Meten en onzekerheid

1. Wat is meten?

Meten

Het vergelijken van een grootheid met een maat volgens een welomschreven procedure met het doel aan die grootheid een waarde toe te kennen

Grootheid

Uitkomst

Soorten schalen

1. Nominale schaal  
   een eigenschap of kwaliteit wordt benoemd; kleur
2. Ordinale schaal  
   een volgorde of rangordening wordt aangebracht; cijfers voor studiepresentaties
3. Intervalschaal  
   gelijke verschillen hebben dezelfde betekenis, maar dit geldt niet voor de verhoudingen
4. Ratioschaal  
   verhoudingen hebben een betekenis; er is een absoluut nulpunt vastgelegd op een intervalschaal
5. Kardinale schaal  
   een is een eenheid gekozen op een intervalschaal met vastgelegd nulpunt of op een ratioschaal

2. Eenheden en dimensies

Eenheid

Is op elk moment en op elke plaats aan de hand van hun definitie betrouwbaar te reproduceren; cm, ⁰C

Zeven grondeenheden

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Grootheid |  | SI eenheid |  | Symbool gronddimensie |
| naam | symbool | naam | Symbool |  |
| lengte | *l, s* | meter | m | L |
| massa | *m* | kilogram | kg | M |
| tijd | *t* | seconde | s | T |
| elektrische stroom | *I* | ampère | A | I |
| thermodynamische temperatuur | *T* | kelvin | K | Θ |
| hoeveelheid stof | *n* | mol | mol | N |
| lichtsterkte | *I* | candela | cd | J |

Dimensie / eenheid

Sommige grootheden (vb. hoek) hebben wel een eenheid (radiaal of graad) maar geen dimensie. Andere grootheden (activiteit van een radioactieve bron en frequentie) hebben verschillende eenheden (becquerel en hertz) maar dezelfde dimensie (T-1).

3. Meten en onzekerheid

Onzekerheid u(x)

Deze onzekerheid kan blijken bij herhaling.

(u van uncertainty)

Reproduceerbarheid

Als er ook sprake is van een andere meetmethode, andere experimentator, een ander meetinstrument en/of een andere meetlocatie

Afwijking

De afwijking van de gemeten waarde met de werkelijke waarde die we willen weten

Nauwkeurige meting

Een meting met een afwijking kleiner dan 1%

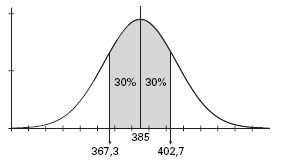
Manieren om onzekerheid te schatten

1. Statistisch  
   onzekerheid wordt bepaald met gegevens van herhaald meten en de regels van de statistiek
2. Niet-statistisch  
   onzekerheid wordt bepaald door het gedrag van materialen en instrumenten, herhaald meten helpt hier niet bij omdat het gaat om systematische fouten inherent aan de meettechniek of instrument

4. Statistische schatting van onzekerheid

Normale verdeling

Een veelvoorkomende kansverdeling. De betekenis van de kansdichtheidfunctie van de normale verdeling is dat de kans om een waarde te vinden tussen bepaalde grenzen gelijk is aan het oppervlak onder de curve tussen die twee grenzen. De kansdichtheidfunctie is dus geen kans en de waarden kunnen groter zijn dan 1.



Verdelingsstandaardafwijking, σ

Naarmate de breedte van de kansdichtheidsfunctie groter is, zullen de uitkomsten bij herhaling meer spreiden. De breedte van de verdelingsstandaardafwijking is dus een maat voor de onzekerheid in het resultaat van een individuele meting.

Verdelingsgemiddelde, meetverwachting μ

Gemeten gemiddelde

n≥5, de onzekerheid bij een oneindig aantal metingen is 0.

Bij herhaling van de bepaling van het gemiddelde

Standaardonzekerheid u

Uitgebreide onzekerheid

De standaardonzekerheid uitgebreid met een factor . Deze hangt samen met het gebruik van 95% betrouwbaarheidsintervallen in de statistiek, vaak .

Schrappen van meetuitkomsten

Toegestaan wanneer díe meetuitkomsten meer dan drie gemeten standaardafwijkingen van het gemeten gemiddelde verwijderd zijn, er dienen minstens 11 meetuitkomsten te zijn.

5. Niet-statistische bepaling van de onzekerheid

Wordt veroorzaakt door

1. Definitiebijdrage

wanneer de grootheid niet goed gedefinieerd is

1. Methodefout  
   wanneer de meetmethode een ongewenste invloed uitoefent op het meetresultaat
2. Instrumentbijdrage (vb. ijkfouten)
3. Kwantisatiefouten  
   Bij analoog-digitaal conversie en bij digitaal aflezen en instellen, omdat er alleen met ‘hele’ waarden gewerkt kan worden
4. Afleesbijdragen en instelbijdragen (vb. parallax)
5. Interpretatiebijdragen  
   Wanneer de werkelijkheid van het model afwijkt. Vb. het gebruik van de wet van Ohm waar die niet volledig opgaat, en het verwaarlozen van de slingerhoek bij het interpreteren van de trillingstijd van een slinger.

6. Notatie en afronden

**De onzekerheid ronden we af op éen significant cijfer, waarbij leidende nullen niet meetellen.** De belangrijke uitzondering hierop: als het leidende cijfers van de standaardonzekerheid u(x) een 1 is, dan behoudt u(x) twee significante cijfers.

Het aantal significante cijfers in de uitkomst achter de komma wordt gelijk aan het aantal significante cijfers van de onzekerheid achter de komma.

Vb.

wordt .

7. Doorwerking: éen gemeten grootheid

8. Doorwerking: meer dan éen gemeten grootheid

Partiële onzekerheden

We houden steeds op éen na alle variabelen constant en berekenen het effect van de onzekerheid in de niet constant gehouden variabele op de onzekerheid in het eindresultaat.

Partiële afgeleide

Richtingscoefficiënt van een raaklijn aan een kromme lijn, deze kromme lijn krijg e door doorsnijding van het functieoppervlak met een vlak x=constant of y=constant.

Gecombineerde onzekerheid u(z)

Berekenen met:

Doorwerkingsfomule

Stel z=z(p, q, r, …) waarbij p, q, r, … verschillende gemeten grootheden zijn, met onzekerheden u(p), u(q), u(r), …

met  
 Differentiëren van f naar p, waarbij q, r, … als constante beschouwd wordt.  
 onzekerheid van p

9. Absoluut of relatief?

Relatieve onzekerheid

De relatieve onzekerheid werkt door met de machtsfactor.

Voor machtsfuncties met C en m constanten, vinden we:

Stel m, n, … zijn de respectievelijke exponenten van de variabelen p, q, r, … in de formule waarmee z berekend wordt:

Dan geldt

10. Strijdigheid

Strijdige resultaten

Wanneer de resultaten buiten de onzekerheid om van elkaar verschillen.

We verklaren a en b strijdig wanneer:

11. Regressie

Regressieprobleem

Er wordt een bepaald verband veronderstelt dat wordt gebruikt om parameters in dat verband waarden te geven.

Kleinste-kwadraten-methode

Bepaling van een rechte lijn die aan de volgende voorwaarden voldoet:

1. Hij gaat door de oorsprong
2. De som van de kwadratische afwijkingen in verticale richting van de meetpunten tot de lijn is minimaal

Voor een model :

Met de doorwerkingsformule levert dit

met

Bij : , want de x-as wordt kwadratisch om de lijn recht te trekken voor een vorm van .

geeft

geeft

Soorten modellen

1. Lineaire modellen  
   de parameters, maar niet noodzakelijk de x-waarde, komen lineair voor
2. Niet-lineaire modellen