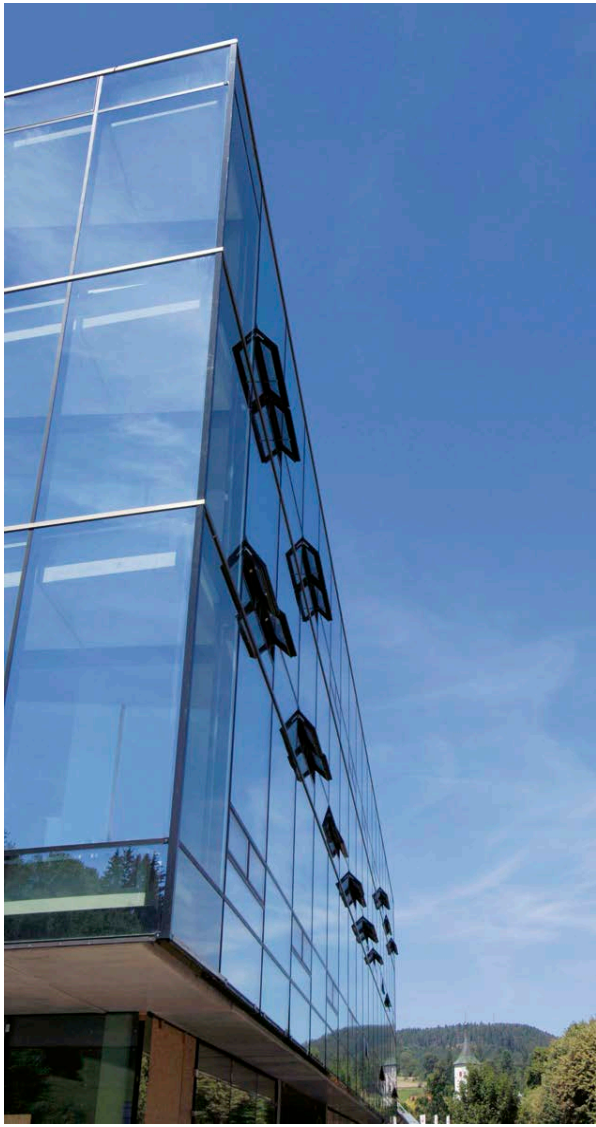
We measure it.

Testo

24.04.2013

Wie is Testo?

- Opgericht in 1957
- Wereldwijd marktleider in de productie en verkoop van draagbare meetapparatuur
- 2.300 medewerkers wereldwijd
- > 130 medewerkers in Research, Development en product management
- > 10% van omzet wordt jaarlijks in de ontwikkeling van nieuwe producten geïnvesteerd

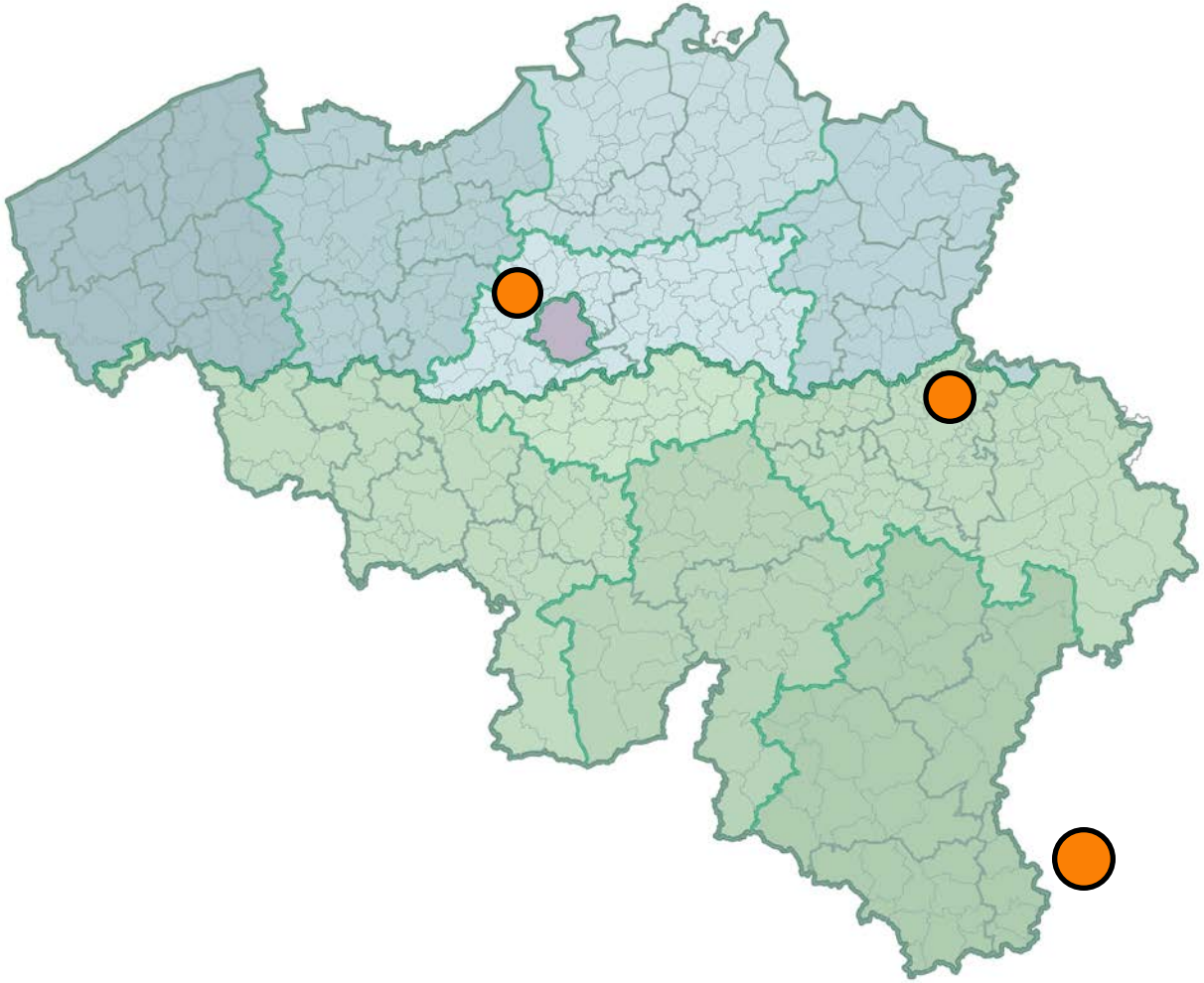


Testo België

testo Ternat
Industrielaan 19
Tel. 02/582 03 61
Fax. 02/582 62 13
info@testo.be

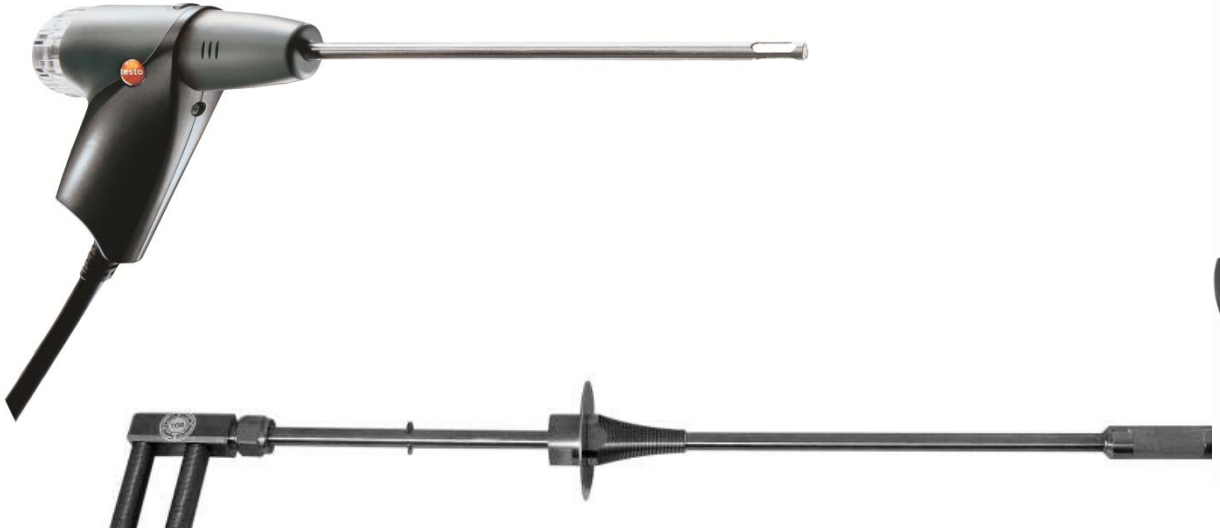
testo Luik
Rue Eugène Vandenhoff
102
4030 Grivegnée
Tel: 02/583 15 21
liege@testo.be

testo GDL
Route des Trois
Cantons 9
8399 WINDHOF
Tel: +352 26 30 53 40
Fax: +352 26 30 59 41
info@testo.lu



Testo België

Productgroep gasanalyse



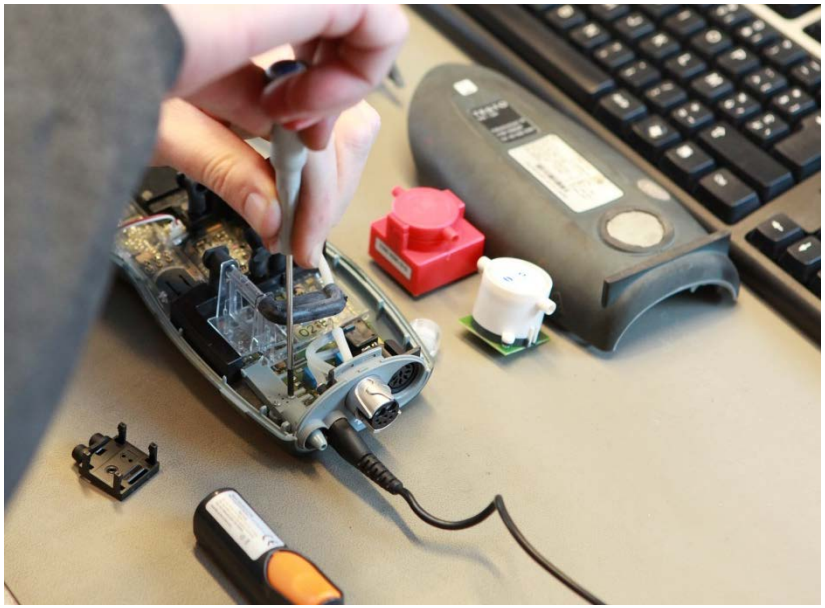
Productgroep draagbare meettoestellen

Productgroep meetsystemen

We measure it. testo

Productgroep thermografie

Service / kalibratie



Luchtsnelheidsmeting

testo 480

De luchtkwaliteit

Bronnen die de kwaliteit van de binnenlucht kunnen verontreinigen :

1. <u>de aanwezigheid van de mens</u>
   - de productie van CO_2 (koolstofdioxide) en waterdamp bij de ademhaling
   - de productie van bio-effluenten (lichaams- en geurstoffen)
   - de productie van warmte
   - de verspreiding van micro-organismen

2. <u>chemische stoffen</u>
   - stikstofdioxide (NO_2)
   - ozon (O_3)
   - koolstofdioxide (CO_2)
   - vluchtige organische stoffen (VOS)

De luchtkwaliteit

Bronnen die de kwaliteit van de binnenlucht kunnen verontreinigen :

3. <u>stof</u>
    - fijn stof

4. <u>microbiologische verontreiniging</u>
    - (huisstof)mijten
    - schimmelsporen
    - pollen
    - bacteriën
    - bio-aërosol (door de lucht zwevende kleine druppeltjes met bacteriën en virussen)

De luchtkwaliteit

Bronnen die de kwaliteit van de binnenlucht kunnen verontreinigen :

5. <u>vezels</u>
    - asbest (inmiddels verboden toe te passen)
    - glaswol

6. <u>luchtverontreinigende stoffen vanuit het buitenmilieu</u>

goede binnenluchtkwaliteit = zorgen voor voldoende ventilatie

ventilatie zorgt voor een verdunning en verwijdering van de binnenluchtverontreiniging

het belang van goede ventilatie is immers nog niet bij iedereen doorgedrongen

De luchtkwaliteit

Indien er een tekort is aan ventilatie/luchtverversing:

- CONCENTRATIEVERLIES
- MOEHEID
- AFNEMEND PRESTATIEVERMOGEN

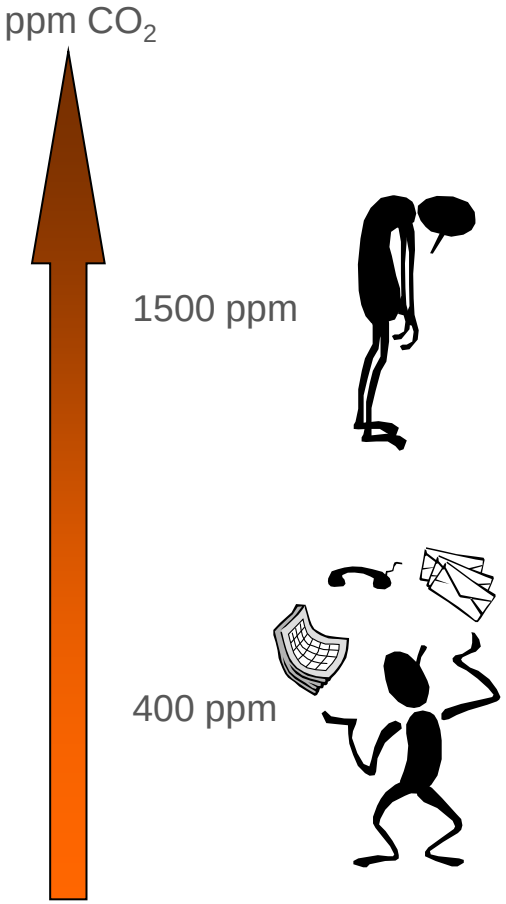
→ “SICK BUILDING SYNDROME”

De luchtkwaliteit

CO_2-concentraties en -richtwaarden

CO_2 in Vol%	CO_2 in ppm	
0,033...0,04	330...400	Frisse lucht in de vrije natuur
0,07	700	Stadslucht
0,1	1.000	Grenswaarde in kantoren
0,5	5.000	MAK – waarde
0,7	7.000	Maximumwaarde in bioscopen na de voorstelling
2,0	20.000	Fysiologisch kortstondige tolerantiewaarde
2...4	20.000...40.000	Versterkte ademing, verhoogde pulsfrequentie
4,0...5,2	40.000...52.000	Uitgeademde lucht
4...8	40.000...80.000	Hoofdpijnen, duizeligheid
8...10	80.000...100.000	Krampen, snelle bewusteloosheid
20	200.000	Dodelijk, na een aantal seconden

De luchtkwaliteit



Veel mensen in één ruimte:

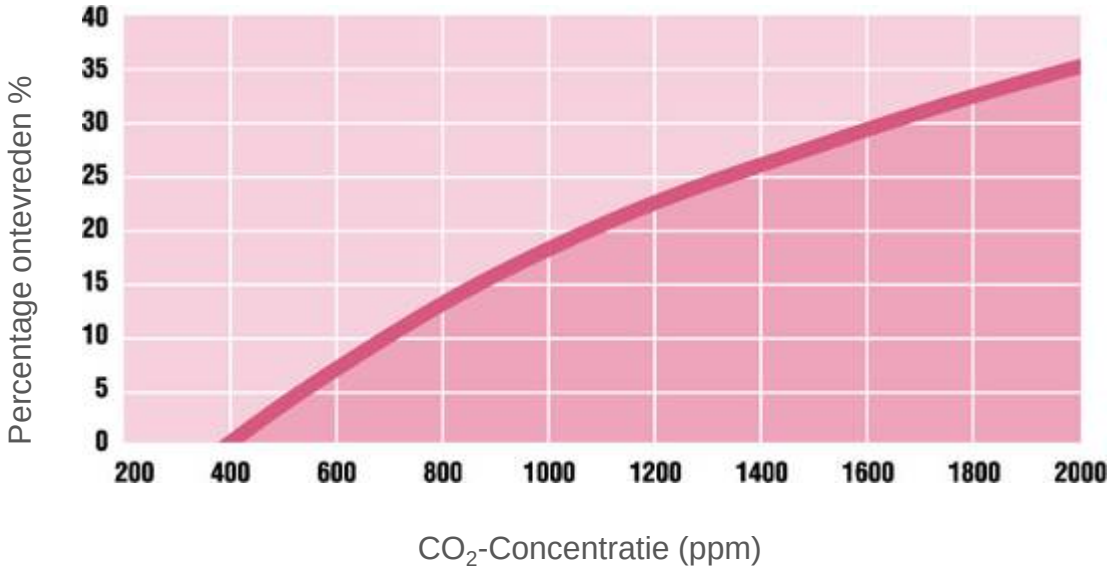
- CO_2 -gehalte stijgt
- Luchtkwaliteit daalt

Gevolgen:

Vermoeidheid – hoofdpijn

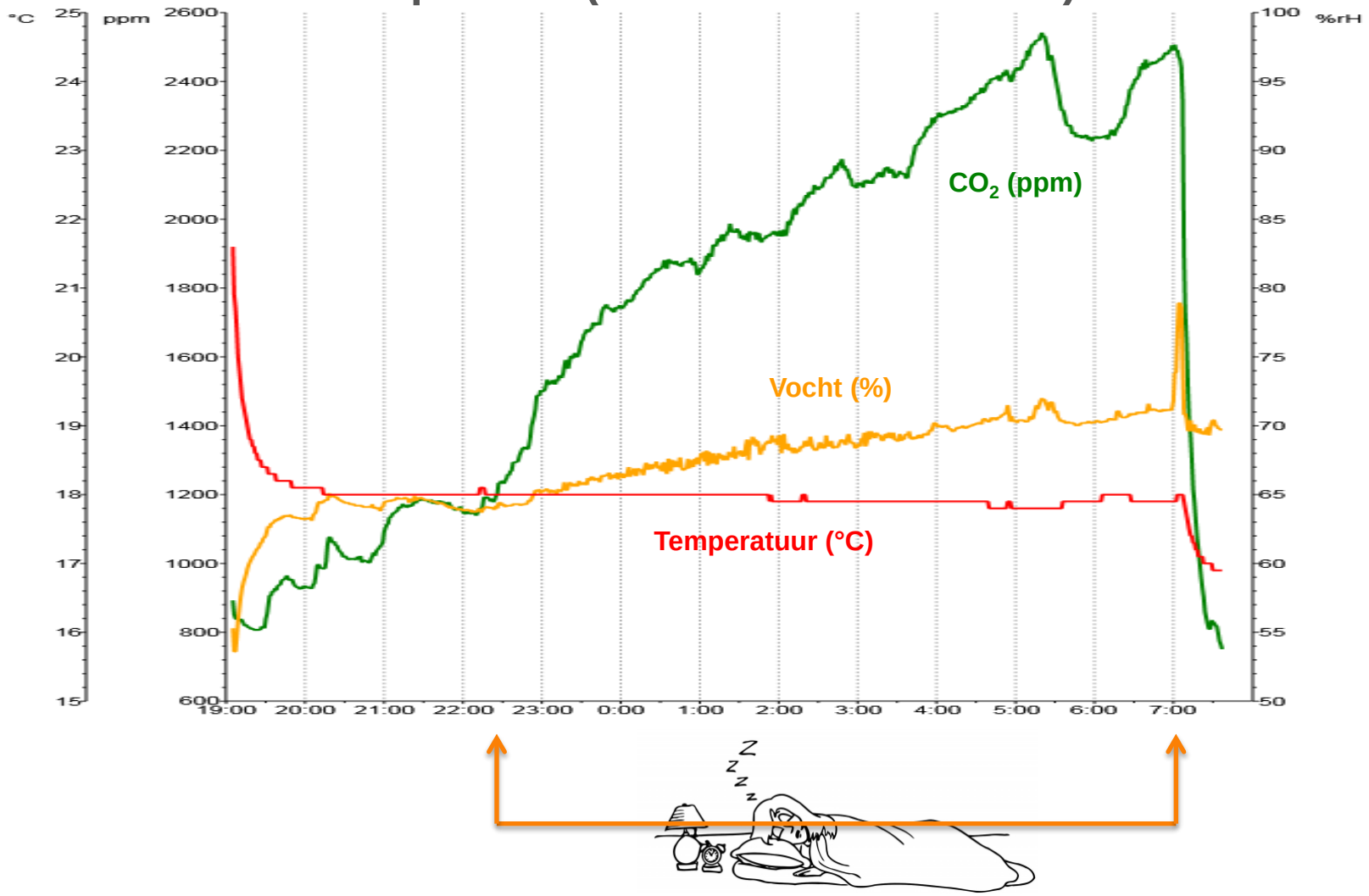
De luchtkwaliteit

Samenhang tussen CO_2 en de omgevingsluchtkwaliteit



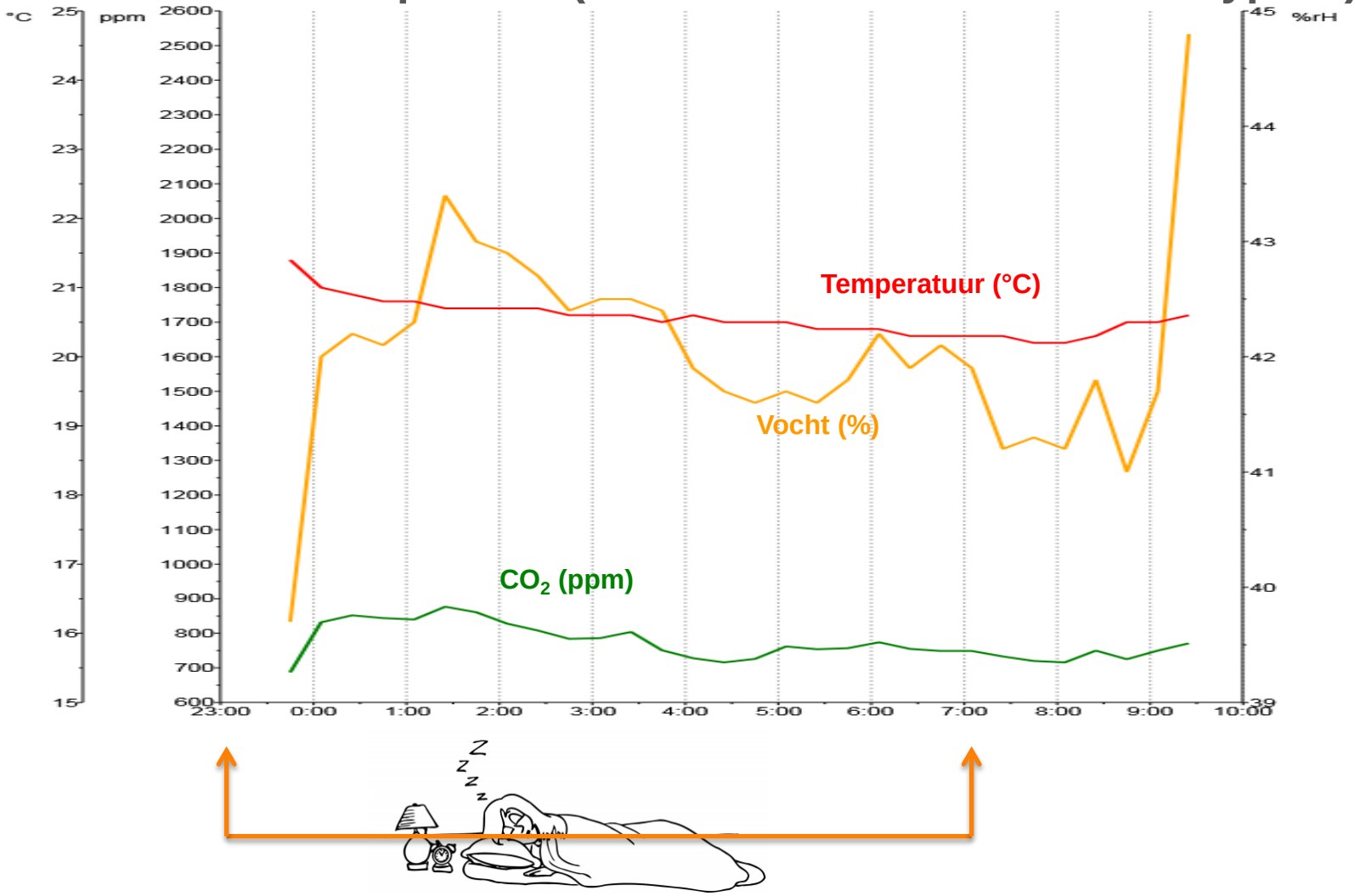
CO_2 concentratie na een nacht slapen

Slaapkamer (ZONDER VENTILATIE)

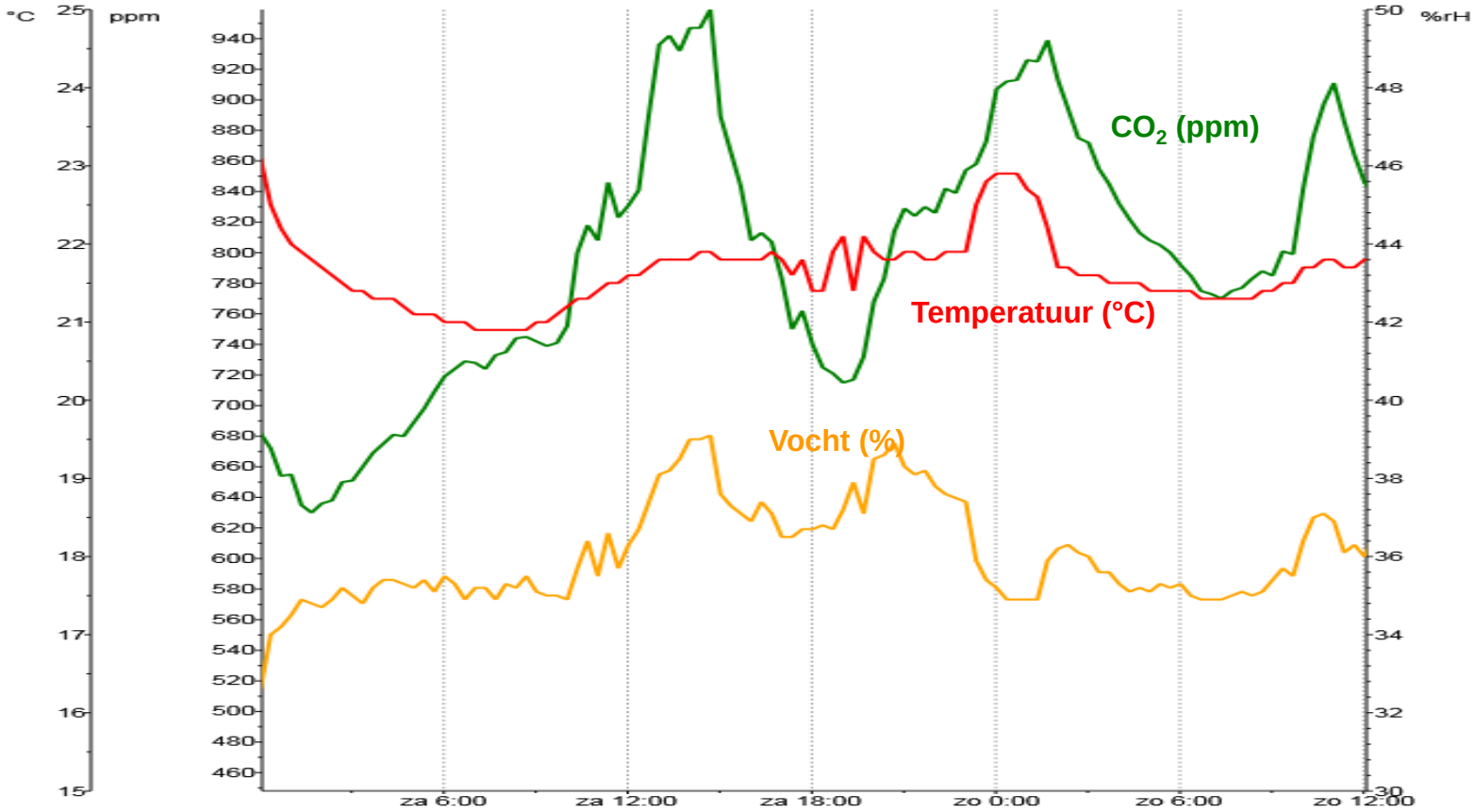


CO_2 concentratie na een nacht slapen

Slaapkamer (MET BALANSVENTILATIE - Type D)



CO_2 concentratie in een leefruimte



Het thermisch comfort

Het algemeen thermisch comfort:

- de luchttemperatuur
- de gemiddelde stralingstemperatuur
- de luchtvochtigheid
- de luchtsnelheid
- de menselijke activiteit
- de thermische isolatie van de kleding

thermisch behaaglijkheid in een gebouw

Het thermisch comfort

luchttemperatuur tussen 18 en 22 °C

relatieve luchtvochtigheid tussen 35 en 64 %RV

MAAR

Dit verschilt van persoon tot persoon

DUS

Men streeft naar een optimaal thermisch comfort

PMV (Predicted Mean Vote - verwachte gemiddelde beoordeling)

PPD (Predicted Percentage Dissatisfied - verwacht percentage niet tevreden)

Het visueel comfort

LUX	Visuele taken	Toepassing
120 lux	lichte taken, grote details met groot contrast	Opslag, kleedruimtes
500 lux	Normale visuele taken, gemiddeld contrast	Kantoren
1000 lux	Moeilijke taken, weinig contrast	Assemblage van elektronische componenten
2000 lux	Erg moeilijke taken, heel veel details	Graveren,
5000 lux	Speciale toepassingen	Theater

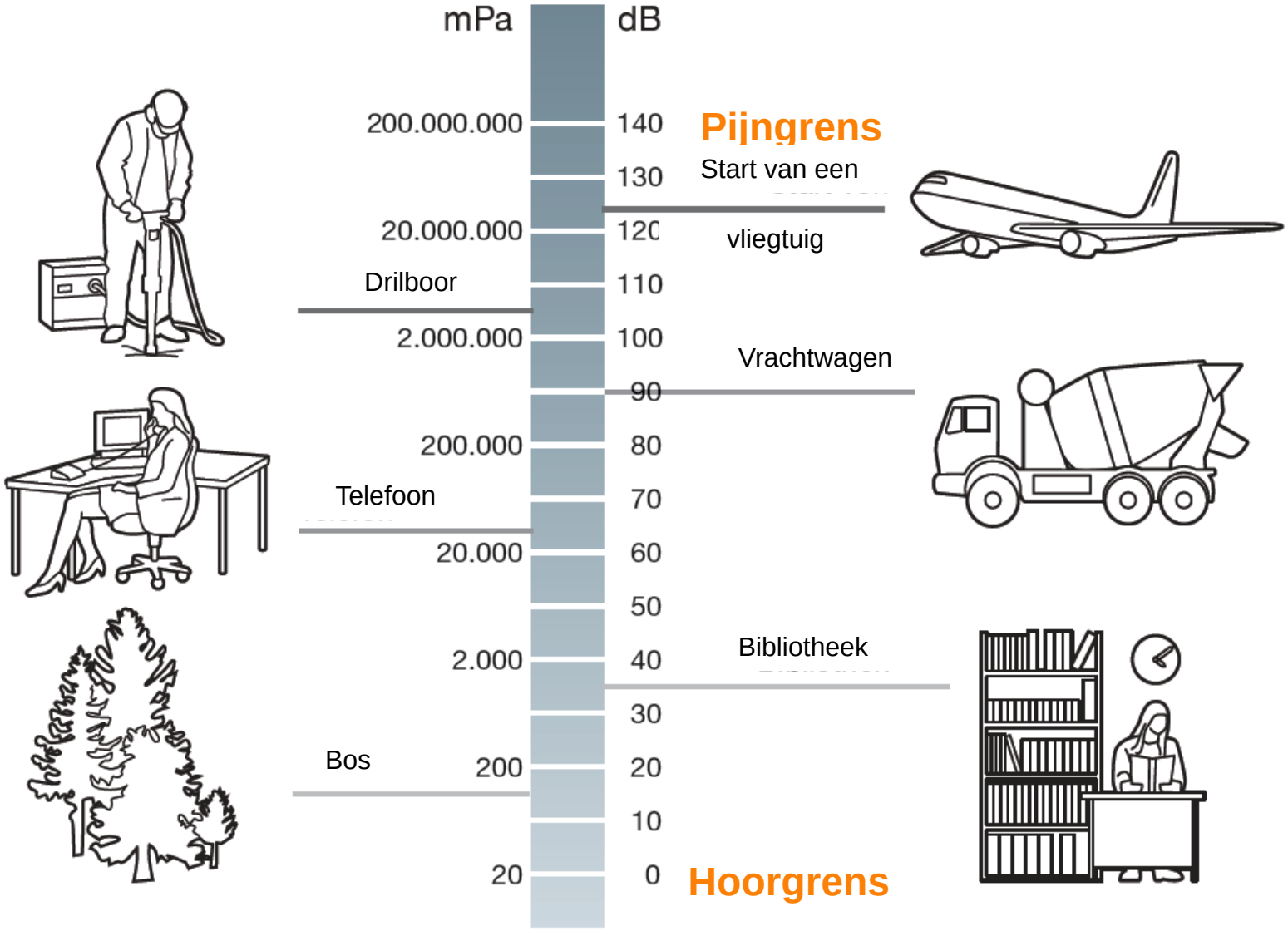
DIN 5035

Het akoestisch comfort

Volgende karakteristieken van het geluid zijn van belang:

- het geluidniveau – dB
- de frequentiesamenstelling – dB(A)
- fluctuaties in tijd
  - continue (vb. autosnelweg)
  - discontinue (vb. overvliegend vliegtuig)

Het akoestisch comfort



De ideale comfort condities

Luchtsnelheid
0,13 – 0,22 m/sec

Temperatuur
18 – 22 °C

Licht
1.000 – 100.000 lux

Vochtigheid
35 – 65 %RV

Luchtdruk
890 – 1030 hPa

Luchtkwaliteit
350 – 1.500 ppm CO_2

Geluid
30 – 70 dB/A

HVAC

- Vleugelrad 16mm (RLT – EN 12599)
- Vleugelrad 100 mm (eventueel met conus)
- Hittedraad

Behaaglijkheid (IAQ)

- Vochtvoeler
- IAQ voeler
- Turbulentiegraad (EN13779)
- WBGT (ISO7243/DIN33403)
- PMV PPD (ISO 7730)
- Lux

Industrie

- WBGT (ISO7243/DIN33403)
- Pt100 sondes testo 400

Luchtsnelheidsmeting

Hittedraadsonde

Laag meetbereik
0 ...5 m/s

Invloeden

- absolute druk
- temperatuur
- vocht

} dichtheid

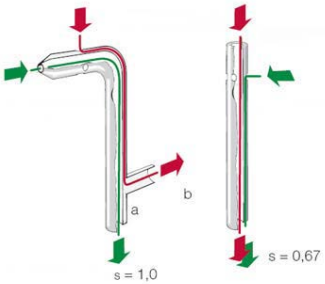
Vleugelrad

Medium meetbereik
5 …40 m/s

Invloeden

- stof

Pitot



Hoog meetbereik
40 ...100 m/s

Invloeden

- absolute druk
- temperatuur
- vocht

} dichtheid

$$v = s \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot p}{\rho}}$$

v = Luchtsnelheid in m/s
s = Pitotfactor
ρ = luchtdichtheid in kg/m³
p = verschildruk in Pa

Luchtsnelheidsmeting

Hittedraadsonde

Meetbereik	0 ... +20 m/s -20 ... +70 °C 0 ... 100 %RV +700 ... +1100 hPa
Nauwkeurigheid (+/- 1 dig.)	±(0.03 m/s +4% v.d. mw.) ±0.5 °C ±(1.8 %RV + 0.7% v.d. mw.) ±3 hPa

Voorbeeld (nauwkeurigheid):

Bij 2 m/s -> nauwk = ±0,11 m/s

Bij 5 m/s -> nauwk = ±0,23 m/s

Vleugelrad

Meetbereik	+0.6 ... +50 m/s -10 ... +70 °C
Nauwkeurigheid (+/- 1 dig.)	±(0.2 m/s +1% v.d. mw.) 0.6 - 40 m/s ±(0.2 m/s +2% v.d. mw.) 40 - 50 m/s ±1.8 °C

Voorbeeld (nauwkeurigheid):

Bij 2 m/s -> nauwk = ±0,22 m/s

Bij 5 m/s -> nauwk = ±0,25 m/s

Pitot

Meetbereik	-25 ... +25 hPa 0 ... 60 m/s
Resolutie	0,001 hPa

Voorbeeld (nauwkeurigheid):

Bij 2 m/s -> nauwk = ±0,71 m/s

Bij 5 m/s -> nauwk = ±0,84 m/s

Luchtsnelheidsmeting

- ISO-kalibratiecertificaat luchtsnelheid; hittedraad, vleugelrad, pitot; kalibratiepunten 1; 2; 5; 10 m/s

- DAkkS-kalibratiecertificaat temperatuur voor toestel met lucht /dompelvoeler; kalibratiepunten -20 °C; 0 °C; +60 °C

- ISO-kalibratiecertificaat vochtigheid; kalibratiepunten 11.3 %RV en 75.3 %RV bij +25°C

Luchtsnelheidsmeting

Kalibratie Certificaat
Certificat d' Etalonnage

We measure it. testo

Certificaat Nr:	***Certificat N°:***	**1312345_1**
Toestel type:	***Type d'appareil:***	**480**
Serienr. toestel:	***N° de série d'appareil:***	**0563 4801 01234567**
Serienr. sonde:	***N° de série sonde:***	**0635 9335 1253583**
O.Ref.:	***N.ref.:***	**20142583**

Firma: ***Firme:*** **TESTO NV**
Adres ***Adresse:*** **Industrielaan, 19**
1740 TERNAT

Hiermee bevestigen wij dat bovenvermeld toestel onder een kwaliteitssysteem volgens DIN ISO 9001 gekalibreerd werd.
De voor deze kalibratie benodigde meetinstrumenten worden regelmatig gekalibreerd en zijn herleidbaar naar de Nationale standaard van de Belgische Kalibratie Organisatie of naar Internationale standaarden.
Al de benodigde meetgegevens kunnen op de volgende pagina(s) teruggevonden worden

Nous confirmons par la présente que cet appareil a été étalonné sous la surveillance d'un système d'assurance qualité selon la norme DIN ISO 9001.
Les installations de mesure utilisées pour cet étalonnage sont étalonnées de façon régulière et s'appliquent aux normes nationales de l' Organisation Belge d' Etalonnage ou aux normes internationales.
Toutes les valeurs de mesures nécessaires se trouvent sur les pages suivantes.

Conformiteitsverklaring / Déclaration de conformité
- [x] Meetwaarden binnen de technische specificaties / *Valeurs de mesures dans les spécifications*
- [ ] Meetwaarden buiten de technische specificaties / *Valeurs en dehors des spécifications*

Opmerkingen / ***Remarques***

Kalibratiedatum *Date d'étalonnage*	***Uitvoerder*** *Executant*	**Verantwoordelijke kalibratie** *Responsable Etalonnage*
0/01/1900	0	Erwin Buyst

Pagina / Page 1 / 2

We measure it. testo

Meetinstallatie / *Installation de mesure*

Certif.Nr./N° 1312345_1

Beschrijving *Déscription*	**Certificaat nr** *N° de certificat*
Referentietoestel type testo 400 met sonde 9340	DAkkS-S10939
Appareil de référence type Testo 400 et sonde 9340	
Windkanaal WK81535	
Tunnel de vitesse d'air WK81535	

Omgevingscondities / *Conditions ambiances*

Temperatuur / *Température*	21 °C	±4°C
Vocht / *Humidité*	50 %rv	±30%rv

Meetprocedure / *Procédure de mesure*

Vergelijkende meting op windtunnel
Mesure comparative dans un tunnel de vitesse d'air

Meetresultaten / *Résultats de mesure*

Meetonzekerheid van de referentiewaarde *Incertitude de mesure de la référence*	± 1,5%	
Temperatuur / *Temperature*	21 °C	±3 °C
Vocht / *Humidité*	50 %rv	±30 %
Referentie druk / *Pression de référence*	1013 hPa	±5 hPa

	Referentie *Référence*	**Aflezing** ***Lecture***	Afwijking *Déviation*
Snelheid in m/s *Vitesse en m/s*	2,00	**2,01**	0,01
	5,00	**5,03**	0,03
	10,00	**10,03**	0,03
	15,00	**15,05**	0,05

Pagina / Page 2 / 2

Luchtsnelheidsmetingen aan roosters (pulsie / extractie)

Scanmethode (tijdgemiddelde):

Groot vleugelrad: scannen van het roosteroppervlak (in combinatie met een tijdgemiddelde).

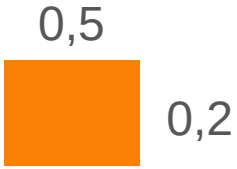
Na het bepalen van de gemiddelde luchtsnelheid wordt het debiet automatisch bereken volgens de instellingen:

voorbeeld: V = 1 m/s x 0,8 x 0,2 m x 0,5 m x 3600 = 288 m³/h

waarbij: 1 m/s (= gemeten luchtsnelheid)

0,2 m x 0, 5 m (= oppervlakte)

0,8 (= 20 % van het rooster is bedekt door lamellen)



Deze methode is enkel geschikt voor een geschatte meting en wordt daarom slechts zelden gebruikt

Luchtsnelheidsmetingen aan roosters (pulsie / extractie)

Scanmethode (puntgemiddelde):

Bij een pulsierooster wordt een relatief gelijkmatige stroming in het kanaal sterk gewijzigd. Met behulp van een groot vleugelrad worden de luchtsnelheidswaarden over een groter vlak geïntegreerd waarvan een gemiddelde wordt gemaakt.

Luchtsnelheidsmetingen aan roosters (pulsie / extractie)

Met meettrechter:

Pulsie:

- kritisch maar doenbaar
- stromingsprofiel is sterk beïnvloed door het rooster
- alternatief: scanmethode

Extractie:

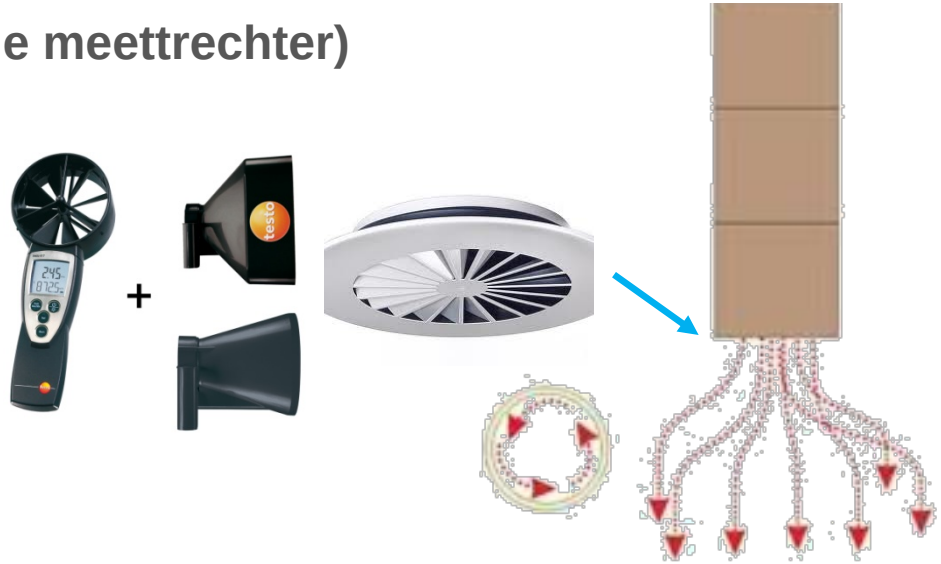
- Representatieve meting

Luchtsnelheidsmetingen aan roosters (pulsie / extractie)

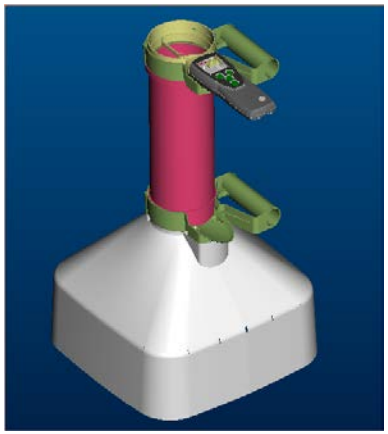
<u>Bij metingen op wervelroosters</u>: (met de meettrechter)

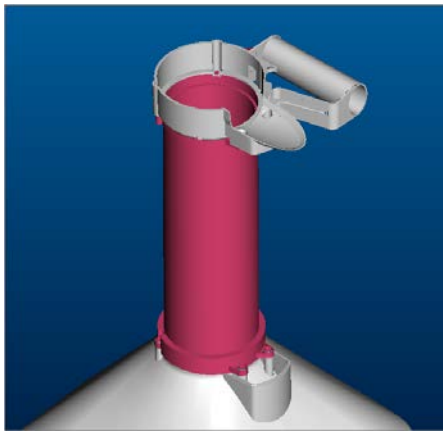
Mogelijke onnauwkeurigheden

- te hoog debiet, wanneer de luchtstroom in dezelfde richting blaast
- te laag debiet, wanneer de luchtstroom in tegengestelde richting blaast



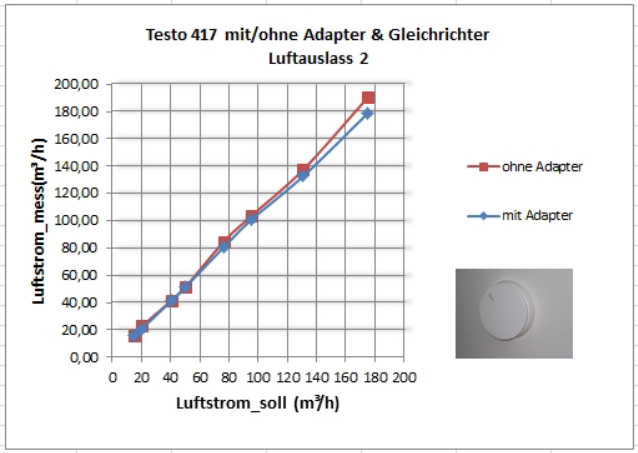
<u>Oplossing</u>:

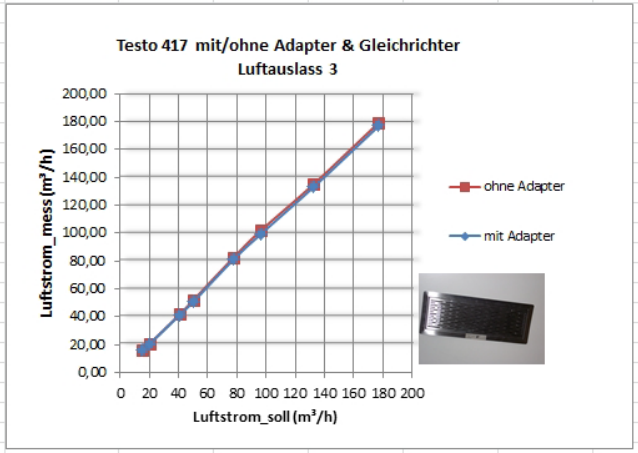


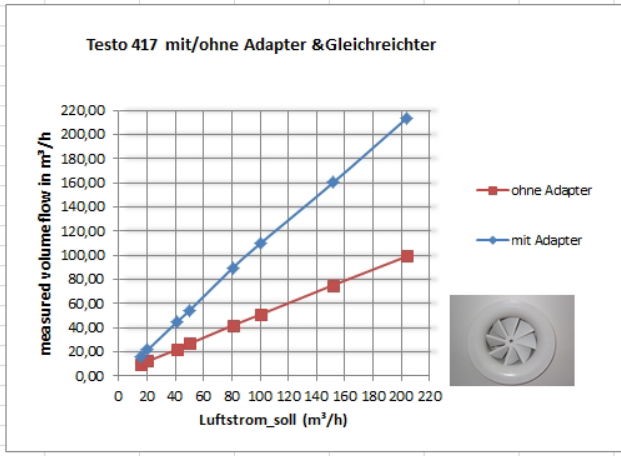


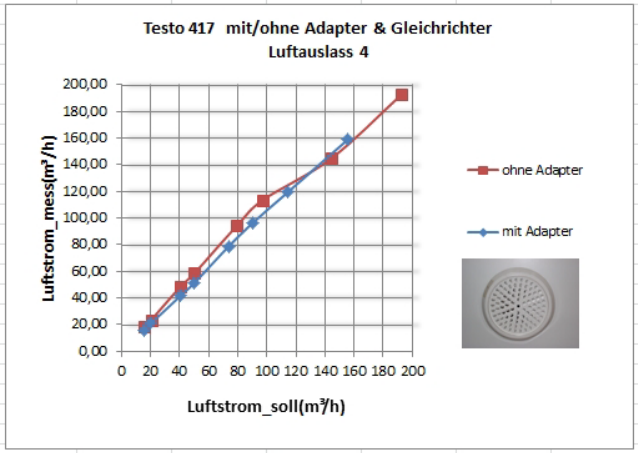
Verlengstuk / verbeteraar

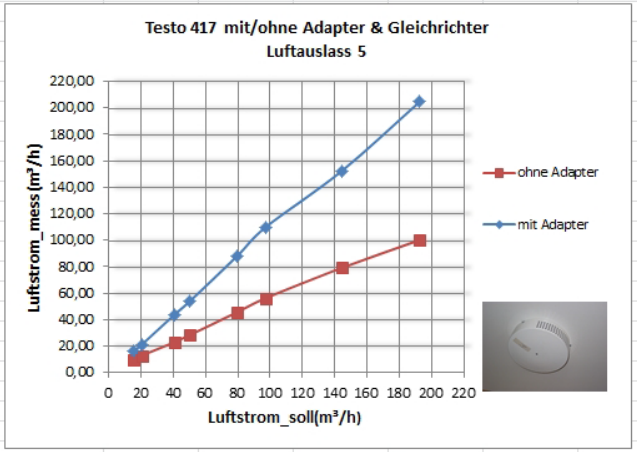
Luchtsnelheidsmetingen aan roosters (pulsie / extractie)





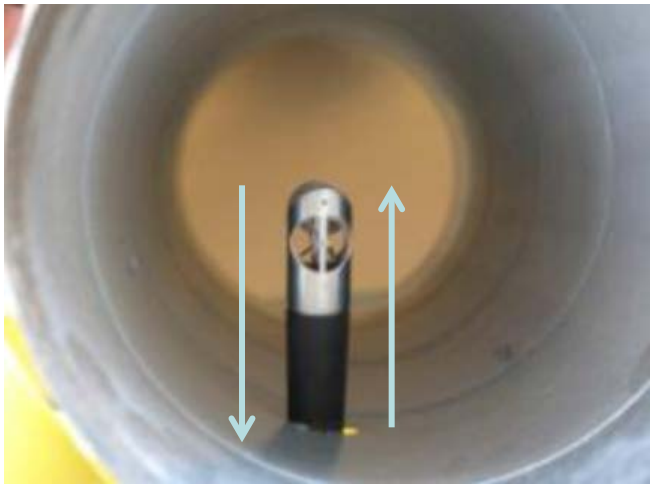






Luchtsnelheidsmetingen in kanalen

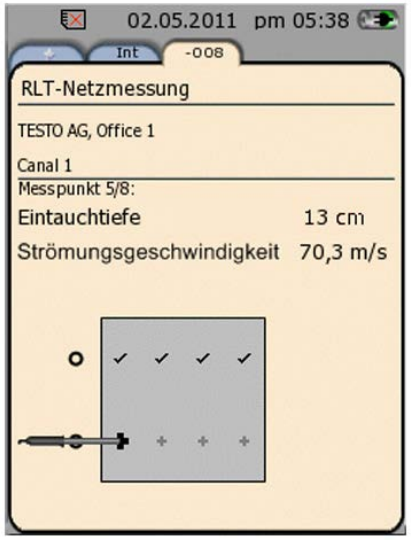
Luchtsnelheidsmetingen in kanalen (tijdgemiddelde)



RLT meting – EN 12599

Luchtsnelheidsmetingen in kanalen (volgens EN 12599 – RLT)

Speciaal RLT-meetprogramma voor de testo 480



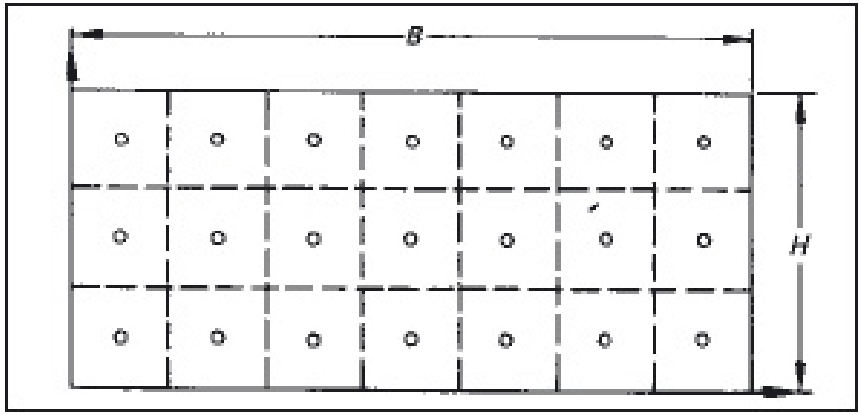
RLT meting – EN 12599

Meetmethodes volgens EN 12599

- Triviaalmethode
  (rechthoekige kanalen)

Verdeling van het kanaal in gelijkmatige vlakken waarbij in in het middelpunt van elk vlak een meting wordt uitgevoerd

Aantal meetpunten is afhankelijk van het profiel



RLT meting – EN 12599

Voorbeeld:

testo 480 geeft als eindresultaat:

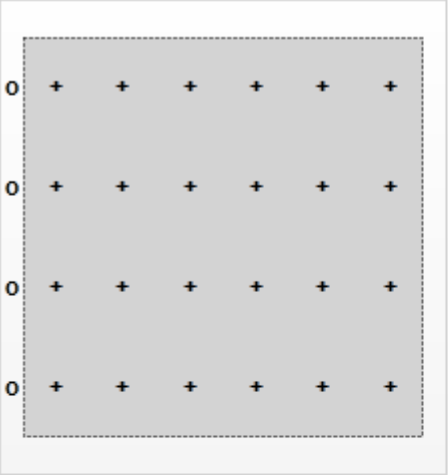
-> Gemiddelde waarde (m/s + m³/h)

-> Totale onzekerheid:

- onzekerheid apparaat/sonde
- onregelmatigheid profiel *
- onzekerheid meetplaats/lengte

Flow velocity	**6,89**	**m/s**
Uncertainity absolute	1,97	m/s
Uncertainty relative	28,6	%

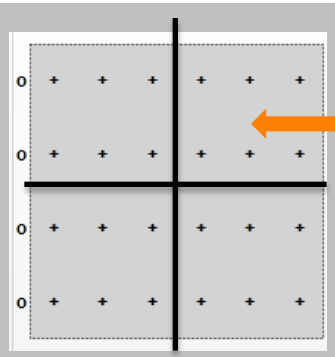
Operating volume flow	**24802**	**m³/h**
Uncertainty absolute	7089	m³/h
Uncertainty relative	28,6	%



Start meting
18/04/2013 12:14:25

Stromingssnelheid	**Volumestroom m³/h**
6,9 m/s	24802,1 m³/h
+/- 2,0 m/s	+/- 7088,7 m³/h

Meetpunt	m/s	1	2	3	4	5	6
Afstand	m	0,08	0,25	0,42	0,58	0,75	0,92
a	0,13	3,2	3,3	3,2	12,5	9,2	12,6
b	0,38	12,9	13,2	3,5	2,9	2,9	4,2
c	0,63	3,2	2,9	6,8	3,2	3,2	10,8
d	0,88	10,8	1,1	10,4	6,8	6,8	15,7



*Onregelmatigheid van het profiel wordt berekend door het bepalen van de gemiddelde waarde per kwadrant

$$U = \frac{v_{max} - v_{min}}{2\bar{v}}$$

$\bar{v}$ rekenkundig m/s-gemiddelde van het totale oppervlak

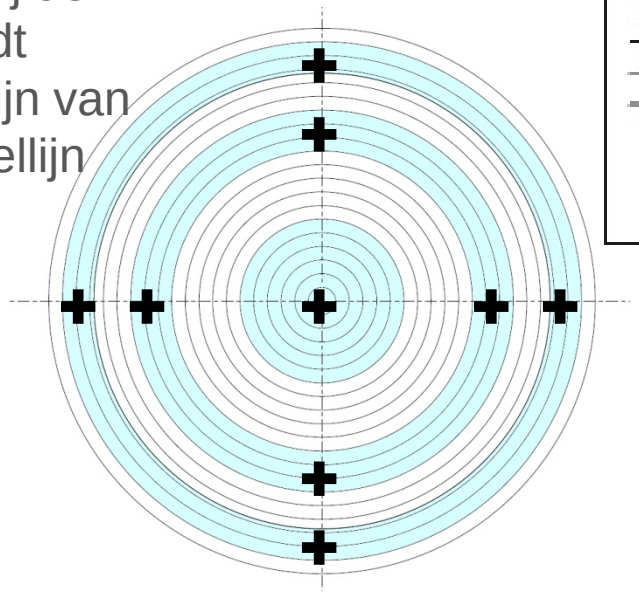
v_{min}, v_{max} min-/max van het rekenkundig m/s-gemiddelde in een kwadrant

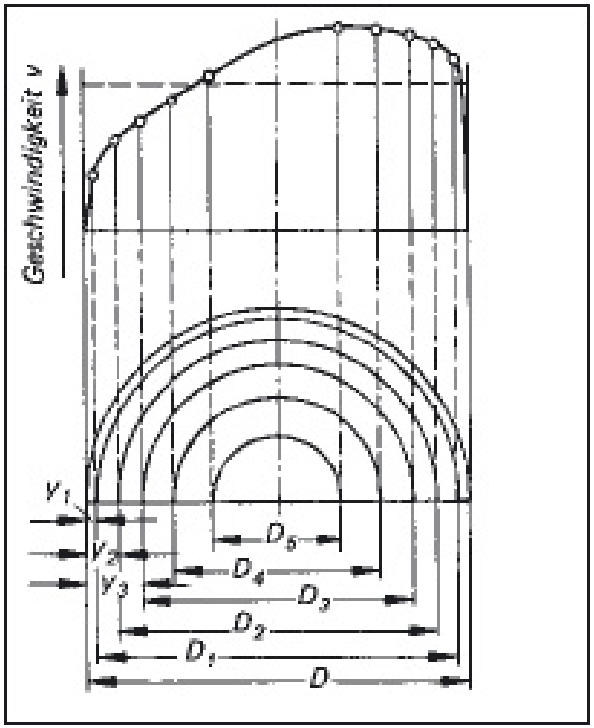
RLT meting – EN 12599

Meetmethodes volgens EN 12599

- Methode van centroïdale as (ronde kanalen)

Verdeling van de diameter in gelijkmatige cirkels waarbij de plaats van de meting wordt bepaald door de zwaartelijn van de cirkel (niet op de middellijn van de cirkel)





WBGT-meting

0635 8888 WBGT-sonde voor het meten en beoordelen van het omgevingsklimaat, incl. statief, sondehouders, aansluitleidingen, zwarte bol thermometer, natte temperatuurvoeler, omgevings-temperatuurvoeler, aluminiumkoffer;

Meetparameter	Temperatuur
Meetbereik zwarte bol	0 … +120 °C
Meetbereik natte temperatuur (Pt100)	5 °C … +40 °C
Meetbereik omgevingstemperatuur (Pt100)	10 °C … +60 °C
Nauwkeurigheid zwarte bol (+/- 1 dig.)	Klasse 1
Nauwkeurigheid Pt100 (+/- 1 dig.)	+/- (0,25°C + 0,3% v.d. mw.)
Resolutie	0,01 °C (Pt100) / 0,1°C (zw. bol)
Eenheden	°C, °F
Resultaten	**WBGT- en WBGTS-Index**

WBGT-sonde

Toepassing:

Bij de beoordeling van het klimaat op arbeidsplaatsen spelen temperatuur en de vochtigheid een belangrijke rol. Zo wordt een droge warmte doorgaans beter verdragen dan een vochtige warmte. De wetgeving bepaalt dat het meten van de maximumtemperaturen moet gebeuren met de WBGT-index (Wet Bulb Globe Temperature). Deze WBGT-index wordt berekend overeenkomstig DIN 33403 en ISO 7243.

WBGT-sonde

Voor het berekenen van de WBGT-index moeten 3 verschillende temperaturen gemeten worden:

– de stralingstemperatuur, **tg**

– de omgevingstemperatuur **ta** (droge natuurlijke temperatuur)

– de vochttemperatuur **twb** (natte natuurlijke temperatuur)

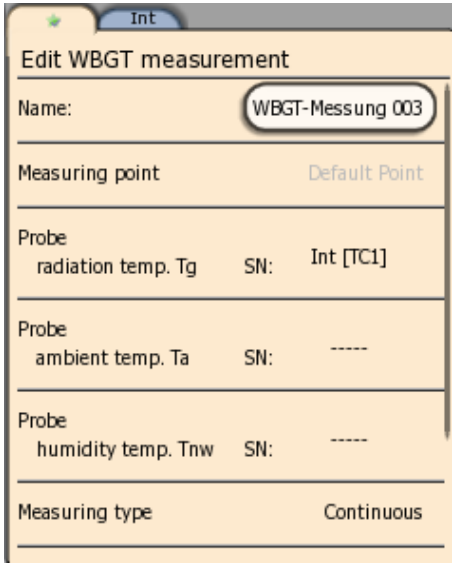
De berekening gebeurt als volgt:

WBGT (zonder zonnestraling) = 0,7 x twb + 0,3 x tg

WBGTS (met zonnestraling) = 0,7 x twb + 0,2 x tg + 0,1 x ta

WBGT-sonde

Speciaal WBGT- meetprogramma voor testo 480



- Gelijktijdige meting van de 3 temperatuurwaarden
- Automatische berekening:
  WBGT (zonder zonnestraling)
  WBGTS (met zonnestraling)
- Met de EasyClimate kan een WBGT rapport opgesteld worden

PMV/PPD meting – ISO 7730

PMV (Predicted Mean Vote) is een schaal van de subjectieve beoordeling van een persoon in een ruimte.

Het is de gemiddelde waarde van een grote groep mensen op een 7-puntenschaal voor hun thermisch gevoel. De schaal gaat van -3 koud tot +3 warm.

Parameters die gemeten

Meetparameter	Meetbereik
Stralingstemperatuur	+10 … +40 °C
Omgevingstemperatuur	+10 … +30 °C
Luchtsnelheid	0 … +1 m/s
Relatieve vochtigheid	+30 … +70 % RV

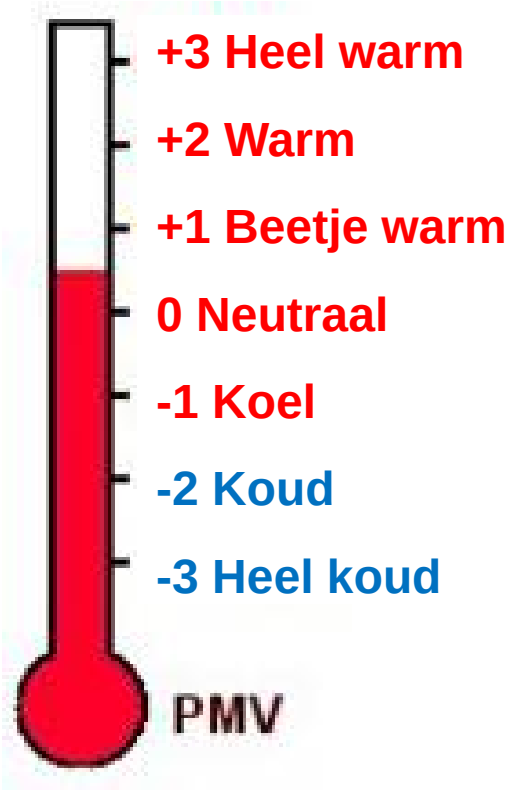
Parameters manueel in te voeren

Meetparameter	Meetbereik
Kledij (CLO)	0,1 … +3,0 clo
Activiteit (MET)	0,1 … +4,0 met

PMV/PPD meting – ISO 7730

PMV (Predicted Mean Vote)

Ideaal is de score 0 of neutraal. Er is dan een thermisch evenwicht van het menselijk lichaam. Omdat een neutrale omgeving niet constant mogelijk is, wordt gestreefd naar +0.5 en -0.5.



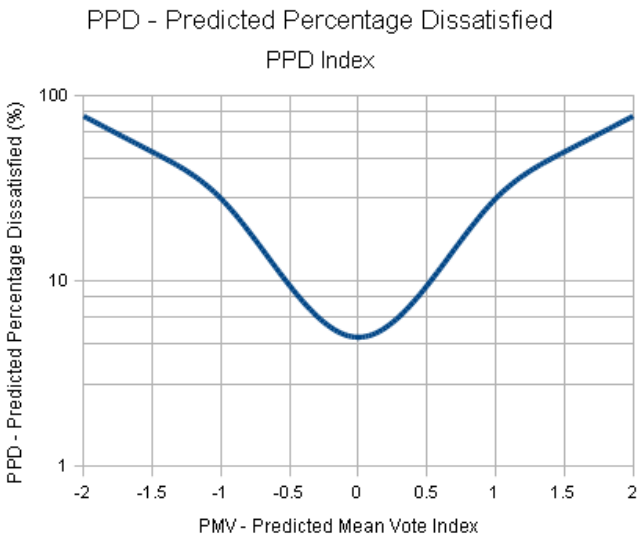
PMV/PPD meting – ISO 7730

PPD (Predicted Percentage Dissatisfied)

Bekijkt hoeveel % van de mensen zich niet comfortabel voelen met de temperatuur. Dat zijn de personen die het koud, koel, warm of heet vinden.

PMV/PPD meting – ISO 7730

PPD (Predicted Percentage Dissatisfied)



Het is onmogelijk om iedereen tevreden te stellen. Er zijn altijd 5% ontevreden mensen. Door de individuele verschillen is het onmogelijk voor iedereen een thermische omgeving te creëren die iedereen tevreden stemt.

Een acceptabel comfortniveau is waarbij minder dan 10% van de mensen een thermische onbehagen ervaart (PMV +0.5 tot -0.5)

PMV/PPD meting – ISO 7730

Activiteit (met)

Het menselijk lichaam produceert meer hitte bij het uitvoeren van een bepaalde activiteit tov een lichaam in rust. Men spreekt hierbij over het metabolisme. Deze term betekent de biologische processen in het lichaam waardoor er warmte wordt geproduceerd.

Activiteit	MET
Zitten, ontspannen	1,0
Zittende activiteit (bureau, school, labo)	1,2
Staand, lichte activiteit (winkelen, labo, lichte industrie)	1,6
Staand, medium activiteit (huishoudelijk werk, machinewerk, winkelassistent)	2,0

PMV/PPD meting – ISO 7730

Kleding (clo)

De kledij van een persoon heeft ook een belangrijke invloed. De berekening van de warmteoverdracht door de kleding zou omslachtig zijn. Daarom deze tabel voor de isolatiewaarde van kleding.

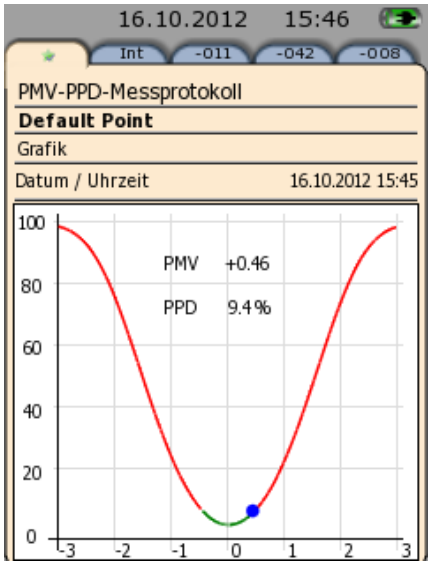
Kledij	CLO
Geen kledij	0
Licht	0,5
Medium	1,0
Warm	2,0

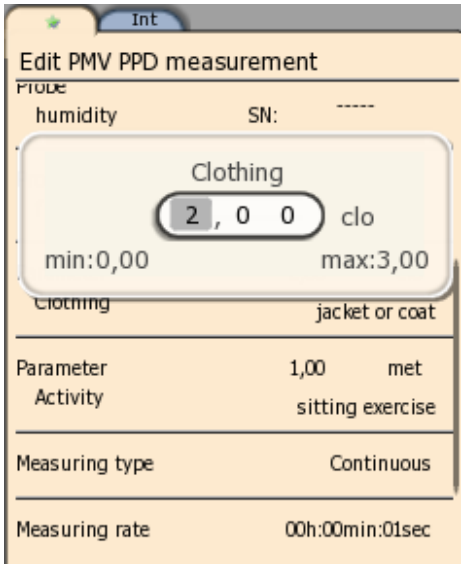
PMV/PPD meting – ISO 7730

Speciaal meetprogramma voor

PMV/PPD voor de testo 480

- Selectie van sondes
- Invoeren van de andere parameters (met / clo)
- Automatische berekening:
  PMV (Predicted Mean Vote)
  PPD (Predicted Percentage Dissatisfied)
- Weergave van de waarden in een diagram
- PMV/PPD-protocol met de software EasyClimate





Phone
Fax
Mobile
Email
Internet

Meetprotocol PMV PPD

Customer

ABB

Protocol No. _____

Date 16/04/2013

Order number
Contact person

Measuring point ac

Used probes

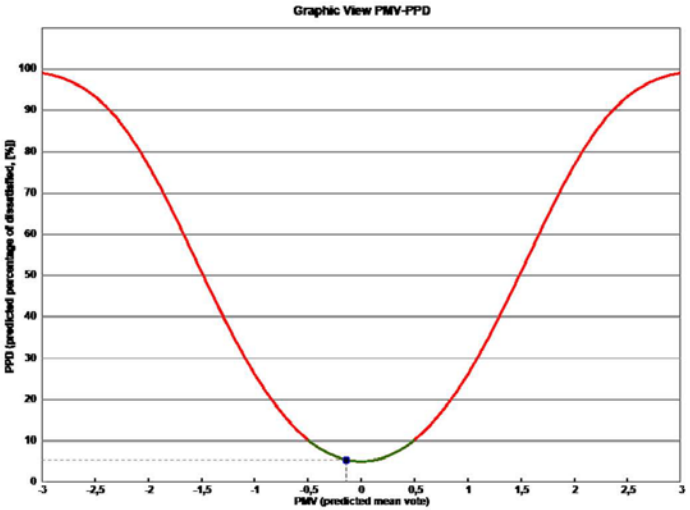
Probe name	Serial number
Int	2231691
-958	2207958
-849	2191849
t480	65535

Measurement parameter

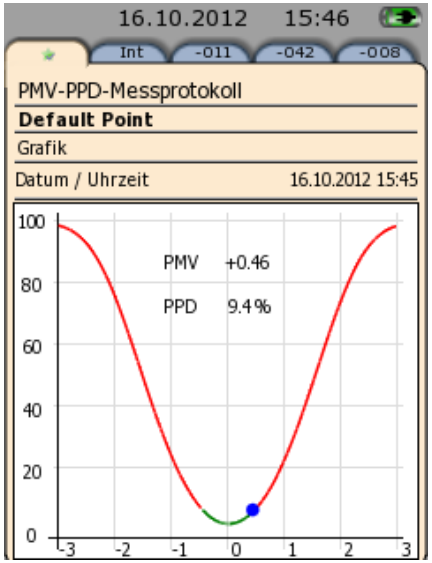
MET	1	zittende	58	W/m²
CLO	1	lichte zakelijke	6,5	m²K/W

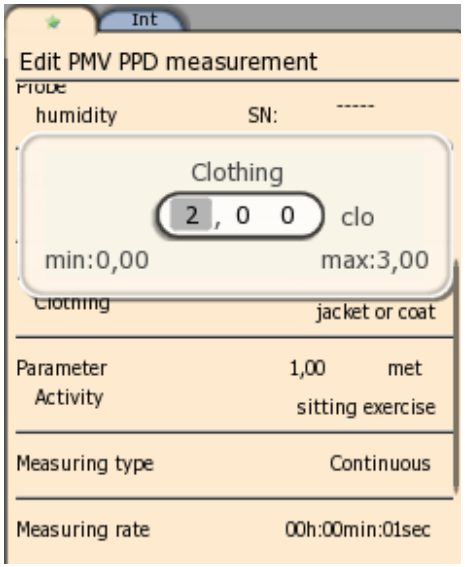
PMV -0,14 **PPD 5,5**

Number of values 660



We measure it. testo





PMV/PPD meting – ISO 7730

De norm ISO 7730 beschrijft de ergonomie van de thermische omgeving. De thermische behaaglijkheid wordt bepaald door de berekening van de PMV- en PPD-waarden.

De **testo 480** en de **volgende sondes** zijn nodig om de PMV/PPD parameters te meten:

- 0602 0743 Zwarte bol sonde

0636 9743 Vocht- en temperatuurvoeler

- 0628 0143 Turbulentiegraadsonde

IAQ - sonde

0632 1543 IAQ sonde voor het meten van Indoor Air Quality, CO2, vochtigheid, temperatuur en absolute druk, incl. tafelstatief

Parameter	**Temperatuur**
Meetbereik	0... +50 °C
Nauwkeurigheid (+/- 1 Digit)	± 0,5 °C

Parameter	**Vochtigheid**
Meetbereik	0 ... 100 %RV
Nauwkeurigheid (+/- 1 Digit)	±(1.8 %RV + 0.7% v.d. mw.)

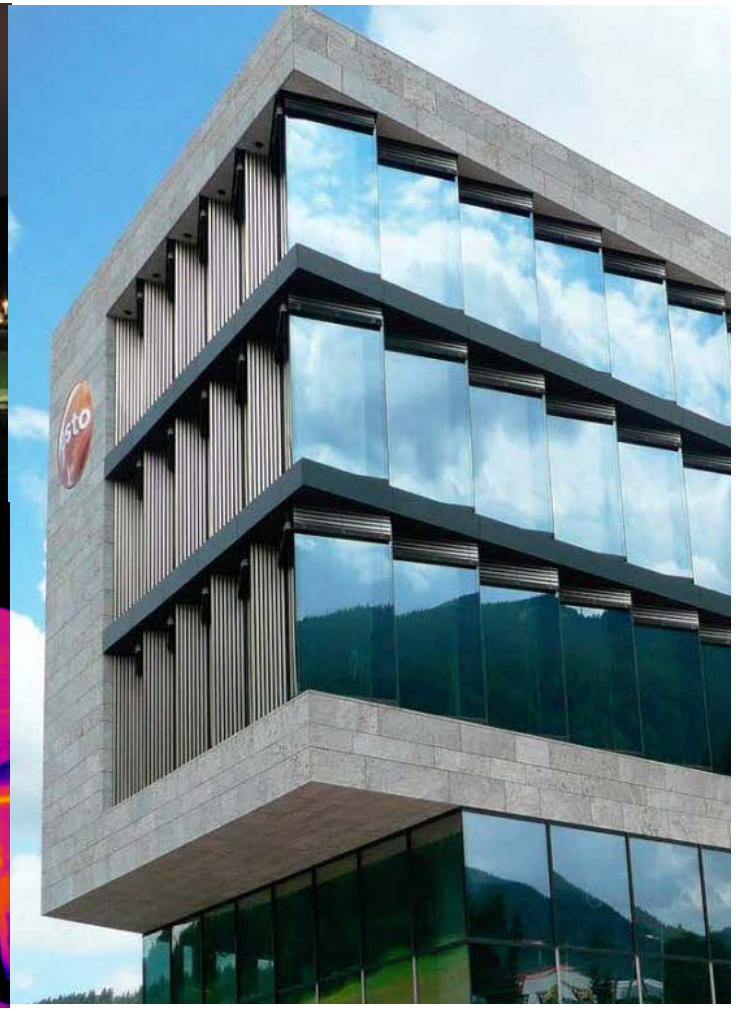
Parameter	**CO2**
Meetbereik	0 ... 10.000 ppm
Nauwkeurigheid (+/- 1 Digit)	± (50 ppm CO2 + 2% v.d. mw.) 0 ... +5000 ppm CO2 ± (100 ppm CO2 + 3% v.d. mw.) 5001 ...+10000 ppm CO2

Parameter	**Absolute druk**
Meetbereik	+700 … 1100 hPa
Nauwkeurigheid (+/- 1 Digit)	± 3 hPa

Thermografie

Testo – thermische camera's

Ontwikkeling en productie in Titisee, in het Zwarte Woud



De Testo (R)Evolutie in thermische camera's

Testo: nu en in de toekomst uw sterke partner in de thermografie

2012

Hoogste beeldkwaliteit:
testo 885 met 320x240 pixels en een NETD van 30 mK
testo 890, Testo thermische camera met 640x480 pixels

2010

testo 876: de eerste Testo thermische camera in camcorder design.
testo 882: de eerste Testo thermische camera met 320x240 pixels.

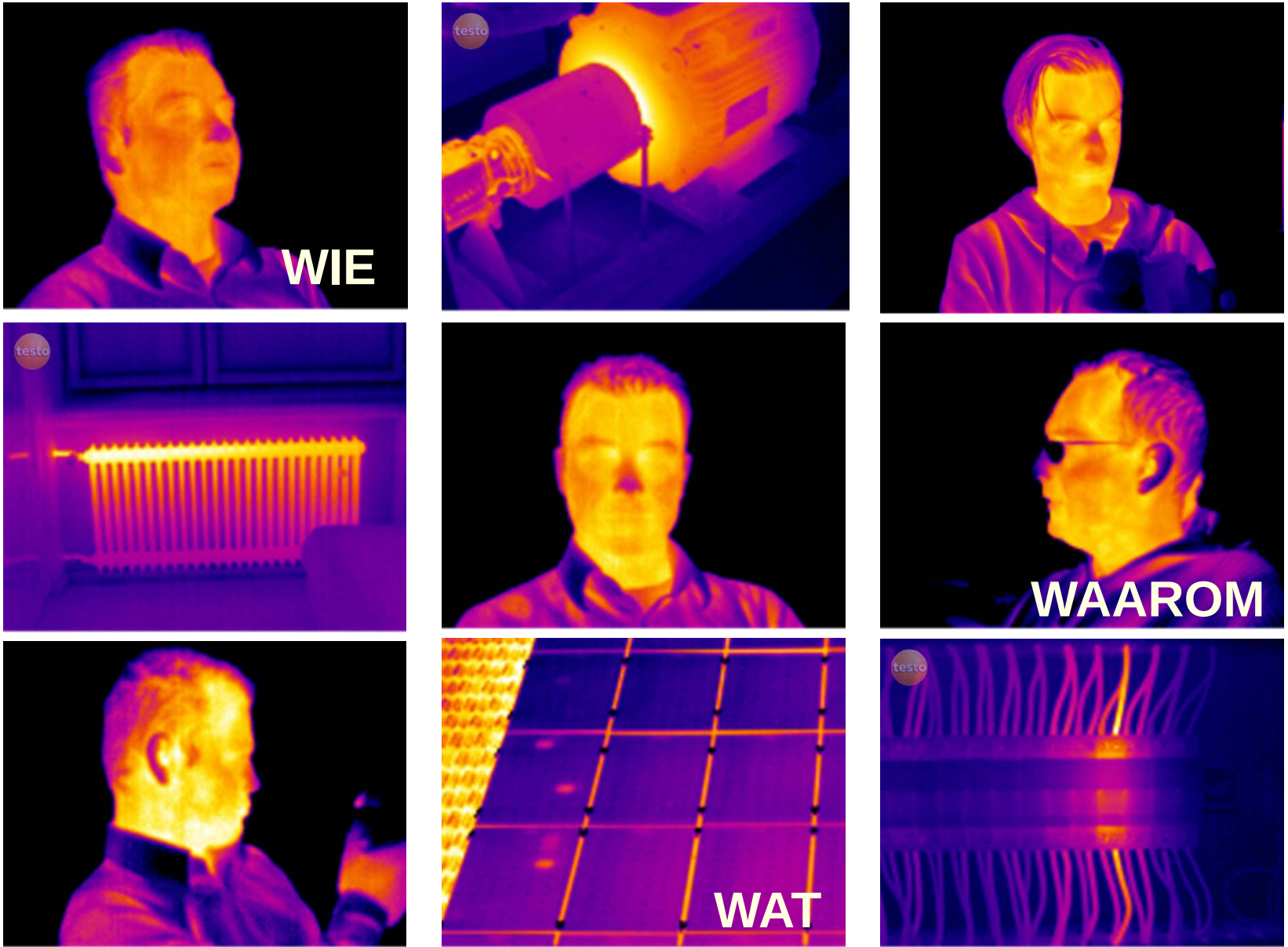
2009

Verdere uitbreiding van de Testo product range met de testo 875 en testo 881

2007

De testo 880 is de hoeksteen van het succes van Testo in de markt van de thermografie

Thermische camera - gebruik

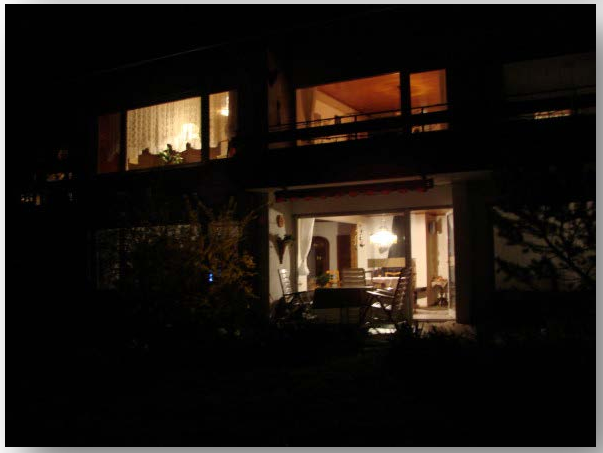


Wat is thermografie?

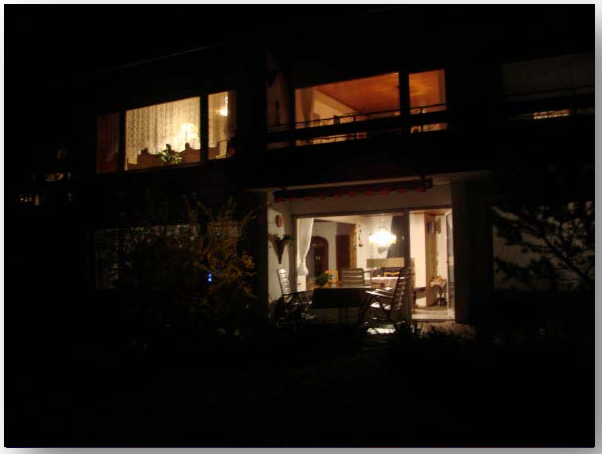
We measure it. testo

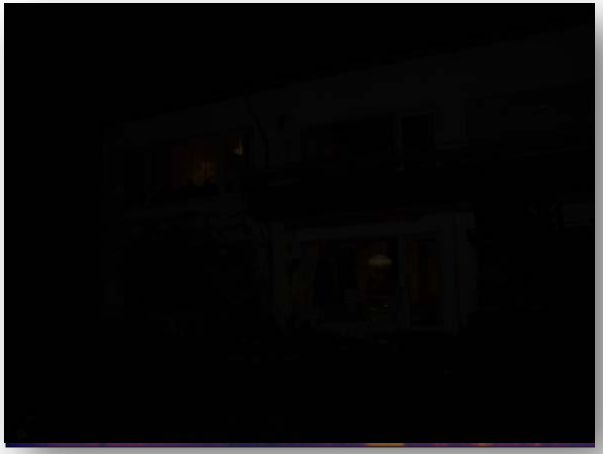
Thermografen kunnen de wereld zien in een ander licht…

Zo zien wij de wereld met onze ogen:



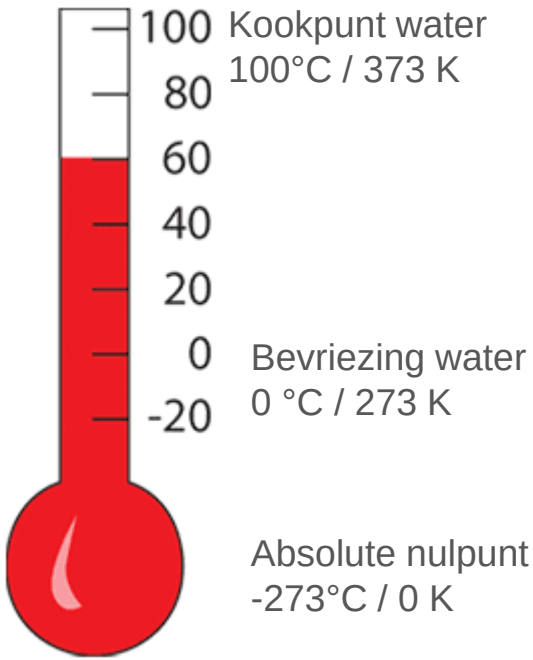
… en zo zien we de wereld met het onzichtbare “licht”:





Temperatuur

- Temperatuur is de meest gemeten fysische waarde op onze planeet
- De temperatuur van een object geeft belangrijke informatie over de toestand van een object.
- Er wordt blijvend onderzoek gevoerd om de temperatuur preciezer en betrouwbaarder te kunnen meten
- Meest gekende temperatuurschalen zijn Celcius en Kelvin



Wanneer er geen verschil is in temperatuur kan met geen contrast zien met de thermische camera.

Warmte

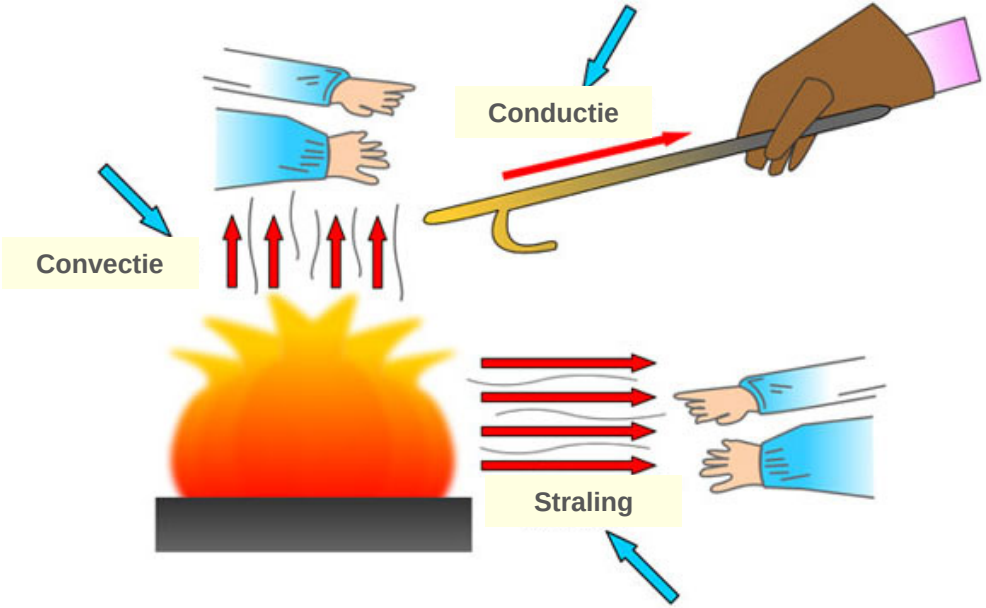
- Warmte is de verplaatsing van energie van één object naar een ander of binnen hetzelfde object door een temperatuursverschil
- Warmte is energie beweging: energie vloeit steeds van een warmer lichaam naar een lichaam met een koudere temperatuur tot het thermisch evenwicht bereikt is
- Deze warmte-overdracht wordt veroorzaakt door veranderingen in de moleculaire activiteit van een materiaal.
- Hoe meer warmte een materiaal heeft hoe harder de moleculen van dat materiaal bewegen en andere moleculen in beweging zetten

Een systeem kan een zekere hoeveelheid energie overdragen naar een ander systeem onder de vorm van warmte.

Warmte-overdracht

- Er bestaan drie vormen van warmte-overdracht:
  - Conductie
  - Convectie
  - Straling

- Deze zorgen ervoor dat een materiaal energie afstaat of ontvangt



Geschiedenis van de thermografie

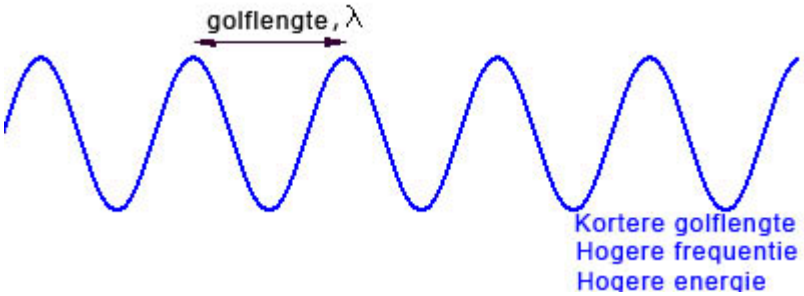
Grote ontdekkingen rond thermografie deden zich iedere 100 jaar voor.

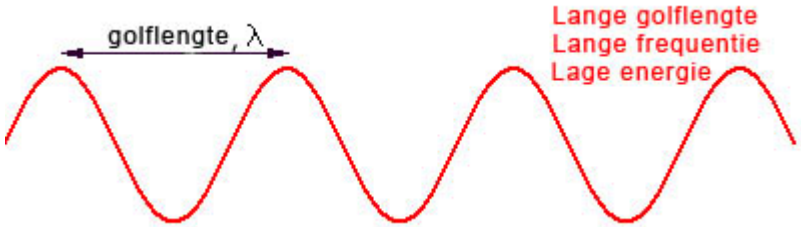
STAP 1: infrarode straling

- De ontdekking van de infrarode straling werd gedaan door Friedrich Wilhelm Herschel in 1800
- Hij ontdekte dat in de blauwe kleur de koudste temperaturen waren en in de rode de warmste.
- Verder in het rode gebied bleken registreerde hij nog hogere temperaturen.
- Hij noemde het eerst ultrarood licht
- Nu spreekt men van infrarood licht

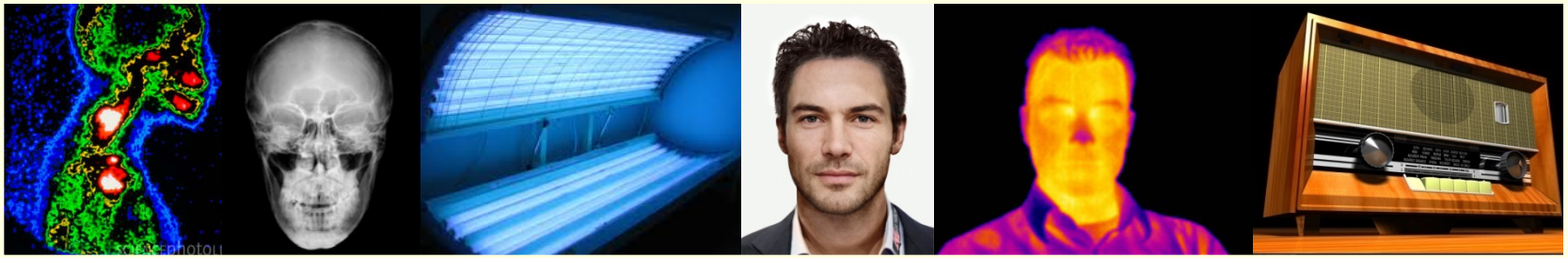
IR-straling

- Infrarode straling lijkt op licht
- Ze hebben dezelfde lichtsnelheid
- Het verschil tussen zichtbaar licht en infrarood licht is **de golflengte**
- IR wordt gemeten in µm (één miljoenste van een meter)
- Het elektromagnetisch spectrum is opgedeeld in een zeker aantal regio's met golven (gamma, x-ray, UV,…)

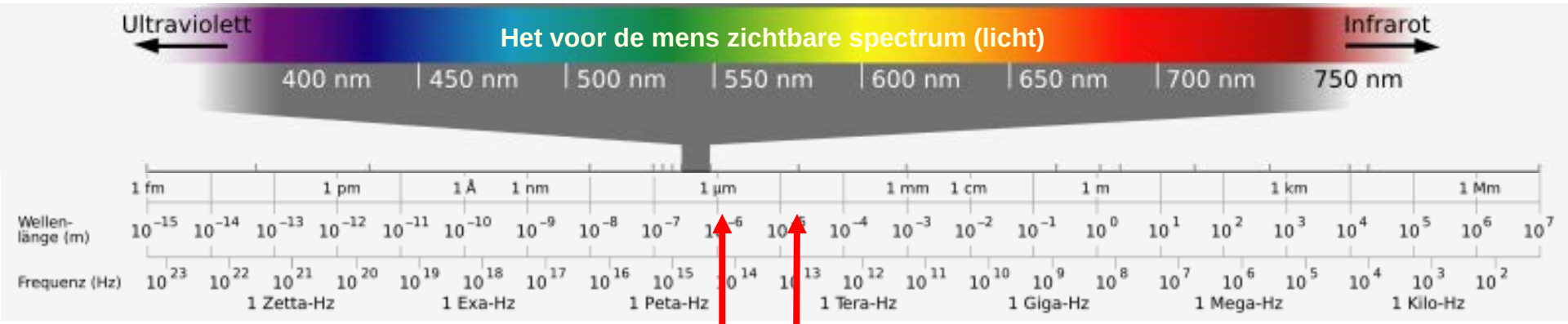




Elektromagnetische spectrum



Gamma-straling | Röntgen-straling | Ultraviolet-straling | Zichtbare spectrum | Infrarood-straling | Radiogolven



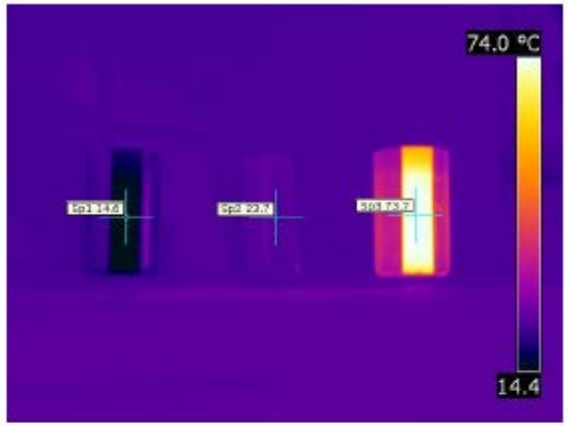
Bereik van de infraroodstraling

Zichtbaar:	0,4 - 0,7 um
IR korte golf:	2 - 5 um
IR lange golf:	**8 - 14 um**

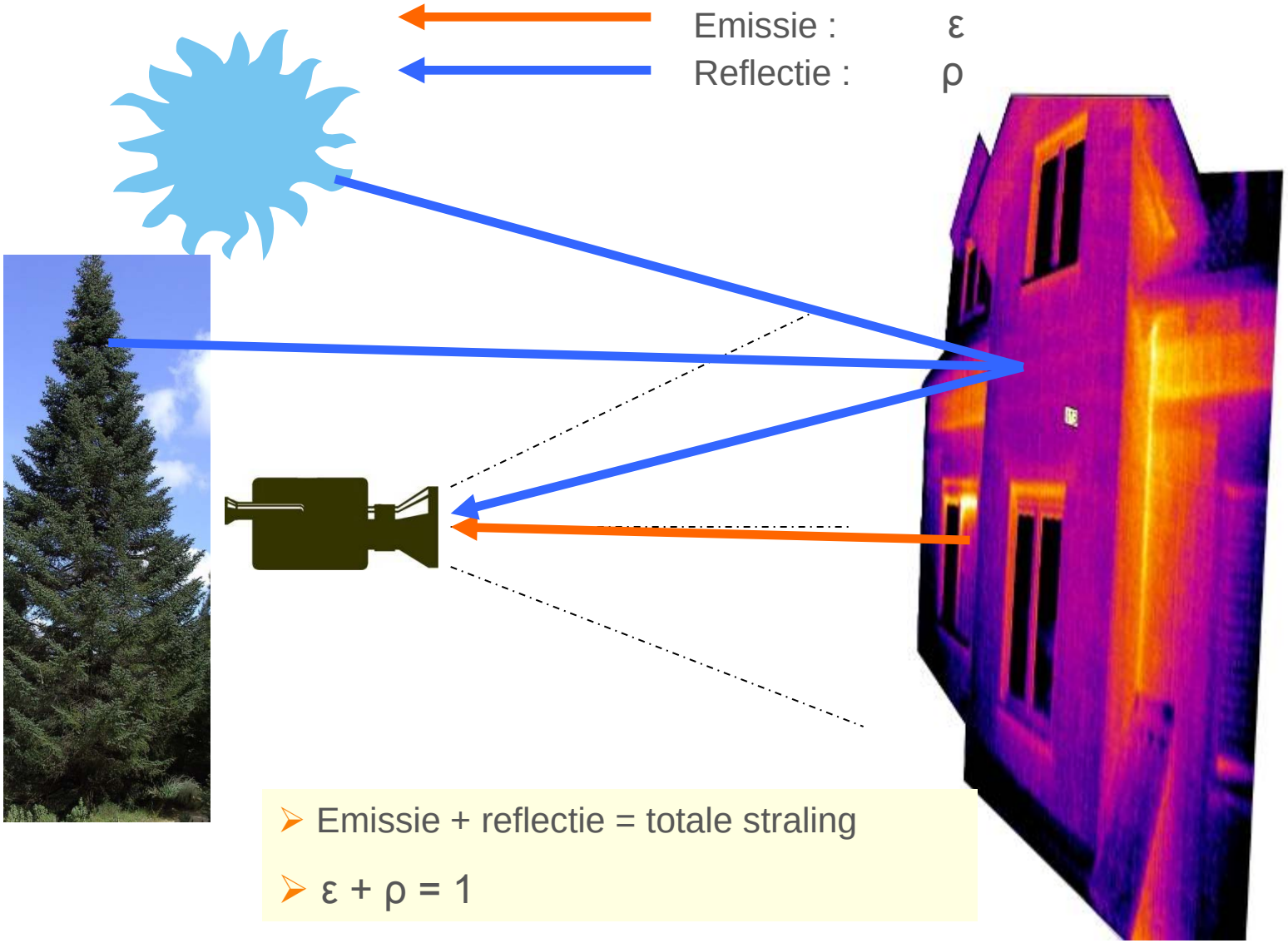
Thermografie vs infrarode straling

Wat kan een thermische camera?

Hij brengt warmte in beeld



Reflectie, transmissie, emissie



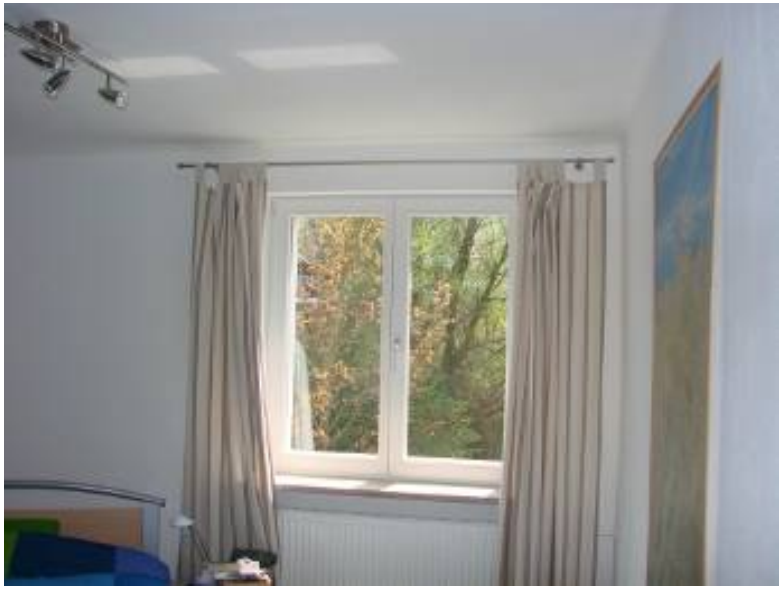
- Emissie + reflectie = totale straling
- $\varepsilon + \rho = 1$

Reflectie, transmissie, emissie

- In de praktijk laten de meeste materialen geen straling door
- Hierdoor vervalt τ en wordt $\rho + \tau + \varepsilon = 1$ vereenvoudigd tot $\rho + \varepsilon = 1$
- Emissiviteit wordt altijd vergeleken met een blackbody
- Als de temperatuur van een object verandert, dan kan de waarde van emissiviteit ook veranderen

Hoe lager de emissiegraad , des te groter is het deel van de straling dat gereflecteerd wordt en des te moeilijker is het om de temperatuur precies te meten.

Reflectie, transmissie, emissie



Wat is juist reflectie, transmissie en emissie in deze foto?

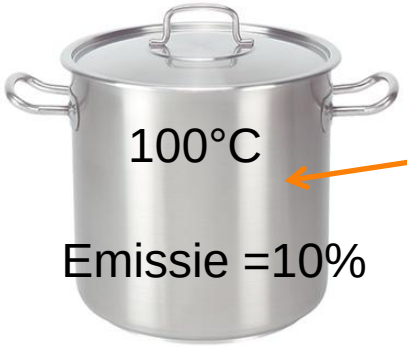
Voorbeeld van tabel met emissiefactoren

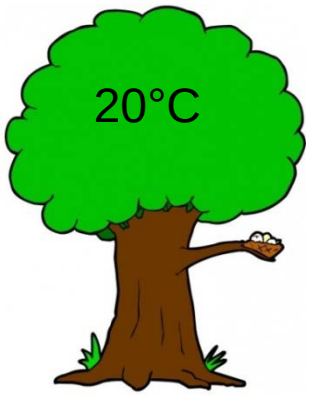
Een paar emissiefactoren bij ca. 20 °C

Materie	Emissiefactor
Metaal, blank gepolijst	0,03
Aluminium, gewalst, ruw	0,07
Nikkel, mat	0,11
Messing, mat	0,22
Staal, blank	0,24
Staal mit walshuid	0,77
Staal, sterk verroest	0,85
Lakken	0,90
Papier, hout	0,93
Glas, glad, zonder laag	0,85
Roet	0,95
Water, ijs	0,96
Isolatietape	0,94

Berekening temperatuur – oefening 1

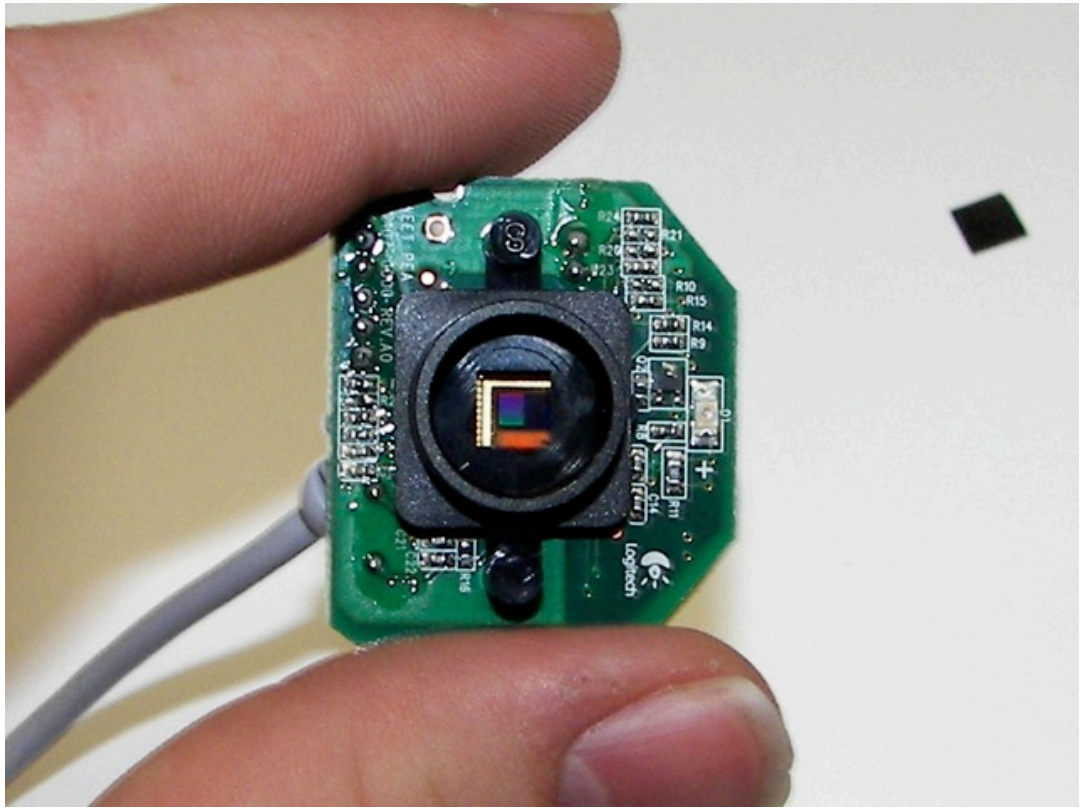
Emissiegraad ingesteld op 100%





Welke temperatuur geeft de camera weer?

Thermische camera - de detector

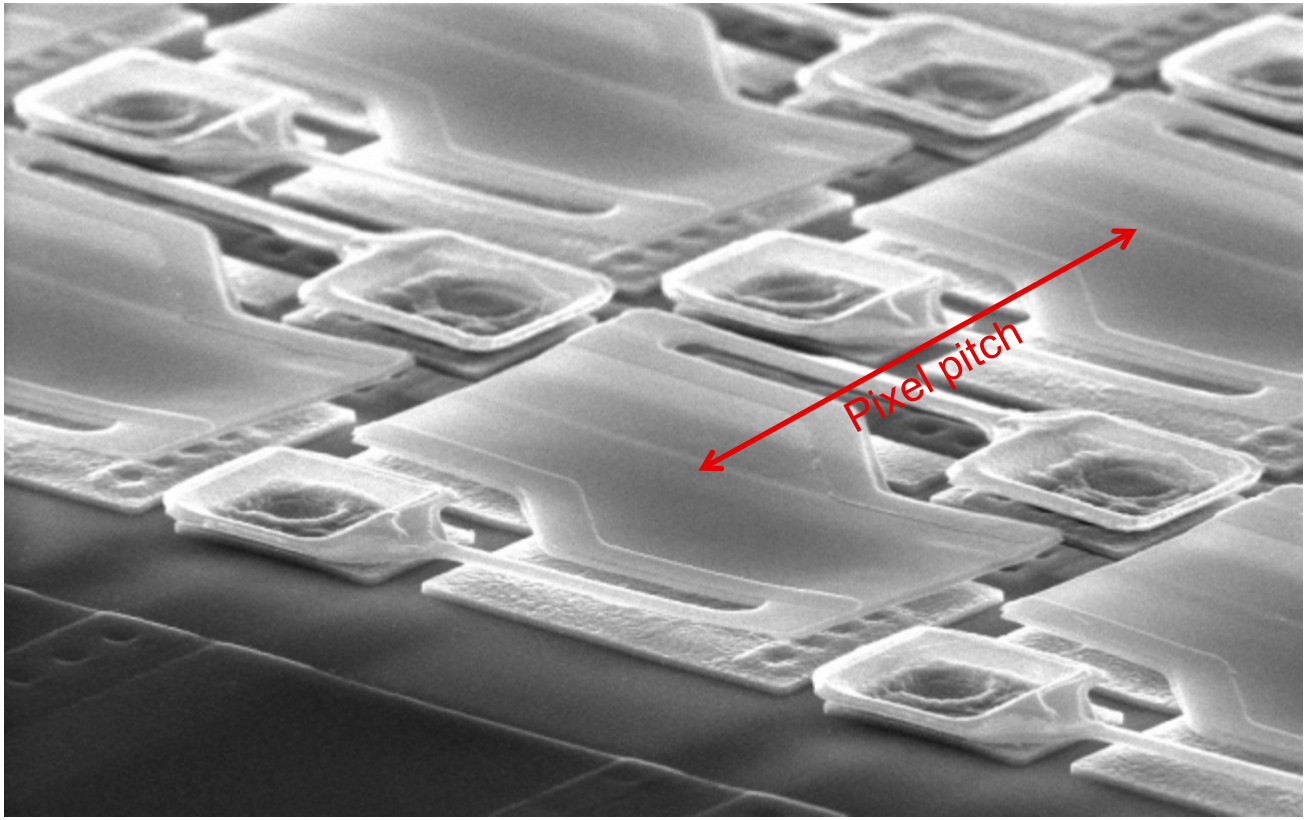


- de stralingsgevoelige detector (microbolometer gebruikt als weerstand)
- Testo gebruikt Amorphous Silicon (a-Si) als beschermlaag
- Invallende straling verandert de elektrische weerstand van de detector

Thermische camera - de detector

Grootte van een detectorcel
Ca. 25 µm x 25 µm

Actief deel van een detectorcel
ca. 22 µm x 22 µm



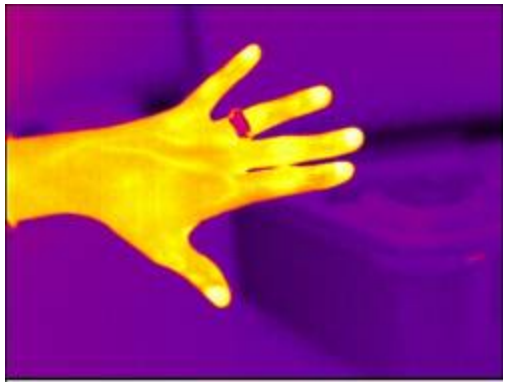
Pixel pitch: afstand tussen de kernen van 2 detectorcellen.

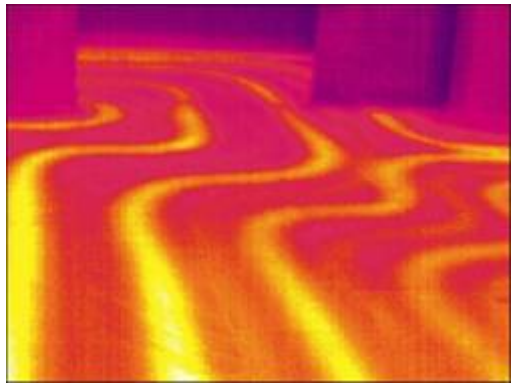
Thermische camera - NETD

- In het domein van de gebouwthermografie dient men eveneens rekening te houden met de resolutie van de camera. Deze wordt voorgesteld door de NETD.

- De NETD geeft het kleinste temperatuurverschil weer dat kan worden weergegeven.

- Een camera voor gebouwenthermografie dient te beschikken over een NETD die beter is dan 50 mK!

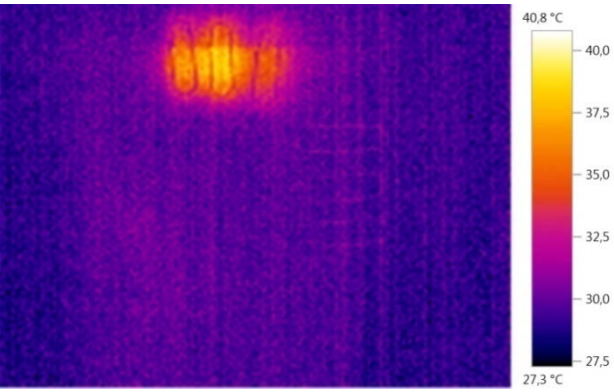




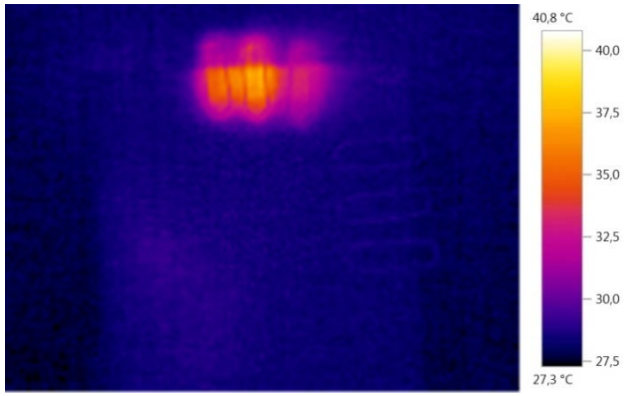
Thermische camera - NETD

Nu iedereen weet wat het betekent….

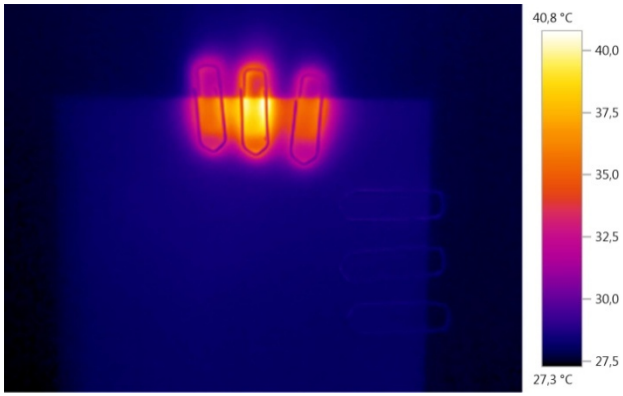
Laten we nu even zien wat dit oplevert:



NETD < 110 mK



NETD < 80 mK



NETD < 30 mK

Thermische camera - Testo

- Wat zijn de belangrijkste eigenschappen van een camera?
- Welke lenzen bestaan er?
- Wat zit er in een pakket?
- Wat zijn de modellen van Testo

Testo 875

1

Standaard beeldkwaliteit NETD < 80 mK

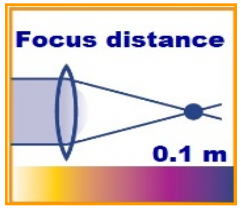
2

Gezichtsveld van 32°

3

Automatische hot spot/ cold spot herkenning

4



Minimale focus-afstand van 0,1 m

Testo 875i

We measure it. testo

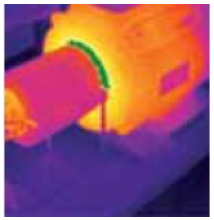
1

Hoge beeldkwaliteit
NETD < 50 mK

2

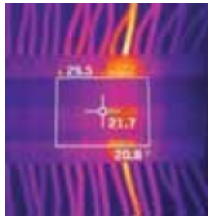
Spraakopname met de
praktische head-set

3



Isotherm-functie

4

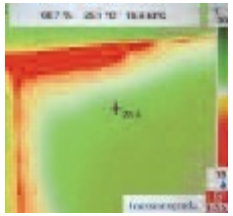


Min/Max zone

5

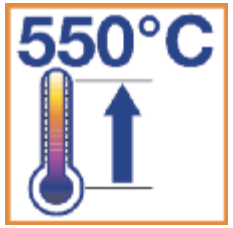
Ingebouwde
digitale camera
met power LED's

6

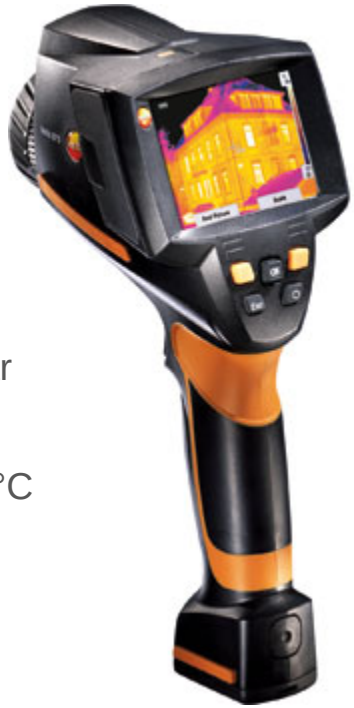


Speciaal meetmenu
voor het detecteren
van plaatsen
met schimmelgevaar

7



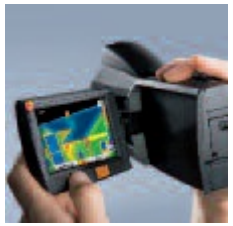
Meetbereik tot 550°C
optioneel mogelijk



Testo 876

We measure it. testo

1



Flexibel draaibaar display

2

Hoge beeldkwaliteit
NETD < 80 mK

3

Verwisselbare lens

4

Ingebouwde digitale camera

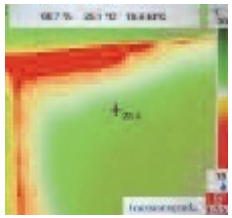
5

Motorfocus voor bediening met
één hand

6

Spraakopname met de praktische
head-set

7



Speciaal meetmenu voor het
detecteren van plaatsen
met schimmelgevaar

Testo 882

We measure it. testo

1

Beeldsensor met 320 x 240 pixels

2

Groot gezichtsveld dankzij de 32°-lens

3

Hoge beeldkwaliteit NETD < 60 mK

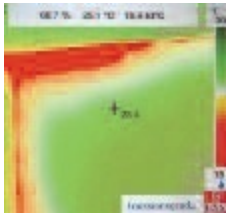
4

Spraakopname met de praktische head-set

5

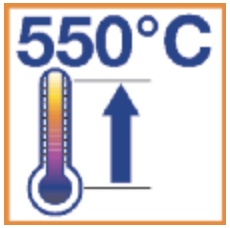
Ingebouwde digitale camera met power LED's

6



Speciaal meetmenu voor het detecteren van plaatsen met schimmelgevaar

7



Meetbereik tot 550°C optioneel mogelijk

Testo 885

We measure it. testo

1

Beeldsensor met 320 x 240 pixels

2

Groot gezichtsveld dankzij de 30°-lens

3

Hoge beeldkwaliteit
NETD < 30 mK

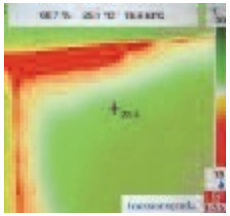
4

Panorama beeld-assistent

5

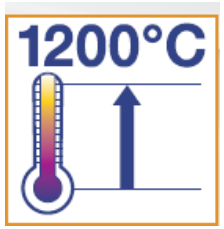
Site Recognition Technologie

6



Speciaal meetmenu voor het detecteren van plaatsen met schimmelgevaar

7



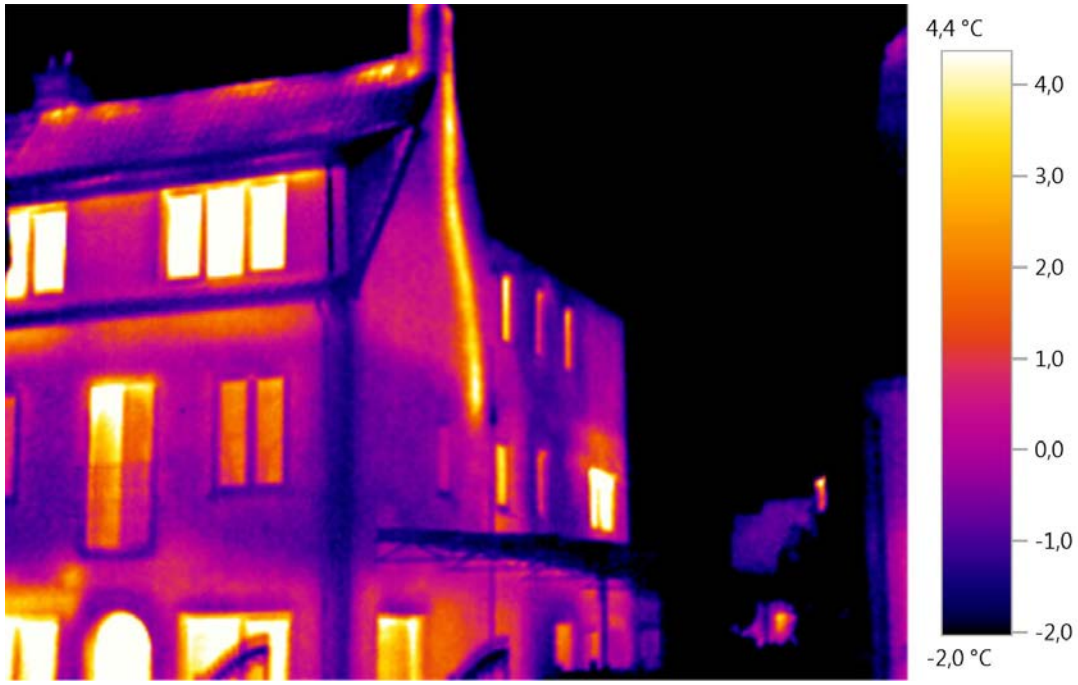
Meetbereik tot 1200°C optioneel mogelijk

Toepassingen thermografie

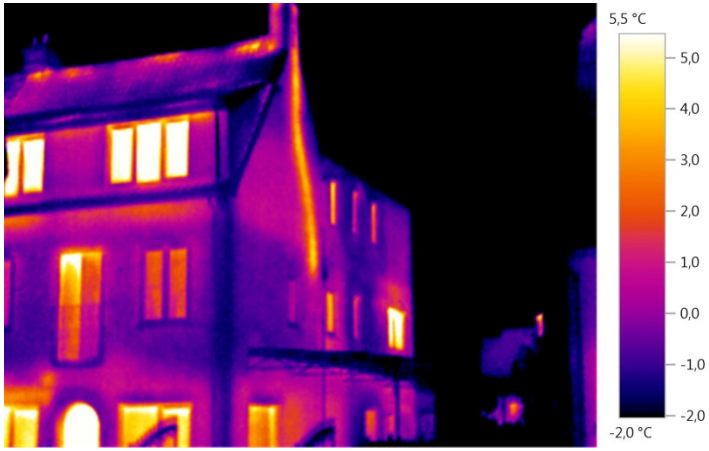
Gebouwenthermografie

Een thermische camera is uitermate geschikt om de staat van gebouwen na te kijken:

- isolatieproblemen
- vochtproblemen
- luchtlekken
- koudebruggen
- …



Thermografie buiten



- Beste tijdstip voor meting: 's **ochtends voor zonsopgang**
- De verschillende oppervlakken in diverse materialen geven in bovenstaand thermogram een verschillende straling af
- Alleen zones met eenzelfde stralingsgedrag zijn met elkaar te vergelijken !
- Het temperatuurverschil tussen binnen en buiten zou **meer dan 10 K** moeten bedragen

Isolatie

Isolatie

Met thermografie conclusies trekken over de isolatie

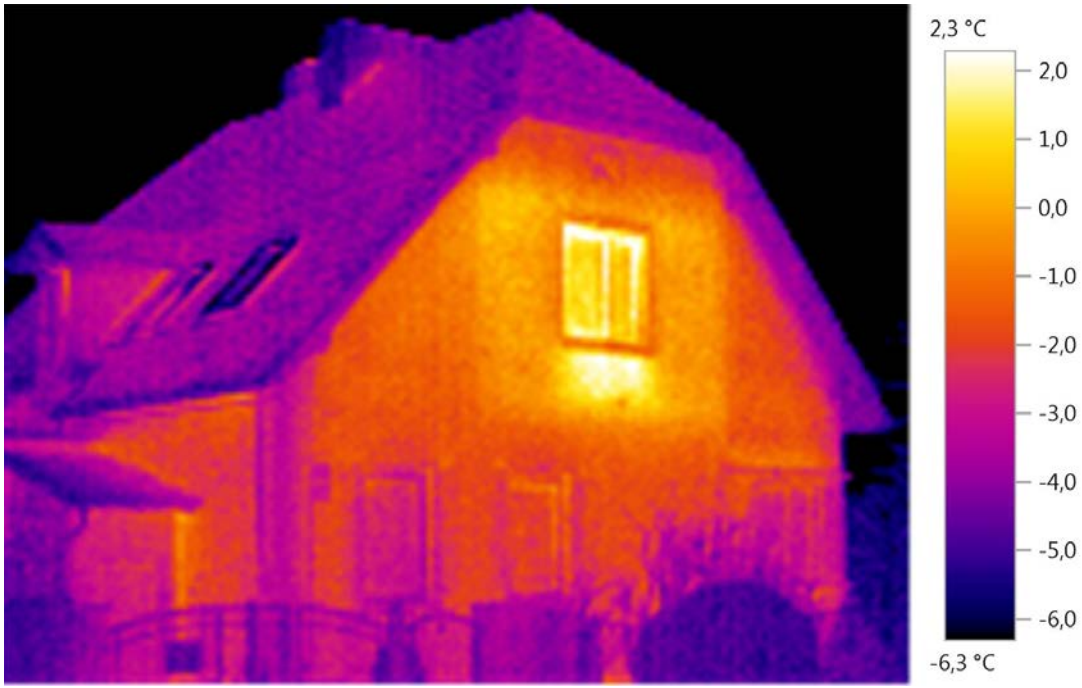
Buiten: - 3°C

Binnen: + 20°C

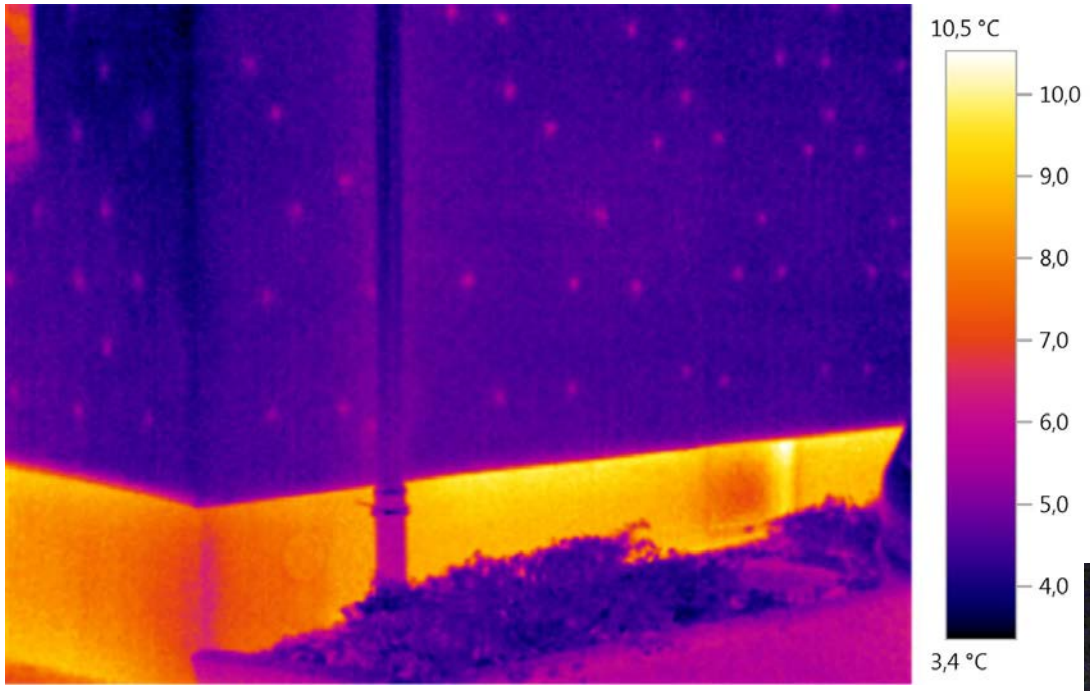
Uit de oppervlaktetemperatuur kan je geen directe conclusies over de isolatiewaarde van een object trekken.

Een kwalitatieve beoordeling is pas mogelijk als men de opbouw van de muur, de binnentemperatuur en de buitentemperatuur kent.

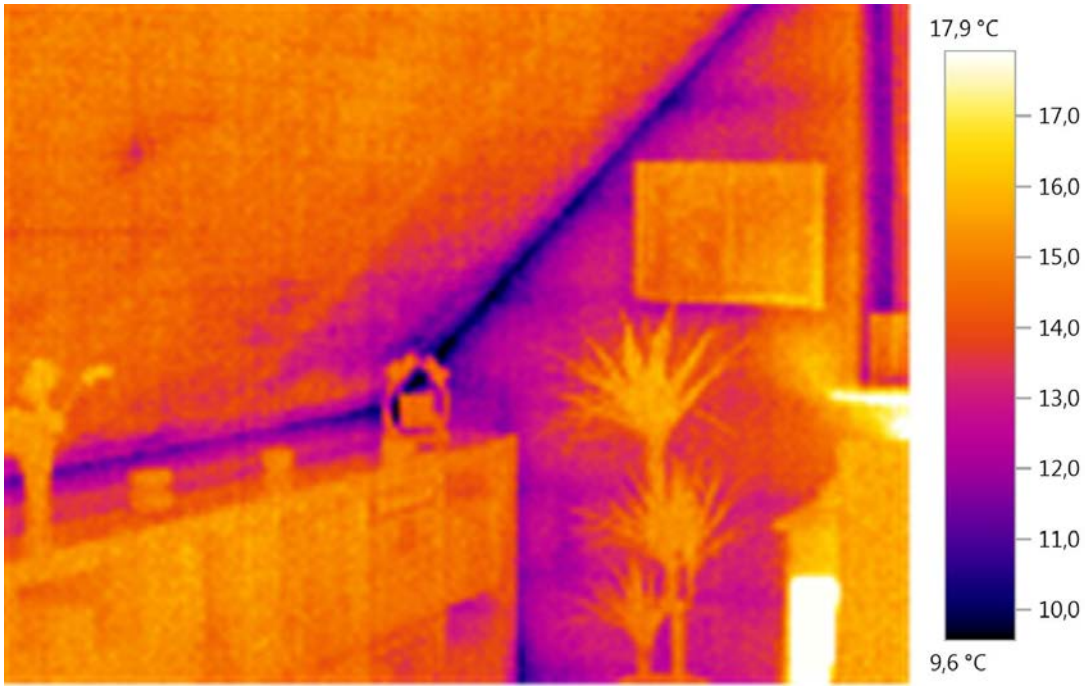
Isolatie



Isolatie

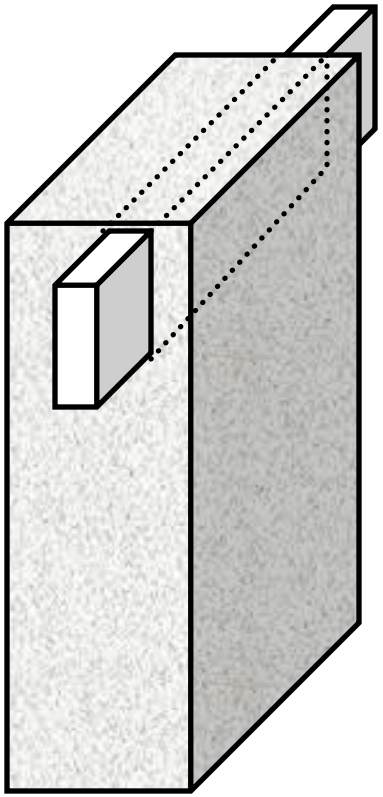


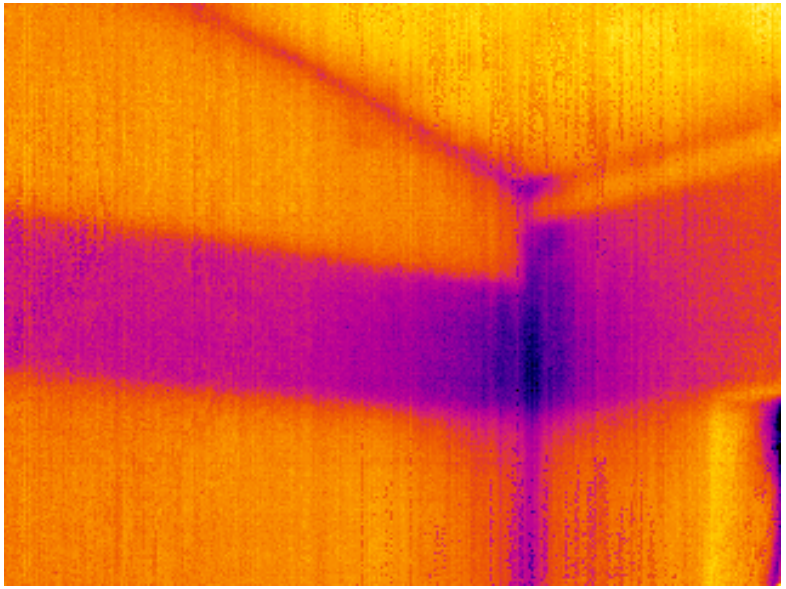
Isolatie



Koudebruggen

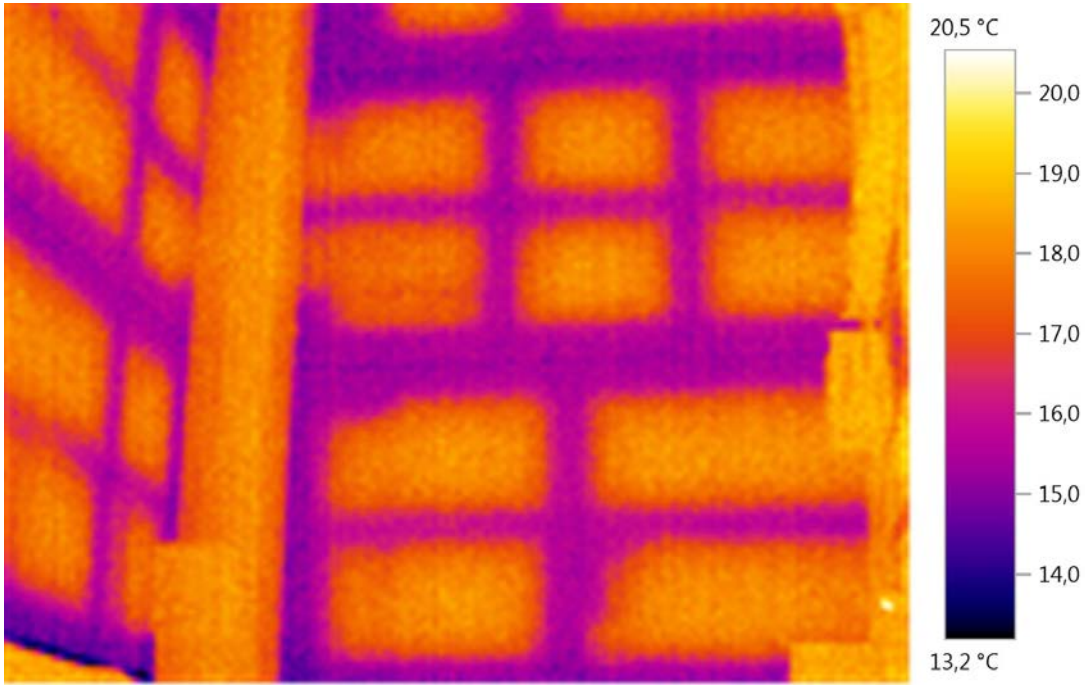
Warmtebruggen in gebouwen





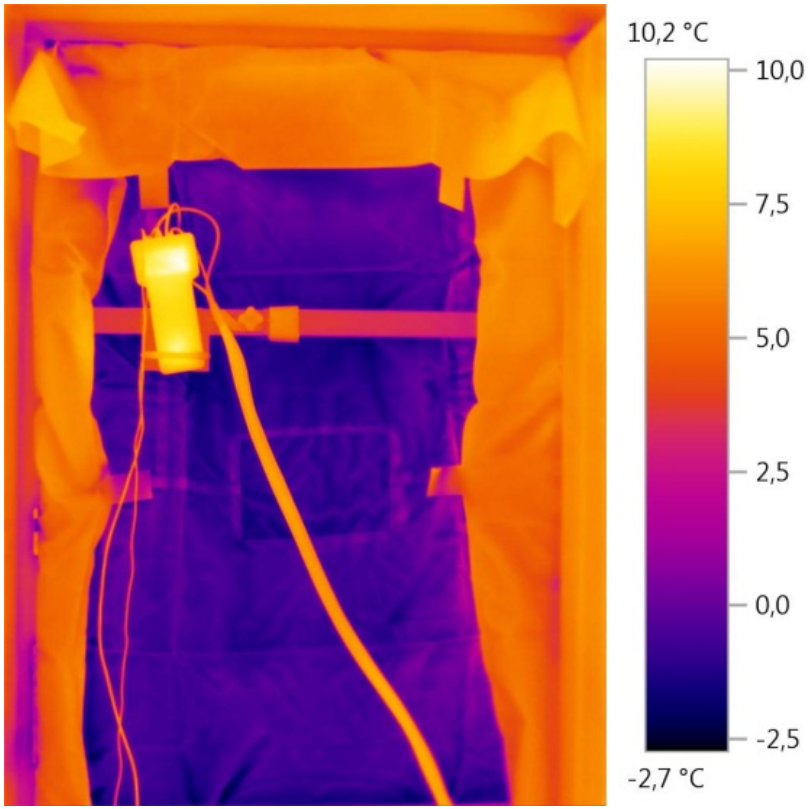
Warmtebruggen die uit de techniek van het gebouw resulteren bijvoorbeeld steunbalken en ankers

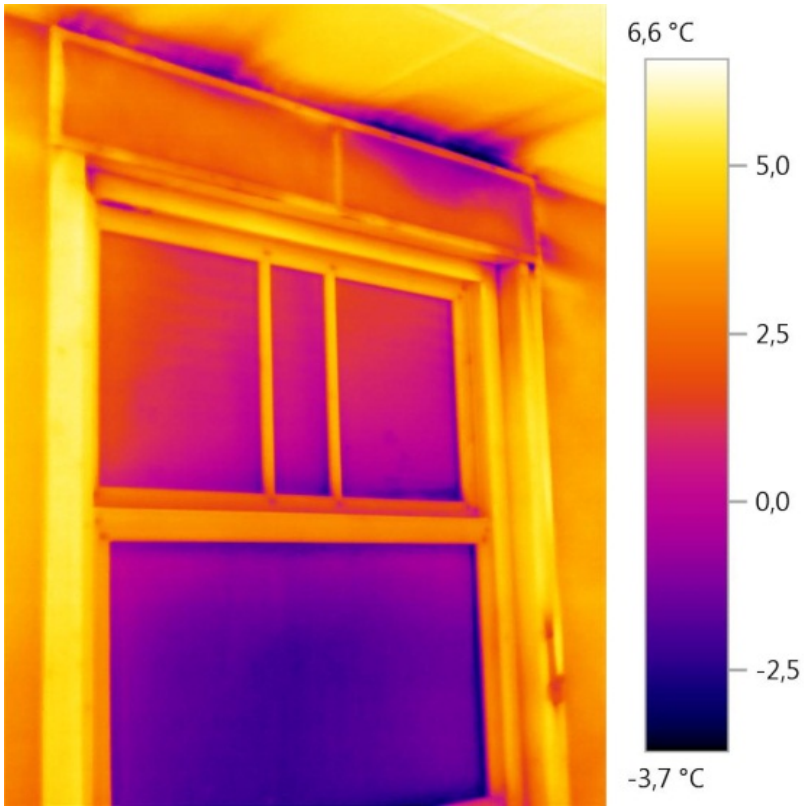
Isolatie



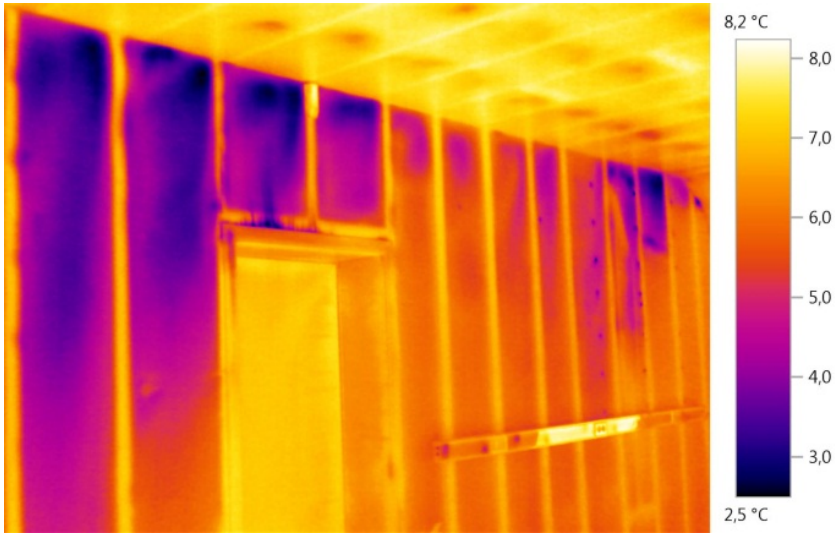
Luchtlekken

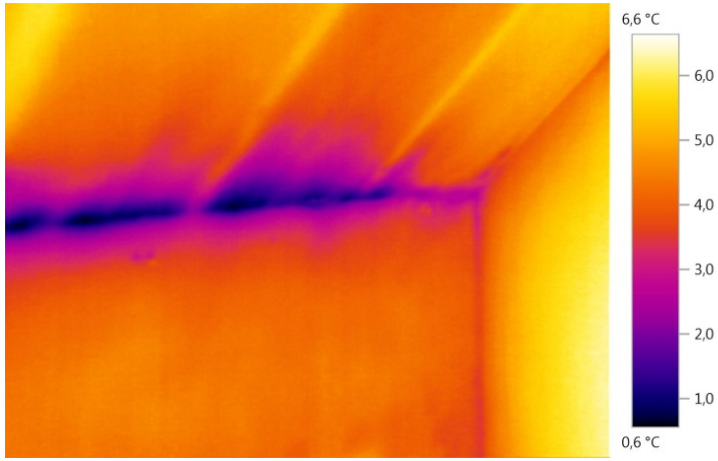
Luchtdichtheid ramen

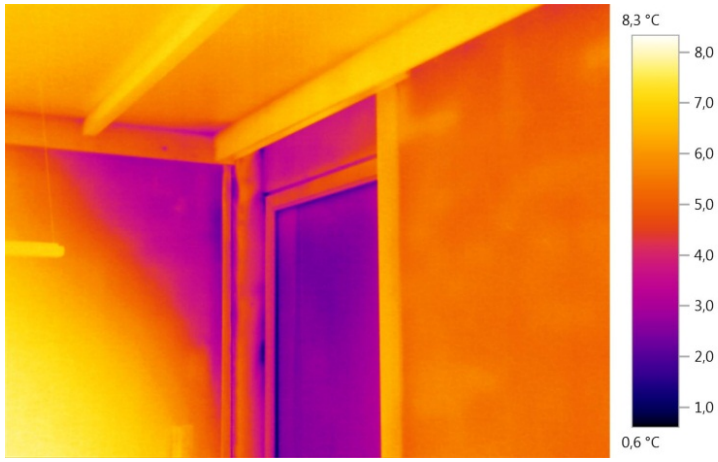




Luchtdichtheid daken





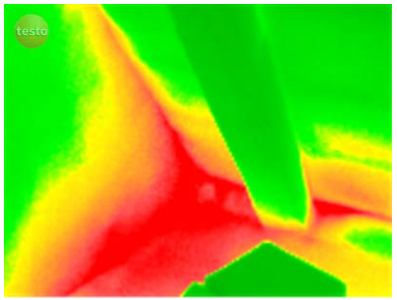


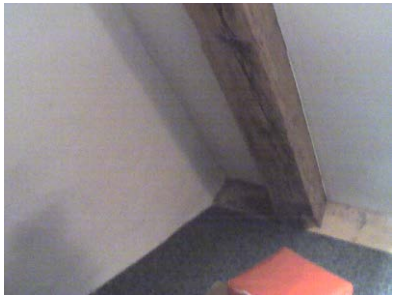
Vocht

Weergave van oppervlaktevocht

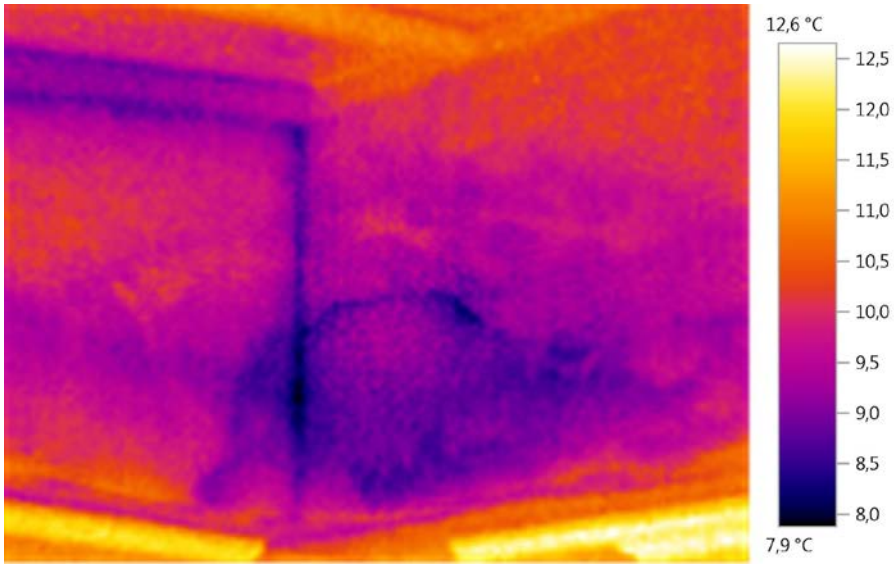
Weergave van oppervlaktevocht – Waarvoor?

Vocht in gebouwen (dankzij constructie fouten of onjuiste gebruikersgedrag) kan leiden tot schimmelgroei!
Met de testo vochtfunctie worden vochtige gebieden op plafonds en muren eenvoudig gedetecteerd. Daardoor is het risico op schimmelgroei vroegtijdig ontdekt.

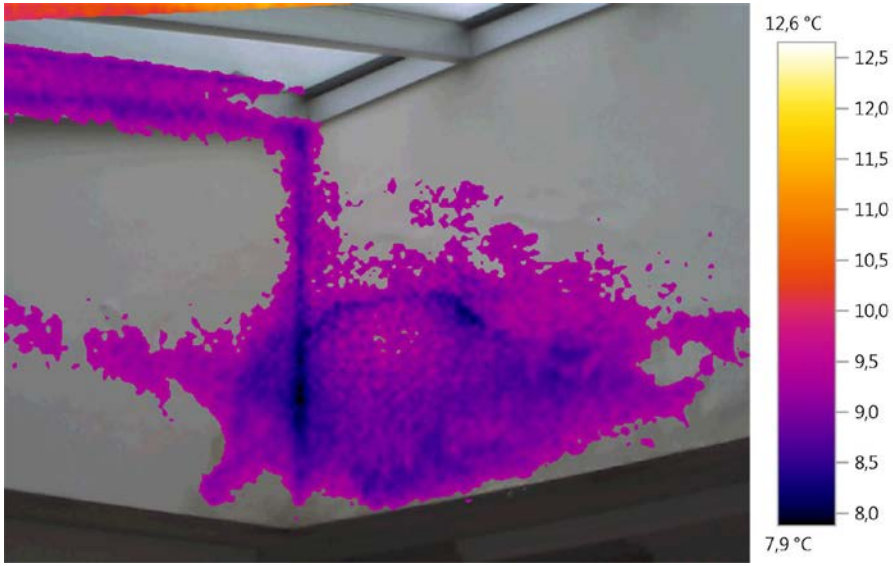




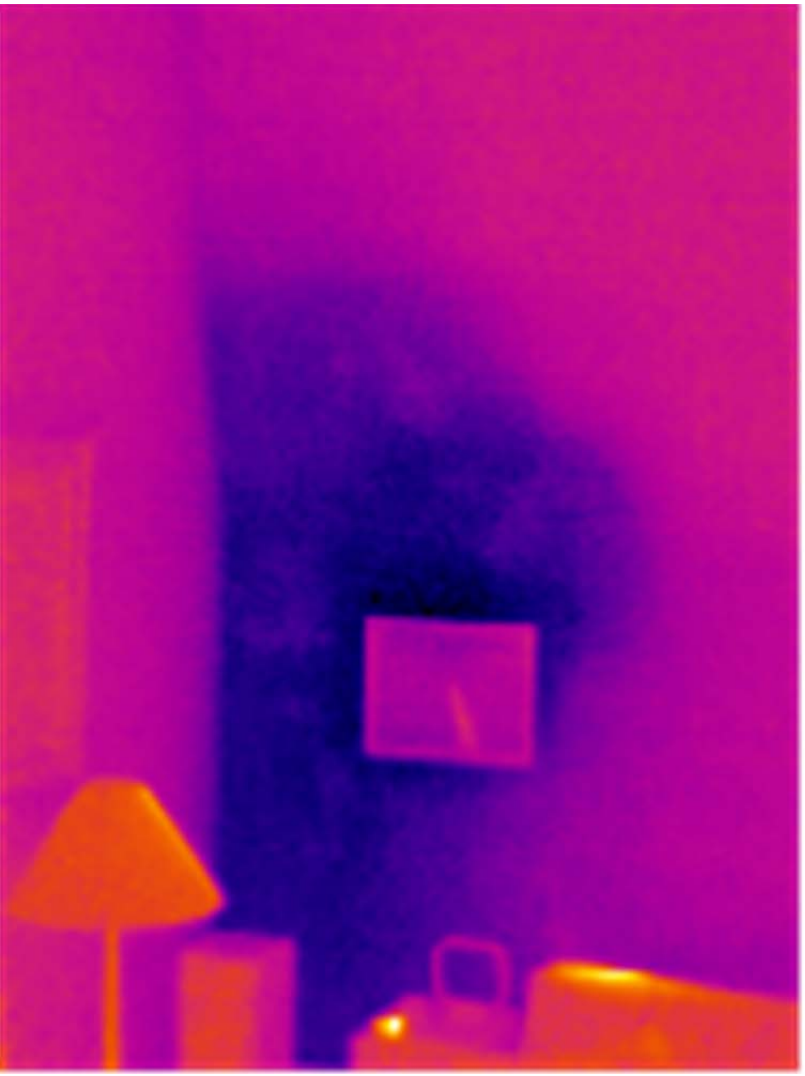
Vocht

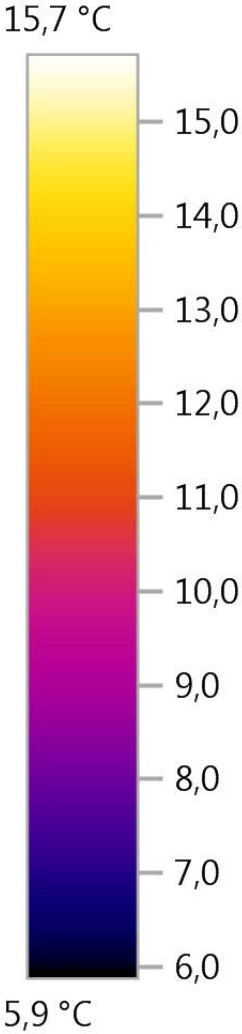


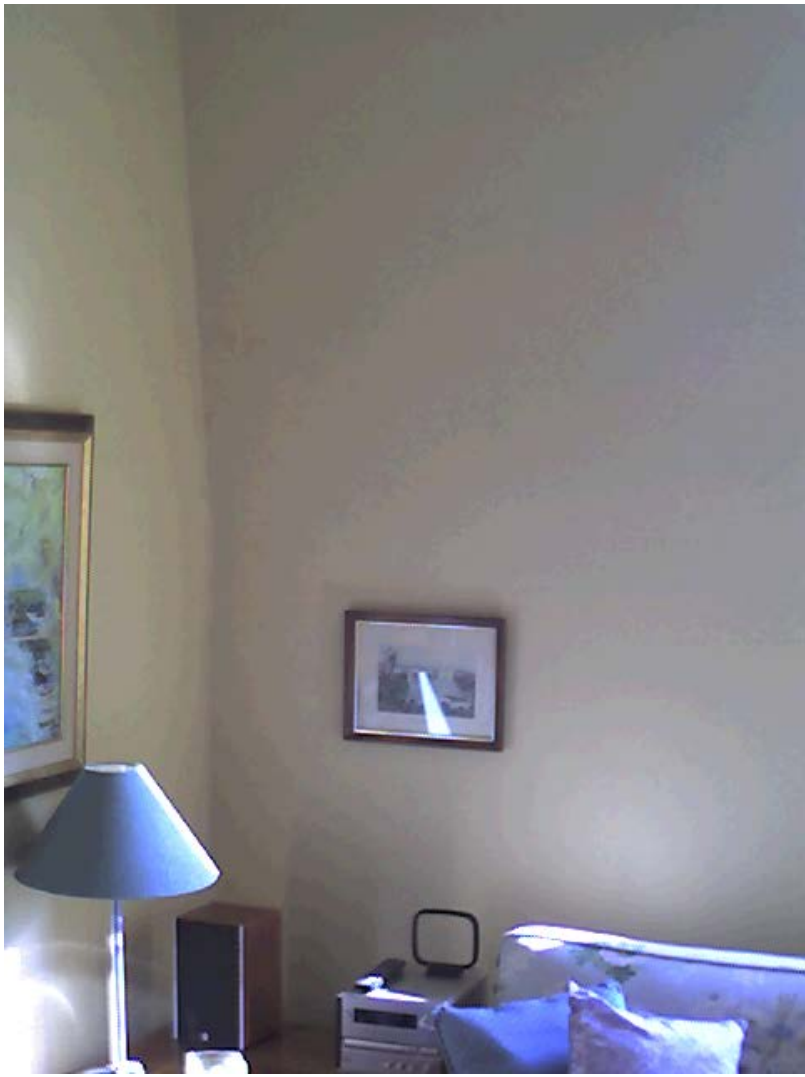
Analyse met Twinpix:



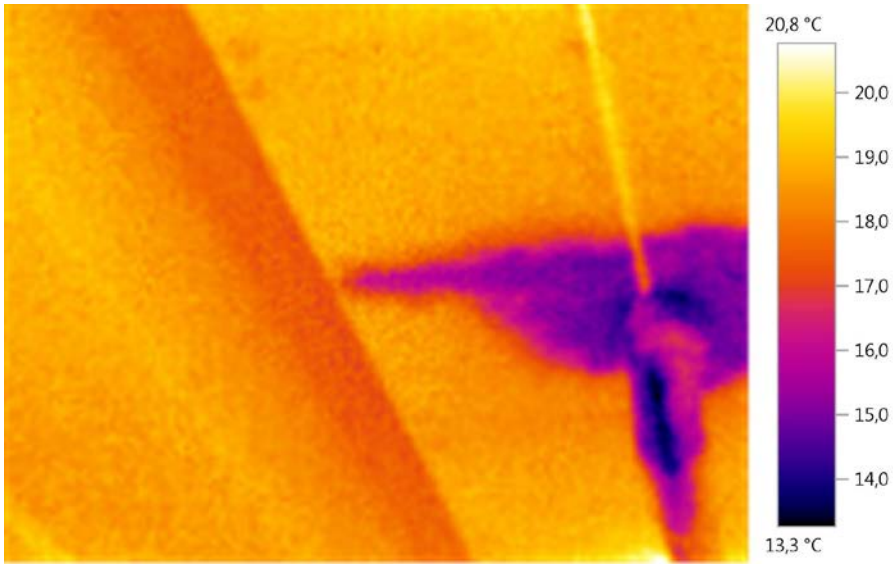
Vocht

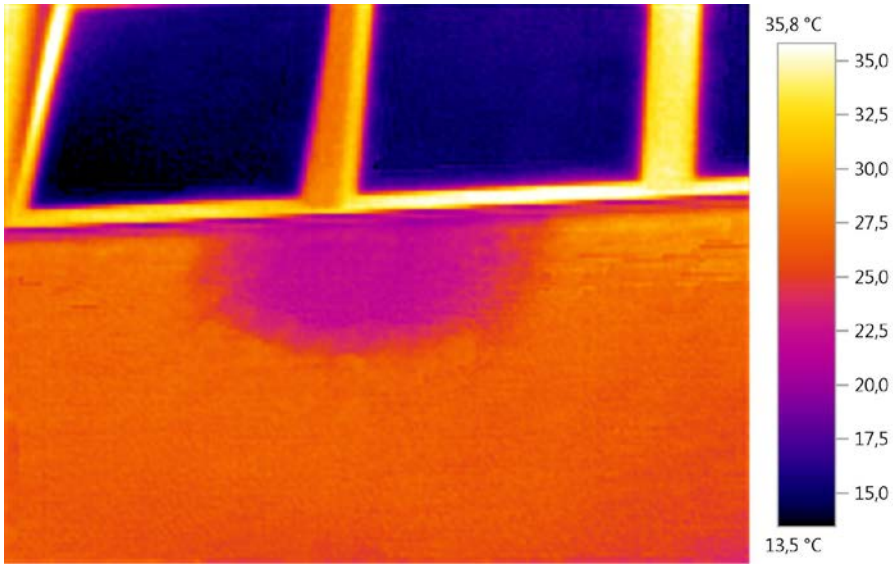






Vocht

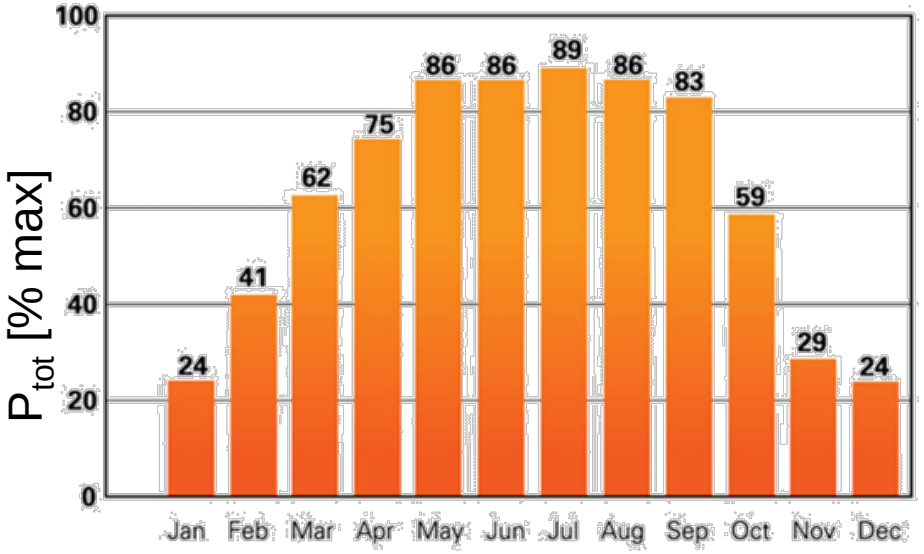

20,8 °C
20,0
19,0
18,0
17,0
16,0
15,0
14,0
13,3 °C


35,8 °C
35,0
32,5
30,0
27,5
25,0
22,5
20,0
17,5
15,0
13,5 °C

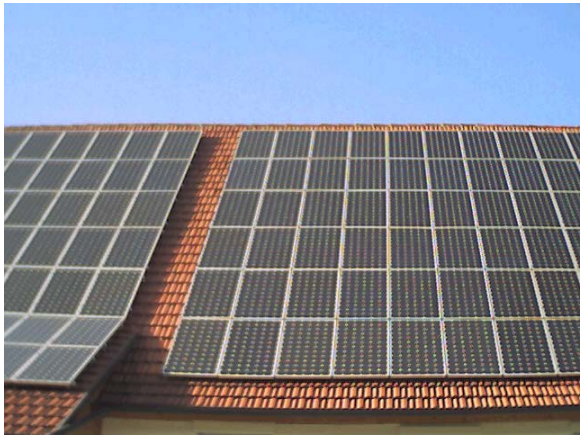
Zonnepanelen

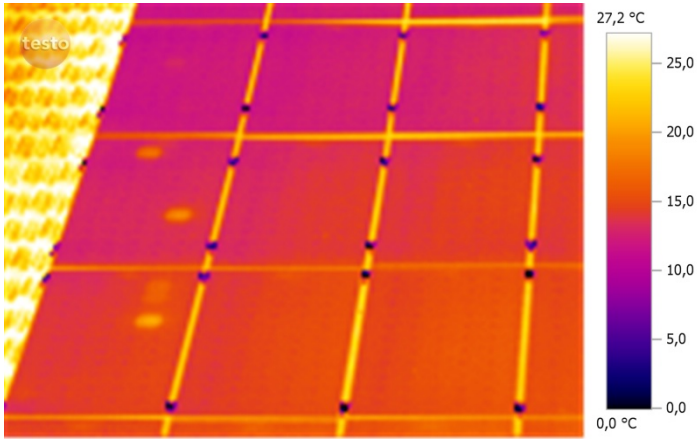
Ideale meetomstandigheden

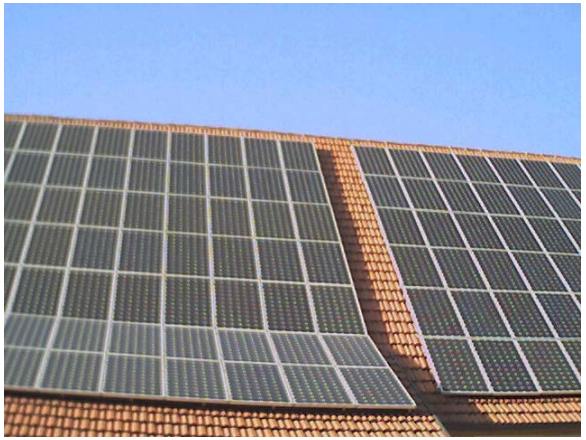
- Droog en onbewolkt
- Intens zonlicht
- Zonnestralingsintensiteit vanaf 200 W/m²
- Ideaal tussen 500 en 600 W/m²
- Indien de stralingsintensiteit onder het minimum zakt wordt het thermische beeld onbruikbaar
- Ideale metingen bij lage buitentemperaturen

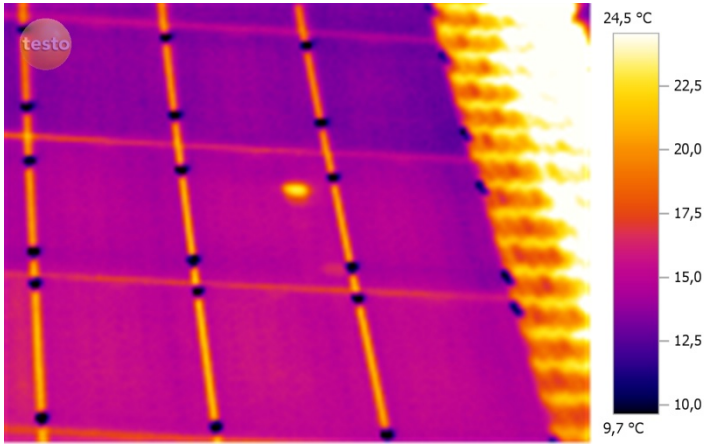


Metingen met een tele-lens





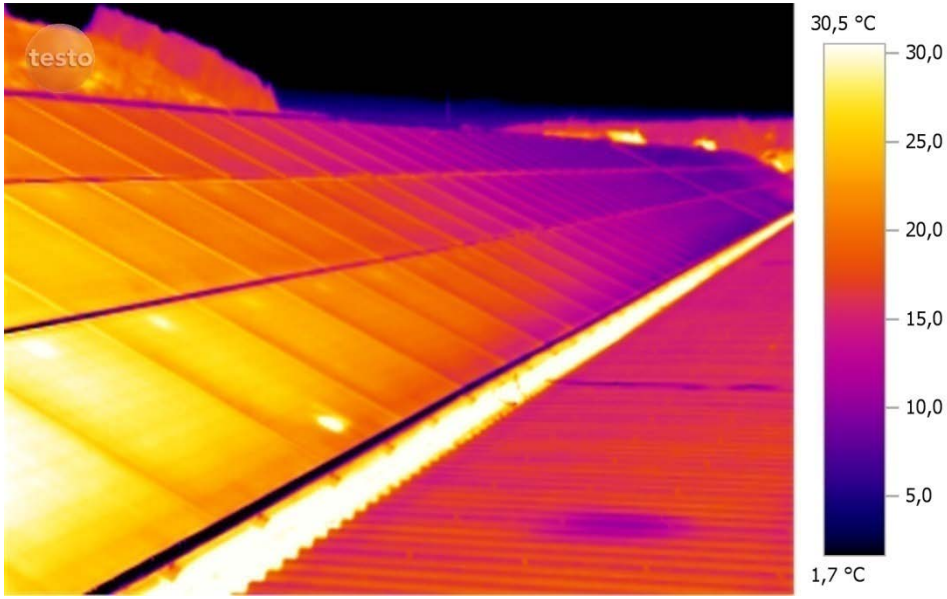




- Metingen van op afstand
- Hogere geometrische resolutie dankzij de telelens

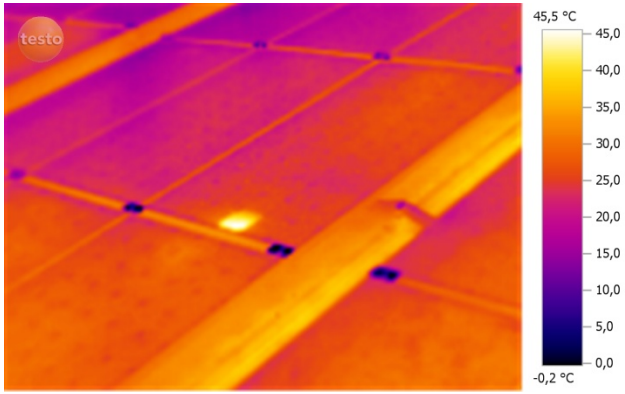
Met de telelens kan je metingen doen zonder op het dak te klimmen.

Welke fouten bestaan er?



- Defecte module
- Foute bedrading
- Vochtinsijpeling
- Delaminatie
- Scheuren in de module
- Defecte bypass diodes
- Scheuren in de zonnecellen
- Losse contacten
- Defecte omvormers, junction boxes enz.

Hot-Spot effect



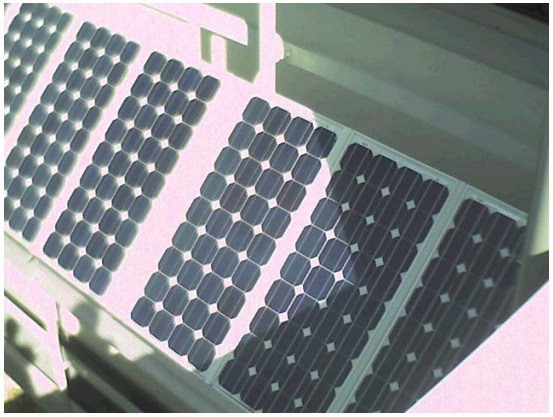
Defecte zonnecellen worden door de camera makkelijk herkend als een hotspot (ongeveer 15K boven de gemiddelde temperatuur)

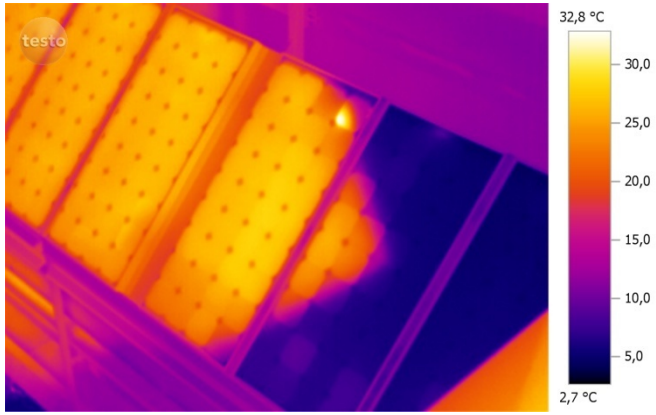
Defecte cellen:

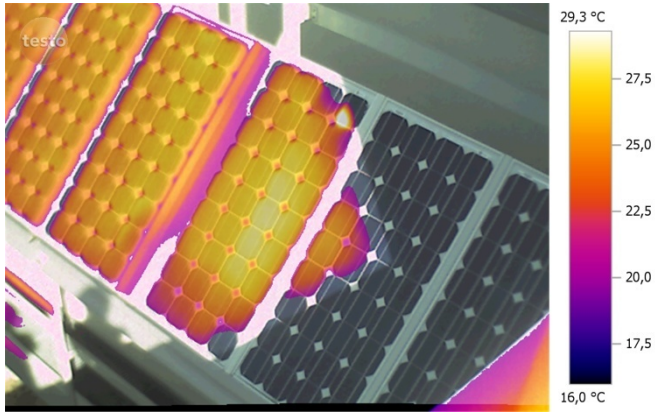
- Zet stroom van naburige cellen om in warmte!
- Converteren alle binnenkomende zonne-energie in warmte
- Bekend als het hot-spot effect

Verlies van rendement van het systeem – brandgevaar!

Voorbeeld: Schaduw – vuiligheden





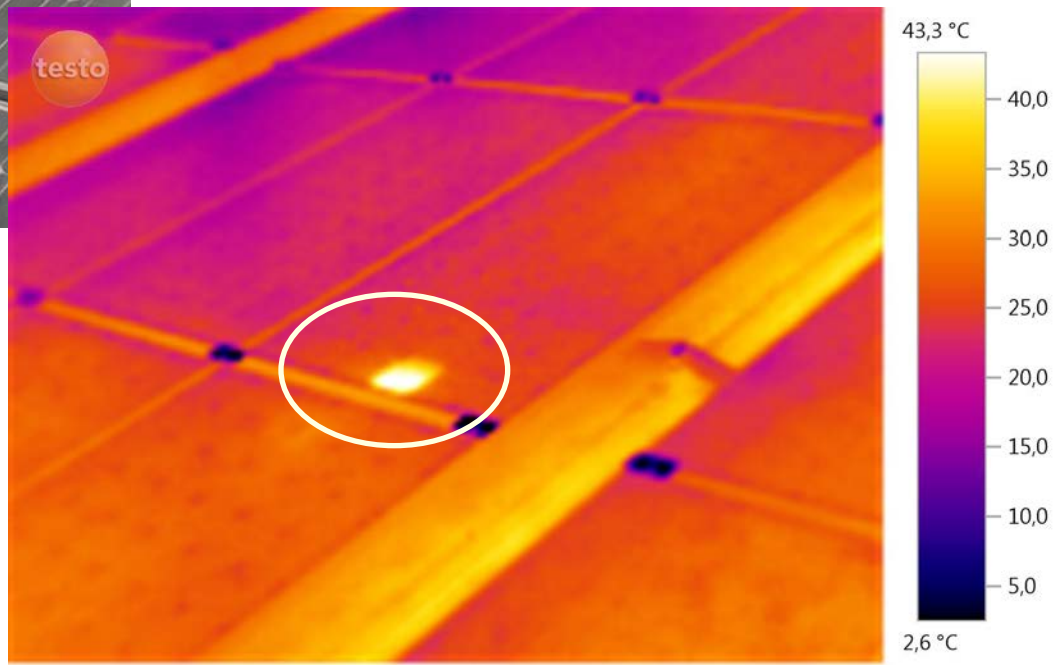


Beschaduwde cellen, of cellen bedekt met vuil:

- Zet stroom van naburige cellen om in warmte!
- Rendement van alle cellen in serie wordt aangetast (string)
- Rendement van alle modules die in serie geschakeld zijn worden aangetast (string)
- Bekend als “overshadowing”

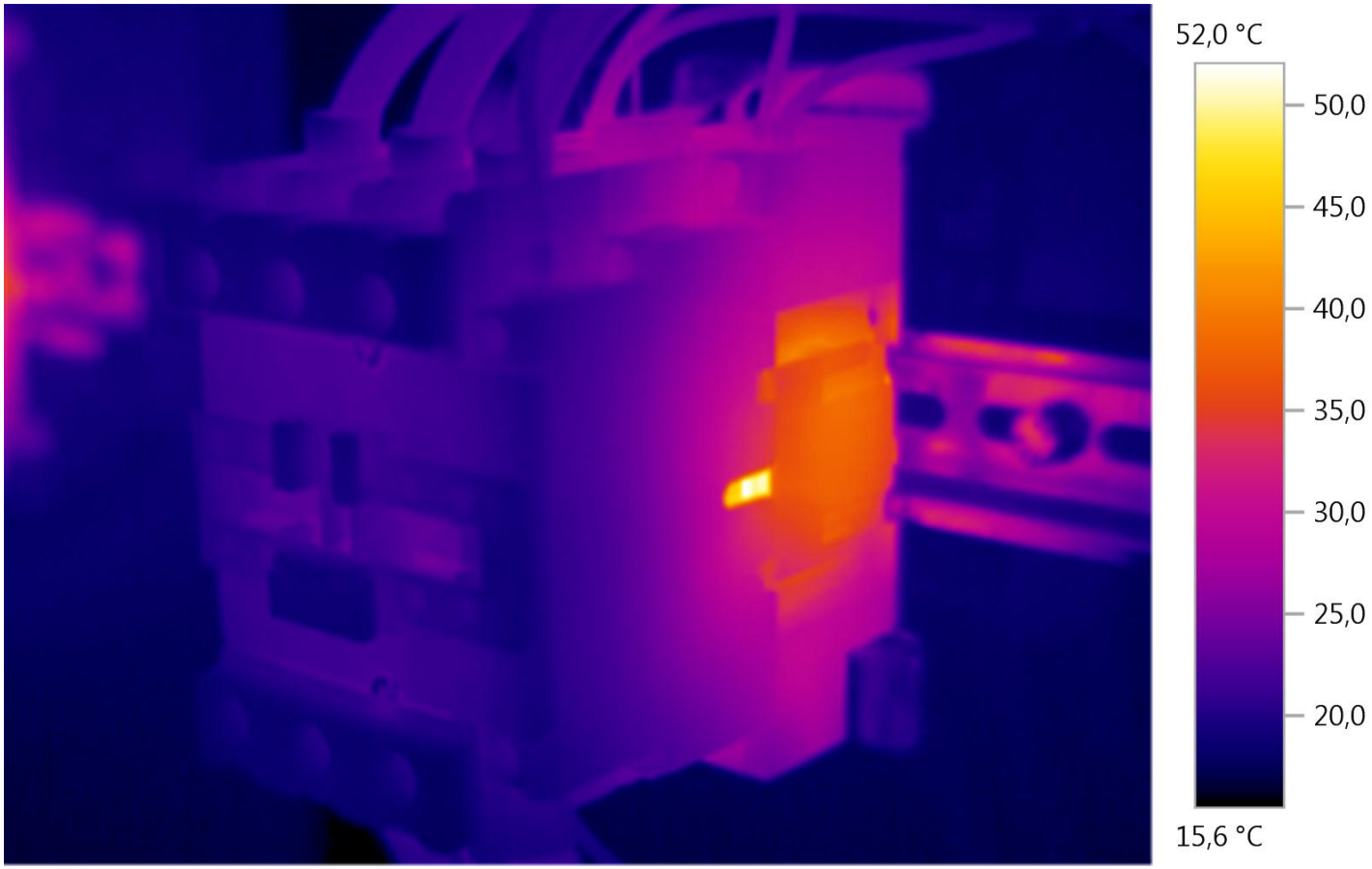
Dalend rendement van het systeem

Zonnepanelen

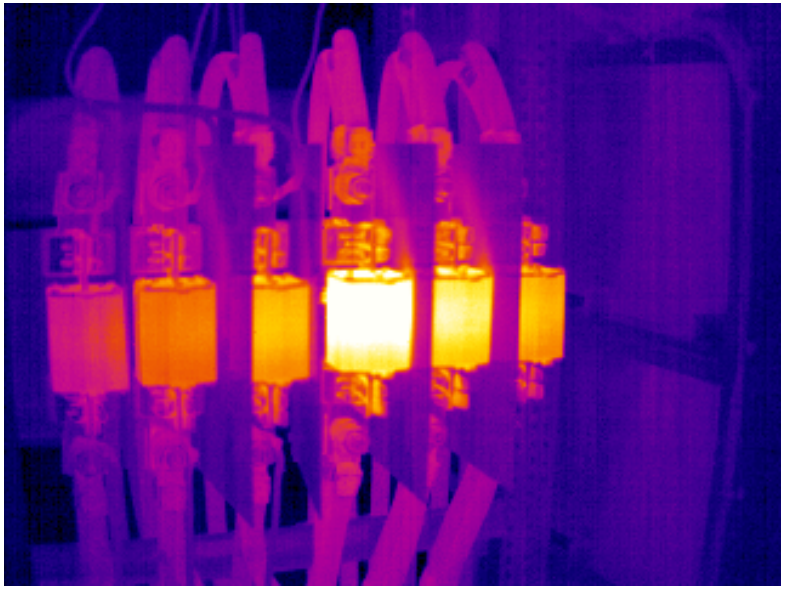


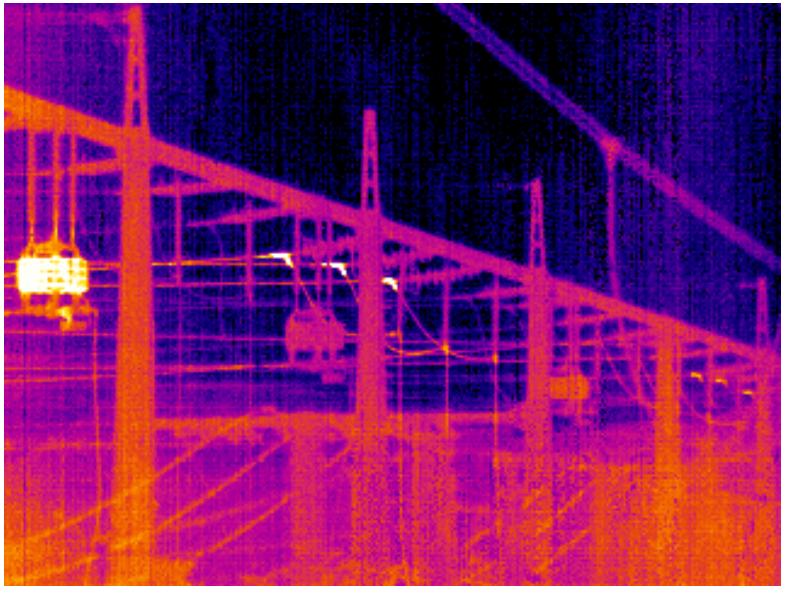
Elektrische installaties

Elektrische installaties - video

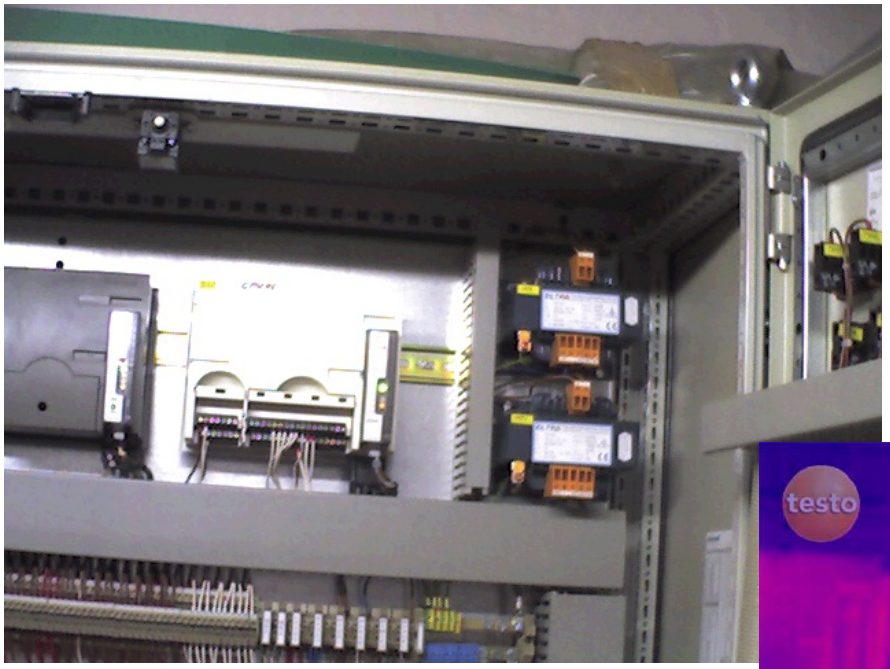


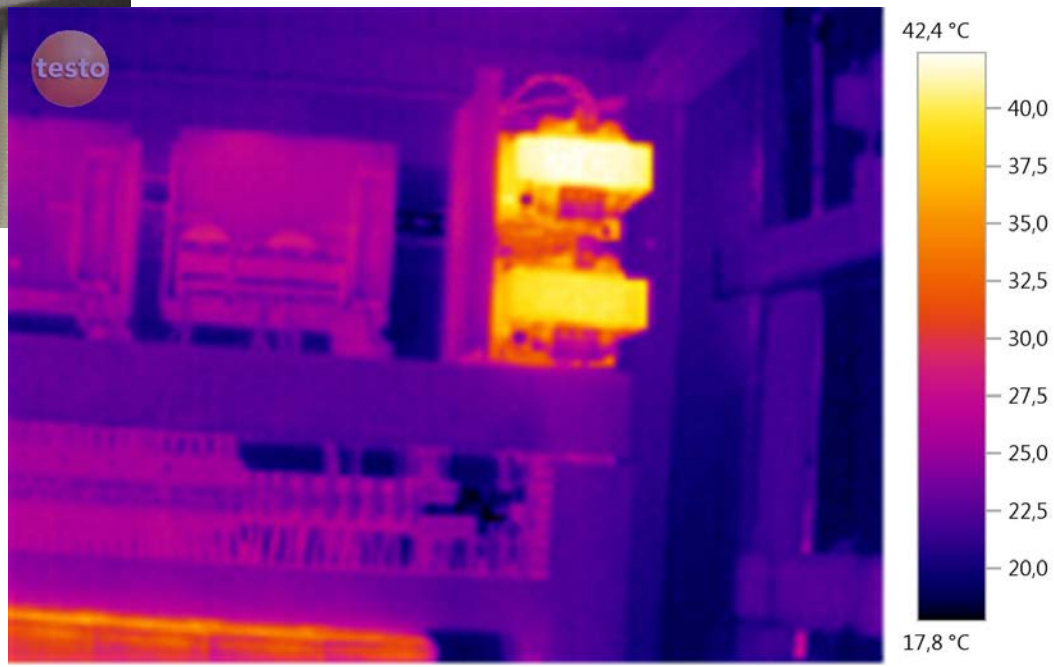
Elektrische installaties



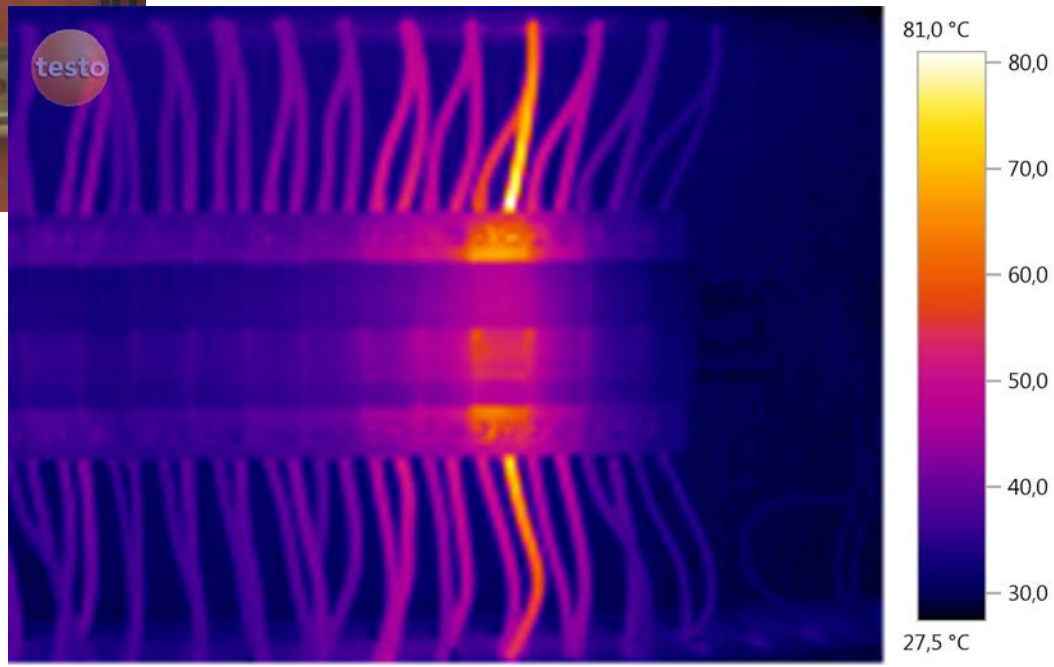


Elektrische installaties

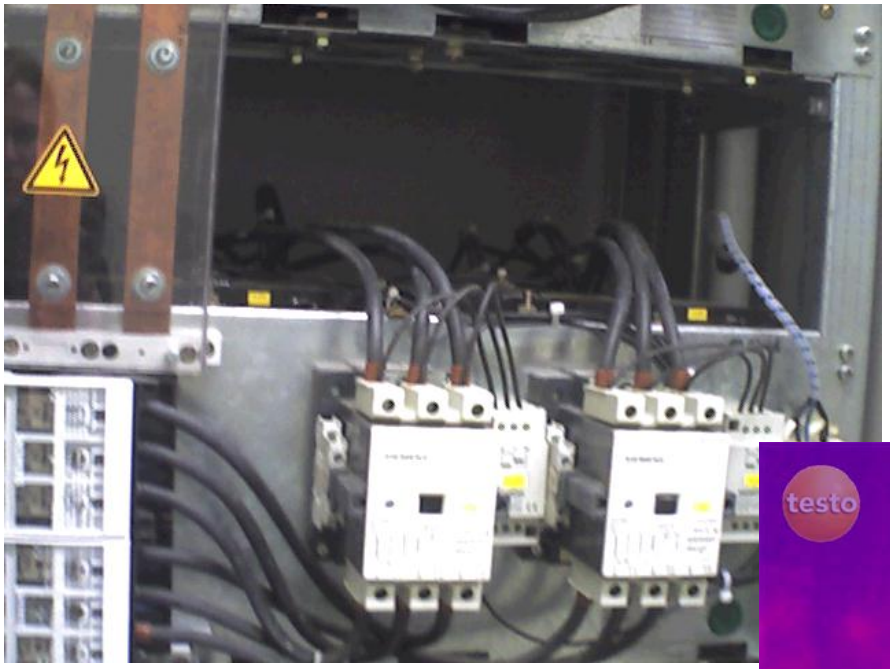


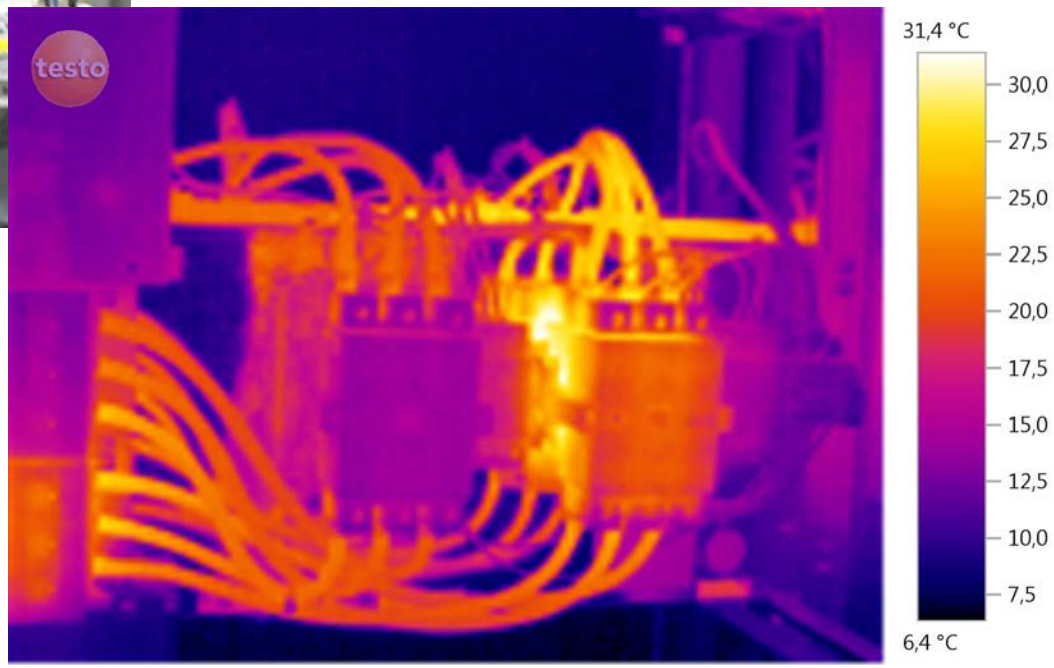


Elektrische installaties



Elektrische installaties

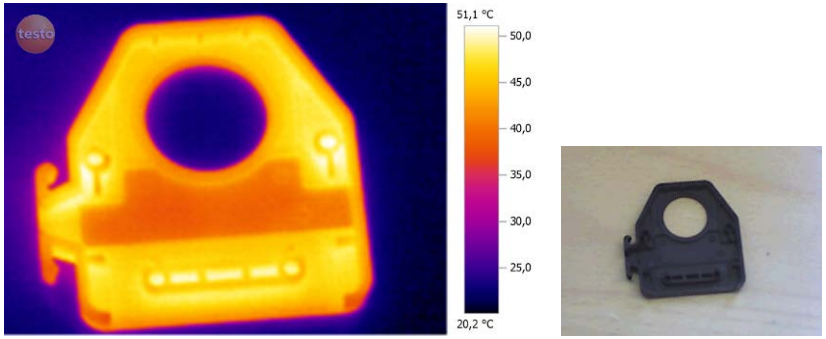


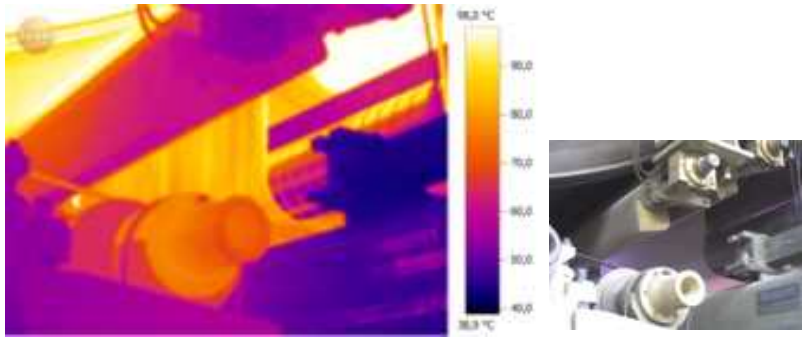


Andere

Overige toepassingen

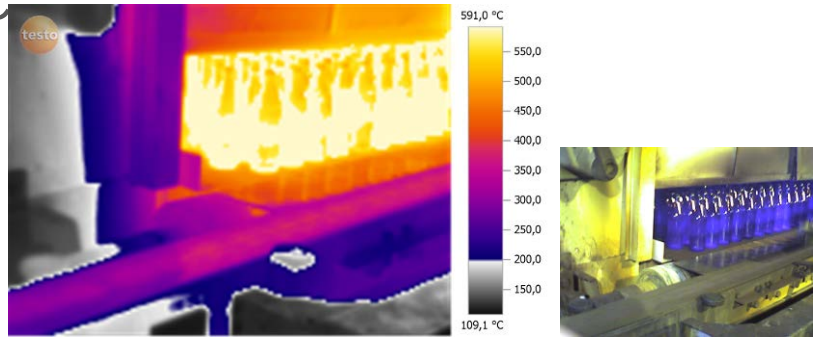
Kwaliteitscontrole en productie onderhoud

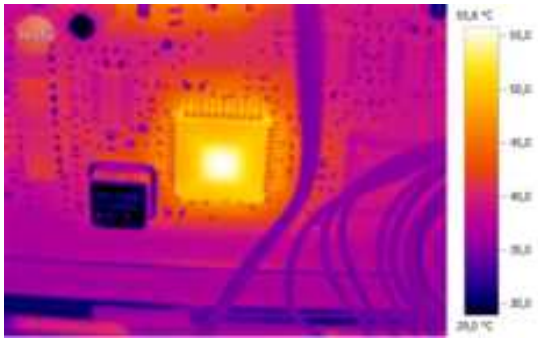




Oververhitting van schakelcomponenten doelgericht onderzoeken en analyseren

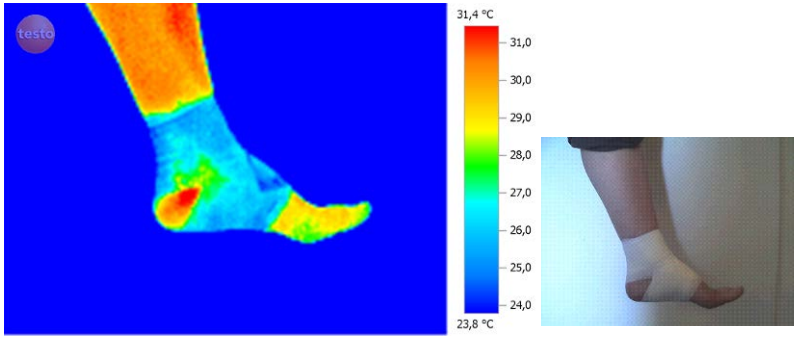
Hoge temperatuursmetingen tot 550 C



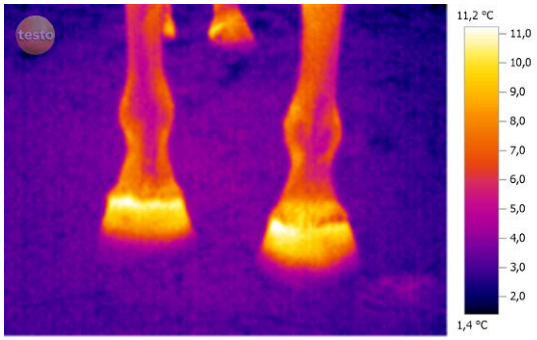


Overige toepassingen

Gebruik bij sporters analyser



Gebruik bij vee artsen



Vleesverwerkende industrie

Gebruik op de luchthaven (varkensgriep)

De voordelen van de Testo thermische camera's

- **SuperResolution Technologie**

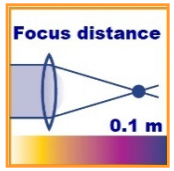
De SuperResolution Technologie zorgt ervoor dat de beeldkwaliteit van uw thermische camera sterk verbeterd. De resolutie van de thermische camera is zelfs 4x hoger.

- **Grote standaard Field of view**

Dankzij de grote field of view kunnen grote objecten snel in beeld gebracht worden. Een inzicht in de temperatuursverdeling van het object binnen enkele ogenblikken.

- **Focus afstand**

Een focus afstand van 10 cm laat thermografie toe op objecten van zeer korte afstand. Hierdoor kan er gemakkelijk in detail gewerkt worden.



- **Professionele analyse software**

IRSoft – de krachtige PC software voor de professionele analyses van Testo. De IRSoft verschaft de gebruiker een duidelijke structuur en gebruiksgemak.

- **Made in Germany**

Innovatieve systeem componenten en kwaliteit „made in Germany“: Betere thermografie dankzij Testo en de ervaring van meer dan 50 jaar in meettechnologie.

- **Klantenservice**

Testo heeft wereldwijd vestigingen en kan u in alle landen bijstaan met de nodige raad.

Bedankt voor uw aandacht!