

# Die Darstellungsneutralität von Thermogrammen

Georg DITTIÉ \*

\* Schütte, Thobrock und Partner, Bonn

Beueler Bahnhofsplatz 16, 53225 Bonn, [www.stp-bia.de](http://www.stp-bia.de)

**Kurzfassung.** Die Thermografie ist dafür populär, dass sie Bilder in Farben produziert, die eigentlich die jeweiligen Temperaturen codieren. Da diese zugeordneten Farben aber nur künstlich sind und keine eigene Aussage haben, wird aber sehr leicht übersehen, es gilt gerade bei den in der Allgemeinheit bekannteren Anwendungsgebieten das Motto: Je bunter, desto besser. Dabei kommt es immer wieder regelmäßig dazu, daß Thermogramme ganz subjektiv über die Farbgebung interpretiert werden, anstatt den tatsächlichen Temperaturmesswert zur Auswertung heran zu ziehen. Um diese subjektiven Einflüsse zumindest auf ein sinnvolles Maß zu begrenzen, bedarf es Regeln, wie Thermogramme möglichst aussageneutral einzufärben sind.

## Wie entsteht ein Thermogramm?

Zunächst ist ein Thermogramm nichts anderes als ein zweidimensionales Raster von Infrarothelligkeiten. Denen wird dann über die einschlägig bekannten Gesetze eine Temperatur zugeordnet, die eben diese lokal gemessene IR-Intensität erzeugt. Diese zugeordneten Temperaturen sind unabhängig von der Wellenlänge, enthalten also keine Farbinformation. Das wäre ansatzweise erst dann der Fall, wenn in mehreren spektralen Bändern im IR gleichzeitig gemessen und dann die Unterschiede ausgewertet würde. Ein Thermogramm einer einbandigen IR-Kamera entspricht also einem Schwarzweiß-Bild.

Damit kann man schon arbeiten, aus einem schwarz-weiß dargestellten Thermogramm lassen sich sowohl die lokalen Temperaturen als auch ein visuelles Motiv ablesen. Diese einfachen Thermogramme in Schwarzweiß erscheinen vielen als kontrastarm.

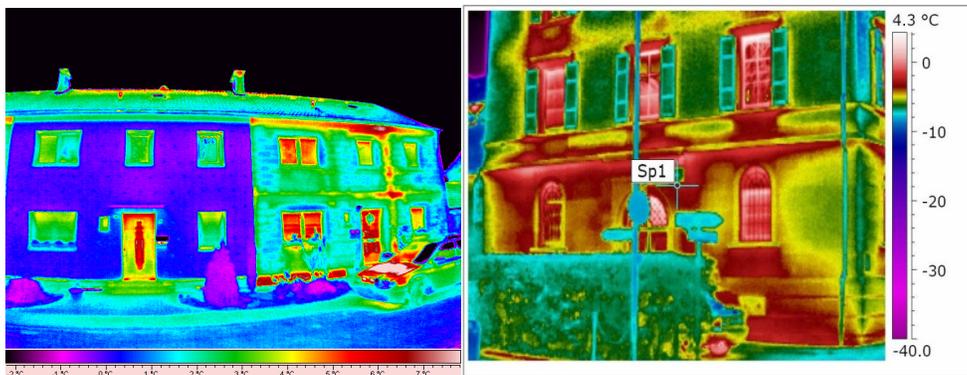
Nichtsdestotrotz liegt es nahe, zur Hervorhebung von Unterschieden eine Einfärbung vorzunehmen. Dabei werden den jeweiligen Temperaturwerten Farben aus einer vorher festgelegten Palette künstlich zugeordnet, daraus ein Bild erzeugt und dieses dann dargestellt. Damit die Zuordnung für den Betrachter nachvollziehbar wird, geben die einschlägigen Richtlinien vor, dass jedem Thermogramm die Farbpalette mit den zugeordneten Temperaturwerten beigelegt werden sollte.

Die Wirkung dieser an sich willkürlichen Einfärbung ist, dass geringe Unterschiede in den lokalen Temperaturen mehr oder minder stark hervorgehoben werden. Im Laufe der Entwicklung hat sich diese Methode des Einfärbens verselbstständigt, so dass heute viele

Kameraanbieter sich über diese Temperatur-Farbpaletten definieren und es zur Zeit keine allgemeinen Standards gibt.



**Bild 1.** Vergleich von diversen Farbpaletten, durch angemessene Kontrastierung ist trotz verschiedener Einfärbung auf allen Thermogrammen das gleiche erkennbar.

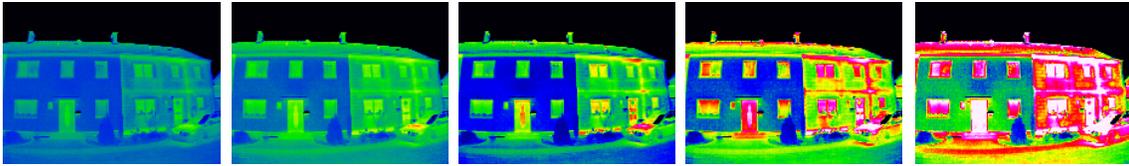


**Bild 2.** Man kann es auch übertreiben ... Links mehr oder minder willkürliche Hell-Dunkelwechsel, rechts verwirrende nichtlineare Verzerrung der Farbzordnung entgegen jeder Alltagserfahrung.

Hierbei ist wichtig, dass durch die visuelle Darstellung die eigentlichen Temperaturmesswerte nicht beeinflusst werden, zumindest bei den gängigen modernen Kameras. Denn bei der Aufnahme wird in der Regel das Sensorsignal zusammen mit Randbedingungen und Kalibrierdaten so aufgezeichnet und erst zum Zeitpunkt der Darstellung eingefärbt. Ein radiometrisches Format lässt sich also beliebig darstellen, ohne die eigentliche Messung zu verfälschen. Das bedeutet natürlich auch, dass ein einmal gewonnenes Thermogramm beliebig nachbearbeitet werden kann.

Die Bedeutung des Kontrastbegriffs in der Thermografie

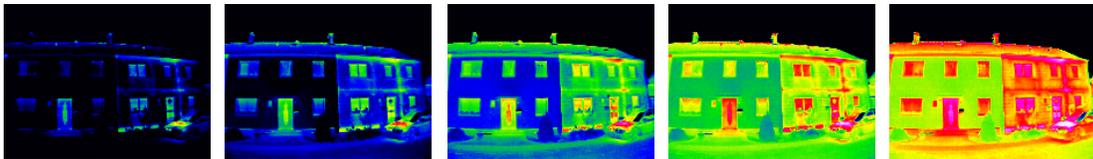
Im strengen Sinne ist der Kontrast in einem Thermogramm bedeutungslos. Ein Thermogramm ist eine zweidimensionale Anordnung von Temperaturwerten. Erst der Wunsch des Betrachters, ganz intuitiv anhand des Bildmotivs eine Aussage des Thermogramms abzuleiten lässt den Kontrast wichtig werden. Eine sinnvolle Definition des Kontrastes im Thermogramm geht dabei über den Unterschied in Helligkeit und Farbton in Bezug zur Temperaturdifferenz. Je stärker eine Helligkeits- oder Tonwertdifferenz in Bezug zur Temperaturwertdifferenz ist, desto kontrastreicher erscheint das Thermogramm. Bei Schwarz-Weiß-Thermogramme ist hier natürlich nur die Helligkeitsdifferenz ausschlaggebend.



**Bild 3.** Kontrastreihe

### Der Helligkeitsbegriff in der Thermografie

Im Gegensatz zum Kontrast kommt dem Helligkeitsbegriff schon eine physikalische Bedeutung zu: Je heller ein Bildpunkt dargestellt wird, desto mehr Infrarotemission kann angenommen werden und damit um so mehr Objekttemperatur. Hierbei ist aber zuerst einmal ausschlaggebend, dass man im dargestellten Thermogramm das Motiv vollständig erkennen kann. Das bedeutet, die kühlest Bildstellen von Interesse müssen einen Tonwert innerhalb der Palette haben, ebenso die wärmsten. Lediglich für die Aussage irrelevante Bildteile dürfen außerhalb der dargestellten Temperaturspanne liegen, z.B. bei Außenaufnahmen ein kalter Himmel oder bei Innenaufnahmen eine heiße Lampe.

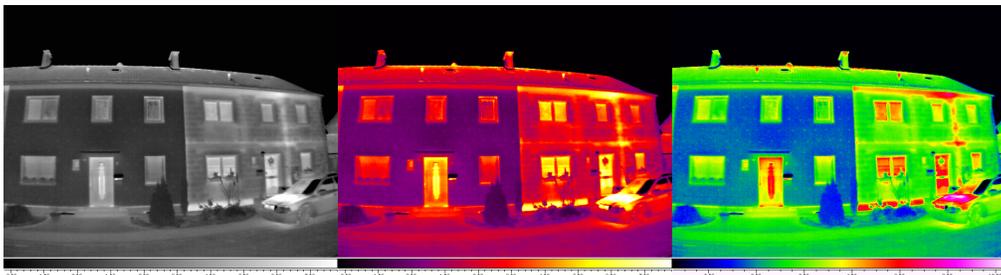


**Bild 4.** Helligkeitsreihe

Dieser intuitive Zusammenhang sollte nur dann übergangen werden, wenn ein noch eindrucksvollerer Farbtonwechsel einen eindeutig monotonen Verlauf der Farbpalette anzeigt.

### Intuitive Interpretation von Thermogrammen anhand der Darstellung

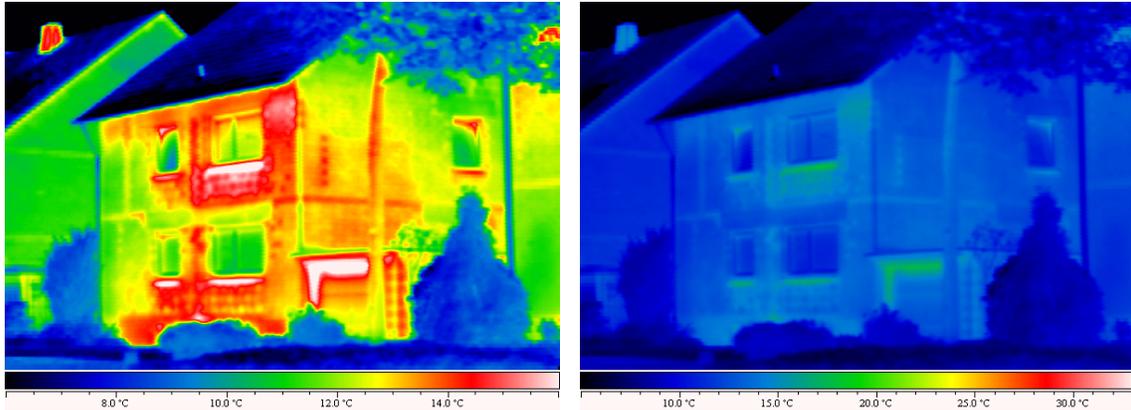
Das was Thermografie so populär macht, öffnet bewusste oder auch unbewusste Manipulationsmöglichkeiten. Durch geschickte Wahl der Farbpalette und der Temperaturspanne werden menschliche Wahrnehmungsmechanismen angesprochen, die intuitive Interpretation eines Thermogramms scheinbar leicht und allgemeinverständlich machen. Ganz typische Beispiele sind die weit verbreiteten Paletten, die einerseits die Glühfarben sowie die psychologischen Farbtöne blaukalt bis rotwarm benutzen.



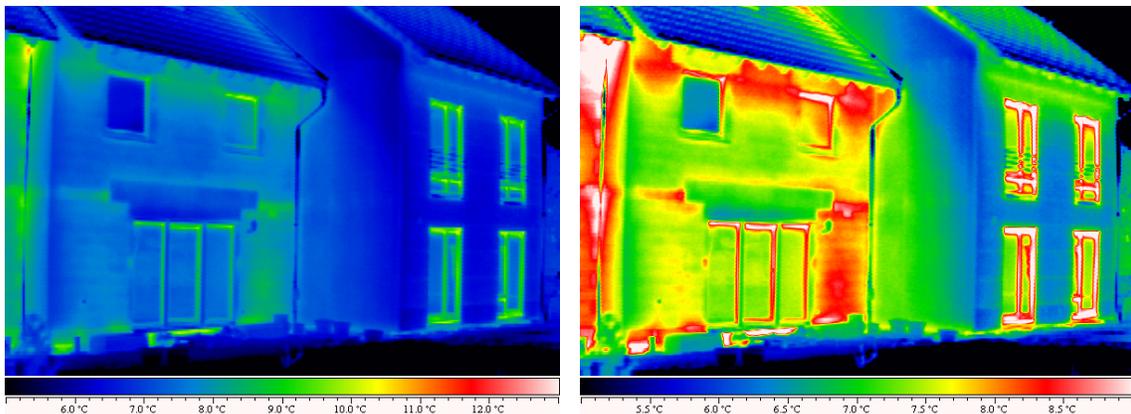
**Bild 5.** Schwarzweiß, Glühfarben und gemäßiger Regenbogen als Beispiele für gängige Einfärbungen.

Dadurch dass diese Farbpaletten unseren Alltagserfahrungen und Gewohnheiten entsprechen, entsteht der Eindruck, dass ein Thermogramm auch so verständlich und „selbsterklärend“ ist, auch ohne dass man sich mit dem physikalischen Hintergrund beschäftigen müsste. Genau das macht die korrekte Zuordnung von Helligkeits- und Farbtonwerten zu den jeweiligen Temperaturen zu einer verantwortungsvollen Aufgabe. Denn Ziel einer guten Thermografie soll sein, ein objektives, also von subjektiven Einflüssen freies Messmittel zur Verfügung zu stellen.

Die Praxis zeigt, dass z.B. bei der Anwendung der Thermografie als gutachterliches Messmittel im Rahmen von baurechtlichen Auseinandersetzungen von den beteiligten zunächst erst einmal angenommen wird, ein Thermogramm würde alleine anhand der Farben beurteilt, etwa wie ein merkwürdiges Falschfarbenfoto.



**Bild 6.** „Virtuelle Sanierung“ durch viel zu weite Skalierung



**Bild 7.** „Marketingorientierte Skalierung“, aus nachweislich energieeffizienten Häusern werden „Energieschleudern“ durch viel zu enge Skalierung gemacht.

Aus den Beispielen wird klar, wie wichtig es ist, sich Richtlinien zu geben, die die Einfärbung von Thermogrammen so regelt, dass Thermogramme zum einen mit einander vergleichbar sind sowie der im Bild dargestellte Helligkeits- und Tonwertkontrast auch ohne Ablesen einer expliziten Temperatur den Eindruck erzeugt, der mit dem Thermogramm beabsichtigt ist.

## Bauthermografie

Speziell in der Bauthermografie ist die Anzahl der nicht sachkundigen Betrachter von Thermogrammen besonders hoch, entsprechend genau muß hier auf nachvollziehbare Regeln geachtet werden.

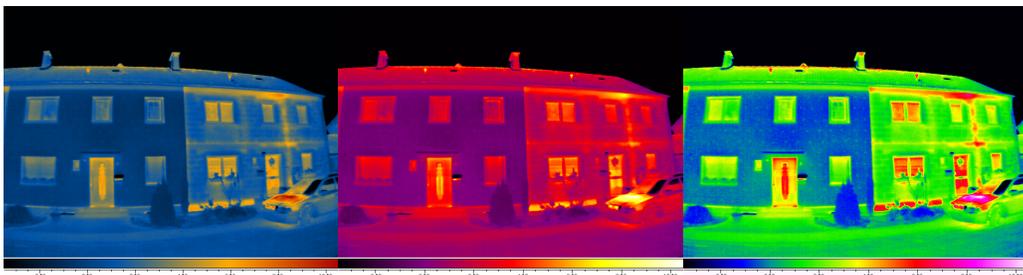
Ein Ansatz ist in der passiven Thermografie, die dargestellte Temperaturspanne proportional von der Temperaturdifferenz zwischen Innen- und Außenraum zu machen. Zweitens sollte die Mitteltemperatur der Skala so gewählt werden, dass alle aussagerelevanten Bildteile innerhalb der zugeordneten Temperaturskala liegen, dass also die kühlpsten relevanten stellen nicht jenseits dem unteren Ende der Skala und die wärmsten nicht über dem oberen Ende liegen.

Für eine gemäßigte Regenbogenpalette, die die psychologische Farbtemperatur ausnutzt hat sich empirisch für rein passive Gebäudethermografie folgendes herausgestellt:

Die dargestellte Farbpalette sollte 0,7 mal der treibenden Temperaturdifferenz darstellen.

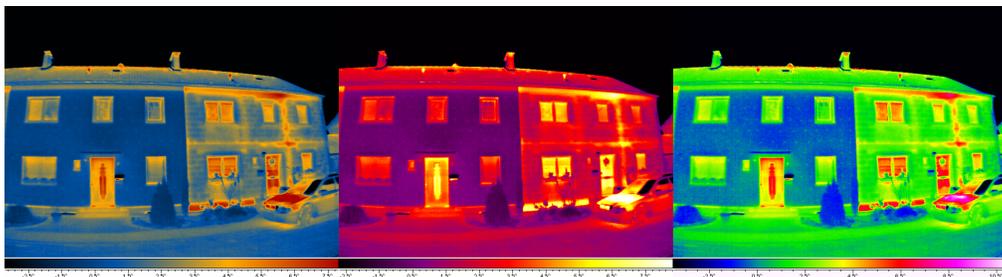
Die allgemeine Umgebungstemperatur sollte für Außenaufnahmen bei etwa 20% des Vollausschlags liegen, für Innenaufnahmen bei 70%.

Das ist als verbindliche Regel leider zu kurz gegriffen, denn es gibt auch andere in der Praxis bewährte Farbpaletten, die teilweise unnötig kontrastarm wirken:



**Bild 8.** Die Glühfarben und die Kalt-Warmpalette zeigen nicht so große Tonwertkontraste.

Diese scheinbare Kontrastarmut kann dadurch erklärt werden, dass in die Darstellungsregel nicht nur der Helligkeitskontrast, sondern auch der Farbtonkontrast eingeht. Dabei ist dieser Farbtonkontrast bei den psychologischen Regenbogenfarben schon sehr hoch, entsprechen weit muß skaliert werden.



**Bild 9.** Korrigierte Thermogramme: Die Glühfarbenpalette und die Kalt-Warmpalette müssen enger kontrastiert werden, damit der geringere Tonwertkontrast für den Betrachter ausgeglichen wird.

Daraus lässt sich folgern, dass man für jede Palette eine eigene Regel aufstellt. Wichtig ist danach, dass diese Regel auch konsequent eingehalten wird. Damit macht man Thermogramme mit einander vergleichbar, ohne dass man gezwungen ist, aus den Skalen heraus einzelnen Farben explizite Temperaturwerte zuzuordnen zu müssen.

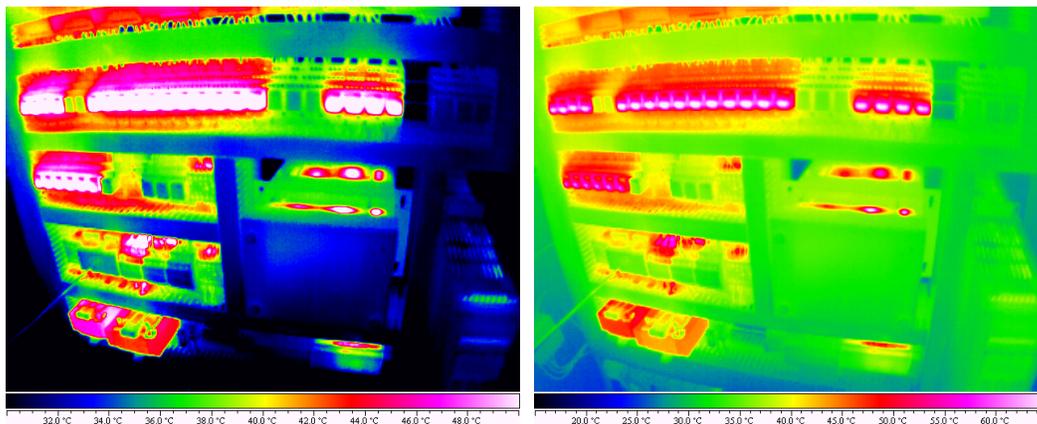
In jüngster Zeit setzen sich in der Bauthermografie auch aktive und witterungsunabhängige Verfahren durch, für die diese Regeln natürlich nicht gelten können. Hier ist zu darauf zu achten, dass die fehlenden Skalierungsregeln durch eine ausführliche Beschreibung und Kommentierung des Thermogramms ersetzt werden. Empfehlenswert ist eine eher dezente Einfärbung oder sogar der Verzicht auf Farbe.

### Situation in der Elektrothermografie

In der Elektrothermografie bekommen Nichtfachleute die Thermogramme eher selten zu sehen, hier ist es viel mehr ausschlaggebend, die Skalierung so einzustellen, dass man selber als Thermograf direkt einen Hinweis bekommt, ob man näher hinschauen und nachmessen muß.

Hier kann als Vorschlag für die Standardanwendung der Elektroanlagenprüfung dienen, den untersten Temperaturwert der Skala so zu legen, dass der merklich unterhalb der allgemeinen Umgebungstemperatur liegt. Dadurch wird die Schaltung als Bildmotiv im Thermogramm vollständig sichtbar.

Den obersten Temperaturwert legt man so, dass dieser Grenzwert auf eine explizite Warnschwelle gelegt wird. Dadurch erscheinen alle Bilddetails, die wärmer sind als ein allgemein zulässiger Wert als überbelichtet. Das zwingt einen dazu, in jedem Fall genauer nachzumessen, ob hier eine nur eine leichte Überschreitung, eine massive Überschreitung oder eine Ausnahme (z.B. heiße Lastwiderstände etc.) vorliegt.



**Bild 10.** Zu alarmistische und korrekte Einstellung in der Elektrothermografie

Damit wird erreicht, dass man sicher gehen kann, nichts wirklich Auffälliges zu übersehen, aber auch nicht unnötig viele ermüdende Nachmessungen zu provozieren. Wichtig ist hierbei die obere Darstellungsgrenze bei kühler Umgebung tiefer zu legen, da hier bei wärmer werdender Umgebung noch eine thermische Reserve für die untersuchte Schaltung berücksichtigt werden kann.

Ein Diskussionsvorschlag kann sein, die untere Darstellungsgrenze etwa 10 Grad unter die allgemeine Umgebungstemperatur zu legen, die obere bei kühler Umgebung bei 65, bei mittlerer bei 70 und bei hoher Umgebungstemperatur bei 75 Grad anzuordnen. Wenn etwas auffällig ist, muß ohnehin eine explizite Objekttemperatur bestimmt werden, damit die Auffälligkeit klassifiziert und beschrieben werden kann.

Als Farbpalette ist wegen der vergleichsweise weiten Temperaturspanne alles Ordnung, was nicht verwirrend wirkt, vom Schwarzweiß über die Glühfarben bis zur gemäßigten psychologischen Palette. Das kann deshalb gelten, weil es zur Interpretation von Elektrothermogramme eher auf Grenzwertüberschreitungen ankommt, denn auf

Kontraste. Nur sollte die Palette so gewählt sein, dass auch verdächtig erscheinende Temperaturunterschiede innerhalb der dargestellten Skalierung hinreichend wahrnehmbar sind.

Für die Industriethermografie können keine sinnvollen Regeln der Darstellungsneutralität angegeben werden, dafür sind die Einsatzfelder der Thermografie einfach zu individuell. Zudem bekommen Nichtfachleute solche Thermogramme in der Regel nicht zu sehen, so dass keine Gefahr besteht, dass die rein intuitiv durch Betrachten interpretiert werden. In diesem Anwendungsfall ist es eher wichtig, die Thermogramme mit einem erklärenden Kommentar zu versehen.

## **Literatur**

Thermografie Richtlinien des VATh e.V.