

Referat af møde i ERFA-gruppe for temperaturmåling – 25. maj 2016

Indledning

I det følgende refereres det seneste møde i ERFA-gruppe for temperaturmåling. Mødet er mit første, og jeg vil fremover stå for planlægningen af ERFA-gruppe for temperaturmåling. Jeg er uddannet fysiker og er ansvarlig for fikspunktlaboratoriet på Teknologisk Institut og deltager desuden i forsknings- og udviklingsarbejde indenfor temperaturmåling. Jeg vil bestræbe mig på at gøre fremtidige møder både interessante og lærerige.

På mødet sluttede vi af med at aftale at vi opretter en **LinkedIN-gruppe** for ERFA-gruppe for temperaturmåling. Se til sidst i referatet for mere info herom.

Næste møde er planlagt til **d. 28. februar 2017 hos Arla Foods amba i Holstebro**, så reserver allerede nu datoen. Jeg vender tilbage med invitation og program et par måneder inden det næste møde.

Dagsorden

09:30 – 09:40	Velkommen
09:40 – 10:10	Præsentation og nyt fra deltagerne
10:10 – 10:30	Nyt fra Teknologisk Institut
10:30 – 10:40	Pause
10:40 – 11:00	EMPRESS
11:00 – 11:30	Tema: Overfladetemperaturmåling
11:30 – 11:50	Faglig præsentation – Senmatic A/S
11:50 – 12:30	Frokost
12:30 – 13:30	Rundvisning – Senmatic A/S
13:30 – 14:10	Tema: Lufttemperaturmåling
14:10 – 14:25	Nyt fra udland
14:25 – 14:30	Næste møde og afrunding

Deltagere

- Lene Maribo Schou (Buhl & Bønsøe A/S)
- Jan Laursen (Novo Nordisk A/S)
- Arne Klarskov Jørgensen (Novo Nordisk A/S)
- Jesper Andreasen (Novo Nordisk A/S)
- René Wilche Vedel (Exova METECH A/S)
- Kenneth Vestergaard Olesen (Arla Foods amba)
- John Domino (Kamstrup A/S)
- Renny Stæhr Carlsen (FORCE Technology)
- Kim Brandt (Getinge Denmark A/S)
- Peder Madsen (Senmatic A/S)
- Jan Nielsen (Teknologisk Institut)
- Dennis Dam Sørensen (Teknologisk Institut)
- Søren Lindholt Andersen (Teknologisk Institut)

Velkomst og præsentation

Efter en kort velkomst og præsentationsrunde med nyheder fra mødedeltagerne gik vi videre til dagens øvrige program.

Nyt fra Teknologisk Institut

- Overfladetemperatur på rør: Teknologisk Institut har som en del af den seneste resultatkontrakt lavet en eksperimentel undersøgelse af forskellige procedurer for måling af overfladetemperatur på rør og omgivelsernes påvirkning på måleresultatet. En rapport kan findes på Teknologisk Instituts hjemmeside (<http://www.teknologisk.dk/laboratorier/temperatur/14993>). Hos deltagerne er det generelle indtryk at man bruger lidt forskellige metoder til at måle/kalibrere overfladetemperaturen på rør specifik, men også til måling/kalibrering af overfladetemperatur generelt. Det er brug for flere undersøgelser og en europæiske guide på området og det er indtrykket at der er et stort behov for at måle præcise overfladetemperaturer.
- Resultatkontrakt 2016-2018: Resultatkontrakten er opsummeret i slideshowet og vi diskuterede i øvrigt:
 - **Måleteknisk efteruddannelse**: Ønske om en udvidelse af temperaturkursus. Evt. som et trin 2 der bygger ovenpå det grundlæggende kursus. Det ser Teknologisk Institut nærmere på, men det kan nævnes at der allerede udbydes specialiserede kurser indenfor infrarød temperaturmåling, temperaturkalibratorer, termokoblere og modstandstermometre, samt et 3 dages temperaturkursus på engelsk.
 - **Ringkalibreringer**: Der er netop igangsat en ringkalibrering på sekundær temperaturmåling, THERM06. Desuden er en ringkalibrering på fugt (EA TH12 – Humidity) ved at blive afsluttet. Der er ønske fra mødedeltagerne om ringkalibrering på lufttemperatur samt på overfladetemperatur når en guide ligger klar.
 - **Kalibrering ved lave temperaturer**: Der er behov for kalibrering ved lave temperaturer. Teknologisk Institut kan nu udføre ikke-akkrediterede kalibrering ned til -195 °C, og er på vej med en akkreditering på det udvidede temperaturområde.
- CIPM-MRA logo: Teknologisk Institut er ved at implementere nye certifikatforsider. De nye certifikatforsider for temperatur indeholder også det internationalt anerkendte CIPM-MRA logo, som dokumenterer sporbarhed på højeste internationale niveau.

Enhanced process efficiency through improved temperature measurement (EMPRESS)

Teknologisk Institut deltager i det europæiske EMPIR projekt EMPRESS, hvis formål fremgår af titlen, nemlig at øge forarbejdningseffektiviteten i den europæiske industri via forbedrede temperaturmålinger. På ERFA-mødet gav Søren Lindholt Andersen, Teknologisk Institut, en præsentation som var udarbejdet af projektkoordinatoren Jonathan Pearce, NPL.

Præsentationen kan desværre ikke distribueres online, men projektet opsummeres kort her og man kan finde mere info på projektets hjemmeside (<https://www.strath.ac.uk/afrc/projects/>):

- Work Package 1: I denne WP udvikles en ny type kontakt temperatur sensorer med lille drift til måling af temperaturer op til >2000 °C. Disse målinger kan bl.a. bruges ved forarbejdning af silicium, støbning i luftfartindustrien, fremstilling af forarbejdningsovne.

- Work Package 2: Nul-drift kontakt temperatur sensorer up til 1350 °C. Disse sensorer kan bl.a. bruges til varmebehandling i luftfartsindustrien og brændstof sintring.
- **Work Package 3**: Sporbar overfladetemperaturmåling med kontakt sensorer op til 500 °C. Teknologisk Institut deltager i denne WP, som omhandler måling af overfladetemperatur via to nye metoder. Arbejdet skal ende ud i en EURAMET guideline for overfladetemperaturmåling. Bedre overflademålinger gavner mange industrier, bl.a. indenfor formgivning, smedning, svejsning, varmebehandling og coating.
- Work Package 4: Sporbar forbrændingstemperatur via en transportabel standard flamme. Dette arbejde kan bl.a. bruges til udvikling af brændstof og måling i gas turbiner.

I tilknytning til projektet har man også dannet en Stakeholder Community, hvor man har mulighed for at deltage i 2 workshops med de øvrige medlemmer. Dvs. man har god mulighed for at få den nyeste viden og øge sit netværk indenfor temperaturmåling i Europa. Den første workshop finder sted 22. marts 2017, og man kan finde mere info via følgende hjemmeside: <http://www.npl.co.uk/events/22-mar-2017-empress-workshop-enhanced-temperature-measurement-techniques-for-improved-process-control>

Man kan tilmelde sig den her Stakeholder Community ved at sende en mail til Søren Lindholt Andersen (soan@teknologisk.dk), det er gratis at være medlem, og man får nyheder om projektet pr. mail.

Overfladetemperaturmåling

Præsentationen af emnet, som er vedlagt referatet, diskuterer overfladetemperaturmåling og de problemer der relaterer til emnet. Desuden præsenteres en ny teknik til måling af overfladetemperatur:

- Fosfortermometri. Denne metode undersøges i WP3 af EMPRESS projektet, som er beskrevet ovenfor.
- Ved TC-T mødet i EURAMET regi blev der i februar 2016 afholdt en workshop om overfladetemperaturmåling og der var desuden flere indlæg om emnet ved årets TEMPMEKO.

Faglig præsentation og rundvisning – Senmatic A/S

Peder Madsen fra Senmatic A/S gav en spændende præsentation af virksomhedens historie og hvad der foregår af aktiviteter i dag (da Peders slideshow ikke er til online distribution er det ikke vedhæftet referatet). Efterfølgende fik vi en rundvisning og så bl.a. de store kalibreringsbade, som bliver brugt til at kalibrere de sensorer der produceres. Tak til Peder for at lægge "hus" til ERFA-mødet og tak for en god rundvisning.

Lufttemperatur

Jan Nielsens præsentation om emnet er vedhæftet dette referat og diskuterer bl.a. de usikkerhedskomponenter der relaterer til måling af lufttemperatur. Det drejer sig specielt om effekten af **selvopvarmning** og **stråling** med hvilket man skal være meget påpasselig. Der refereres endvidere til en DKD guideline om kalibrering af klimakamre (DKD-R 5-7) som kan vindes ved en google-søgning. Endelig nævnes state-of-the-art på området.

Nyt fra udlandet

Se den vedhæftede præsentation.

- TC-T møde: Mødet i EURAMET – Technical Committee for Thermometry refereres. EURAMET K9 – Ar til Zn er i gang. Teknologisk Instituts CMC'er på lufttemperatur er godkendt af EURAMET.
- EURAMET guidelines: Opsummering af nye guidelines.
- BIPM: Arbejdet med at redefinere temperaturskalaen fortsætter. Skal opfylde krav så der ikke ændrer væsentligt på den praktiske ITS-90 skala vi har nu.
- TEMPMEKO 2016: Det blev med god dansk repræsentation i år. De oplæg Teknologisk Institut var med i på TEMPMEKO er nævnt i slideshowet.

Afrunding

Næste møde planlægges til 28/2-2017 hos Arla Foods amba i Hostebro. Muligheden for eksterne indlæg på mødet blev vendt.

LinkedIN-gruppe: På Teknologisk Institut har vi besluttet – efter opfordring på mødet – at oprette en LinkedIN-gruppe som et forum for diskussion af temperaturmåling ud over, hvad vi taler om på ERFA-møderne. Det bliver en privat gruppe, men den bliver ikke eksklusiv for ERFA-gruppe medlemmerne. Det vil sige at man kan bede om medlemskab, hvis man har interesse i temperaturmåling, og I kan også invitere jeres kolleger med i gruppen. Gruppen kan findes via følgende link: <https://www.linkedin.com/groups/8565651> – I skal blot bede om medlemskab, så accepter jeg efterfølgende anmodningen. For dem der ikke er på LinkedIN må dette være en opfordring til at komme det, og ellers må man gerne give mig besked, så videreformidler jeg udvalgte indlæg.

Venlig hilsen og på gensyn i februar 2017,

Søren Lindholt Andersen

Konsulent hos Teknologisk Institut



TEKNOLOGISK
INSTITUT

it's all about innovation





TEKNOLOGISK
INSTITUT

Erfa-gruppe for temperaturmåling 25.05.2016 – Senmatic A/S, Søndersø

Tema: Måling af overflade- og lufttemperatur

Velkommen



TEKNOLOGISK
INSTITUT

Dagens program:

09:30 – 09:40	Velkommen
09:40 – 10:10	Præsentation og nyt fra deltagerne
10:10 – 10:30	Nyt fra Teknologisk Institut
10:30 – 10:40	Pause
10:40 – 11:00	EMPRESS
11:00 – 11:30	Tema: Overfladetemperaturmåling
11:30 – 11:50	Faglig præsentation – Senmatic A/S
11:50 – 12:30	Frokost
12:30 – 13:30	Rundvisning – Senmatic A/S
13:30 – 14:10	Tema: Lufttemperaturmåling
14:10 – 14:25	Nyt fra udland
14:25 – 14:30	Næste møde og afrunding

Præsentation og nyt fra deltagerne



TEKNOLOGISK
INSTITUT

- Fortæl kort (ca. 3 min) om dig selv og din virksomhed i relation til emnet temperaturmåling
- Din præsentation kan f.eks. indeholde:
 - Baggrund – uddannelse og erfaring
 - Jobfunktion
 - Aktuelle produkter/ydelser
 - Udfordringer med temperaturmåling
 - Løsninger med temperaturmåling



TEKNOLOGISK
INSTITUT

Nyt fra Teknologisk Institut

Temperatur erfagruppemøde – maj 2016

Jan Nielsen, Teknologisk Institut

Overfladetemperatur på rør

- Eksperimentelt arbejde udført som en del af den seneste resultatkontrakt.
- Rådgivningsydelse rettet mod procesvirksomheder
- <http://www.teknologisk.dk/laboratorier/temperatur/14993>



TEKNOLOGISK
INSTITUT



DANISH
TECHNOLOGICAL
INSTITUTE



Surface Temperature Measurement Research



Analysis of the influence of different factors in the surface temperature measurement.

Project Report

Resultatkontrakt 2016 – 2018

Styrelsen for Forskning og Innovation

- Tak for støtten 😊
- Emner på programmet relevant for temperatur
 - Videreførelse af temperaturerfaggruppen
 - Måling af vandaktivitet (on-site) og sorptionsisotermer
 - Etablering af et MI på materialefugt og understøttelse af akkrediterede laboratorier
 - Måleteknisk efteruddannelse – **ønsker?**
 - På udstyrssiden forstærkes den danske temperaturskala med supplerende fikspunkter
 - Nyt setup for at kunne kalibrere termometre højeste niveau imellem argons og kviksølvs trippelpunkt.
 - Ringkalibreringer – **ønsker?**
- **Andre emner der bør tages op?**

Metrologi – til industri og samfund



Jan Nielsen
Sektionsleder
jnn@teknologisk.dk

Indsendt af [Teknologisk Institut](#) i kategoriene [Byggeri og anlæg](#), [Energi](#), [Informations- og Kommunikationsteknologi](#), [Klima og miljø](#), [Materialeteknologi](#), [Produktionsteknologi](#), [Service og offentlig innovation](#), [Sundhed & fødevarer](#) og [Transport](#)



CIPM – MRA logo

- Snart CIPM-MRA logo på temperaturcertifikaterne og nyt design
- Dokumenterer sporbarhed på højeste internationale niveau.
- Garanti for, at vores laboratorier og måleusikkerheder er blevet evalueret af internationale eksperter, og at vi deltager i sammenligninger på højeste niveau
- Skal anerkendes af alle lande i meterkonventionen dvs. bredere end DANAK / ILAC



TEKNOLOGISK
INSTITUT



TEKNOLOGISK
INSTITUT
Teknologiparken
Kongens Lyngby Allé 29
Bjergvej 14
8000 Aarhus C
TE: +45 72 20 20 00
info@teknologisk.dk
www.teknologisk.dk

KALIBRERINGSCERTIFIKAT

CERTIFIKATNR.:
200-P-23364

Side 1 af 4
Antal bilag: 0

Rekvirent	Teknologisk Institut, Automobilteknik Søren Iversen Gregersensvej 2630 Taastrup		
Emne:	Digitalmanometer		
	Fabrikat: Ametek	Model: IP110KGBXINDG	
	Seriennr.: 8784051	Kundemærke: 270-T-5654	
	Område: 0 - 700 bar	Inddeling: 0,01 bar	
Periode:	Modtaget: 24-02-2016	Kalibreret: 03-03-2016	
Procedure:	D1-3.2		
Bemærkninger:			
Vilkår:	Kalibreringen er udført i henhold til gældende vituler fastlagt af DANAK, se www.danak.dk , og i henhold til Teknologisk Instituts interne vilkår, som er gældende på tidspunktet for afleveringen. Kalibreringsresultater gælder udelukkende for det kalibrerede emne. Kalibreringscertifikatet må kun gengives i uddrag, hvis laboratoriet schriftligt har godkendt uddraget.		

Underskrift: Mette Pedersen
Kvalitets & måletekniker

Udført af: KOH



DANAK
CAL Reg.nr. 200



TEKNOLOGISK
INSTITUT

Enhancing process efficiency through improved temperature measurement

Temperatur erfagruppemøde – maj 2016

Søren Lindholt Andersen, Teknologisk Institut

Præsentation af EMPRESS ud fra slideshow af Jonathan Pearce, NPL



TEKNOLOGISK
INSTITUT

- Se mere om projektet på hjemmeside:
<https://www.strath.ac.uk/afrc/projects/>

Stakeholder Community

- Der afholdes 2 endags workshops hos AFRC i Glasgow
- Vær først til at få ny viden indenfor området – mulighed for hurtig anvendelse
- Netværk med markante spillere på den europæiske industriscene samt indenfor temperaturmåling og metrologi generelt
- Første workshop finder sted i marts/april 2017

- Tilmeld dig ved at sende en mail til Søren Lindholt Andersen på soan@teknologisk.dk



TEKNOLOGISK
INSTITUT

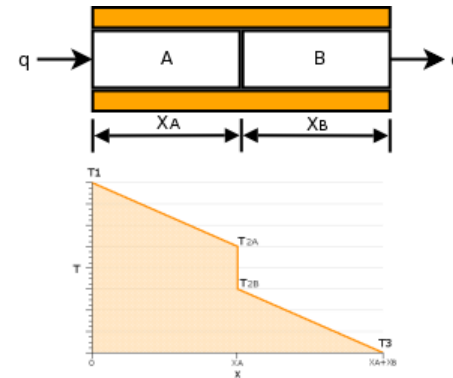
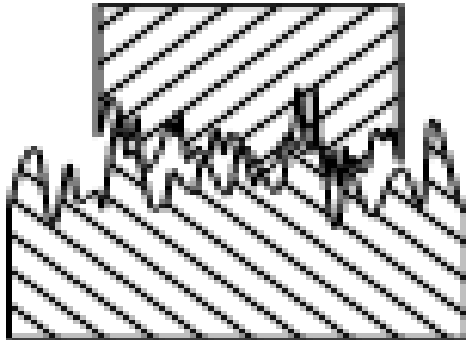
Tema: Overfladetemperaturmåling

Temperatur erfagruppemøde – maj 2016

Søren Lindholt Andersen, Teknologisk Institut

Måling af overfladetemperatur - termisk kontakt

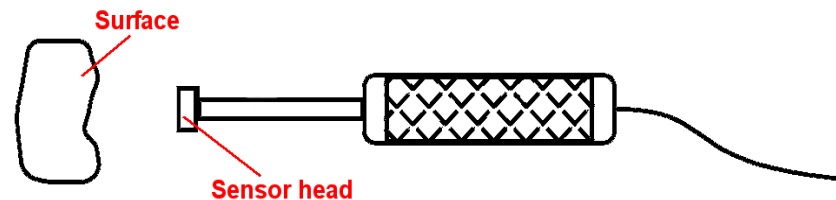
- Der er termisk kontakt, hvis der udveksles varme (energi)
- Termisk modstand eller termisk ledningsevne
 - Afhænger af:
 - Kraften
 - Større areal at udveksle varmen gennem
 - Mellemliggende stof



Overfladetemperaturmåling med kontakttermometer

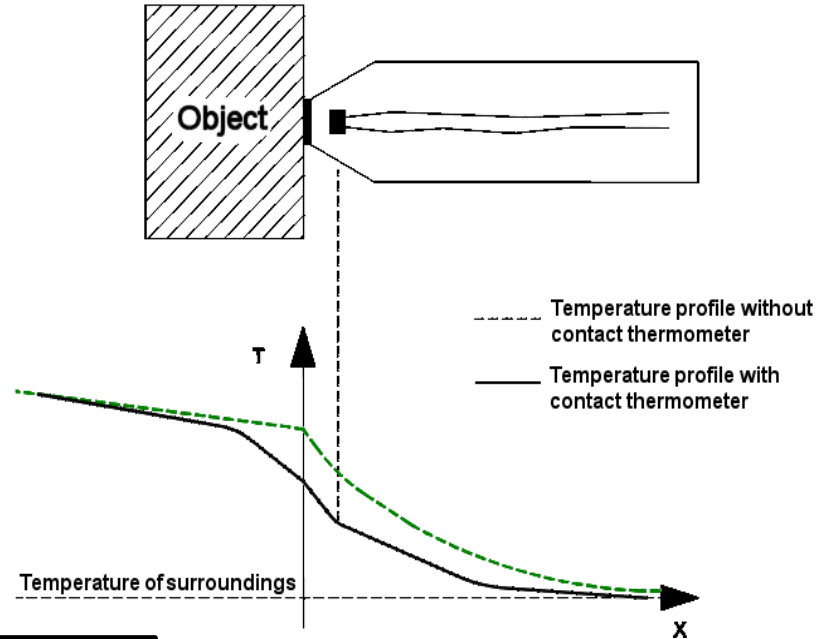
Typiske problemer med temperaturmåling af overflader:

- Varmeledning → Temperaturen sænkes i kontaktpunktet
(målte temperatur for lav)
- Dårlig kontakt → Termisk modstand
(målte temperatur for lav)
- Lokal isolering → Temperaturen øges i kontaktpunktet
(målte temperatur for høj)



Overfladetemperaturmåling med kontaktermometer

Varmekapacitets-effekt: Den målte værdi ligger (nok) mellem den målte temperatur og den omgivende temperatur...



Temperaturmålingen ændres når den udføres

Overfladetemperaturkalibrering



TEKNOLOGISK
INSTITUT

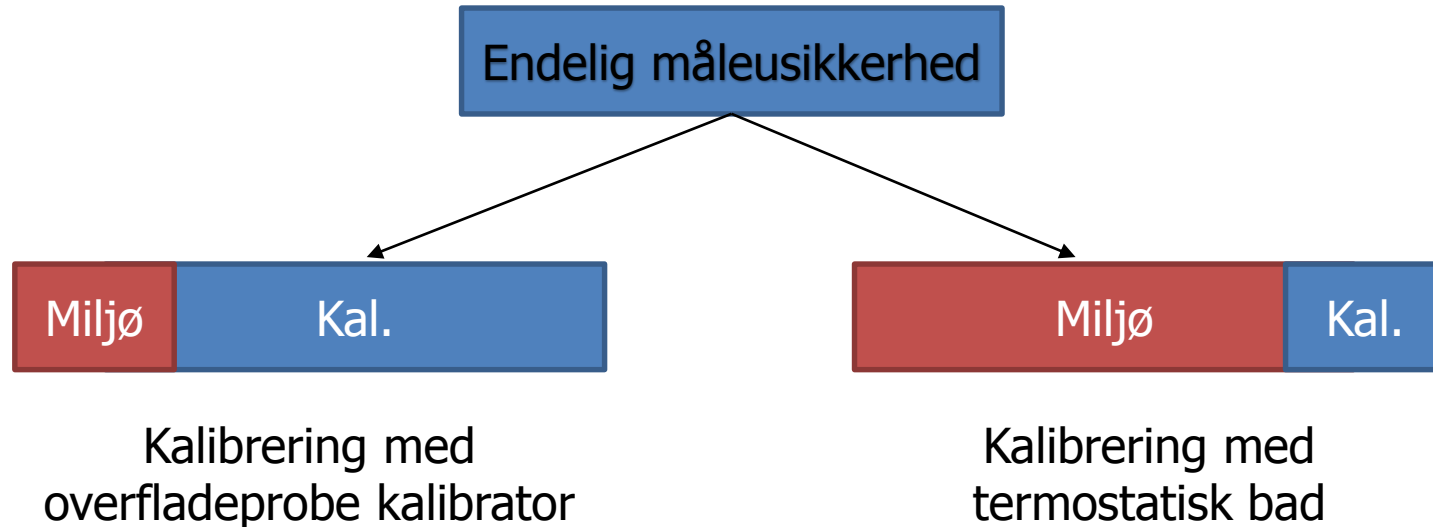
- En metode til at kalibrere et overflade termometer
- Mål temperaturen i tre dybder – ekstrapoler til overfladen
- Den mest "rigtige" overfladetemperatur findes ved at måle på den ubelastede overflade
- Hvordan bør vi så kalibrere vores termometre? **Input?**

Der er brug for en international standard!!



Opretholdelse af sporbarhed

- Overfladeproben kalibreres enten på en tilsvarende overflade eller ved sammenligning i et termostatisk bad/tørblokkalibrator
- De to metoder giver forskellige bidrag til usikkerhedsbudgettet:



Guides til overfladetemperaturmåling

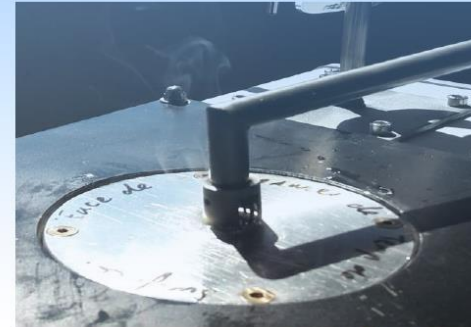


TEKNOLOGISK
INSTITUT

- CETIAT i Frankrig har udviklet en guide til god praksis ved overfladetemperaturmåling med kontakttermometre:
http://www.cetiat.fr/fr/downloadpublic/index.cfm?docname=guide_mesure_temperature_surface.pdf
- EURAMET guide udvikles i forbindelse med EMPRESS WP3

MESURE DES TEMPÉRATURES
DE SURFACE PAR THERMOMÉTRIE
DE CONTACT

GUIDE DES BONNES PRATIQUES INDUSTRIELLES



EMPRESS - WP3 (I)



TEKNOLOGISK
INSTITUT

- Målet med denne WP er "to enhance materials/chemical processing, such as forming, joining and welding, by providing more reliable, traceable surface temperatur measurement... ..below 500 °C."
- Problemer nu:
 - Overfladeproben perturberer temperaturmålingen.
 - Bidrag til usikkerheden fra emissiviteten (materialeafhængig)
 - Bidrag til usikkerheden fra termisk baggrundsstråling (umuliggør en måling med infrarødt kamera?)
 - Det termiske flow er materialeafhængigt, og den nuværende overfladekalibrering gælder kun når proben anvendes på samme materiale, som den er kalibreret på
 - Ekstrapolation til overfladen gælder kun for materialer med høj termisk ledningsevne

EMPRESS WP3 (II)

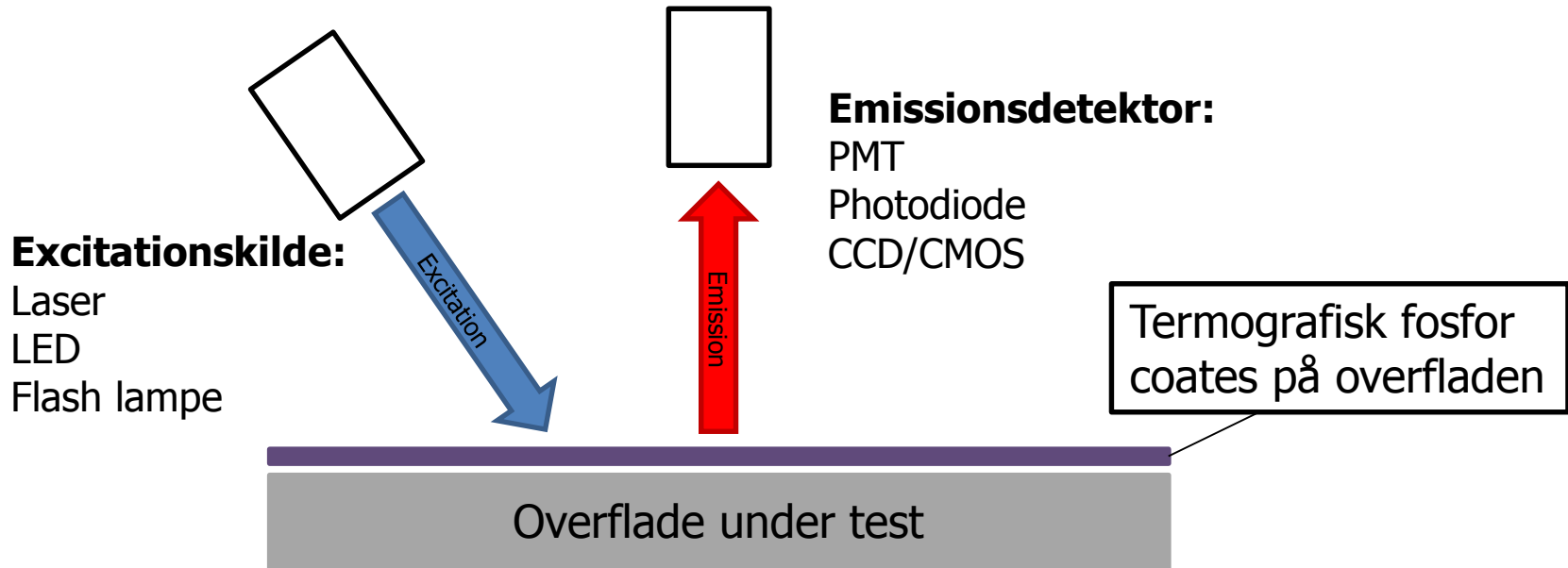


TEKNOLOGISK
INSTITUT

- Flere problemer løses op til temperaturer på 500 °C med arbejdet i EMPRESS projektet
- To nye tilgange til overfladetemperaturmåling:
 1. Setup baseret på fosfor termometri
 2. Setup baseret på dynamisk compensation af overflade proben
- Usikkerhedsbudgetter udarbejdes for de to nye metoder samt for den konventionelle
- Validering af de to nye metoder via krydssammenligning hos alle partnere (NPL, CMI, DTI, INRIM, GF, BAE)
- Forventer halvering af usikkerheden fra 10 °C til 5 °C.

Fosfortermometri (I)

- Fosfor coates (semi-kontakt) på den overflade der undersøges



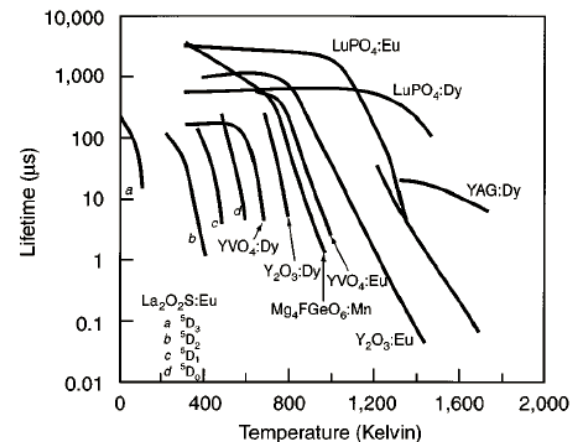
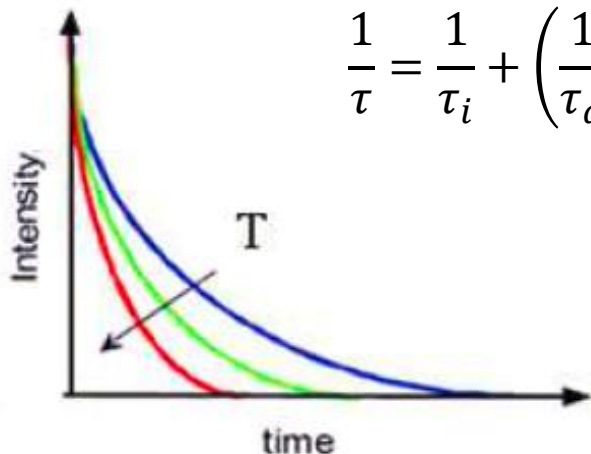
Fosfortermometri (II)



- Levetiden af det udsendte lys er temperaturafhængig og uafhængig emissivitet og termisk baggrund

$$S(t) = ae^{-t/\tau} + b \quad \longrightarrow \quad \tau: \text{Fluorescence lifetime}$$

$$\frac{1}{\tau} = \frac{1}{\tau_i} + \left(\frac{1}{\tau_q}\right) \cdot e^{\Delta E_q/kT}$$



Yderligere initiativer



TEKNOLOGISK
INSTITUT

- Workshop om overfladetemperaturmåling ved TC-T mødet i februar 2016 – inspiration til denne præsentation
- Arbejdet med overfladetemperatur på rør fortsættes
- EMPIR-projekt ved næste kald forberedes – afventer resultater fra EMPRESS
 - Vi håber på deltagelse af en dansk virksomhed denne gang, og opfordrer til at I holder jer til
- **HUSK: Stakeholder Community til EMPRESS**



TEKNOLOGISK
INSTITUT

Lufttemperatur - oplæg

Temperatur erfagruppemøde – maj 2016

Jan Nielsen, Teknologisk Institut

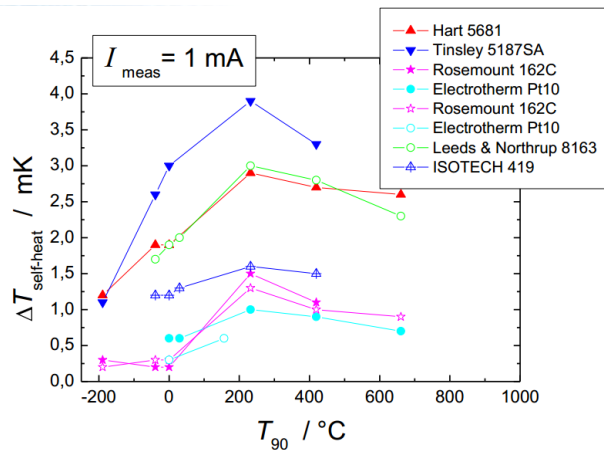
Lufttemperatur – hvad er specielt?

Intet! – men der er et par fejlkilder der får stor indflydelse ift. Måling i væske/fast materiale.

Usikkerhedskomponenter ved kalibrering

- Air temperature spatial distribution in the specified calibration volume
- Air temperature temporal stability over a representative period of time
- Uncertainties associated with the working standard used for the calibration
 - **Radiation effect** associated with the emissivity of the temperature sensor and sensor dimension, caused by different temperatures of the walls of the chamber and the air in the chamber. At certain temperatures this can be the largest uncertainty component
 - **Self-heating effects**
 - The usual stuff

Selvopvarmning

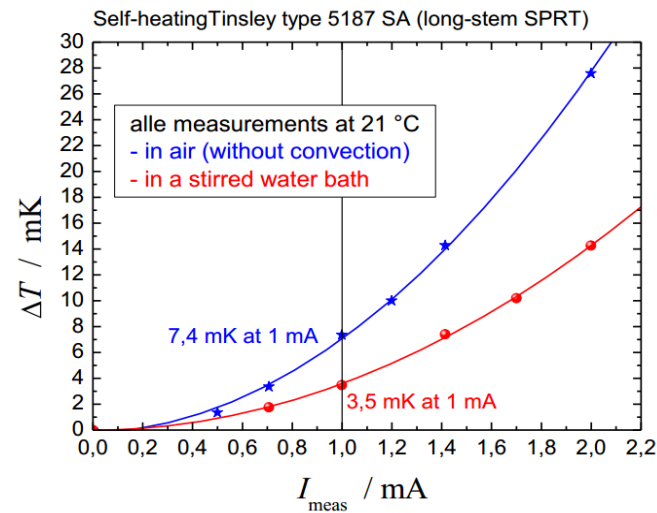


- Afhænger også af de termiske forhold (t.h.) – systemets dissipationskoefficient

- Opstår når målestrømmen afsætter effekt i Pt-elementet:

$$P = I^2 \cdot R$$

- Afhænger af konstruktionen (t.v.)





Selvopvarmning

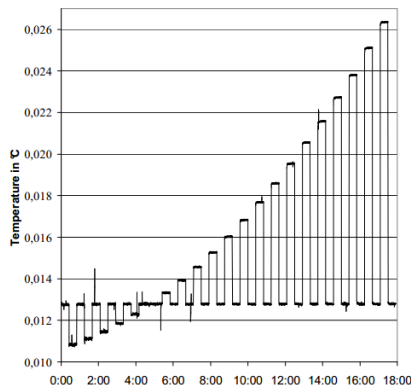
- To strøms måling i en stabil temperatur:

$$R_{I_2} - R_{I_1} = F_{I_2} \cdot R_s - F_{I_1} \cdot R_s = \Delta R_t$$

- Hvis $I_2 = \sqrt{2} \cdot I_1$ er:

$$R_{I=0 \text{ mA}} = R_{I_1} - 2 \cdot R_{I_2}$$

- Flere målestrømme kan benyttes og regression til $R_{I=0 \text{ mA}}$ udføres

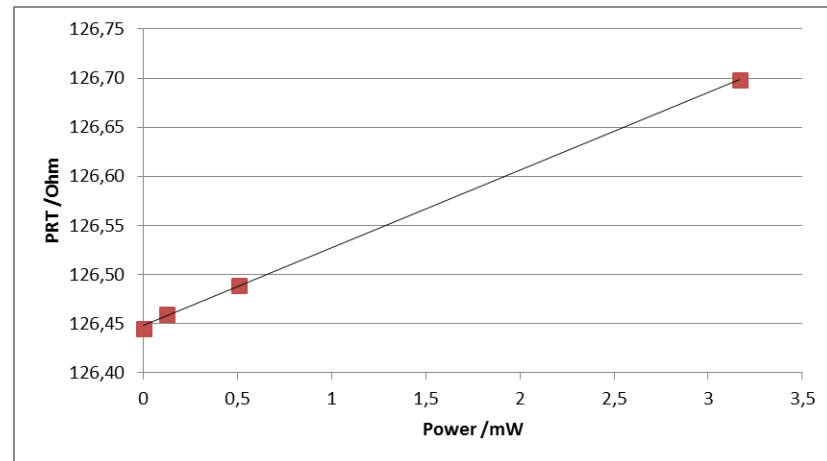


- Eneste valide sammenligningsgrundlag er altså ved 0 mA medmindre man giver køb på usikkerheden.

Selvopvarmning – et usikkerhedsbidrag

- Teknologisk Instituts Pt100 følere (anvendes normalt med 0,1 mA målestrøm)

70 °C			
Current mA	R Ohm	P mW	Self heat K
0,1	126,4452	0,0013	-0,006
1	126,4596	0,13	0,030
2	126,4885	0,5	0,10
5	126,6984	3,2	0,63
0	126,4476		



$$u_{self-heat}(1 mA) = \frac{0,03 K}{\sqrt{3}}$$

Stråling



- Alt over 0 K udstråler – ganske meget – stråling
- Ved RT udstråles der ca. 470 W/m²

Stefan-Boltzmann's lov

$$\frac{\partial q}{\partial t} = \varepsilon \cdot \sigma \cdot A \cdot (T_s^4 - T_{sur}^4)$$

ε : Emmisisviteten, evnen til at afgive stråling, materialeafhængig

σ : Stefan Boltzmann's konstant

A : Arealet af overfladen der udstråles fra

T_s : Temperaturen af overfladen

T_{sur} : Temperaturen af omgivelserne



Den termiske kontakt kan ikke ses!



Fjern kilden
Afskærm kilden

DEUTSCHER KALIBRIERDIENST

DKD

Guideline **Calibration of**
DKD-R 5-7 **Climatic Chambers**

Edition 07/2004 • English translation 02/2009

Page 1 of 31

1. The determination of the radiation effect can take place by measurement of the temperature in the centre of the useful volume using a thermometer with as high an emissivity (i.e. $\epsilon > 0,6$) and a thermometer with as low an emissivity (i.e. $\epsilon < 0,15$) as possible. One advisable arrangement is the use of a thermometer with a polished nickel surface (low emissivity) as well as of a thermometer with a Teflon surface (high emissivity); The air temperature is obtained by extrapolation to the emissivity $\epsilon = 0$. The difference ascertained between the two thermometers is a measure of the radiation effect if wall temperature and air temperature are not identical.

$$u(\delta T_{\text{radiation}}) = \frac{0,2}{\sqrt{3}} \times \text{Max} |T_{\text{lc}} - T_{\text{hc}}|$$

2. The air temperature is measured with a thermometer protected from the wall influence using a radiation shield. This radiation shield must be ventilated or, by its arrangement and design, allow the thermometer to be adequately exposed to the circulated air. With the radiation shield mounted, the thermometer approximately measures the air temperature and, after removal of the radiation shield, the “radiation temperature”, i.e. the temperature under the influence of radiation. The difference ascertained between the two measurements is a measure of the radiation effect if the wall temperature deviates from the air temperature.

$$u(\delta T_{\text{radiation}}) = \frac{1}{\sqrt{3}} \times \text{Max} |T_{\text{lc}} - T_{\text{hc}}|$$



State-of-the-art

Italy, INRIM (Istituto Nazionale di Ricerca Metrologica)

[Complete CMCs in Thermometry for Italy](#) (.PDF file)

Temperature. Air temperature sensors, **-20 °C to 18 °C**
Absolute expanded uncertainty ($k = 2$, level of confidence 0.95) in °C: **0.04**
By comparison against a reference air temperature PRT
Ambient temperature: 21 °C to 25 °C
Approved on 10 November 2015
Internal NMI service identifier: INRIM/T/07/06

Temperature. Air temperature sensors, **28 °C to 80 °C**
Absolute expanded uncertainty ($k = 2$, level of confidence 0.95) in °C: **0.04**
By comparison against a reference air temperature PRT
Ambient temperature: 21 °C to 25 °C
Approved on 10 November 2015
Internal NMI service identifier: INRIM/T/07/06

Netherlands, VSL (VSL)

[Complete CMCs in Thermometry for Netherlands](#) (.PDF file)

Air temperature. Air temperature sensor, **-40 °C to -20 °C**
Absolute expanded uncertainty ($k = 2$, level of confidence 95%) in °C: **0.06**
Comparison with air temperature sensors
Approved on 05 May 2014

Air temperature. Air temperature sensor, **-20 °C to 23 °C**
Absolute expanded uncertainty ($k = 2$, level of confidence 95%) in °C: **0.06 to 0.03**
Comparison with air temperature sensors
Approved on 05 May 2014

Air temperature. Air temperature sensor, **23 °C to 90 °C**
Absolute expanded uncertainty ($k = 2$, level of confidence 95%) in °C: **0.03 to 0.07**
Comparison with air temperature sensors
Approved on 05 May 2014

Teknologisk Institut

Temperatur (luft)	-40 °C	0 °C	0,18 °C	0,23 °C
Temperatur (luft)	0 °C	70 °C	0,028 °C	0,049 °C
Temperatur (luft)	70 °C	90 °C	0,27 °C	0,34 °C



TEKNOLOGISK
INSTITUT

Nyt fra udlandet

Temperatur erfagruppemøde – maj 2016

Jan Nielsen, Teknologisk Institut

EURAMET – Technical Committee for Thermometry

- Dækker: temperatur, fugt og termofysiske egenskaber
- Dansk kontaktperson: Jan Nielsen, Teknologisk Institut
- Årligt møde i TCT: 23-02 til 26-02-16
 - Workshop overfladetemperatur
 - Strategigruppemøde
 - Møde i fugtgruppe og gruppe for termofysiske egenskaber
 - Møde i gruppe for guidelines og i CMC gruppe
- Highlights
 - EURAMET K9 – Ar til Zn
 - TI's CMC'er på lufttemperatur godkendt i EURAMET

EURAMET Guideline oversigt

Se <http://www.euramet.org/publications-media-centre/calibration-guides-and-technical-guides/>

- Extrapolation of SPRT calibrations below the triple point of argon, 83.8058 K, and traceability in baths of liquid nitrogen at ~ 77.3 K (EURAMET Technical Guide No. 1 | Version 1.0 (03/2011))
- EURAMET Guide on Lifetime and Drift/Stability Assessment of Industrial Thermocouples (EURAMET Technical Guide No. 2 | Version 1.0 (05/2015))
- Calibration of Thermocouples, Version 2.1, 10/2011
- Calibration of Temperature Indicators and Simulators by Electrical Simulation and Measurement, Version 2.0, 03/2011
- Calibration of Temperature Block Calibrators, Version 3.0, 02/2015
- Calibration of Temperature and / or Humidity Enclosures, Version 4.0, 02/2015
- TI er tovholder på ny guideline om måling af overfladetemperatur (EMPRESS/Søren)

- Arbejdet med redefinitionen af temperaturenheden ud fra boltzmann konstanten i stedet for via vands tripelpunkt går fremad
- Herefter ny praktisk skala i stedet for ITS90
- Vær opmærksom på CCT's publikationer (via www.bipm.org)



Bureau International des Poids et Mesures – the intergovernmental organization through which Member States act together on matters related to measurement science and measurement standards.

Search facility:

[Site map](#) | [News](#) | [Contact us](#)

ABOUT US | **WORLDWIDE METROLOGY** | **INTERNATIONAL EQUIVALENCE** | **MEASUREMENT UNITS** | **SERVICES** | **PUBLICATIONS** | **MEETINGS**

> You are here: worldwide metrology: committee structure > Consultative Committees > CCT > CCT publications

CCT publications and bibliography

Temperature scales and the kelvin | Future redefinition of the SI | Guides to Thermometry | CIPM MRA – CMCs and KCs

Meeting reports | Strategy document | Member bibliographies | **CCT**

- ▶ Guide to the Realization of the ITS-90
- ▶ Guide to the Realization of the PLTS-2000
- ▶ Guide on Secondary Thermometry

CCT summary

- ▶ General information
- ▶ CCT members
- ▶ CCT working groups
- ▶ CCT publications and bibliography
- ▶ CCT strategy
- ▶ Photographs of the CCT
- ▶ Key comparisons 
- ▶ Classification of services in Thermometry 

Open documents

- ▶ CCT documents
- ▶ CCT-TG-SI documents
- ▶ CCT-WG-NCTh documents



TEKNOLOGISK
INSTITUT



- En af de vigtigste begivenheder inden for termometri
- Afholdes hvert tredje år af IMEKO TC12
- Emner: Temperatur, fugt og termofysiske egenskaber

**XIII International Symposium
on Temperature and Thermal Measurements
in Industry and Science**

26.06.2016 – 01.07.2016

<http://www.tempmeko2016.pl/>

Teknologisk Institut på TEMPMEKO 2016



TEKNOLOGISK
INSTITUT

MONDAY, 27.06.2016

14:00 - 15:45 Humidity and Moisture

Oral Session I

Humidity and Moisture Standards (I)

DEVELOPMENT OF THE VSL HIGH
TEMPERATURE DEWPOINT GENERATOR
OVER THE PAST 15 YEARS

R. Bosma, J. Nielsen, A. Peruzzi

01.15

Tuesday, 28.06.2016

9:30 - 10:30 SI-TRACEABLE WATER CONTENT
MEASUREMENTS IN SOLIDS, BULKS AND
POWDERS

Oral Session
III

P. S. Østergaard, J. Nielsen, M. Pedersen,
M. K. Rasmussen

03.7

14:45 - 15:45 METROLOGY FOR TERRESTRIAL AND
SURFACE ESSENTIAL CLIMATE VARIABLES

Oral Session V

C. Garcia Izquierdo, A. Merlone, E.
Georgin, R. Strnad, M. K. Rasmussen, N.
Jandric, M. Heinonen, S. Bell, V. Ebert, M.
Dobre, M. Kalemci, G. Begez, A. Peruzzi, P.
Milita

05.7

Wednesday, 29.06.2016

15:45 - 16:45

Poster Session
VI

NEW METHODS FOR ESTABLISHING SI
TRACEABILITY FOR MOISTURE
MEASUREMENTS IN SOLID MATERIALS

M. Heinonen, S. Bell, G. Cortellassa, I.
Crina-Nicolescu, V. Femicola, E. Georgin,
D. Hudoklin, I. Leito, J. Nielsen, S. O.
Aytakin, P. Österberg, R. Strnad

09.12

Thursday, 30.06.2016

10:30 - 11:45

Poster Session
VII

SI TRACEABILITY TO MEASURE HUMIDITY AT HIGH TEMPERATURES AND TRANSIENT CONDITIONS

E. Georgin, L. Cavallarini, M. Dell'Isola, V. Ebert, V. Femicola, A. Giannattasio, M. Heinonen, D. Hudoklin, A. B. Kentved, J. Nielsen,
P. Friis, A. Peruzzi, T. Pietari, R. J. Pouw, W. van Schaik, S. Wagner, O. Werhahn

P7.22

14:00 - 15:45

Oral Session
XII

AN INTERCOMPARISON OF
MEASUREMENTS OF WATER CONTENT OF
MATERIALS

P. Miao, P. Carroll, S. Bell, C. Spray, R. Aro,
I. Crina-Nicolescu, M. S. Eroglu, V.
Femicola, P. Friis, N. Karaböce, I. Leito, J.
Nielsen, S. O. Aytakin, F. Rolle, M. S. O. Aytakin

012.14

EMPRESS på TEMPMEKO 2016

EMPRESS: A EUROPEAN PROJECT TO
ENHANCE PROCESS CONTROL
THROUGH IMPROVED TEMPERATURE
MEASUREMENT

J. Pearce, F. Edler, C. Elliott, L. Rosso, G.
Sutton, R. Zante,
Marhin

03.5

THE NPL PORTABLE STANDARD FLAME:
CHARACTERISATION OF THE
TEMPERATURE FIELD ABOVE THE
BURNER

G. Sutton, L. Stanger

08.6

MEASUREMENT OF TEMPERATURE AND GAS CONCENTRATION IN A FLAME BASED ON A HYPERSPECTRAL IR IMAGER

M. A. Rodriguez, G. Guarnizo, J. Meléndez, S. Briz, A. S. de Castro, F. López, M. J. Martín, D. del Campo

P6.5

Afrunding

- Næste møde dato og sted?
- Kommentarer til dagen?
- Forslag til tema ved næste møde?
- Eksterne oplægsholder?