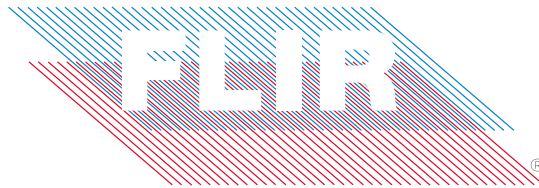
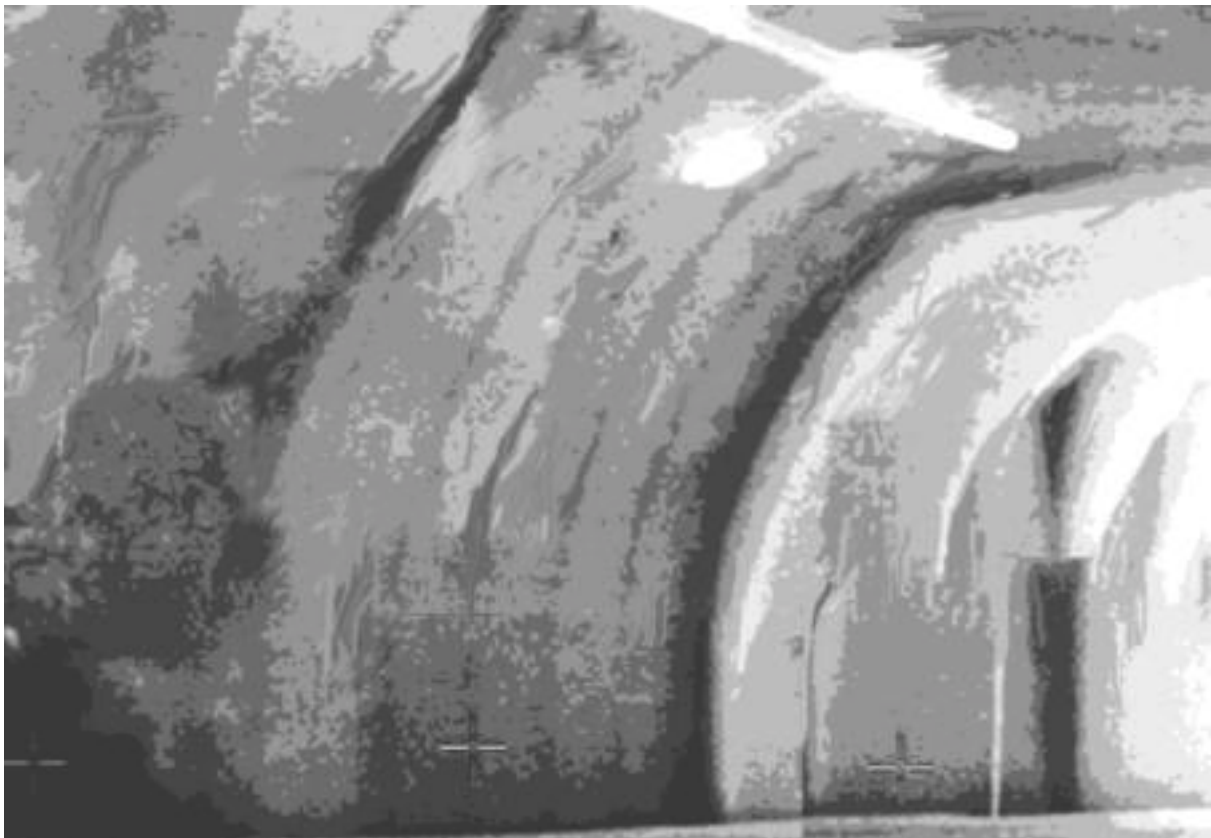


Kosthausstrasse 10  
CH – 6010 Kriens  
Switzerland  
Tel: +41-41 320 01 80  
Fax: +41-41 320 01 82  
[floir@bluewin.ch](mailto:floir@bluewin.ch)  
[www.flir.ch](http://www.flir.ch)



**FLIR AG**

## **Instandhaltungsplanung - Qualitätskontrolle und Zustandsanalyse im Tiefbau**



Langwelliges Gewölbe eines Tunnel. Wasserweg hinter der  
Innerwandverkleidung wird sichtbar.

## 1 Einleitung

Steigende Randbedingungen machen eine periodische Zustandserfassung in Tunnels, Stollen oder Kanälen notwendig. Technische Fortschritte, breitere Praxiserfahrungen und vertieftes Wissen in der Verfahrens- und Anwendungstechnik moderner Messverfahren führten in diesem Zusammenhang zu einer gerätetechnischen Entwicklung, mit welcher die personelle Zustandserfassung in Bauwerken erheblich vereinfacht oder gar erst gelöst werden können.

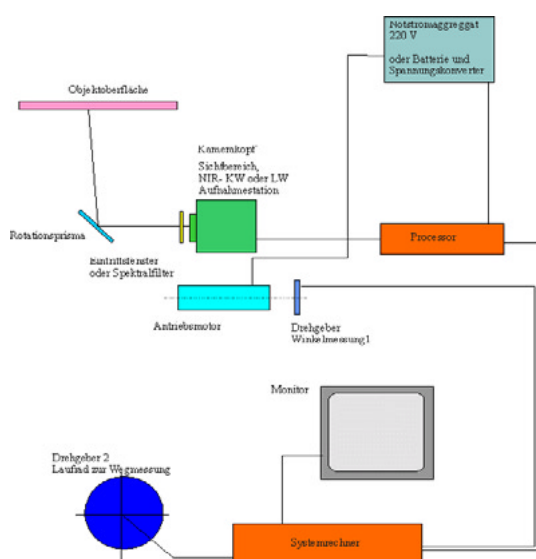
Zur Schadensvorbeugung und zur Instandhaltungsplanung liefern die modernen Messverfahren Informationen über schleichende Zustandsveränderungen, auch über solche, welche von bloßem Auge nicht festgestellt werden können. Dazu werden entsprechende Messdaten periodisch erfasst, kartiert und verglichen, sodass für die Planung von Instandhaltungsarbeiten genügend Zeit zur Verfügung steht und die Instandhaltungskosten durch diese Art der Zustandserfassung erheblich reduziert werden.

Bauliche Aktivitäten im Umfeld eines Tunnels oder Stollens, wie sie beispielsweise im Umfeld von Abwasserkanälen oder U- Bahn Tunnels in einer Stadt auftreten, machen die laufende Zustandaufnahme unabdingbar, damit Ansprüche, welche durch die Bautätigkeit ausgelöst werden, schnellstmöglich festgestellt und abgemahnt werden können. Periodisch erfasste und kartierte Messdaten bilden eine wichtige Grundlage zur Formulierung von Ansprüchen oder deren Abweisung, weil durch die Gegenüberstellung messtechnischer Daten unbestechliche Grundlagen vorgelegt werden können.

Im Falle einer geplanten Bauwerksanierung muss der tatsächliche Zustand eines Bauwerks bekannt sein. Die messtechnische Erfassung des tatsächlichen Zustandes eines Bauwerkes erlaubt es einem Planer, das Sanierungsprojekt und den notwendigen technischen, personellen und finanziellen Aufwand sehr exakt abzuschätzen, was die Bauzeit und die Baukosten im positiven Sinne beeinflusst.

### 1 Der Bauwerkscanner

Der Bauwerkscanner besteht aus einem stabilen, hermetisch geschlossenen Träger, auf welchem ein Sensor, die Synchronisation und die Abtastelektronik installiert sind sowie der Stromversorgung, der Wegmessung und der Einrichtung zur Datenspeicherung.



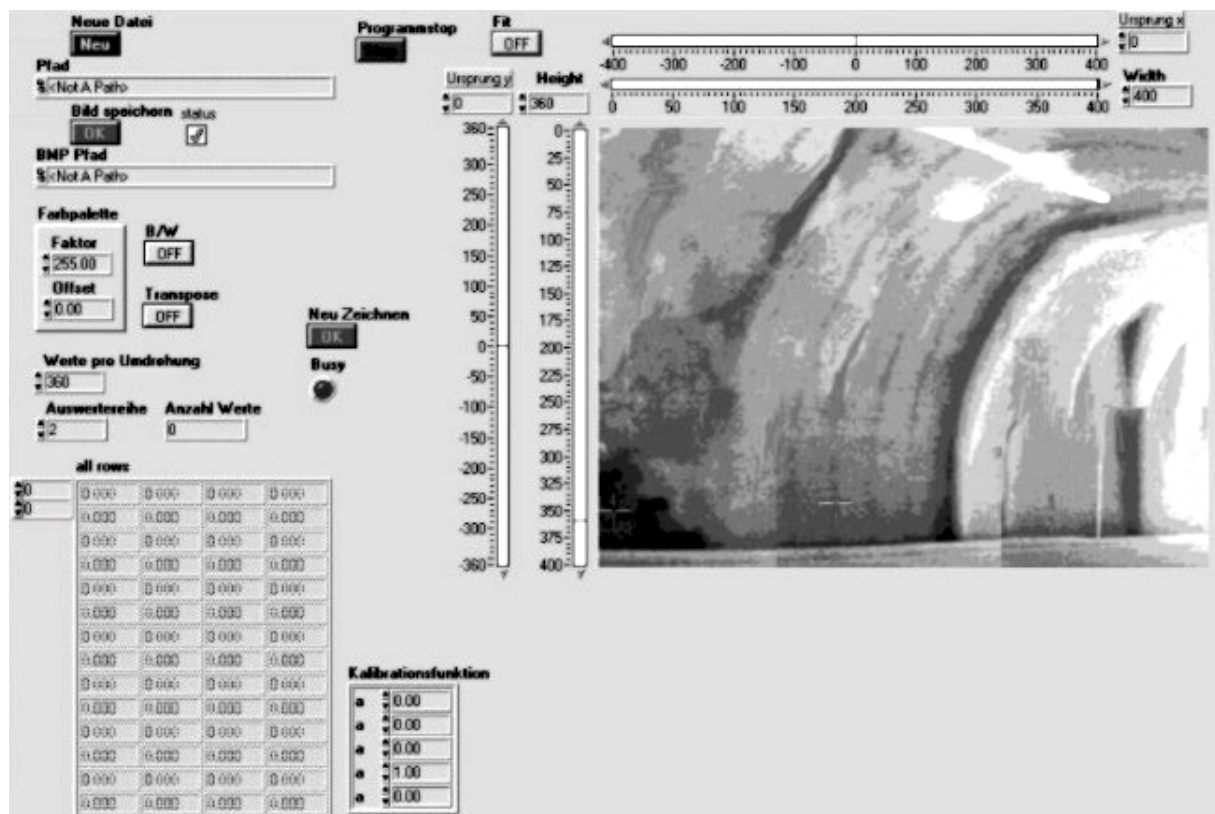
Die Oberfläche eines Bauwerkes wird mit dem Rotationsprisma über den vollen Winkel von 360° abgetastet.

Durch die kontrollierte Vorwärtsbewegung der Scannerplattform im Bauwerk entsteht auf diese Weise eine flächendeckende Information.

Die aufgenommenen Daten werden als Abwicklung mit der Winkelangabe 0° bis 360° und mit der Streckenangabe als zweidimensionales Bild dargestellt. Sie werden nach verschiedenen Kriterien ausgewertet und maßstabgetreu kartiert.

Aufgrund der vielfältigen Konstruktionen und der daraus resultierenden Einsatzbedingungen für den Bauwerksscanner stehen unterschiedliche Scannerplattformen zur Verfügung. Die Scannerplattformen werden bestmöglich auf die Messaufgabe abgestimmt.

Die Darstellung der Messwerte erfolgt über einen externen Rechner. Die Messbedingungen werden vor der Aufnahme so eingestellt, dass die erfassten Daten im Anschluss die Datenerfassung bewertet und kartiert werden können.



Die Scanner für die Zustandsaufnahme in Bauwerken werden mobil eingesetzt. Sie sind den Anforderungen des Kunden an die geometrische Auflösung und an die Abtast- Dynamik angepasst.

#### **NIR-Scanner:**

Dieser Scanner erfasst die Oberfläche des zu untersuchenden Objektes in nahen IR-Bereich. (0-78 bis 1.2 Mikrometer) und wird eingesetzt, um Ausblühungen, Rissbilder oder chemische Veränderungen auf der Oberfläche sowie Oberflächenschäden sichtbar zu machen. Zur Feststellung chemischer Veränderungen ist auf dem NIR- Scanner eine entsprechende Pulsquelle montiert.

#### **KW- System:**

Dieser Scanner erfasst die Oberfläche des zu untersuchenden Objektes in kurzwelligem IR-Bereich (Ab 3 Mikrometer bis 5 Mikrometer). Dabei werden Oberflächenschäden und Feuchtigkeit in Risszonen, auf- und unter der Oberfläche sichtbar. Zur Feststellung geringster Feuchteunterschiede ist auf dem NIR- Scanner eine Pulsquelle montiert

#### **LW- System:**

Dieser Scanner erfasst die Oberfläche des zu untersuchenden Objektes in langwelligem IR-Bereich (Ab 8 Mikrometer bis 12 Mikrometer). Dabei werden Oberflächenschäden, Kiesnester unter der Oberfläche, Ablösungen einer Beschichtung und Hohlräume sichtbar.

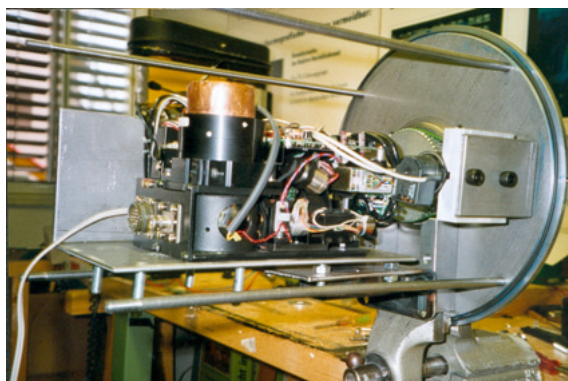
Zudem können mit dem LW- System auch Leckwasserwege und in Kombination mit ergänzenden Verfahrenstechniken auch Leckzonen hinter dicken Betonwänden respektive im Untergrund sichtbar gemacht werden.

#### **Zusatzscanner:**

Der Zusatzscanner zur Geometrieüberwachung oder Spezialscanner zur Sichtbarmachung einbetonierter Eisen werden nach Bedarf bestückt. Sie sind grundsätzlich auf derselben Plattform aufgebaut wie die Scanner zur Datenerfassung.

Alle Scanner (Normalbild, NIR-, kurzwelliges- oder langwelliges Infrarot sowie eventuelle Zusatzscanner können in beliebiger Stellung betrieben werden. Sie erfassen die gewünschten Daten von der Bauwerkoberfläche berührungslos und können gemeinsam (Mehrere Aufnahmegерäte hintereinander) oder einzeln eingesetzt werden.

Durch die gleichzeitige, kontinuierliche Erfassung der zurückgelegten Fahrstrecke und des Winkelweges sind Variationen in der Fahrgeschwindigkeit während der Messfahrt ohne Einfluss auf die Auswertung der Daten



Der auf der Scannerplattform aufgebaute Sensor mit der Sensorelektronik ist kompakt gebaut und in einem hermetisch geschlossenen, robusten Gehäuse eingebaut.

Die Bestandesaufnahme und die Erarbeitung objektiver Grundlagen über ein Bauwerk im Untergrund ist mit konventionellen Mitteln arbeits- und kostenintensiv. Die Ausführung dieser Arbeiten mit modernen Messmethoden vereinfachen und beschleunigen die Arbeiten, liefern reproduzierbare Informationen über Einflüsse, welche von Auge nicht festgestellt werden und sind frei von subjektiven Eindrücken.

Die Interpretation der Daten ermöglicht genaue Aussagen darüber, an welchem Ort in einem Bauwerk vertiefte Untersuchungen oder ergänzende Abklärungen notwendig sind um schlüssige Grundlagen aufzubauen.

## **2 Strahlungstechnische Verfahren zur Datenerfassung**

Der Einsatz strahlungstechnischer Messverfahren erlaubt die Erfassung des baulichen Zustandes gegenüber der konventionellen Arbeitsweise mit dem kleinst möglichen Arbeitsaufwand.

Strahlungstechnische Messverfahren (Im Spektralbereich von 0.7 bis 14 Mikrometer) arbeiten berührungslos und die Informationen gelangen mit Lichtgeschwindigkeit zu den Sensoren. Damit können Rohdaten, welche zur objektiven Bewertung des baulichen Zustandes flächendeckend erfasst und exakt in einen Plan übertragen werden. Die Verfahren werden im Bauwesen und in der Industrie seit mehr als 20 Jahren erfolgreich eingesetzt und sind heute kaum mehr wegzudenken.

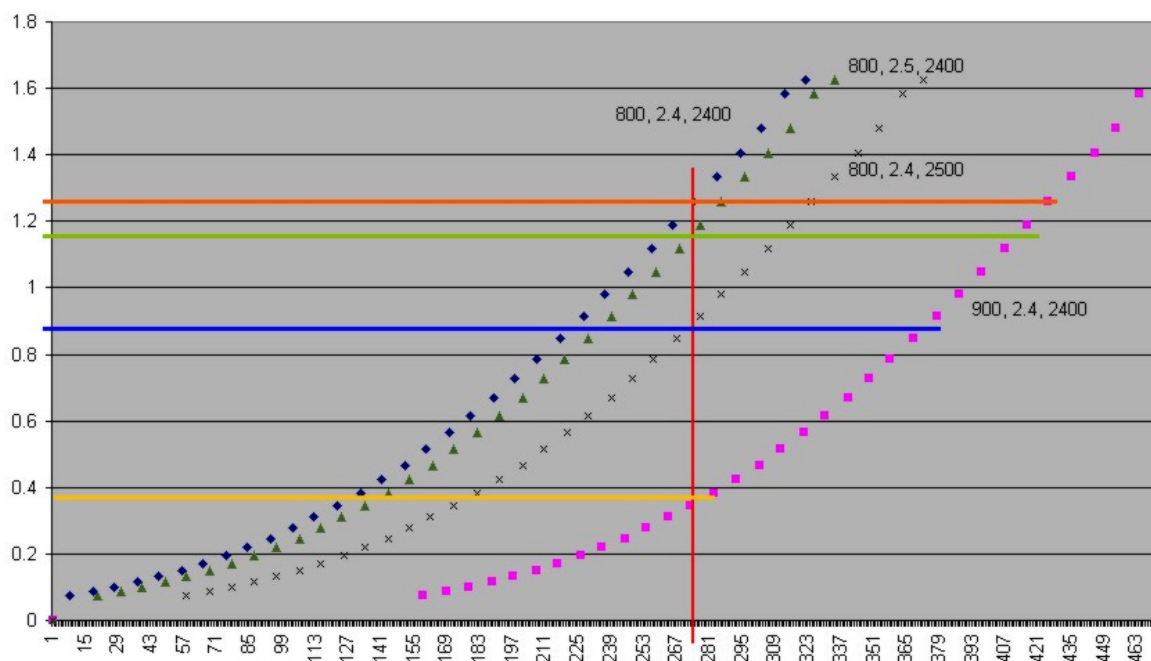
### 3.1 Grundlage „Wärmelehre“

Eine Grundlage des Messverfahrens basiert auf der konventionellen „Wärmelehre“ wo thermische Unterschiede auf der Oberfläche als Auswirkung der „Wärmeleitung“, der „Wärmekapazität“ oder von „Dichteunterschieden“, gemessen und bewertet werden. Thermische Unterschiede entstehen bei Hohlräumen, bei schlechter Hinterfüllung, unterschiedlich gutem Kontakt der Verkleidung zum Hintergrund sowie erhöhter Feuchtigkeit auf- in- oder hinter der inneren Ausmauerung.

Mit hochsensiblen Sensoren werden Temperaturunterschiede von  $0.001^{\circ}\text{K}$ , welche auf der Oberfläche einer inneren Auskleidung auftreten, erfasst und abgespeichert. Die gemessenen Daten können nach der Datenerfassung analytisch bewertet und bezüglich der Fragestellung ausgewertet werden.

Der Informationswert der Messdaten erfordert für eine einwandfreie Beurteilung des Zustandes und der baulichen Erscheinungen definierte Messbedingungen. Deshalb werden an ausgewählten Orten im Bauwerk „Referenzwerte“ mit einem unabhängigen System erfasst.

Dynamisches Impulsverhalten bei veränderlichen  $a$  - Werten (Zeitachse normiert)  
(Ablesebeispiel)



Bei der analytischen Betrachtung werden Abweichungen in der thermischen Dämpfung oder im zeitlichen Verhalten bewertet. Aus der Grafik ist ersichtlich, wie sich thermophysikalische Einflüsse auswirken. Änderungen in der Wärmeleitung, in der Wärmekapazität oder in der Masse lassen sich anhand des effektiven thermischen Zustandes unter Berücksichtigung der Zeitachse zerstörungsfrei eindeutig nachweisen.

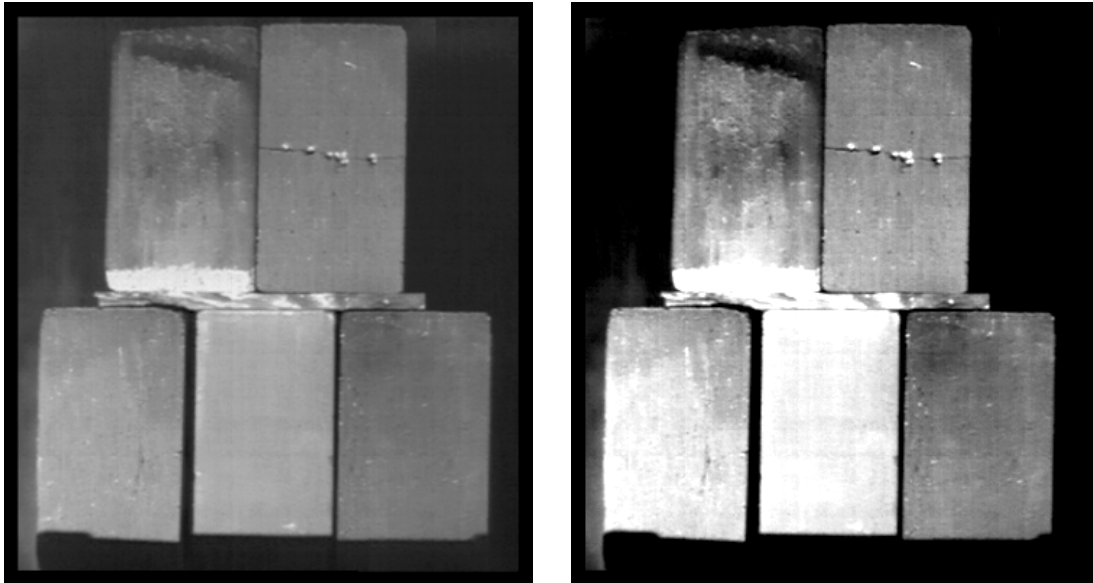
### 3.2. Grundlage „Strahlungslehre“

Eine andere Grundlage des Messverfahrens ist die „Strahlungslehre“. Dabei werden die Absorption, die Emission oder die Reflektion spektral definierter Strahlungsanteile erfasst und bewertet. Diese Verfahrenstechnik wird zur berührungslosen Identifikation von

Ausblühungen oder chemischen Veränderungen und zur Feststellung von Rissen, erhöhter Porosität, von Feuchtigkeit oder Wasser angewendet.

Die durch das „Strahlungsverhalten“ ausgelösten Erscheinungen basieren nicht auf Temperaturunterschieden einer Oberfläche, es sind reine Photoneneffekte.

Der Informationswert der Messdaten erfordert für eine objektive Beurteilung des Zustandes und der baulichen Erscheinungen definierte gerätetechnische Bedingungen. Dazu muss vor der Messdatenerfassung die spektrale Empfindlichkeit gewählt und im Aufnahmesystem eingestellt werden. Im zu untersuchenden Bauwerk werden Orte mit den Referenzbedingungen gleichzeitig mit den Messdaten erfasst.



Mit strahlungstechnischen Verfahren werden erhöhte Porosität, Ausblühungen oder chemische Veränderungen sofort sichtbar. Das Bild links zeigt die Originaldaten aus einem Messversuch, das Bild rechts die Daten, welche über den Rechner nachbearbeitet wurden. Die Bewertung der Daten erfolgt in verschiedenen Berechnungsläufen über einen Computer. Dabei werden die Signale nach definierten festgelegten Helligkeitswerten analysiert.

Beide Verfahrenstechniken werden passiv oder aktiv angewendet.

#### **Passive Anwendungstechnik**

Der effektive Zustand wird von der Bauteiloberfläche ohne besondere Massnahme erfasst und ausgewertet.

#### **Aktive Anwendungstechnik**

Der effektive Zustand von der Bauteiloberfläche wird durch eine besondere Massnahme erfasst und ausgewertet.

Die aktive Verfahrenstechnik ermöglicht aufgrund der bekannten Ausgangsbedingungen eine exaktere Identifikation und Bewertung.

Die Erfassung von Unterschieden in der Abstrahlung von der Oberfläche bildet die physikalische Grundlage für die strahlungstechnische Datenerfassung in Bauwerken und die zwei grundsätzlich verschiedenen Verfahrenstechniken die Grundlage für die Rechnergestützte Auswertung erfasster Daten.

Die Auswertung und Interpretation aufgenommener Daten richtet sich nach der verfahrenstechnischen Grundlage und nach der effektiven Fragestellung. Zur Interpretation dient entweder ein analytisches Modell, welches auf der „Wärmelehre“- oder auf der „Strahlungsmesstechnik“ beruht.

Der Ingenieur kann die Verarbeitung der Daten unter verschiedenen Gesichtspunkten vornehmen.

Die Resultate der Auswertungen werden so festgehalten, sodass die Ergebnisse jederzeit auch durch Drittpersonen nachvollzogen werden können.

Die Auswertung der Daten umfasst die massstabgetreue Zuordnung der Ergebnisse einer Auswertung in einem Plan in s/w, farbig oder in grafischer Form. Textliche Erläuterungen, spezielle Hinweise oder weitere Empfehlungen können zu jeder Interpretation ergänzt werden.

Die Ergebnisse verschiedener Auswertungen werden im gleichen Massstab nebeneinander dargestellt, sodass sich bauliche Probleme und Veränderungen rasch erkennen lassen.

Damit ist es möglich, Daten, die zu verschiedenen Zeitpunkten erfasst werden, mit exakt derselben Qualität miteinander so zu vergleichen; dass Abweichungen sofort augenfällig werden, eine unabdingbare Voraussetzung für eine fundierte Prognose über die Entwicklung eines baulichen Zustandes in einem Bauwerk.

Ausgewertete Daten stehen jederzeit zur Verfügung, sodass die subjektive Beurteilung des Zustandes eines Bauwerkes durch die gerätetechnische Datenerfassung und die rechnergestützte Bewertung mit den Jahren ersetzt werden kann.

Mit der Strahlungsmesstechnik werden unter Anderem folgende Informationen erfasst:

- Mechanische Beschädigungen und Ausbrüche auf einer Auskleidung
- Feuchte auf- oder im Innern einer Auskleidung
- Leckwasserwege hinter einer Auskleidung
- Risse auf der Bauteiloberfläche
- Zusatzklassierung der Risse über die Durchfeuchtung
- Zustand von Fugen und Abdichtungen
- Hohlräume oder Kiesnester in- oder hinter einer Auskleidung
- Anordnung einer Bewehrung in der Auskleidung
- Ausblühungen oder chemische Veränderungen auf der Oberfläche
- Chloride, Quantifizierung mit Zusatzverfahren
- Sulfate, Quantifizierung mit Zusatzverfahren
- Dichteunterschiede (Druckfestigkeit mit Zusatzverfahren)
- Porosität (Quantifizierung mit Zusatzverfahren.)
- Ablösungen oder Loslösungen von Schichten

<b>Erkannt werden:</b>	<b>Datenerfassung</b>	<b>Ziele</b>
Ausmauerungs- Schäden	Völlig Berührungslos	Instandhaltungsplanung
Loslösung der inneren Verkleidung	Gesamte Fläche	Früherkennung von Schäden
Hohlräume in der Konstruktion	Keine Zusatzmontage	Zustandsaufnahme
Kiesnester	Im Betriebszustand	Qualitätskontrolle
Innere Schäden	Schnell (Bis 40 km/h)	Ausführungskontrolle
Hohlräume hinter der Konstruktion	Alle Daten exakt zuweisbar	Erkennen von Veränderungen
Feuchteschäden	Dokumentierbar in x und y Richtung	
Rissbildung		

### 3.3. Vorteile der multispektralen Zustandsaufnahme:

- Kurze Messzeit.
- Kurze Vorbereitungszeit.
- Schnelle Datenerfassung.
- Problemangepasste Auswertung erfasster Daten.
- Vollflächige Datenerfassung und Datenspeicherung.
- Völlig Berührunglos.
- Keine Gerüste notwendig.

Um die gemessenen Abstrahlungen bestimmten baulichen Zuständen zuordnen zu können, ist in der Regel ein Vormessprogramm notwendig. Bei richtig gewählter Anwendungstechnik gilt das Verfahren als einfache und sehr effiziente Methode für die Zustandsbeurteilung von Tunnelauskleidungen, Kaminen, Fahrbelägen oder der Auskleidung von Industriebehältern resp. Kühltürmen oder in Bauwerken im Untergrund. Mit dem IR Scanner ist eine zerstörungsfreie flächendeckende Zustandsbeurteilung schnell und zuverlässig möglich. Die multispektrale IR- Technik macht konventionelle, lokale Untersuchungsmethoden nicht überflüssig. Sie zeigt jedoch sehr effizient, an welchen Stellen entsprechende Zusatzmessungen notwendig und sinnvoll einzusetzen sind.

Vorgehensweise:

- Flächendeckende Lokalisierung von "Problemstellen" mit Hilfe der multispektralen IR-Technik.
- Wenn notwendig – Zusätzliche Messfahrt unter verfeinerten Einstellungen.
- Nach Bedarf - lokaler Einsatz konventioneller Untersuchungsmethoden an definierten Problemstellen.

## 3 Durchführung der messtechnischen Datenerfassung

### 4.1. Vorbereitung

Zur Planung der gerätegestützten Datenerfassung ist es notwendig, dass vorerst bestimmt werden muss, welche Fragestellungen zu beantworten sind. Dazu sind die bestehenden Unterlagen zu sichten und das Vorgehen ist mit dem Verantwortlichen abzusprechen.

Das Ergebnis der Vorbereitung ist ein Beschrieb, welcher die Aufgabenstellung, den Ablauf im Detail, sowie einen Zeitplan und einen Kostenplan beinhaltet.

Sind keine Pläne vorhanden, so ist es messtechnisch möglich, ein Lichtraumprofil aufzunehmen, damit die ausgewerteten Ergebnisse und die Feststellungen darin exakt eingetragen werden können.

Visuelle Inspektionen, das Abklopfen eines Gewölbes, ergänzende Untersuchungen oder zusätzliche Arbeiten wie Kernbohrungen oder Photographien werden durch die Wahl der Datenerfassung und deren Umfang auf ein Minimum beschränkt.

Es gilt zu beachten, dass in der Praxis ein Vormessprogramm vor einer Messfahrt durchgeführt werden muss, damit die Messdaten auch zum richtigen Zeitpunkt erfasst und der Situation entsprechend analysiert werden können.

### 4.2. Messfahrzeug

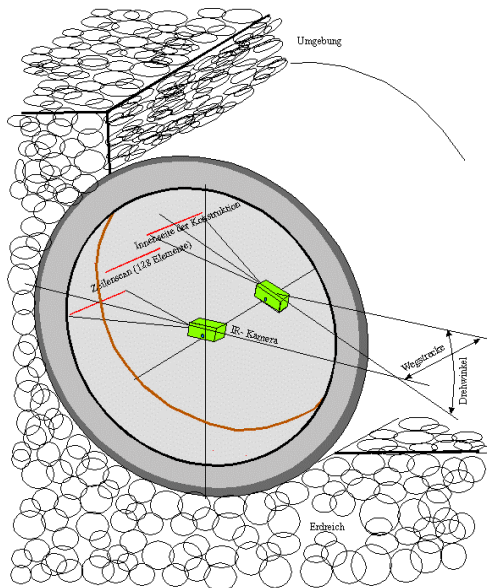
Die Durchführung der Messungen unter genau einzuhaltenden Randbedingungen machen den Einsatz eines Fahrzeuges unumgänglich. Das System wird in seiner momentanen Konfiguration auf einem Kundenfahrzeug installiert, auf welches die Streckenmessung montiert wird.



## 4 Beispiele aus der Praxis

### 5.1. Abwasserleitungen

Für die Zustandserfassung in bestehenden Abwasserleitungen werden die Scanner mit Hilfe einer Winde durch das Rohr geführt. Der Scanner hat einen Aussendurchmesser von 350 mm. Festgestellt werden Abdichtungs- Schäden oder Ausbrüche sowie Auswachungen hinter der Verkleidung.

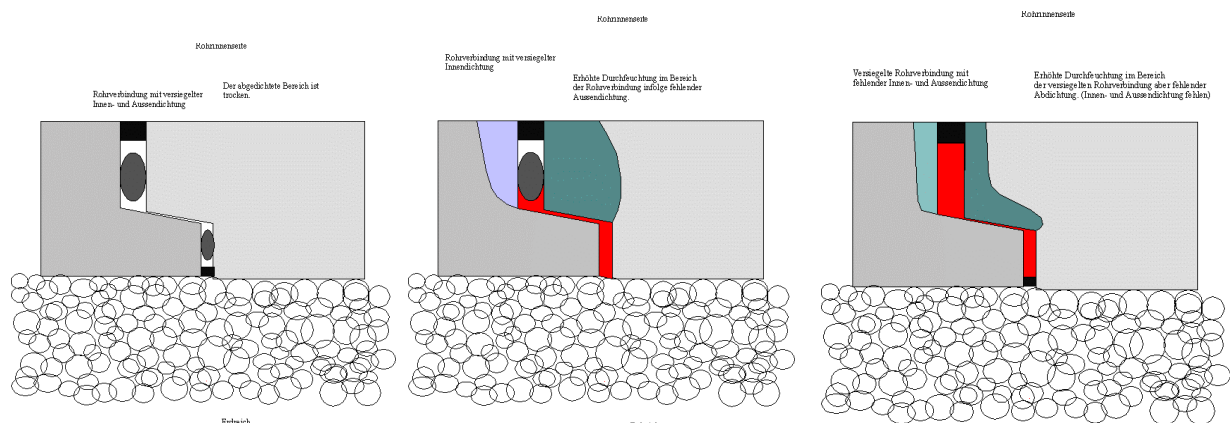


Unterirdisch verlegte Abwasserleitungen sind periodisch zu inspizieren, damit sich Schäden frühzeitig erkennen lassen.

Schäden in Abwasserleitungen führen zu Grundwasserverschmutzung oder zur Auswaschung der Hinterfüllung.

In beiden Fällen ist die Früherkennung von Bedeutung, weil die Auswirkungen erhebliche Konsequenzen nach sich ziehen können und kaum objektiv abschätzbar sind.

Die Skizze links zeigt eine intakte Leitungsverbindung. Die Verfüllung und die Abdichtung auf der Erdseite garantieren dafür, dass kein Fremdwasser eindringt oder aus der Leitung nach aussen gelangt.

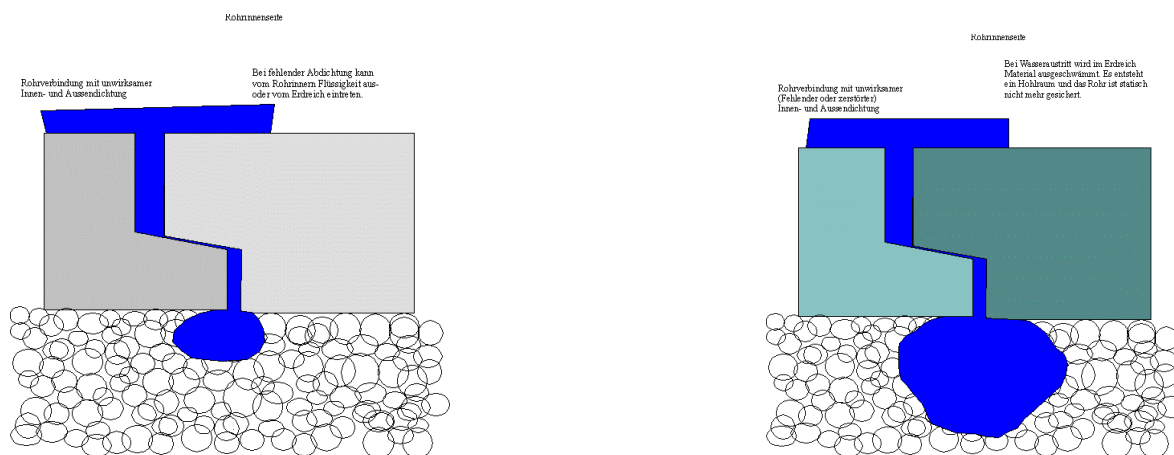


Die Skizze in der Mitte zeigt eine Situation, bei welcher der innere Dichtring und die Verfüllung fehlen, was dazu führt, dass Wasser vom Rohrrinnen nach aussen gelangt. Deshalb nimmt die Abdichtung und die Verfüllung auf der Erdseite Schaden. Der erdnahe Teil der Rohrverbindung wird durchfeuchtet und ist ausgeprägter Erosion ausgesetzt. Der Zustand bezüglich der Durchfeuchtung lässt sich mit dem Bauwerksscanner frühzeitig feststellen und bleibt so nicht unerkannt.

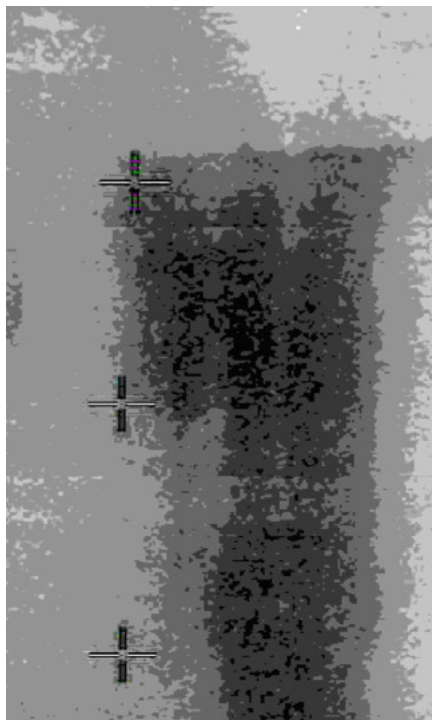
Die Skizze rechts zeigt die Situation, wenn die innere- oder die äussere Dichtung fehlt. Die Verfüllung der Rohrverbindung lässt Wasser ein- oder austreten, was zu einer höheren Beanspruchung der Rohrverbindung führt. Mit dem Bauwerksscanner wird diese Situation sicher erkannt.

Schäden in der Verbindung von Rohrleitungen (Schadhafte Verfüllung am Übergang oder fehlende Abdichtung) sind kritisch. Dringt Wasser vom Innenrohr nach aussen so besteht die Gefahr, dass das Grundwasser belastet - oder dass die Speisewasserversorgung durch einen überdurchschnittlichen Wasserverlust belastet wird.

Dringt Wasser vom Innenrohr nach aussen so besteht die Gefahr dass im Aussenbereich des Rohres Auswaschungen stattfinden, welche die Stabilität der Leitung beeinflussen. Bei einer überdurchschnittlichen Beanspruchung der Leitung, wie sie zum Beispiel bei einem starken Regen auftritt, öffnet sich die schadhafte Stelle und die Ausschwämmungen werden grösser, was im schlimmsten Falle einen Erdbeben auslösen kann oder sich ganz unerwartet eine Grube öffnet.



Dringt Wasser vom Erdbereich in das Innere der Leitung, so ergibt sich daraus eine höhere Belastung als vorgesehen. Diese Mehrbelastung und die Belastung mit Schwämm- Material aus dem Erdbereich führen zu intensiveren Instandhaltungskosten oder gar dazu, dass die Leitung den vorgesehenen Zweck nicht mehr zu erfüllen imstande ist.



Eine erhöhte Durchfeuchtung im Bereich einer Bauteilverbindung (Fuge) deutet auf einen Abdichtungsfehler hin.

Mit dem Bauwerksscanner werden solche Risikostellen frühzeitig festgestellt.

Werden solche Problemstellen erkannt, so werden nach Absprache partielle Zusatzabklärungen angeordnet.

Das Bild zeigt einen Ausschnitt der Verbindung zwischen zwei Betonrohren mit einem Durchmesser von 2 m. Dargestellt ist der Ausgangspunkt der erhöhten - von Auge noch nicht sichtbaren - Durchnässung entlang der Verbindungsfuge.

## 5.2. Zustandsaufnahme bei Bauvorhaben.

Wird in einer Stadt ein Gebäude erstellt oder eine Baugrube geöffnet, so gehört es zur Pflicht des Bauherrn, des Unternehmers und des Eigentümers dass vor Baubeginn, während der Bautätigkeit und nach Abschluss derselben eine Zustandsaufnahme vorgenommen wird.

Dies ist notwendig, weil die Auswirkungen, welche sich durch die Bautätigkeit auf die Umgebung ergeben, nie im Voraus bekannt sind und weil nur durch eine umfassende, zerstörungsfreie und jederzeit nachvollziehbare Zustandsaufnahme die notwendigen Grundlagen verfügbar sind, welche die Interessen des Unternehmers, des Bauherrn oder des Eigentümer schützen.

## 5.3. Zustandsaufnahme in einem Tunnel

Die folgende Bilderserie zeigt ein Ergebnis einer Zustandsaufnahme. Sie Daten stammen aus einem Tunnel, der sich 50 m entfernt von einer Baugrube befindet.

Die in der Bilderserie dargestellte Zone zeigt, dass sich im Verlauf der Bautätigkeit partiell eine höhere Durchfeuchtung ergeben hat. Die Ursache der Durchfeuchtung kann sich aufgrund der Bautätigkeit ergeben – oder einen andern, nicht mit der Bautätigkeit zusammenhängenden Ursprung haben und muss detailliert abgeklärt werden. Solche Erscheinungen sind von blossem Auge nicht zu erkennen, aber von Bedeutung für den Schutz des Eigentums, weil sie im frühest möglichen Zeitpunkt das Risiko erkennen lassen und den Schaden verkleinern.

- Alle Daten sind vollständig auf einem Videoband abgespeichert. Sie können jederzeit ohne eine neue Begehung analysiert und ausgewertet werden.
- Die Daten werden vom Videoband über eine Software bildweise auf den Rechner übernommen und digitalisiert. Die Ortszuweisung der Bildnummern deckt sich mit der ausgenommenen Streckenlänge.
- Im Falle von festgestellten Veränderungen werden Bilder so zusammengesetzt, dass von der gesamten Umgebung in der Risikostelle eine klare Übersicht ergibt.
- Zur Dokumentation werden die Daten so komprimiert, dass noch kleinste Veränderungen deutlich sichtbar werden und interpretiert werden können.
- Für eine exakte Ursachenermittlung sind in der Regel vertiefte Zusatzabklärungen und ergänzende Massnahmen anzuordnen.

Die Datenmenge für die Strecke von 100 m in den Spektralbereichen NIR, KW und LW betragen:

NIR Daten	309 Dateien	82 MB
KW Daten	155 Dateien	34 MB
LW Daten	186 Dateien	26 MB

Differenzbild                      Grundlage Mathcad

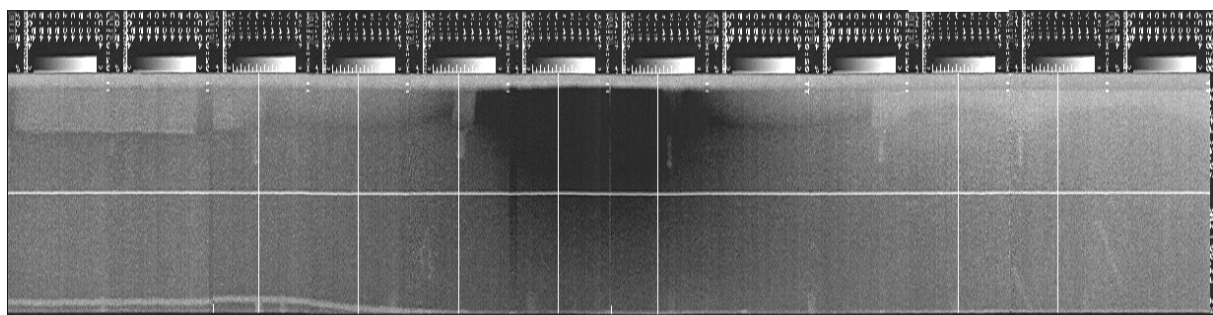
Die Bauwerkscanner werden laufend den neuen Entwicklungen angepasst, weshalb alle technischen Angaben Änderungen unterworfen sind. Aus diesem Grunde behalten wir uns technische Änderungen jederzeit offen.

Die folgenden Bilder zeigen einen Ausschnitt aus der Zustandsaufnahme in einem Tunnel über eine Länge von 6 m.

### Sequenz NIR- Bild

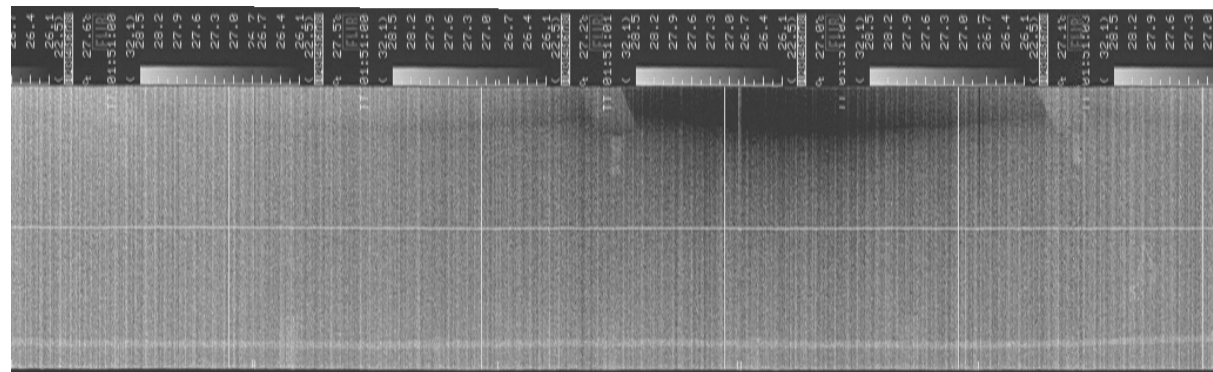


### Infrarot - Bild im kurzwelligen Spektrum

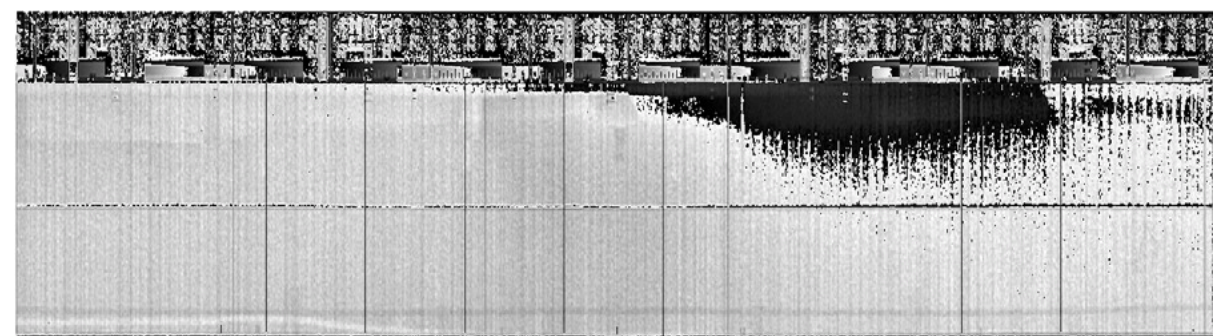


Durchfeuchtung der Seitenwand, ausgehend vom Anschluss der Decke aus.

### Infrarot - Bild im langwelligen Spektrum



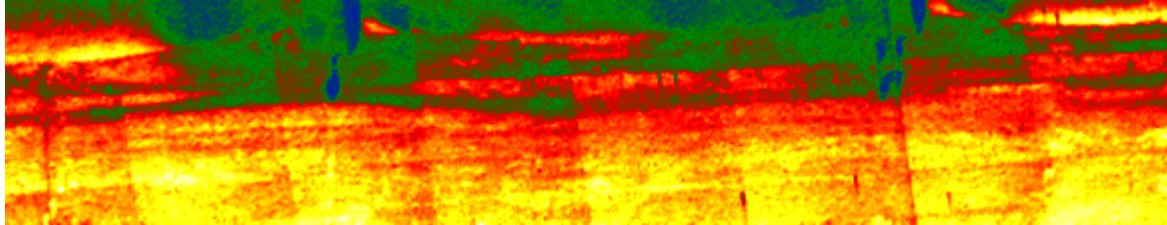
### Differenzbild zwischen KW- Bild und LW- Bild



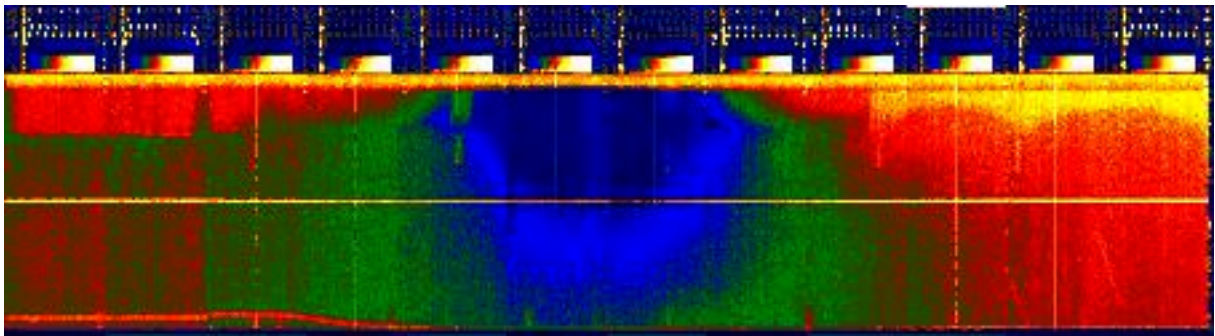
Im Anschlussbereich bestehen thermische Einflüsse. Die Durchfeuchtung des Wandabschnittes wird durch Kondensat von der Decke her verursacht und nicht durch eindringendes Wasser entlang der Verbindung zwischen der Wand und der Decke..

## Gleiche Bilderserie in Farbdarstellung

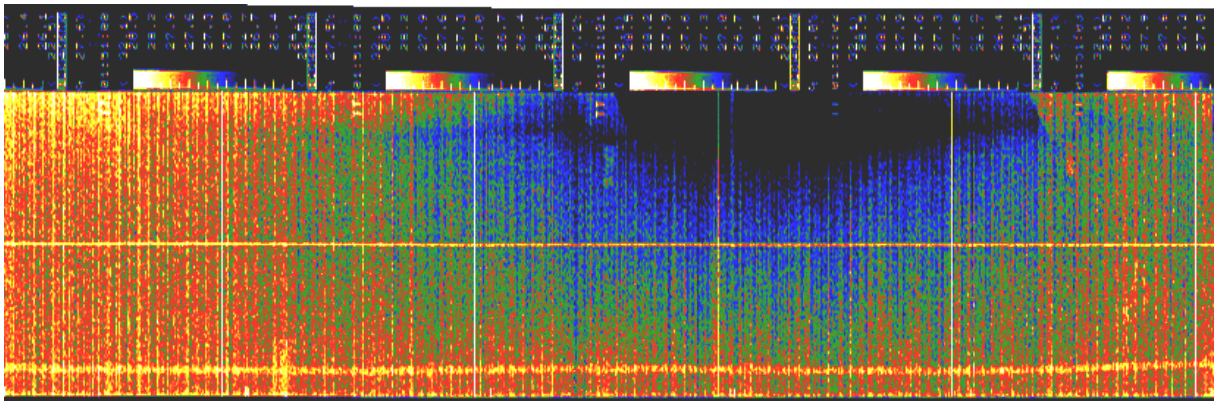
### Sequenz NIR- Bild



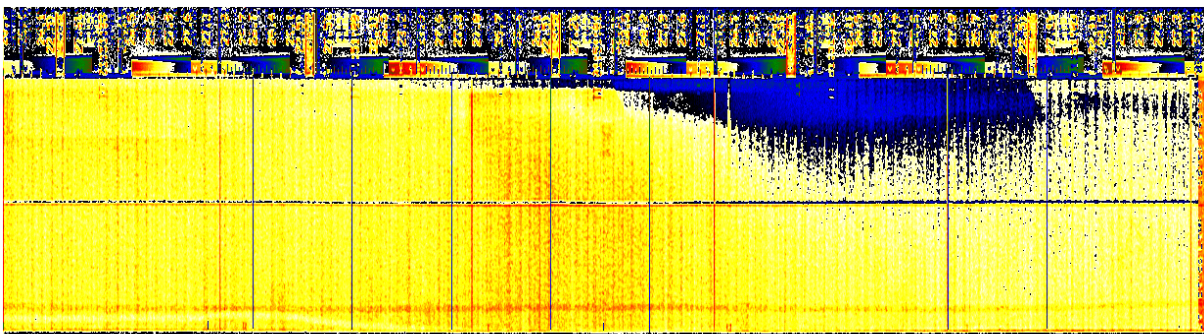
Infrarot - Bild kurzwelliges Infrarot einer Tunnelwand mit hoher Durchfeuchtung



### Infrarot - Bild im langwelligen Spektrum



### Differenzbild zwischen KW- Bild und LW- Bild





**NIR 1:**      **Hochauflösende NIR Aufnahme aus einem Tunnelgewölbe  
zum Kartieren von Rissen**



**NIR 2:**      **Ausbrüche im Gewölbe**