

Anwendungen aktiver Thermografie im Hochbau

Georg DITTIÉ¹¹ Dittié Thermografie, Königswinter

Kontakt E-Mail: dittie@thermografie.de

Kurzfassung. Die aktive Thermografie spielt als zerstörungsfreies Diagnoseverfahren im Hochbau eine immer weiter zunehmende Rolle, wobei die Erfahrung als Bausachverständiger zeigt, dass die große Mehrheit der Prüfaufgaben immer gleich sind oder sich stark ähneln. Auf dem Poster wird eine Tabelle mit den Aufgabenstellungen gezeigt, die in der Praxis am häufigsten vorkommen und deshalb als Standardfälle angesehen werden können. Diese Tabelle soll Anwendern von Thermografie als ZfP-Verfahren zur Orientierung dienen, wie ein Standardprüffall erfolversprechend zu bearbeiten ist und zu welchem Fall die geeigneten Kombination aus Anregungsmethode und -dauer, Aufnahmeart und Auswertemethode am besten passt. Rund um die Anwendungstabelle werden Beispiele zu den einzelnen Prüfaufgaben vorgestellt.

Einführung

Durch die Entwicklungen der letzten ca. 15 Jahre ist die Übertragung aktiver Thermografieverfahren in die Verhältnisse des Bauwesens so weit gediehen, dass sie als Standard angesehen werden dürfen und regelmäßig zum Einsatz kommen.

Dabei sind für die Gebäudeanalyse im Hochbau diese Möglichkeiten entstanden:

- Die aktive Thermografie ist saisonal und vom Messort unabhängig.
- Thermografische Verfahren sind zerstörungsfrei und daher wirtschaftlich sehr attraktiv.
- Durch die Erkundung von Verfahren, deren Möglichkeiten und den Einsatzlimits im Hochbau hat sich herausgestellt, dass aktive Thermografie sehr häufig, mit angemessenem Preis und ohne großen Aufwand durchgeführt werden kann.
- Aktive Thermografie eignet sich daher auch und insbesondere zur Lösung kleinerer und akuter Aufgabenstellungen.
- Aktive Thermografie stört nicht den Betrieb eines Gebäudes.

Es haben sich eine Reihe von Standardverfahren herauskristallisiert, die immer wieder so angewendet werden. Haupteinsatzgebiet ist die Untersuchung von Schäden an Gebäuden.

Obwohl die Möglichkeiten, Anwendungsmethoden und Einsatzgrenzen mittlerweile gut bekannt und verlässlich reproduzierbar sind, werden aktive Verfahren bislang nur von wenigen Bausachverständigen bewusst eingesetzt.



Lizenz: <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.de>

Zitat Benjamin Standecker vom VATH: „Viele Kolleginnen und Kollegen wenden aktive Thermografie an, ohne sich dessen bewusst zu sein“ (durch Aufnahmen nach nicht bewusst wahrgenommenen Aufheiz- oder Abkühlprozessen)

Im Hochbau liegt die Bedeutung der thermografischen Verfahren darin, dass neben der technischen Sicherheit mit der gewonnenen Information auch Recht gesprochen wird und der Streitwert dabei in fünf-, sechs und gar siebenstelliger Höhe liegen kann.

Um so mehr ist es notwendig, nachzuweisen, dass die aktiven thermografischen Verfahren auch im Hochbau Stand der Technik sind. Das soll das Merkblatt B05 in der Neuauflage leisten. Im Folgenden werden drei ganz typische Standardanwendungen vorgestellt, die auch als Beispiele in das neue Merkblatt einfließen

1. Anwendung an einem Wärmedämmverbundsystem

Aufgabenstellung: Auf der Innenseite eines Neubaugruppe sind stellenweise Feuchteschäden aufgetreten, wobei der Verdacht bestand, dass Wasser zwischen die Wärmedämmung und die tragende Wand eingedrungen ist. Mittels aktiver Thermografie soll das Wärmedämmverbundsystem aller drei Gebäude vollflächig auf eingedrungenes Wasser hin untersucht werden.

Verfahren: Es wird naturangeregte aktive Bauthermografie angewandt. Dabei wird ausgenutzt, dass feuchte Bausubstanz durch das eingedrungenen Wasser eine höhere Wärmekapazität als trockene hat und deshalb sich langsamer aufheizt- bzw. abkühlt. Feuchte Stellen werden sich nach einiger Zeit abweichend warm zeigen.

Anregung: Abendliche Abkühlung nach einem sonnigen Tag mit einer zu erwartenden Temperaturabsenkung von 8K und mehr (Voraussage Wetterdienst).

Aufnahme: Jeweils eine Einzelaufnahme einer Teilfläche: Zum vollflächigen Ablichten der zu untersuchenden Gebäude wurden etwa 20 – 25 Thermogramme benötigt. Um Störungen durch vorangegangene Sonneneinstrahlung/Abschattungen zu vermeiden, wurden die Aufnahmen ca. 30 Minuten nach Sonnenuntergang aufgenommen.

Auswertung: Level und Span anpassen, da während einer Abkühlphase aufgenommen wurde, nach wärmer gebliebenen Stellen suchen. Die erhöhte Wärmekapazität der durchfeuchteten Zonen zeigt sich als erhöhte Temperatur im sich abkühlenden Umfeld.



bb 1: Foto und Thermogramm eines WDVS mit undichtem Regenfallrohr (rot markiert)

An insgesamt drei Gebäuden konnte genau diese eine Schadensstelle sicher aufgefunden werden: Der Anschluss der Kanne des Regenfallrohrs an die Terrassenentwässerung ist undicht. Da alle anderen Teile des WDVS intakt sind, ist die Nachbesserung einfach und effektiv durchführbar. Besonders hervorzuheben ist hier, dass keine Flächen am WDVS geöffnet und damit zerstört und wieder hergestellt werden müssen, nur um weitere defekte Stellen zu suchen.



Abb 2: Das Thermogramm lässt den direkten Vergleich der schadhaften (feuchten) Zone mit einer trockenen zu. Die im Wasser gespeicherte Tageswärme lässt sich noch längere Zeit nach Sonnenuntergang nachweisen.

2. Anwendung Ursachenermittlung von Fleckbildungen an dünnen Putzschichten

Aufgabenstellung: An der Decke eines Schlafraumes, der auch als Sportraum genutzt wird, treten deutliche Flecken an der Anschlusskante zur Fensterwand auf. Es ist zu untersuchen, ob die Flecken durch eine Undichtigkeit der Terrasse über dem Raum oder durch zu hohe Luftfeuchtigkeit im Raum verursacht werden. Je nach Befund sind sehr unterschiedliche Maßnahmen zur Behebung erforderlich: Die Erneuerung einer Terrassenabdichtung oder die Verbesserung der Lüftungssituation des Raumes – und natürlich die Klärung der Frage, wer diese Maßnahmen bezahlt. Im Vorfeld der Untersuchung kam es zur Auffassung, dass die allgemeine Luftfeuchte im Raum zu hoch sei und deshalb ein fehlerhaftes Nutzerverhalten vorliegt.

Verfahren: Es wird aktive Bauthermografie mittels künstlicher Aufheizung angewandt. Dabei wird ausgenutzt, dass feuchte Bausubstanz durch das eingedrungenen Wasser eine höhere Wärmekapazität als trockene hat und deshalb die Heizwärme nicht so schnell annimmt. Oberflächliche Schimmelschäden durch zu hohe Luftfeuchte weichen aber nicht in der Wärmekapazität ab.

Anregung: Aufheizung des ca. 15 m² großen Raumes mittels eines 3kW-Bauheizlüfters für fünf Minuten. Der Anstieg der Lufttemperatur beträgt dabei um die 5 – 7 K.

Aufnahme: Jeweils eine Einzelaufnahme einer Teilfläche. Zum vollflächigen Ablichten der Schadensstellen werden nur wenige Thermogramme gebraucht.

Auswertung: Level und Span anpassen. Durchfeuchtete Stellen können der ansteigenden Temperatur nicht folgen und bleiben daher kühler als trockene, wobei in die Bausubstanz eingearbeitetes Dämmmaterial besonders schnell oberflächlich warm wird.

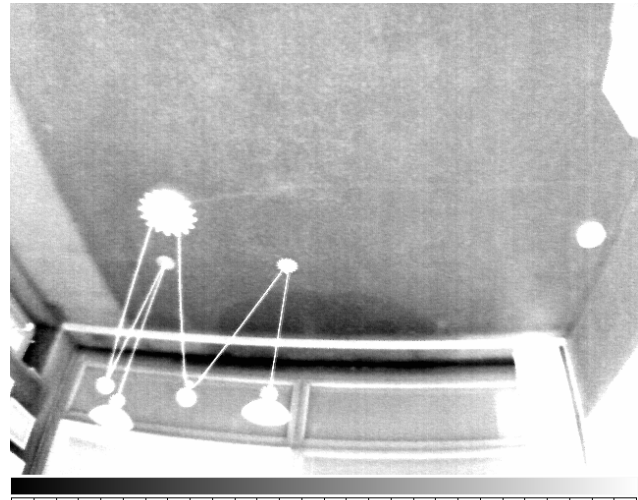


Abb 3: Zimmerdecke mit auffälligem Fleck am Fensterrahmen oben, rechts das zugehörige Thermogramm mit halbkreisförmiger kühler, weil feuchter Zone und links seitlich eingearbeitetem Dämmstreifen.

Nach kurzer Aufheizung zeigt sich eine kühl bleibende Zone im nur millimeterdünnen Deckenputz, deren Ausbreitungsmittelpunkt genau dort liegt, wo der sichtbare braune Fleck liegt: Es dringt Wasser von der darüber liegenden Terrasse ein, wobei es ein lokales Leck gibt. Ganz links in der Ecke am Fensterpfeiler gibt es eine zweite Eindringstelle: Fehlerhaftes Lüften liegt hier nicht vor, vielmehr ist die Terrassenabdichtung darüber undicht.

Dieses Beispiel zeigt besonders, wie auch bei sehr kleinen Fragestellungen Sicherheit durch aktive Thermografieverfahren geschaffen werden kann. Der Aufwand ist minimal: Zur IR-Kamera kommt nur ein tragbarer Heizlüfter und 5 Minuten Messzeit hinzu, so dass sich die zuständige Hausverwaltung bereit erklärt hat, zur Klärung dieses Falls eine objektive und zerstörungsfreie Untersuchung einzusetzen und eine unnötige Auseinandersetzung von vorneherein zu vermeiden.

3. Anwendung Nachweis von verborgenen Strukturen in nachträglich veränderten Bauwerken

Aufgabenstellung: Ein ehemaliger Pferdestall eines Gutshofs ist sehr aufwendig in gehobenen Wohnraum umgewandelt worden. In diesem Stall gab es auch eine Schmiedesse zum Beschlagen der Pferde, die nach Um- und Ausbau nur überputzt, aber nicht vollständig entfernt wurde und deshalb bis jetzt stark riechende Verbrennungsprodukte (VOC) abgab, die sich im porenoffenen Ziegelmazewerk über lange Jahre angereichert hatten. Mittels aktiver Thermografie ist die verborgene Esse in einer Trennwand aufzufinden und deren verbliebener Umfang festzustellen, damit die Esse entfernt werden kann, ohne den Gesamtausbau rückbauen zu müssen.

Verfahren: Es wird aktive Bauthermografie nach dem Puls-Phasen-Verfahren angewandt. Dabei wird ausgenutzt, dass die Esse von der Dichte, Wärmeleitung und der Wärmekapazität (zusammen Diffusivität) sehr inhomogen ist. Wegen der unbekanntem Tiefe unter homogenem Putz ist mit sehr geringem Kontrast zu rechnen, daher ist die Nachweissicherheit der Puls-Phasen-Thermografie gefragt.

Anregung: Aufheizung in Frage kommenden Wandflächen mittels eines 3kW-Bauheizlüfters für 8 Minuten (währenddessen 48 Aufnahmen), danach Wiederabkühlung für weitere 8 Minuten (währenddessen weitere 48 Aufnahmen).

Aufnahme: Während der Aufheizung und Abkühlung alle 10 Sekunden ein Thermogramm, insgesamt 96. Die Zahl 96 ist kein Muß, optimiert aber etwas die Rechengeschwindigkeit der DFT-Auswertung.

Auswertung: Erstellung eines Phasenbildes per DFT. Das Phasenbild der 1. Harmonischen wird danach in Level und Span so angepasst, dass ein guter, qualitativer Kontrast entsteht. Wichtig ist der Hinweis, dass das Phasenbild keine Temperaturen mehr abbildet. Daher ist es wichtig hier die (überflüssige) Skalierung wegzulassen, um unnötige Diskussionen zu vermeiden.

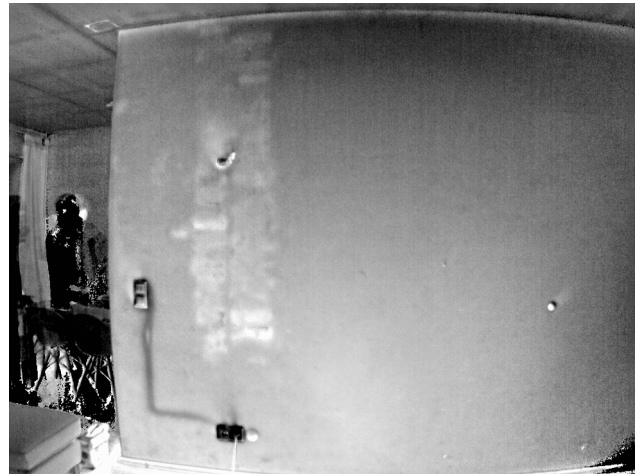
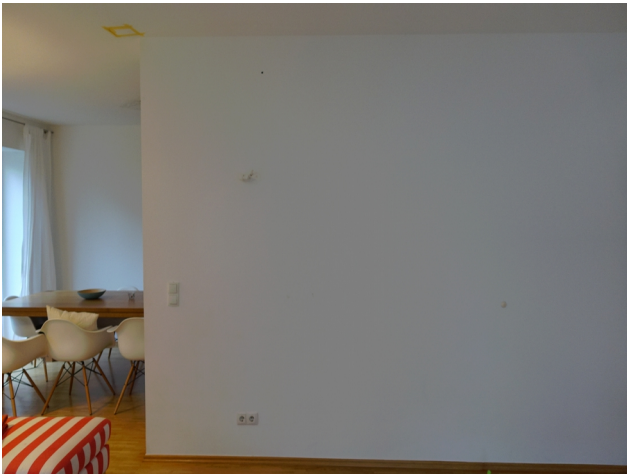


Abb 4: Die neu verputzte Trennwand mit der vermuteten Schmiedeesse, die unangenehme Teergerüche abgibt: Im Phasenbild ist Ort, Ausdehnung und Bauweise der ehemaligen Schmiedeesse in der Wand klar erkennbar.

Das Phasenbild der 1. Harmonischen bringt die Lage des verborgenen Esse sofort an den Tag: Ruß, Teere und die extremen Temperaturwechsel haben das Mauerwerk der Esse gegenüber der übrigen Wand aus porenoffenen Niederbrandziegeln sehr inhomogen werden lassen. Die Esse erstreckt sich ab Hüfthöhe bis über die Decke, ist aber sehr schmal, während die übrige historische Bausubstanz so erhalten werden kann.



Abb 5: Wie nötig die Puls-Phasen-Thermografie hier gewesen ist, zeigt der Vergleich zu einem Einzelbild am Ende der Aufheizphase: Die Esse ist allenfalls nur schwach und nicht in ihrer vollen Ausdehnung nachweisbar.

Jetziger Stand, Notwendigkeit von Regelwerken

Der jetzige Stand ist, dass die aktive Thermografie sich in der Regel als sehr einfaches Verfahren für die Alltagspraxis herausgestellt hat, dessen Aufwand kaum größer als der für die herkömmliche passive Gebäudethermografie ist. Die drei dazu vorgestellten Beispiele entstammen der neueren Praxis und stellen Stichproben aus dem Anwendungsalltag eines Bausachverständigen dar:

Die aktive Thermografie ist nach einiger Entwicklung zu einem Standardverfahren zur Bauwerksanalyse im Hochbau geworden. Darüber ist auch mehrfach schon berichtet worden [Lit 1 bis 5] Es stehen für die Standardanwendungen zur Bauwerksprüfung jetzt Handlungsanleitungen und Grenzwerte zur Anwendbarkeit zur Verfügung, die mit zunehmender Erfahrung erweitert werden.

Dabei ist zu beachten, dass es bei der Bauwerksanalyse um erhebliche Werte geht, entweder bei der Beseitigung von Schäden oder auch bei der juristischen Bewertung. Neben der Frage nach einer Schadensursache und den Kosten zu deren Beseitigung stellt sich ja auch die Frage, wer für diese Kosten aufkommt.

Um die Qualität und die Aussagesicherheit aktiver Thermografieverfahren zu gewährleisten, braucht es Standards. Insbesondere im juristischen Bereich ist der Nachweis erforderlich, dass die aktiven Verfahren „den allgemeinen Stand der Technik“ erreicht und keinen experimentellen Status mehr haben.

Dazu sind Regelwerke wie die Neuauflage des Merkblatts B05 unbedingt erforderlich, bevor Normen zum Thema langfristig entwickelt werden. [Lit 6] Insbesondere im juristischen Umfeld ist dann eine Anwendung moderner und objektiver Messverfahren wie der aktiven Thermografie möglich, wenn die immer wieder gestellte Frage, ob das Verfahren “Anerkannter Stand der Technik” sei, als gegeben vorrausgesetzt werden kann.

Die vorläufige Anwendungstabelle

Anwendung	Anregung	Aufnahme	Auswertung
Feuchte, Fugen, Dübel in Wärmedämmung	Abendliche Abkühlung	Einzelaufnahme	Bearbeitung Einzelbild (Rauschen, Bildebnung)
Schichtablösungen außen	Besonnung, Temperaturanstieg	Einzelaufnahme	Bearbeitung Einzelbild (Level/Span, Bildebnung)
Feuchte Bausubstanz außen	Tagestemperaturgang vormittags und abends	Einzelaufnahme	Bearbeitung Einzelbild (Level/Span, Bildebnung)
Ablösung innen von Putz und Fliesen	Warmluftgebläse	Einzelaufnahme	Bearbeitung Einzelbild (Level/Span)
Feuchtigkeit innen	Warmluftgebläse	Einzelaufnahme	Bearbeitung Einzelbild (Level/Span)
Ablösung innen von Farbe und Beschichtung	Warmluftgebläse, IR-Lampen	Einzelaufnahme	Bearbeitung Einzelbild (Level/Span)
Bauwerksstruktur außen (geringer Kontrast)	Besonnung, Tagestemperaturgang	Reihenaufnahme	Mittelwertbildung
Bauwerkstruktur innen (Oberfläche gestört)	Warmluftgebläse, IR-Lampen	Reihenaufnahme	Phasenbild

Ausblick:

Viele kleine Aufgaben wurden bislang per „Sichtprüfung“ und „qualitativer Bewertung“ beantwortet, was aber sehr unsicher und nicht objektiv nachvollziehbar sein kann. Durch die Subjektivität dieser altherkömmlichen Bewertungsmethoden von Bauschäden ist es regelmäßig zu Auseinandersetzungen gekommen.

Der geringe Mehraufwand der aktiven Bauthermografie in Standardanwendungen macht auch die Bearbeitung solcher Aufgaben sicher und objektiv durchführbar. Zur sowieso eingesetzten IR-Kamera kommt lediglich ein Gerät zum Aufheizen wie ein Halogenstrahler oder ein Heizlüfter hinzu, bei Außenarbeiten ist lediglich der passende Aufnahmezeitpunkt zu wählen.

Das sollte sich in der Branche durchsetzen, wo zu eben sichere technische Grundlagen und weiterhin auch viele Präsentationen gehören, was moderne, objektive Messtechnik wie die aktive Thermografie im Hochbau zu leisten vermag.

Referenzen

- [1] Ch. Maierhofer et al., Untersuchung der Putzritzen am Magdeburger Dom mit aktiver Thermografie und optischen 3D-Messverfahren, Beitrag zum DGZfP Kolloquium 2013 in Stuttgart
- [2] A. Brink et al., Anwendung der Impuls-Thermografie als quantitatives zerstörungsfreies Prüfverfahren im Bauwesen, NDT.issue 2002.11
- [3] G. Dittié, Beitrag zum DGZfP Kolloquium 2019 in Halle
- [4] G. Dittié, Beitrag M 1 B1 zur DACH-Jahrestagung 2015 in Salzburg
- [5] G. Dittié, Beitrag 17 zur Fachtagung Bauwerksdiagnose 2016 der BAM in Berlin
- [6] A. Walther, Merkblatt B 05 der DGZfP über das aktive Thermographieverfahren zur Zerstörungsfreien Prüfung im Bauwesen, April 2013