

Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association Suisse des Electriciens, de l'Association des Entreprises électriques suisses

Band: 78 (1987)

Heft: 4

Artikel: Thermographie als Hilfsmittel der Energieberatung

Autor: Florin, C.

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-903818>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 06.10.2024

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Thermographie als Hilfsmittel der Energieberatung

Ch. Florin

Die Thermographie lässt sich zur Klärung zahlreicher Fragen im Zusammenhang mit der energetischen Beurteilung von Alt- und Neubauten, Bestandesaufnahmen, Kontrollen und der Fehler-Früherkennung einsetzen. Im Hinblick auf die erforderliche Messausrüstung wie auch auf die notwendige Fachkenntnis und Erfahrung in bauphysikalischen Belangen wird dieses Messverfahren vor allem als Dienstleistung von spezialisierten Firmen eingesetzt.

La thermographie est une méthode pouvant être appliquée en vue d'élucider de nombreux problèmes en rapport avec l'analyse énergétique d'anciens et de nouveaux bâtiments, les inventaires, les contrôles et l'identification rapide des erreurs. En tenant compte de l'équipement de mesure indispensable ainsi que des connaissances techniques nécessaires et de l'expérience dans le cadre de la physique des constructions, ce sont des firmes spécialisées qui emploient cette méthode, particulièrement en tant qu'un de leurs services.

Referat, gehalten anlässlich des VSE-Kurses für Energiebeauftragte der Elektrizitätswerke im November 1986.

Adresse des Autors

Christian Florin, Masch.-Ing. HTL, Florin & Scherler AG, Infrarot-Messtechnik, Thermographische Untersuchungen und Beratung, Alpenstrasse 39, 6010 Kriens

1. Entwicklung der Bauthermographie

Berührungslose Messverfahren hat man nicht erst in der Bauthermographie angewendet. Schon viel früher wurden solche Systeme im Militärwesen, in der Medizin, zu Forschungszwecken und dergleichen eingesetzt. Die breite Anwendung dieser Messtechnik wurde aber dadurch gehemmt, dass die Geräte nur stationär einsetzbar waren. Erst durch die Schaffung mobiler Messsysteme waren die Voraussetzungen für eine breitere Anwendung gegeben, wobei auch heute noch der Investitionsaufwand die Möglichkeiten vieler Betriebe übersteigt.

Erste Entwicklungen auf diesem Gebiete der Bauthermographie wurden in Schweden im Jahre 1968 durchgeführt. Aufgrund umfangreicher Untersuchungen wurden die Grundlagen

zur Anwendung dieser neuen Messtechnik im Bauwesen in den Jahren 1972-1976 definiert. Die Auswertung dieser Untersuchungen führte zu einer Einstufung aller bisher einsetzbaren Möglichkeiten der objektiven Erfassung des wärmetechnischen Gebäudezustandes (Tab. 1).

Es zeigte sich, dass mit der Thermographie ein wertvolles Hilfsmittel gefunden wurde, das, ergänzt mit zusätzlichen Messmethoden, eine vollumfängliche Bestandesaufnahme hinsichtlich Wärmedämmung, Luftdichtheit, Feucht- oder Nässeinflüsse usw. ohne Eingriff in die Bausubstanz ermöglicht. Da auch in der Schweiz das Thermographieverfahren in den letzten Jahren an Bedeutung gewonnen hat, ist es unser Anliegen, die noch weitverbreitete Unkenntnis der physikalischen Zusammenhänge, die oft zu einer Fehleinschätzung der Anwendungsmöglichkeiten führt, abzubauen.

Bezeichnung	Thermographie	Temperaturmessung	Radio-metrische Messung	Wärme-fluss-messung	Tracer-Gas-Methode	Über-druck-methode	Luft-geschwin-digkeits-messung	Rauch-test	Seifentest	Demon-tage	Prüfung der Pläne
Wärme-dämmwert	1	1	1	2	-	-	-	-	-	1	1
Zustand der Isolation	2	1	1	1	-	-	-	-	-	2	-
Luftdichtheit nach Norm SBN 1975	1	-	-	-	0	2	0	0	-	0	0
Zustand der Luftdichtheit	2	1	1	-	1	1	1	1	1	1	-
Luftbewegungen an der Konstruktion	2	1	1	-	-	0	1	0	-	0	0
Ventilations-grad	-	-	-	-	2	0	0	0	-	-	-
Luftbewegungen im Raum	-	-	-	-	-	-	2	1	-	-	-
Oberflächen-temperatur	2	2	2	-	-	-	-	-	-	-	-
Luft-temperatur	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-

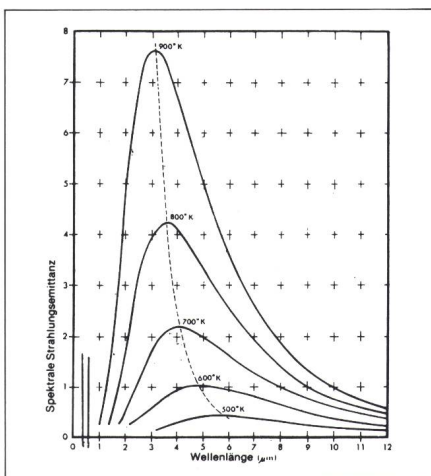
Tabelle I Einordnung der Thermographie in verschiedene Prüfverfahren im Bauwesen

0: keine Aussage möglich; 1: Aussage möglich, evtl. Zusatzmessung nötig; 2: empfehlenswerte Methode

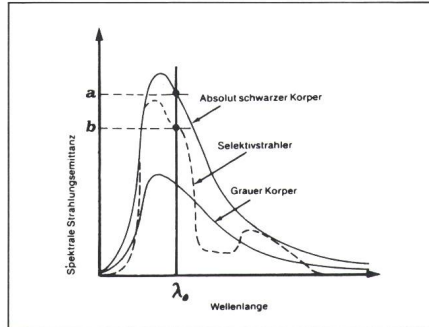
2. Strahlungsphysikalische Grundlagen

Die Anwendung der Thermographie beruht auf der Tatsache, dass jeder Körper über dem absoluten Nullpunkt (-273 °C) Wärme ausstrahlt. Der Zusammenhang zwischen der Wärmestrahlung und der Temperatur ist durch das Plancksche Gesetz beschrieben (Fig. 1). Daraus erkennt man, dass sich die Wellenlänge der maximalen Strahlungsintensität mit steigender Temperatur gegen den von unserem Auge wahrnehmbaren Bereich verschiebt. Diese Tatsache erkennt man beispielsweise beim Erhitzen eines Eisenstabes: Vorerst ist dieser nicht «sichtbar» warm, obwohl man sich die Hände verbrennt. Bei genügend hoher Temperatur erkennt man jedoch, dass der Körper zu glühen beginnt, und bei einer weiteren Erwärmung stellt man fest, dass sich die Glühfarbe ändert. Diese Erscheinung ist darauf zurückzuführen, dass die Strahlungsintensität bei hohen Temperaturen in jenem Wellenlängenbereich liegt, in welchem das Auge sensibilisiert ist. Die Industrie macht sich diese Erkenntnis schon lange nutzbar, indem den Anlassfarben bei der Stahlbehandlung eine bestimmte Temperatur zugeordnet ist.

Durch die Ausnützung der Wärmestrahlung im Infrarotbereich lassen sich auch Temperaturen von Körpern definieren, welche für unser Auge nicht sichtbar warm erscheinen. Die Zuordnung folgt bei «schwarzen» Körpern den oben beschriebenen Gesetzen. In der Natur ist es aber so, dass



Figur 1 Das Plancksche Strahlungsgesetz in grafischer Form. Es beschreibt den Zusammenhang zwischen absoluter Temperatur und spektraler Leistungsdichte der Temperaturstrahlung des schwarzen Körpers.



Figur 2 Strahlungsverteilung des schwarzen Körpers und eines realen Körpers. Die Strahlung des realen Körpers liegt um den Emissionsfaktor unter jener des schwarzen Körpers.

die zu untersuchenden Objekte nicht als «schwarze Körper» betrachtet werden können. Natürliche Objekte erscheinen grau oder farbig (Fig. 2). Farbig oder nicht schwarz erscheinen Körper, welche bevorzugt in einer bestimmten Wellenlänge strahlen. Der Zusammenhang der Strahlung an natürlichen Objekten lässt sich wie folgt darstellen:

$$\rho + \alpha + \lambda = 1$$

- ρ Reflexionsfaktor
- α Absorptionsfaktor = Emissionsfaktor
- λ Transmissionsfaktor

Weil zur berührungslosen Messung von Oberflächentemperaturen nur der Anteil der ausgesandten Strahlung (Emission) nützlich ist, wirken sich die übrigen Faktoren (Reflexion, Transmission) störend aus. Damit nun aber dennoch zuverlässige Rückschlüsse auf die effektive Körpertemperatur möglich sind, ist es notwendig, den Emissionsanteil (Materialkonstante) des untersuchten Materials zu kennen und bei der Auswertung zu berücksich-

tigen. Daraus wird ersichtlich, dass bei thermographischen Untersuchungen bekannt sein muss, welche Materialien untersucht werden (z. B. Mauerwerk, Alu-Fassade, Glasbaustein, Holz usw.)

3. Messausrüstung

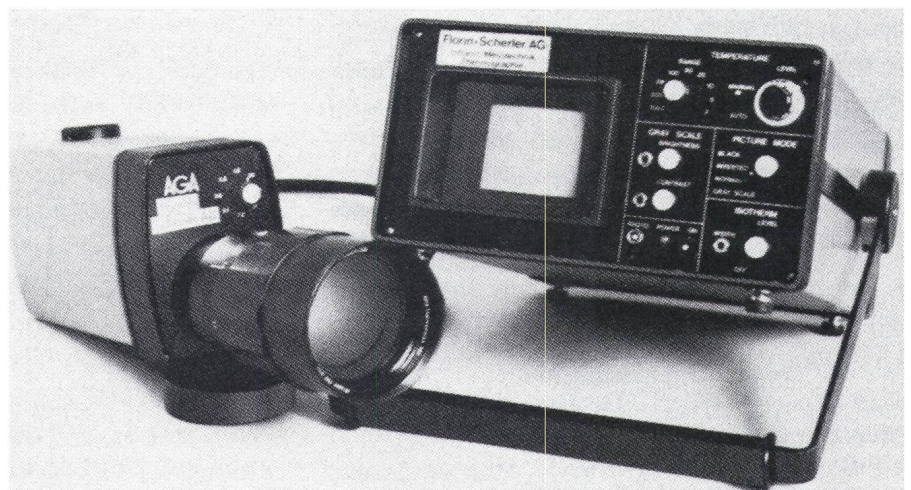
Eine Thermovisionsausrüstung besteht im wesentlichen aus der Aufnahmeeinheit, dem Monitor und einer Batterie zum netzunabhängigen Betrieb der Anlage (Fig. 3).

Der Strahlengang ist in Figur 4 schematisch dargestellt. Über ein auswechselbares IR-Objektiv (Germanium oder Silizium) gelangt die Infrarotstrahlung auf ein rotierendes Prismensystem, wo der Informationsgehalt in einzelnen Punkten auf den Detektor fällt. Der mit flüssigem Stickstoff gekühlte Detektor (-196 °C) steuert über die Elektronikeinheit die Intensität einer Bildröhre. Auf diese Weise wird ein Monitorbild erzeugt, welches sofort Aussagen in bezug auf die Wärmeabstrahlung des untersuchten Objektes erlaubt. Das Bild besteht aus 100 × 100 Bildpunkten und wird in 40 ms erzeugt. Die thermische Auflösung beträgt 0,2 K bei einer Messtemperatur von 30 °C. Je Sekunde werden auf dem Monitor 25 Bilder dargestellt, wodurch es möglich ist, auch dynamische Temperaturverhältnisse festzuhalten, was vorwiegend in industriellen Anwendungen von Bedeutung ist.

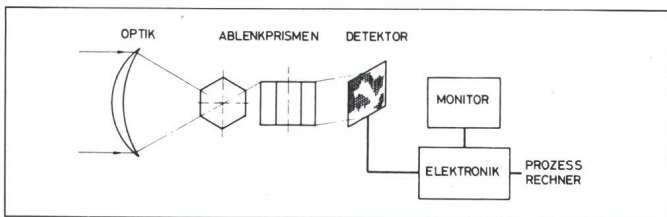
4. Durchführung der Messung

Oberflächentemperatur und Wärmestrom

Der Wärmestrom durch ein Bauteil hängt von dessen Dicke und Wärme-



Figur 3 Thermovisionsausrüstung



Figur 4
Strahlengang in der Thermographie-Kamera

leitfähigkeit ab. Ein kleiner k-Wert führt zu einem geringen Wärmestrom und auch zu kleinen Temperaturdifferenzen zwischen der Luft- und Wandoberflächentemperatur. Dieser Zusammenhang kann graphisch dargestellt werden (Fig. 5). Die Temperaturdifferenz, welche durch das Thermographieverfahren ausgenutzt wird, ergibt sich aus dem Vergleich der Wandtemperaturen unterschiedlicher Wandkonstruktionen unter Voraussetzung gleicher Randbedingungen. Diese Temperaturdifferenz ist der Hauptindikator zur Beurteilung der untersuchten Bauteile. Festgestellte Temperaturabweichungen sind so zu bewerten, dass mögliche Störeinflüsse vor entsprechenden Aussagen berücksichtigt werden müssen. Da die Temperaturdifferenz auf der Bauteilaussenseite normalerweise bei einer Schwachstelle kleiner ist als auf der Bauteilinnenseite – und zudem auch die Beeinflussungen äusserer Faktoren schwieriger zu bewerten sind –, werden Innenuntersuchungen bevorzugt.

Luftundichtheiten in der Baukonstruktion

Unkontrollierte Luftbewegungen in der Baukonstruktion sind vielfach die Hauptursache lästiger Zugserscheinungen. Sie erhöhen den Luft-Wärmebedarf und führen zu erhöhten Luftwechseln im Raum, was in der Folge meistens durch erhöhte Raumlufttemperaturen kompensiert wird. Luftundichtheiten oder unbeabsichtigte Öffnungen in Bauteilverbindungen und Anschlussbereichen bilden auch oft einen nicht zu unterschätzenden Gefahrenherd für Feuchteschäden.

Im weiteren ist festzustellen, dass sich die Luftundichtheiten in Bauwerken mit besser werdender Isolation immer stärker auf das Wohnklima auswirken, was sich daran zeigt, dass die erforderlichen Raumtemperaturen nicht erreicht werden. Gemäss der Baupraxis vergangener Jahre geschieht es dann vielfach, dass der Heizungingenieur zusätzliche Heizelemente montiert, um die gestellten An-

forderungen erfüllen zu können. Dieses Vorgehen funktioniert vielfach – bis auf jene Fälle allerdings, wo alternative Heizsysteme eine höhere Heizleistung einfach nicht zulassen.

Durch Undichtheiten in den Bauteilverbindungen eintretende Aussenluft führt zu einer Hinterströmung der Isolation und zu einer wesentlichen Schwächung des vorgesehenen Wärmedämmwertes, wenn sie nicht sofort unwirksam gemacht wird.

Durch den Einsatz der Thermographie werden hier auch wieder die auftretenden Temperaturdifferenzen festgestellt, da sich im Falle von Unterdruck im Gebäude bei eintretender Aussenluft die Innenwandbereiche stark abkühlen. Im Falle, dass im Gebäude Überdruck besteht, wird die austretende Warmluft bei den Aussenuntersuchungen oder auch, in diffuser Form, bei den Innenuntersuchungen nachgewiesen. Für zuverlässige Aussagen bei der Definition von Luftleckstellen ist es notwendig, die örtlichen Druckverhältnisse festzuhalten. Werden die Randbedingungen erfüllt, sind qualitative und auch quantitative Aussagen sowie gezielte Rückschlüsse auf die Ursache ohne Eingriff in die Bau-substanz möglich.

Thermographische Untersuchungen von innen oder aussen?

Thermographische Untersuchungen zur Erfassung des wärmetechnischen Gebäudezustandes oder als Ausfüh-

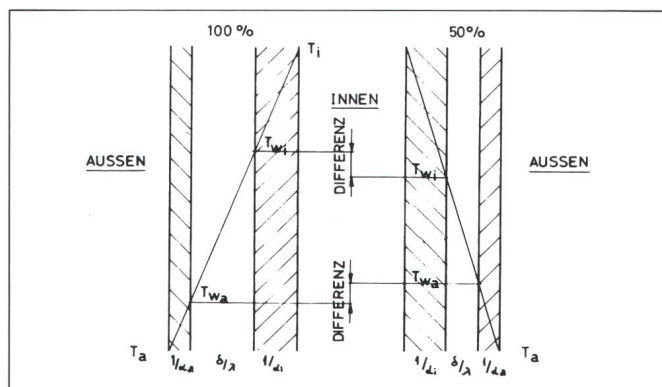
rungskontrolle eines neuen Objektes erfordern immer Kontrollen von beiden Gebäudeseiten!

Die Erfahrung zeigt, dass die Detailbetrachtung von innen her weniger Probleme in messtechnischer Hinsicht mit sich bringt, da die Randbedingungen über eine bestimmte Zeitdauer nahezu konstant gehalten werden können. Im weiteren sind bei Innenuntersuchungen bei einer Schwachstelle grössere Temperaturdifferenzen vorhanden, was deren Deutung erleichtert. Luftundichtheiten bei Unterdruck im Gebäude oder interne Wärmeströmung (gegen Keller oder Estrich) bleiben bei Aussenuntersuchungen unerkannt. Eine entsprechende Anzahl Gründe können auch zugunsten von Aussenuntersuchungen aufgezählt werden, woraus ersichtlich ist, dass für eine objektive Bestandaufnahme und für die Erarbeitung zuverlässiger Grundlagen beide Seiten eines Objektes untersucht werden müssen.

Messbedingungen

Die Messbedingungen können je nach Anwendungsfall unterschiedlich sein. Beispielsweise sind für eine thermographische Untersuchung in gut isolierten Gebäuden grössere Temperaturdifferenzen zwischen der Innentemperatur und der Aussentemperatur erforderlich als bei schlecht isolierten Gebäuden, sofern Aussagen über den Zustand der Isolation erarbeitet werden sollen. Sind ausschliesslich Aussagen über die Luftdichtheit einer Konstruktion erwünscht, so ist es zulässig, bereits bei Temperaturdifferenzen unter 10 °C Messungen durchzuführen. Im weiteren wird in bestimmten Anwendungsfällen der Einfluss der Sonneneinstrahlung ausgenutzt, in anderen Anwendungsfällen kann sie dagegen eine Messung verunmöglichen. Die Festlegung der Randbedingungen ist zudem auch abhängig von der Be-

Figur 5
Messbare Temperaturdifferenzen an zwei Wandkonstruktionen mit unterschiedlicher Wärmedämmung



schaffenheit der zu untersuchenden Konstruktion (Leichtbau, Massivbau).

Eine Wandkonstruktion mit einem k-Wert von $0,306 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ erfordert beispielsweise Temperaturdifferenzen zwischen innen und aussen von 25 bis $30 \text{ }^\circ\text{C}$, um einen Mangel bei der Isolation in der Größenordnung von 20% erkennen zu können. Bei einem schlecht isolierten Mauerwerk, k-Wert $0,98 \text{ W/m}^2 \text{ K}$, sind dieselben Aussagen bereits bei Temperaturdifferenzen um $10 \text{ }^\circ\text{C}$ möglich.

Grundsätzlich gelten jedoch folgende Minimalbedingungen bei wärmetechnischen Untersuchungen:

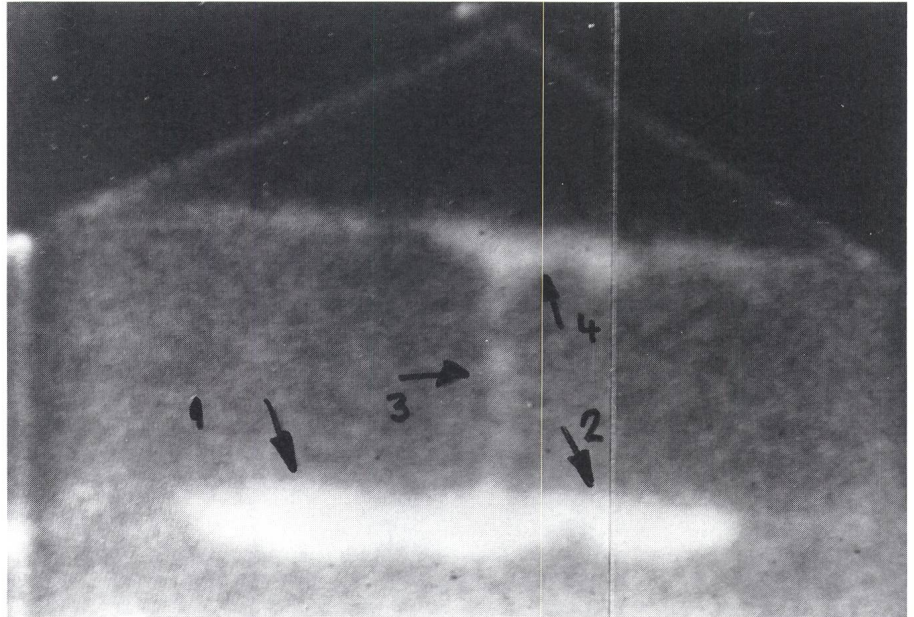
- Temperaturdifferenz minimal $10 \text{ }^\circ\text{C}$ über eine Zeitdauer von 12 h
- Keine Sonneneinwirkung auf die zu untersuchende Fläche
- Die letzte Sonneneinwirkung muss rund 6 bis 12 h zurückliegen
- Keine starken Windeinflüsse und keine Föhneinwirkungen
- Die Temperaturschwankung während der Messungen darf 30% der Temperaturdifferenz, welche zu Beginn der Messungen bestand, nicht überschreiten.

Vorgehen bei thermographischen Untersuchungen

Werden thermographische Untersuchungen angeordnet, so ist das zu untersuchende Objekt vorzubereiten. Hier hilft ein Merkblatt dem Auftraggeber, alle erforderlichen Randbedingungen so zu erfüllen, dass die günstigsten Untersuchungsbedingungen bestehen. Dennoch ist es möglich, dass die Untersuchungen durch Witterungseinflüsse kurzfristig abgesagt werden müssen.

Sind die Vorbereitungen abgeschlossen und die Messbedingungen erfüllt, erfolgen vorerst Untersuchungen der Aussenbauteile, um einen Gesamteindruck und eventuelle extreme Schwachstellen bereits feststellen zu können. Anschliessend werden die Untersuchungen vorwiegend vom Gebäudeinnern her fortgesetzt, indem man zuerst einen repräsentativen Referenzpunkt auswählt und diesen genau definiert (Temperaturmessung, eventuell Wärmeflussmessung). Sämtliche untersuchten Bauteile werden in der Folge immer wieder mit dem gewählten Referenzpunkt verglichen, wobei es möglich ist, festgestellte Abweichungen hinsichtlich Temperatur oder Wärmestrom zu quantifizieren.

Neben den thermographischen Kontrollen der zu untersuchenden



Figur 6 Wärmebrücken an einer Aussenwand, sichtbar gemacht mit der Thermographie-Aufnahme

Räume werden zusätzlich Temperaturmessungen, Differenzdruckmessungen, Windgeschwindigkeitsmessungen usw. vorgenommen, um eine vollständige Bestandesaufnahme zu garantieren.

Die spezifische Arbeit des Thermographiefachmanns beginnt eigentlich erst jetzt: Sämtliche Messdaten sind zusammenzufassen und auszuwerten. Voraussetzungen für eine aussagefähige Untersuchung sind neben der Kenntnis der messtechnischen Bedingungen ein breites Wissen in Bauphysik und Baustoffkunde.

Der Schlussbericht enthält sämtliche Thermogramme (teilweise über 40) sowie Auswertungen und stellt ein beachtliches Handbuch der Bestandesaufnahme dar, welches jederzeit Aussagen über den effektiven Gebäudezustand erlaubt.

5. Einsatzmöglichkeiten der Thermographie in der Energieberatung

«Wenn es warm wird, stimmt etwas nicht» – diese alte Weisheit hat noch heute Gültigkeit, denn in der Regel äussern sich Unzulänglichkeiten in Form von thermischen Unterschieden. Solche Unterschiede bedeuten aber auch Energieverluste, welche heute gezielt vermieden werden sollten. Hier öffnet sich ein breites Einsatzgebiet für die Thermographie, da mit diesem

Hilfsmittel (sonst verborgen bleibende) Schwachstellen definiert werden können.

Die Thermographie wird überall dort eingesetzt, wo aufgrund von Messwerten Rückschlüsse gezogen werden können. Im folgenden seien einige typische Anwendungsbeispiele der Thermographie im Bauwesen näher beschrieben.

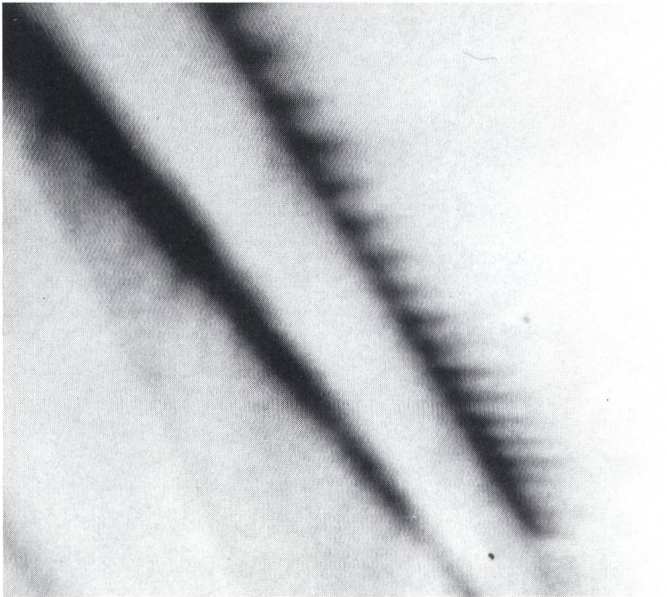
● Feststellen von Wärmebrücken

Nicht einwandfrei gedämmte Bauteile (Wärmebrücken, Fig. 6) sind oft die Ursache von Feuchteschäden oder Pilzbildung von Bauteilen. Mit Hilfe thermographischer Untersuchungen lassen sich solche Schwachstellen vor dem Auftreten eines Schadens erkennen. Anhand der örtlichen Verhältnisse ist eine Sanierung dem Schadenrisiko entsprechend vorzubereiten.

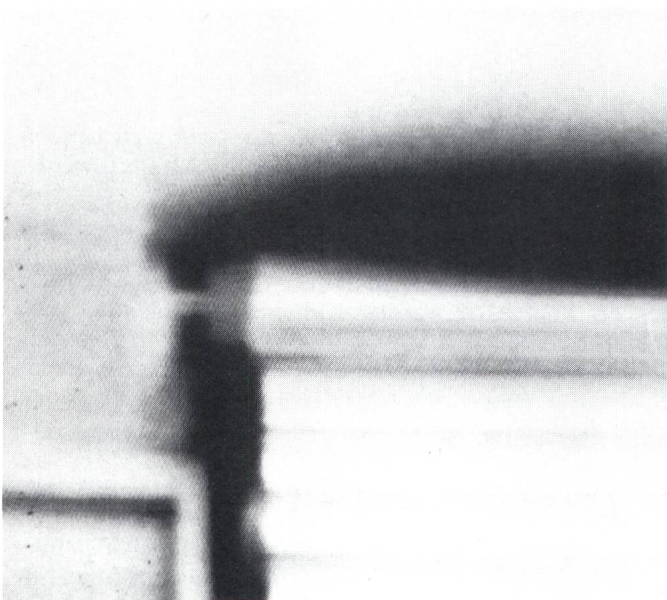
● Aussenuntersuchungen

Durch Aussenuntersuchungen erhält man einen Gesamteindruck eines Gebäudes oder eines Gebäudekomplexes ohne Eingriff in die Bausubstanz. Solche Untersuchungen sind in grösseren Gebäudeansammlungen sehr sinnvoll, da die Ergebnisse sofort Aussagen in bezug auf den wärmetechnischen Zustand ermöglichen. Der Energieberater oder der Baufachmann weiss, wo dringende Massnahmen mit wirtschaftlich vertretbarem Aufwand notwendig sind.

Bei Einfamilienhäusern sind die Aussenuntersuchungen ein Bestandteil



Figur 7
Schwachstellen an
der Gebäude-
konstruktion



Figur 8
Wärmeverluste durch
Undichtigkeiten am
Gebäude, sichtbar
gemacht durch
Innenuntersuchung

der Gesamtuntersuchungen. Die gewonnenen Aussagen erlauben einen Gesamtüberblick und die Definition extremer Schwachstellen. Im weiteren sind vielfach auch wertvolle Aussagen über die Dachkonstruktion oder über Unzulänglichkeiten im Mauerwerk möglich.

● Innenuntersuchungen

Die Innenuntersuchungen (Fig. 7 und 8) ermöglichen genauere Aussagen über ein bestehendes Schadenrisiko oder über erhöhte Energieverluste. Im weiteren kann durch Innenuntersuchungen das Ausmass einer Beeinflussung quantifiziert werden. Innenuntersuchungen werden auch notwendig, um eine von aussen festgestellte Schwachstelle genau zu definieren.

Luftströmungen in der Baukonstruktion treten in Öffnungen gegen innen – oder bei Überdruck im Gebäude – gegen aussen auf. Die Ursache der

Figur 9
Thermographie-
Aufnahme zeigt
Leckstelle in
Fussbodenheizung



Undichtheit deckt sich jedoch nicht immer mit der Stelle, wo die Zugerscheinungen gespürt werden. Hier ist die Thermographie gezielt einsetzbar, um die Schwachstelle beziehungsweise die Undichtheit in der Bauteilverbindung genau zu definieren, ohne in die Bausubstanz einzugreifen.

- *Nachkontrolle von Isolationsvorschriften, Abnahmekontrollen*

Im Werkvertrag definierte Anforderungen an die Wärmedämmung können mit Hilfe der Thermographie nachgewiesen werden. In diesen Fällen ist es vielfach auch ratsam, Wärmeflussmessungen über eine Zeitdauer von mindestens 24 Stunden anzuordnen. Vielfach ist eine thermographische Untersuchung integrierender Bestandteil eines Werkvertrages.

- *Auffinden von Lecks in Heizsystemen*

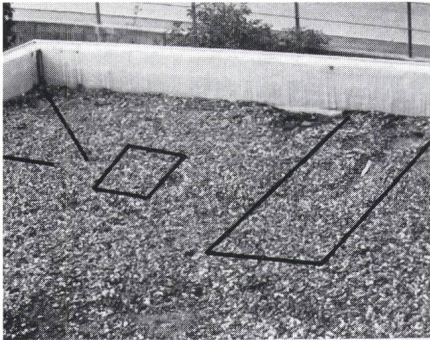
Die Definition von Leckstellen in Boden- oder Deckenheizsystemen erfolgt mit Hilfe der Thermographie (Fig. 9) schnell und zuverlässig. Auf diese Weise lassen sich Schadstellen mit kleinerem Aufwand als bis anhin ermitteln.

- *Leitungskartierung*

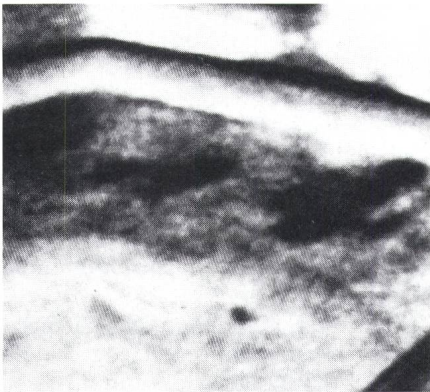
Die Heizschlangenföhrung lässt sich mit der Thermographie sichtbar darstellen. Vor- und Rücklaufleitungen können genau definiert werden. Bei Umbauten lässt sich dadurch das Risiko, eine Leitung anzubohren, total ausschalten.

- *Lecksuche in Fernheizleitungen*

Eine Lecksuche in Fernheizsystemen ist vielfach mit sehr grossen Kosten verbunden. Hier wurde das Thermographieverfahren bereits mehrmals erfolgreich eingesetzt. Lecks in 1,5 m



Figur 10 Normalaufnahme eines Flachdaches mit (unsichtbaren) Feuchteschäden



Figur 11 Thermographie-Aufnahme des Flachdaches macht Durchfeuchtung sichtbar

Erdreichtiefe konnten gezielt eingegrenzt und dadurch die Schäden klein gehalten werden.

● *Kontrollen von Bodenheizungen*

Oft ist es notwendig, Ursachen zu definieren, weil die Raumtemperatur in bestimmten Räumen nicht erreicht werden kann. Hier werden mit Hilfe der Thermographie zuverlässige Angaben erarbeitet, welche auch Aussagen über die Wirksamkeit der Heizanlage ermöglichen. Im Thermogramm kann man beispielsweise erkennen, dass die Bodenheizung in einem Wohnbereich nicht die erforderliche Heizleistung abgibt. Die Ursache liegt oftmals darin, dass die Decke gegen den unterliegenden Wohnraum, in welchem tiefere Temperaturen herrschen, nicht genügend isoliert wurde.

● *Sichtbarmachen von Feuchtstellen in der Bausubstanz*

Feuchte Bauteilzonen lassen sich mit Hilfe der Thermographie eingrenzen und gezielt definieren. Aufgrund der Messresultate und der örtlichen Verhältnisse werden so Aussagen in bezug auf die Ursache der Feuchteschäden abgeleitet.

● *Feststellen von Feuchtezonen in Dachkonstruktionen*

Durchnässte Bereiche in Flachdächern lassen sich mit Hilfe der Thermographie vorwiegend in den Sommermonaten feststellen (Fig. 10 und 11). Hier kann das Hilfsmittel Thermographie wesentlich dazu beitragen, die Sanierungskosten zu reduzieren – ein Vorteil für alle Beteiligten.

● *Feststellen von Trägern, Leitungen, Hohlräumen oder Findlingen in der Bausubstanz*

Bei Renovationen alter Bausubstanz treten oftmals Probleme zutage, welche nicht vorausgesehen werden können. Ein Träger kommt zum Vorschein (Fig. 12), oder es findet sich in einem vorgesehenen Durchbruchbereich ein grosser Findling. Diese Probleme können mit Hilfe der Thermographie vor der Inangriffnahme der Arbeiten abgeklärt werden, so dass grössere Überraschungen erspart bleiben.

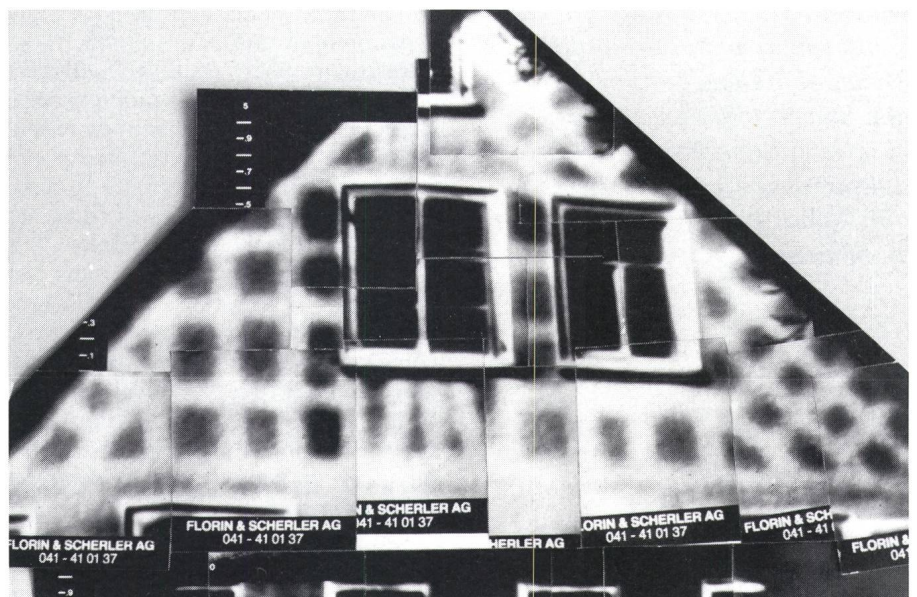
Die Aufzählung der Möglichkeiten liesse sich beliebig fortsetzen. Der Einsatz des Hilfsmittels Thermographie ist in sehr vielen Fällen wirtschaftlich vertretbar, wobei die Anwendung jeweils genau überprüft und abgesprochen werden muss.

Wichtig ist, dass die jeweiligen Randbedingungen eingehalten werden. Es ist jedoch schwierig, die Randbedingungen für das gesamte Anwendungsgebiet zu definieren.

6. Zusammenfassung

Der vorliegende Beitrag beschreibt die Anwendung der Thermographie im Bauwesen. Ziel war es, die physikalischen Zusammenhänge aufzuzeigen und die vielfältigen Einsatzbereiche der Thermographie darzustellen. Es wurde ersichtlich – belegt durch die Beispiele aus der Praxis –, dass sich das Thermographieverfahren im Bauwesen sehr effektiv für die wärmewirtschaftliche Bewertung von Alt- und Neubauten, für Bestandaufnahmen, Kontrollen und Fehlerfrüherkennung einsetzen lässt. Voraussetzungen für aussagefähige Untersuchungen sind neben der Kenntnis der messtechnischen Bedingungen auch ein grosses Wissen in Bauphysik und Baustoffkunde. Die Erfahrung zeigt, dass die Untersuchungen und vor allem die Auswertung von Thermogrammen infolge der individuellen Bedingungen nicht mit Erfolg nach einem festen Schema ablaufen können, sondern immer den erfahrenen Fachmann beanspruchen.

Da die Anschaffung der Messausrüstung mit vielseitigem Zubehör für kleinere und mittlere Betriebe aus finanziellen Gründen kaum in Frage kommen dürfte, wird dieses Messverfahren als Dienstleistung angeboten. Messspezialisten können zur Lösung entsprechender Probleme vom Fachmann oder vom Bauherrn aufgebitten werden.



Figur 12 Verborgene Konstruktionen, sichtbar gemacht mittels Thermographie