

Dipl.-Ing. Norbert Glantschnigg

Allgemein beeideter gerichtlicher Sachverständiger für Bauwesen

Infrarotthermographische Messungen in der Bautechnik Praktische Anwendungsfälle für Sachverständige

1. Einleitung

Für die praktische Anwendung der Infrarotthermographie im Bauwesen für Sachverständige werden nachfolgend erprobte Anwendungsfälle und ihre Ergebnisse beschrieben und kommentiert.

Die beschriebenen Anwendungsfälle der Infrarotthermographie im Bauwesen wurden im Rahmen eines Forschungsprojektes im Auftrag des Forschungsförderungs fonds für die gewerbliche Wirtschaft (Impulsförderung der öffentlichen Hand) erarbeitet und erprobt. Eine Weiterführung dieses Forschungsprojektes ist vorgesehen, so dass in naher Zukunft ein Bericht über weitere Anwendungsfälle, beispielsweise bei der Altlastsanierung und im Deponiebereich, erwartet werden kann.

ANWENDUNGSFALL (1)

Klärung der Ursachen von Außenwanddurchfeuchtungen

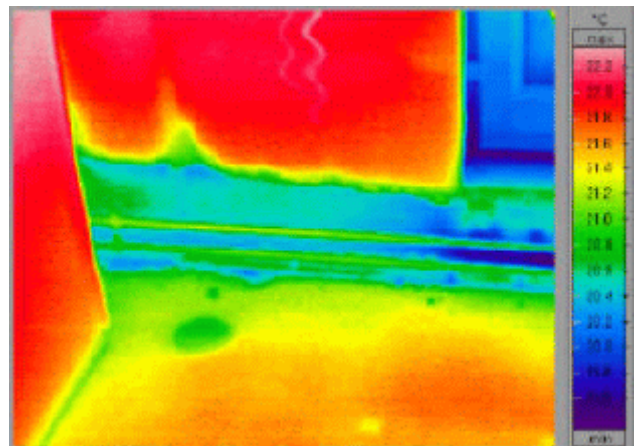
**PROBLEM-
STELLUNG**

Bei Durchfeuchtungsschäden an Bauteilen ist die Klärung der Ursachen der Durchfeuchtung vor einer eventuellen Sanierung erforderlich und muß festgestellt werden, ob und wie weit ein Feuchtenachschub gegeben ist. Weiteres ist das Ausmaß der betroffenen Bauteile festzustellen.



**ERGEBNISSE DER
INFRAROT-
THERMOGRAPHIE**

Infrarotthermographische Bildaufnahmen zu Anwendungsfall (1) zeigen eventuell vorhandene Wassereintritte im Bereich des Anschlusses der Außenwand an die Bodenplatte, Fehlstellen in der Bodenplatte selbst und Durchfeuchtungen des Estriches.



**ERGÄNZENDE
BAUWERKS-
UNTERSUCHUNGEN**

Durch ergänzende Feuchtegehaltsprüfungen mit der Darr-Methode in verschiedenen Tiefenstufen unter der Wandoberfläche kann ein eventuell vorhandenes Feuchtegehaltsgefälle nachgewiesen oder ausgeschlossen werden.

**KOMMENTAR UND
INTERPRETATION**

Infrarotthermographische Bildaufnahmen zeigen Problemstellen und Wassereintrittswege auf. Die Ergebnisse sind durch Feuchtegehaltsprüfungen mit der Darr-Methode zu verifizieren.

ANWENDUNGSFALL (2) Auffinden von beginnenden Beschichtungsablösungen im Fahrbahnbereich

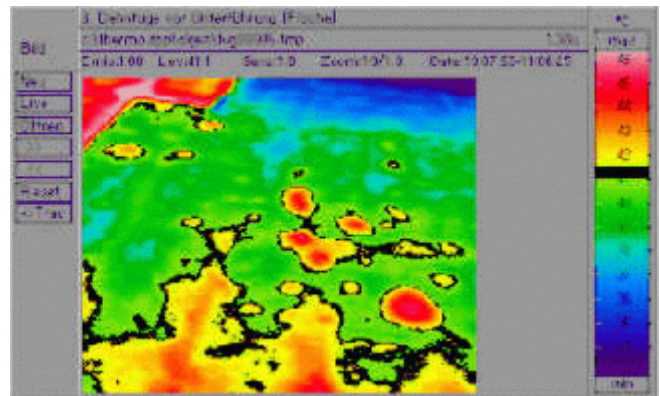
PROBLEM- STELLUNG

Bituminöse Abdichtungen auf Betonbauwerken (z.B. auf Brücken oder in Unterführungen) können unter bestimmten Randbedingungen Ablösungsschäden zeigen. Es ist zu klären, welches Ausmaß diese Ablösungen aufweisen und ob dieses Ausmaß noch toleriert werden kann.



ERGEBNISSE DER INFRAROT- THERMOGRAPHIE

Durch die flächenhafte Feststellung der unterschiedlichen Temperaturableitung in den Untergrund lassen sich abgelöste Bereiche eingrenzen, in diesen Bereichen erwärmt sich die Oberfläche mehr als in Bereichen mit gutem Untergrundverbund.



ERGÄNZENDE BAUWERKS- UNTERSUCHUNGEN

Durch die Prüfung der Haftzugfestigkeit der bituminösen Abdichtung auf dem Untergrund an Problemstellen lässt sich der Toleranzbereich für Temperaturunterschiede ermitteln.

KOMMENTAR UND INTERPRETATION

Der Einsatz der Infrarotthermographie bei der flächenhaften Bauwerksuntersuchung an Beschichtungen zeigt Unregelmäßigkeiten auf, deren Auswirkungen in punktuellen Bauwerksuntersuchungen festgestellt werden kann.

ANWENDUNGSFALL (3) Feststellung der Lage von Wasserdurchtrittsstellen im Hochbau

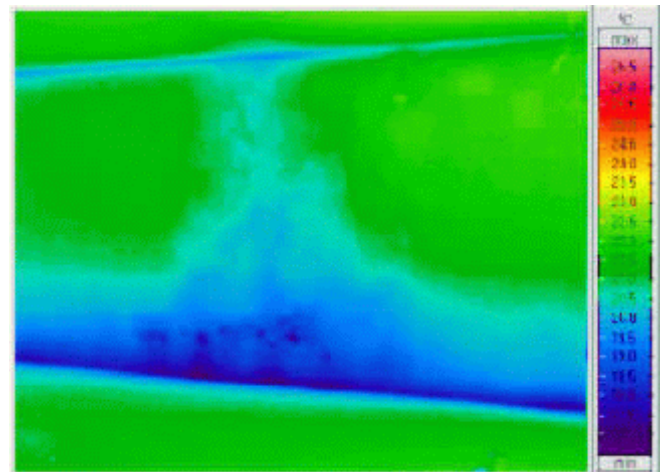
PROBLEM- STELLUNG

In wasserdichten Bauwerken (z.B. Keller und Tiefgaragen im Grundwasser) können Durchfeuchtungen in Bereichen auftreten, die nicht an den Wassereintrittsstellen direkt liegen. Die Lage und das Ausmaß dieser Wassereintrittsstellen ist zu orten.



ERGEBNISSE DER INFRAROT- THERMOGRAPHIE

Die infrarotthermographischen Bildaufnahmen zeigen Lage und Ort der Wassereintrittsstellen.



ERGÄNZENDE BAUWERKS- UNTERSUCHUNGEN

Durch örtliches Freilegen können die konstruktiven Mängel festgestellt werden.

KOMMENTAR UND INTERPRETATION

Die flächenhafte Bauwerksuntersuchung mit der Infrarotthermographie zeigt rasch und zerstörungsfrei Mangelstellen auf.

2. Grundlagen der Infrarotthermographie

Die Infrarotthermographie ermöglicht die Messung von Oberflächentemperaturen mit jüngsten Technologien und einem Genauigkeitsgrad von rd. 0,1 K. Durch den gezielten Einsatz dieses Meßverfahrens im Bauwesen können eine Reihe von umweltrelevanten Fragen beantwortet werden, vorausgesetzt der Einsatz wurde methodisch erforscht. Möglich ist beispielsweise das Aufspüren von Altlasten im Deponiebaubereich, die Klärung der Ursachen von Schadensfällen, etwa durch Feuchte im Baubereich, aber auch der klassische Fall des Aufspürens von Kältebrücken im Heizungsbereich.

Die Temperatur ist eine thermodynamische Größe, definiert durch die Zustandsgleichung für ideale Gase und durch Gesetze, die aus der statistischen Mechanik abgeleitet wurden. Mit Hilfe dieser Gesetze hat man eine internationale Temperaturskala festgelegt, zuletzt im Jahr 1990 (ITS-90).

Die Temperaturen der Oberflächen von Körpern kann man berührungslos mit Hilfe der Wärmestrahlung messen. Diese elektromagnetische Wärmestrahlung wird thermisch angeregt und hängt von der Temperatur und der Oberflächenbeschaffenheit des strahlenden Körpers ab. Sie heißt auch Temperaturstrahlung und ist überwiegend dem infraroten Spektralbereich zuzuordnen, das heißt, sie ist längerwelliger als das rote Licht, weshalb sie als "infrarote" Strahlung bezeichnet wird.

Die "infrarote" Strahlung hat, wie die ultraviolette, alle physikalischen Eigenschaften des sichtbaren Lichtes. Der einzige Unterschied ist die größere Wellenlänge und damit die kleinere Frequenz.

Infrarotthermographiegeräte, auch Wärmebildkameras genannt, sind Systeme, welche die Strahlung eines Objektes im Infrarotbereich visuell zugänglich machen. Dabei wird ein Bild aus vielen einzelnen Bildpunkten zu einem Gesamtbild zusammengesetzt.

ANWENDUNGSFALL (4) Ortung und Eingrenzung von Wärmebrücken an beheizten Wohnbauten

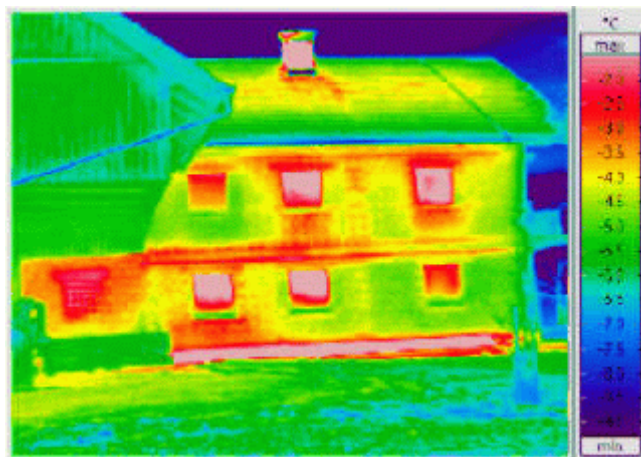
PROBLEM-
STELLUNG

Wenn die Wärmedämmung von Außenbauteilen eines Gebäudes Unregelmäßigkeiten aufweist, entstehen Temperaturschwankungen an den Oberflächen der Konstruktion. Anhand der Oberflächentemperatur sind daher Wärmebrücken nachweisbar, die durch konstruktive Verbesserungen behoben werden können.



ERGEBNISSE DER
INFRAROT-
THERMOGRAPHIE

Die Infrarotthermographie zeigt Lage, Ausmaß und Auswirkung fehlerhafter Wärmedämmung.



ERGÄNZENDE
BAUWERKS-
UNTERSUCHUNGEN

Durch Sondierungsbohrungen und endoskopische Untersuchungen kann die tatsächlich vorhandene konstruktive Ausbildung problematischer Detailpunkte ermittelt werden.

KOMMENTAR UND
INTERPRETATION

Die vollflächige infrarotthermographische Untersuchung von Fassaden und Dächern zeigt Problemstellen mit fehlerhafter Wärmedämmung an Bauwerken rasch und zuverlässig auf. Für zielführende Sanierungsvorschläge sind Sondierungsbohrungen und endoskopische Untersuchungen erforderlich.

ANWENDUNGSFALL (5) Klärung der Ursachen von Schimmelbildungen in Raumeckbereichen

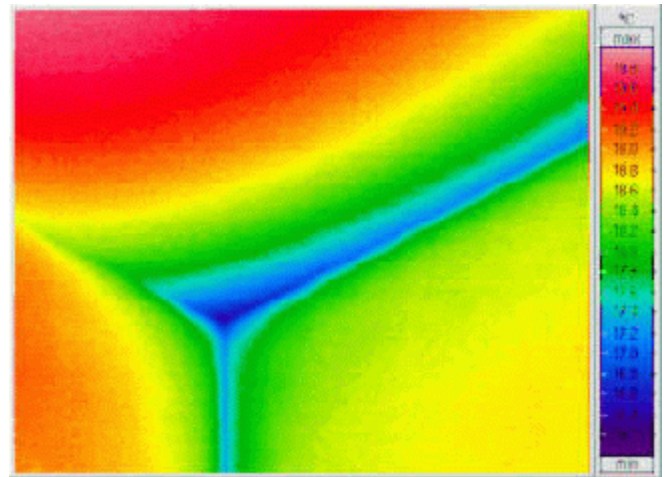
PROBLEM- STELLUNG

Bei Schimmelbildungen in Raumecken ist die Frage zu klären, ob eine Wärmebrücke zu unzulässig niedrigen Oberflächentemperaturen führt oder andere Einflüsse (Nutzerverhalten, Lüftung) für die Schimmelbildungen maßgebend sind.



ERGEBNISSE DER INFRAROT- THERMOGRAPHIE

Die Infrarotthermographie ermöglicht den Nachweis eventuell vorhandener fehlerhafter Wärmedämmung.



ERGÄNZENDE BAUWERKS- UNTERSUCHUNGEN

Raumklimamessungen über einen längeren Beobachtungszeitraum mit elektronischer Datenerfassung ermöglichen den Nachweis der Randbedingungen, die zur Unterschreitung der Taupunkttemperatur an Bauteiloberflächen und damit zur Kondenswasserbildung als Ursache der Schimmelbildungen führen.

KOMMENTAR UND INTERPRETATION

Durch infrarotthermographische Bildaufnahmen kann die Verantwortlichkeit von Schimmelbildungen in Wohnräumen (mangelhafte Baukonstruktion oder fehlerhaftes Nutzerverhalten) eindeutig geklärt werden. Ergänzende Raumklimamessungen mit elektronischer Datenerfassung über längere Beobachtungszeiträume sind erforderlich.

3. Anwendung im Bauwesen

Durch infrarotthermographische Bildaufnahmen werden Oberflächentemperaturverteilungen an ganzen Bauwerken und Bauteilen ermittelt und zwar anhand der spektralen Strahlungstemperaturverteilung, die mit einem Wärmebild-Kamerasystem mit elektronischer Datenaufzeichnung gemessen wird.

Es wird geprüft ob die vorhandene Oberflächentemperaturverteilung "anormal" ist, das heißt, ob sie zum Beispiel durch fehlerhafte Wärmedämmung, durch erhöhten Feuchtegehalt und/oder durch Luftdurchlässigkeit bzw. sonstige Einflüsse (inhomogene Strömung) verursacht ist.

Durch ergänzende Bauwerksuntersuchungen an vorausgewählten Prüfstellen werden die Ursachen "anormaler" Oberflächentemperaturverteilungen verifiziert.

ANWENDUNGSFALL (6) Feststellung der Lage von Heizungsleitungen

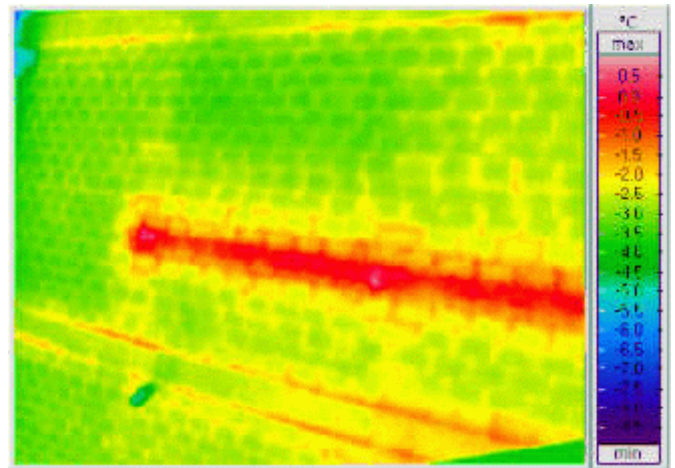
PROBLEM- STELLUNG

Insbesondere bei Umbaumaßnahmen in Altbauten treten immer wieder Schäden an Rohrleitungen durch Anbohren, Anstemmen und sonstige mechanische Beeinträchtigung auf.



ERGEBNISSE DER INFRAROT- THERMOGRAPHIE

Die genaue Lage von (auch mit geringen Temperaturunterschieden zur angrenzenden Umgebung) Rohrleitungen in unzugänglichen Bauteilen ist einfach feststellbar.



ERGÄNZENDE BAUWERKS- UNTERSUCHUNGEN

Die Funktion der georteten Rohrleitungen ist anhand der Gebäudeinstallation und Haustechnik festzustellen.

KOMMENTAR UND INTERPRETATION

Durch den vorlaufenden Einsatz der Infrarotthermographie lassen sich Schäden an Rohrleitungen durch Baumaßnahmen und damit erforderliche Versicherungsleistungen bei Rohrbrüchen vermeiden.

ANWENDUNGSFALL (7)

Nachweis von Dichtheitsmängel an Schlitzwänden im Grundwasser im städtischen Tiefbau

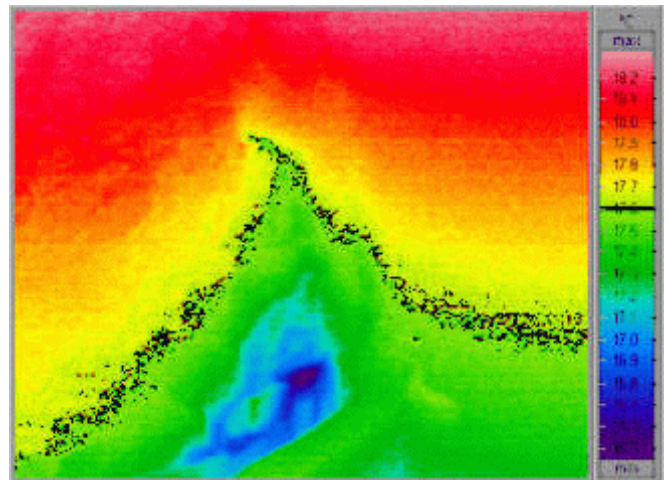
PROBLEM- STELLUNG

Im innerstädtischen Tiefbau (Tiefgaragen, Keller) werden Schlitzwände als baugrubenschließende Dichtelemente eingesetzt und örtliche Wassereintritte durch Inhomogenitäten in der Schlitzwand oft nur oberflächlich "saniert".



ERGEBNISSE DER INFRAROT- THERMOGRAPHIE

Die Infrarotthermographie zeigt auf, ob und wie weit die oberflächliche "Sanierung" an Schlitzwänden als "ausreichend dauerhaft" bewertet werden kann.



ERGÄNZENDE BAUWERKS- UNTERSUCHUNGEN

Durch Bohrkernentnahmen ist in Problembereichen festzustellen, ob und wie weit zusätzliche Sanierungsmaßnahmen (z.B. Rißverpressungen) erforderlich sind.

KOMMENTAR UND INTERPRETATION

Örtliche Wassereintrittsstellen an Schlitzwänden im Grundwasser führen zu Mängelrügen der Bauherren und in weiterer Folge zu "Sanierungsmaßnahmen" der ausführenden Firmen. Durch die Infrarotthermographie kann der Nachweis geführt werden, ob oberflächliche Sanierungsmaßnahmen ausreichen.

ANWENDUNGSFALL (8) Auffinden von Wassereintritten durch Blechdächer

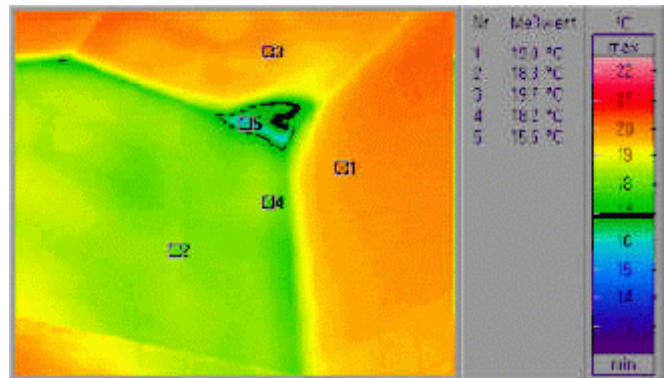
PROBLEM- STELLUNG

In der Althausrevitalisierung erfolgt oftmals der Ausbau bisher nicht genutzter Dachböden ohne eine vollständige Erneuerung der Dachdeckung, im Bereich der Salzburger Innenstadt von Blechdächern. Nicht selten treten dabei Beeinträchtigung der neu geschaffenen Wohnräume durch bisher nicht beobachtete Feuchtedurchtritte auf.



ERGEBNISSE DER INFRAROT- THERMOGRAPHIE

Die Infrarotthermographie ermöglicht die Feststellung von Wassereintritten durch bestehende Blechdächer, die vor dem Ausbau des Dachraumes aufgrund der fehlenden Nutzung nicht beachtet worden sind.



ERGÄNZENDE BAUWERKS- UNTERSUCHUNGEN

Die in der Infrarotthermographie festgestellten Problembereiche sind hinsichtlich der vorhandenen Schwachstellen (z.B. ungenügende Falzhöhen von Verblechungsanschlüssen und daraus resultierenden Rückstausituationen bei Vereisung und Tauwetter) zu untersuchen.

KOMMENTAR UND INTERPRETATION

Besonders bei Schaffung von neuem Wohnraum in bisher nicht genutzten Dachböden kann durch die Infrarotthermographie festgestellt werden, ob und wie weit vorhandene Dachdeckungen erneuert werden müssen.

ANWENDUNGSFALL (9)

Feststellung von Wärmebrücken im Dachbodenausbau mit Gipskartonplatten und Mineralwolle

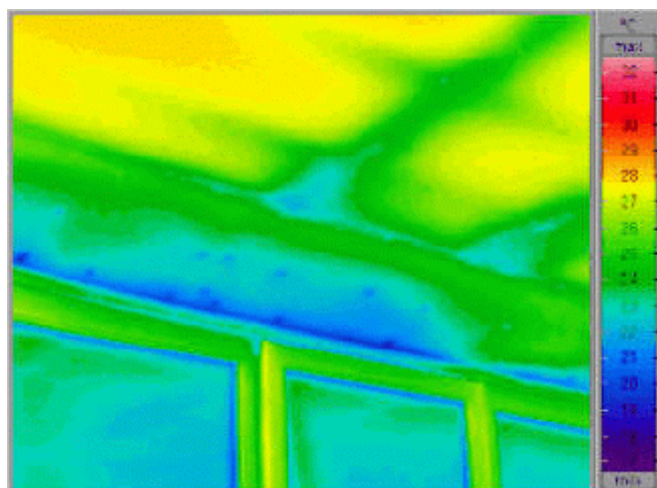
PROBLEM- STELLUNG

Dachbodenausbauten mit Gipskarton-Ständerwänden werden oftmals später vom Nutzer hinsichtlich ungenügender Wärmedämmung der Ausbauteile beanstandet. Durch die Infrarotthermographie kann Klarheit darüber geschaffen werden, ob diese Beanstandungen (und eventuelle Preisabzüge) gerechtfertigt sind.



ERGEBNISSE DER INFRAROT- THERMOGRAPHIE

Bei fehlerhafter Verlegung der Wärmedämmung in Gipskarton-Ständerwänden zeigen sich die Fehlstellen als Wärmebrücken.



ERGÄNZENDE BAUWERKS- UNTERSUCHUNGEN

Durch Sondierungsbohrungen und endoskopische Untersuchungen können die konstruktiven Ursachen der in der Infrarotthermographie festgestellten Wärmebrücken geortet werden. Im Zuge des Forschungsprojektes zeigten sich dabei auch handwerkliche Fehlleistungen nachfolgend tätiger Firmen, z.B. daß bei Installationen vorher versetzte Wärmedämmungen entfernt und nicht wieder verlegt worden sind.

KOMMENTAR UND INTERPRETATION

Der Einsatz der Infrarotthermographie bei der flächenhaften Bauwerksuntersuchung an Beschichtungen zeigt Unregelmäßigkeiten auf, deren Auswirkungen in punktuellen Bauwerksuntersuchungen festgestellt werden kann.

4. Zusammenfassung der Forschungsergebnisse

Aufgrund der Ergebnisse des Forschungsprojektes nach /A/ ist die Infrarotthermographie geeignet für die flächendeckende Untersuchung von ganzen Bauwerken unter Praxisbedingungen. Ergänzend durchgeführte Stichproben mit herkömmlichen Prüfverfahren (z.B. Feuchtegehaltmessungen mit der Darr-Methode, Endoskopie) bestätigten die Ergebnisse der Infrarotthermographie. Durch die kombinierte Anwendung der flächendeckenden Infrarotthermographie mit einzelnen Stichproben kann die Anzahl der Stichproben vermindert werden und ist dennoch eine wahrscheinlichkeitstheoretisch zielsichere Aussage möglich.

Das Forschungsprojekt nach /A/ zeigte, daß die infrarotthermographische Bilddokumentation für eine zielsichere Interpretation ergänzt werden muß mit Tageslichtaufnahmen (Fotos) und punktuellen Bauwerksuntersuchungen. Weiters erscheint eine elektronische Datenerfassung der infrarotthermographischen Bildaufnahmen für nachfolgende Auswertungen mit spezieller Software (Thermographie-Video-Image-Processing) unbedingt erforderlich.

ANWENDUNGSFALL (10) Ermittlung der Strömungsverhältnisse und Wasserdurchmischung in Schwimmbädern zur Optimierung der Bäderhygiene

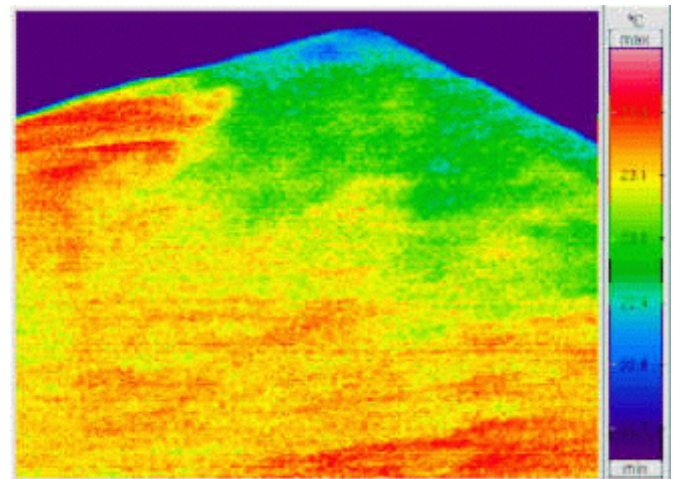
PROBLEM- STELLUNG

In der Schwimmbadtechnik erfolgt die Wasseraufbereitung durch Filterung und Chlorung. Die Strömungsverhältnisse und insbesondere die Zeitdauer der vollständigen Wasserdurchmischung bestimmen die Zeitspanne zwischen Einsetzen der Chlorung und optimaler Wirkung.



ERGEBNISSE DER INFRAROT- THERMOGRAPHIE

Die Temperaturunterschiede zwischen dem in Schwimmbecken einströmenden (frisch gechlorten) Wasser und dem im Schwimmbecken vorhandenen Wasser lassen sich durch infrarotthermographische Bildaufnahmen darstellen.



ERGÄNZENDE BAUWERKS- UNTERSUCHUNGEN

Ergänzend zu den infrarotthermographischen Messungen sind die Zeitabläufe zwischen einsetzender Chlorung und vollständiger Durchmischung des Schwimmbeckenwassers festzustellen.

KOMMENTAR UND INTERPRETATION

Durch den Einsatz der Infrarotthermographie in der Bäderhygiene können Zeitpunkte der Wasseraufbereitung (z.B. Zeitspanne zwischen Einsetzen der Chlorung und Öffnen des Schwimmbadbetriebes) optimiert und festgelegt werden.

ANWENDUNGSFALL (11) Nachweis der Wirkungsweise von Austrocknungsmaßnahmen

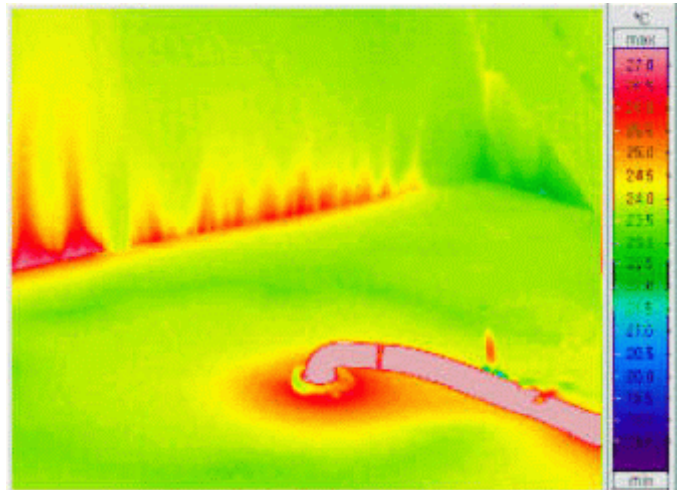
PROBLEM- STELLUNG

Nach Durchfeuchtungen von Fußbodenkonstruktionen durch Wassereintritte oder Rohrbrüche ist eine natürliche Abtrocknung nur schwer möglich. Durch Einblasen von warmer, trockener Luft kann die Fußbodenkonstruktion vollflächig abgetrocknet werden.



ERGEBNISSE DER INFRAROT- THERMOGRAPHIE

Durch die Temperaturunterschiede an der Estrichoberfläche, bzw. den Ausströmungsöffnungen an den Estrichrändern, kann die vollflächige Wirkungsweise der Trocknungsmaßnahme nachgewiesen werden.



ERGÄNZENDE BAUWERKS- UNTERSUCHUNGEN

Ergänzend zu den infrarotthermographischen Messungen sind in den erkennbaren "Kaltzonen" Probenahmen des Estriches und der darunterliegenden Beschüttungs- bzw. Dämmmaterialien durchzuführen und der Feuchtegehalt mittels Darr-Methode zu bestimmen.

KOMMENTAR UND INTERPRETATION

Durch den Einsatz der Infrarotthermographie kann die Wirkungsweise von Austrocknungsmaßnahmen über große Flächen beurteilt werden. Zudem sind Probenahmestellen zur Ermittlung von Restfeuchtigkeiten gut eingrenzbar.

Literatur:

- /A/ N.Glantschnigg, H.Kaltenböck,
Endbericht "Infrarotthermographie und Umwelt zum Forschungsprojekt Zahl: 1/951/4265 im
Auftrag des Forschungsförderungsfonds für die gewerbliche Wirtschaft (Impulsförderung
der öffentlichen Hand), Salzburg 1996
- /B/ Prüfberichte der staatlich akkreditierten bautechnischen Versuchs- und Forschungsanstalt
(bvfs) Salzburg aus 1995 und 1996.
- /C/ K.STAHL, G.MIOSGA "Infrarottechnik", Heidelberg 1986.
- /D/ J.NIEBUHR; G.LINDNER "Physikalische Meßtechnik mit Sensoren", München 1996.
- /E/ prEN 26782 "Wärmeschutz - Qualitativer Nachweis von Wärmebrücken in
Gebäudeaußenbauteilen - Infrarotverfahren" ISO 6781:1983) Schlußentwurf 1992

Dipl.-Ing. Norbert Glantschnigg
Zivilingenieur für Bauwesen
Allgemein beeideter und gerichtlich zertifizierter Sachverständiger
Bautechnische Versuchs- und Forschungsanstalt Salzburg (bvfs)
Alpenstraße 157
A-5020 Salzburg
Tel.Nr.: +43 (0)662 621758-200
Fax : +43 (0)662 621758-199

e-mail : glantschnigg@bvfs.at
<http://www.bvfs.at>