



Opbygning og anvendelse af modstandstermometre

Temperaturafhængig modstand

Til elektriske temperaturmålinger udnyttes meget ofte den elektriske modstands temperaturafhængighed. Da den elektriske modstand tiltager med stigende temperatur, taler man f.eks. ved platin-temperatursensorer om en positiv temperaturkoefficient eller **PTC (Positiv Temperature Coefficient)**. For at kunne anvende denne effekt ved temperaturmålinger, skal metallet ændre sin elektriske modstand på en reproducerbar måde afhængigt af temperaturen. Metallens karakteristiske egenskaber må ikke ændre sig under driftsfasen, da det medfører målefejl. Temperaturkoefficienten bør helst være uafhængig af temperatur, tryk og kemiske påvirkninger.

Normerede platin-temperatursensorer

Som modstandsmateriale er platin det fortrukne materiale til temperaturmåling i den industrielle måleteknik. Fordelene ved dette materiale er bl.a. høj kemisk bestandighed, forholdsvis let bearbejdning (især ved trådfremstillingen), og den gode reproducerbarhed af de elektriske egenskaber. For at sikre en universel udveksling defineres disse egenskaber i DIN EN 60 751.

I denne standard er den elektriske modstand og den tilladte afvigelse fastlagt afhængigt af temperaturen.

Til de yderligere definitioner tæller temperatursensorens nominelle værdi og temperaturområdet. Man skelner ved beregningen mellem temperaturområderne -200 til 0 °C og 0 til 850 °C.

For området fra -200 til 0 °C gælder et tredjegrads polynomium:

$$R(t) = R_0(1 + A \times t + B \times t^2 + C \times (t - 100^\circ\text{C}) \times t^3)$$

For området fra 0 til 850 °C gælder et andengrads polynomium...

$$R(t) = R_0(1 + A \times t + B \times t^2)$$

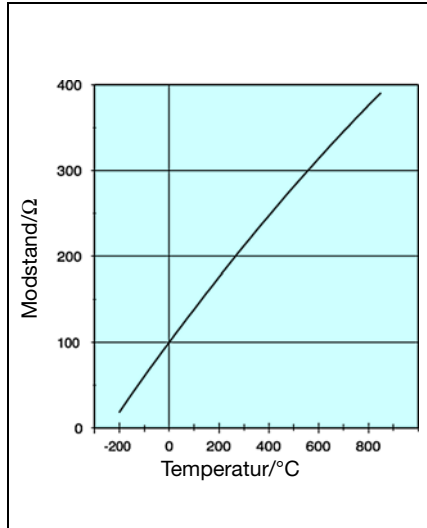
...med koefficienterne:

$$A = 3,9083 \times 10^{-3} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$$

$$B = -5,775 \times 10^{-7} \text{ } ^\circ\text{C}^{-2}$$

$$C = -4,183 \times 10^{-12} \text{ } ^\circ\text{C}^{-4}$$

Størrelsen R_0 betegnes som **nominel værdi** og angiver modstandsværdien ved 0 °C.



Ill. 1: Pt 100-karakteristik

Ifølge DIN EN 60 751 er den nominelle værdi 100,000 Ω ved 0 °C. Man taler derfor også om en Pt 100-temperatursensor.

Derudover tilbydes også temperatursensorer med nominelle værdier på 500 og 1000 Ω. Deres fordel er en højere følsomhed, dvs. en stærk ændring af deres modstandsværdi i afhængighed af temperaturen.

Modstandsændringerne i temperaturområdet op til 100 °C er ca.:

0,4 Ω/K ved Pt 100-temperatursensorer
2,0 Ω/K ved Pt 500-temperatursensorer
4,0 Ω/K ved Pt 1000-temperatursensorer
Som yderligere parameter definerer DIN en gennemsnitlig temperaturkoefficient mellem 0 °C og 100 °C. Den angiver den gennemsnitlige modstandsændring relateret til den nominelle værdi ved 0 °C:

$$\alpha = \frac{R_{100} - R_0}{R_0 \times 100^\circ\text{C}} = 3,850 \times 10^{-3} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$$

R_0 og R_{100} er modstandsværdierne ved temperaturerne 0 °C eller 100 °C.

Beregning af temperaturen ud fra modstanden

Ved anvendelsen som termometer beregnes den pågældende temperatur på grundlag af temperatursensorens modstand. De nævnte formler gengiver den elektriske modstands afhængighed af temperaturen.

For temperaturer over 0°C kan man aflede en lukket form af visningen ud fra karakteristikken iht. DIN EN 60 751 til konstatering af temperaturen:

$$= \frac{-R_0 \times A + [(R_0 \times A)^2 - 4 \times R_0 \times B \times (R_0 - R)]^{1/2}}{2 \times R_0 \times B}$$

R = målt modstand i Ω
 t = beregnet temperatur i °C
 R_0, A, B = parametre iht. DIN EN 60 751

Grænseafvigelser

Ved grænseafvigelserne skelner DIN mellem to toleranceklasser:

$$\text{Klasse A: } \Delta t = \pm (0,15 + 0,002 \times |t|)$$

$$\text{Klasse B: } \Delta t = \pm (0,30 + 0,005 \times |t|)$$

t = temperatur i °C (uden fortegn)

Til beregning af grænseafvigelsen ΔR i Ω ved en temperatur på $t > 0$ °C gælder:

$$\Delta R = R_0(A + 2 \times B \times t) \times \Delta t$$

Ved $t < 0$ °C gælder:

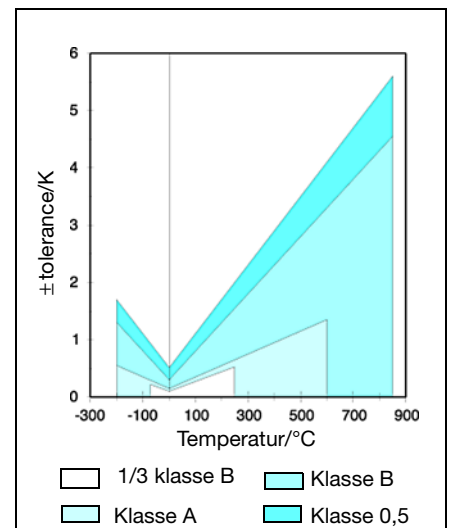
$$R = R_0(A + 2 \times B \times t - 300^\circ\text{C} \times C \times t^2 + 4 \times C \times t^3) \times t$$

Toleranceklasse A gælder for temperaturer fra -200 til +600 °C.

For toleranceklassen B gælder det samlede definitionsområde fra -200 til +850 °C.

Udvidede toleranceklasser

Det viser sig igen og igen, at de to anførte toleranceklasser i standarden ikke er tilstrækkelige for bestemte anvendelsesformål. Baserende på de standardiserede tolerancer har **JUMO** defineret en yderligere inddeling af toleranceklasserne for at kunne opfylde de meget forskellige krav på markedet.



Ill. 2: Toleranceforløb afhængigt af måle-temperaturen



Toleranceklasse	Sensorkategori	Temperaturområde	Tolerance i K
Klasse 1/3 DIN B	Tyndfilm Tråd	-50 ... +200 °C -70 ... +250 °C	± (0,10 K + 0,0017 x Itl)
Klasse A	Tyndfilm Tråd	-70 ... +300 °C -200 ... +600 °C	± (0,15 K + 0,002 x Itl)
Klasse B	Tyndfilm Tråd	-70 ... +600 °C -200 ... +850 °C	± (0,30 K + 0,005 x Itl)
Klasse 0,5	Tyndfilm Tråd	-70 ... +600 °C -200 ... +850 °C	± (0,50 K + 0,006 x Itl)

Tab. 1: Toleranceklasser - temperaturgyldighedsområde

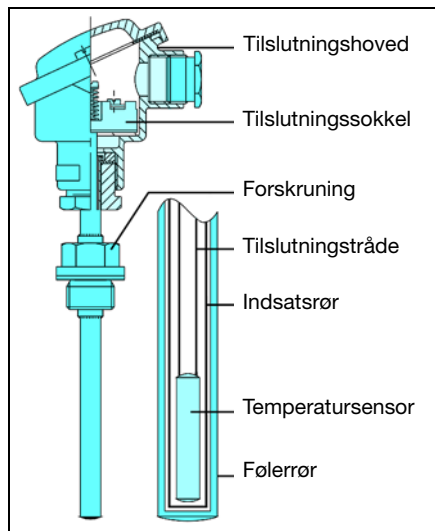
Itl = måletemperatur i °C uden fortegn

Modstandstermometrenes opbygning

Ud over et næsten uoverskueligt stort antal af særudførelser findes der også termometre, hvis komponenter beskrives fuldstændigt gennem standarder.

Modstandstermometer med tilslutningshoved

Et sådant **modstandstermometer** har en modular opbygning: det består af måleindsatsen, følerøret, tilslutningshovedet og den deri anbragte tilslutningssokkel samt eventuelt også flanger eller klemforskruinger. Som **temperatursensor** betegnes kun den del af modstandstermometeret, som målværdien har direkte indflydelse på.



III. 3: Opbygning af et elektrisk termometer

Måleindsatser er færdigkonfektionerede enheder bestående af temperatursensor og tilslutningssokkel, hvorved temperatursensoren er anbragt i et **indsatsrør** med 6 eller 8 mm diameter af SnBz6 iht. DIN 17 681 (op til 300 °C) eller nikkel.

De skubbes ind i det egentlige **følerør**, som ofte er fremstillet af rustfrit stål.

Indsatsrørets bundplade flugter med følerørets bundplade for at sikre en god

varmeovergang.

Måleindsatsens fastspændingsskruer ligger på fjedre, således at en bundkontakt er sikret, selvom indsats- og følerør udvider sig forskelligt i længden. På den måde kan måleindsatsen nemt udskiftes senere. Termometrene fremstilles i enkelt eller dobbelt udførelse. Deres dimensioner fastlægges af standarden DIN 43 762. Der fremstilles også måleindsatser med integreret 2-tråds transmitter.

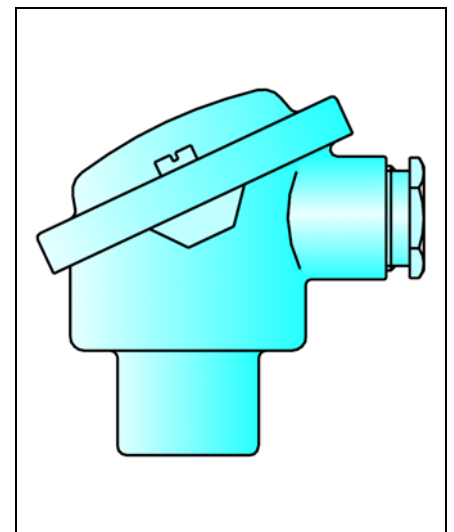
Hvis ingen måleindsats anvendes, er temperatursensoren, indlejret i aluminiumoxid eller varmeledende stof, anbragt direkte i følerøret. Efter monteringen monteres tilslutningssoklen i tilslutningshovedet og tilførselsledningerne loddet sammen. Senere udskiftning af sensoren er så ikke mulig, i dette tilfælde skal det komplette modstandstermometer udskiftes.

Ved brug af en **dyklomme** kan et termometer tages ud uden at anlægget skal gøres trykløst eller tømmes.

Det drejer sig herved om et slags følerør, der monteres fast på målestedet, i hvilket termometeret skubbes ind og fikseres. Andre udførelsesformer har et indvendigt gevind, således at et termometer kan skrues ind. Herved kan termometeret kun bestå af en måleindsats, men også have et eget følerør. Dog forringes reaktionstiden tydeligt. Selve dyklommen svejdes fast på målestedet (hvilket ikke er muligt med følerør på grund af den lille vægtykkelse) eller har et udvendigt gevind, for det meste et rørgvind.

Da dyklommen kommer i direkte berøring med målemediet, stilles de samme krav til den med hensyn til kemisk og mekanisk bestandighed som til følerøret.

For **tilslutningshovederne** defineres i DIN 43 729 byggeformerne A og B, der er forskellige i størrelse og minimalt også i form.



III. 4: Tilslutningshoved iht. DIN 43 729, form B

Som materialer anvendes støbejern, aluminium eller plast.

Der findes også forskellige andre udførelser, der er tilpasset specielle krav. Beskyttelsesklassen er ikke standardiseret, normale er stænkvandsbeskyttede udførelser (IP54).

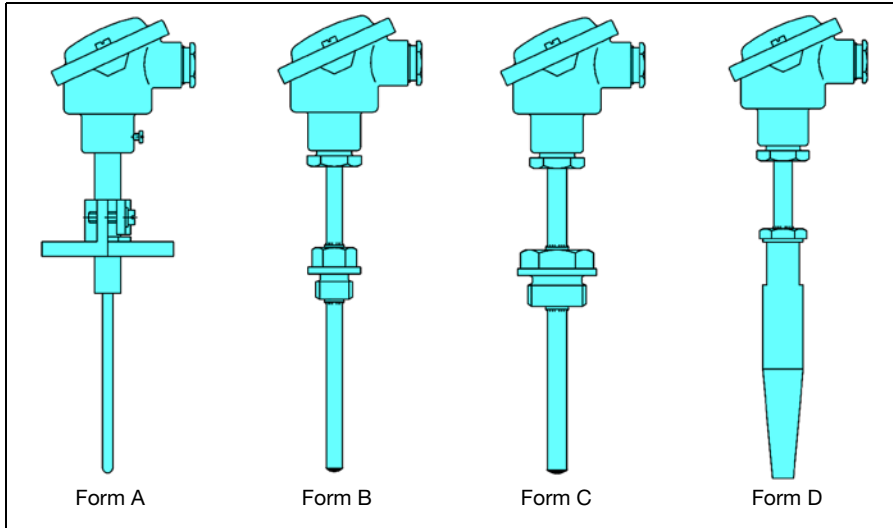
Det nominelle mål af hullets diameter til optagelse af følerøret er for tilslutningshovederne:

Ved form A: 22, 24 eller 32 mm.

Ved form B: 15 mm eller

gevind M 24 x 1,5.

Det mindre tilslutningshoved form B anvendes overvejende, hvilket 2-tråds transmitteren også er udformet til.



III. 5: Termometer iht. DIN 43 770

For modstandstermometre og termoelementer er der i standarderne 43 764 til 43 769 fastlagt forskellige udførelser af følerør til forskellige opgaver. De er alle udstyret med en måleindsats og et tilslutningshoved form B. Også følerørens diameter og længder er fastlagte.

Formen på disse termometers følerør (med flange, konisk, osv.) mærkes med kendingsbogstaverne A til G, der er fastlagt i DIN 43 763:

Form A: Emaljeret rør til fastgørelse med forskydelig stopflange til røggasmålinger

Form B: Rør med påsvejet gevind G 1/2 A

Form C: Rør med påsvejet gevind G 1A

Form D: Trykfast, tykvægget rør til indsvejsning

Form E: Rør med tilspidset ende for hurtigreagerende adfærd til fastgørelse gennem forskydelig stopflange

Form F: Rør som form E, dog med påsvejet flange

Form G: Rør som form E, dog med påsvejet gevind G 1A

Den nævnte standard 43 763 fastlægger også materialerne samt deres beskrivelse med specielle forkortelser. Mærkningen "Følerør DIN 43 763-B1-H" f.eks. markerer et rør efter form B, altså med påsvejet gevind G 1/2 A med en længde på 305 mm (kodeciffer 1) af stål St 35.8 (kendingsbogstav H). Yderligere angives i standarden den tilladte trykbelastning gennem luft, vand eller damp samt den maksimale flowhastighed. Herigennem kan man allerede i den konstruktive fase af anlæg fremstillingen tages højde til de beskrevne følerør.

I øvrigt er der mange særudførelser til rådighed, delvist med standardiserede

tilslutningshoveder, delvist i meget specielle, ikke standardiserede udførelser med stikforbindelser eller fast monteret tilslutningskabel.

Modstandstermometre iht. DIN EN 14 597

Modstandstermometre, der tilsluttes til temperaturregulatorer eller temperaturbegrænsere i varmegeneratorer, skal opfylde kravene i standarden DIN EN 14 597. Det drejer sig om modstandstermometre, som beskrevet i forrige afsnit, der har en yderligere typegodkendelse fra TÜV. Modstandstermometrene skal kunne belastes mindst en time med temperaturer på 15 % over den øvre grænsetemperatur og overholde bestemte reaktionstider afhængigt af mediet (f. eks. i luft $t_{0,63} = 120$ s). Yderligere skal termometrene være konstrueret således, at de kan modstå de mekaniske belastninger gennem tryk udefra og mediets flowhastighed under temperatur.

Ændringer på termometrene uden ny typegodkendelse fra TÜV er ikke tilladt!

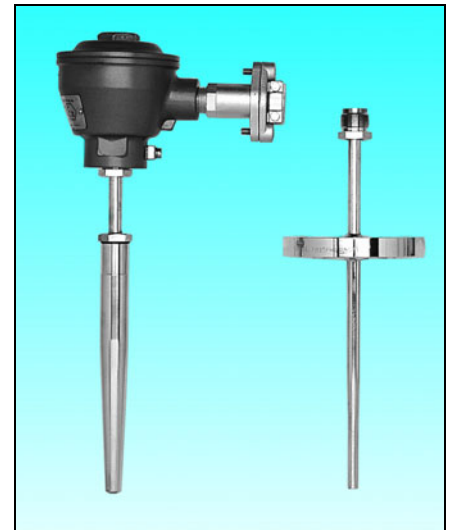
Eksplodingsbeskyttede modstandstermometre

Overalt, hvor der opbevares, forarbejdes eller fremstilles brandbare, kan der dannes en eksplosiv atmosfære i forbindelse med luft, hvilket udgør en risiko for miljøet. De nødvendige forudsætninger og bestemmelser, som elektriske driftsmidler skal opfylde for at kunne blive anvendt i eksplosionsfarlige områder, er sammenfattet i Europastandarderne EN 50 014 ... EN 50 020. Et godkendt apparat ifølge disse standarder må dermed anvendes i hele Europa.

Trykfast kapsling Eex "d"

Transducere i trykfast kapsling er udformet således, at alle dele, der kan antænde eksplosiv atmosfære, er lukket sikkert inde i indbygningshuset eller tilslutningshovedet. En eksplosion i det indre kan således ikke fortsætte udenfor. Dette opnås gennem snævre tolerancer, specielle kabelrør og en særdeles stabil opbygning af tilslutningshovedet. Fordelene ved denne udførelse:

- Egensikker spændingsforsyning er ikke nødvendig
- Tilslutning i 2-, 3- eller 4-leder teknik er mulig
- Kan også leveres med 2-tråds transmitter



III. 6: Modstandstermometer i trykfast kapsling EEx "d"

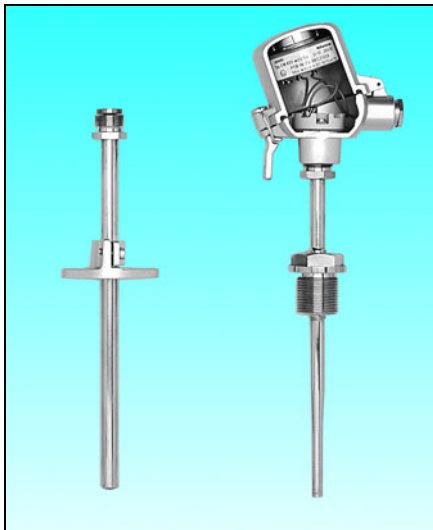
Egensikkerhed EEx "i"

Til forskel fra kategorien tryksikker kapsling "d", som generelt vedrører udstyr, betragtes ved kategorien egensikkerhed "i" altid hele strømkredsen.

Den egensikre 2-tråds transmitter med et udgangssignal på 4 ... 20 mA befinder sig ved denne type modstandstermometre direkte i termometrets tilslutningshoved med forstørret udformning og integreres i en egensikker strømkreds.

Denne monteringsmåde byder på vigtige fordele:

- Støjsikkert udgangssignal allerede fra termometeret
- Lave installationsomkostninger
- Ledningskompensation er ikke nødvendig
- Overførsel af målesignalet over lange strækninger
- Montering og reparation under drift

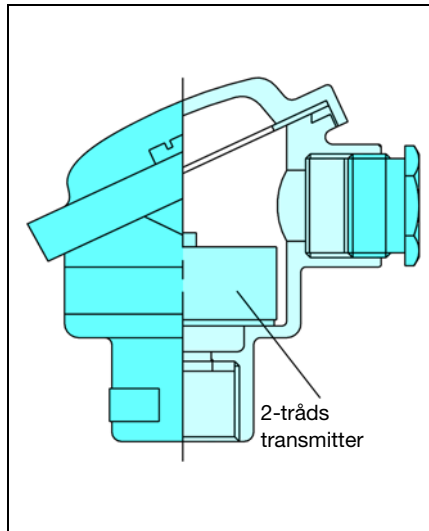


III. 7: Modstandstermometer med egensikkerhed EEx "i"

Modstandstermometre med 2-tråds transmittere

Modstandstermometre med transmittere til temperaturmålinger i flydende og gasformige medier anvendes, når målesignaler skal overføres støjsikkert over større distancer. Transmitteren omformer sensorsignalet til et standardiseret, temperaturlineært strøm-signal fra 4 til 20 mA.

Transmitteren forsynes ligeledes med spænding via tilslutningskablerne. Man benytter herved hvilestrømmen på 4 mA. På grund af det forhøjede nulpunkt taler man også om "life zero". 2-tråds transmitteren forstærker signalet og reducerer dets støjfølsomhed betydeligt. Den i epoxyharpiks støbte 2-tråds transmitter befinder sig ved disse udførelser direkte i modstandstermometrets tilslutningshoved.



III. 8: Tilslutningshoved med 2-tråds transmitter

Transmitteren egner sig til driftstemperaturer op til 90 °C. Ud over det standardmæssige tilslutningshoved form B kan typerne BUZ, BBK eller BUZH leveres.

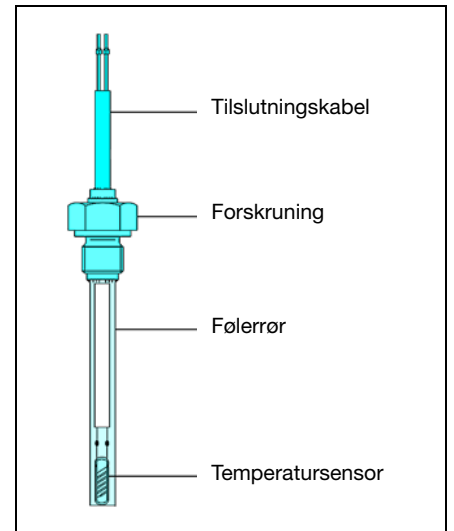
Modstandstermometre med tilslutningskabel

Ved modstandstermometre med tilslutningskabel gives afkald på en måleindsats og et tilslutningshoved. Temperatursensoren er direkte forbundet med tilslutningskablet og sat ind i følerørret. Til trækaflastning rulles eller presses følerørret delvist flere gange ind i enden (beskyttelsesklasse IP65). Hulrummet mellem følerør og temperatursensor fyldes normalt med et varmeledende materiale for at forbedre den termiske kontakt til målemidiet. Den maksimale måletemperatur bestemmes først og fremmest af temperaturbestandigheden af tilslutningskablets kappe- og isoleringsmateriale. I tabellen er der som eksempel nævnt et par materialer og deres max. temperatur.

Materiale	t _{max} °C
PVC	80
PVC 105	105
Silikone	180
PTFE	260

Termometrenes udførelser er meget forskellige og tilpasses i mange tilfælde kundespecifikt. Derfor nævnes her et par nøgletal.

- Diameter: 2 ... 8 mm
- Følerørslængde: 35 ... 150 mm
- Følerørmateriale: Rustfrit stål, messing, coatet stål
- Tilslutningsteknik: 2-, 3-, 4-leder
- Mekanisk tilslutning: Flange med løs forskrunding, fast forskrunding og klemforskrunding



III. 9: Opbygning af et modstandstermometer med tilslutningskabel

En yderligere udførelse er **modstandstermometre til sterilisatorer**.

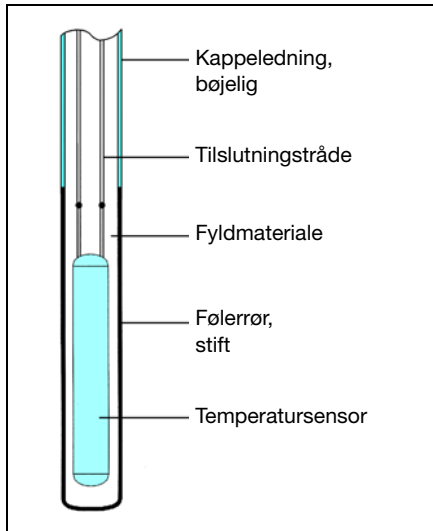
Med henblik på pålidelighed stilles der store krav til disse temperaturfølere, da anlæggene som regel kører i døgndrift.

Overgangen fra følerørret til tilslutningskablet er vanddamp-tæt og kan modstå tryk på 0,1 ... 4 bar absolut ved temperaturer op til 150 °C.

Grundudførelserne er udstyret med højtemperaturbestandige PTFE-tilslutningskabler og glatte følerør. Disse temperaturfølere indeholder op til tre Pt 100-temperatursensorer iht. DIN EN 60 751 (se typeblad 90.2830).

Kappemodstandstermometre

Kappemodstandstermometre baserer på en mineraliseret kappeledning. I den tyndvæggede kappeledning af rustfrit stål er de interne kobbertråde indlejret i komprimeret ildfast magnesiumoxid. Temperatursensoren i 2-, 3- eller 4-leder teknik er forbundet med de interne tråde og indbygget i følerørret af rustfrit stål. Følerør og kappeledning er sammensvejet. Diametrene begynder allerede ved 1,9 mm.



Ill. 10: Opbygning af et kappemodstandstermometer

Den særdeles gode varmeovergang mellem **følerrør** og temperatursensor muliggør korte reaktionstider ($t_{0,5}$ fra 1,2 s) og høj målenøjagtighed. Den vibrationssikre konstruktion garanterer en lang levetid. Gennem den bøjelige **kappeledning**, mindste bøjeradius 5 x udvendig diameter (1,9/3/6 mm) tillader temperaturmålinger på vanskeligt tilgængelige steder. På grund af deres egenskaber anvendes kappemodstandstermometre i kemianlæg, kraftværker, rørledninger, i motorfabrikker, på prøvestande samt på alle målesteder, hvor der ønskes bøjelighed og problemfri montering.

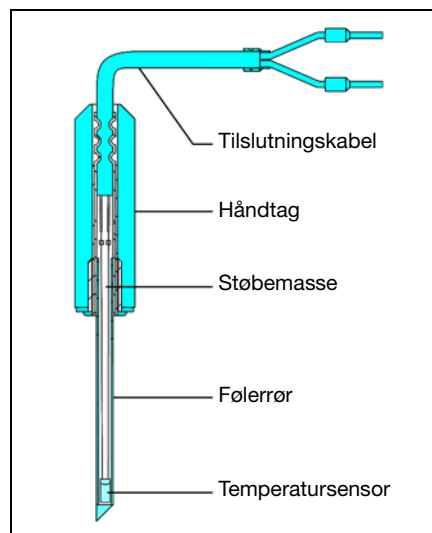
Varmemåler-modstandstermometre

Varmemåler-modstandstermometre har en national typegodkendelse fra Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB). De forskellige udførelser opfylder kravene i det europæiske standardudkast EN 14 34 og anbefales af den tyske fjernvarmeforening (AGFW). **Termometre med tilslutnings hoved** kan leveres både til direkte temperaturmåling og til brug i egnede dykklommer med pasning. Indbygnings længderne varierer fra 85 til 400 mm. En variant er **modstandstermometeret med tilslutningskabel** som udførelse til indskrining eller med indstiksføler. Modstandstermometre til indskrining med gevind M 10x1 måler direkte i mediet og har følgende fordele: hurtige reaktionstider og minimale varmeafledningsfejl. Ved brug af modstandstermometre med indstiksfølere i lommer med pasningstolerance bortfalder tømning af systemet ved udskiftning efter godkendelsesperiodens udløb. Det ideelle monteringssted til modstandstermometre til indskrining med tilslutningskabel er kugleventiler til rørledninger med diameter 1/

2", 3/4" og 1". Gennem kugleventils specielle konstruktion skal rørsystemerne ikke tømmes ved montering/udskiftning af temperaturføleren. På grund af de små rørdiameter fremkommer der indbygningslængder på max. 30 mm. Herigennem opstår en varmeafledningsfejl, der har indflydelse på måleresultatet. Gennem optimering af den indvendige opbygning er den varmeafledningsfejl, der anses som ubetydelig, ved **JUMO**-modstandstermometrene mindre end 0,03 K og er dermed stadigvæk under PTB-kravet (0,1 K).

Modstandstermometre med indstiksføler

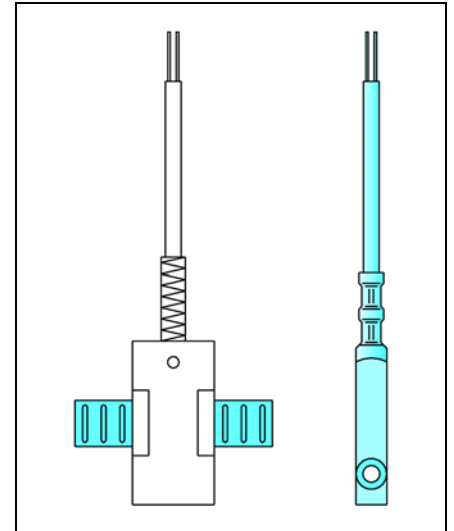
Grundkonstruktionen baserer på et modstandstermometer med tilslutningskabel, der er forsynet med et håndtag. Disse termometertyper udmærker sig gennem følgende egenskaber: bestandige over for temperatursvingninger, vand(damp)tætte, stød- og vibrationssikre. Temperatursensoren, i 2- eller 3-leder tilslutning, er indsat og indstøbt i følerrøret. Det 100mm lange følerrør består af rustfrit stål og har en centrisk eller skrå målespids. Håndtagene af PTFE-, PPS-plast eller HTV-silikone er bestandige over for et stort antal aggressive medier. Tilslutningskablet er isoleret med PTFE for en god varmebestandighed.



Ill. 11: Opbygning af et modstandstermometer med indstiksføler

Det skal fremhæves at den indvendige opbygning med tætning, sikrer høj temperaturvarmebestandighed og (vand-) damp-tæthed.

Modstandstermometre til overflademåling



Ill. 12: Modstandstermometer til overflademåling

Modstandstermometre til overflademåling anvendes fortrinsvist til temperaturmålinger på lukkede rørsystemer eller andre runde eller plane overflader. Gennem den nemme montering med spændebånd eller kabelbinder bortfalder den mekaniske behandling af målestedet. Andre udførelser er forsynet med et hul til fastgørelse med skrue på vilkårlige overflader. Den indirekte temperaturmåling forhindrer forstyrrelser af mediet med henblik på flow. Yderligere har tryk og kemiske påvirkninger heller ingen indflydelse på modstandstermometerets levetid. Måleobjektet påvirkes næsten ikke gennem den lave termiske masse. Gennem anvendelse af varmeledningspasta forbedres varmeovergangen. Store temperaturforskelle mellem målemedium og omgivelser indgår direkte i målingen. I sådanne tilfælde anbefales en ekstra termisk isolering af termometeret.

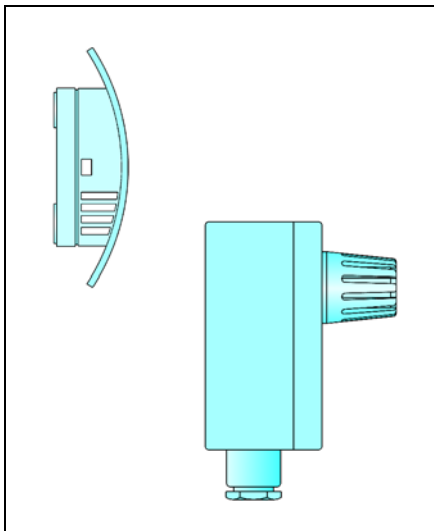
Modstandstermometre til inden- og udendørsbrug

Til indendørs og udendørs temperaturmåling kan man vælge mellem forskellige udførelser. Ved **indendørsversionen** er temperatur sensoren placeret i et forsmønt plathus med beskyttelsesklasse IP20. Ved **udendørs termometeret til industriel brug** med beskyttelsesklasse IP65 er temperatur sensoren monteret udenpå huset og omsluttet af en beskyttelseskappe.



En yderligere udførelse er forsynet med et følerør af rustfrit stål, som temperatur-sensoren sættes ind i.

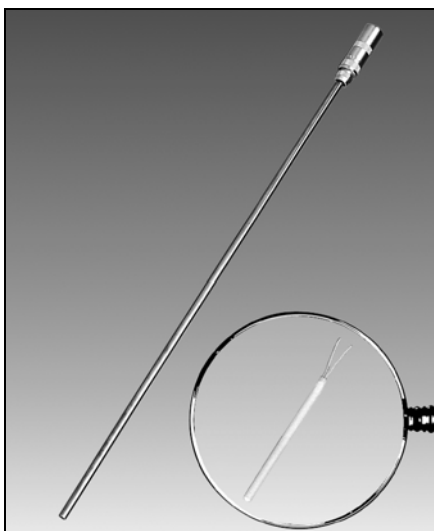
Den elektriske tilslutning sker via en kabelforskruning Pg 9. Måleområdet er -30 til +80 °C. Forskellige udførelser kan udstyres med en 2-tråds transmitter og et udgangssignal med 4 til 20 mA.



III. 13: Modstandstermometre til inden- og udendørsbrug

Præcisions-modstandstermometre

For at kunne opnå den højeste stabilitet ved modstandstermometre, hænges platinviklingerne normalt frit op i følerøret.



III. 14: Kalibrerbart termometer

Hermed forhindres en mekanisk belastning under temperatur gennem forskellige varmeudvidelseskoefficienter. Vibrationer forårsager dog meget hurtigt brud af viklingen. Disse termometre fremviser ganske vist en meget høj langtidsstabilitet i området under 1 mK, den lave mekaniske stabilitet

udelukker dog anvendelse af dem til industrielle formål. Hertil anvendes hos **JUMO** en temperatursensor, hvis platinviklingen er fikseret i en keramisk muffe. Tilledningerne til tilslutningsstikket er forbundet i 4-leder teknik. Sensoren er beskyttet mod mekaniske påvirkninger gennem et rustfrit stålør. Temperaturområdet strækker sig alt efter udførelse fra -200 til +450 °C. Målenøjagtigheden ind til ±25 mK.

Måleteknik

Tilslutning af modstandstermometre

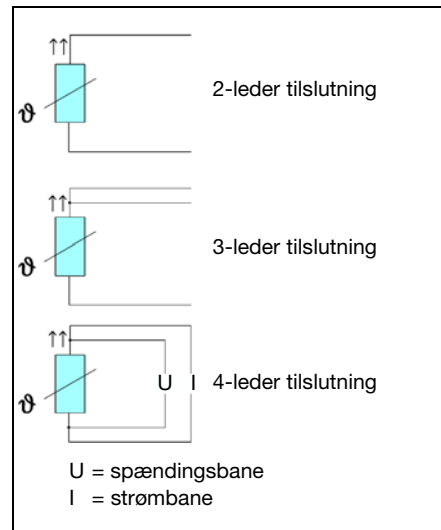
Ved modstandstermometeret ændrer den elektriske modstand sig afhængigt af temperaturen. Til registrering af udgangs signalet måles det spændingsfald, der forårsages af en konstant målestrøm. For dette spændingsfald gælder ifølge Ohms lov:

$$U = R \times I$$

For at sensoren ikke opvarmes, bør man vælge en så lille målestrøm som mulig. Man kan gå ud fra, at en målestrøm på 1mA ikke forårsager nogen nævneværdig påvirkning. Denne strøm bevirker ved en Pt 100 ved 0 °C et spændingsfald på 0,1 V. Denne målespænding skal nu via tilslutningskablerne helst uforfalsket overføres til visnings- eller analysestedet. Herved skelnes mellem tre tilslutningsteknikker:

2-leder teknik

Analyseelektronik og termometer forbindes med et 2-leder kabel. Lige som alle andre elektriske ledere har denne også en modstand, der er i serieforbindelse med temperatursensoren. Dermed adderes de to modstande og der sker en systematisk højere temperaturvisning. Ved større afstande kan ledningsmodstanden være på et par ohm og forårsage en betydelig forfalskning af måleværdien. Til undgåelse af denne fejl kompenserer man ledningsmodstanden ad elektrisk vej: Herved er instrumentets elektrisk konstrueret således, at man går ud fra en ledningsmodstand på 10 Ω. Ved tilslutning af modstandstermometeret forbindes en referencemodstand og sensoren erstattes i første omgang med en 100,00 Ω-modstand. Nu ændres referencemodstanden så længe, indtil 0 °C vises på instrumentet. På grund af dette forholdsvis omfattende referencearbejde og den ikke konstaterede temperaturpåvirkning på måleledningen er 2-leder teknikken stærkt tilbagegående.



III. 15: Tilslutning af modstandstermometre

3-leder teknik

Påvirkningerne af ledningsmodstande og deres temperaturafhængige svingninger minimeres med 3-leder tilslutningen. Herved føres en ekstra ledning til en kontakt på modstandstermometeret. Dermed dannes to målekredse, hvoraf én anvendes som reference. Gennem 3-leder tilslutningen kan både ledningsmodstandens værdi og temperaturafhængighed kompenseres. Forudsætning er ens egenskaber og ens temperaturer på alle tre ledere. Da dette i de fleste tilfælde holder stik med tilstrækkelig nøjagtighed, er 3-leder teknikken i dag den mest udbredte. Ledningskompensation er ikke nødvendig.

4-leder teknik

4-leder teknikken byder på en optimal tilslutningsmulighed for modstands- termometre. Måleresultatet påvirkes hverken af ledningsmodstande eller af temperaturafhængige svingninger. Ledningskompensation er ikke nødvendig. Via tilførselsledningerne forsynes termometeret med målestrøm I. Spændingsfaldet U på temperatursensoren opfanges af måleledningerne.

Hvis den efterkoblede elektroniks indgangsmodstand er meget højere end ledningsmodstanden, skal denne tilsidesættes. Det således konstaterede spændingsfald er så uafhængigt af tilførselsledningernes egenskaber.

Både ved 3- og 4-leder teknikken skal man være opmærksom på, at kredsløbet ikke altid er ført direkte til målelementet. Ofte er sensorens forbindelse til tilslutningshovedet i indbygningshuset, den såkaldte inderleder, udført i 2-leder teknik. Herigennem

JUMO GmbH & Co. KG

Leveringsadresse: Mackenrodtstraße 14,
36039 Fulda, Tyskland
Postadresse: 36035 Fulda, Tyskland
Telefon: +49 661 6003-0
Telefax: +49 661 6003-607
E-Mail: mail@jumo.net
Internet: www.jumo.net

JUMO Måle- og Regulerings teknik A/S

Fabriksvænget 16,
Postboks 80
4130 Viby Sj, Danmark
Telefon: +45 46 19 46 66
Telefax: +45 46 19 43 63
E-Mail: info.dk@jumo.net
Internet: www.jumo.dk



fremkommer - omend i meget mindre omfang - de ved 2-leder teknikken beskrevne problemer for denne forbindelse. Den samlede modstand, der fremkommer af summen af modstandsværdierne af inderleder og temperatursensor, betegnes iht. DIN 16 160 som **termometermodstand**.

Manglende isoleringsmodstand

Betinget af den endelige isolationsmodstand mellem tilledningerne og isoleringsmaterialet, som sensoren er indlejret i, kan der ved dårlig isoleringsmodstand ske en yderligere målefejl, der bevirker en for lav temperaturvisning. Relateret til et Pt 100-termometer fremkommer der ved en isoleringsmodstand på 100 kΩ en visningsfejl på 0,25 K eller ved 25 kΩ 1 K. På grund af isoleringsmodstandenes temperaturafhængighed kan den fejl, som forårsages herigennem, variere med målebetingelserne. Specielt ved keramiske isoleringsmaterialer sænkes modstanden med tiltagende temperatur.

Betinget af den relativt lave maksimaltemperatur på ca. 600 °C, er effekten ved platin-temperatursensorer dog nærmest ubetydelig. En betydelig større virkning har fugtighed, der trænger ind i isoleringen, hvilket forårsager tydelige målefejl. Sensorerne er derfor som regel hermetisk tætnet med en glasbelægning eller andre forseglinger. Selve måleindsatsen er også tætnet for at undgå indtrængning af fugt i følerøret. Måleindsatsen kan udskiftes uden betænkning, da det er en lukket enhed. Ved reparationer af modstandstermometre uden måleindsats derimod, skal man absolut sørge for en pålidelig tætning.

Egenopvarmning

For at kunne måle et modstandstermometers udgangssignal, skal en strøm strømme igennem sensoren. Denne målestrøm genererer en tabseffekt og dermed varme på sensoren. Temperaturvisningen bliver højere. Egenopvarmningen er afhængig af forskellige faktorer, bl.a. i hvilken grad den genererede tabseffekt kan afledes fra målemediet. På grund af sammenhængen for den elektriske effekt som $P = R \times I^2$ er effekt også afhængig af temperatursensorens basisværdi: ved samme målestrøm opvarmes en Pt 1000-temperatursensor ti gange stærkere end en Pt 100. Derudover bestemmer konstruktionsegenskaber (termometerets størrelse) samt varmeledningen og -kapaciteten målefejlen. Målemediets varmekapacitet og flowhastighed påvirker ligeledes effekten i høj grad.

Termometerproducenter angiver ofte en selvopvarmningskoefficient, der er et mål for temperaturforøgelsen gennem en defineret tabseffekt i sensoren. Sådanne kalorimetriske

målinger gennemføres under fastlagte betingelser (i vand med $0,5 \text{ m} \times \text{s}^{-1}$ og i luft med $2 \text{ m} \times \text{s}^{-1}$). Angivelserne har dog en teoretisk karakter og tjener som referencelværdier for forskellige konstruktionsvarianter. I de fleste tilfælde fastlægger instrumentproducenten målestrømmen på 1 mA, da denne værdi har vist sig at være anvendelig i praksis og ikke forårsager en nævneværdig egenopvarmning.

Befinder der sig f.eks. i en fuldstændig varmeisoleret, lukket beholder med 10 cm^3 luft en Pt 100-temperatursensor ved den angivne målestrøm på en milliampere, så ville denne have opvarmet luften med 39 K efter en time. Ved strømmende gasser eller væsker er effekten gennem den mange gange større udledte varmemængde mindre tydelig.

Alt efter herskende målebetingelser skal egenopvarmningen måles direkte på stedet. Herved måles temperaturen ved forskellige strømstyrker. Egenopvarmningskoefficienten E fremkommer på følgende måde:

$$E = \Delta t / (R \times I^2)$$

Med Δt = (vist temperatur) - (mediets temperatur), R = termometerets modstand, I = målestrøm

Ved hjælp af opvarmningskoefficienten kan den maksimale målestrøm igen fastlægges, når en målefejl Δ tillades.

$$I = (\Delta t / E \times R)^{1/2}$$

Parasitære termospændinger

Også ved temperaturmålingen med modstandstermometre forekommer effekten af termospændinger, men her dog som temmelig uønsket bivirkning. Termospændinger kan opstå på forbindelsespunktet mellem to forskellige metaller. Sådanne metalovergange forekommer ved modstandstermometeres tilledninger som oftest består af sølv og f.eks. vis forlænges med inderleder af kobber eller nikkel.

Normalt kan man gå ud fra, at begge kontaktpunkter har samme temperatur og de dannede termospændinger således ophæver hinanden. Faktisk kan der dog opstå forskellige temperaturer på grund af forskellig varmeledning ud i det fri. Den således dannede termospænding tolker analyseelektronikken som spændingsfald og der sker en forkert måleværdi.

Alt efter den dannede termospændings fortegn er både en for høj eller for lav værdi mulig.

Den herigennem forårsagede fejls størrelse er stærkt afhængigt af analyseelektronikkens egenskaber, især hvordan en spænding bedømmes som temperatur.

En nem metode til diagnosticering af målefejlen er gennemførelsen af to målinger i omvendt retning af målestrømmen. Jo større difference mellem de to måleværdier, desto højere er den genererede termospænding.

Overgangsfunktion

På grund af de termiske modstande, der altid er til stede i føleren, reagerer denne aldrig omgående, men altid forsinket.

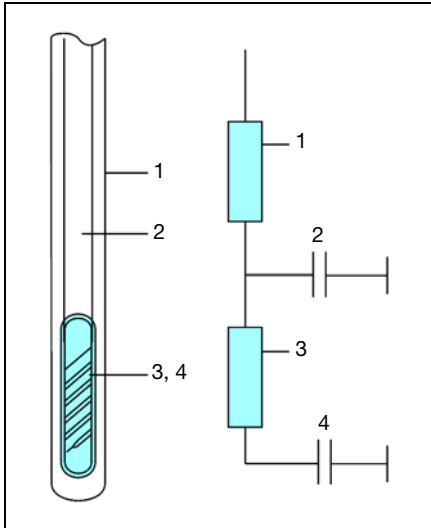
Den herved forårsagede afvigelse, som følge af måleværdiens og udgangssignalets tidsmæssige forsinkelse, i forhold til en pludselig ændring af målestørrelsen, betegnes som dynamisk afvigelse.

Forenklet kan man forestille sig termometeret sammensat af modstande og energilagere. Materialerne har forskellige varmeledningsevner og danner modstandene. Materiale masserne og deres tilhørende varmekapaciteter udgør energilagrene. Ofte har termometerets komponenter begge egenskaber samtidigt. Hvor hurtigt termometeret reagerer, er først og fremmest afhængigt af forholdet mellem den termiske modstand og termometerets varmelagringssevne.

Jo større dets varmestand er, desto langsommere opvarmer det sig. Til korte reaktionstider bør man derfor altid anvende så små sensorer som muligt og godt varmeledende, tynde materialer. Særlig ugunstigt er luftspalter mellem måleindsats og følerør, da alle gasser er meget dårlige varmeledere. Her sørger varmeledningspastaer eller metaloxid, som måleindsatsen indlejres i, for afhjælpning.

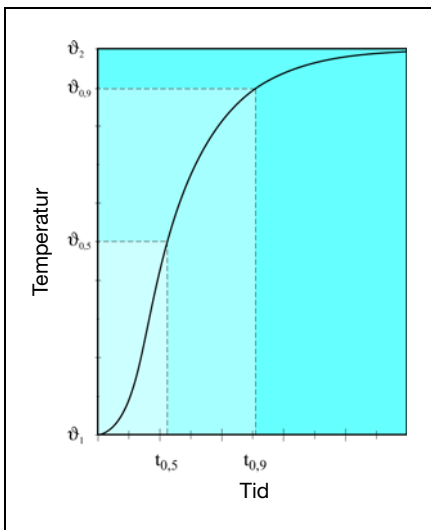
Termoelementer har på grund af deres lave termiske masse principielt kortere reaktionstider end modstandstermometre. Dette gælder især for tynde kappetermoelementer. I de fleste tilfælde overskygges forskellen dog fuldstændigt af følerørets forholdsvis store varmekapacitet. Generelt forøges reaktionstiden mellemrum med tiltagende diameter af følerøret. Derfor bør man anvende så små, og tyndvæggede

følerrør -diametre som muligt, såfremt de mekaniske forhold tillader dette.



III. 16: Termiske modstande i et termometer

Også varmeledningsevnen af følerrørets materiale har stor betydning. Kobber og jern har forholdsvis god varmeledningsevne, rustfrit stål og keramik harderimod ikke.



III. 17: Overgangsfunktionen

Overgangsfunktionen, dvs. måleværdiens forløb ved pludselig ændret temperatur på føleren, giver oplysning om dette. Til konstatering af overgangsfunktionen forsynes termometeret med varmt vand eller luft; hertil er specielle testopsætninger foreskrevet, f.eks. i DIN EN 60 751. To tider (indstillingstider) karakteriserer overgangsfunktionen:

- **halveringstiden $t_{0,5}$**
Den angiver, i hvilket tidsrum måleværdien når 50 % af slutværdien, og
- **Nitiendedelstid $t_{0,9}$**

i hvilken 90 % af slutværdien er nået.

En tid τ som er nødvendig for at nå 63,2 % af slutværdien, angives ikke på grund af risikoen for forveksling med en eksponentialfunktions tidskonstant. Praktisk alle termometers varmeovergangsfunktion afviger tydeligt fra en sådan funktion.

Fejl ved modstandstermometre

Måleledningens effekt

Ved målinger med modstandstermometre kan konstruktivt eller måleteknisk betingede indflydelser forfalske måleresultatet. I følgende beskrives de vigtigste effekter, der kan forårsage fejlmålinger:

som allerede beskrevet andetsteds, indgår ledningsmodstanden i målingen som en serie koblet modstand i forhold til sensoren. Netop ved større anlæg og dermed længere tilslutningsveje kan ledningsmodstanden ligge i målemodstandens størrelsesorden. Derfor er kompensation af ledningsmodstanden tvingende nødvendig, som for det meste består i en nulpunktsskiftning af det tilsluttede instrument. En sådan kompensation tager dog ikke hensyn til temperaturafhængig ændring af ledningsmodstanden. Hvis tilslutningskablet er udsat for skiftende temperaturer, fører dette til mere eller mindre tydelige fejlmålinger. Denne effekt viser sig dog først ved større ledningsmodstande, dvs. ved lange kabellængder med små ledertværsnit.

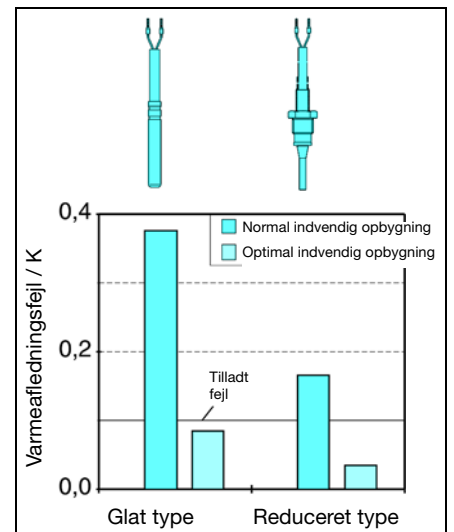
Varmaefledningsfejl

Et termometer anvendes sjældent i den omgivende temperaturs område. Hvis måletemperaturen er over eller under den omgivende temperatur, opstår der en temperaturgradient mellem målested og omgivelser på termometeret. Heraf resulterer en forfalskning af temperaturvisningen: varmen strømmer via følerrøret eller gennem termometerets indvendige opbygning fra det varmere til det køligere sted. Yderligere er sensoren forbundet med en tilførselsledning gennem hvilken der oprettes en direkte metallisk forbindelse mellem sensor og omgivelser, der som varmebro ligeledes forårsager en forfalskning. Gode elektriske ledere har også altid en lavere termisk modstand; kravet om en lav modstand af tilførselsledningerne står således altid i vejen for det faktum, at de bevirker en større varmaefledningsfejl. Yderligere bestemmer termometerets konstruktion varmaefledningsfejlen. Sensoren skal have en god termisk forbindelse til følerrøret, mens den samtidigt er termisk afkoblet fra tilslutningskablerne. Termometerets indbygningslængde må ikke være for kort, da der i så fald kan afledes for megen varme.

Neddykningsdybden (længden på den

termometerdel, der udsættes for målestørrelsen) er afhængig af målemediets type og den varmemængde, som den overfører pr. tidsenhed. En hurtigstrømmende væske f.eks. overfører mere varme og kan derfor bedre kompensere termometerets varmaefledning end stillestående luft.

Ved målinger i væsker er 50 procent af indbygningslængden som regel tilstrækkelig i forhold til gas.



III. 18: Optimering af varmaefledningsfejlen gennem følerrørets geometri og den indvendige opbygning

I eksemplet vises konstruktionens påvirkninger af varmaefledningsfejlen: i måleområdet må termometrene under følgende betingelser ikke vise afledningsfejl på mere end 0,1 K:

- måletemperatur: 80 °C,
- omgivende temperatur: 20 °C,
- målemedium: vand med en flowhastighed på 0,1 til 0,2 ms⁻¹

JUMO GmbH & Co. KG

Leveringsadresse: Mackenrodtstraße 14,
36039 Fulda, Tyskland
Postadresse: 36035 Fulda, Tyskland
Telefon: +49 661 6003-0
Telefax: +49 661 6003-607
E-Mail: mail@jumo.net
Internet: www.jumo.net

JUMO Måle- og Regulerings teknik A/S

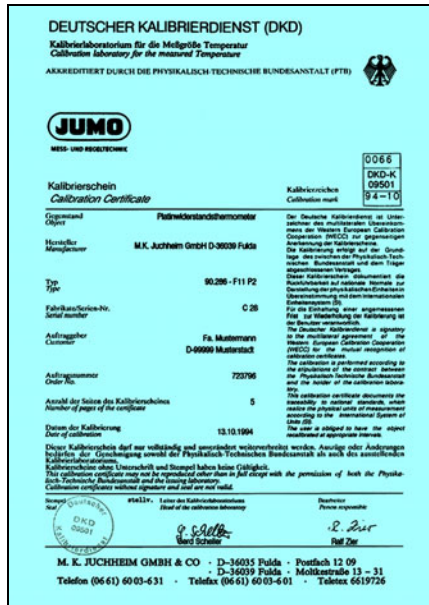
Fabriksvænget 16,
Postboks 80
4130 Viby Sj, Danmark
Telefon: +45 46 19 46 66
Telefax: +45 46 19 43 63
E-Mail: info.dk@jumo.net
Internet: www.jumo.dk



Netop ved korte temperaturfølere med indbygningslængder under 50 mm forårsager overholdelsen af den ovennævnte målenøjagtighed problemer, der skal løses konstruktivt. Tilslutningskablet er ført helt hen til sensoren og består af kobber. Sensorens termiske tilslutning til følerøret udføres som regel med varmeledningspasta.

Uden særlige foranstaltninger hvad angår termisk afkobling opstår en afledningsfejl på ca. 0,3 K.

Ved at reducere følerørets diameter i sensorområdet, opnås en forbedring på 50 procent. Med 0,15 K opfylder denne følervariant dog endnu ikke testkriterierne. Via en termisk afkobling af tilslutningskablet og sensoren reducerer afledningsfejlen til 0,03 K, hvilket svarer til en forbedring med faktoren 10 over for den oprindelige udførelse.



III. 19: Kalibreringscertifikat

Foranstaltninger til forringelse af varmeafledningsfejlen

Det er ikke altid muligt at konstruere en optimal føler for hvert måleproblem, hvor måleresultatet ikke påvirkes gennem varmeafledningsfejl. Den faglige artikel "Elektrisk temperaturmåling" på næstsidsste side indeholder en sammenfatning af de vigtigste valgkriterier for en føler med henblik på varmeafledningsfejlen.

Kalibrering

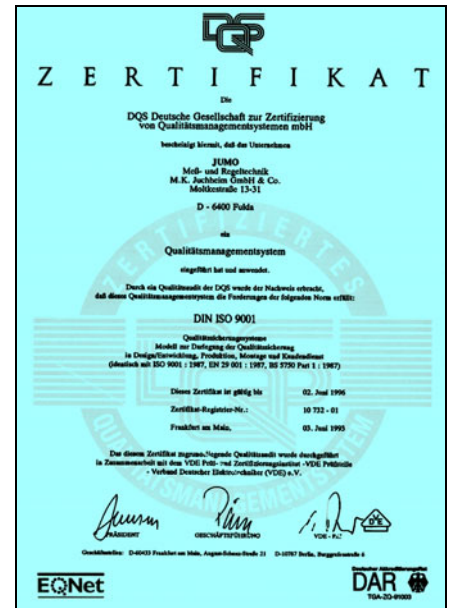
I løbet af et termometers driftstid kan karakteristikkene som følge af kemiske og mekaniske påvirkninger samt ældningsfænomener såsom omkrystallisation og diffusion ændre sig i forhold til den ved leveringstidspunktet. For at kunne tage højde for og kompensere afdrift, skal termometeret kalibreres med jævne mellemrum.

Kalibrering betyder en kontrol af de viste temperaturværdier samt en fastlæggelse af afvigelse fra de faktisk målte temperaturer. Det i denne sammenhæng ofte nævnte begreb for justering, betyder derimod at holde afvigelse lave, eller i det mindste lavere end fejlgrænserne, ved hjælp af en korrektur af instrumentet. En kalibrering er ensbetydende med en for hvert termometer individuelt kontrolleret og målt nøjagtighed. Producenten kan dog ikke påtage sig noget ansvar for disse værdiers langtidstabilitet, da han ikke kan forudse de fremtidige anvendelsesområder eller -hyppigheder og de dermed forbundne belastninger på termometeret. I begyndelsen bør et termometer kalibreres hvert år og måleresultaterne sammenlignes med dataene fra den sidste kalibrering. Således opbygges en historik af termometeret over tiden, hvoraf dets stabilitet fremgår. Ved en for anvendelsestilfældet tilstrækkelig reproducerbarhed af målingerne kan man så bestemme sig for et kortere eller længere kalibrerings interval. Spørgsmålet om en kalibrerings forløb og nøjagtighed kan ikke besvares generelt. Der træffes altid en aftale mellem brugeren og kalibreringsstedet, hvorved temperaturområde og målepunkter fastlægges. Målenøjagtigheden bestemmes af målingsmetoden.

Den tyske kalibreringstjeneste (Deutscher Kalibrierdienst (DKD))

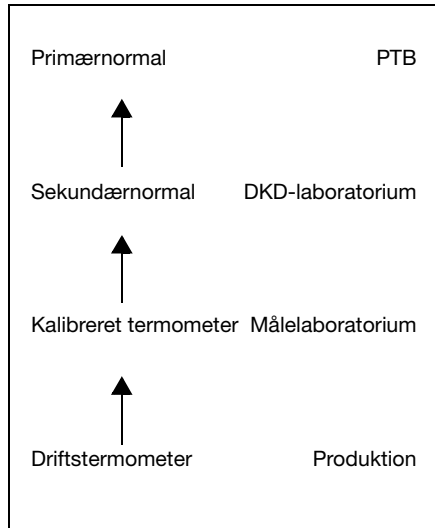
Gennem åbning af de europæiske handelsgrænser siden 1992, gennem nye kvalitetsstandarder såsom ISO 9001 og en skærpet produktansvarslov stilles der forstærkede krav til processerne

dokumentation og kontrol af måleudstyret. Hertil kommer de øgede kundekrav om høj kvalitetsstandard af deres produkter. Et særligt højt krav fremkommer af standarden ISO 9001, der beskriver et globalt koncept for et kvalitetssikringssystem.



III. 20: Certifikat iht. ISO 9001

Hvis en virksomhed vil certificeres efter denne standard, skal der være en sporbarhed tilbage til de nationalt anerkendte normer/standarder for det produktionsrelevante prøveudstyr. **Under sporbarheden** tilbage til nationale normaler forstår man, at selve målingerne også kan tilbageføres til lovmæssige standarder ved kontrollen af prøveudstyr. I Tyskland fastsætter Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB) de nationale standarder og sammenligner disse med måleresultaterne fra andre institutter for at kunne vise de vigtigste værdier såsom temperatur ens i hele verden ved hjælp af fysiske midler.



III. 21: Sporbarhed

På grund af den høje efterspørgsel efter sådan kalibrerede instrumenter er de statslige organer ikke tilstrækkelige, og der oprettes kalibreringslaboratorier i industrien, som også finansierer disse. Disse laboratorier, som også **DKD-laboratoriet for temperatur 9501** fra **JUMO**, er tilsluttet til den tyske kalibreringstjeneste og måleteknisk underlagt PTB. Hermed sikres det, at det anvendte måleudstyr i et DKD-laboratorium entydigt og dermed også de der anvendte termometre kan tilbageføres til de nationale standarder.

Sikkerhedsinformation

Alle svejsesamlinger ved termometre og dykklommer overvåges i et elementært kvalitetssikringssystem iht. DIN 85 63, del. 113. For det "overvågningspligtige område" (f. eks. konstruktion af trykbeholdere) iht. § 24 i den tyske næringslov gælder særlige bestemmelser. Efter meddelelse fra kunden, at det drejer sig om anvendelse i det regulerede område, gennemføres en svejseteknisk overvågning iht. EN 287 og EN 288.

Trykbelastning ved temperaturfølere

Armaturet som anvendes til de elektriske termometre, er stærkt afhængig af forskellige procesparametre.

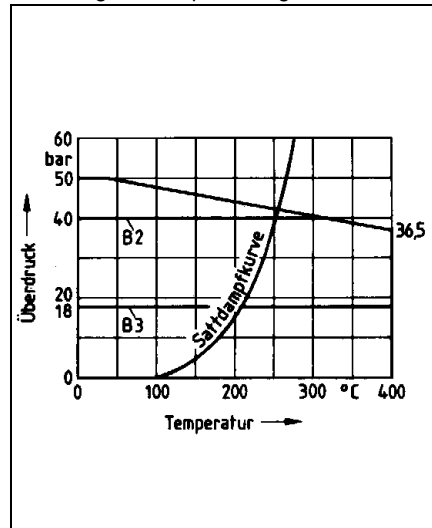
Herunder falder:

- Temperatur
- Tryk
- Flowhastighed
- Vibrationer

Derudover skal der tages højde for Armaturets materialeegenskaber såsom materiale, indbygningslængde, diameter og processtilslutningens type.

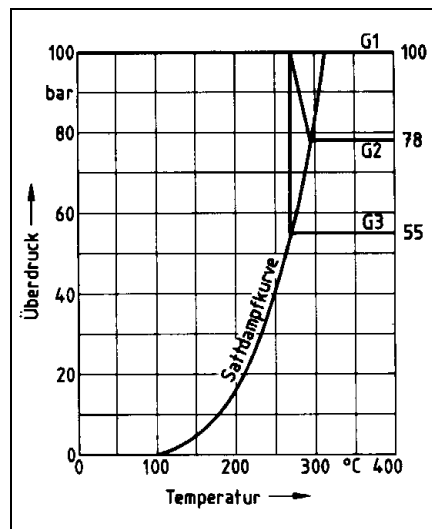
Følgende diagrammer stammer fra DIN 43 763 og viser grænsebelastningen for de

forskellige grundudførelser som funktion af temperatur og indbygningslængde samt flowhastighed, temperatur og medium.



III. 22: Trykbelastning for følerør form B

Rustfrit stål 1.4571
v op til 25 m/s i luft
v op til 3 m/s i vand



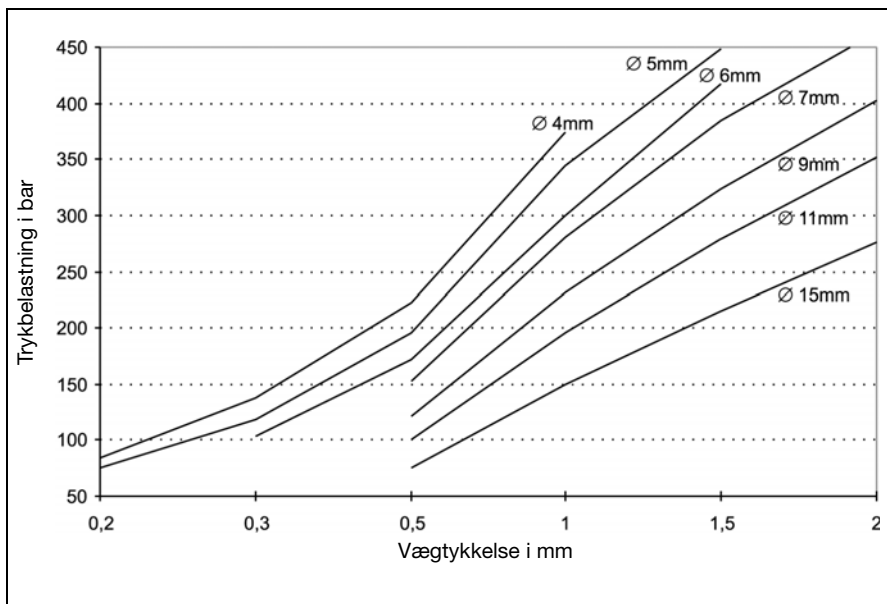
III. 23: Trykbelastning for følerør form G

Rustfrit stål 1.4571
v op til 40 m/s i luft
v op til 4 m/s i vand

Som allerede forklaret i standarden, drejer det sig om vejledende værdier, der skal testes særskilt for hvert enkelt anvendelsestilfælde. Små afvigelser i målebetingelserne kan allerede medføre ødelæggelse af følerret. Hvis en test af røret kræves, skal belastningstypen og grænseværdierne angives ved bestillingen af det elektrisk termometer.

For et stort antal af yderligere termometerkonstruktioner viser ill. 24 belastningsgrænser (vejledende værdier) for forskellige rørdimensioner. Den maksimale trykbelastning af cylindriske følerør er vist i relation til vægtykkelsen ved forskellige rørdiameter.

Angivelserne gælder for følerør af rustfrit stål 1.4571, indbygningslængde 100 mm, flow hastighed 10 m/s i luft eller 4 m/s i vand og et temperaturområde fra -20 til +100 °C. Der blev taget hensyn til en sikkerhedsfaktor på 1,8. For højere temperaturer eller andre materialer skal den maksimale trykbelastning reduceres med de i tabellen angivne procentværdier.



III. 24: Følerrørs belastningsgrænser for forskellige rørdimensioner

Materiale	Temperatur	Reducering
CrNi 1.4571	op til +200 °C	-10 %
CrNi 1.4571	op til +300 °C	-20 %
CrNi 1.4571	op til +400 °C	-25 %
CrNi 1.4571	op til +500 °C	-30 %
CuZn 2.0401	op til +100 °C	-15 %
CuZn 2.0401	op til +175 °C	-60 %

Trykprøvning af termometres armatur

JUMO-termometrenes svejsede armatur er underlagt en tæthedsprøve. Alt efter armaturets konstruktion gennemføres en lækagetest eller en trykkontrol.

Termometre, der fremstilles iht. DIN eller anvendelsespecifikke retningslinier (kemi, petroindustri, reglement om trykbeholdere, dampkedler), kræver forskellige trykprøvninger svarende til den pågældende anvendelse.

Hvis termometrene skal fremstilles iht. sådanne standarder eller retningslinier, skal de nødvendige kontroller eller standarder og/eller retningslinier angives ved bestillingen.

Kontrolomfang

Kontrollerne kan gennemføres på hvert enkelt armatur og dokumenteres med en kontrolprotokol eller en godkendelsesattest iht. DIN EN 10 204 (merpris).

Kontroltyper

Kontrollerne kan foretages på armatur med en indbygningslængde på op til max. 1050 mm med flangetilslutning DN 25 eller gevindtilslutning op til max. 1"-gevind.

Følgende kontroller kan gennemføres:

Kontroltype	Kontrolmedium	Tryk-område	Kontroltid
Lækage-test	Helium	Vakuum	10 s
Tryk-kontrol I	Kvælstof	1 ... 50 bar	10 s
Tryk-kontrol II	Vand	50 ...300 bar	10 s

Trykkontrol II

Udefra trykbelastes følerret med vand. Dette tryk skal forblive konstant i et bestemt tidsrum. Hvis dette ikke er tilfældet, er følerret utæt.

Lækagetest

I følerrets indre opbygges et undertryk. Udefra udsættes følerret for helium. Hvis der er en lækage i følerret, når helium ind i det indre og detekteres af et analysesystem. På grundlag af trykforøgelsen beregnes en lækagerate (lækagerate > 1 x 10⁻⁶ l/bar).

Trykkontrol I

Følerret får udefra tilført et overtryk med nitrogen. Hvis der er en lækage i røret, opstår der en volumenstrøm i følerrets indre, der detekteres.

JUMO GmbH & Co. KG

Leveringsadresse: Mackenrodtstraße 14,
36039 Fulda, Tyskland
Postadresse: 36035 Fulda, Tyskland
Telefon: +49 661 6003-0
Telefax: +49 661 6003-607
E-Mail: mail@jumo.net
Internet: www.jumo.net

JUMO Måle- og Regulerings teknik A/S

Fabriksvænget 16,
Postboks 80
4130 Viby Sj, Danmark
Telefon: +45 46 19 46 66
Telefax: +45 46 19 43 63
E-Mail: info.dk@jumo.net
Internet: www.jumo.dk



Kvalificeret svejseproces til produktion af termometer-følerrør

Ud over anvendelsen af førsteklases materiale bestemmer også forbindesesteknikken i sidste ende følerrørets mekaniske stabilitet og kvalitet. Af denne grund har JUMO tilpasset svejseteknikken efter de europæiske standarder EN 287 og 288. Ved manuelle svejsearbejder indsættes godkendte svejsere iht. EN 287. Ved automatiserede svejseprocesser kvalificeres disse via en WPS (svejseanvisning).

Følgende tabel giver et overblik over kvalificerede svejseprocesser:

Materiale	WIG-svejsning	
	manuelt	automatisk
W11, W11 med W01-W04 iht. EN 287	Rørdiameter 2 ... 30 mm Vægtykkelse 0,75 ... 5,6 mm	Rørdiameter 5...10mm Vægtykkelse 0,5...1,0mm

Tab. 2: Kvalificerede svejseprocesser

Gennem de foreliggende erfaringer er vore svejsere også i stand til at oprette forbindelser af andre materialer og dimensioner.

Ved vægtykkelser mindre end 0,6mm anvendes også lasersvejsning, der overvåges af en specialist i lasersvejsning iht. direktiv DSV 1187.

Efter kundeønske udstedes godkendelsestester for de anvendte materialer mod merpris. Ligeledes kan der gennemføres specialkontroller og behandlinger mod beregning alt efter omfang, som de er foreskrevet i forskellige direktiver om anvendelse. Herunder falder røntgenkontroller, revnekontrol (farveindtrængningstest), termisk behandling, specielle rengøringer og mærkninger.

JUMO GmbH & Co. KG
 Leveringsadresse: Mackenrodtstraße 14,
 36039 Fulda, Tyskland
 Postadresse: 36035 Fulda, Tyskland
 Telefon: +49 661 6003-0
 Telefax: +49 661 6003-607
 E-Mail: mail@jumo.net
 Internet: www.jumo.net

JUMO Måle- og Regulerings teknik A/S
 Fabriksvænget 16,
 Postboks 80
 4130 Viby Sj, Danmark
 Telefon: +45 46 19 46 66
 Telefax: +45 46 19 43 63
 E-Mail: info.dk@jumo.net
 Internet: www.jumo.dk



Basisværdier iht. DIN EN 60 751 (ITS 90)

i ohm for Pt 100-temperatursensorer i trin på 1 °C

°C	-0	-1	-2	-3	-4	-5	-6	-7	-8	-9
-200	18,520	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-190	22,825	22,397	21,967	21,538	21,108	20,677	20,247	19,815	19,384	18,952
-180	27,096	26,671	26,245	25,819	25,392	24,965	24,538	24,110	23,682	23,254
-170	31,335	30,913	30,490	30,067	29,643	29,220	28,796	28,371	27,947	27,552
-160	35,543	35,124	34,704	34,284	33,864	33,443	33,022	32,601	32,179	31,757
-150	39,723	39,306	38,889	38,472	38,055	37,637	37,219	36,800	36,382	35,963
-140	43,876	43,462	43,048	42,633	42,218	41,803	41,388	40,972	40,556	40,140
-130	48,005	47,593	47,181	46,769	46,356	45,944	45,531	45,117	44,704	44,290
-120	52,110	51,700	51,291	50,881	50,470	50,060	49,649	49,239	48,828	48,416
-110	56,193	55,786	55,378	54,970	54,562	54,154	53,746	53,337	52,928	52,519
-100	60,256	59,850	59,445	59,039	58,633	58,227	57,821	57,414	57,007	56,600
- 90	64,300	63,896	63,492	63,088	62,684	62,280	61,876	61,471	61,066	60,661
- 80	68,325	67,924	67,522	67,120	66,717	66,315	65,912	65,509	65,106	64,703
- 70	72,335	71,934	71,534	71,134	70,733	70,332	69,931	69,530	69,129	68,727
- 60	76,328	75,929	75,530	75,131	74,732	74,333	73,934	73,534	73,134	72,735
- 50	80,306	79,909	79,512	79,114	78,717	78,319	77,921	77,523	77,125	76,726
- 40	84,271	83,875	83,479	83,083	82,687	82,290	81,894	81,497	81,100	80,703
- 30	88,222	87,827	87,432	87,038	86,643	86,248	85,853	85,457	85,062	84,666
- 20	92,160	91,767	91,373	90,980	90,586	90,192	89,798	89,404	89,010	88,616
- 10	96,086	95,694	95,302	94,909	94,517	94,124	93,732	93,339	92,946	92,553
0	100,000	99,609	99,218	98,827	98,436	98,044	97,653	97,261	96,870	96,478

°C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	100,000	100,391	100,781	101,172	101,562	101,953	102,343	102,733	103,123	103,513
10	103,903	104,292	104,682	105,071	105,460	105,849	106,238	106,627	107,016	107,405
20	107,794	108,182	108,570	108,959	109,347	109,735	110,123	110,510	110,898	111,286
30	111,673	112,060	112,447	112,835	113,221	113,608	113,995	114,382	114,768	115,155
40	115,541	115,927	116,313	116,699	117,085	117,470	117,856	118,241	118,627	119,012
50	119,397	119,782	120,167	120,552	120,936	121,321	121,705	122,090	122,474	122,858
60	123,242	123,626	124,009	124,393	124,777	125,160	125,543	125,926	126,309	126,692
70	127,075	127,458	127,840	128,223	128,605	128,987	129,370	129,752	130,133	130,515
80	130,897	131,278	131,660	132,041	132,422	132,803	133,184	133,565	133,946	134,326
90	134,707	135,087	135,468	135,848	136,228	136,608	136,987	137,367	137,747	138,126
100	138,506	138,885	139,264	139,643	140,022	140,400	140,779	141,158	141,536	141,914
110	142,293	142,671	143,049	143,426	143,804	144,182	144,559	144,937	145,314	145,691
120	146,068	146,445	146,822	147,198	147,575	147,951	148,328	148,704	149,080	149,456
130	149,832	150,208	150,583	150,959	151,334	151,710	152,085	152,460	152,835	153,210
140	153,584	153,959	154,333	154,708	155,082	155,456	155,830	156,204	156,578	156,952
150	157,325	157,699	158,072	158,445	158,818	159,191	159,564	159,937	160,309	160,682
160	161,054	161,427	161,799	162,171	162,543	162,915	163,286	163,658	164,030	164,401
170	164,772	165,143	165,514	165,885	166,256	166,627	166,997	167,368	167,738	168,108
180	168,478	168,848	169,218	169,588	169,958	170,327	170,696	171,066	171,435	171,804
190	172,173	172,542	172,910	173,279	173,648	174,016	174,384	174,752	175,120	175,488
200	175,856	176,224	176,591	176,959	177,326	177,693	178,060	178,427	178,794	179,161
210	179,528	179,894	180,260	180,627	180,993	181,359	181,725	182,091	182,456	182,822
220	183,188	183,553	183,918	184,283	184,648	185,013	185,378	185,743	186,107	186,472
230	186,836	187,200	187,564	187,928	188,292	188,656	189,019	189,383	189,746	190,110
240	190,473	190,836	191,199	191,562	191,924	192,287	192,649	193,012	193,374	193,736
250	194,098	194,460	194,822	195,183	195,545	195,906	196,268	196,629	196,990	197,351
260	197,712	198,073	198,433	198,794	199,154	199,514	199,875	200,235	200,595	200,954
270	201,314	201,674	202,033	202,393	202,752	203,111	203,470	203,829	204,188	204,546
280	204,905	205,263	205,622	205,980	206,338	206,696	207,054	207,411	207,769	208,127
290	208,484	208,841	209,198	209,555	209,912	210,269	210,626	210,982	211,339	211,695
300	212,052	212,408	212,764	213,120	213,475	213,831	214,187	214,542	214,897	215,252

Basisværdierne er beregnet iht. den internationale temperaturskala ITS 90.

(For Pt 500- eller Pt 1000-temperatursensorer skal basisværdierne ganges med faktoren 5 eller 10).

JUMO GmbH & Co. KG
 Leveringsadresse: Mackenrodtstraße 14,
 36039 Fulda, Tyskland
 Postadresse: 36035 Fulda, Tyskland
 Telefon: +49 661 6003-0
 Telefax: +49 661 6003-607
 E-Mail: mail@jumo.net
 Internet: www.jumo.net

JUMO Måle- og Regulerings teknik A/S
 Fabriksvænget 16,
 Postboks 80
 4130 Viby Sj, Danmark
 Telefon: +45 46 19 46 66
 Telefax: +45 46 19 43 63
 E-Mail: info.dk@jumo.net
 Internet: www.jumo.dk



Basisværdier iht. DIN EN 60 751 (ITS 90)

i ohm for Pt 100-temperatursensorer i trin på 1 °C

°C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
310	215,608	215,962	216,317	216,672	217,027	217,381	217,736	218,090	218,444	218,798
320	219,152	219,506	219,860	220,213	220,567	220,920	221,273	221,626	221,979	222,332
330	222,685	223,038	223,390	223,743	224,095	224,447	224,799	225,151	225,503	225,855
340	226,206	226,558	226,909	227,260	227,612	227,963	228,314	228,664	229,015	229,366
350	229,716	230,066	230,417	230,767	231,117	231,467	231,816	232,166	232,516	232,865
360	233,214	233,564	233,913	234,262	234,610	234,959	235,308	235,656	236,005	236,353
370	236,701	237,049	237,397	237,745	238,093	238,440	238,788	239,135	239,482	239,829
380	240,176	240,523	240,870	241,217	241,563	241,910	242,256	242,602	242,948	243,294
390	243,640	243,986	244,331	244,677	245,022	245,367	245,713	246,058	246,403	246,747
400	247,092	247,437	247,781	248,125	248,470	248,814	249,158	249,502	249,845	250,189
410	250,533	250,876	251,219	251,562	251,906	252,248	252,591	252,934	253,277	253,619
420	253,962	254,304	254,646	254,988	255,330	255,672	256,013	256,355	256,696	257,038
430	257,379	257,720	258,061	258,402	258,743	259,083	259,424	259,764	260,105	260,445
440	260,785	261,125	261,465	261,804	262,144	262,483	262,823	263,162	263,501	263,840
450	264,179	264,518	264,857	265,195	265,534	265,872	266,210	266,548	266,886	267,224
460	267,562	267,900	268,237	268,574	268,912	269,249	269,586	269,923	270,260	270,597
470	270,933	271,270	271,606	271,942	272,278	272,614	272,950	273,286	273,622	273,957
480	274,293	274,628	274,963	275,298	275,633	275,968	276,303	276,638	276,972	277,307
490	277,641	277,975	278,309	278,643	278,977	279,311	279,644	279,978	280,311	280,644
500	280,978	281,311	281,643	281,976	282,309	282,641	282,974	283,306	283,638	283,971
510	284,303	284,634	284,966	285,298	285,629	285,961	286,292	286,623	286,954	287,285
520	287,616	287,947	288,277	288,608	288,938	289,268	289,599	289,929	290,258	290,588
530	290,918	291,247	291,577	291,906	292,235	292,565	292,894	293,222	293,551	293,880
540	294,208	294,537	294,865	295,193	295,521	295,849	296,177	296,505	296,832	297,160
550	297,487	297,814	298,142	298,469	298,795	299,122	299,449	299,775	300,102	300,428
560	300,754	301,080	301,406	301,732	302,058	302,384	302,709	303,035	303,360	303,685
570	304,010	304,335	304,660	304,985	305,309	305,634	305,958	306,282	306,606	306,930
580	307,254	307,578	307,902	308,225	308,549	308,872	309,195	309,518	309,841	310,164
590	310,487	310,810	311,132	311,454	311,777	312,099	312,421	312,743	313,065	313,386
600	313,708	314,029	314,351	314,672	314,993	315,314	315,635	315,956	316,277	316,597
610	316,918	317,238	317,558	317,878	318,198	318,518	318,838	319,157	319,477	319,796
620	320,116	320,435	320,754	321,073	321,391	321,710	322,029	322,347	322,666	322,984
630	323,302	323,620	323,938	324,256	324,573	324,891	325,208	325,526	325,843	326,160
640	326,477	326,794	327,110	327,427	327,744	328,060	328,376	328,692	329,008	329,324
650	329,640	329,956	330,271	330,587	330,902	331,217	331,533	331,848	332,162	332,477
660	332,792	333,106	333,421	333,735	334,049	334,363	334,677	334,991	335,305	335,619
670	335,932	336,246	336,559	336,872	337,185	337,498	337,811	338,123	338,436	338,748
680	339,061	339,373	339,685	339,997	340,309	340,621	340,932	341,244	341,555	341,867
690	342,178	342,489	342,800	343,111	343,422	343,732	344,043	344,353	344,663	344,973
700	345,284	345,593	345,903	346,213	346,522	346,832	347,141	347,451	347,760	348,069
710	348,378	348,686	348,995	349,303	349,612	349,920	350,228	350,536	350,844	351,152
720	351,460	351,768	352,075	352,382	352,690	352,997	353,304	353,611	353,918	354,224
730	354,531	354,837	355,144	355,450	355,756	356,062	356,368	356,674	356,979	357,285
740	357,590	357,896	358,201	358,506	358,811	359,116	359,420	359,725	360,029	360,334
750	360,638	360,942	361,246	361,550	361,854	362,158	362,461	362,765	363,068	363,371
760	363,674	363,977	364,280	364,583	364,886	365,188	365,491	365,793	366,095	366,397
770	366,699	367,001	367,303	367,604	367,906	368,207	368,508	368,810	369,111	369,412
780	369,712	370,013	370,314	370,614	370,914	371,215	371,515	371,815	372,115	372,414
790	372,714	373,013	373,313	373,612	373,911	374,210	374,509	374,808	375,107	375,406
800	375,704	376,002	376,301	376,599	376,897	377,195	377,493	377,790	378,088	378,385
810	378,683	378,980	379,277	379,574	379,871	380,167	380,464	380,761	381,057	381,353
820	381,650	381,946	382,242	382,537	382,833	383,129	383,424	383,720	384,015	384,310
830	384,605	384,900	385,195	385,489	385,784	386,078	386,373	386,667	386,961	387,255
840	387,549	387,843	388,136	388,430	388,723	389,016	389,310	389,603	389,896	390,188
850	390,481	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Basisværdierne er beregnet iht. den internationale temperaturskala ITS 90.

(For Pt 500- eller Pt 1000-temperatursensorer skal basisværdierne ganges med faktoren 5 eller 10).

Elektrisk temperaturmåling

med termoelementer
og modstandstermometre

Matthias Nau

Elektriske temperatursensorer er blevet uundværlige i nutidens automatiserings-, konsum- og produktionsteknik. Netop i forbindelse med den hurtigt voksende automatisering er deres indtog i industri-teknikken i de sidste år og årtier ikke mere til at standse.



III. 13: Publikation
"Elektrisk temperaturmåling
med termoelementer
og modstandstermometre"

Derfor er det så vigtigt for brugeren at finde det passende instrument til hans specielle anvendelsestilfælde blandt det store tilbud af udstyr til elektrisk temperaturmåling.

På 166 sider informerer denne faglige artikel om den elektriske temperaturmålings teoretiske grundlag, den praktiske udførelse af temperatursensorer, deres standardisering, den elektriske tilslutning, tolerancer og udførelser.

Yderligere beskrives udførligt de forskellige indbygningshuse for elektriske termometre, deres klassificering iht. DIN og mange forskellige anvendelsesområder. En udførlig tabeldel med spændings- og modstandsrækker iht. DIN og EN gør bogen til en værdifuld guide både for erfarne praktikere og nybegyndere på området af elektrisk temperaturmåling.

Den kan bestilles under salgs-artikelnr. 90/00074750 eller downloades på internettet

under www.jumo.net

På grund af bearbejdningsomkostninger bedes skoler, institutter og universiteter foretage en samlet bestilling.

Måleusikkerhed med en temperaturmåler

med eksempelberegninger

Gerd Scheller

Denne faglige artikel på 40 sider udgør især med de anførte eksempelberegninger i kapitel 3 et hjælpemiddel ved vurderingen af måleusikkerheden. I tilfælde af problemer er vi gerne til rådighed for vore kunder mht. rådgivning i konkrete tilfælde og ydelse af praktisk hjælp.



III. 14: Publikation
"Måleusikkerhed med en temperatur-
måler med eksempelberegninger"

For at kunne sammenligne målinger, skal kvaliteten gøres kendt gennem angivelsen af måleusikkerheden. Den 1993 udgivne ISO/BIPM "Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement", for det meste kort kaldet GUM, indfører en ensartet metode til konstatering og angivelse af måleusikkerheden. Denne metode har kalibreringslaboratorier i hele verden overtaget. Dog har man brug for en del matematisk viden for at kunne anvende den. I de andre kapitler gøres måleusikkerheden forståelig for alle brugere af temperaturmålere gennem en forenklet betragtning.

Fejl ved monteringen af temperatursensorer og tilslutningen af analyseelektronikken medfører en forøgelse af målefejl. Hertil

kommer selve sensorens og analyseelektronikkens måleusikkerhed. Efter forklaring af måleusikkerhedsbidragene gennemføres et par eksempelberegninger.

Ved at kende måleusikkerhedsbidragene og deres størrelsesorden bliver brugeren i stand til at reducere enkelte bidrag gennem ændring af monteringsbetingelserne eller valg af instrument. Det er altid afgørende, hvilken måleusikkerhed der kræves for en måleopgave. Hvis grænseværdier for temperaturafvigelsen fra den ønskede værdi f. eks. er fastlagt i en standard, bør måleusikkerheden ved den anvendte målemetode være max. 1/3 af grænseværdien.

Den kan bestilles under salgs-artikelnr. 90/00413510 eller downloades på internettet under www.jumo.net

På grund af bearbejdningsomkostninger bedes skoler, institutter og universiteter foretage en samlet bestilling.

JUMO GmbH & Co. KG

Leveringsadresse: Mackenrodtstraße 14,
36039 Fulda, Tyskland
Postadresse: 36035 Fulda, Tyskland
Telefon: +49 661 6003-0
Telefax: +49 661 6003-607
E-Mail: mail@jumo.net
Internet: www.jumo.net

JUMO Måle- og Regulerings teknik A/S

Fabriksvænget 16,
Postboks 80
4130 Viby Sj, Danmark
Telefon: +45 46 19 46 66
Telefax: +45 46 19 43 63
E-Mail: info.dk@jumo.net
Internet: www.jumo.dk



Den tyske kalibreringstjeneste (Deutscher Kalibrierdienst (DKD)) hos JUMO

Kalibreringslaboratorium for målestørrelsen temperatur

Gennem øget kvalitetsbevidsthed, forbedring af måleteknikken og ikke mindst gennem kvalitetssikringssystemer som f. eks. DIN ISO 9000 stilles der forstærkede krav til procesdokumentationen og overvågningen af måleudstyret. Hertil kommer kundekravet efter højere kvalitetsstandard af deres produkter. Særlig høje krav stilles i standarderne DIN ISO 9000 og EN 45 000, hvorefter målinger skal være ført tilbage til nationale eller internationale normaler. Her forpligtes som lovligt grundlag leverandørerne og producenterne (af produkter, der underligger temperaturrelevante processer) at få kontrolleret alt prøveudstyr, som vedrører produktkvaliteten, før brug eller i fastlagte intervaller. Dette sker som regel gennem kalibrering og justering med godkendte midler. På grund af den store efterspørgsel efter kalibrerede instrumenter og det store antal af instrumenter, der skal kalibreres, er der for få statslige organer. Derfor indretter og finansierer industrien kalibreringslaboratorier, der er tilsluttet den tyske kalibreringstjeneste (DKD) og måleteknisk er underlagt Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB).

I den tyske kalibreringstjenestes kalibreringslaboratorium hos JUMO gennemføres der allerede siden 1992 kalibreringer for målestørrelsen temperatur. Denne institution muliggør kalibreringer som tjenesteydelse for enhver inden for tids- og prismæssig attraktive rammer.

DKD-kalibreringsattester kan udstedes for modstandstermometre, termoelementer, direkte visende målekæder, dataloggere, temperatur-blokkalibratorer og temperaturfølere med indbyggede transmittere i måleområdet mellem -80 til +1100 °C sporbarhed af referencestørrelsen er herved det centrale kriterium. Derfor anerkendes alle DKD-kalibreringsattester uden yderligere oplysninger som dokument for sporbarhed. DKD-kalibreringslaboratoriet hos JUMO med identifikationsnr. DKD-K-09501-04 er akkrediteret iht. DIN EN ISO/IEC 17 025.

Prospektet kan fås gratis under publikationsnr. PR 90029 eller downloades fra internettet under www.jumo.net.