

mbo

Meettheorie installatietechniek

TECHNIEKSTAD

Inhoudsopgave

1	Inleiding	5
2	Metten	7
2.1	Wat is meten?	7
2.2	Tijdconstante	9
2.3	Nauwkeurigheid	10
2.4	Meetvormers	11
2.5	Technische normen en richtlijnen	12
3	Temperatuur meten	15
3.1	Algemeen	15
3.2	Meetinstrumenten	16
3.3	Metingen	21
4	Luchtvochtigheid	23
4.1	Algemeen	23
4.2	Meetinstrumenten	24
4.3	Metingen	26
5	Druk meten	27
5.1	Algemeen	27
5.2	Meetinstrumenten	27
5.3	Drukmetingen	30
6	Volumestroom en snelheid	33
6.1	Algemeen	33
6.2	Meetinstrumenten	34
6.3	Metingen	38
7	Toerental	45
7.1	Algemeen	45
7.2	Meetinstrumenten	45
8	Niveau meten	47
8.1	Algemeen	47
8.2	Meetinstrumenten	47
9	Luchtkwaliteit en rookgasanalyse	51
9.1	Algemeen	51
9.2	Meetinstrumenten	52
9.3	Metingen	53
10	Oefenvragen	55

INZELDE

1 Inleiding

Meten

In bijna alle gebieden van techniek krijg je te maken met meten. Meten is het vaststellen van de waarde van een grootte, bijvoorbeeld temperatuur, snelheid of druk. Daarom is het van belang dat je weet welke soorten metingen er zijn en welke meetinstrumenten je daarbij gebruikt.



Meetinstrumenten

Ook bij het ontwerpen van een klimaatinstallatie is kennis over meten van belang. Je moet weten op welke plaatsen in de installatie de diverse grootheden gemeten moeten worden en op welke manier dat het beste kan gebeuren. Bij storingen of voor het vastleggen van trends moeten de meetpunten immers betrouwbare informatie leveren.

Veel informatie over meetmethoden en meettechnieken vind je in technische normen en richtlijnen, die zich speciaal richten op klimaatinstallaties. Dit boek is gebaseerd op de ISSO-publicaties.

Literatuurlijst

- ISSO-researchrapport 20.2, Meetpunten en meetmethoden voor klimaatinstallaties + Bijlage B: Nauwkeurigheid van metingen
- ISSO-publicatie 31, Meetpunten en meetmethoden voor klimaatinstallaties,
- Handboek installatietechniek, TVVL, ISSO en NOVEM

Doelgroep

Dit thema is bedoeld voor iedereen die een beroepsopleiding volgt in de installatietechniek maar vooral voor ontwerpers en servicetechnici van installaties voor gebouwen.

Het thema richt zich op de theorie van de meettechniek voor klimaatinstallaties.

Wat weet je al?

Je bent bekend met praktische natuurkunde en de basisbeginselen van de elektrotechniek.

Wat ga je leren?

Je gaat in dit thema leren wat meten precies inhoudt, welke metingen er zijn en waarmee je die uit kunt voeren. Aan het eind van dit thema kun je:

- verschillende soorten metingen beschrijven voor klimaatinstallaties (wat meet je, waar meet je, waarmee doe je dat);
- de eigenschappen en toepassingen verklaren van de belangrijkste meters en opnemers in de installatietechniek;
- de belangrijkste begrippen bij opnemers beschrijven, zoals tijdconstante, passief en actief meten, absolute en relatieve meetfout.

Hoe is de lesstof opgebouwd?

In dit boek komen de volgende onderwerpen aan de orde:

- algemene informatie over meten (o.a. tijdconstante, meetfouten);
- meting van de verschillende grootheden (o.a. snelheid, temperatuur, luchtvochtigheid);
- diverse meetinstrumenten die je bij de metingen gebruikt

2 Meten

2.1 Wat is meten?

Definitie van meten

Als je iets gaat meten, dan verzamel je informatie over een waarneming.

Stel dat je wilt weten hoe warm het water uit de kraan is, dan kun je je hand eronder houden. Je krijgt dan informatie over je waarneming, bijvoorbeeld: het water is koud.

Deze waarneming is subjectief. Dat betekent dat de waarneming voor iedereen anders is.



Waarneming 'koud water'

Jij vindt het water koud, maar iemand anders vindt het bijvoorbeeld lauw. Daarnaast is de waarneming niet nauwkeurig. Het water kan koud zijn, maar hoe koud is het dan precies?

Daarom noemen we deze waarneming geen meting. Een belangrijke eigenschap van een goede meting is dat hij objectief is.

Om tot een objectieve meting te komen, hebben we eenduidige procedés nodig, die voor iedereen bekend zijn. Daarom is in het verleden gezocht naar nauwkeurig meetbare verschijnselen in de natuur die samenhangen met de te meten grootheid.



Meetopstelling voor een objectieve meting

Als we naar temperatuur kijken, dan zijn voorbeelden van zulke variaties: uitzetting, thermo-elektrische effecten en kleurverandering. Deze verschijnselen vormen de basis voor de meetinstrumenten waar wij tegenwoordig mee werken.

Meetinstrumenten leveren dus een objectieve en nauwkeurige meting van de temperatuur. Zij zorgen ervoor dat het resultaat van de waarneming op eenduidige wijze wordt vastgelegd en kan worden overgedragen. Zo kun je de temperatuur meten met een thermometer.



Nauwkeurig meten met een digitale thermometer

Die thermometer werkt volgens een vastgelegd principe en geeft steeds een objectieve weergave van de temperatuur, meestal in graden Celsius.

Een goede meting kan ook steeds herhaald worden met hetzelfde resultaat (bij gelijkblijvende omstandigheden). We zeggen dan dat een meting reproduceerbaar is.

Algemeen gesteld: meten is het toekennen van een getal aan een eigenschap of situatie volgens een vastgesteld, eenduidig procédé dat reproduceerbaar is.

Waarom meten?

In het algemeen kun je zeggen dat mensen meten om informatie over de wereld om hen heen te verzamelen zodat ze die wereld beter kunnen begrijpen.

In de installatietechniek geldt eigenlijk hetzelfde. Je doet bijvoorbeeld metingen om de installatie te optimaliseren, of om de kans op afwijkingen zo klein mogelijk te houden.



Metingen om de installatie te optimaliseren

Meten is ook van groot belang om processen te kunnen beheersen. Metingen zorgen ervoor dat processen kunnen verlopen binnen de gewenste grenswaarden: de procesgrootheden worden gemeten en vergeleken met de gewenste waarde. Daarna kunnen correcties worden aangebracht. Door standaardmetingen uit te voeren, kan dit hele proces geautomatiseerd verlopen.

Omvormer

Vaak wordt de grootheid waarvan we de waarde willen kennen, omgezet in een andere grootheid, die makkelijker te verwerken is. Dit gebeurt met een 'omvormer'. Op deze omvormer zullen in het algemeen ook storende grootheden inwerken, die allemaal in meer of mindere mate hun invloed op het resultaat uitoefenen.

We nemen nu temperatuur als voorbeeld van de grootheid die we willen meten, maar het principe is algemeen geldig.

Uit het bovenstaande volgt dat de te meten temperatuur in moet kunnen werken op de temperatuur van de omvormer (voortaan temperatuuropmeter genoemd). Er zullen ook stoorinvloeden werkzaam zijn.

Stoorinvloed

Vanwege de eenvoud wordt aangenomen dat de omgevingstemperatuur de enige stoorinvloed is.

1. Temperatuur van de omgeving
2. Te meten temperatuur
3. Resulterende grootheid



In- en uitgangen van een temperatuuropmeter

De inwerking van de stoorinvloed bestaat uit een energietransport naar of van de temperatuuropmeter. De snelheid van dit transport hangt af van de hoeveelheid materiaal tussen de temperaturen, het soort materiaal (ofwel de mate van warmtegeleiding ervan) en het temperatuurverschil. Door het energietransport wordt het temperatuurverschil steeds kleiner en daardoor ook de snelheid van dit transport.

Dit betekent voor ons voorbeeld dat als de temperatuur van de omgeving verandert, het temperatuurverschil tussen stoorinvloed en omvormer groot is. De temperatuur van de omvormer zal snel veranderen en dan wordt het temperatuurverschil kleiner. De temperatuur van de omvormer zal hierdoor steeds langzamer veranderen, totdat de ingangstemperatuur weer verandert.

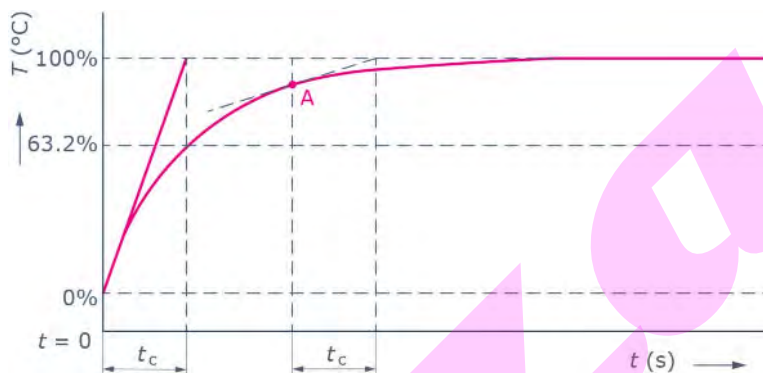
Een maat voor de snelheid van dit energietransport is de tijdconstante.

2.2 Tijdconstante

De tijdconstante is de tijd die nodig is om 63% van een traject te doorlopen, ofwel om tot 63% van de eindwaarde te komen. Dit aspect is van belang bij niet-stationaire metingen (metingen van grootheden die veranderen).

Het verloop van de temperatuur van de omvormer op een verstoring is exponentieel. Dit verloop op een stapvormige verstoring is weergegeven in de volgende afbeelding. De tijdconstante wordt daarin weergegeven als t_c .

De eindwaarde wordt sneller bereikt naarmate de tijdconstante kleiner is. De gemeten waarde ijlt na ten opzichte van de werkelijke waarde. Deze is groter naarmate de tijdconstante groter zal zijn. Het te meten proces bepaalt de tijdconstante.



Responsie op een stapvormige verstoring

Voor $t = t_c$ zal de opnemer 63,2% van zijn temperatuurtraject hebben doorlopen.

De nauwkeurigheid van de meting is sterk afhankelijk is van de tijdconstante. Daarom wordt deze meestal in de technische specificaties van de opnemer opgegeven.

2.3 Nauwkeurigheid

Meetfouten

Je kunt geen meting doen zonder fouten. Er zal altijd een verschil zijn tussen het meetresultaat en de werkelijke waarde van de gemeten grootte, hoe klein dit verschil ook is. Meetfouten beïnvloeden dus de nauwkeurigheid van een meting. Om toch met een meting te kunnen gaan rekenen, heb je een maat voor de nauwkeurigheid van een instrument nodig. De nauwkeurigheid wordt gedefinieerd als: "De mate waarin de met een bepaalde methode verkregen meetwaarde de werkelijke waarde benadert."

De nauwkeurigheid van een instrument wordt altijd op het apparaat aangegeven. Bij een digitaal instrument wordt de nauwkeurigheid aangeduid in het aantal digits achter de komma dat getoond wordt. Bij wijzerinstrumenten is de nauwkeurigheid aangegeven op de schaal van het instrument.

Soorten meetfouten

Wanneer de mogelijke fout uitgedrukt wordt in een bepaald aantal eenheden van de te meten grootte, wordt dit de absolute fout genoemd. Wanneer de mogelijke fout uitgedrukt wordt als percentage van de gemeten waarde, wordt dit de relatieve fout genoemd. In de praktijk wordt meestal met relatieve meetfouten gewerkt. Dit is de nauwkeurighedsfactor die je op het meetinstrument aantreft.

Fouten kunnen ontstaan door vergissingen en door meetfouten. Bij een vergissing moet je denken aan het verkeerd aflezen van het resultaat of het verkeerd instellen van het meetinstrument.

Meetfouten zijn te verdelen in twee soorten: systematische en toevallige fouten.

Systematische fouten

Afwijkingen ten opzichte van de werkelijke waarde die steeds hetzelfde teken hebben en vaak ook dezelfde grootte, noemen we systematische fouten.

Een systematische fout in een meting kan de volgende oorzaken hebben:

- De nulinstelling van het meetapparaat is niet juist.
- De meetmethode en/of het meetapparaat is niet gekalibreerd.
- In de tijd samenhangende natuurkundige grootheden worden met te lange tussenpozen gemeten.
- De meetmethode en/of het meetapparaat heeft een te grote tijdconstante.
- Er is sprake van belasting van het meetobject door het meetapparaat, bijvoorbeeld bij de meetkoker die gebruikt wordt om de luchtvolumestroom door een rooster te meten.

Systematische fouten kunnen opgespoord worden door de hele meetketen (dus: meetobject, meetinstrument en waarnemer) nauwkeurig te analyseren of door een andere meetmethode te hanteren. Is de oorzaak van een systematische fout bekend, dan kun je vaak het meetresultaat corrigeren door een correctiefactor toe te passen.

Correctiefactoren komen onder andere voor bij (meervoudige) rastermetingen, zoals drukmetingen in een kanaal.

Toevallige fouten

Toevallige fouten hebben bij iedere volgende meting van dezelfde grootte met dezelfde meetapparatuur, een andere grootte. Dat komt doordat de fout geen eenduidige oorzaak heeft, maar voorkomt uit een groot aantal factoren, die niet bekend zijn. Deze factoren beïnvloeden het resultaat onafhankelijk van elkaar. Doordat de oorzaak van een toevallige fout niet bekend is, kun je er ook niet voor corrigeren, zoals je dat bij systematische fouten wel kunt.

Voorbeelden van toevallige fouten zijn afleesfouten die je maakt bij het aflezen van een analoge indicator (zoals een thermometer), en instelfouten die gemaakt worden bij het instellen van nul situaties (zoals brugevenwicht).

Gewenste nauwkeurigheid

Er worden met verschillende doeleinden metingen verricht. Voor niet ieder doel is een even grote nauwkeurigheid vereist. Als een monteur tijdens een controle bijvoorbeeld de watertemperatuur afleest, houdt hij normaal gesproken niet bewust rekening met een nauwkeurigheid. Die past hij min of meer onbewust toe. Ook bij het inregelen van volumestromen is het formeel hanteren van een nauwkeurigheid niet nodig.

Als er echter gemeten wordt voor registratie of voor het beproeven van installatiecomponenten, dan speelt nauwkeurigheid een veel grotere rol. Dan moet de nauwkeurigheid betrokken worden in de meting, om zo nauwkeurig mogelijke meetresultaten te verkrijgen.

2.4 Meetomvormers

Passieve meetomvormers

Passieve meetomvormers realiseren de omzetting van een fysische grootte naar een signaal binnen een bepaalde nauwkeurigheid. Het is niet mogelijk het signaal tot het van belang zijnde meetgebied te begrenzen. Het meetgebied is dan ook vaak veel groter.

Ook hebben passieve meetopnemers geen eigen voeding nodig. Ze worden gevoed vanuit het instrument of de regelaar.

Voorbeelden van passieve meetomvormers zijn:

- weerstandstemperaturopnemers
- meetopnemers op basis van uitzettingsverschil, zoals bimetaal
- temperatuurafhankelijke weerstanden, bijvoorbeeld Pt 100 (Platina 100).



Passieve meetomvormers



Voorbeeld van een passieve meetomvormer

Actieve meetomvormers

Actieve meetomvormers worden gevoed vanuit een externe voedingsbron (bijvoorbeeld 24 V of 230 V). Ze zetten een fysische grootte zoals temperatuur, relatieve vochtigheid, druk en dergelijke, gemeten door een passieve meetomvormer, om in een standaard signaal.



Actieve meetomvormers

Deze signalen zijn:

- elektrisch: 0 - 1 mV
- 0 - 10 V
- 0 - 1 V
- 0 - 20 mA
- 4 - 20 mA
- pneumatisch: 20-100 kPa.

Ook is het in het algemeen mogelijk verschillende meetgebieden voor de actieve opnemer te kiezen. Dan is een meetgebied van -20 °C tot +40 °C bijvoorbeeld gekoppeld aan een signaal van 0 tot 10 V.

Een druktransmitter is een voorbeeld van een actieve meetomvormer. Voor het meten van bijv. een vloeistofniveau wordt in de druktransmitter de vloeistofdruk op de meetcel omgezet in een elektrisch signaal.



Druktransmitter

Aanwijsinstrumenten

Dit zijn meetomvormers waarbij een fysische grootte uitsluitend wordt omgezet in een verplaatsing of getalsmatige presentatie, die op eenduidige wijze samenhangt met de betreffende fysische grootte. Een aanwijsinstrument geeft dus geen signaal door, maar laat alleen een meetresultaat zien.

Voorbeelden zijn de glasthermometer, die werkt met vloeistof en de wijzerthermometer, die werkt met een bimetaal.

2.5 Technische normen en richtlijnen

Bij het ontwerpen van een klimaatregelinstantie zul je rekening moeten houden met een groot aantal meetplaatsen. Moeten er diverse grootheden, zoals temperatuur en druk, gemeten worden, dan moet dat gebeuren door op de juiste plaats in de installatie en ook op de juiste manier te meten.

Om te weten op welke plaats in de installatie je welke instrumenten kunt aanbrengen om een bepaalde grootheid te meten, kun je gebruik maken van de ISSO-publicaties.

Meetmethode

Ook voor het kiezen van de juiste meetmethode zijn deze publicaties van belang. De meetmethoden zijn gerangschikt op grootheid. Je moet dus eerst weten welke grootheid je wilt gaan meten. In de ISSO-publicatie(s) vind je een overzicht van de grootheden. Per grootheid wordt aangegeven welk meetinstrument je het beste kunt gebruiken en waar je het instrument moet plaatsen voor een optimaal resultaat.

Bij het meten in de praktijk moet je ook rekening houden de instructies van de fabrikant van het te meten toestel of het meetinstrument.

WZWB

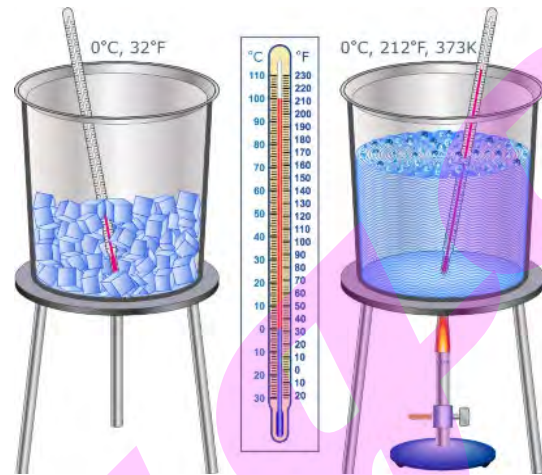
ERBODE

3 Temperatuur meten

3.1 Algemeen

Als de fysische eigenschappen van voorwerpen die in thermisch contact met elkaar staan, niet meer veranderen, dan hebben ze dezelfde temperatuur. Deze temperatuur kan weergegeven worden als een getal op een willekeurige schaal.

In de loop van de geschiedenis zijn meerdere temperatuurschalen gedefinieerd door aan twee 'vaste temperaturen' een getal toe te kennen en het tussenliggende 'temperatuurtraject' in gelijke delen te verdelen. De getallen werden zo gekozen dat deze altijd de spontane warmtestroom weergeven, die optreedt van de hoge naar de lage temperatuur. De bekendste temperatuurschalen, die zo ontstonden zijn die van Fahrenheit en Celsius. Celsius kende aan het smeltpunt van ijs het getal 0 toe en aan het kookpunt van water het getal 100, alles bij een druk van 101,3 kPa.



Temperatuurschalen

Vanuit de thermodynamica weten we dat er voor de temperatuur een absoluut nulpunt bestaat, namelijk 0 Kelvin (K). Internationaal is Kelvin de eenheid van temperatuur. 0 K komt overeen met $-273,16\text{ }^{\circ}\text{C}$. 1 K temperatuurverschil is gelijk aan het temperatuurverschil van $1\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Temperatuurmeters meten meestal niet de temperatuur zelf, maar een grootheid die afhangt van de temperatuur. Door het vaste verband tussen die grootheid en de temperatuur ontstaat er een meting waaruit de temperatuur af te leiden is.

Er is een aantal grootheden aan de hand waarvan je temperaturen kunt meten. Zo kan onder andere gebruik gemaakt worden van:

- de verandering van de elektrische weerstand van geleiders en halfgeleiders;
- het ontstaan van elektrische spanningen in een keten van verschillende metalen;
- de kubieke uitzetting van vaste, vloeibare en gasvormige stoffen;
- de verandering van aggregatietoestand of chemische structuur;
- de verandering van de golflengte alsmede van de hoeveelheid energie, die door een voorwerp wordt uitgezonden.

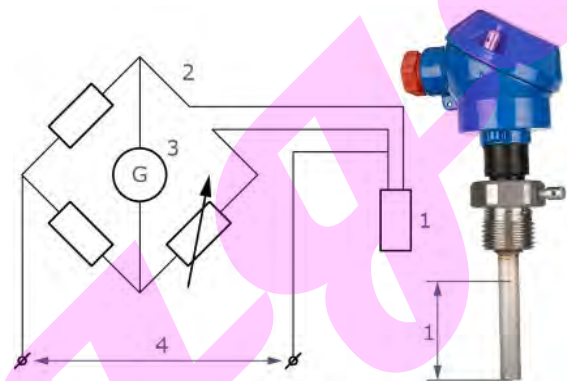
3.2 Meetinstrumenten

Weerstandstemperaturopnemer

Deze thermometer berust op de natuurkundige eigenschap dat de elektrische weerstand van een geleider (metaal) en halfgeleider afhankelijk is van de temperatuur. Weerstandstemperaturopnemers gebruik je onder andere voor het meten van de vloeistof- of luchttemperatuur van bijv. vloeistoffen in vaten, de buitenlucht of ruimtelucht.

Als van een geleider de relatie tussen temperatuur en elektrische weerstand bekend is, kan uit een weerstandsmeting de temperatuur bepaald worden. Een uitvoeringsvorm van een weerstandstemperatuur opnemer en meting is hieronder weergegeven.

1. meetweerstand
2. meetbrug
3. meetspanning
4. voedingspanning



Meting bij weerstandstemperaturopnemer

Het is belangrijk dat grootheden als straling, vochtigheid, druk en tijd geen noemenswaardige invloed hebben op het weerstandsverloop in de opnemer. Dit bereik je door de nodige afscherming te plaatsen op de juiste plaats in het te meten proces.

De meest gebruikte elementen voor een geleider in een weerstandstemperaturopnemer zijn nikkel en platina.

	Nikkel 1000	Platina 100
Toepassingsgebied (°C)	-60 tot 150	-220 tot 850
Nauwkeurigheid t.o.v. maximum schaalwaarde (%)	1,5	1,5

Kenmerken nikkel en platina als geleider

In een klimaatregelsysteem wordt nikkel het meest gebruikt. De Ni1000 is een temperaturopnemer uit nikkel waarvan de weerstand 1000 Ω bedraagt bij 0 °C.

Er zijn ook weerstandstemperaturopnemers die gebruik maken van halfgeleiders, bijvoorbeeld silicium (Si). Binnen de halfgeleiders onderscheiden we twee varianten:

- NTC (Negative Temperature Coefficient): de weerstand wordt kleiner naarmate de temperatuur hoger wordt.
- PTC (Positive Temperature Coefficient): de weerstand wordt groter naarmate de temperatuur hoger wordt.

Het toepassingsgebied van deze weerstanden bedraagt -100 °C tot 300 °C.

Een nadeel van de NTC- en de PTC-weerstanden is de nauwkeurigheid. Naarmate de nauwkeurigheid groter moet zijn, worden deze weerstanden duurder en moeten ze speciaal geselecteerd worden.

Vloeistofglasthermometer

De werking van de vloeistofglasthermometer berust op de uitzetting van een vloeistof, bijvoorbeeld alcohol of pentaan. Kwik is niet meer toegestaan omdat dat schadelijk is voor het milieu als het vrijkomt, bijvoorbeeld bij beschadiging van de thermometer. De vloeistof bevindt zich in een meetreservoir, dat verbonden is met een doorzichtig dun buisje, het zogenaamde capillair.

Achter het capillair wordt een schaalverdeling aangebracht, waarop het volume en daarmee de temperatuur kan worden afgelezen. Ter vereenvoudiging zijn op de schaalverdeling reeds temperatuurwaarden aangegeven.

Je gebruikt deze thermometer als je de temperatuur wilt weten voor inspectie van watervoerende systemen.

Het toepassingsgebied van de vloeistofglasthermometer is $-200\text{ }^{\circ}\text{C}$ tot $+200\text{ }^{\circ}\text{C}$. De nauwkeurigheid is 0,05% tot 1% van de maximale schaalwaarde.

1. vloeistof-meetreservoir
2. capillair



Direct-aanwijzende vloeistofthermometer

Omdat kwik bij $-37\text{ }^{\circ}\text{C}$ beviest, gebruikt men voor meten van lagere temperaturen analoge thermometers met een vulling van bijvoorbeeld alcohol.

Hoge temperaturen, bijvoorbeeld temperaturen van meer dan $1000\text{ }^{\circ}\text{C}$, worden vaak met stralingspyrometers bepaald.

Veerdrukthermometer (vloeistofdrukthermometer)

In deze thermometer bevindt de vloeistof zich in een meetreservoir, dat door middel van een capillair verbonden is met een meetelement, dat in het algemeen uit een Bourdonbuis bestaat. Dit is een dunwandige buis met een min of meer ellips-vormige doorsnede, die over een hoek van 270 graden of meer gebogen is.

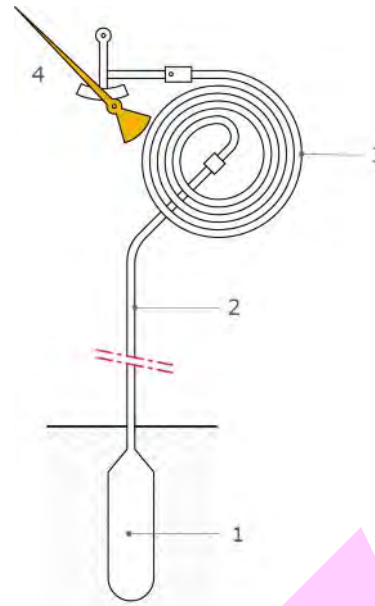


Vloeistofdrukthermometer

Een volumetoename of -afname heeft tot gevolg, dat de ellipsvormige doorsnede over gaat in een meer respectievelijk minder cirkelvormige doorsnede, waardoor de bourdonbuis zich meer respectievelijk minder zal strekken.

De plaats van een van de uiteinden van de Bourdonbuis is nu een maat voor de temperatuur, die mechanisch op een aanwijzer wordt overgebracht.

1. vloeistof-meetreservoir
2. capillair
3. Bourdonbuis
4. mechanische aanwijzer



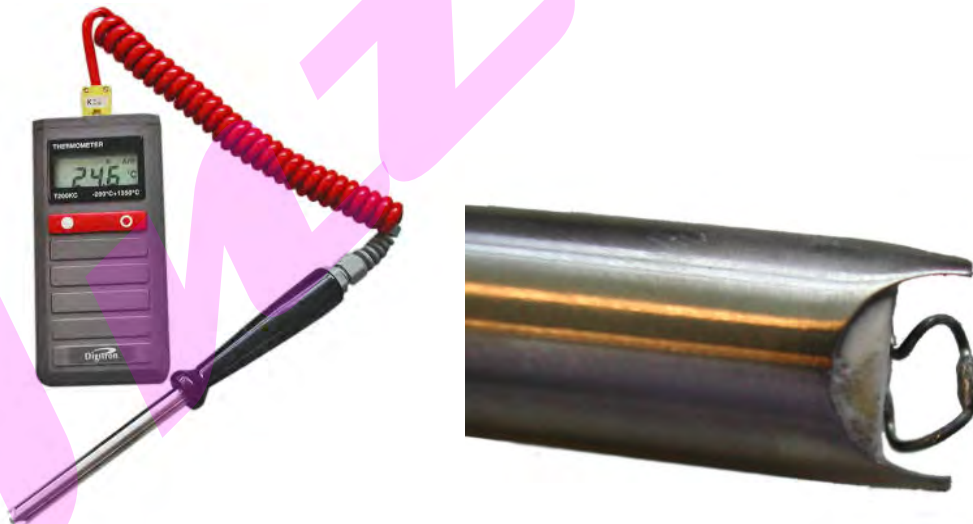
Veerdrukthermometer

Het toepassingsgebied van de vloeistofglashermometer is $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ tot $+600\text{ }^{\circ}\text{C}$. De nauwkeurigheid is 1% tot 2% van de maximale schaalwaarde.

De veerdrukthermometer wordt voornamelijk gebruikt in watervoerende systemen.

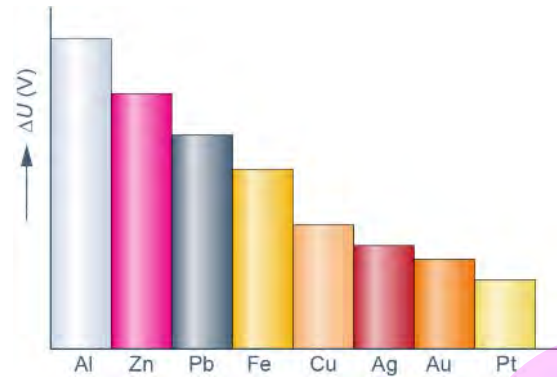
Thermo-elektrische thermometer

Deze thermometer berust op spanningsverschil via een thermokoppel. Daarom noemen we het ook wel een thermo-elektrische thermometer. Je gebruikt een thermokoppel ten behoeve van beproeving en/of registratie met name bij hoge temperaturen.



Thermo-elektrische meter via thermokoppel (detail)

De werking van het thermokoppel is als volgt. Als twee verschillende metalen met elkaar in contact komen, dan treedt er over het grensvlak een spanningsverschil op. Het blijkt dat bij een constante temperatuur alle metalen zodanig in een rij gerangschikt kunnen worden, dat bij contact tussen opeenvolgende metalen in de rij een negatief spanningsverschil bestaat.



Rangschikking naar onderling spanningsverschil

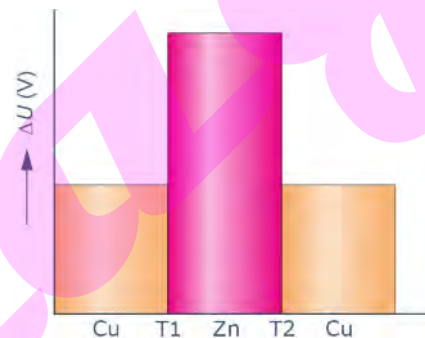
Het spanningsverschil tussen twee elementen is afhankelijk van:

- het toegepaste materiaal;
- de temperatuur van het grensvlak. Het spanningsverschil neemt toe bij stijging van de temperatuur.

Het spanningsverschil tussen twee elementen is onafhankelijk van:

- de grootte van het grensvlak;
- een elektrische stroom door het grensvlak;
- het al dan niet aanwezig zijn van een tussenliggend element.

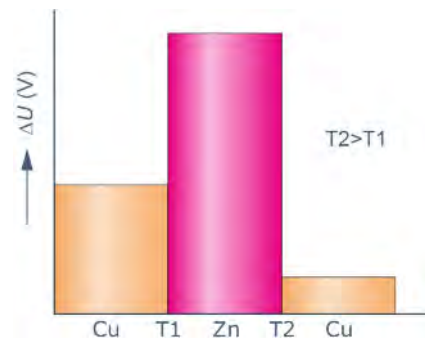
Wordt een stukje zink (Zn) tussen twee stukjes koper (Cu) geplaatst, dan zal er geen spanningsverschil bestaan tussen de twee stukjes koper, zolang de grensvlakken dezelfde temperatuur hebben.



Positief en negatief spanningsverschil bij gelijke temperatuur

Wordt de temperatuur van een van de grensvlakken verhoogd dan zal daar een hoger spanningsverschil ontstaan.

Het spanningsverschil dat nu ontstaat ten gevolge van een 'warme' en 'koude las' wordt thermo-EMK (EMK = Elektro-Motorische Kracht) genoemd en is een maat voor het temperatuurverschil tussen de twee lassen.



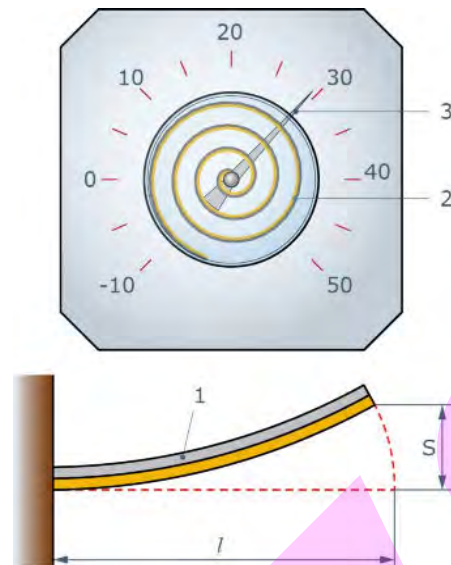
Spanningsverschil bij ongelijke temperatuur

In principe kun je met een thermokoppel alleen temperatuurverschillen meten. Door een van beide lassen echter elektronisch op een bekende en constante temperatuur te houden of zijn temperatuurvariaties te compenseren, is het mogelijk absolute temperaturen te meten.

Bimetaalthermometer

Een bimetaalthermometer (bi = dubbel) bestaat uit twee verschillende metalen stroken, die op elkaar gewalst zijn. Als materiaal wordt meestal invar en brons of nikkel toegepast. Ten gevolge van de verschillende lineaire uitzettingscoëfficiënten van de twee metalen kromt deze strip zich als functie van de temperatuur. De kromming is nu een maat voor de temperatuur. Om een grotere afwijking te verkrijgen wordt het bimetaal verlengd en om praktische redenen tot een spiraal opgerold.

1. bimetalen strook
2. bimetalen spiraal
3. aanwijzer



Bimetaal-temperatuurmeting

Bimetaalthermometers worden voornamelijk gebruikt voor temperatuurindicaties in luchtkanalen. Het toepassingsgebied loopt van -50 °C tot 400 °C en de nauwkeurigheid bedraagt ongeveer 1,5% van de maximum schaalwaarde.

Infraroodthermometer

Elk object zendt in absolute zin een hoeveelheid straling uit, waarbij geldt: hoe warmer een object is, hoe sterker de straling die het uitzendt.

De infraroodthermometer werkt volgens het principe van het ontvangen van de hoeveelheid straling (energie) van het object. Via een lichtgevoelige cel wordt de energie in een getal, meestal °C, omgezet.



Infraroodthermometer

Het voordeel van een infraroodmeting is dat er geen contact is tussen de meter en het te meten object, waardoor de meting nauwkeuriger is omdat er geen warmte wordt onttrokken door de opnemer.

Het toepassingsgebied van de infraroodthermometer loopt van -50°C tot +500°C. Let op: hoe groter de afstand van de thermometer tot het object is, hoe onnauwkeuriger de meting wordt.

3.3 Metingen

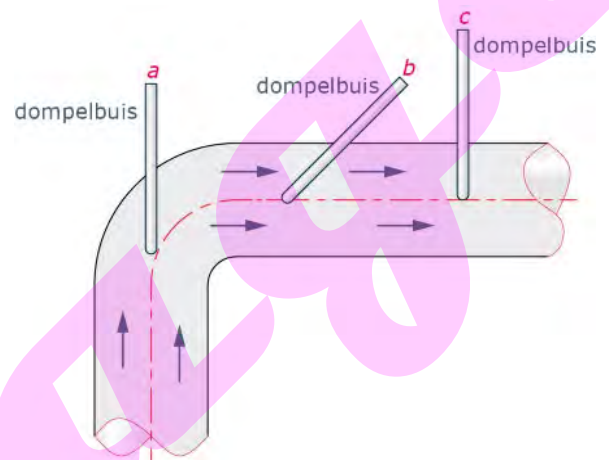
Luchttemperatuur in luchtkanaal

Als je in een luchtkanaal de temperatuur wilt meten, moet je op de juiste plaatsen meetpunten aanbrengen. De meetpunten breng je aan op plaatsen waar over de doorsnede een zo uniform mogelijk temperatuurprofiel verwacht kan worden.

Wil je meten in een rechthoekig kanaal, dan moet je de insteeklengte van de temperatuuropnemer kiezen aan de hand van de afmeting van het kanaal. Voor het meten van de temperatuur in een luchtkanaal gebruik je weerstandthermometers of thermokoppels.

Vloeistoftemperatuur in een leiding

Als je de gemiddelde vloeistoftemperatuur in een leiding wilt meten, dan kun je de thermometer aanbrengen in een dompelbuis. Deze dompelbuis kun je op drie verschillende manieren in de leiding bevestigen, met verschillende nauwkeurigheden als resultaat. Kijk per plaats goed welk meetinstrument je kunt gebruiken.



Meetpunten in vloeistofleiding

- a. *in een bocht tegen de stroomrichting in*
nauwkeurigheid: hoog
meetinstrument: weerstandthermometer of thermo-elektrische thermometer
- b. *in een rechte leiding schuin tegen de stromingsrichting in*
nauwkeurigheid: minder dan op plaats a
meetinstrument: weerstandthermometer of thermo-elektrische meter
- c. *in een rechte leiding loodrecht op de stromingsrichting*
nauwkeurigheid: minder dan op plaats b
meetinstrument: vloeistofglasthermometer of veerdrukthermometer

Let op!

Het volgende bij het installeren van het meetpunt: vul de dompelbuis rondom de sensor van het meetapparaat op met geleidingspasta of vloeistof, bijvoorbeeld glycerine. Dan ben je zeker van een goede warmteoverdracht.

Bij het aflezen van de temperatuur is het van belang dat er een voldoende stationaire situatie is en dat de meting zijn 'eindwaarde' aangeeft. Stop dus pas met meten als de meetwaarde niet meer verandert.

BRUNNEN

4 Luchtvochtigheid

4.1 Algemeen

Als je een fles uit de koelkast pakt, zie je dat hij beslaat. Er kunnen zelfs druppels langs de fles lopen. Dat water moet afkomstig zijn uit de lucht in de kamer. De lage temperatuur van de fles zorgt ervoor dat de waterdamp in de lucht in de relatief warme kamer condenseert op de fles.



Condens op de fles

Dit eenvoudige voorbeeld laat zien dat lucht in staat is vocht op te nemen. De mate waarin dit gebeurt, bepaalt de luchtvochtigheid. De maximale hoeveelheid vocht die in 1 m³ lucht aanwezig kan zijn, hangt sterk af van de temperatuur. Deze maximum hoeveelheid vocht zal een partiële dampdruk π_s bezitten. Dit wordt de verzadigingsdruk genoemd. Naarmate de temperatuur stijgt kan lucht meer vocht opnemen en daardoor neemt de verzadigingsdruk π_s toe.

De hoeveelheid vocht, die daadwerkelijk in de lucht aanwezig is, is de absolute vochtigheid en wordt uitgedrukt in g/kg droge lucht. Deze zal in het algemeen een partiële dampdruk π bezitten, waarbij $\pi < \pi_s$.

De relatieve luchtvochtigheid is gedefinieerd als de verhouding van de partiële druk π (hoeveelheid vocht die daadwerkelijk in de lucht zit) en de partiële verzadigingsdruk π_s (hoeveelheid vocht die in de lucht *kan* zitten) bij de heersende temperatuur. De relatieve vochtigheid wordt uitgedrukt met het symbool ϕ . Voor het aanduiden van een waarde voor de relatieve vochtigheid wordt vaak % RV gebruikt.

Uitgedrukt in procenten geeft dit:

% RV
$\phi = \frac{\pi}{\pi_s} \cdot 100\%$
ϕ = relatieve vochtigheid π = partiële dampdruk (in Pa) π_s = verzadigingsdruk (in Pa)

Wanneer de temperatuur steeds verder afneemt wordt $\pi = \pi_s$. De relatieve luchtvochtigheid is dan 100%. Het vocht in de lucht zal gaan condenseren.