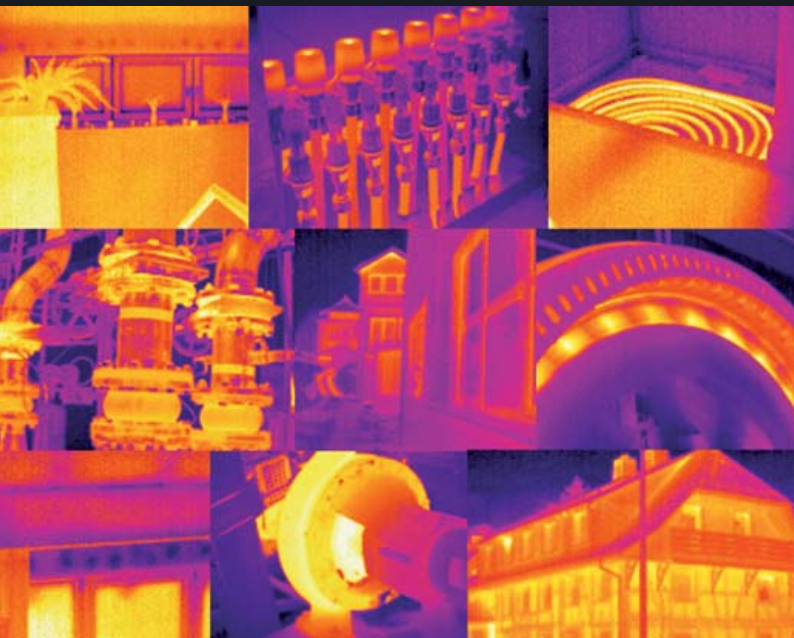


# Handbok i termografi



Teori – Praktisk användning – Tips

## Copyright, garanti och ansvar

Informationen som lämnas i den här handboken skyddas av upphovsrätten. Alla rättigheter är exklusiva för Testo AG. Innehållet och bilderna får inte mångfaldigas, ändras eller användas i kommersiellt syfte eller för andra ändamål än det angivna, utan skriftligt förhandsgodkännande från Testo AG.

Informationen i den här handboken har sammanställts med stor noggrannhet. Informationen som lämnas är emellertid inte bindande och Testo AG förbehåller sig rätten till ändringar eller tillägg. Testo AG kan därför inte garantera att informationen som lämnas är korrekt eller fullständig. Oavsett vilken rättslig grund som åberopas är ansvarsskyldigheten begränsad till skador som Testo AG, dess representanter eller leverantörer orsakar genom antingen medveten, grov eller mindre grov oaktsamhet. Det senare fallet gäller brott mot materiella avtalskyldigheter. Vid mindre grov oaktsamhet är Testo AG:s ansvar begränsat till sådana skador som är typiska och förutsebara vid jämförbara transaktioner av denna typ. Ovanstående påverkar inte rätten till sådan ersättning som är kopplad till garantier eller står i överensstämmelse med produktansvarslagen.

*Testo AG, september 2008*



## Förord

Kära Testo-kund,

*"En bild säger mer än tusen ord"*

I tider med stigande energipriser och höga kostnader för maskinstopp har beröringsfri temperaturmätning blivit en resurs att räkna med, både när det gäller kontroll av energieffektivitet i byggnader och vid underhåll i industrin. Det finns emellertid några grundläggande saker som du behöver ta hänsyn till när du använder din värmekamera.

Den här handboken i termografi har skrivits med utgångspunkt från de frågor som våra kunder oftast ställer. Den innehåller massor av intressant information och tips från praktiska mätapplikationer. Den är skriven för att ge dig användbar, praktisk hjälp i det dagliga arbetet.

God läsning!

A handwritten signature in black ink that reads "Daniel Auer" followed by a long, sweeping horizontal stroke.

Daniel Auer,

Produktchef IR-mätning



## Innehåll

1. Termografi i teorin	5
1.1 Emission, reflektion, transmission	6
1.2 Mät punkt och mätavstånd	13
2. Termografi i praktiken	16
2.1 Mätobjekt och mätförhållanden	16
2.2 Bestämma $\epsilon$ och RTC i praktiska applikationer	25
2.3 Felkällor vid IR-mätning	28
2.4 Optimala förhållanden för IR-mätning	34
2.5 En perfekt värmebild	35
3. Bilaga	38
3.1 Termografi-ordlista	38
3.2 Tabell med emissionsfaktorer	50
3.3 Testo rekommenderar	52

# 1 Termografi i teorin

Alla föremål som har en temperatur över den absoluta nollpunkten (0 Kelvin =  $-273,15\text{ °C}$ ) avger infraröd strålning. Denna strålning är osynlig för det mänskliga ögat.

Fysikern Max Planck bevisade redan 1900 att det finns ett samband mellan temperaturen hos en kropp och den infraröda strålningsintensiteten.

En värmekamera mäter den långvågiga IR-strålningen som tas emot inom synfältet. Med hjälp av detta värde beräknas temperaturen på mätobjektet. Beräkningsfaktorerna när det gäller emissionsfaktorn ( $\epsilon$ ) hos mätobjektets yta och kompensationen för den reflekterade temperaturen (RTC), är båda variabler som kan anges manuellt i värmekameran.

Varje pixel i avkänningsområdet representerar en värmepunkt på displayen, som en skenbar färgbild (se "Mät punkt och mätavstånd", s. 13).

Termografering (temperaturmätning med en värmekamera) är en passiv, beröringsfri mätmetod. Värmebilden visas temperaturfördelningen på mätobjektets yta. Av den anledningen går det inte att se in i eller genom föremål med värmekameran.

## 1.1 Emission, reflektion, transmission

Strålningen som värmekameran registrerar består av emitterad, reflekterad och transmitterad långvågig IR-strålning från föremålen inom värmekamerans synfält.

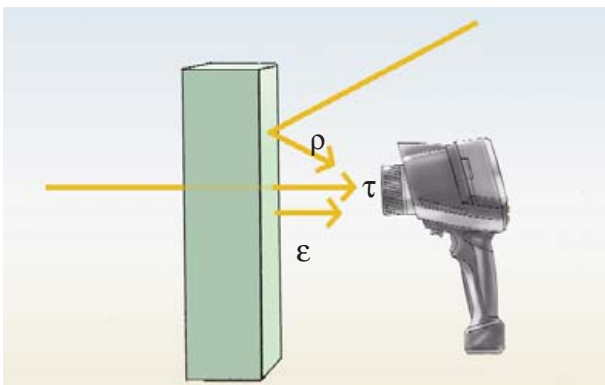
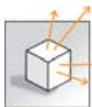


Bild 1.1: Emission, reflektion och transmission



### Emission ( $\epsilon$ )

Emissionsfaktorn ( $\epsilon$ ) är ett mått på materialets förmåga att emittera (sända ut) infraröd strålning.

- $\epsilon$  varierar beroende på materialet, dess ytegenskaper och i vissa fall även på mätobjektets temperatur.

- Maximal emissionsfaktor:  $\epsilon = 1$  (100%) (se "Svartkroppar" s. 38).  $\epsilon = 1$  erhålls aldrig i praktiken.
- Verklig kropp:  $\epsilon < 1$ , eftersom verkliga kroppar också reflekterar och möjligen transmitterar strålning.
- Många icke-metalliska material (t.ex. PVC, betong, organiska ämnen) har hög emissionsfaktor i det långvågiga IR-området som inte är temperaturberoende ( $\epsilon \approx 0,8 - 0,95$ ).
- Metaller, särskilt sådana med en blank yta, har låg emissionsfaktor som varierar med temperaturen.
- $\epsilon$  kan anges manuellt i värmekameran.

### Reflektans ( $\rho$ )

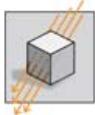
Reflektans ( $\rho$ ) är ett mått på materialets förmåga att reflektera infraröd strålning.



- $\rho$  beror på ytans egenskaper, temperaturen och materialtypen.
- I allmänhet reflekterar släta, polerade ytor kraftigare än grova, matta ytor av samma material.
- Temperaturen på den reflekterade strålningen kan ställas in manuellt i värmekameran (RTC).
- I många mätapplikationer överensstämmer RTC med omgivningstemperaturen. Det kan du exempelvis kontrollera med lufttemperaturmätaren testo 810.
- RTC kan bestämmas med hjälp av en Lambertstrålare (se "Mätning av reflekterad temperatur med hjälp av en (improviserad) Lambertstrålare", s. 27).
- Reflektionsvinkeln hos den reflekterade IR-strålningen är alltid densamma som infallsvinkeln (se "Speglande reflektion", s. 31).

## Transmittans ( $\tau$ )

Transmittans ( $\epsilon$ ) är ett mått på materialets förmåga att transmittera (släppa igenom) infraröd strålning.



- $\tau$  beror på materialets typ och tjocklek.
- De flesta material är inte transmittenta, dvs. de släpper inte igenom långvågig IR-strålning.

## Kirchoffs strålningslag

Den infraröda strålningen som värmekameran registrerar består av:

- emitterad strålning från mätobjektet,
- reflekterad strålning från omgivningen,
- transmitterad strålning (som passerar genom mätobjektet).

(Se bild 1.1, s. 6)

Summan av dessa värden förutsätts alltid vara 1 (100%):

$$\epsilon + \rho + \tau = 1$$

Eftersom den transmitterade strålningen sällan spelar någon roll i praktiken utelämnas  $\tau$  och formeln

$$\epsilon + \rho + \tau = 1$$

förenklas till

$$\epsilon + \rho = 1.$$

För termograferingen betyder detta:

Ju lägre emissionsfaktor,

⇒ ju högre andel reflekterad IR-strålning,

- ⇒ desto svårare är det att göra en noggrann temperaturmätning och
- ⇒ desto viktigare är det att kompensationsvärdet för reflekterad temperatur (RTC) anges korrekt.

### Samband mellan emission och reflektion

1. Mätobjekt med hög emissionsfaktor ( $\epsilon \geq 0,8$ ):
  - ⇒ har låg reflektans ( $\rho$ ):  $\rho = 1 - \epsilon$ .
  - ⇒ Temperaturen på sådana objekt kan mycket enkelt mätas med värmekameran.
2. Mätobjekt med medelhög emissionsfaktor ( $0,8 < \epsilon < 0,6$ ):
  - ⇒ har medelhög reflektans ( $\rho$ ):  $\rho = 1 - \epsilon$ .
  - ⇒ Temperaturen på sådana objekt kan enkelt mätas med värmekameran.
3. Mätobjekt med låg emissionsfaktor ( $\epsilon \leq 0,6$ )
  - ⇒ har hög reflektans ( $\rho$ ):  $\rho = 1 - \epsilon$ .
  - ⇒ Det går att använda värmekameran för att mäta temperaturen, men du bör granska mätresultaten mycket omsorgsfullt.
  - ⇒ Det är mycket viktigt att kompensationsvärdet för reflekterad temperatur (RTC) anges korrekt, eftersom det är en viktig faktor vid temperaturberäkningen.

Det har särskilt stor betydelse att emissionsfaktorn har ställts in korrekt när det är stora temperaturskillnader mellan mätobjektet och omgivningen.

1. När temperaturen på mätobjektet är högre än omgivningstemperaturen (se mätningen av radiatortemperatur på bild 1.2, s.11):

- ⇒ För högt ställda emissionsvärden resulterar i för höga temperaturvärden (se värmekamera 1).
- ⇒ För lågt ställda emissionsvärden resulterar i för låga temperaturvärden (se värmekamera 2).

2. När temperaturen på mätobjektet är lägre än omgivningstemperaturen (se mätningen av dörren på bild 1.2, s. 11):

- ⇒ För högt ställda emissionsvärden resulterar i för låga temperaturvärden (se värmekamera 1).
- ⇒ För lågt ställda emissionsvärden resulterar i för höga temperaturvärden (se värmekamera 2).

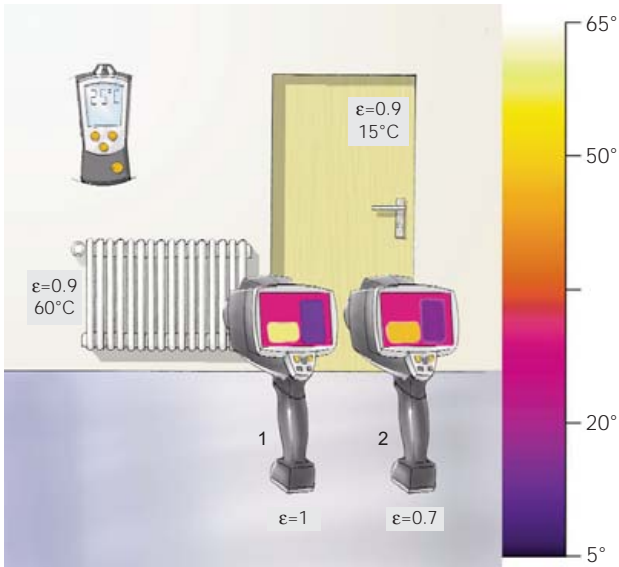


Bild 1.2: Konsekvens av en felaktigt inställd emissionsfaktor vid temperaturmätningen

Observera! Ju större skillnad mellan mätobjektets temperatur och omgivningstemperaturen och ju lägre emissionsfaktor, desto större mätfel. De här felen blir större om emissionsfaktorn är felaktigt inställd.





- Det går bara att mäta ytan på mätobjekten med en värmekamera. Det går inte att se in i eller genom föremål.
- Många material som är genomskinliga för det mänskliga ögat är **inte** genomträngliga för långvågig IR-strålning (se "Mätning på glas", s. 30).
- Ta vid behov bort överdrag eller annat som täcker mätobjektet. I annat fall kommer värmekameran bara att mäta yttemperaturen på överdraget.

### OBS!

Tänk på att alltid följa bruksanvisningen som medföljer mätobjektet.

- Det finns ett fåtal genomträngliga material, som exempelvis tunna plastfilmer och germanium, det material som både optiken och skyddsglasat i Testos värmekameror är tillverkade av.
- Om komponenter under mätobjektets yta påverkar temperaturfördelningen på ytan genom värmeledning, kan konturerna av den interna konstruktionen ofta identifieras på värmebilden. Inte desto mindre är det enbart yttemperaturen som värmekameran mäter. Det går inte att dra några exakta slutsatser om temperaturvärden inuti mätobjektet.

## 1.2 Mätpunkt och mätavstånd

Du måste ta hänsyn till tre variabler när du bestämmer lämpligt mätavstånd och största synliga eller mätbara mätobjekt:

- synfältet (FOV),
- minsta identifierbara objekt (IFOV<sub>geo</sub>) och
- minsta mätbara objekt/mätpunkt (IFOV<sub>mat</sub>).

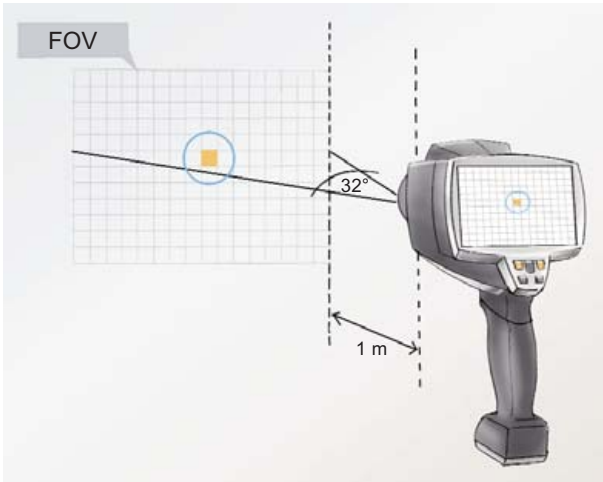


Bild 1.3: Värmekamerans synfält

Värmekamerans synfält (FOV) beskriver det område som kan betraktas med värmekameran (se bild 1.3, s. 13). Det beror på vilket objektiv som används (t.ex. 32° vidvinkelobjektiv – standard på testo 880, 12° teleobjektiv finns som tillval).



För att få ett brett synfält bör du använda ett vidvinkelobjektiv.

Dessutom bör du känna till specifikationen för minsta identifierbara objekt (IFOV<sub>geo</sub>), som gäller för din värmekamera. Den avgör hur stor en pixel är i förhållande till avståndet.

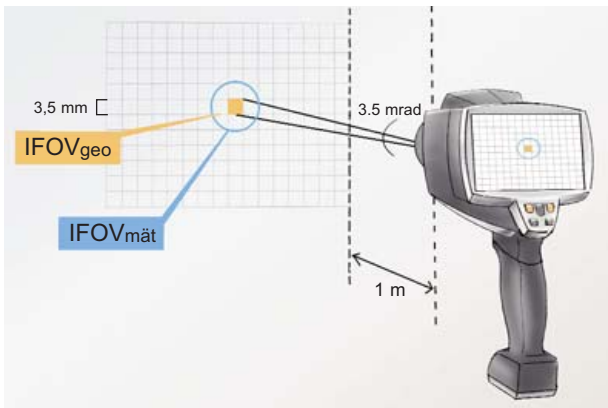


Bild 1.4: Synfält för en enskild pixel

Om objektivet har en geometrisk upplösning på 3,5 mrad och mätavståndet är 1 meter, har det minsta identifierbara objektet ( $IFOV_{geo}$ ) en kantlängd på 3,5 mm och visas som en pixel i displayen (se bild 1.4, s. 14). Mätobjektet bör vara 2-3 gånger större än det minsta identifierbara objektet ( $IFOV_{geo}$ ), för att erhålla en noggrann mätning.

Följande tumregel gäller därför minsta mätbara objekt ( $IFOV_{mät}$ ):

$$IFOV_{mät} \approx 3 \times IFOV_{geo}$$

- För att erhålla en god rumsupplösning bör du använda ett teleobjektiv.
- Med hjälp av FOV-kalylatorn från Testo, kan du beräkna värdena för FOV,  $IFOV_{mät}$  och  $IFOV_{geo}$  för olika avstånd. Beställ den här praktiska skivan kostnadsfritt från [www.testo.de/FOV](http://www.testo.de/FOV) eller beräkna dina värden online.



## 2 Termografi i praktiken

### 2.1 Mätobjekt och mätförhållanden

#### Mätobjektet

##### 1. Material och emissionsfaktor

Ytan på varje material har en specifik emissionsfaktor som används för att härleda hur mycket IR-strålning som materialet

- reflekterar och
- emitterar (strålar ut från objektet självt).



##### 2. Färg

Färgen på materialet påverkar inte den långvågiga IR-strålningen som mätobjektet sänder ut, när temperaturen mäts med en värmekamera.

Mörka ytor absorberar mer kortvågig IR-strålning än ljusa ytor och värms därför upp snabbare. Den emitterade IR-strålningen beror emellertid på temperaturen och inte på mätobjektets ytfärg. Exempelvis sänder en svartmålad radiator ut exakt lika mycket långvågig IR-strålning som en vitmålad, om de håller samma temperatur.



##### 3. Mätobjektets yta

Mätobjektets ytegenskaper spelar en avgörande roll vid temperaturmätning med en värmekamera. Emissionsfaktorn varierar beroende på ytans struktur, vare sig den är smutsig eller ytbehandlad.



## Ytstruktur

Släta, blanka, reflekterande och/eller polerade ytor har i allmänhet något lägre emissionsfaktor än matta, strukturerade, grova, vittrade och/eller repade ytor av samma material. Det finns ofta speglade reflektioner när ytorna är extremt släta (se "Speglade reflektion", s. 31).

## Fukt, snö och rimfrost på ytan

Vatten, snö och rimfrost har relativt höga emissionsfaktorer (ca  $0,85 < \epsilon < 0,96$ ), vilket innebär att mätningar på sådana ytor i allmänhet är oproblematiske. Du måste emellertid tänka på att temperaturen på mätobjektet kan störas av naturliga beläggningar av den här sorten. Fukt kyler ned ytan på mätobjektet när den förångas och snö har goda isolerande egenskaper. Rimfrost bildar ingen tät yta, vilket innebär att du behöver ta hänsyn till emissionsfaktorn för både rimfrosten och den underliggande ytan vid mätningen.

## Smuts och främmande föremål på ytan

Smuts på mätobjektets yta, som t.ex. stoft, sot eller smörjolja, ökar i allmänhet ytans emissionsfaktor. Därför är det oftast inga problem att mäta smutsiga föremål. Värmekameran mäter dock alltid temperaturen på ytan, dvs. smutsen, och inte den exakta temperaturen på mätobjektets yta under smutsen.



- Ett materials emissionsfaktor beror i hög grad på materialets ytstruktur.
- Ta reda på den korrekta emissionsfaktorn, beroende på mätobjektets överdragsmaterial eller ytbeläggning.
- Undvik att mäta på våta ytor eller på ytor som är täckta av snö eller rimfrost.
- Undvik att mäta på ytor med lös smuts (temperaturmätningen störs av luftfickor).
- Ta hänsyn till möjliga strålningskällor, särskilt vid mätning av släta ytor (t.ex. solinstrålning, radiatorer etc.).

## Mätförhållandena



### 1. Omgivande temperatur

Du behöver också ta hänsyn till hur den reflekterade temperaturen (RTC) och emissionsfaktorn ( $\epsilon$ ) är inställd, så att din värmekamera kan beräkna yttemperaturen på mätobjektet korrekt. I många mätapplikationer överensstämmer den reflekterade temperaturen med omgivningstemperaturen (se "Strålning" s. 19). Det här går att mäta med exempelvis lufttemperaturmätaren testo 810.

Det har särskilt stor betydelse att emissionsfaktorn har ställts in korrekt när det är stor temperaturskillnad mellan mätobjektet och omgivningen (se bild 1.2, s. 11).



## 2. Strålning

Alla föremål som har en temperatur över den absoluta nollpunkten (0 Kelvin =  $-273,15\text{ °C}$ ) avger infraröd strålning. Det är i synnerhet föremål vars temperatur avviker mycket från mätobjektets som kan störa IR-mätningen, på grund av sin egen strålning. Du bör undvika eller eliminera störningskällor av den här typen, så långt det är möjligt. Genom att skärma av störningskällorna (t.ex. med en duk eller en papplåda), minskar du den här negativa effekten på mätningen. Om effekten från störningskällan inte kan tas bort, överensstämmer inte den reflekterade temperaturen med omgivningstemperaturen. Exempelvis kan en globgivare eller en Lambertstrålare användas för att mäta den reflekterade strålningen, i kombination med din värmekamera (se "Bestämna den reflekterade strålningstemperaturen" s. 27).

### Att tänka på vid termografering utomhus

IR-strålning från en molnfri himmel kallas till vardags "kall diffus himmelsstrålning". Om himlen är molnfri reflekteras "kall diffus himmelsstrålning" ( $\sim -50\text{ °C} \dots -60\text{ °C}$ ) och varm solstrålning ( $\sim 5500\text{ °C}$ ) under dagen. I termer av area är ju himlavalvet mycket större än solen, vilket innebär att den reflekterade temperaturen vid termografering utomhus vanligen är under  $0\text{ °C}$ , även soliga dagar. Föremål värms upp i solen därför att de absorberar solljuset. Det påverkar yttemperaturen avsevärt – i vissa fall i timalt efteråt

I bild 2.1 (s. 20) kan vi se att stup- och hänggrännan indikeras med kallare temperatur än husväggen på värmebilden. Båda har emellertid ungefär samma temperatur. Bilden måste därför tolkas.



*Bild 2.1: Reflektion vid utomhusmätning*

Låt oss anta att ytan på stuprännan är galvaniserad och har extremt låg emissionsfaktor ( $\epsilon = 0,1$ ). Bara 10% av den långvågiga IR-strålningen från stuprännan är därför emitterad egen strålning, medan 90% är reflekterad omgivningsstrålning. Om himlen är molnfri reflekteras "kall diffus himmelsstrålning" ( $\sim -50\text{ °C} \dots -60\text{ °C}$ ) på stuprännan. Värmekameran har ställts in så att  $\epsilon = 0,95$  och  $\text{RTC} = -55\text{ °C}$  för att säkerställa en korrekt mätning av husväggen.

På grund av den extremt låga emissionsfaktorn och den extremt höga reflektansen, indikeras stuprännan med för kall färg på värmebilden. För att visa korrekt temperatur för båda materialen på värmebilden, går det att ändra emissionsfaktorn för vissa områden i efterhand med hjälp av en särskild analysprogramvara (t.ex. Testo IRSOFT, version 2.0 eller högre).

- Var alltid medveten om hur du själv påverkar mätningen genom IR-strålning.
- Byt position under mätningen för att identifiera eventuella reflektioner. Reflektioner flyttar sig medan mätobjektets värmeegenskaper stannar kvar på samma plats, även om synvinkeln ändras.
- Undvik mätningar nära mycket varma eller kalla föremål, eller skärma av dessa.
- Undvik direkt solsken, även några timmar före mätningen. Gör mätningen tidigt på förmiddagen.
- Utomhusmätningar ska om möjligt göras när det är mulet.



### 3. Vädret

#### Moln

Om himlen är täckt av ett tjockt molntäcke är förhållandena idealiska för utomhusmätning, eftersom molnen skärmar av mätobjektet från solen och den "kalla diffusa himmelsstrålningen" (se "Strålning" s. 19).



#### Nederbörd

Kraftig nederbörd (regn, snö) kan störa mätresultatet. Vatten, is och snö har hög emissionsfaktor och släpper inte igenom infraröd strålning. Dessutom kan våta objekt resultera i mätfel eftersom mätobjektets yta kyls ned när fukten förångas (se "Mätobjektets yta", s. 16).

## Sol

(se "Strålning", s. 19)



- Helst ska mätningarna göras när molntäcket är tjockt.
- Notera även hur molntäcket ser ut några timmar före mätningen.
- Undvik häftiga regnfall under mätningen.



## 4. Luft

### Luftfuktighet

Den relativa luftfuktigheten på mätplatsen bör vara så låg att ingen kondens bildas på mätobjektet, skyddsglasat eller objektivet på värmekameran. Om det blir imma på objektivet (eller skyddsglasat) fungerar inte kameran optimalt, eftersom inte all IR-strålning kan ta sig igenom den tunna vattenfilmen.

Extremt tät dimma kan påverka mätningen genom att de små vattendropparna släpper igenom mindre IR-strålning.

### Luftflöden

Vind eller drag i lokalen kan påverka temperaturmätningar som görs med värmekameran.

På grund av värmeväxlingen (konvektionen) håller luften närmast ytan samma temperatur som mätobjektet. Om det blåser eller drar kommer det här luftskiktet att "blåsa bort" och ersättas av ett nytt luftskikt som inte har anpassat sig till mätobjektets temperatur. På grund av konvektionen leds värme bort från varma mätobjekt (eller absorberas av kalla mätobjekt), tills lufttemperaturen och mätobjektets yttemperatur har anpassat sig till varandra. Effekten av den här värmeväxlingen ökar ju större temperaturskillnaden är mellan mätobjektets yta och den omgivande temperaturen.

### **Luftföroreningar**

En del svävande materia som t.ex. stoft, sot och rök, samt vissa ångor har hög emissionsfaktor och släpper knappt igenom någon IR-strålning. Det innebär att de kan störa mätningen eftersom de sänder ut egen IR-strålning som tas emot av värmekameran. Dessutom är det bara en del av den infraröda strålningen från mätobjektet som kan tränga in i värmekameran, eftersom den sprids och absorberas av den svävande materian.

## **5. Ljus**

Ljus eller belysning har ingen stor inverkan på mätningar som görs med en värmekamera. Du kan också göra mätningar i mörker, eftersom värmekameran mäter långvägig IR-strålning.

Vissa ljuskällor avger emellertid själva infraröd värmestrålning och kan därför påverka temperaturen på föremål i närheten. Därför ska du exempelvis inte mäta i direkt solljus eller nära en varm glödlampa. Kalla ljuskällor som lysdioder eller lysrör är inte lika problematiska eftersom de omvandlar den mesta energin till synligt ljus och inte till IR-strålning.



- Utför aldrig mätningar vid tjock dimma eller över vattenånga.
- Utför inga mätningar när luftfuktigheten avger kondens på värmekameran (se "Fukt, snö och rimfrost på ytan, s. 17).
- Undvik om möjligt vind och andra luftflöden under mätningen.
- Notera vindriktning och vindhastighet under mätningen och ta hänsyn till dessa data när du analyserar värmebilderna.
- Utför inga mätningar i kraftigt förorenad luft (t.ex. precis efter att damm och stoft har rörts upp).
- Mät alltid med minsta möjliga mätavstånd för att minimera effekten av svävande partiklar i luften.



## 2.2 Bestämna $\epsilon$ och RTC i praktiska applikationer

Om du ska bestämma vilken emissionsfaktor mätobjektets yta har, kan du exempelvis:

- Se vilken emissionsfaktor som anges i en tabell (se "Tabell med emissionsfaktorer", s. 50).

### **OBS!**

Tabeller med emissionsfaktorer kan aldrig ange något annat än riktvärden. Därför kan emissionsfaktorn för ytan på ditt mätobjekt skilja sig från det angivna riktvärdet.

- Bestämna emissionsfaktor genom referensmätning med en temperaturmätare med anliggningsgivare (t.ex. med testo 905-T2 eller testo 925) (se "Metod med anliggningsmätning", s. 25).
- Bestämna emissionsfaktor genom referensmätning med värmekameran (se. "Metod med värmekamera", p. 26).

## Bestämna emissionsfaktor genom referensmätning

### 1. Metod med anliggningsmätning

Gör först en temperaturmätning på mätobjektets yta med en anliggningsmätare (t.ex. testo 905-T2 eller testo 925). Gör sedan en temperaturmätning på mätobjektets yta med värmekameran, med en förinställd emissionsfaktor på 1.

Skillnaden mellan temperaturvärdena som mäts med anliggningsmätaren och värmekameran beror på att emissionsfaktorn ställdes för högt. Genom att gradvis sänka den inställda emissionsfaktorn kan du ändra den uppmätta temperaturen tills den överensstämmer med värdet som erhöles vid anliggningsmätningen. Emissionsfaktorn som nu är inställd motsvarar den som gäller för mätobjektets yta.

## 2. Metod med värmekamera

Fäst först en självhäftande tejp med fast emissionsfaktor (t.ex. värmebeständig emissionstejp från Testo) på mätobjektet. Vänta en kort stund och mät sedan yttemperaturen på mätobjektet på det tejpade området med värmekameran, med emissionsfaktorn inställd på tejpens värde. Den här temperaturen är ditt referensvärde. Reglera nu emissionsfaktorn tills värmekameran mäter en temperatur på det otejpade området, som överensstämmer med det nyss uppmätta referensvärdet. Emissionsfaktorn som nu är inställd är den som gäller för mätobjektets yta.

Som ett alternativ till emissionstejp kan du också:

- bestryka mätobjektet med en beläggning eller en färg som har en känd emissionsfaktor.
- stryka ett tjockt skikt ( $> 0,13$  mm) värmebeständig olja. ( $\epsilon \approx 0,82$ ) på mätobjektet.
- stryka ett tjockt lager sot på mätobjektet ( $\epsilon \approx 0,95$ ).

- **OBS!**

Tänk på att alltid följa bruksanvisningen som medföljer mätobjektet!



- Vid ytbehandling eller vidhäftning på mätobjektet, måste du ta hänsyn till det faktum att ytbeläggningen eller den självhäftande tejen måste anpassas till mätobjektets temperatur innan det går att göra en korrekt mätning.

## Bestämna den reflekterade strålningstemperaturen

När du väl har eliminerat alla tänkbara störningskällor som kan påverka mätningen är den reflekterade strålningstemperaturen lika med den omgivande temperaturen. Omgivningstemperaturen kan mätas med en lufttemperaturmätare som t.ex. testo 810 och RTC-värdet kan därefter anges i värmekameran, på grundval av denna mätning.

Men om det finns strålningskällor på mätplatsen bör du ta reda på den reflekterade strålningstemperaturen för att säkerställa ett noggrant mätvärde.

### Mätning av reflekterad temperatur med en (improviserad) Lambertstrålar

En Lambertstrålar är ett föremål som reflekterar infallande strålning med en optimal spridning, dvs. lika mycket i alla riktningar.

På en Lambertstrålar kan du mäta den reflekterade strålningstemperaturen med hjälp av värmekameran. En bit

aluminiumfolie som skrynklas ihop och sedan vecklas ut igen är en lämplig ersättning för en Lambertstrålare, åtminstone för det här ändamålet. Folien har hög reflektans och tack vare den skrynkliga strukturen är den diffusa reflektionen av strålningen nästan perfekt (se bild 2.3, höger sida på aluminiumfolien, s. 32).

Placera Lambertstrålaren nära mätobjektet eller helst på dess yta, när du ska mäta den reflekterade strålningstemperaturen. Mät sedan temperaturen på strålaren med emissionsfaktorn ställd till 1. Kameran beräknar nu temperaturen på den infallande strålningen. Nu kan du använda det här värdet som RTC-värde i din värmekamera och mäta temperaturen vid mätobjektet med rätt emissionsfaktor inställd för ytan på ditt mätobjekt.

## 2.3 Felkällor vid IR-mätning

Följande faktorer kan störa resultatet från din IR-mätning:

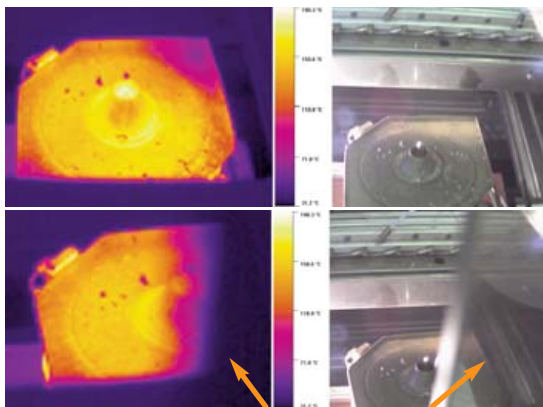
- Felaktigt inställd emissionsfaktor
  - ⇒ Bestäm och ställ in korrekt emissionsfaktor (se "Bestämma emissionsfaktor genom referensmätning", s. 25).
- Felaktigt inställt RTC-värde
  - ⇒ Bestäm och ställ in den reflekterade temperaturen (se "Bestämma den reflekterade strålningstemperaturen", s. 27).
- Otydlig värmebild
  - ⇒ Fokusera värmebilden på platsen, eftersom det inte går att öka skärpan när bilden väl har tagits.
- Mätavståndet för långt eller för kort

- Mätningen utförd med olämpligt objektiv
- Mätpunkten för stor
  - ⇒ Notera det minsta fokusavståndet på din värmekamera när du utför mätningen.
  - ⇒ Välj tele- eller vidvinkelobjektiv beroende på situationen, på samma sätt som med en vanlig kamera.
  - ⇒ Välj om möjligt ett litet mätavstånd.
- Hinder för strålningen (t.ex. luftföroreningar, överdrag etc.)
- Påverkan från yttre strålningskällor (t.ex. glödlampor, solen, värmeradiatorer etc.)
- Feltolkning av värmebilden på grund av reflektion
  - ⇒ Undvik att mäta där det finns störningskällor.
  - ⇒ Om möjligt ska störningskällor avaktiveras eller skärmas av, alternativt vägas in i analysen av värmebilden.
- Snabb ändring av omgivningstemperaturen
  - ⇒ Om den omgivande temperaturen ändras från kall till varm, finns det risk för kondens på objektivet.
  - ⇒ Använd om möjligt värmekameror med temperaturstabiliserade detektorer.
- Feltolkning av värmebilden på grund av bristande kunskap om mätobjektets egenskaper
  - ⇒ Mätobjektets typ och konstruktion ska vara känd.
  - ⇒ Använd om möjligt också verkliga bilder (foton) för att kunna tolka värmebilderna.

## Mätningar på glas

Det mänskliga ögat kan se genom glas, men glas är ogenomträngligt för IR-strålning. Värmekameran mäter med andra ord bara yttemperaturen på glaset och inte temperaturen på materialen bakom det (se bild 2.2.). Däremot är glas genomträngligt för kortvågig strålning, som t.ex. solljus. Du bör därför vara medveten om att exempelvis solljus som skiner genom fönstret, kan värma upp ditt mätobjekt.

Glas är också ett reflekterande material. Det kan med andra ord uppstå speglade reflektioner vid mätning på glas (se "Speglande reflektion", s. 31).



En glasruta framför mätobjektet

*Bild 2.2: Mätning på glas*

## Mätningar på metall

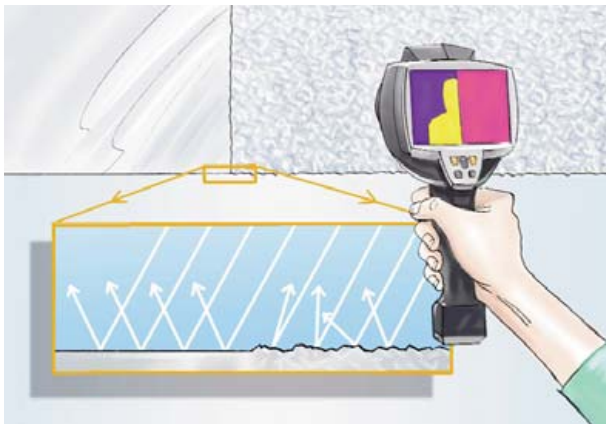
Metaller, särskilt sådana med en blank yta, reflekterar mycket av den långvågiga infraröda strålningen. De har extremt låg emissionsfaktor, som ändrar sig med temperaturen (se "Strålning från färgade kroppar", s. 40). Att mäta temperaturen på dessa med en värmekamera innebär därför en del problem. Förutom att ställa in rätt emissionsfaktor är det mycket viktigt att den reflekterade temperaturen (se "Bestämna den reflekterade strålningstemperaturen", s. 27) anges korrekt. Se även rådet som ges om speglade reflektion (Se "Speglande reflektion", s. 31).

Om metallen är målad är det oproblematiskt att mäta ytan, eftersom färg i allmänhet har hög emissionsfaktor. Men återigen, du måste ta hänsyn till reflektionen från den omgivande strålningen.

## Speglande reflektion

En klart synlig spegelreflektion är ofta en indikation på att ytan är mycket reflektiv, dvs. att den har låg emissionsfaktor. Emellertid är en kraftigt speglade yta inte alltid lika reflektiv. Exempelvis kan spegelreflektioner från den omgivande strålningen ses på värmebilderna av en målad yta (t.ex. silhuetten på personen som utför mätningen), trots att färg i allmänhet har hög emissionsfaktor ( $\epsilon \approx 0,95$ ). Omvänt går det inte att se konturerna av reflekterade objekt från mätplatsen på värmebilderna av en sandstensmur, trots att sandsten har låg emissionsfaktor ( $\epsilon \approx 0,67$ ).

Huruvida den omgivande strålningen reflekteras som en spegling med tydliga konturer beror därför inte i första hand på emissionsfaktorn, utan på ytstrukturen.



*Bild 2.3: Speglande och diffus reflektion*

All strålning reflekteras alltid i samma vinkel som den träffar ytan. Det innebär att följande tumregel alltid gäller: infallsvinkel = reflektionsvinkel. Det framgår tydligt i bild 2.3 i det förstörade området av den blanka halvan av aluminiumfolien (vänster sida). Här reflekteras den infraröda strålningen från personen som utför mätningen med samma vinkel som den träffar ytan (spegelreflektion).

Naturligtvis gäller också regeln "infallsvinkel = reflektionsvinkel" den IR-strålning som träffar den skrynkliga aluminiumfolien (höger sida). Men här träffar IR-strålarna områden som är olika vinklade

mot varandra, snarare än en platt yta. Precis som på Lambertstrålaren reflekteras de därför i olika riktningar. Den här diffusa reflektionen innebär att inga konturer kan ses av föremålen som den reflekterade IR-strålningen utgår från. Reflektionen på hela den skrynkliga sidan av aluminiumfolien är en blandning av den infraröda strålningen från de båda reflekterade strålningskällorna (personen som utför mätningen och bakgrunden bakom denna person).

- Spegelblanka ytor behöver inte vara liktydigt med hög reflektion.
- Var alltid medveten om hur du själv påverkar mätningen genom IR-strålning.
- Ytor utan någon som helst spegling kan också ha hög reflektans.
- Släta ytor ska mätas ur olika vinklar och riktningar för att fastställa vilka variationer i temperaturfördelningen som beror på reflektionen och vilka som kan tillskrivas mätobjektet.



## 2.4 Optimala förhållanden för IR-mätning

Stabila omgivningsförhållanden är viktiga vid IR-mätning. Det betyder att klimatet och föremålen på mätplatsen och allt annat som kan påverka inte bör variera under mätningen. Annars går det inte att bedöma möjliga störningskällor och dokumentera dem för senare analys.

Vid utomhusmätningar bör väderförhållandena vara stabila och himlen molnig för att kunna skärma av mätobjektet från både direkt solljus och "kall diffus strålning från himlen". Du bör också tänka på att mätobjekten fortfarande kan vara varma på grund av tidigare exponering för solljus, genom sin förmåga att lagra värme.

Idealiska mätförhållanden:

- Stabila väderförhållanden,
- Mulet före och under mätningen (vid mätning utomhus),
- Inget direkt solljus före och under mätningen,
- Ingen nederbörd,
- Ytan på mätobjektet ska vara torr och fri från värmekällor eller störningar (dvs. inga löv eller spånor på ytan),
- Ingen vind och inget drag,
- Inga störningskällor på mätplatsen och inga hinder för IR-strålarna,
- Ytan på mätobjektet har hög emissionsfaktor, vars värde är exakt känt.

För byggnadstermografering rekommenderas minst 15°C mellan inom- och utomhustemperatur.

## 2.5 En perfekt värmebild

När du tar en värmebild bör du i synnerhet tänka på två saker:

- att välja rätt motiv, och
- att fokusera värmebilden korrekt på det område som är relevant för mätningen.

Precis som med en vanlig digital bild går det inte att ändra varken motiv eller fokus på värmebilden, när den väl är sparad.

För att åstadkomma en perfekt värmebild kan du göra följande ändringar i värmekameran och i analysprogramvaran (t.ex. Testo IRSoft):

- Ändra de inställda värdena för emissionsfaktorn och kompensationsvärdet för reflekterad temperatur (RTC).  
Det här går också att göra punkt-för-punkt eller i enskilda avsnitt med en professionell analysprogramvara som t.ex. Testo IRSoft 2.0.
- Välj en lämplig färgpalett (t.ex. järn, regnbåge etc.).  
Beroende på vilken färgpalett du väljer får du en värmebild med hög kontrast som är enkel att tolka.
- Justera temperaturskalan manuellt.  
På det här viset kan du förbättra temperatur- eller färggraderingen på din värmebild (se bild 2.4).

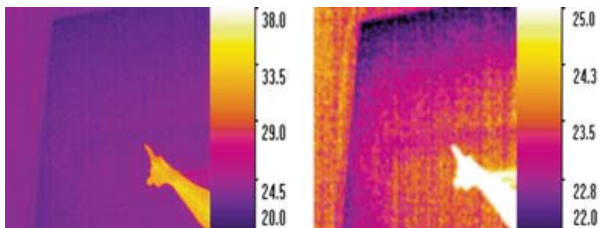


Bild 2.4: Justera temperaturskalan

Observera följande tips när du ska ta en värmebild:

- Ta hänsyn till, förhindra eller skärma av alla störningskällor.
- Mätobjektets yta ska vara fri från optiska och termiska störningskällor.

Ta om möjligt bort överdrag och föremål som skapar störningar från omgivningen.

- Byt position under mätningen för att identifiera eventuella reflektioner.

Reflektioner flyttar sig medan mätobjektets värmeegenskaper stannar kvar på samma plats, även om synvinkeln ändras.

- Mätpunkten får aldrig vara större än mätobjektet.
- Håll mätavståndet så kort som möjligt.
- Använd ett objektiv som är lämpligt för mätuppgiften.
- Vid exakta mätningar av detaljer, rekommenderar vi att du använder ett stativ.
- Mätobjektets konstruktion ska vara känd, så att du kan identifiera olika värmeegenskaper korrekt.

- Använd en värmekamera med en inbyggd digitalkamera, så att du även har vanliga bilder att titta på vid kommande analyser.
- Notera alla omgivningsförhållanden och mät och dokumentera dem vid behov, för att underlätta en senare analys av värmebilderna.

## 3 Bilaga

### 3.1 Termografi-ordlista

#### A

---

##### **Absoluta nollpunkten**

Den absoluta nollpunkten är  $-273,15\text{ °C}$  ( $0\text{ Kelvin} = -459,69\text{ °F}$ ). Kroppar med temperaturer under den absoluta nollpunkten sänder inte ut någon värmeenergi och alltså ingen IR-strålning.

##### **Absorption**

När elektromagnetisk IR-strålning träffar ett föremål absorberar det en del av energin. När ett föremål absorberar IR-strålning värms det upp. Varma föremål sänder ut mer IR-strålning än kalla. Den absorberade IR-strålningen omvandlas följaktligen till emitterad IR-strålning (strålning från föremålet). Absorptionsförmågan överensstämmer därför med emissionsfaktorn.

Infallande IR-strålning som inte absorberas av föremålet, reflekteras och/eller transmitteras (passerar genom).

##### **Anpassningstid**

Tiden som värmekameran behöver för att anpassa sig till omgivningstemperaturen på mätplatsen.

Temperaturstabiliserade detektorer (som i värmekameran testo 880) behöver en förhållandevis kort anpassningstid.

## C

---

### Celsius [°C]

Temperaturenhet. Under normalt tryck är nollpunkten på Celsiusskalan (0 °C) den temperatur vid vilken vatten fryser till is. En annan fast punkt på är kokpunkten för vatten (100 °C).

$^{\circ}\text{C} = (^{\circ}\text{F} - 32)/1,8$  eller  $^{\circ}\text{C} = \text{K} - 273,15$ .

### Cold spot / Hotspot

Den kallaste punkten på ett område av värmebilden kallas för "coldspot" och den varmaste för "hotspot".

Med hjälp av den automatiska funktionen för igenkänning av Hotspot / Coldspot, kan du visa dessa båda punkter direkt på bilden i värmekamerans display. Den här funktionen finns också i många av analysprogrampaketen, t.ex. i Testo IRSofT 2.0. Med den här programvaran kan du också visa dessa båda punkter på vilka områden av värmebilden som helst.

## D

---

### Daggpunkt/daggpunktstemperatur

Temperatur vid vilken vatten kondenserar. Vid daggpunktstemperaturen är luften mättad med över 100% vattenånga. När luften inte kan absorbera mer vattenånga uppstår kondens.

### Detektor

Detektorn tar emot IR-strålning och omvandlar den till en elektrisk signal. Detektorns storlek anges i pixlar.

## E

---

### Emissionsfaktor ( $\epsilon$ )

Ett mått på materialets förmåga att emittera (sända ut) infraröd strålning. Emissionsfaktorn varierar beroende på materialet, dess ytegenskaper och i vissa fall även på mätobjektets temperatur.

## F

---

### Fahrenheit [°F]

Temperaturenhet som i första hand används i Nordamerika.

$$^{\circ}\text{F} = (^{\circ}\text{C} \times 1,8) + 32.$$

Exempel med 20 °C i °F:  $(20\text{ }^{\circ}\text{C} \times 1,8) + 32 = 68\text{ }^{\circ}\text{F}$ .

### FOV (synfält)

Värmekamerans synfält. Denna anges som en vinkel (t.ex. 32°) och definierar området som kan betraktas med värmekameran. Synfältet är beroende av detektorn i värmekameran och på vilket objektiv som används. Med samma detektor har ett vidvinkelobjektiv ett brett synfält, medan teleobjektiv (t.ex. Testos 12-gradersobjektiv) har ett smalt synfält.

### Färgad kropp

Ett föremål vars emissionsfaktor är mindre än 1 och är temperaturberoende och alltså varierar med temperaturen. De flesta metaller är färgade kroppar. Det är därför som emissionsfaktorn på exempelvis aluminium ökar när den värms upp ( $\epsilon = 0,02$  vid 25 °C,  $\epsilon = 0,03$  vid 100 °C).

## Färgpalett

Val av färger på värmebilden i värmekameran (t.ex. färgpaletterna "regnbåge", "järn", "gråskalor"). Kontrasten i värmebilder kan visas med varierande kvalitet beroende på mätuppgiften och den valda färgpaletten. Det går också att göra egna färgpaletter med hjälp av en separat programvara (t.ex. Testo IRSof) efter att värmebilden har sparats. Tänk på att värmebilden ska gå att tolka när du väljer färgpalett. Röda och gula färger associeras intuitivt med värme, grönt och blått uppfattas som kalla färger.

## G

---

### Gråkropp

Nästan alla naturligt förekommande föremål beskrivs som "gråkroppar" eller "verkliga kroppar". Till skillnad från svartkroppar absorberar gråkroppar aldrig hela den infallande IR-strålningen. Med en gråkropp reflekteras alltid en del av den infallande strålningen mot ytan och ibland t.o.m. transmitteras den (passerar genom). Emissionsfaktorn hos en gråkropp är därför alltid mindre än 1.

## H

---

### Hotspot

Se "Coldspot och hotspot", s. 39.

## Ideal kropp

Se "Svartkropp", s. 38.

## IFOV<sub>geo</sub> (momentant synfält)

Geometrisk upplösning (rumsupplösning). Ett mått på detektorns förmåga (med hjälp av objektivet) att känna av detaljer. Den geometriska upplösningen uttrycks i mrad (= millirad) och anger det minsta föremål som kan återges i värmebilden, beroende på mätavståndet. På värmebilden motsvarar storleken på detta föremål 1 pixel.

## IFOV<sub>mät</sub> (mätning av momentant synfält)

Beteckning för det minsta föremål vars temperatur värmekameran kan mäta med noggrannhet. Det är 2-3 gånger större än det minsta identifierbara föremålet (IFOV<sub>geo</sub>).

Följande tumregel gäller:  $IFOV_{mät} \approx 3 \times IFOV_{geo}$ .

IFOV<sub>mät</sub> går också under benämningen "mät punkt".

## IR-strålning

Infraröd strålning är elektromagnetisk värme-strålning. Alla föremål som har en temperatur över den absoluta nollpunkten (0 Kelvin = -273,15 °C) avger infraröd strålning. Infraröd strålning täcker våglängdsområdet från 0,75 μm upp till ca 1 000 μm (= 1 mm) och gränsar därför till ljusets våglängdsområde (0,38 - 0,75 μm). Värmekameror mäter ofta den långvågiga IR-strålningen i området

från 8  $\mu\text{m}$  till 14  $\mu\text{m}$  (som t.ex. testo 880), eftersom atmosfären är extremt genomtränglig för IR-strålning i det våglängdsområdet.

## Isotermer

Linjer med samma temperatur. Det går att visa isotermer med hjälp av en analysprogramvara (t.ex. Testo IRSof). I processen är alla punkter i värmebilden vars temperaturvärden håller sig inom ett bestämt område färgmarkerade.

## K

---

### Kalibrering

Procedur där mätvärdet på ett instrument (faktiskt värde) och mätvärdet på ett referensinstrument (nominellt värde) fastställs och jämförs. Resultatet talar om huruvida de faktiska uppmätta värdena ligger inom tillåtna gränser eller inom ett visst toleransområde. Till skillnad från vad som sker vid en justering dokumenteras bara den fastställda avvikelsen vid en kalibrering. Värdet justeras inte till det nominella värdet. Hur ofta en kalibrering ska genomföras beror på mätuppgifterna och på de krav som ställs.

### Kelvin [K]

Temperaturenhet.

0 K motsvarar den absoluta nollpunkten ( $-273,15\text{ }^{\circ}\text{C}$ ). Omräkning:

$$273,15\text{ K} = 0\text{ }^{\circ}\text{C} = 32\text{ }^{\circ}\text{F}.$$

$$\text{K} = \text{ }^{\circ}\text{C} + 273,15.$$

Exempel med  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$  i K:  $20\text{ }^{\circ}\text{C} + 273,15 = 293,15\text{ K}$ .

## Kondensation

Ett ämnes övergång från gas till vätska. Vattenånga i luften kan kondensera på en yta om yttemperaturen (och därigenom lufttemperaturen på ytan) är lägre än den omgivande lufttemperaturen, eller om den har uppnått daggpunkts-temperatur.

## Konduktion

Värmeledning. Överföring av värmeenergi mellan närliggande partiklar. Energi överförs alltid från den varmare till den kallare partikeln. Till skillnad från konvektion förekommer ingen partikeltransport vid konduktion.

## Konvektion

Värmeövergång där värmeenergi flyttar från en kropp, vätska eller gas, till en annan kropp, vätska eller gas, som ett resultat av partikeltransport.

## L

---

### Lambertstrålare

En Lambertstrålare är ett föremål som reflekterar infallande strålning med optimal diffusion. Det betyder med andra ord att den infallande strålningen reflekteras lika starkt i alla riktningar.

På en Lambertstrålare kan du mäta den reflekterade strålningstemperaturen med hjälp av värmekameran.

## Lasersikte för markering av mätpunkt

Med hjälp av en laserstråle kan du sikta på mätytan (en röd punkt projiceras på mätobjektet). Lasersiktet och centrum på bilden överensstämmer inte exakt, eftersom de befinner sig på olika optiska axlar. Laserpunkten lämpar sig därför inte för att markera det exakta ställe som hårkorset indikerar i displayen. Det ska bara användas som vägledning.

### OBS!

Laserklass 2: rikta aldrig lasern mot personer eller djur och titta aldrig in i laserstrålen! Risk för ögonskador.

## M

---

### Mätpunkt

Se "IFOV<sub>mät</sub>", s. 44.

## N

---

### NETD (Noise Equivalent Temperature Difference)

Nyckeltal som avser den minsta temperaturskillnad som värmekameran kan känna av. Ju mindre värde, desto bättre mätupplösning har värmekameran.

## O

---

### Objektiv

Synfältets storlek i värmekameran och mätpunktens storlek i sin tur, varierar beroende på vilket objektiv som används. Ett vidvinkelobjektiv (t.ex. 32° standardobjektiv till testo 880) är särskilt lämpligt om du vill ha en översiktsbild av temperaturfördelningen på en stor yta. Du kan använda ett teleobjektiv (t.ex. Testos 12° teleobjektiv) för att mäta små föremål med precision, även på längre avstånd.

## R

---

### Reflektans ( $\rho$ )

Ett materials förmåga att reflektera infraröd strålning. Reflektansen beror på ytans egenskaper, temperaturen och materialtypen.

### Relativ fuktighet (%RH)

Anger i procent hur mättad luften är med vattenånga. Vid exempelvis 33 %RH innehåller luften bara omkring en tredjedel så mycket vattenånga som luften maximalt kan absorbera vid samma temperatur och samma lufttryck. När luftfuktigheten överstiger 100% börjar det bildas kondens eftersom luften är helt mättad och inte kan absorbera mer fukt. Den gasformiga vattenångan i luften övergår därför till vätska. Ju varmare luften är desto mer vattenånga kan den absorbera utan att börja kondensera. Därför inträffar alltid kondensationen först på kalla ytor.

## RTC (Reflected Temperature Compensation)

På verkliga kroppar reflekteras en del av värmestrålningen. Vid mätning av föremål med låg emissionsfaktor måste du ta hänsyn till den här reflekterade temperaturen. Med hjälp av en offset-faktor i värmekameran räknar man bort reflektionen och förbättrar samtidigt noggrannheten i temperaturmätningen. Det görs i allmänhet med hjälp av en manuell inmatning i värmekameran och/eller via programvaran.

I de flesta fall är den reflekterade temperaturen identisk med omgivningstemperaturen. Om infraröd strålning från störningskällor reflekteras på mätobjektets yta, bör du bestämma temperaturen på den reflekterade strålningen (t.ex. med hjälp av en temperaturmätare med globgivare eller en Lambertstrålare). Den reflekterade temperaturen har bara en liten inverkan på små föremål med hög emissionsfaktor.

## S

---

### Svartkropp

Ett föremål som absorberar all energi från den infallande IR-strålningen, omvandlar den till sin egen IR-strålning och emitterar denna i sin helhet. Svartkroppar har en emissionfaktor på exakt 1. Strålningen varken reflekteras eller transmitteras. Föremål med sådana egenskaper existerar inte i verkligheten.

Däremot finns det anordningar som används för att kalibrera värmekameror, vars egenskaper ligger ganska nära en ideal svartkropp. Emissionsfaktorn är då strax under 1 ( $\epsilon > 0,95$ ).

## T

---

### Temperatur

En fysikalisk storhet och ett mått på det som normalt uppfattas som värme och kyla.

### Termografi

Ett bildsystem där man med hjälp av mätteknik visualiserar värmestrålning eller temperaturfördelning på olika föremåls ytor, med hjälp av en värmekamera.

### Termogram

Se "Värmebild", s. 48.

### Transmittans (T)

Ett mått på ett materials förmåga att släppa igenom infraröd strålning. Den beror på materialets tjocklek och typ. De flesta material är inte transmittenta, dvs. de släpper inte igenom långvägig IR-strålning.

### Tvåpunktsmätning

Vid tvåpunktsmätning visas två hårkors i värmekamerans display. De kan användas för att läsa av individuella temperaturer.

## U

---

### Uppdateringsfrekvens

Uttrycks i Hertz och anger hur många gånger per sekund som den visade bilden uppdateras (t.ex. 9 Hz/33 Hz/60 Hz). En uppdateringsfrekvens på 9 Hz innebär att värmekameran uppdaterar värmebilden i displayen nio gånger per sekund.

## V

---

### **Verklig kropp**

Se "Gråkropp", s. 43.

### **Värmebild**

Bild som visar temperaturfördelningen på ytan av föremål, med hjälp av olika färger för olika temperaturvärden. Värmebilder (eller IR-bilder) tas med en värmekamera.

### **Värmekamera**

Kamera som mäter infraröd strålning och omvandlar signalerna till en värmebild. Med hjälp av en värmekamera går det att visa hur temperatur fördelas över en yta, vilket inte är synligt för det mänskliga ögat. Typiska användningsområden är exempelvis byggnadstermografering och värmemätningar på elanläggningar och i industrin.

### 3.2 Tabell med emissionsfaktorer

Följande tabeller kan användas som vägledning för justering av emissionsfaktorer vid IR-mätning. Den anger emissionsfaktorn  $\epsilon$  för några av de mer vanliga materialen. Eftersom emissionsfaktorn ändras med temperaturen och är beroende av ytegenskaperna ska värdena som anges här enbart betraktas som riktvärden, vid mätning av temperaturförhållanden eller temperaturskillnader. För att kunna mäta ett absolut temperaturvärde, måste det exakta emissionsvärdet för materialet vara känt.

Material (materialtemperatur)	Emissionsfaktor
Aluminium, blankvalsad (170 °C)	0,04
Aluminium, ej oxiderad (25 °C)	0,02
Aluminium, ej oxiderad (100 °C)	0,03
Aluminium, kraftigt oxiderad (93 °C)	0,20
Aluminium, högpolerad (100 °C)	0,09
Bomull (20 °C)	0,77
Betong (25 °C)	0,93
Bly, grovt (40 °C)	0,43
Bly, oxiderat (40 °C)	0,43
Grått bly, oxiderat (40 °C)	0,28
Krom (40 °C)	0,08
Krom, polerad (150 °C)	0,06
Is, slät (0 °C)	0,97
Järn, smärglat (20 °C)	0,24
Järn med gjutbeläggning (100°C)	0,80
Järn med valsbeläggning (20°C)	0,77
Gips (20 °C)	0,90
Glas (90 °C)	0,94
Granit (20 °C)	0,45

Material (materialtemperatur)	Emissionsfaktor
Gummi, hårt (23 °C)	0,94
Gummi, mjukt grått (23 °C)	0,89
Gjutjärn, oxiderat (200 °C)	0,64
Trä (70 °C)	0,94
Kork (20 °C)	0,70
Radiatorelement, svarteloxerat (50 °C)	0,98
Koppar, något matt (20 °C)	0,04
Koppar, oxiderad (130°C)	0,76
Koppar, polerad (40 °C)	0,03
Koppar, valsad (40 °C)	0,64
Plast: PE, PP, PVC (20 °C)	0,94
Blå färg på aluminiumfolie (40 °C)	0,78
Mattsvart färg (80 °C)	0,97
2 gula färgskikt på aluminiumfolie (40 °C)	0,79
Vit färg (90 °C)	0,95
Vit marmor (40 °C)	0,95
Murverk (40 °C)	0,93
Mässing, oxiderad (200 °C)	0,61
Oljefärg (alla färger)(90 °C)	0,92 ... 0,96
Papper (20 °C)	0,97
Porslin (20 °C)	0,92
Sandsten (40 °C)	0,67
Stål, värmebehandlad yta (200 °C)	0,52
Stål, oxiderat (200 °C)	0,79
Stål, kallvalsat (93 °C)	0,75 ... 0,85
Bränd lera (70 °C)	0,91
Transformatorfärg (70 °C)	0,94
Tegelsten, murbruk, puts (20 °C)	0,93
Zink, oxiderad	0,1



### 3.3 Testo rekommenderar

#### Kalibrera din värmekamera

Testo AG rekommenderar att du låter kalibrera din värmekamera regelbundet. Hur ofta en kalibrering ska genomföras beror på mätuppgifterna och på de krav som ställs.

Du hittar mer information om kalibrering av din värmekamera på [www.testo.com](http://www.testo.com).

#### Termografikurser

Att skaffa sig spetskompetens är en av de viktigaste förutsättningarna om du vill uppfylla de ökande kvalitetskraven och lösa komplicerade mätuppgifter. Det är därför som Nordtec Instrument AB erbjuder kurser i termografi, med sikte på många olika användningsområden.

Du hittar mer information om våra kurser på [www.nordtec.se](http://www.nordtec.se).

Mer information:  
[www.nordtec.se](http://www.nordtec.se)





## Förresten – visste du det här?

Tack vare sin förmåga att se värmestrålning kan näsgropsormen uppfatta både jaktbyten och fiender på ett ögonblick, även i mörker.

Näsgropsormen är en underart av huggorm och kan uppfatta så små temperaturskillnader som 0,0003 °C mycket snabbt. Den förmågan kan den tacka sitt mycket känsliga värmeorgan för. Det här sinnesorganet gör att ormen kan se bilder som har stor likhet med de som tas med moderna värmekameror...





Nordtec Instrument AB  
Box 12036  
402 41 Göteborg

Telefon: 031-704 10 70  
Fax: 031- 12 50 42

E-post: [nordtec@nordtec.se](mailto:nordtec@nordtec.se)  
Hemsida: [www.nordtec.se](http://www.nordtec.se)

Besöksadress:  
Elof Lindälvs Gata 13  
Majnabbe (Tysklandsterminalen)  
414 55 Göteborg

Pris 5,00 euro

0981 7324/san/R/Q/09.2009