documenten.

3. Meetrapport

Een meetrapport heeft tot doel metingen en berekeningen bij een experiment te presenteren aan een lezer die bekend is met het vakgebied bijvoorbeeld een collega uit dezelfde onderzoeksgroep. Over het algemeen wordt bij de beoordeling van een meetrapport gelet op o.a. de volgende zaken: de opbouw (indeling) van het meetrapport, de netheid van het werk, het juist toepassen van een tekstverwerker, correct gebruik van de Nederlandse taal, de tekstomvang per onderdeel (niet te veel maar ook zeker niet te weinig), de overzichtelijkheid van de meetresultaten en de berekeningen en uiteraard de juistheid van de tekst en de berekeningen.

3.1 Indeling meetrapport

De indeling van het meetrapport (voorbeeld Bijlage 2) is als volgt:

- Voorblad.
- 1. Doel van de proef of onderzoeksvraag.
- 2. Verwacht resultaat.
- 3. Schematische weergave van de meetopstelling.
- 4. Meetresultaten en/of simulatieresultaten.
- 5. Uitwerkingen en discussie.
- 6. Conclusie.
- Literatuurlijst.
- Bijlagen (indien van toepassing).

De hoofdstukken worden genummerd volgens bovenstaand overzicht.

3.2 Eisen meetrapport

De eisen voor een meetrapport zijn:

- Je schrijft voor een lezer die (deels) bekend is met het vakgebied (ga uit van gelijkwaardig niveau). De theoretische achtergrondinformatie hoeft niet uitgelegd te worden; de relevante formules wel opnemen.
- Lever je meetrapport in als pdf document. De verantwoordelijkheid voor een goed leesbaar verslag (incl. formules, grafieken, tabellen e.d.) ligt bij de student.
- Volg de algemene regels voor symbolen, getallen, formules, figuren, tabellen, schrijfstijl en bronvermeldingen (zie hoofdstuk 2).
- **1. Doel/onderzoeksvraag:** geef aan wat er bepaald moet worden of welke onderzoeksvra(a)g(en) je gaat beantwoorden.
- **2. Verwacht resultaat:** beschrijf welk resultaat je verwacht, en noem de theorie die je hebt gebruikt om tot deze verwachting te komen? Geef duidelijk formule(s) weer die je toepast met verwijzingen naar literatuur.
- **3. Schematische weergave van de opstelling:** Geef hier een technische omschrijving van de experimentele opstelling en meetmethode (met schematische weergave) met daarbij de

gebruikte meetapparatuur inclusief typenummers. Geef duidelijk aan wat je hoe hebt gemeten.

- **4. Resultaten:** Alleen relevante tabellen en/of grafieken opnemen zodat de leesbaarheid niet verstoord wordt. Bij voorkeur een grafiek in plaats van een tabel. Een grafiek laat in één oogopslag het verloop van de relatie tussen de grootheden zien. De tabel kan eventueel in een bijlage van het rapport opgenomen worden. Bespreek de grafieken en geef duiding aan de resultaten en hun betekenis met duidelijke verwijzing naar een functie in hoofdstuk 2 (verwacht resultaat).
- **5. Uitwerkingen en discussie:** Berekeningen gebaseerd op de meetresultaten (tabeldata en grafieken) zijn hier duidelijk en compact opgeschreven. Eventuele afleidingen kunnen in een bijlage opgenomen worden. Rekenvoorbeelden worden hier ook weergegeven. Onnauwkeurigheidsanalyse kan hier ook toegelicht worden.

In deze paragraaf kan ook een korte en bondige fysische discussie gevoerd worden; hierbij kan je resultaten en theorie relateren en mogelijke verklaringen voor onverwachte resultaten aanvoeren.

- **6. Conclusie:** Hier geef je antwoord op de onderzoeksvraag/ kom je terug op het doel. De belangrijkste meetresultaten geef je hier bondig weer. Resultaten worden vergeleken met theoretische waarden en daar wordt commentaar op gegeven. Zorg voor een goede kwantitatieve conclusie (inclusief onnauwkeurigheid!). Woorden als redelijk, matig, vrij goed, niet goed, enz. mogen niet erin voorkomen. Geef geen nieuwe informatie in de conclusie en neem geen verwijzingen op.
- In de **bijlagen** komen bijvoorbeeld series grafieken, (grote) tabellen, omvangrijke afleidingen van formules, kopieën van gebruikte documentatie en andere informatie. In het algemeen kan gezegd worden: informatie, welke door hun omvang of indirecte belang de leesbaarheid van het verslag verstoren, wordt opgenomen in de bijlagen. Bijlagen worden voorzien van een volgnummer en informatieve titel en een referentie vanuit de hoofdtekst.

In Tabel 1 is een checklist opgenomen met aandachtspunten waar het meetrapport aan moet voldoen. De laatste kolom kun je invullen ter controle of je meetrapport aan alle gestelde eisen voldoet.

Zie Bijlage 3 en Bijlage 4 voor tips m.b.t. Word en Excel voor document opmaak.

Tabel 1: Checklist aandachtspunten meetrapport.

Aandachtspunten	Criteria	V?
Schrijfstijl	Objectief, professioneel (taal en stijl) en exact en zo specifiek mogelijk.	
Voorblad	Invullen conform format	
Indeling/opzet	Bevat de volgende onderdelen: voorblad, doel van de proef of onderzoeksvraag, schematische weergave van de meetopstelling, verwacht meetresultaat, meetresultaat en/of simulatieresultaten, uitwerkingen, gebruikte formules en eventueel een voorbeeldberekening, onnauwkeurighedsanalyse, conclusie / discussie, literatuurlijst.	
Formules	Genummerd, symbolen verklaard (in kolommen symbool/omschrijving/eenheid of in tekst), inspringen voor leesbaarheid.	
Symbolen	Grootheden cursief, eenheden rechtop.	
Figuren	Figuurnummer en informatief bijschrift onder de figuur. Geen titel.	
	Alle illustraties worden figuur genoemd.	
	Grootheden en eenheden langs de assen van grafieken.	
	Gebruik spreidingsdiagram met alleen meetpunten (tenzij zeer veel meetpunten, houd leesbaarheid in de gaten).	
	Indien mogelijk foutenvlaggen aangeven.	
	Indien theoretisch verband bekend: trendlijn toevoegen en trendlijnvergelijking vermelden.	
Tabellen	Tabelnummer en informatief bijschrift boven de tabel.	
	Eenheden in de kop van de kolom.	
	Constante onnauwkeurigheid niet herhalen maar plaatsen in de kop van de kolom.	
	Centreer getallen en tekst in de kolom.	
	Bij lange tabel: kop herhalen op nieuwe pagina.	
	Zoveel mogelijk grafieken presenteren i.p.v. tabellen.	
Formules / figuren / tabellen	Verwijzingen vanuit de hoofdtekst.	
Getallen	Getallen: Nederlandse notatie, dus met komma	
	Gebruik superscript, niet $10E3$ of 10^3 .	
	Bij vermenigvuldigen gebruik een gecentreerde punt (voorkeur) of x	
	Afronden: let op significante cijfers/onnauwkeurigheden	
	Noteer de juiste eenheden; spatie tussen getal en eenheid (uitzondering: graden)	
Conclusie	Resultaten (inclusief onnauwkeurigheid) opnemen en vergelijken met de literatuurwaarde(n)	
	Resultaat interpreteren	
	Redenen van eventuele afwijking van resultaat	
Literatuurlijst	IEEE (of APA) stijl.	
Bijlagen	Elke bijlage voorzien van een informatieve titel. Refereer naar bijlagen in de hoofdtekst.	

4. Verslag

Een verslag is een uitgebreide rapportage van een onderzoek, activiteit, gebeurtenis of toestand. Het verslag wordt door een of meerdere studenten gemaakt voor een opdrachtgever tenzij anders is overeengekomen. Het verslag is qua indeling en inhoud op punten veel uitgebreider dan een meetrapport. De kaders van de verslaglegging worden door de opleiding TN bepaald.

De opzet, vormgeving en uitvoering van het verslag is aan bepaalde eisen gebonden. In alle gevallen worden eisen gesteld aan de kwaliteit van het taalgebruik. Rapporteurs moeten dus over bepaalde taal- en schrijfvaardigheden beschikken, zoals het formuleren van een heldere probleemstelling, het vinden en beoordelen van de juiste bronnen en methoden en het formuleren van heldere conclusies.

De rapportage binnen TN in de vorm van een verslag is naar aanleiding van een:

1. technisch inhoudelijk onderzoek,
2. technisch ontwerp,
3. literatuurstudie,
4. data-analyse en data verwerking,
5. uit te brengen advies.

De meeste verslaglegging binnen TN vindt plaats naar aanleiding van een technisch onderzoek zodat daar de nadruk op ligt. In §4.1 is de indeling van het verslag en in §4.2 zijn de eisen van het verslag opgenomen. De meeste zaken zoals beschreven in §4.1 en 4.2 gelden echter ook voor de verslagen met de andere invalshoek. De verslagindeling m.b.t. de andere invalshoeken is opgenomen in §4.3.

4.1 Indeling onderzoeksverslag

De indeling van een technisch inhoudelijk onderzoeksverslag is als volgt:

- Voorblad (titel)
- Voorwoord (niet verplicht)
- Samenvatting
- Inhoudsopgave
- 1-Inleiding
- 2-Theorie
- 3-Werkwijze
- 4-Resultaten (inclusief onnauwkeurigheidsanalyse en discussie)
- 5-Conclusie (inclusief aanbevelingen)
- Literatuurlijst
- Bijlagen (indien van toepassing)

De hoofdstukken worden genummerd volgens bovenstaand overzicht. Ieder nieuw hoofdstuk begint op een nieuwe pagina.

4.2 Eisen onderzoeksverslag

De eisen die aan een onderzoeksverslag worden gesteld zijn:

- Bedenk dat je schrijft voor een opdrachtgever die niet altijd even diep in de materie zit als jij. Over het algemeen moet je binnen de opleiding TN er van uit gaan dat je voor een medestudent van hetzelfde studiejaar schrijft die het onderzoek niet heeft uitgevoerd.
- Lever je verslag in als pdf document. De verantwoordelijkheid voor een goed leesbaar verslag (incl. formules, grafieken, tabellen e.d.) ligt bij de student.
- Volg de algemene regels voor symbolen, getallen, formules, figuren, tabellen, schrijfstijl en bronvermeldingen (zie hoofdstuk 2).
- **Voorwoord:** het voorwoord is niet verplicht. Veelal wordt het voorwoord gebruikt om:
 - de geschiedenis van het onderzoek, verslag of tekst toe te lichten.
 - het kader te schetsen waarin het onderzoek, verslag of tekst is geschreven.
 - een dankwoord te schrijven aan diegenen die hebben meegewerkt aan de totstandkoming van het verslag.
 - aanwijzingen omtrent het gebruik van het verslag.
 - de taakverdeling die binnen een groep heeft plaatsgevonden te benoemen.
 - informatie over de auteurs te geven.
- **Samenvatting:** de samenvatting bevat een korte beschrijving van wat er gemeten/onderzocht is, de belangrijkste resultaten en de conclusies. Het stukje tekst (ca. een half A4-tje) moet uitnodigend zijn om het verslag te gaan lezen; dit bepaalt veelal of het verslag gelezen wordt of niet.
- **Hoofdstuk 1 Inleiding:** het doel van de inleiding is de lezer nieuwsgierig te maken en duidelijk te maken wat de lezer kan verwachten. De inleiding bevat de context, de probleemstelling en/of onderzoeksvragen.
- **Hoofdstuk 2 Theorie:** dit hoofdstuk omvat het theoretisch kader. Daarbij moet gedacht worden aan onderliggende theorie (formules, grafieken, verbanden, verklaringen, aannames e.d.) die nodig is om het onderzoek te kunnen begrijpen. Op basis van de theorie kunnen verantwoorde keuzes gemaakt worden (denk aan uitdrukken in meetbare grootheden) en kunnen de resultaten verklaard worden. Het niveau van de theorie is gebaseerd op collegiale toetsing (peer review).
- **Hoofdstuk 3 Werkwijze:** geef in dit hoofdstuk een beschrijving van de opstelling, de onderdelen plus de karakteristieke eigenschappen van de opstelling. Maak een schematisch overzicht van de opstelling (geen foto!) en stel jezelf de vraag of de lezer het experiment op basis van de door jou verschaft informatie op precies dezelfde manier kan herhalen.

Leg bij de meetprocedure uit:

- hoe er is gemeten is a.d.h.v. een *schematische* voorstelling van de meetopstelling
- welke (apparatuur) instellingen er gebruikt zijn
- welke systematische fout aanwezig is en hoe je dit compenseert
- hoe vaak een meting herhaald is
- hoe lang er gemeten is

- Indien van toepassing wordt ook de bereiding van het te nemen monster (sample bereiding) beschreven en het aantal monsters.

Hoofdstuk 4 Resultaten: in dit hoofdstuk wordt een presentatie van de data gegeven in de vorm van grafieken en/of korte functionele tabellen. Leg uit wat je gemeten hebt en waar de data staat (in dit hoofdstuk / paragraaf of bijlage). Neem alleen relevante tabellen en/of grafieken op zodat de leesbaarheid niet verstoord wordt. Bij voorkeur een grafiek in plaats van een tabel. Een grafiek laat in één oogopslag het verloop van de relatie tussen de grootheden zien. De tabel kan eventueel in een bijlage van het verslag opgenomen worden.

Leg de grafieken uit en geef vooral aan wat de lezer uit de grafiek kan afleiden. Maak ook een voorbeeldberekening (inclusief de gebruikte formules) n.a.v. de data met direct daarna de onnauwkeurigheidsberekening. Bij een eenvoudige berekening (vb. wet van Ohm) hoeft geen voorbeeldberekening opgenomen te worden. De rest kan in een tabel of in een extra kolom bij de datatabel.

Zijn er voor de grafieken al berekeningen nodig dan komen de berekeningen direct na de data presentatie. Bespreek de trendlijnen, pas regressieanalyse toe en breng de koppeling met de theorie aan. Schrijf eerst tekst voordat je een tabel of grafiek presenteert.

Bediscussieer je resultaten: vergelijk met verwachtingen o.b.v. de theorie, verklaar de resultaten en bespreek en verklaar zo mogelijk onverwachte observaties. In de discussie wordt de onderbouwing van je interpretatie van de resultaten opgenomen met daaruit voortvloeiend mogelijke aanbevelingen. Aanbevelingen kunnen zijn: verbetering meetopstelling, andere meetmethode, aanvullend onderzoek verrichten e.d.

- **Hoofdstuk 5 Conclusie:** de conclusie moet aansluiten op de inleiding. De lezer die alleen de inleiding en de conclusie leest moet een helder beeld van het onderzoek /experiment krijgen.

In de conclusie geef je antwoord op de onderzoeksvragen. De belangrijkste meetresultaten geef je hier bondig weer. Resultaten worden vergeleken met theoretische waarden en daar wordt commentaar op gegeven. Zorg voor een goede kwantitatieve conclusie (inclusief onnauwkeurigheid!). Woorden als redelijk, matig, vrij goed, niet goed, enz. mogen niet erin voorkomen. Aanbevelingen voor een vervolgonderzoek kunnen ook opgenomen worden. Geef geen nieuwe informatie in de conclusie en neem geen verwijzingen op.

- **Bijlagen:** in de bijlagen komen bijvoorbeeld series grafieken, (grote) tabellen, omvangrijke afleidingen van formules, kopieën van gebruikte documentatie en andere informatie. In het algemeen kan gezegd worden: informatie, welke door hun omvang of indirecte belang de leesbaarheid van het verslag verstoren, wordt opgenomen in de bijlagen. Bij grote hoeveelheid gegevens (data) kan gebruik gemaakt worden van een aparte bijlage (los van het verslag) of een elektronische informatiedrager. Bijlagen worden voorzien van een volgnummer en informatieve titel en een referentie vanuit de hoofdtekst.

In Tabel 2 is een checklist opgenomen met aandachtspunten waar het onderzoeksverslag aan moet voldoen. De laatste kolom kun je invullen ter controle of je meetrapport aan alle gestelde eisen voldoet.

Zie Bijlage 3 en Bijlage 4 voor tips m.b.t. Word en Excel voor document opmaak.

Tabel 2: Checklist aandachtspunten verslag.

Verslagtechnisch		
Aandachtspunten	criteria	voldoet?
Voorblad	Eigen voorblad met specifieke titel en eventueel een illustratie. Bevat verder de volgende informatie: naam, studienummer, vak, studiejaar, datum en docent.	
Indeling/opzet	Bevat de volgende onderdelen: samenvatting, inhoudsopgave, inleiding, theorie, werkwijze, resultaten en discussie, conclusie, literatuurlijst.	
Samenvatting	Bevat geen verwijzingen, tabellen of figuren. Beschrijft wat er op welke manier is gedaan en de belangrijkste resultaten en conclusies.	
Inhoudsopgave	In de inhoudsopgave alleen opnemen wat na de inhoudsopgave komt. Hoofdstukken en paragrafen genummerd, hebben informatieve titels. Corresponderen met de bladzijdenummers.	
Inleiding	Kennismaken met onderwerp, context aangeven. Onderzoeksvragen, probleemstelling/doelstelling worden duidelijk. Beschrijft aanpak en welke inhoud de lezer kan verwachten. Bevat geen resultaten of conclusies.	
Opstelling / werkwijze	Zodanig beschreven dat een ander hetzelfde experiment zou kunnen uitvoeren: gebruikte apparatuur, instellingen, materialen vermelden, schematische weergave opstelling, gebruikte handelswijze (geen protocol).	
Formules	Genummerd, symbolen verklaard (in kolommen symbool/omschrijving/eenheid of in tekst), inspringen voor leesbaarheid.	
Symbolen	Grootheden cursief, eenheden rechtop.	
Figuren	Figuurnummer en informatief bijschrift onder de figuur. Geen titel.	
	Alle illustraties worden figuur genoemd.	
	Grootheden en eenheden langs de assen van grafieken.	
	Gebruik spreidingsdiagram met alleen meetpunten (tenzij zeer veel meetpunten, houd leesbaarheid in de gaten).	
	Indien mogelijk foutenvlaggen aangeven.	
	Indien theoretisch verband bekend: trendlijn toevoegen en trendlijnvergelijking vermelden.	
Tabellen	Tabelnummer en informatief bijschrift boven de tabel.	
	Eenheden in de kop van de kolom.	
	Constante onnauwkeurigheid niet herhalen maar plaatsen in de kop van de kolom.	
	Centreer getallen en tekst in de kolom.	
	Bij lange tabel: kop herhalen op nieuwe pagina.	
	Zoveel mogelijk grafieken presenteren i.p.v. tabellen.	
Formules / figuren / tabellen	Verwijzingen vanuit de hoofdtekst.	

Tabel 2 (vervolg): Checklist aandachtspunten verslag.

Getallen	Getallen: Nederlandse notatie, dus met komma	
	Gebruik superscript, niet 10E3 of 10^3.	
	Bij vermenigvuldigen gebruik een gecentreerde punt (voorkeur) of x	
	Afronden: let op significante cijfers/onnauwkeurigheden	
	Noteer de juiste eenheden; spatie tussen getal en eenheid (uitzondering: graden)	
Conclusie	Geen verwijzingen, figuren of tabellen.	
	Bevat geen nieuwe informatie.	
	Resultaten (inclusief onzekerheid) noemen en interpreteren. Geeft antwoord op de onderzoeksvragen.	
Literatuurlijst	In een erkende stijl, bijvoorbeeld IEEE- of APA stijl.	
Bijlagen	Elke bijlage voorzien van een informatieve titel. Refereer naar bijlagen in de hoofdtekst.	
Inhoudelijk		
Aandachtspunten	criteria	voldoet?
Niveau theorie	Uitleg zodanig dat medestudent uit hetzelfde studiejaar het kan begrijpen.	
	Gaat verder dan de inhoud van de theorievakken.	
Geraadpleegde literatuur	Voornamelijk boeken en artikelen worden geraadpleegd, zo recent mogelijk.	
Onderzoeksvraag / vragen	Vormt de rode draad van het verslag: de theorie, conclusies en discussie sluiten bij de onderzoeksvragen aan.	
Onderbouwing	Theorie en experiment zijn geschikt om de antwoorden op de onderzoeksvragen te beargumenteren.	
Dataverwerking en interpretatie	Er is een adequate onnauwkeurighedsanalyse uitgevoerd.	
	De resultaten worden kritisch geanalyseerd, conclusies worden onderbouwd m.b.v. de resultaten en de beschreven theorie.	
Schrijfstijl, leesbaarheid.	Objectief, zakelijk.	
	Exact en eenduidig geformuleerd.	
	Scherp, bondig.	
	Zonder taal- en spelfouten.	

4.3 Verslag met andere invalshoek

Naast een onderzoeksverslag kun je ook een verslag schrijven van een literatuurstudie, een ontwerp, of een adviesrapport (of een combinatie hiervan). Veel van de eisen aan een onderzoeksverslag zijn daarbij ook van toepassing. De indeling kan anders zijn en kan aangepast worden zodat het geschikt is voor het type verslag.

Bij een **literatuurstudie** bestudeer je diverse bronnen waarvan in eigen woorden verslag gedaan wordt. De verslaglegging is objectief en zonder waardeoordeel; de bronnen worden bijvoorbeeld met elkaar vergeleken of vullen elkaar aan. Op basis van de bevindingen kan een conclusie geformuleerd worden.

Een **ontwerpverslag** behandelt het ontwerp van bijvoorbeeld een technisch product. In de inleiding beschrijf je de context van de opdracht. In plaats van onderzoeksvragen werk je met een programma van eisen. De keuzes die in het ontwerptraject gemaakt worden moeten eenduidig beschreven worden. Op onderdelen kun je hier gebruik maken van een scorematrix [7]. Het ontwerpproces gaat vaak gepaard met computersimulaties ter verificatie van het (deel)ontwerp. Tot slot kun je je ontwerp verifiëren met behulp van een prototype (of zelfs een eindproduct) en testmetingen daaraan. In de praktijk vindt bij een goede ontwerpprocedure bij elke ontwerpstap een terugkoppeling plaats naar de ontwerpcriteria resp. specificaties waaraan het (deel)product moet voldoen.

Wanneer een **adviesrapport** geschreven wordt zal men op basis van dit advies een beslissing nemen. Wanneer het verslag geschreven wordt voor het management wordt de samenvatting vervangen door een managementsamenvatting. Deze is uitgebreider dan een standaard samenvatting. Het management waar je een advies aan uitbrengt heeft in de regel geen technische expertise (daarom is aan jou advies gevraagd) en leest de rest van het verslag niet. De managementsamenvatting moet daarom genoeg informatie bevatten voor het management om zich op te baseren. De gedetailleerde verantwoording vindt plaats in de opzet van het onderzoek en de alternatieven. Ook hier kan bij de keuzes gebruik gemaakt worden van de scorematrix [7]. Een scorematrix legt ondubbelzinnig het resultaat vast en geeft een goed input om de keuze te motiveren.

Wanneer tijdens de opleiding van je verwacht wordt dat je specifieke indeling van je verslag aanhoudt die anders is dan die van het onderzoeksverslag, zal dat in de desbetreffende studiewijzer of Brightspace pagina vermeld worden.

Bibliografie

- [1] R. v. d. Laan en A. v. d. Kooij, Exact communiceren, Houten: Bohn Stafleu Van Logheum, 2002.
- [2] „Statuten en regelingen,” Opleiding TN, Faculteit TIS, De Haagse Hogeschool, studentennet, [Online]. Available: https://dehaagsehogeschool.sharepoint.com/sites/TIS_TN-VT/SitePages/statuten-regelingen.aspx. [Geopend 18 juli 2022].
- [3] „Scribbr,” [Online]. Available: <https://www.scribbr.nl/bronvermelding/overzicht-referentiestijlen/>. [Geopend 18 juli 2022].
- [4] „APA-richtlijnen,” Taalpunt, De Haagse Hogeschool, studentennet, [Online]. Available: <https://intranet.hhs.nl/nl/nieuws/hogeschoolberichten/Paginas/De-APA-richtlijnen-uitgelegd--Nederlandstalige-handleiding-van-de-American-Psychological-Association.aspx>. [Geopend 18 7 2022].
- [5] „HAN - studiecetra,” [Online]. Available: <https://specials.han.nl/sites/studiecetra/auteursrechten/bronnen-vermelden/apa-normen/>. [Geopend 18 7 2022].
- [6] „Box Hill Insitute,” [Online]. Available: <http://libguides.bhtafe.edu.au/content.php?pid=88814&sid=660920>. [Geopend 18 7 2022].
- [7] „Leren.nl,” [Online]. Available: <http://www.leren.nl/cursus/management/besluiten-nemen/scoringsmatrix.html>. [Geopend 18 juli 2022].

Bijlage 1: Labjournaal

Een labjournaal is in feite een wetenschappelijk logboek. Hierin schrijven onderzoekers nauwkeurig op wat zij in hun experimenten doen. Alle details komen in het labjournaal terecht. Er zijn labjournaals per vakgebied te koop.

Een goed labjournaal bevat in ieder geval de volgende onderdelen:

- datum van het experiment
- namen van de mensen die eraan meewerken
- het doel van het experiment (wat wil men weten)
- hypothese (wat verwacht men dat er uitkomt)
- opzet (schematisch, instrumenten)
- uitvoering (wat heeft men gedaan, dit wordt tijdens het experiment geschreven)
- resultaten
- discussie
- conclusie

De eisen die aan het labjournaal gesteld worden zijn:

- vast bladig document
- schrijven met onuitwisbare inkt
- plaatjes of grafieken met lijm inplakken
- bladzijden nummeren
- geen bladzijden uitscheuren.

Van elektronische data moet te allen tijde de ruwe data beschikbaar zijn.

Dit alles om te voorkomen dat later wijzigingen aangebracht (fraude) kunnen worden. Vaak wordt het labjournaal door meerdere mensen getekend of geparafeerd dat zij hebben gezien dat het experiment ook werkelijk is uitgevoerd op de manier zoals is beschreven in het labjournaal.

Het is veel en nauwgezet werk maar ook zeer nuttig: enerzijds kan de onderzoeker zelf later teruglezen wat hij of zij heeft gedaan (en wat er eventueel fout is gegaan) en anderzijds levert een goed labjournaal het bewijs dat een bepaalde ontdekking door deze onderzoeker is gedaan.

Bijlage 2: Voorbeeld meetrapport

Meetrapport

PRACTICUM : Metrologie - Meettechnieken
NUMMER PROEF : 2
NAAM PROEF : Weerstandsmeting

Meetrapport geschreven door : V. Spanning
Proef uitgevoerd samen met : A. Stroom
Klas - groep : NP2o

Datum uitvoering proef : 1 mei 2017
Datum inlevering : 8 mei 2017
Aan docent : K. Oom

1. Doel van de proef/onderzoeksvraag

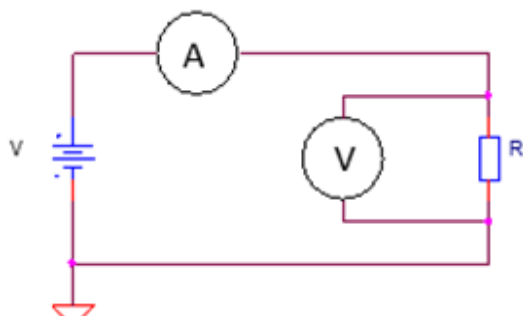
Het doel van de proef is het op twee manieren meten van de weerstandswaarde van een vermogensweerstand met behulp van digitale multimeters. Op basis van de meetresultaten de onzekerheid in de weerstandswaarde bepalen.

2. Verwacht resultaat

Op basis van de theorie (wet van Ohm) wordt een lineair verband verwacht tussen stroom en spanning. Uit dit lineaire verband kan de weerstandswaarde bepaald worden.

3. Schematische weergave van de opstelling

In figuur 1 is de meetopstelling schematisch weergegeven om de weerstand van de vermogensweerstand ($2 \times 10 \Omega$ parallel) te bepalen. De fabrieksspecificatie van een enkele weerstand is $10 \Omega \pm 1\%$ ($50 \text{ W} \pm 20\text{ppm}/^\circ\text{C}$). In dit geval wordt de stroom ingesteld waarna de spanning gemeten wordt. De meting wordt bij een aantal verschillende stromen uitgevoerd zodat bij het bepalen van de weerstandswaarde uitgegaan kan worden van een gemiddelde waarde. Meerdere metingen leveren een kleinere onzekerheid [1] op ten opzichte van één enkele meting.



Gebruikte apparatuur:

V Delta Elektronica E030-3

A TTi 1604 HH307

V TTi 1604 HH308

Ω TTi 1604 HH308

Figuur 1 Meetopstelling weerstand.

De weerstand van de aansluitdraden (R_{draad}) is $0,02 \Omega$ en is gemeten met de DMM TTi 1604 (HH308). De spanningsmeter is direct op de weerstand R aangesloten zodat er geen meetfout gemaakt wordt v.w.b. de weerstand van de aansluitdraden van de stroommeter. De inwendige weerstand R_{DMM} van de spanningsmeter is $10 \text{ M}\Omega$ waardoor de invloed van de serie weerstanden van de aansluitdraden verwaarloosbaar zijn ten opzichte van de inwendige weerstand van de spanningsmeter. De meetonzekerheid van de DMM is van dien aard dat de verwaarlozing gerechtvaardigd is.

Conclusie: de systematische fout ($R_{\text{draad}} = 2 \cdot 10^{-9} \cdot R_{\text{DMM}}$) is verwaarloosbaar t.o.v. de meetonzekerheid.

Om een juiste meting te verkrijgen zal het ontwikkelde vermogen in de weerstand klein moeten blijven waardoor de weerstand niet of nauwelijks warm wordt zodat de weerstandswaarde stabiel blijft. Bij deze meting is daar bewust *geen* rekening mee gehouden; de weerstandswaarde zal verlopen wanneer de weerstand warm wordt. De nulmeting van de

weerstand is met een DMM als weerstands-meter uitgevoerd en de weerstandswaarde bij kamer temperatuur ($21\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$) is $5,01\text{ }\Omega$. Om het opwarmeffect te beperken is gestart met het meten bij de hoogste stroom. De meting is binnen 10 s verricht waardoor de temperatuurstijging (niet gemeten) van de weerstand beperkt gebleven is. De volgende meting is gestart zodra de weerstandswaarde weer overeen kwam met de nulmeting.

In tabel 1 zijn de relevante specificaties van de DMM TTi 1604 [2] opgenomen.

Tabel 1 Specificaties DMM TTi 1604

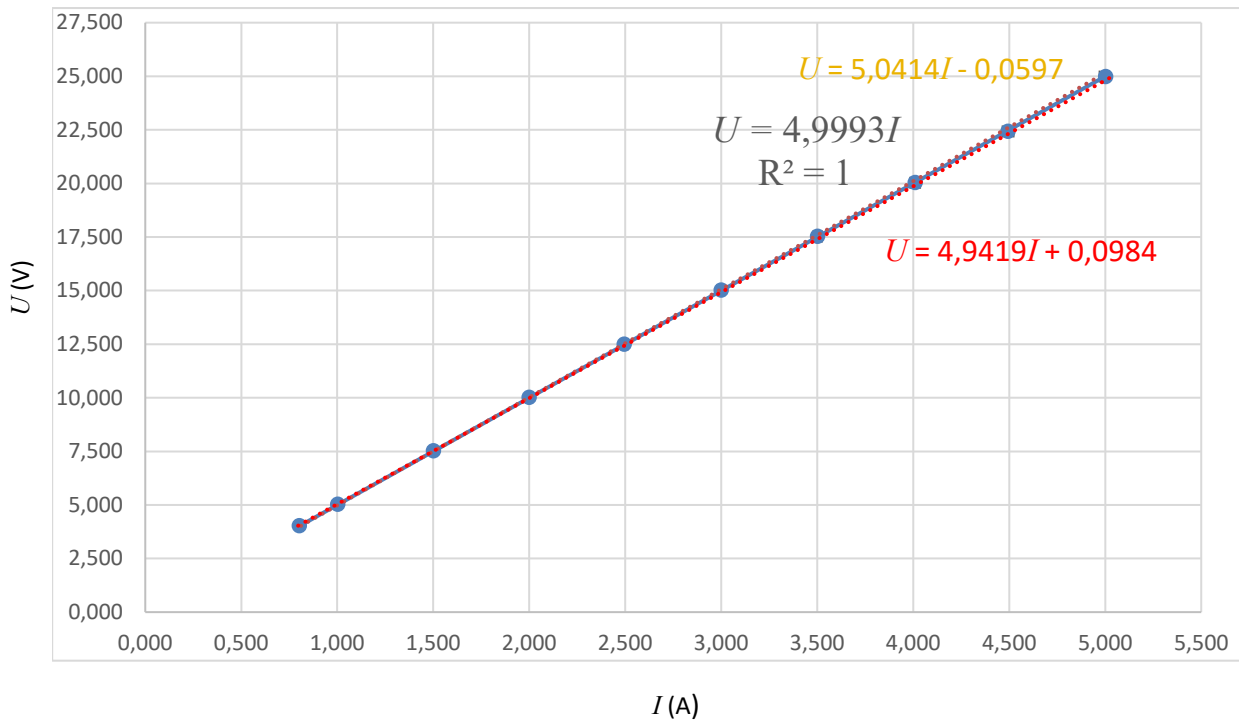
bereik	onzekerheid x % aflezing + y digits	resolutie digit
Weerstand $400\text{ }\Omega$	$0,15\text{ \%} + 6$	$10\text{ m}\Omega$
Spanning 40 V	$0,08\text{ \%} + 4$	1 mV
Stroom 10 A	$1\text{ \%} + 4$	1 mA

4. Resultaten

Nulmeting met de weerstandmeting d.m.v. de DMM TTi 1604 (HH308):

$$R = 5,01\text{ }\Omega \pm 0,16\text{ }\Omega \text{ (} k = 2 \text{)}; \text{ notatie (binnen TN is) } R = 5,0\text{ }\Omega \pm 0,2\text{ }\Omega \text{ (} k = 2 \text{)}.$$

In bijlage 1 is een tabel met de meetresultaten opgenomen; op basis van deze resultaten is de karakteristiek van figuur 2 samengesteld. De helling van de lijn $U = 4,9993I$ geeft de grootte van de weerstand aan.



Figuur 2 Spanning over de weerstand als functie van de stroom door de weerstand.

In figuur 2 zijn bij de trendlijn meer decimalen opgenomen dan de onzekerheid toelaat; het doel is echter om uit de onzekerheid van de stroom- en spanningsmeting in de karakteristiek twee lijnen op te nemen met een maximale ($\max rc$) en een minimale ($\min rc$) richtingscoëfficiënt. Uit deze gegevens is het mogelijk om een benadering van de onzekerheid in de weerstand R vast te stellen. De onzekerheid is gelijk aan $(\max rc - \min rc)/2$ en is in dit geval 0,05 ($k = 1$).

Het meetresultaat op basis van de trendlijn in Excel is:

$$R = 5,0 \, \Omega \pm 0,1 \, \Omega \, (k = 2).$$

Aangezien dit resultaat een indicatie geeft wordt onder de paragraaf uitwerkingen de formele berekening van de onzekerheid in de weerstand R opgenomen.

LIJNSCH in Excel geeft een rc van $4,987 \, \Omega$ en een spreiding van $0,004 \, \Omega$ ($k = 1$).

5. Uitwerkingen en Discussie

De berekeningen zijn gebaseerd op de meetresultaten die in bijlage 1 zijn opgenomen. De resultaten in de kolom met de aanduiding DMM type B [3] zijn omgerekend van uniforme verdeling naar normale verdeling [4]. De volgende formules zijn gebruikt om de gemiddelde weerstand R en de bijbehorende onzekerheid te berekenen.

De gemiddelde weerstand is: $R_{\text{gem}} = \sum_{j=1}^n \frac{R_j}{n} = 5,0069 \, \Omega$.

De spreiding in de meetresultaten t.o.v. de gemiddelde weerstand R_{gem} is:

$$\bar{\sigma}_{R-R_{\text{gem}}} = \sqrt{\frac{1}{n} \cdot \frac{1}{n-1} \cdot \sum_{j=1}^n (R_j - R_{\text{gem}})^2} = 0,0032 \, \Omega.$$

De meetonzekerheid t.g.v. de instrumenten is: $\bar{\sigma}_{dR} = \sqrt{\frac{1}{n} \cdot \sum_{j=1}^n (dR_j)^2} = 0,0391 \, \Omega$ waarin dR de absolute fout in de weerstand R is en wordt per meting berekend met $dR = \left| \frac{1}{I} \cdot \Delta U \right| + \left| -\frac{U}{I^2} \cdot \Delta I \right|$.

De onzekerheid in R : $\sigma_R = \sqrt{(\bar{\sigma}_{R-R_{\text{gem}}})^2 + (\bar{\sigma}_{dR})^2} = 0,0392 \, \Omega$.

Het meetresultaat is dus:

$$R = 5,01 \, \Omega \pm 0,08 \, \Omega \, (k = 2).$$

In deze meetopdracht is op twee verschillende manieren de ohmse weerstand van een vermogensweerstand gemeten. De eerste meting is verricht met een DMM als weerstandsmeter en de tweede meting is gebaseerd op de wet van Ohm nl. een stroom- en spanningsmeting. In tabel 2 is een kort overzicht opgenomen v.w.b. de meetresultaten.

Tabel 2 overzicht meetresultaten

Methode	Weerstandswaarde R	Opmerking
Weerstandmeter	$5,0 \, \Omega \pm 0,2 \, \Omega \, (k = 2)$	Berekende onzekerheid met drie significante cijfers
Stroom- spanningsmeting	$5,01 \, \Omega \pm 0,08 \, \Omega \, (k = 2)$	Berekende onzekerheid met drie significante cijfers
Gemiddelde richtingscoëfficiënt	$5,0 \, \Omega \pm 0,1 \, \Omega \, (k = 2)$	Indicatie onzekerheid uit richtingscoëfficiënt
LIJNSCH in Excel	$4,987 \, \Omega \pm 0,009 \, \Omega \, (k = 2)$	Onzekerheid uit LIJNSCH niet representatief

6. Conclusie

De vermogensweerstand is op twee manieren gemeten t.w.: direct met één DMM als weerstandsmeter en met twee DMM's (indirecte methode) die als stroom- en spanningsmeter ingezet zijn. Het meetresultaat van de indirecte meetmethode $R = 5,01 \, \Omega \pm 0,08 \, \Omega \, (k = 2)$ geeft het nauwkeurigste meetresultaat. De directe meetmethode levert $R = 5,0 \, \Omega \pm 0,2 \, \Omega \, (k = 2)$ waarbij opgemerkt moet worden dat door het naar boven afronden van de meetonzekerheid op één significant cijfer er een vertekend beeld kan ontstaan t.o.v. de indirecte meetmethode.

De grotere onzekerheid van de directe methode wordt veroorzaakt door het aantal digits ($6 \cdot 10 \, \text{m}\Omega$) dat kan afwijken in het meetresultaat.

Literatuurlijst

[1] L.H. Arntzen, Onnauwkeurighedsanalyse, Delft 2016

[2] „AIMTTi.”[Online]. Available: <https://www.aimtti.com/product-category/multimeters/aim-1604>

[Geopend 14 06 2017]

[3] „IEEE,”[Online]. Available: <http://www.bipm.org/en/publications/guides/> [Geopend 14 06 2017]

[4] „NPL,”[Online]. Available: <http://www.npl.co.uk/publications/guides/beginners-guide-to-measurement-in-electronic-and-electrical-engineering> [Geopend 14 06 2017]

LET OP: deze bijlage 1 behoort tot voorbeeld meetrapport en niet tot het hoofddocument.

Bijlage 1 Meetresultaten weerstandsmeting

Tabel 3 Meetresultaten

	DMM		DMM		Partieel diff.	
	Type B		Type B		Type B	
I (A)	$\pm \Delta I$ (A)	U (V)	$\pm \Delta U$ (V)	R (Ω)	$\pm dR$ (Ω)	$\pm dR/R$ (x100%)
0,803	0,0070	4,028	0,0042	5,016	0,049	1,0%
1,002	0,0081	5,028	0,0047	5,018	0,046	0,9%
1,501	0,0110	7,529	0,0058	5,016	0,041	0,8%
1,999	0,0139	10,023	0,0070	5,014	0,039	0,8%
2,495	0,0168	12,500	0,0081	5,010	0,037	0,7%
3,000	0,0197	15,028	0,0093	5,009	0,036	0,7%
3,502	0,0226	17,526	0,0105	5,005	0,036	0,7%
4,010	0,0255	20,032	0,0116	4,996	0,035	0,7%
4,494	0,0283	22,426	0,0127	4,990	0,035	0,7%
5,002	0,0312	24,986	0,0139	4,995	0,034	0,7%

De resultaten in de kolom met de aanduiding DMM type B zijn al omgerekend van uniforme verdeling naar normale-verdeling, zie formule (1), met als gevolg dat de laatste kolom met type B ook omgerekend is. In Excel worden de volgende formules gebruikt om de onzekerheid te berekenen:

Uniform naar normaal:

$$\sigma_{\text{Gauss}} = \frac{\sigma_{\text{Uniform}}}{\sqrt{3}} \quad (1)$$

waarin

$$\begin{array}{lll} \sigma_{\text{Gauss}} & \text{normale verdeling} & (-) \\ \sigma_{\text{Uniform}} & \text{uniforme verdeling} & (-) \end{array}$$

De **gemiddelde weerstand** van de kolom R (Ω): $R_{\text{gem}} = \sum_{j=1}^n \frac{R_j}{n}$.

De **spreiding** in R : $\bar{\sigma}_{R-R_{\text{gem}}} = \sqrt{\frac{1}{n} \cdot \frac{1}{n-1} \cdot \sum_{j=1}^n (R_j - R_{\text{gem}})^2}$. Dit kan eenvoudig in Excel door STDEV toe te passen en wel als volgt =STDEV(E55:E64)/WORTELT(AANTAL(E55:E64)) waarbij E het cel bereik is.

De **meetonzekerheid** in R : $\bar{\sigma}_{dR} = \sqrt{\frac{1}{n} \cdot \sum_{j=1}^n (dR_j)^2}$.

De **onzekerheid** in R : $\sigma_R = \sqrt{(\bar{\sigma}_{R-R_{\text{gem}}})^2 + (\bar{\sigma}_{dR})^2}$.