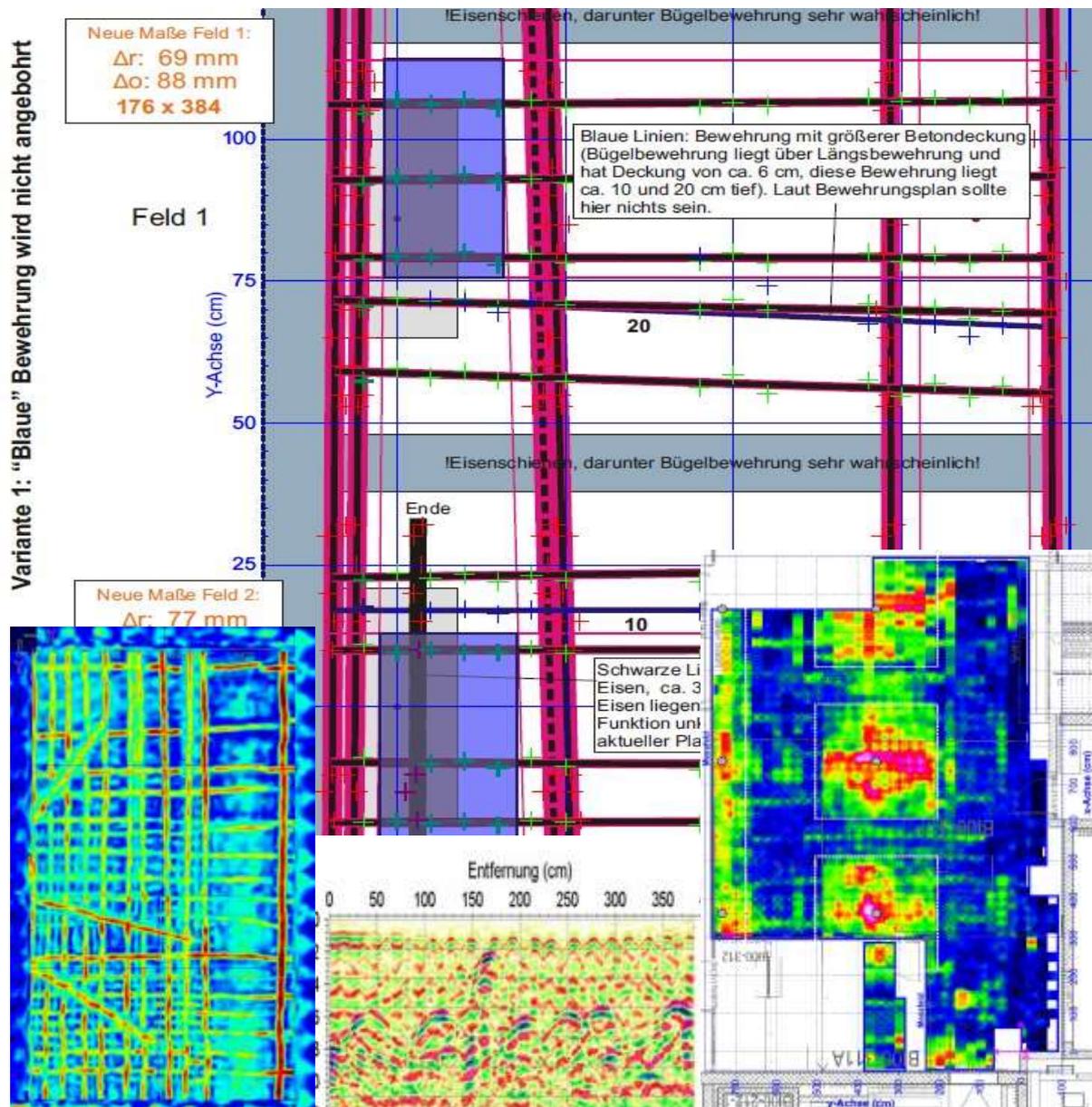


# Bauteil- und Bauwerkscanning

## “Klaren Einblick verschaffen”



Moderne Messverfahren helfen, unnötige Schäden zu vermeiden und verschaffen Klarheit und Sicherheit für alle am Bau Beteiligten

## Inhalt

|         |   |    |
|---------|---|----|
| 1.      | Zerstörungsfreie Prüfverfahren im Bauwesen.....   | 4  |
| 1.1.    | Zerstörungsfreie Verfahren und deren Aussagekraft.....  | 4  |
| 1.2.    | Vorteile und Nutzen für die Beteiligten am Bauwerk.....   | 5  |
| 1.3.    | Übersicht über die verschiedenen Prüfverfahren im Bauwesen .....  | 6  |
| 2.      | Untersuchungsmethoden im Labor oder vor Ort.....  | 7  |
| 2.1.    | Beurteilung durch visuelles Erfassen der Konstruktionsmerkmale und der<br>Zustandserscheinungen:.....   | 7  |
| 2.2.    | Methoden und Geräte mit geringen Anforderungen bei der Prüfung und der<br>Auswertung .....  | 7  |
|         | OCT- Verfahren → Beschichtungen auf rauen, saugfähigen Oberflächen: .....   | 9  |
| 2.3.    | Methoden und Geräte mit erhöhten Anforderungen bei der Prüfung und der<br>Auswertung .....  | 12 |
| 3.      | ..... Chemische Untersuchungen vor Ort und im Baustofflabor und andere<br>Verfahren.....  | 16 |
| 3.1.    | Methoden und Geräte mit sehr hohen Anforderungen bei der Prüfung und<br>Auswertung.....   | 16 |
| 4.      | Im Schadenfalle werden Sie gefragt:.....  | 29 |
| 5.      | Beispiele aus der Praxis .....  | 30 |
| 5.1.    | Beispiele aus der Praxis.....   | 30 |
| 5.1.1.  | Feuchtigkeit oder Wasser im Boden .....   | 30 |
| 5.1.2.  | Wir sehen tief in Baustoffe hinein. ....  | 31 |
| 5.1.3.  | Grabenlose Leitungsverlegung .....  | 33 |
| 5.1.4.  | HS- Monitor-Thermographie und Radar .....   | 35 |
| 5.1.6.  | Beispiel Stützmauern.....   | 39 |
| 5.1.7.  | Dicke eines Mauerfusses bestimmen .....   | 41 |
| 5.1.8.  | Anker lokalisieren .....  | 41 |
| 5.1.9.  | Stützbauwerke aus Beton .....   | 42 |
| 5.1.10. | „Was versteckt sich in Geschiebesperren?“ .....   | 43 |
| 5.1.11. | Unterspülung von Bachverbauungen.....   | 43 |
| 5.1.12. | Der „Blick voraus“ schafft Sicherheit!.....   | 44 |
| 5.1.13. | Sicher bohren: .....  | 49 |
| 5.1.14. | Lokalisieren gebrochener Spannstähle mit magnetischen Verfahren .....   | 51 |
| 6.      | Zerstörungsfreie Lokalisierung der Lage einer Stützenkopf- Verankerung,<br>einer Durchstanzbewehrung oder von einbetonierten Spannkabeln in einer<br>decke..... | 52 |
| 6.1.    | Stützenkopfverankerung und Durchstanzbewehrung .....  | 53 |
| 6.2.    | Flachdecken und Einstellhallendecken .....  | 54 |
| 6.3.    | Wenn Beton durchsichtig wird.....   | 55 |
| 6.4.    | Unterbruchfreies, sicheres Arbeiten .....   | 55 |
| 6.5.    | Verankerung von Säulen .....  | 56 |
| 6.6.    | Sicher umbauen, Beispiel aus einer realen Situation .....   | 57 |
| 6.7.    | Wir schützen Vermögenswerte. ....   | 59 |
| 7.      | Zustandserfassung an bestehenden Brückenbauwerken .....   | 60 |
| 7.1.    | Systematisch und zerstörungsfrei Daten erheben.....   | 61 |
| 7.2.    | Untersuchungsablauf .....   | 62 |
| 7.3.    | Grundlagen zu den Aufgabenstellungen .....  | 62 |
| 7.4.    | Feststellen der Anschlussbewehrung und der Spannkabel .....   | 63 |
| 7.5.    | Anker von Fassadenplatten.....  | 64 |
| 7.6.    | Wenn die Luftkanäle im Minergiehaus verstopft sind.....   | 64 |
| 7.7.    | Orten von Hochspannungs- oder Computerkabeln .....  | 66 |
| 8.      | .....Resultat der Vermessung einer Schlitzwand-Dicke mit dem Puls Echo<br>Verfahren.....  | 67 |
| 9.      | Mikroseismische Fundamenttiefenbestimmung .....   | 69 |

|       |  |     |
|-------|--|-----|
| 10.   | Zerstörungsfreie Prüfung Risserkennung an Brücken .....  | 70  |
| 11.   | Messtechnik.....   | 71  |
| 11.1. | Risse in Schweissverbindungen .....  | 71  |
| 11.2. | Schichtdickenmessung oder Messung der Überdeckung.....   | 72  |
| 11.3. | Schichtdickenmessung auf Holz oder Kunststoff.....   | 73  |
| 11.4. | Zerstörungsfreie Messung der Dicke eines Bauteils .....  | 74  |
| 11.5. | Überprüfung und Charakterisierung von Beschichtungen im Tunnelbau oder auf<br>Kühlturm- Innenschalen .....   | 75  |
| 11.6. | Resultate einer Überdeckungsprüfung.....   | 76  |
| 12.   | Messen der Dicke einer Beton- oder Asphaltsschicht .....   | 77  |
| 13.   | Erdbebensicherheit.....  | 79  |
| 13.1. | Überprüfung der Erdbebensicherheit .....   | 79  |
| 13.2. | Beschaffung von Informationen .....  | 79  |
| 13.3. | Handeln vor einem Schaden.....   | 80  |
| 13.4. | Zerstörungsfrei messen .....   | 81  |
| 13.5. | Bauliche Massnahmen.....   | 82  |
| 13.6. | Haftungsfragen .....   | 82  |
| 14.   | Professionelle Messtechnik aus einer Hand .....  | 87  |
| 14.1. | Selber messen:.....  | 87  |
| 14.2. | Messkoffer Bauwesen:.....  | 87  |
| 14.3. | Messkoffer Industrie: .....  | 88  |
| 14.4. | Gerätepool.....  | 88  |
| 15.   | Instandhaltung und Betriebsunterhalt .....   | 90  |
| 16.   | „Coole Gebäude“ „Offensive zum Energiesparen“ .....  | 92  |
| 17.   | Auf den ersten Blick den vollen Durchblick.....  | 93  |
| 18.   | Quickscan Detektion.....   | 93  |
| 19.   | Lokalisierung von Spannstahl-Hüllrohren und der Lage der Bewehrungsstäbe<br>in einem Spannbeton-Bauteil nach dem Schadensfall Vorspannung .....                                      | 94  |
| 20.   | Korrosionsprüfung an eingemauerten Stahlprofilen.....  | 96  |
| 21.   | Damit auch Sie von professionellen Untersuchungen mit den heute zur<br>Verfügung stehenden Anlagen und Geräten profitieren können, bieten wir<br>Ihnen folgende Möglichkeiten: ..... | 100 |
| 21.1. | Wir verschaffen Ihnen einen klaren Einblick in den Beton. Schnell, sicher,<br>zuverlässig und unbestechlich!.....  | 102 |

# 1. ZERSTÖRUNGSFREIE PRÜFVERFAHREN IM BAUWESEN

Die Bauwerkdiagnose, Bauwerküberwachung und Bauwerksprüfung nehmen eine immer größer werdende Bedeutung ein, weil bei der Erstellung eines Bauwerkes der Bauherr mit einer bestimmten Lebensdauer rechnet, während der das Gebäude voll funktionsfähig sein soll. Nicht zuletzt müssen die Funktion und die Sicherheit eines Bauwerks (Decke in Hochbau, Boden, Fundamentplatte, Unterzug, Brücke, Tunnel, Stollen) zu jeder Zeit gewährleistet sein, was eine objektive Zustandserfassung sowie standardisierte Beurteilungs- und Bewertungsmethoden notwendig macht.

Abweichungen vom SOLL-Zustand, d. h. vom erwarteten Verlauf der Alterung der Baustoffe, zum Beispiel weil Baustoffe falsch eingesetzt wurden, zwingen zu Maßnahmen der Instandsetzung bzw. Ertüchtigung von Bauteilen.

Bevor aber Maßnahmen ergriffen werden können, muss man den IST-Zustand der verwendeten Baustoffe erfassen und die Ursachen der Abweichungen ermitteln, um die Anforderungen an das Instandsetzungskonzept stellen zu können.

Die heute verfügbaren Messverfahren erlauben eine effiziente, grossflächige Erhebung der zur Beurteilung eines Bauwerks notwendigen Daten. Die Resultate dienen der Instandhaltungsplanung, der Schadensvorbeugung und auch der Sicherheit. Diese Tätigkeiten werden unter dem Begriff „**Bauwerksdiagnose**“ verstanden.

## 1.1. Zerstörungsfreie Verfahren und deren Aussagekraft

Es gibt kein Verfahren, welches sich für alle heute gestellten Aufgaben einsetzen lässt. Ausgehend von der Aufgabenstellung müssen die Verfahrenstechnik gewählt- und die richtige Anwendungstechnik festgelegt werden, damit eine gestellte Messaufgabe erfolgreich gelöst werden kann.

| Verfahrensvergleich / Verfahren<br>(Auszug - Anwendungstechnik) | IRSCAT<br>Technik              | Ultra-<br>schall | Wirbel-<br>strom | Feuchte         | Radars    | Photo-<br>metrie | Tempe-<br>ratur | Magnet.<br>Feld-<br>potential | NIR       | KW<br>IR 1 | LW<br>IR 2 | Radio-<br>wellen | Radio-<br>logie<br>- | HF<br>Schall | Dichte<br>Messung | CPM<br>Messung |
|---|--------------------------------|------------------|------------------|-----------------|-----------|------------------|-----------------|-------------------------------|-----------|------------|------------|------------------|----------------------|--------------|-------------------|----------------|
| Risse   | 2                              | 1                | 0                | 0               | 1         | 2                | 0               | 0                             | 2         | 1          | 1          | 0                | 0                    | 0            | 0                 | 0              |
| Oberflächenfeuchtigkeit   | 2                              | 1                | 0                | 2               | 1         | 2                | 2               | 1                             | 0         | 2          | 2          | 0                | 0                    |              | 0                 | 2              |
| Feuchtigkeit im Innern  | 2                              | 0                | 0                | 1               | 2         | 0                | 1               | 0                             | 0         | 2          | 2          | 1                | 2                    | 1            | 0                 | 1              |
| Ausblühungen  | 2                              | 0                | 0                | 0               | 0         | 2                | 1               | 0                             | 2         | 2          | 2          | 0                | 0                    | 1            | 1                 | 0              |
| Auswaschungen   | 2                              | 0                | 0                | 0               | 1         | 1                | 2               | 0                             | 2         | 2          | 2          | 0                | 0                    | 1            | 1                 | 0              |
| Hohlräume unter der Oberfläche                                  | 2                              | 1                | 1                | 0               | 2         | 0                | 0               | 0                             | 0         | 1          | 2          | 1                | 2                    | 1            | 0                 | 0              |
| Loslösungen von Schichten                                       | 2                              | 1                | 0                | 0               | 2         | 0                | 1               | 0                             | 0         | 1          | 2          | 1                | 2                    | 1            | 0                 | 0              |
| Loslösungen von Ankern  | 0                              | 1                | 1                | 0               | 0         | 0                | 0               | 0                             | 0         | 0          | 2          | 0                | 2                    | 1            | 0                 | 0              |
| Anordnung der Bewehrung   | 2                              | 1                | 2                | 0               | 2         | 0                | 0               | 2                             | 0         | 1          | 2          | 0                | 2                    | 1            | 0                 | 0              |
| Länge von Ankern  | 0                              | 2                | 0                | 0               | 0         | 0                | 0               | 0                             | 0         | 0          | 0          | 0                | 0                    | 1            | 0                 | 0              |
| Halftung von Ankern   | 0                              | 2                | 0                | 0               | 0         | 0                | 0               | 0                             | 0         | 0          | 1          | 0                | 1                    | 0            | 0                 | 0              |
| Ortslage von Ankern   | 2                              | 1                | 2                | 0               | 2         | 0                | 0               | 2                             | 0         | 1          | 2          | 1                | 2                    | 1            | 0                 | 0              |
| Wasserwege im Innern  | 2                              | 1                | 1                | 0               | 1         | 0                | 1               | 1                             | 0         | 2          | 2          | 0                | 1                    | 0            | 0                 | 0              |
| Tiefliegende Hohlräume  | 2                              | 0                | 1                | 0               | 1         | 0                | 0               | 0                             | 0         | 2          | 1          | 1                | 2                    | 1            | 0                 | 0              |
| Chemische Oberflächenveränderung                                | 2                              | 0                | 0                | 0               | 0         | 1                | 0               | 1                             | 1         | 0          | 0          | 0                | 0                    | 0            | 1                 | 0              |
| Chloride  | 2                              | 0                | 0                | 0               | 0         | 0                | 0               | 0                             | 2         | 1          | 0          | 0                | 0                    | 0            | 0                 | 0              |
| Sulfate   | 2                              | 0                | 0                | 0               | 0         | 0                | 0               | 0                             | 2         | 1          | 0          | 0                | 0                    | 0            | 0                 | 0              |
| Gipsausblühungen  | 2                              | 1                | 0                | 0               | 0         | 0                | 0               | 0                             | 2         | 1          | 1          | 0                | 0                    | 1            | 0                 | 0              |
| Oberflächendichte   | 1                              | 1                | 0                | 0               | 0         | 0                | 0               | 0                             | 0         | 1          | 2          | 0                | 1                    | 1            | 2                 | 0              |
| Oberflächenrauheit  | 2                              | 0                | 0                | 0               | 0         | 0                | 0               | 0                             | 2         | 2          | 2          | 0                | 0                    | 0            | 0                 | 0              |
| Materialausbrüche   | 2                              | 0                | 0                | 0               | 1         | 0                | 0               | 0                             | 2         | 2          | 2          | 0                | 0                    | 0            | 0                 | 0              |
| Fugenauswaschung  | 2                              | 0                | 0                | 0               | 1         | 0                | 0               | 1                             | 1         | 2          | 2          | 0                | 1                    | 1            | 0                 | 0              |
| Betondicke  | 1                              | 1                | 0                | 0               | 2         | 0                | 0               | 0                             | 0         | 0          | 1          | 1                | 2                    | 1            | 0                 | 0              |
| Fugenausbrüche  | 2                              | 0                | 0                | 0               | 1         | 0                | 0               | 0                             | 2         | 2          | 2          | 0                | 1                    | 0            | 0                 | 0              |
| Hohlräume hinter der Konstruktion                               | 2                              | 0                | 0                | 0               | 1         | 0                | 1               | 0                             | 0         | 1          | 1          | 1                | 2                    | 1            | 0                 | 0              |
| <b>Gesamtpunktzahl</b>  | <b>42</b>                      | <b>15</b>        | <b>8</b>         | <b>3</b>        | <b>21</b> | <b>8</b>         | <b>9</b>        | <b>8</b>                      | <b>20</b> | <b>30</b>  | <b>36</b>  | <b>7</b>         | <b>23</b>            | <b>15</b>    | <b>5</b>          | <b>3</b>       |
| In der Tabelle gelten:  | 2 Bevorzugtes Verfahren        |                  |                  | 1 Noch geeignet |           |                  | 0 Ungeeignet    |                               |           |            |            |                  |                      |              |                   |                |
| *   | Anwendung an Auflagen gebunden |                  |                  |                 |           |                  |                 |                               |           |            |            |                  |                      |              |                   |                |

Die heute verfügbaren zerstörungsfreien Messverfahren basieren auf technisch wissenschaftlich geprüften Grundlagen und erfüllen die Anforderung an Reproduzierbarkeit.

### **Warum Bauwerkscanning?**

- Technische Messverfahren sind unbestechlich.
- Resultate sind durch Dritte überprüfbar.
- Die Verfahren sind schnell und effizient im Einsatz.
- Die ableitbaren Ergebnisse liefern Antworten auf komplexe Fragestellungen.

### **Wozu dienen zerstörungsfreie Mess- und Prüfergebnisse?**

- Zur objektiven Abschätzung von Kosten.
- Erkennen von Risiken im frühest möglichen Zeitpunkt.
- Feststellen sich anbahnenden Schäden im Frühstadium.
- Erstellen einer kompletten Dokumentation.

## **Unser Credo** **Professionelle Messtechnik aus einer Hand**

### **One Company – One call**

#### **1.2. Vorteile und Nutzen für die Beteiligten am Bauwerk**

|                             |   |
|-----------------------------|---|
| Für den Benutzer            | Kaum Betriebsunterbruch, keine Störung im Umfeld.<br>Mobil einsetzbarer Gerätepark.   |
| Für den Ingenieur           | Schnelle Verfügbarkeit wichtiger Informationen.<br>Standardisierte Datenerhebung und rechnergestützte<br>Beurteilung zur Unterhalts- und Inspektionsplanung.<br>Einfachere Budgetplanung. |
| Für den Besitzer            | Hoher Werterhaltungsgrad.<br>Verlängerung der Lebensdauer des Bauwerks.<br>Schutz vor Ansprüchen durch Dritte.<br>Unbestechliche Dokumente zur Erhebung von<br>Ansprüchen gegen Dritte.   |
| Für den Investor            | Höchster Wiederverkaufswert.<br>Sichere, überwachte und geprüfte Bausubstanz.   |
| Für Institutionelle Anleger | Werterhaltung und gezielte Wertsteigerung.<br>Sichere, überwachte und geprüfte Bausubstanz.   |
| Für den Unternehmer         | Messdaten direkt von der Baustelle.<br>Unterstützung der betriebseigenen Ressourcen.  |
| Für die Versicherung        | Ursachenermittlung bei einem Bauschaden (Sanierung,<br>Versicherungs- oder Gerichtsfall).   |

### 1.3. Übersicht über die verschiedenen Prüfverfahren im Bauwesen

| <b>Physikalische Messungen und Prüfungen</b>         | leicht | mittel | schwer |
|--|--------|--------|--------|
| Luftfeuchtigkeit und -temperatur                     | x      |        |        |
| Bauteilfeuchtigkeit und -temperatur                  | x      |        |        |
| Baustofffeuchtegehalt                                | x      |        |        |
| Saugfähigkeit von Baustoffen und Bauteilen           | x      |        |        |
| Rissbreite und Rissveränderungen                     |        | x      |        |
| Rissart  |        | x      |        |
| Schichtdicke von Baustoffen und Beschichtungen       | x      |        |        |
| Lokalisierung von Bewehrungsstäben, Spannstählen     |        | x      |        |
| Messung deren Betonüberdeckung                       |        | x      |        |
| Endoskop-Aufnahmen                                   |        | x      |        |
| Ultraschallmessungen                                 |        |        | x      |
| Bauradar-Verfahren                                   |        | x      |        |
| Impuls-Echo  |        | x      |        |
| IR-Thermographie (aktiv oder passiv)                 |        |        | x      |
| Rautiefe von Oberflächen                             | x      |        |        |
| Messung der Oberflächenfestigkeit, Haftzugfestigkeit |        | x      |        |
| Potentialfeldmessungen                               |        |        | x      |
| Geoelektrik, Mikroseismik                            |        |        | x      |
| Akustische Messungen                                 |        |        | x      |
| Radarmessungen                                       |        | x      | x      |
| Messung der Dicke von Beschichtungen                 | x      | x      |        |

| <b>Beratungen und andere Dienstleistungen</b>                   | leicht | mittel | schwer |
|---|--------|--------|--------|
| Betontechnologie  |        |        | x      |
| Bauphysikalische Berechnungen                                   |        | x      |        |
| GEAK  | x      |        |        |
| Gebäudeanalysen und Sanierungsempfehlungen                      | x      |        |        |
| Baubegleitungen   |        |        | x      |
| Rechtsgutachten   |        |        | x      |
| Lecksuche in Leitungssystemen                                   | x      |        |        |
| Vorspannkabel in Betondecken orten                              |        | x      |        |
| Durchstanzbewehrung und Stützenkopf-Verankerung sichtbar machen |        | x      |        |
| Lokalisieren von Anschluss- und Bügeleisen im Beton             |        | x      |        |
| Ursachenermittlung bei Bauschäden                               |        | x      |        |
| Ermittlung der Durchstanzbewehrung                              |        |        | x      |
| Orten von Ankerköpfen und der Lage von Spannkabeln              |        |        | x      |
|   |        |        |        |

| <b>Chemische Messungen und Prüfungen</b>            | leicht | mittel | schwer |
|---|--------|--------|--------|
| Messung der Carbonatisierungstiefe in Beton, Mörtel | x      |        |        |
| Chemische Prüfungen mittel Photometer               |        | x      |        |
| Spektralanalysen von Baustoffen                     |        |        | x      |
|   |        |        |        |

## 2. UNTERSUCHUNGSMETHODEN IM LABOR ODER VOR ORT

### 2.1. Beurteilung durch visuelles Erfassen der Konstruktionsmerkmale und der Zustandserscheinungen:

Die Veränderungen am Bauwerk gegenüber dem SOLL-Zustand, die augenfällig sichtbar sind, werden in einem Protokoll festgehalten und in die Planunterlagen eingezeichnet.

Einige typische Merkmale sind:

Abplatzungen, Roststellen, Verfärbungen, Risse, Schmutz, undichte Fugen, Abläufe, Aussinterungen, Ausblühungen, Ausbesserungen, mechanische Beschädigungen etc. Visuelle Inspektionen dienen als Grundlage für die Festlegung von Art und Umfang der nachfolgenden Prüfungen.

### 2.2. Methoden und Geräte mit geringen Anforderungen bei der Prüfung und der Auswertung

Fotodokumentation:

Vom Gesamtobjekt, von typischen Schadensbildern, wichtigen Detailpunkten und Bauwerkszuständen werden fotografische Aufnahmen angefertigt.

Zubehör für eine erste Zustandsbeschreibung eines Bauwerkes:

**Schreibgerät, Papier, Meterstab, Messschieber, Handschuhe, Hammer, Meissel, Taschenlampe, Messer, Spritzflasche, Indikatorlösungen, kleine Behälter und Fläschchen zur Probeentnahme, Pinsel etc. sollte der Bauwerksprüfer ständig bei sich führen:**

Die Utensilien dienen zur Erkennung von Hohlräumen, Rissen, losen Bestandteilen und Abplatzungen im Bauteil und Feststellung der Gleichmäßigkeit der Baustoffe. Mit diesem Verfahren werden auch diejenigen Prüfstellen ermittelt, bei denen später zusätzlich Bohrkerns gezogen werden, um genauere Kenntnis über die Bauteile bzw. die Bewehrung im Inneren eines Bauteils zu bekommen.



Utensilien die für den Prüfer zur Ausrüstung gehören. Sie dienen dem Auffinden von Fehlstellen in Bauteilen.

### Prüfung der Baustofffeuchtigkeit durch CM-Gerät:

Schnellprüfung vor Ort zur Bestimmung der Feuchte von entnommenen Beton- bzw. Estrichproben. Die entnommene Probe wird zerkleinert und gewogen. Sie kommt zusammen mit einer Ampulle Kalziumcarbit und mehreren Stahlkugeln in eine Stahlflasche, die dicht verschlossen wird. Beim Schütteln wird die Ampulle zerbrochen. Es entsteht ein Gasdruck. Die Ablesung am Manometer wird mit einer Tabelle in den Feuchtegehalt der Probe umgerechnet. Die Messdurchführung beträgt etwa 15 bis 20 Minuten.

Anhand mehrerer Messergebnisse kann die Beton- bzw. Estrichfeuchtigkeit abgeschätzt werden. Das Trocknen von entnommenen Proben zur Feuchtemessung bis zur Gewichtskonstanz ist aber noch immer die genaueste Methode.



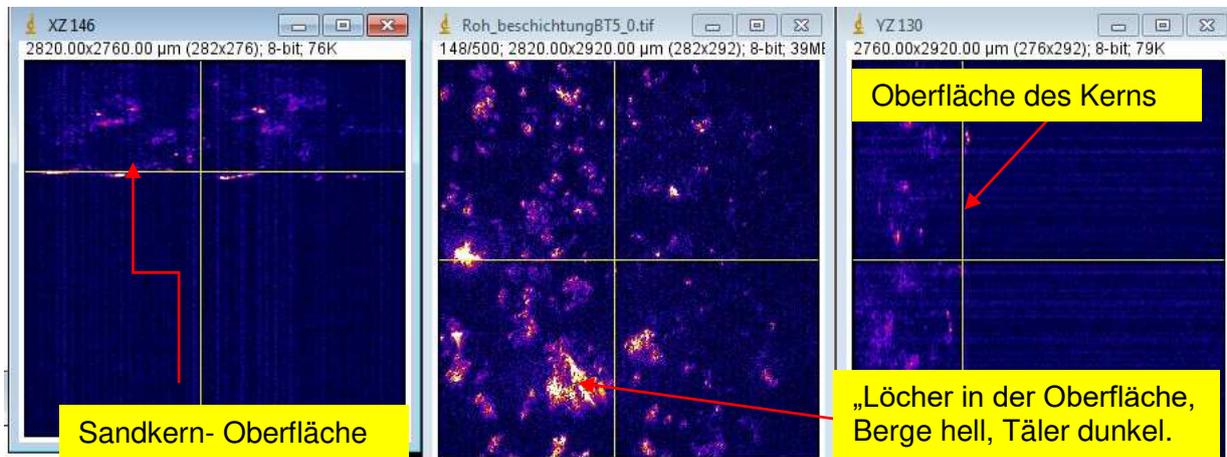
### Prüfung der Saugfähigkeit von Baustoffen mit dem Karsten-Röhrchen:

Diese zerstörungsfreie Prüfung dient zur Feststellung der kapillaren Saugfähigkeit oberflächennaher Schichten. Die Röhrchen werden an die Oberfläche mit geeignetem Kitt aufgeklebt, 10 cm mit Wasser gefüllt und das Absinken des Wasserspiegels in der Zeiteinheit gemessen. Bei Langzeitmessungen ist an einem Null-Versuch, an nichtsaugendem Untergrund, die Verdunstungsmenge zu ermitteln. Bei der Auswertung ist zu beachten, dass Messergebnisse nur relativ sind, Absolutbestimmungen sind nicht möglich. Für sehr stark saugende Untergründe ist das Verfahren nicht geeignet.



### OCT- Verfahren → Beschichtungen auf rauen, saugfähigen Oberflächen:

Rauhe Oberflächen weisen „Löcher“ in der Oberfläche die oft mehr als 100 Mikrometer betragen. Um an solchen Produkten die Dicke einer Beschichtung oder das Eindringverhalten zu vermessen müssen die „Täler“ im Substrat und die „Berge“ bekannt sein. Mit dem OCT- Verfahren werden die Einbett- Tiefe oder die Rauheit respektive die Saugfähigkeit einer Oberfläche charakterisiert.



Durch die Messung des Verhaltens einer Oberfläche während Beschichtung wird festgestellt, wie das Beschichtungsmaterial in das Bauteil eindringt. Ist die Penetration abgeschlossen, erfolgt die Aushärtung des Beschichtungsmaterials. Bei der Aushärtung zeigt sich das Schwindmass.

- Das Eindringverhalten des Beschichtungsmaterials wird berührungslos festgestellt.
- Ist die Penetration abgeschlossen lässt sich die Schichtdicke die auf dem Substrat liegt und die Dicke der in das Material eingedrungenen Schicht ermitteln.
- Minimale Überdeckung der „Berge“ oder der „Täler“ auf dem Objekt.
- Maximale Überdeckung der „Berge“ oder der „Täler“ auf dem Objekt.
- Mittlere Schichtdicke der „Berge“ oder der „Täler“ auf dem Objekt.



Aus den Messungen ergibt sich das „Einsinkverhalten“ einer Beschichtung. Die erste Messung liefert die Oberfläche der Beschichtung. Die folgenden Messungen zeigen jeweils die Oberfläche der Beschichtung, deren Lage sich aufgrund des

Eindringens des Beschichtungsmaterials in den Sandkern verändert. Diese Veränderung wird gemessen und dient zur Ermittlung der Schicht zur Basisschicht.

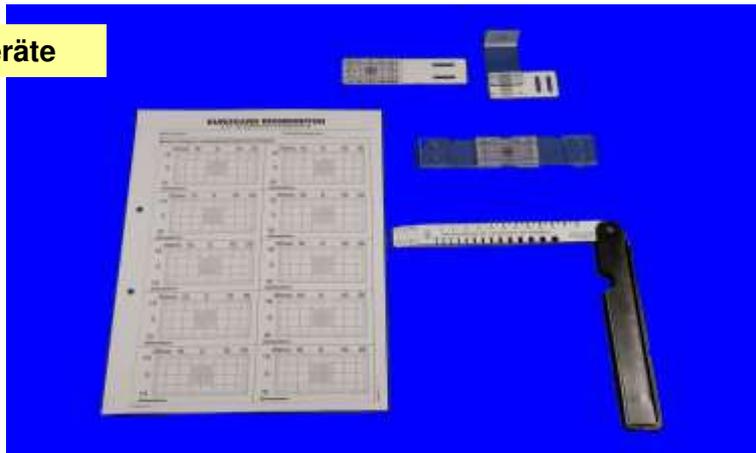
### **Messung der Rissbreite bzw. Überprüfung der Rissbewegung in Bauteilen:**

Dient zur optischen Messung der Breite von Rissen und Rissbewegungen in Stahlbetonbauteilen.

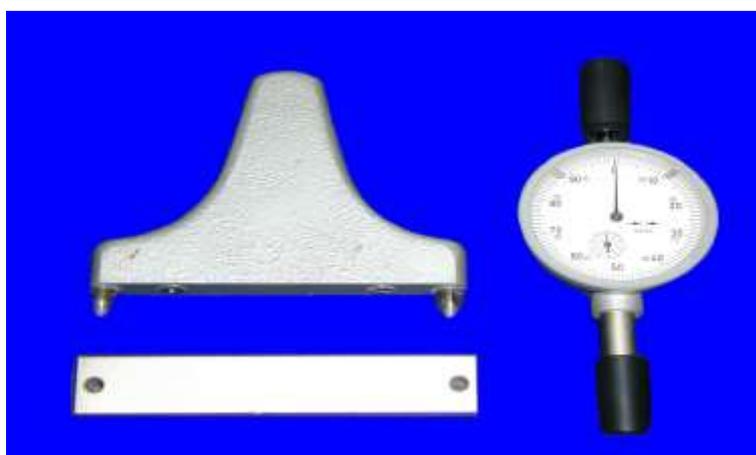
Geräte:

Rissbreitenmesskarte, auf der die Breiten 0,1 bis 5,0 mm als Striche dargestellt sind. Rissmonitore der Firma Barg Baustofflabor GmbH & Co. KG zur Feststellung der zeitlichen Veränderung im Bereich von Rissen (Rissbewegungen erfassen).

**Riss-Messgeräte**



**Riss-Messgeräte**



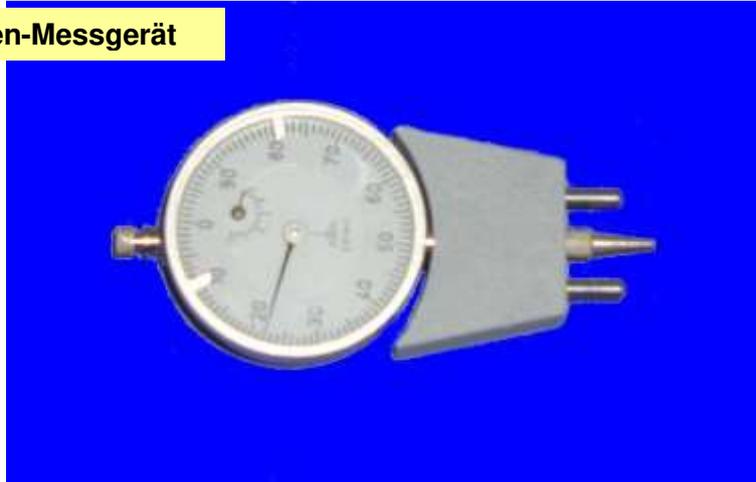
### Messung der Schichtdicke von Baustoffen bzw. Beschichtungen:

Dient zur Messung der Dicke von Baustoffen und Beschichtungen auf Stahl-, Stahlbetonbauteilen und anderen Untergründen.

Geräte: Schichtdickenmessgerät für Stahluntergründe bzw. starre Beschichtungen und Untergründe.

Schichtdickenmessgerät für weiche Beschichtungen auf starren bzw. weichen Untergründen.

#### Schichtdicken-Messgerät



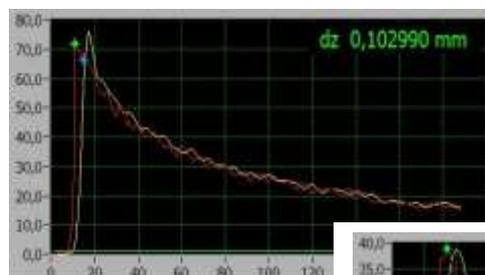
### Schichtdickenmessung mit modernen Verfahren.

Moderne Verfahren zu Messung der Schichtdicken sind

- PTRT- Verfahren (Photothermisches Verfahren)
- Radarmesskopfverfahren
- Interferometrische Verfahren
- Dipol- und Impedanzmessverfahren.

Dickenunterschiede und Loslösung werden mit diesen Verfahren berührungslos und zerstörungsfrei mikrometergenau vermessen. Sei es an einem Kühlturm, in einem Druckrohr einer Turbinenzuleitung oder in einem Tunnel. Die Dicke einer Beschichtung, Haftungsfehler oder Schichtablösungen werden mit modernen Verfahren zuverlässig festgestellt.

Die Dicke der Alu- Beschichtung variiert von etwas über 100  $\mu\text{m}$  bis fast 600  $\mu\text{m}$ .



### 2.3. Methoden und Geräte mit erhöhten Anforderungen bei der Prüfung und der Auswertung

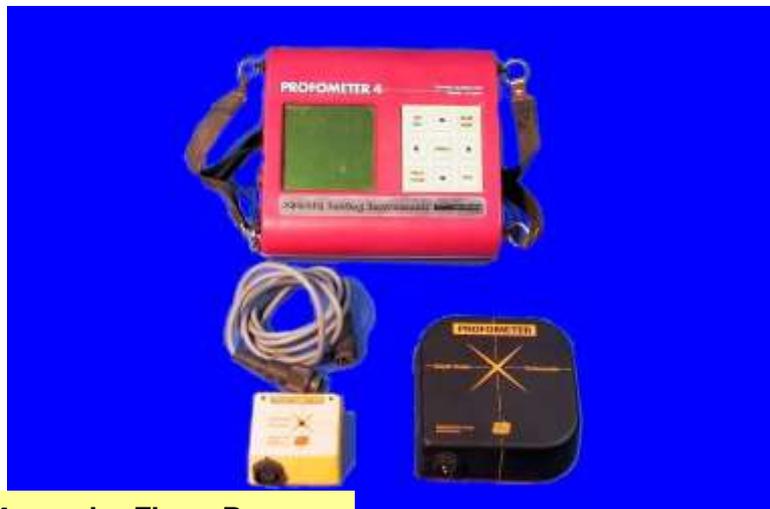
#### Ortung der Bewehrung:

Zerstörungsfreie Messung der Lage, des Durchmessers der Bewehrungsstäbe und der Betonüberdeckung derselben in einem Stahlbetonbauteil.

Dabei werden die ferromagnetischen Eigenschaften von Bewehrungsstäben zur Feststellung ihrer Lage bzw. ihres Durchmessers genutzt.

Ein Messsignal wird hervorgerufen, wenn ein konstantes Magnetfeld oder ein magnetisches Wechselfeld beim Überfahren eines verdeckten Metalls (Bewehrung) gestört wird. Dieses Messsignal kann analog oder digital angezeigt werden.

Geräte: Profometer von der Firma Proceq  
Ferroscan von der Firma Hilti



Profometer 4 von der Firma Proceq



Ferroscan von der Firma Hilti

#### Messung der Carbonatisierungstiefe:

Bestimmung des Betons mit einer hohen Alkalität oder keiner Alkalität zur Beurteilung des Korrosionsschutzes der Bewehrung in einem Stahlbetonbauteil.

Durch die Carbonatisierung des Betons ändert sich dessen pH-Wert. Durch Ansprühen der frischen Bruchfläche mit einer Indikatorlösung erfolgt ein Farbumschlag.

Als Indikatorlösung wird eine 1-%-ige Phenolphthaleinlösung verwendet. Sie färbt Beton mit pH größer als 9,4 violett.

Betonüberdeckung der Bewehrungsstäbe / Carbonatisierungstiefe im Beton:

Da in vielen Fällen die Ergebnisse von der Messung der Betondeckung und des Carbonatisierungsfortschrittes zusammen gewertet werden, sind Messprofile vorteilhaft.

Wertet man die Überdeckungsmessung und die Messung des Carbonatisierungsfortschrittes aus, erhält man eine Aussage über den Anteil der Flächen, bei denen für die Bewehrung kein Korrosionsschutz mehr besteht.

Daraus leiten sich die erforderlichen Massnahmen ab.



**Messung der Carbonatisierungstiefe im Beton**

### **Zerstörungsfreie Messung der Betondruckfestigkeit:**

Durch die Prüfung mit dem Rückprallhammer nach E. Schmidt wird die Oberflächendruckfestigkeit von Stahlbetonbauteilen gemessen. Dabei wird auf die Betondruckfestigkeit im Bauteil geschlossen.

**Rückprallhammer nach E. Schmidt**



DIN 1048 beschreibt die Prüfung mit dem Rückprallhammer nach E. Schmidt in Teil 2 und Teil 4. Sie darf nur mit dem Modell N durchgeführt werden.

Bei der Prüfung wird das Gerät genau senkrecht zur Betonoberfläche angesetzt und langsam und stetig Druck aufgebracht, bis der Schlag ausgelöst wird.

Die Prüfung ist gleichmäßig auf eine 200 cm<sup>2</sup> große Messstelle zu verteilen. Die angezeigte Rückprallstrecke R wird auf der Skala abgelesen.

Bei der Auswertung gibt DIN 1048 Teil 2 eine Tabelle an, nach der die gefundenen Rückprallwerte in Betonfestigkeiten umgerechnet werden können.

DIN 1048 Blatt 4 erlaubt eine höhere Ausnutzung der gefundenen Rückprallwerte bei der Umrechnung in Betonfestigkeiten durch die Anwendung einer Bezugsgeraden, die durch die zusätzlich zerstörende Prüfung von Bohrkernen oder Würfeln statisch zu errechnen ist.

### Prüfung der Abreissfestigkeit:

Diese Prüfmethode dient zur Bestimmung der Festigkeitseigenschaften von Beton- bzw. Estrichoberflächen oder oberflächennahen Bereichen. Diese Prüfung dient der Beurteilung von unbehandelten bzw. behandelten Beton- bzw. Estrichoberflächen bzw. zur Überprüfung von ausgeführten Instandsetzungs- oder Beschichtungsarbeiten.

Bei dieser Prüfung wird ein Stahlstempel ( $\varnothing = 50 \text{ mm}$ ) auf eine definierte Prüffläche aufgeklebt und die Kraft zentrisch eingeleitet.

Die Zugkraft beim Versagen wird auf die Fläche des Stempels bezogen und als Abreissfestigkeit bezeichnet. In der neu bearbeiteten DIN 1048 Teil 2 wird die Prüfung der Oberflächenzugfestigkeit  $\beta_{oz}$  beschrieben.

In dieser DIN werden nunmehr Geräte zugelassen, die eine Einrichtung zur Kontrolle der Belastungsgeschwindigkeit besitzen. Die Belastungsgeschwindigkeit wird mit 100 N/sec vorgeschrieben (elastisches Prüfgut: 300 N/sec).

Für die Auswertung der Prüfergebnisse werden die Zugkraft und das Bruchbild angegeben. Dabei müssen die Bruchflächen nach Augenschein beurteilt werden.

Easy 10 der Firma Freundle



## Bohrkernentnahme und -prüfung:

Diese zerstörende Prüfung dient zur Erkundung des Stahlbetons bzw. eines Bauteils unterhalb der Oberfläche.

Zum Beispiel:

Festigkeit, Rohdichte, Sieblinie, Porosität, Porenabstand, E-Modul, Dichtigkeit, Risstiefe bzw. -verlauf, Carbonatisierung, Eindringen von angreifenden Chemikalien, Tiefe einer eventuellen Frostschädigung, Zustand der Bewehrung bzw. Messung der Betonüberdeckung

Das Aussageziel (Druckfestigkeit: DIN 1048 bzw. weitere DIN-Vorschriften) der Prüfung bestimmt den Durchmesser der Bohrkronen bei der Entnahme.

Bei der Entnahme von Bohrkernen sollte die Lage der Bewehrung vorher bestimmt werden, um diese zu schonen. An der Stelle der Entnahme ist jeweils für die Anschlüsse von Wasser und Elektrizität zu sorgen. Die Bohrmaschine wird auf dem Untergrund entweder mit Dübel oder mit einer Vakuumsaugplatte befestigt.

Äußerste Vorsicht ist bei der Entnahme von Bohrkernen bei Spannbeton angebracht (z.B.: Bohrkernentnahmegerät mit Abschaltautomatik).

Bei der Bestimmung der Eindringtiefe von Chemikalien kann statt der Bohrkern auch Bohrmehl entnommen werden.

Der Ort der Bohrkernentnahme ist in die Planunterlagen einzuzeichnen. Die Bohrkern sind zu beschreiben, ggf. zu fotografieren.



Bohreinrichtung der Firma HILTI

## Stahlentnahme und -prüfung:

Die zerstörende Prüfung dient zur Erkundung des Stahlbetons bzw. eines Stahleinbauteils unterhalb der Oberfläche im Bauteil, wie zum Beispiel zur exakten Bestimmung des Bewehrungsdurchmessers, der Bewehrungsoberflächenart (glatt, gerippt), der Stahlstreckgrenze und -zugfestigkeit, der Schweißbeignung der Stahleinbauteile bzw. Bewehrungsstähle, der Stahldruckfestigkeit bei Stützen

Das Aussageziel der Prüfung bestimmt die Art der Probennahme (Entnahme von Bohrkernen aus Stahleinbauteilen, Entnahme von Bewehrungsstahlproben durch Herausschneiden).

Der Ort der Stahlprobenentnahme ist in die Planunterlagen einzuzeichnen. Die entnommenen Proben sind zu beschreiben, ggf. zu fotografieren.

### 3. CHEMISCHE UNTERSUCHUNGEN VOR ORT UND IM BAUSTOFFLABOR UND ANDERE VERFAHREN.

#### Vor Ort:

Untersuchung von Bohrmehlproben aus den Stahlbetonbauteilen auf deren Chloridgehalt bzw. bei Mauerwerk auf Sulfat-, Nitrat- und Chloridgehalt (=> Gesamtsalzgehalt) Die ermittelten Chloridgehalte im Beton (Masse-%) werden dabei auf einen Zementanteil von 15 Masse-% im Beton angegeben.

#### Im Baustofflabor:

Bestimmung der Betonzusammensetzung (Sieblinie, Zementart und -gehalt)  
Ermittlung von betonangreifenden Chemikalien, Umweltparameter usw.



Photometer der Firma Lange



Arbeitsgeräte für das Photometer der Firma Lange

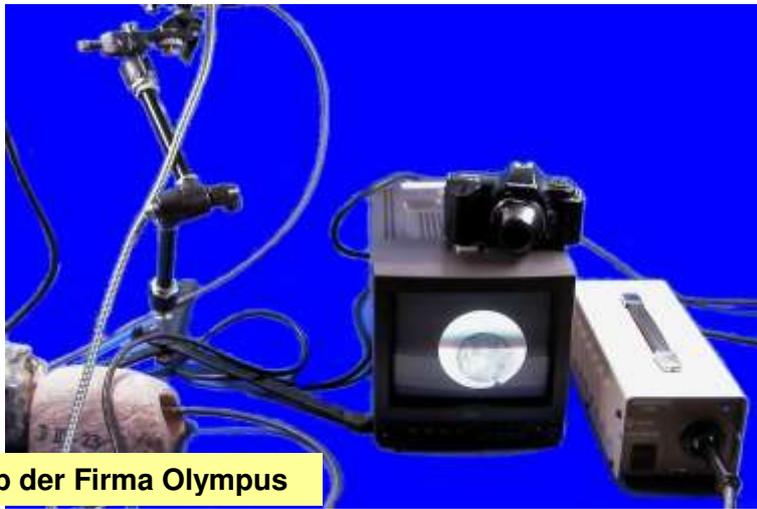
#### 3.1. Methoden und Geräte mit sehr hohen Anforderungen bei der Prüfung und Auswertung

##### Endoskopie:

Überprüfung unzugänglicher technischer Hohlräume, Risse, Fugen bzw. Fehlstellen in Bauteilen und deren fotografische Dokumentation.

Für den zu betrachtenden Hohlraum muss ein Zugang vorhanden sein oder geschaffen werden.

Dort wird das flexible Endoskop oder das starre Boroskop eingeführt. Eine Kaltlichtquelle bringt über Glasfaserstäbe oder Linsensysteme Licht an das Objektiv. Durch das Okular ist der Hohlraum einsichtbar.



Endoskop der Firma Olympus



Boroskop der Firma Olympus

Das Endoskop besteht aus einer flexiblen, biegsamen Sonde, das Boroskop aus einem starren Schaft.

Das Objektiv an der Spitze kann ausgewechselt werden (Tele- oder Weitwinkel). Beim flexiblen Endoskop kann das Objektiv nach allen Seiten bewegt werden und so ist die Blickrichtung beliebig veränderbar.

Durch das Okular kann man den Hohlraum betrachten. Es ist möglich, eine Spiegelreflexkamera, eine digitale Kamera bzw. eine Videokamera anzuschließen.

Über ein Bildsichtgerät können die Hohlräume betrachtet und aufgezeichnet werden. Die Deutung erfordert große Erfahrung. Die Untersuchung ist sinnvoll, wenn Verdacht auf Hohlraum vorliegt (z. B. nicht ordnungsgemäß ausgepresste Spannkäme). Zur Bestimmung der Rissbreiten kann in das Objektiv ein Maßstab eingespiegelt werden.

### Ultraschallmessgerät:

- Zerstörungsfreie Messung von unzugänglichen Stahlbetonbauteilen auf deren Abmessungen (z.B. Bodenplattendicke, Wanddicke in Keller-geschossen)

- Bestimmung von Risstiefen, Hohlräumen, Kiesnestern und Fehlstellen in Stahlbetonbauteilen



Ultraschallmessgerät der Firma proceq



Ultraschallmessgerät der Firma ACS

### Thermografie:

Thermografiesysteme arbeiten im Spektralbereich von 3 – 5 Mikrometer oder von 8 – 14 Mikrometer. Das System ist mit einem InSb oder MCT- Sensor ausgerüstet. Das Wärmebild-System ist mit einer thermoelektrischen Kühlung ausgestattet und benötigt keine zusätzliche Kühlung.

Wärmebild-Systeme erfassen die von einem Gegenstand abgestrahlte Energie völlig berührungslos, ohne Auswirkungen auf das Messobjekt. Die Abstrahlung im Blickfeld der Kamera wird über eine Optik dem Sensor zugeführt. Die erfassten Signale werden auf einem Monitor als hochauflösendes Wärmebild dargestellt. Der eingebaute Bildprozessor erlaubt die Auswertung der erfassten Daten nach Standardfunktionen. Die Speicherung erfasster Wärmebilder erfolgt über einen Computer. Die passive Thermografie wird zum Beispiel zur Ortung von Verbindungsankern in Außenwandelementen von Wohngebäuden oder für den Energiecheck eingesetzt. In Wärmebildern werden Dämmschäden an Häuserfassaden, die zu Energieverlust führen, sichtbar, ebenso Feuchtigkeitsausbreitungen und/oder Wärmebrücken an Fußböden, Decken oder Wänden.

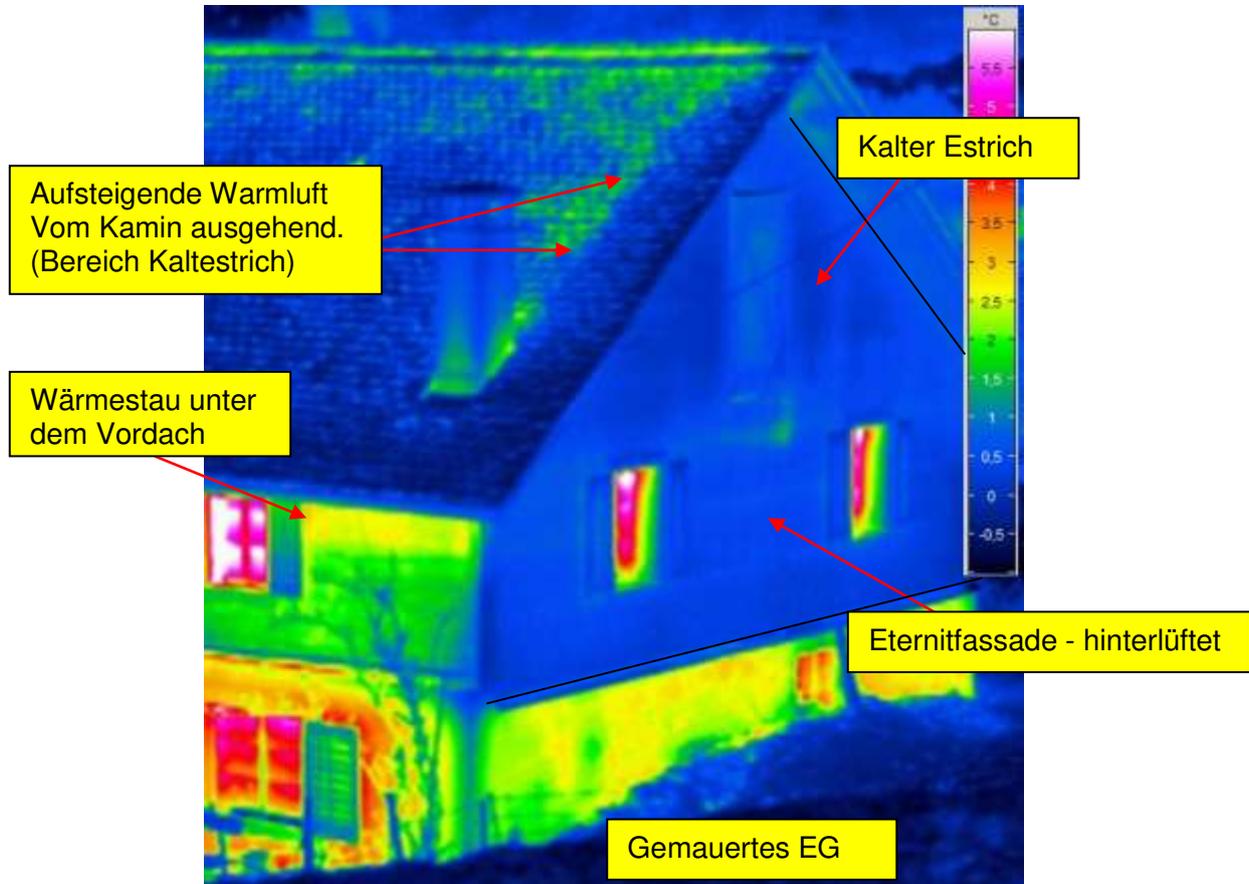
Mit der Infrarottechnik lassen sich Undichtigkeiten in Wasserrohrsystemen ebenso exakt lokalisieren wie Lecks in Fußbodenheizungen. Ferner eignet sich die

Registrierung von Wärmestrahlen zum Auffinden alter Fachwerkfassaden, die durch neuere Putzschichten verdeckt werden.



### Thermografiebilder richtig interpretieren und verstehen

Der Bericht „Thermografiebilder verstehen“ kann unter [https://www.businesslink.ch/fachberichte/thermografiebilder\\_richtig\\_interpretiere](https://www.businesslink.ch/fachberichte/thermografiebilder_richtig_interpretiere) abgerufen werden.

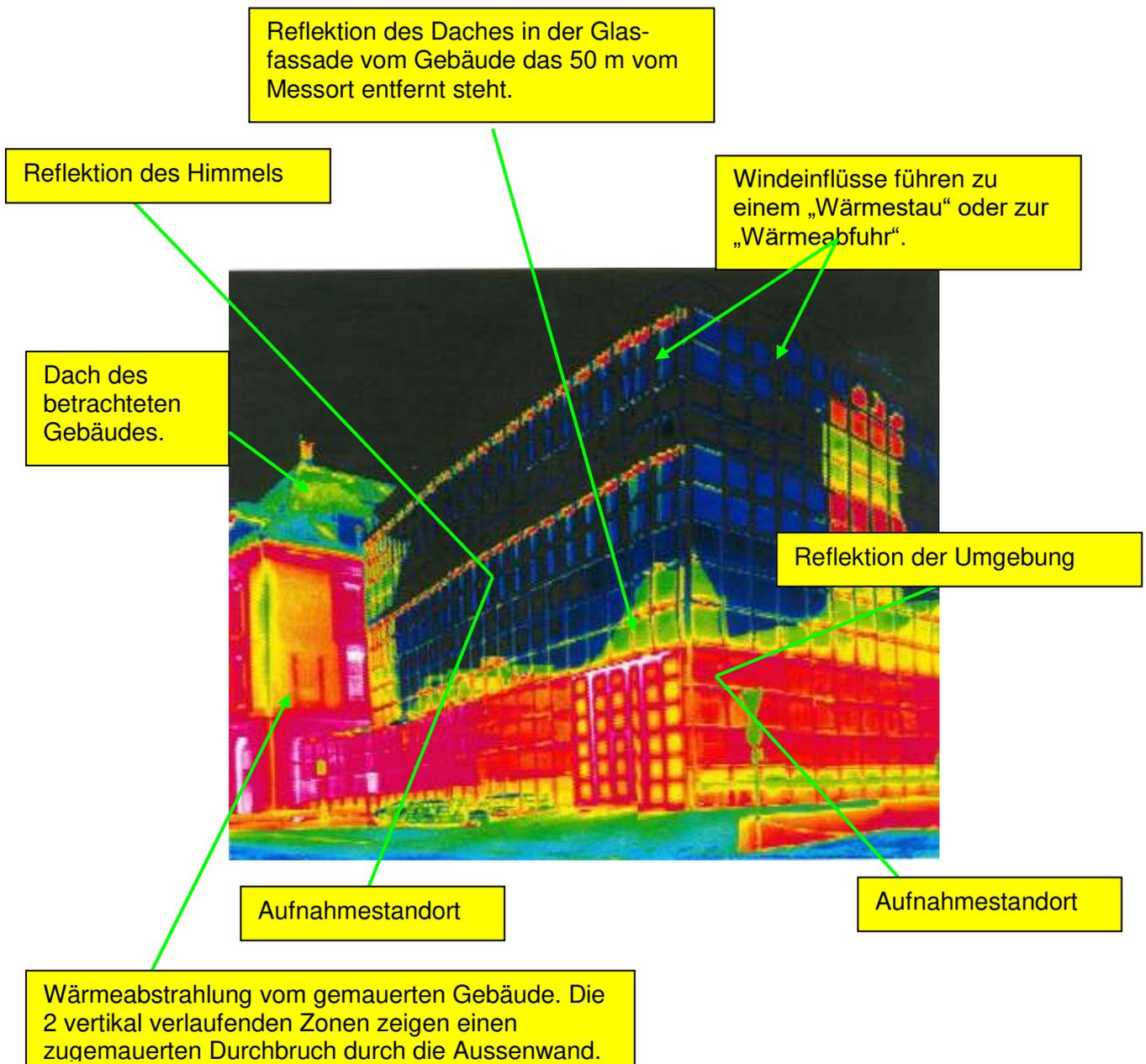


Ein Infrarotbild zeigt die Wärmeabstrahlungen auf Gebäudeoberflächen in einer farb- oder grauwert- kodierten Skala. Blau entspricht oft einer tieferen-, rot/weiss einer höheren Wärmeabstrahlung.

Die IR- Technik hat sich im Bauwesen etabliert. Sei es zur Erkennung von Wärmeverlusten, zur Erklärung wärmetechnischer Zusammenhänge, zur Feuchtedetektion oder zur Lokalisation von Heizleitungen.

In der Glasfassade des Gebäudes spiegelt sich alles aus der Umgebung weil „Glas“ im infraroten Spektralbereich wie ein Spiegel im sichtbaren Bereich wirkt.

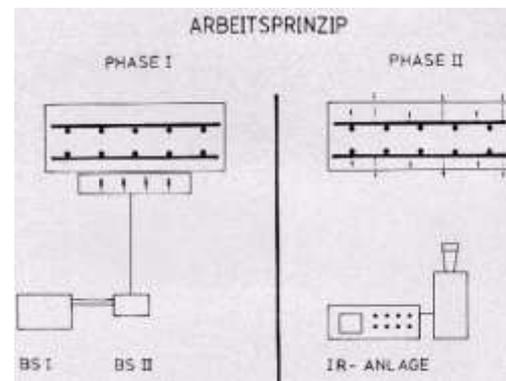
Reflexionen haben keinen Zusammenhang mit der Wärmeabstrahlung eines Gebäudes!



Ein Infrarotbild ist nur dann hilfreich, wenn Antworten zu einer klaren Fragestellung gesucht werden. Dann kann sich der Messoperateur auf diese konzentrieren. **Die Ausgangslage für eine wärmetechnische Einstufung eines Gebäudes ist die Gebäudeanalyse.**

## Induktionsthermografie:

Um nachträgliche Veränderungen an Stahlbetonbauwerken und Bauteilen vornehmen zu können bzw. um die Voraussetzungen für DIN 1045 zu prüfen, muß die Lage der Bewehrungsstähle bekannt sein. Wir machen sie mittels Wärme sichtbar.



Eine Spule erzeugt ein elektromagnetisches Feld, das zur Erwärmung des Stahls im Beton führt. Das dazu nötige Equipment besteht aus einem Mittelfrequenzumformer, einem Schaltschrank und einem Kühlsystem. Die Anlage hat eine Leistungsaufnahme von 380 V, 63 A und 20 kW. Das Besondere an dieser Methode ist, dass sich nur der Stahl, nicht der ihn umgebende Beton, erwärmt. Die erwärmten Stähle werden dann auf dem Bildschirm des Monitors eines Infrarot-Aufnahmegerätes sichtbar. Das ermöglicht deren genaue Lokalisierung und ist eine wertvolle Information für die nachträgliche Veränderung der Bauten.

## MULTISPEKTRALSCANNER (aktive Thermografie)

zur berührungslosen Zustandsaufnahme in Eisenbahntunneln, U-Bahntunneln, Straßentunneln bzw. in Stollen, Kavernen, Kaminen, Schächten und Kühltürmen.

## Impulsgeber:

Definierter Auftrag eines Energiepulses auf die Bauteiloberfläche (z. B. Ausnutzung des strahlungstechnischen Verhaltens von Wassermolekülen in Baustoffen zur Erkennung von Dampfdruckunterschieden in den Bauteilen ⇒ Aufzeichnung von Feuchteverteilungen auf den Bauteilen - flächenmäßig - und Messung der Feuchte in definierten Tiefen des Bauteils).

**Bereich Nahes Infrarot (NIR-System):**

Diese Kamera erfasst die Oberfläche des zu untersuchenden Objektes im nahen IR-Bereich. Dabei werden Rissbilder auf der Oberfläche und Oberflächenschäden sichtbar. Die IR-Signale werden durch den NIR-Sensor (0.78 bis 1.2 Mikrometer), durch den KW-Sensor (3 bis 5 Mikrometer) oder durch den LW-Sensor (8 bis 14 Mikrometer) geliefert.

**Kurzwellen-System (KW):**

Diese Kamera erfasst die Oberfläche des zu untersuchenden Objektes im IR-Bereich von 3 bis 5 Mikrometern. Dabei werden Oberflächenschäden und Feuchtigkeit auf und unter der Oberfläche sichtbar.

**Langwellen-System (LW):**

Diese Kamera erfasst die Oberfläche des zu untersuchenden Objektes im IR-Bereich von 8 bis 14 Mikrometern. Dabei werden Oberflächenschäden, Kiesnester unter der Oberfläche, Ablösungen einer Beschichtung und Hohlräume sichtbar. Zudem können mit dem LW-System auch Leckwasserwege im Untergrund sichtbar gemacht werden.

Die Auslesung der Signale an den Sensoren wird durch den Drehimpulsgeber des 4Rotationsprismas ausgelöst.

Nach der Datenaufnahme werden die Messdaten für jeden Sensor auf dem Rechner verarbeitet, so dass die vollständige Abwicklung der inneren Oberfläche eines Objektes in den Spektralbereichen NIR (0,78 bis 1,2 Mikrometer), KW (3 bis 5 Mikrometer) oder LW (8 bis 12 Mikrometer) dokumentiert werden kann. Durch die Synchronisation der Abtastung und der Fahrgeschwindigkeit ist jederzeit eine geometrisch exakte Zuweisung der Signale möglich. Auf diese Weise entsteht eine vollflächige Abwicklung der betrachteten Oberfläche.

Für die Zustandsaufnahme in einer Tunnelröhre oder in einem Stollen wird die Messeinrichtung auf ein Fahrzeug montiert und fortbewegt.

In einem Kamin erfolgt die Fortbewegung über einen Kran oder eine Umlenkrolleneinrichtung, an welcher die Datenerfassungsanlage angehängt wird.

Erkannt werden:

- Ausmauerungs-Schäden
- Loslösung der inneren Verkleidung
- Hohlräume in der Konstruktion
- Kiesnester
- innere Schäden
- Feuchteschäden und Hohlräume hinter der Konstruktion
- Risse

Vorteile:

- völlig berührungslos
- gesamte Fläche
- keine Zusatzmontage
- im Betriebszustand
- alle Daten exakt zuweisbar
- dokumentierbar in x- und y-Richtung

## Georadar

Verfahren zur Bestimmung von Strukturen oder zur Objektdetektion im Untergrund und im Bauwerk aufgrund der Ausbreitung elektromagnetischer Wellen.

### Untergrund

- Altlasten (z.B. Ablagerungen, Untergrund)  
Ziele: Objekte (Tanks, Fässer)
- Baugrund (z.B. Baugruben, Leitungstrassen)  
Ziele: alte Bauwerksreste, Objekte, Hohlräume, Leitungen)
- Geologie  
Ziele: Hohlräume, Boden- und Sedimentschichten, Wassertiefen und Ablagerungen im flachen Süßwasser

### Bauwerke

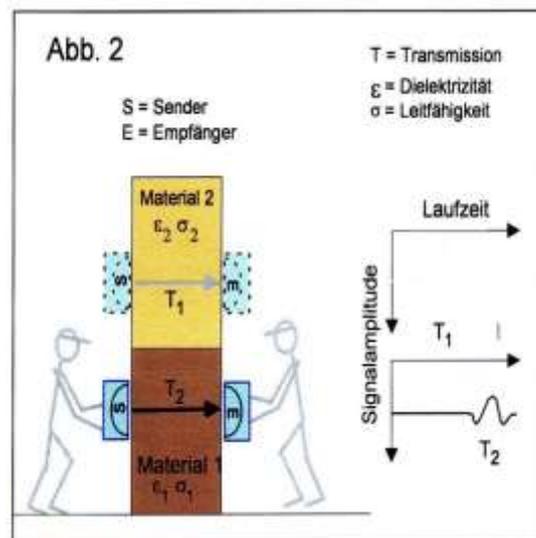
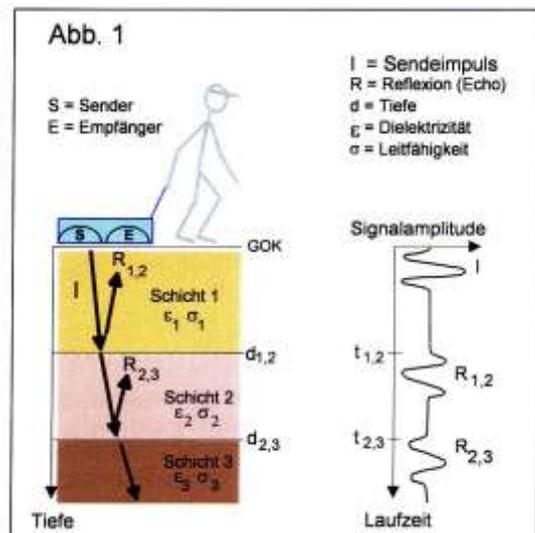
- Beton- und Stahlbetonbau (z.B. Brücken, Tunnel, Staubauwerke, Bauwerke)  
Ziele: Schläffe und Spannbewehrung, Bauteilaufbau (Dicken), Fehlstellen (z.B. Hohlstellen, Kiesnester, Feuchte)
- Mauerwerk (z.B. historische Gebäude)  
Ziele: struktureller Aufbau (Schalen, Dicken), Einbauteile (Klammern, Dübel, Anker, Hölzer), Schadstellen (Risse, Ablösung), Feuchte- und Salzverteilung, Sanierungskontrolle
- Verkehrswege (z.B. Straßen, Gleise)  
Ziele: Schichtdicken (Asphalt, Tragschichten), Schadstellen (Schichtablösungen, Schotterverschmutzungen)
- Erdbauwerke (z.B. Dämme) Ziele: Struktureller Aufbau, gestörter Aufbau

### Verfahrensgrundlagen

Wellenausbreitung: Das Georadar beruht auf der Aussendung elektromagnetischer Wellen in ein Medium, in Form von Impulsen mit Frequenzen im Bereich von ca. 20 MHz bis 2 GHz. Die Wellenausbreitung hängt von den elektrischen Materialeigenschaften ab. Wesentlich hierfür sind die Dielektrizität  $\epsilon$  und die Leitfähigkeit  $\sigma$ . Auf seinem Weg wird das Radarsignal an Diskontinuitäten gestreut, reflektiert und gebeugt sowie durch Absorption geschwächt.

Reflexionsanordnung (siehe Abb. 1): Diese Anordnung wird bei der gängigen Georadarmessung verwendet. Reflexionen finden an Kontrasten (z.B. Dielektrizität  $\epsilon$  - elektr. Leitfähigkeit  $\sigma$ ) statt. Die Wellengeschwindigkeit  $v$  ist von der Dielektrizität  $\epsilon$  abhängig. Es gilt die Näherung  $v = c / \epsilon^{1/2}$  ( $c$  = Lichtgeschwindigkeit im Vakuum). Der Reflektorabstand (z.B. Objektoberkante) berechnet sich aus der Wellengeschwindigkeit  $v$  und der Laufzeit  $t$  des Signals zu  $d = \frac{1}{2} t \cdot v$ .

Transmissionsanordnung (siehe Abb. 2): Diese Anordnung wird bei Spezialmessungen verwendet wo die Signale zur Charakterisierung von



Materialparametern (z.B. Feuchte, Salze) oder für Strukturanalysen verwendet werden.

### Typische Ausstattung

Signalerzeugung: Sende-Empfang-Antennenkombination für geotechnische und ingenieurmäßige Anwendungen, teilweise getrennte Sender und Empfänger für geolog. Fragestellungen und Spezialanwendungen



Aufzeichnungseinheit (Links) und die verschiedenen Antennen. Je kleiner die Antennen umso höher die Arbeitsfrequenz, je höher die Arbeitsfrequenz je geringer ist die Eindringtiefe im Bauteil. Die Auswertung der erfassten Signale erfolgt über eine spezielle Auswertesoftware.

### Datenverarbeitung

Unverarbeitete Radargramme setzen sich aus dem Primärsignal, dem Nutzsignal und dem Störsignal zusammen. Die Datenverarbeitung dient der Hervorhebung des Nutzsignals, der Massstabsentzerrung sowie der Umwandlung der Laufzeit- in Tiefenangaben. In der Regel ist eine Filterung sinnvoll, ohne dass damit der Aufwand zu hoch wird. Verfeinerte Datenverarbeitungsschritte erhöhen den Arbeitsaufwand.

### Auswertung/Dateninterpretation

Da es sich bei Georadar um ein indirektes Verfahren handelt, müssen die Daten interpretiert werden. D.h., dass die Antwort auf die Fragestellung nicht unmittelbar aus den Daten abgelesen werden kann. Die Interpretation erfolgt durch erfahrene Sachbearbeiter.

Bei klaren Daten kann die Interpretation sehr sicher und zuverlässig sein. Die Dateninterpretation ist normalerweise nicht unbefangen, da Annahmen und Vorkenntnisse einfließen. Die Auswertung wird durch zielgerichtetes Suchen erleichtert. Bei schlechter Datenlage sind Fehlinterpretationen oder größere Ungenauigkeiten nicht auszuschließen.

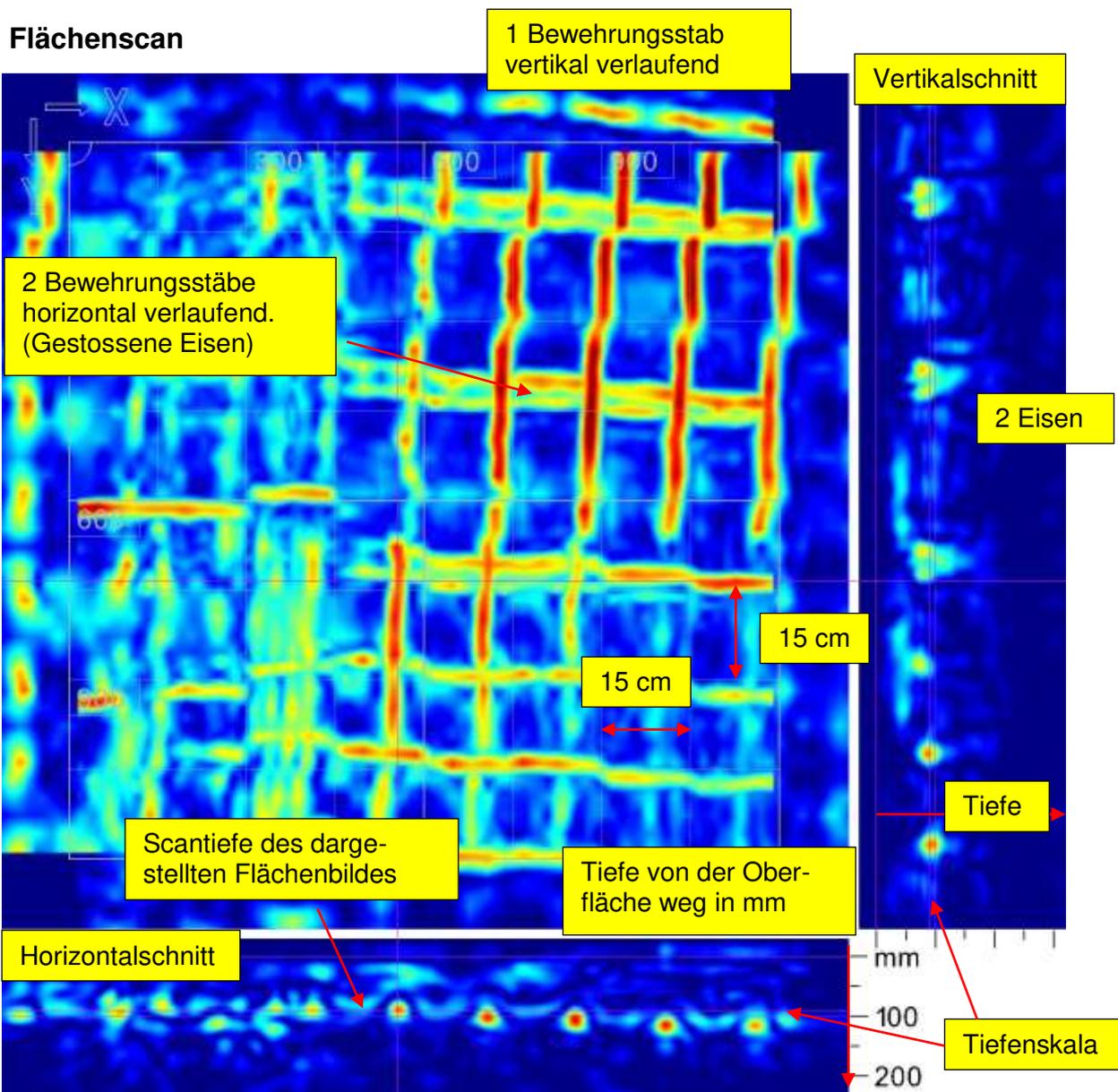
### Tiefenangaben/Genauigkeit

Bei Georadar handelt es sich um Laufzeitmessungen. Die Laufzeitachse kann bei bekannter Wellengeschwindigkeit in eine Tiefenachse überführt werden. Da die Wellengeschwindigkeit tatsächlich nie konstant ist, ist die Tiefenachse nur eine Näherung. Insbesondere ist sie sehr unterschiedlich ober- und unterhalb des Grundwasserspiegels.

## Zum Lesen der Radarbilder

Das Radarbild wird mit 3 Messköpfen erzeugt, sodass aus den Signalen ein Tomogramm (Dreidimensionales Bild) erzeugt werden kann. Von jedem Messkopf wird ein Radarsignal ausgesendet und an einem Objekt im Innern eines Bauteils (Decke, Wand, Boden) reflektiert oder gestreut. Das reflektierte oder gestreute Signal kommt mehr oder weniger gedämpft zum Empfänger zurück. Die Zeit in der das Radarsignal unterwegs ist, ist die Laufzeit. Diese Laufzeit erlaubt, die Tiefe eines eingebauten Teils oder die Dicke eines Bauteils zu berechnen.

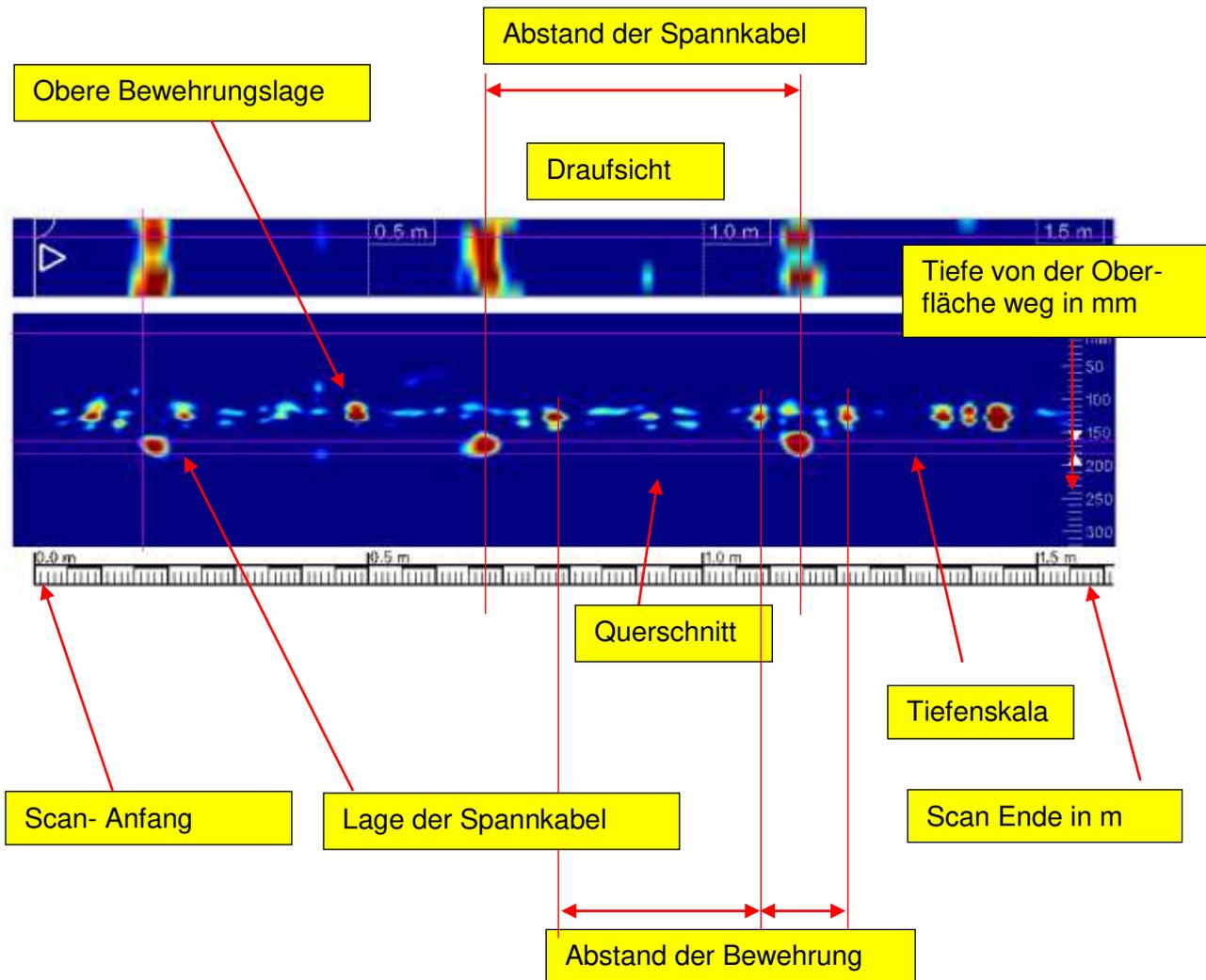
In horizontaler Richtung verläuft die x- Achse. Die y- Achse verläuft in vertikaler Richtung. Zusammen ergeben die zwei Achsen das abgetastete Feld auf dem Bauteil. Die Feldgröße ist entweder 60 cm \* 60 cm (Kleines Feld) oder 120 cm \* 120 cm (grosses Feld). Die Streifenbreite beträgt in beide Richtungen 15 cm.



Im Flächenscan werden die eingebauten Teile in der Einbautiefe dargestellt. Die Tiefenlage beginnt bei 0 (auf der Oberfläche) und ist etwa 300 mm tief. Die Tiefenlage des aktuellen Bildes kann man aus der Tiefenskala herauslesen.

### Linienscan:

Im Linienscan zeigen sich die Einbauten in der Draufsicht (Oberer Teil des Bildes) und im Schnitt durch die Deckenkonstruktion. (Unterer Teil des Bildes)



Bei der Ortung der Einbauten werden je nach Situation Flächenscans und Linienscans nach Bedarf erstellt. Der Flächenscan dient der dreidimensionalen Orientierung im Bauteil, die Linienscans der exakteren Definition der geometrischen Lage des Bauteils.

### Die Widerstandsgeoelektrik (Gleichstromgeoelektrik)

Das Verfahren wird eingesetzt zur quantitativen Ermittlung der strukturellen Untergrundsituation aufgrund der Verteilung des spezifischen elektrischen Widerstandes bzw. der Leitfähigkeit.

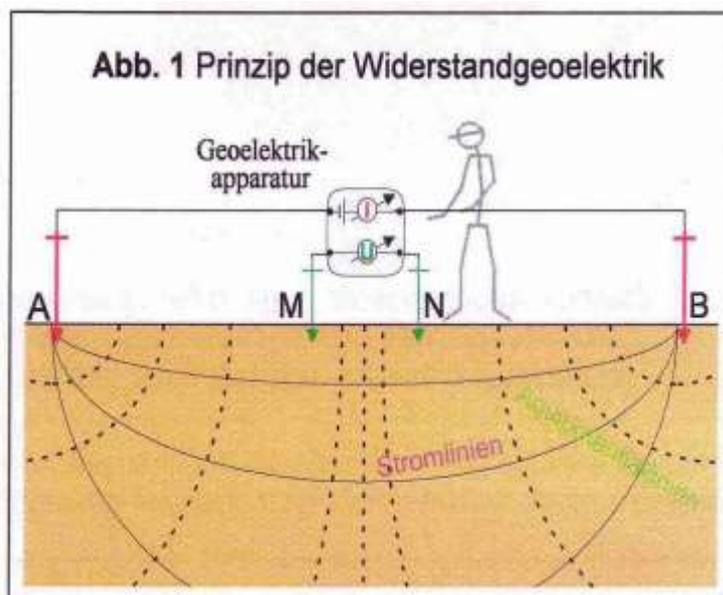
**Die Kartierung/Profilierung** liefert flächenhafte oder linienhafte Aussagen in Form von integralen Werten (= Resistivity, Mapping, Profiling)

**Die Sondierung** liefert an einer Stelle Aussagen über den etwaigen vertikalen Schichtaufbau (= VES Vertical, Electrical Sounding, Resistivity Sounding)

**Die Sondierungskartierung** liefert entlang einer Linie Aussagen über den ungefähren Schichtaufbau (= Resistivity Imaging, Tomography).

In der Geologie oder in der Hydrogeologie wird die Geoelektrik eingesetzt zur Erkundung von Grundwasserströmen, zur Feststellung geologischer Verwerfungen, zur Lokalisation von tiefliegenden Lagerstätten oder Erosionsrinnen, zur Baugrundabklärung oder zur Auffindung von Altlasten von der Geländeoberfläche aus.

Feuchte- oder Chloridverteilungen werden mit den heute verfügbaren Verfahren in der Bauwerksdiagnostik ebenso ohne Zerstörung ermittelt wie die Abschätzung der Dicke einer geologischen Schicht, die Detektion von Hohllagen und Hohlräumen oder das Erkennen von Bauwerksresten oder Deponiegrenzen.



Bei der Widerstandsgeoelektrik wird dem Untergrund bzw. Bauwerk über zwei Stromelektroden A und B ein Gleichstrom  $I$  zugeführt. Man betrachtet den stationären Fall, in dem das elektrische Feld aus dem Potential abgeleitet werden kann. Entsprechend der räumlichen Verteilung des spez. Widerstandes stellt sich ein zeitunabhängiges elektrisches Feld bzw. das damit verbundene Potential ein.

Zwischen zwei Sonden M und N wird die Potentialdifferenz an der Oberfläche gemessen. Die Sonden- bzw. Elektroden-Abstände berücksichtigen die verwendete Anordnung der Sonden und Elektroden an der Oberfläche. Da bei geschichtetem oder inhomogenem Untergrund die Messgröße nicht nur durch den Kennwert einer einzelnen Schicht bestimmt wird, sondern in Abhängigkeit der Eindringtiefe durch integrale Werte beeinflusst wird, ergibt sich bei praktischen Untersuchungen der sog. scheinbare spezifische Widerstand, ein Wert, der Anteile aus einem großen Messvolumen beinhaltet.

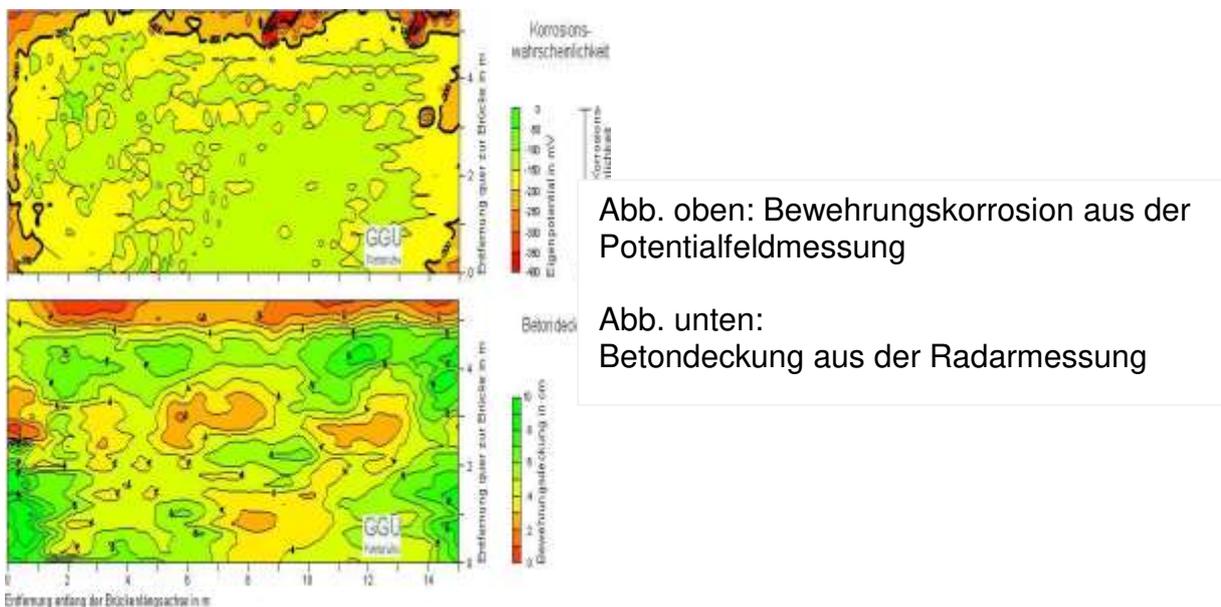
### Potentialfeldverfahren

Stahlbewehrung ist in Beton solange vor Korrosion geschützt, wie dieser seine alkalischen Eigenschaften behält. U.a. durch die Carbonatisierung sowie durch Zutritt von Salzen wie Chloride und Sulfate verliert er diese Schutzwirkung und ein elektrochemischer Prozess führt zur Bewehrungskorrosion. Das damit verbundene elektrische Potentialfeld (vergleichbar dem galvanischen Element einer Batterie) kann gemessen werden. Hierzu wird eine Bezugselektrode fix an die Bewehrung angeschlossen und die Messfläche mit einer wandernden Elektrode abgetastet. Über der korrodierenden Stelle wird eine (negative) Potentialdifferenz gemessen.

Messvoraussetzungen sind eine ausreichende, minimale Bauteilfeuchte, damit die elektrochemische Korrosion stattfinden kann, sowie unbeschichtete Messflächen. Die Messapparatur besteht aus nicht polarisierbaren Elektroden und einem speziellen Voltmeter.

### Vorgehensweise

Die freigelegte Betonoberfläche wurde mit Radelektroden eines nahezu kontinuierlich arbeitenden Potentialfeldmessgeräts abgescannt. An einer kleinen Stelle war die Bewehrung zum Anschluss der Bezugselektrode freigelegt. Zusätzlich ist die Messfläche mit einem Radarhochfrequenzsensor vermessen worden, um die Überdeckung der Bewehrung und damit einen möglichen Zusammenhang von Korrosion und Betondeckung feststellen zu können. Die freigelegte Stelle erlaubte die genaue Tiefenkalibrierung der Radardaten.



### Ergebnis

Die obere Abb. zeigt die Messergebnisse der Potentialfeldmessung. Deren Bewertung richtet sich nach der Norm ASTM 876-91. Demnach gilt für negative Potentialwerte bis -200 mV eine sehr geringe Korrosionswahrscheinlichkeit unter 5 %. Bei Werten zwischen -200 mV bis -350 mV gilt eine Wahrscheinlichkeit von ca. 50 %, und bei Werten unterhalb von -350 mV liegt die Korrosionswahrscheinlichkeit bereits über 95 %. Gemäß den Daten nimmt die Korrosion zu den drei Rändern der Fahrbahnplatte hin deutlich zu.

In der unteren Abb. sind die durch das Radar ermittelten Bewehrungsdeckungen zu sehen. Sie schwanken stark. Der Vergleich mit dem Potentialfeld zeigt, dass die geringen Überdeckungen am oberen Rand mit erhöhter Korrosionswahrscheinlichkeit einhergehen.

#### 4. IM SCHADENFALLE WERDEN SIE GEFRAGT:

Was haben Sie unternommen, um den Schaden zu vermeiden?

Haben Sie wirklich alle notwendigen Vorkehrungen getroffen?



Modernste Ortungsgeräte lokalisieren alle Einbauteile. Ob Stahlleitungen, Kupfer- oder Kunststoffrohre, Hohlräume, Spannkabel oder Wasserleitungen. Mit modernen Verfahren können Einbauten genau erkannt und vermessen werden damit Schaden vermieden wird.

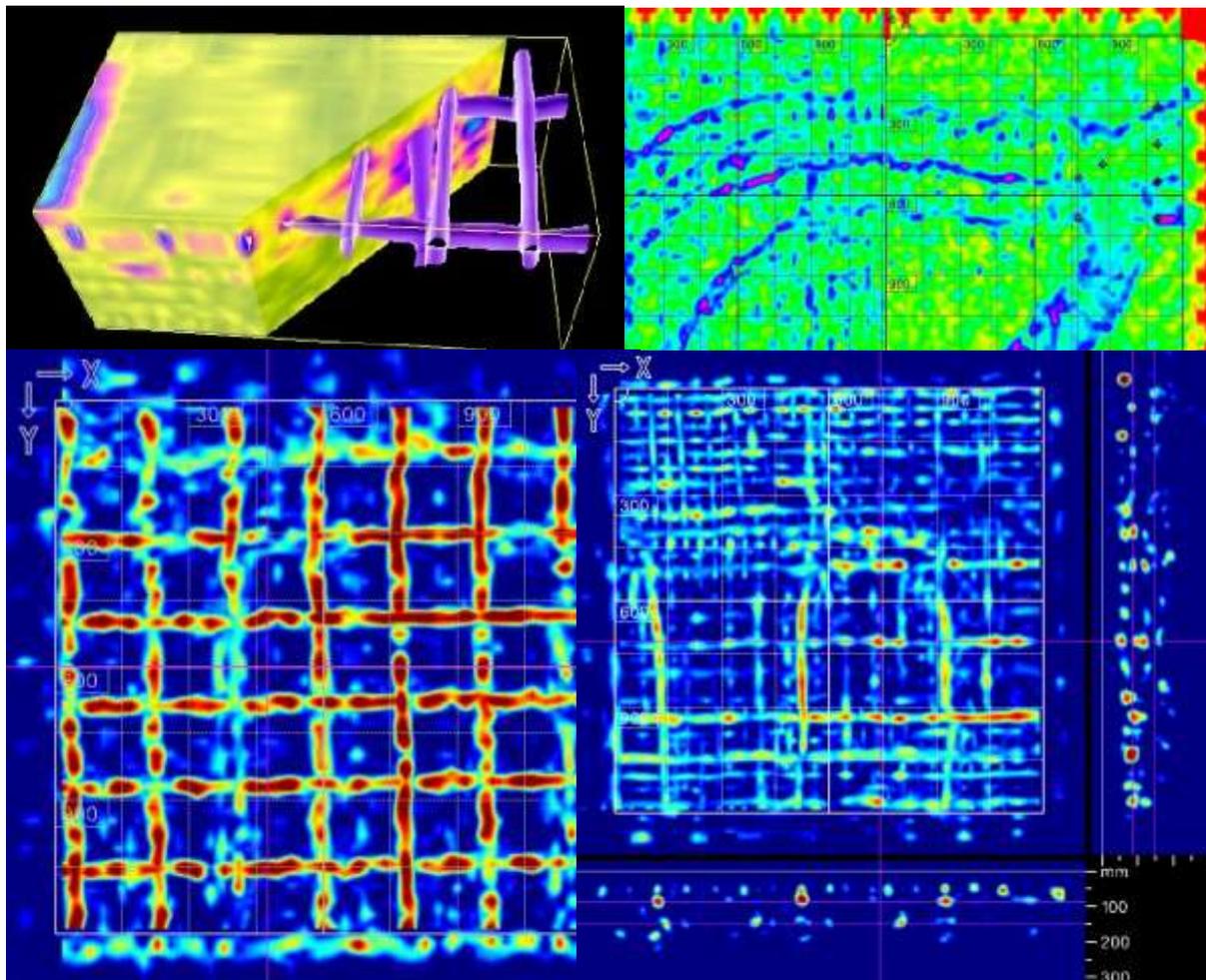
Die Messtechnik wird laufend verfeinert und verbessert sodass es kaum mehr unlösbare Aufgabenstellungen gibt. Die Bedienung der Geräte ist in der Regel nicht kompliziert, aber die Interpretation der erfassten Daten ist eine äusserst anspruchsvolle Aufgabe. Zur Interpretation der Daten aus dem Bauteil- und Bauwerksscanning ist eine langjährige Erfahrung unabdingbar.

Fragen Sie nach den neuesten Verfahren, wir informieren Sie gerne. Sie finden auch laufend aktuelle Informationen auf der Webseite.

## 5. BEISPIELE AUS DER PRAXIS

### 5.1. Beispiele aus der Praxis

Wenn Bewehrungen, Spannstähle, Luftführungsrohre, Stromkabel, Wasser- oder Gasleitungen, Kunststoffrohre, Heizleitungen, Computerkabel, Leitungen im Untergrund oder im Erdreich sichtbar werden.



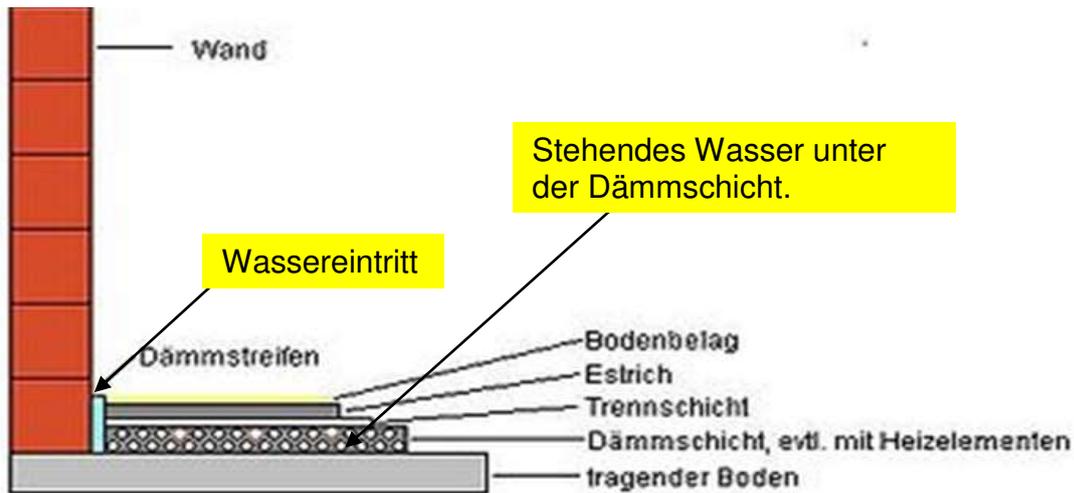
Die **irscat.ch** **bauteil- und bauwerkscanning** bietet Messverfahren an, um sich zerstörungsfrei vor Ort am Objekt einen objektiven Einblick zu verschaffen. Es spielt keine Rolle, ob Sie Spannkabel in der Decke, Wasser- oder Gasleitungen, Heizleitungen, Stromkabel, Sanipexrohre, Luftführungsrohre oder Abwasserleitungen suchen. Wir lokalisieren auch die Lage von Ankerköpfen in Stützmauern und Geschiebesperren.

#### 5.1.1. Feuchtigkeit oder Wasser im Boden

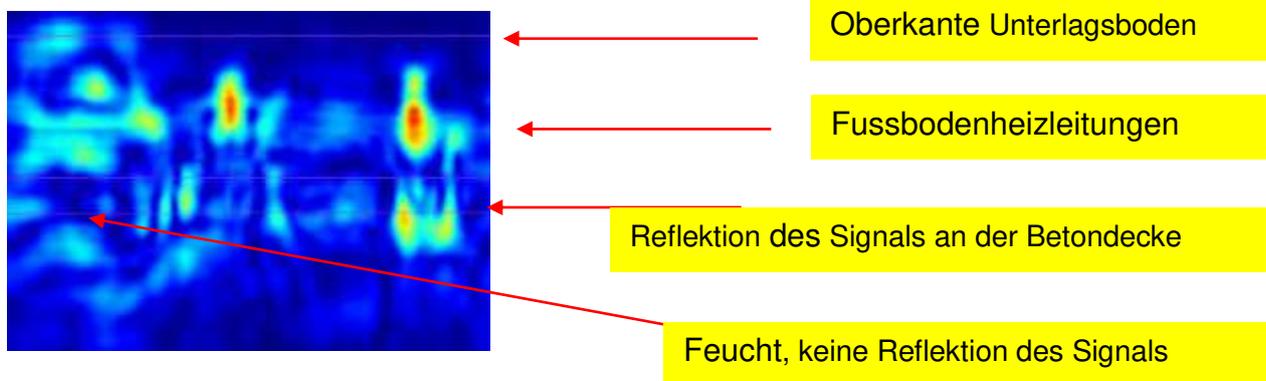
Am entstehenden Bau stellt sich immer wieder die Frage, ob der Unterlagsboden schon trocken genug ist, um die Bodenplatten einzubauen.

Um den Nachweis zu erbringen, sind verschiedene Geräte auf dem Markt. Die Geräte messen entweder die elektrische Leitfähigkeit oder die Differenz zwischen der soeben entnommenen und der getrockneten Materialprobe.

Die konventionellen Messverfahren haben alle den Nachteil, dass damit nur die Feuchtigkeit im Unterlagsboden gemessen werden kann.

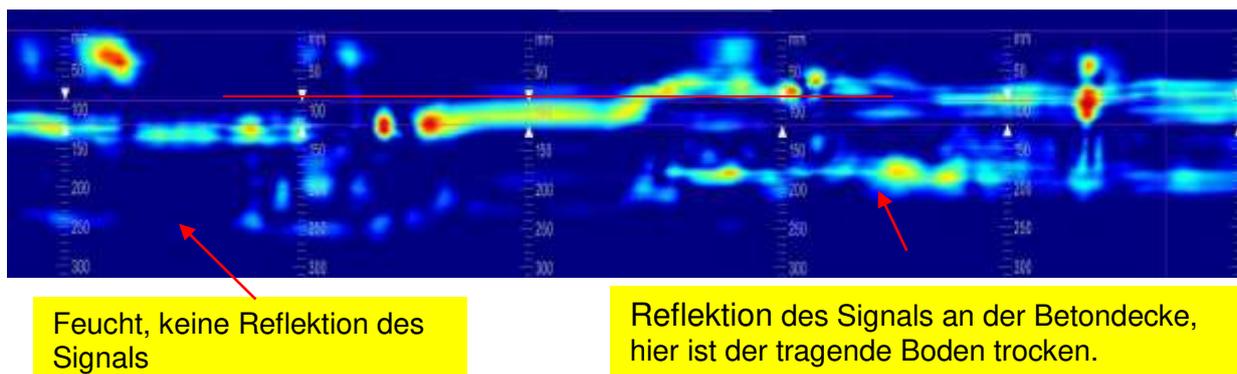


In tiefer liegenden Schichten, also unter dem Unterlagsboden und unter der Dämmschicht, sind mit konventionellen Verfahren keine Aussagen mehr möglich. Bei einem Wasserschaden liegt in der Regel das Wasser aber unter der Dämmschicht, d.h. auf dem tragenden Betonboden. Um zerstörungsfrei herauszufinden, wo sich das Wasser auf dem tragenden Boden befindet oder welche Bodenbereiche durchfeuchtet sind, eignet sich das Radar-Quotienten-Verfahren. Mit dem Radar-Quotienten-Verfahren stellt man mehr als 30 cm tief in die Konstruktion hinein völlig zerstörungsfrei fest, wo Durchfeuchtung besteht.

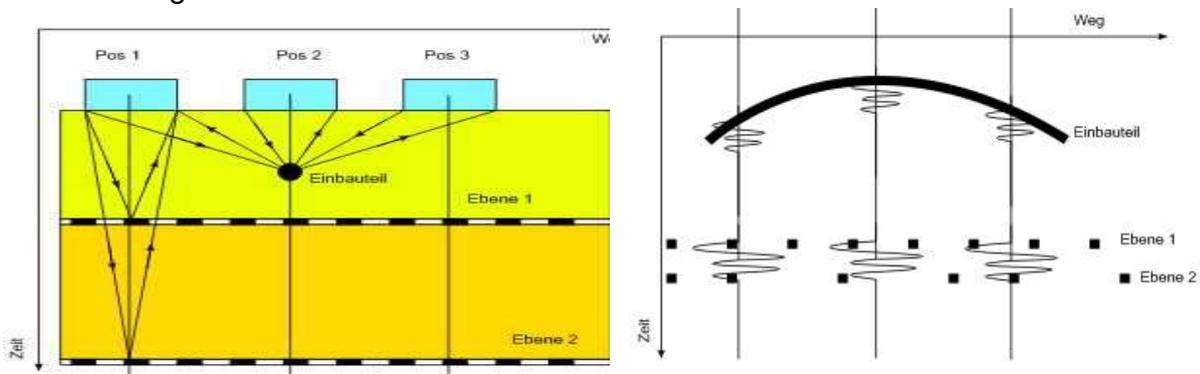


### 5.1.2. Wir sehen tief in Baustoffe hinein.

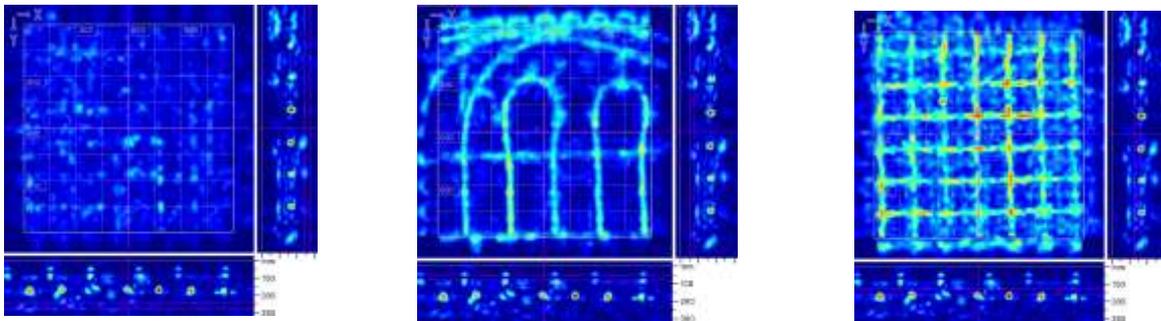
Der Unterlagsboden hat verschiedene Einbauhöhen. Die linke Seite ist 40 mm tiefer als die Seite rechts.



Das Grundprinzip der Radar-Feuchtemessung ist die unterschiedliche Laufzeit einer Radarwelle in Abhängigkeit der Feuchtigkeit. In der Regel reicht die relative Zuordnung des Feuchtegehaltes, weshalb Referenzmessungen nicht unbedingt notwendig sind.

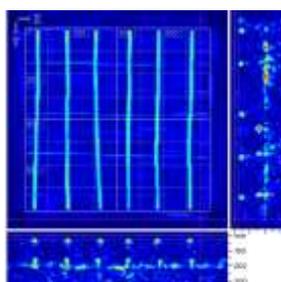


Wir sehen alles in der Tiefe eines Bauteils schnell, zerstörungsfrei und zuverlässig. Die folgenden Bilder zeigen die Bodenheizung, die darunter liegende Bewehrung und den Rohboden.



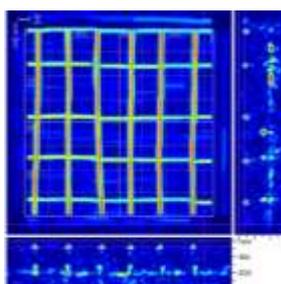
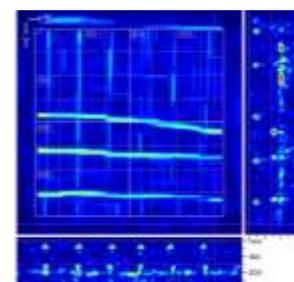
### Scannen grosser Untersuchungsflächen

- Orten von Metall, Plastik-, PVC- oder Stromleitungen
- Erkennen von Objekten hinter Bewehrungsmatten
- Darstellung der Objekte in 2D-Draufsichten
- Darstellung der Resultate in Schnittbildern zur sofortigen Analyse

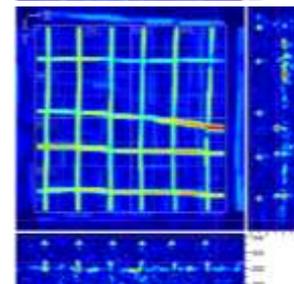


Obere Bewehrungslage

Untere Bewehrungslage



Bewehrungslagen in unterschiedlicher Tiefe.



Schnelles Lokalisieren und direktes Anzeichnen verschiedenster Objekte im Bauteil. Mit unseren zerstörungsfrei arbeitenden Verfahren machen Sie alle im Beton

eingebauten Bauteile problemlos sichtbar. Wir sorgen dafür, dass Sie nicht durch Unachtsamkeit eine Leitung verletzen oder beschädigen – solche Schäden sind vermeidbar.

### 5.1.3. Grabenlose Leitungsverlegung

Die Bedeutung der grabenlosen Verlegung neuer Leitungen gewinnt an Bedeutung. Dadurch sind auch Methoden notwendig, vergrabene Leitungen sicher und zuverlässig zu erkennen damit Folgeschäden gezielt verhindert werden können. Der sorgsame Bauunternehmer macht sich über Leitungen an einem Arbeitsort kundig und markiert die Leitungslage aufgrund der Leitungspläne der Eigentümer. Dadurch sind die Bereiche bekannt, welche eine erhöhte Aufmerksamkeit bei der Erstellung einer Bohrung erfordern.



Nicht nur im Innenbereich (Bild rechts) stellen im Beton verlegte Leitungen, Kabel oder Einbauten eine besondere Herausforderung dar, auch beim grabenlosen Verlegen von Leitungen oder beim Verlegen von Bohrungen unter einer Strasse oder einem Weg hindurch, stellen sich solche Probleme (Bild links).

An Orten wo Wasserleitungen, Gas- oder elektrische Leitungen vergraben sind und neue Leitungen eingezogen werden müssen, besteht oft die Frage, wo die Leitungen effektiv liegen, weil die Tiefenlage oder der effektive Verlauf einer Leitung aus den bestehenden Plänen nicht übernommen werden kann. Hier helfen nur neuzeitliche messtechnische Hilfsmittel.



Wenn Leitungen verlegt sind, jederzeit zugänglich sind, können problemangepasste Messverfahren um den Verlauf oder den Zustand zu erfassen. Die Sachbearbeitung erfolgt entweder von der Bodenoberfläche aus oder vom Leitungsinnern her.

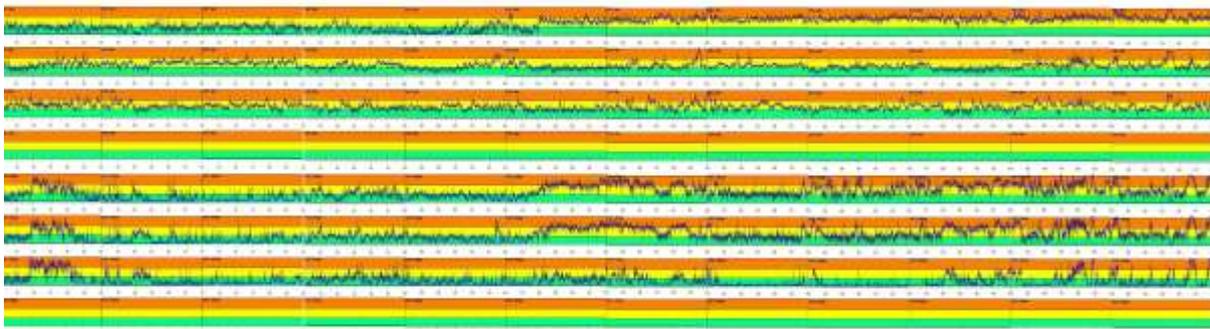
Auch wenn Leitungspläne, die eine genaue Einmessung der Leitungen beinhalten vorhanden sind, ist bei der Leitungsverlegung höchste Aufmerksamkeit erforderlich

um Schäden zu vermeiden. Werden die Messorte durch gerade Linien miteinander verbunden, kennt man den neuralgischen Bereich. Durch die räumliche Vermessung bei der Leitungsverlegung durch spülen, blasen oder bohren, werden die eingebauten Leitungen in der Folge sicher erkannt, auch wenn die zur Lagekontrolle verwendeten Leitungspläne für neue Einbauten alt sind. Durch neue Technologien können grabenlose- oder offene Baggerarbeiten sicher ausgeführt werden und Schäden an vorhandenen Leitungen im Erdreich werden vermieden.

Messeinrichtungen (Radar, Magnetfeld, elektrische und geoelektrische Verfahren) werden bereits seit vielen Jahren im Stahlbetonbau zur zerstörungsfreien Erfassung einbetonierter Leitungen aller Art (Abwasser, Strom, Luft), zur Erfassung der Bewehrungen oder von Spannstählen erfolgreich eingesetzt. Im grabenlosen Bau hat man etwa 20 Jahre Erfahrung in der Lage- und Durchmesserortung von Leitungen. Bei der Aufnahme von Quer- oder Vertikalprofilen kann bei genügend grossen Durchmessern einer Leitung, die Position von der Oberfläche aus recht genau ermittelt werden. Die messtechnische Erkundung eingebauter Leitungen aller Art (Wasser, Lichtfasern, Strom- oder Gasleitungen) ermöglichen ein sicheres und unterbruchloses Arbeiten, wodurch die Planungssicherheit steigt, weil keine vermeidbare Schäden auftreten. Erkannt werden:

- Elektrische Leitungen aller Art.
- Gasleitungen
- Wasserleitungen
- Stromkabel
- Lichtleiterkabel
- Abwasser- oder Meteorleitungen
- Schächte
- Sockel von Aufbauten

Mit der dreidimensionalen Erkundung, die im Tunnelbau schon lange zum Stand der Technik gehört, werden Leitungen aller Art sicher und zuverlässig unter Strassen oder Wegen oder auch im gewachsenen Untergrund erkannt.

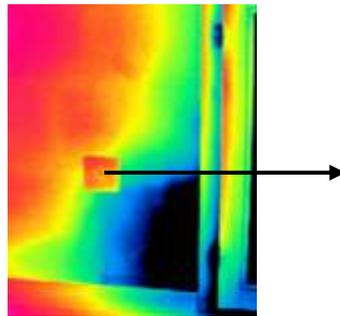


Das Bild zeigt Messdaten auf in einem Stollen, auf einer Strecke von mehr als 1,8 km. Erkannt werden Hohlräume hinter der Innenschalt und Einbauten oder schlechte Betonqualität. Es werden alle Leitungsarten (Metall-, Beton-, Kupfer oder Kunststoffleitungen) auch in kontrastarmen, natürlichen oder künstlichen Einbettungsmaterialien erkannt. Die Erfassung erfolgt einerseits von der Oberfläche aus (Grobscan) und in der Folge während der Verlegung einer neuen Leitung oder bei der Erstellung der Bohrung (Detailscan). Dadurch wird sehr hohe Ortsauflösung auch bei kleinen Leitungsdurchmessern und bei Leitungen aus flexiblen bis transparenten Werkstoffen, bei Leitungen aus gering „reflektiven Materialien“ und auch bei Leitungen in wenig reflektiven Böden erreicht.

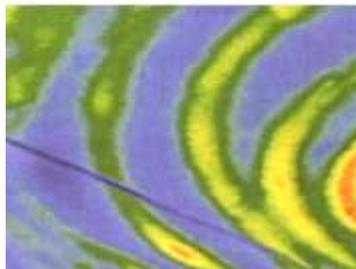
### 5.1.4. HS- Monitor-Thermographie und Radar

IR-Aufnahme: Darstellung der Objektpositionen als Draufsicht in 2D

Im IR-Bereich sichtbar:  
Feuchtebelastung der  
Aussenwand



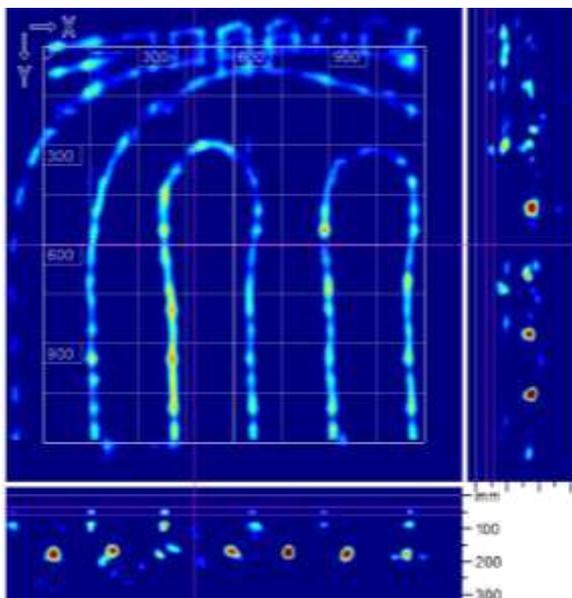
Im IR-Bereich sichtbar:  
Leckage der Fussboden-  
heizung nach Öffnen der  
Heizkreise 2 und 3



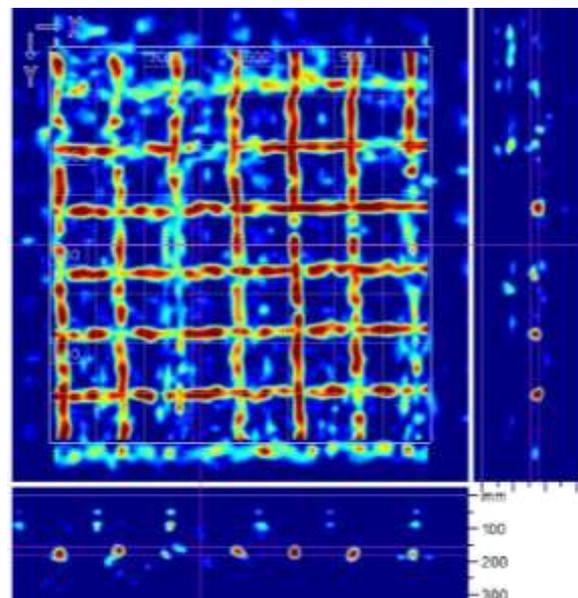
Heizschlangen im Boden  
werden mit dem HS-  
Monitor, mit Radar oder mit  
der Thermografie sichtbar.



STB-Radargramm:  
Darstellung jeder Objektpositionen als Draufsicht und Schnittbild.



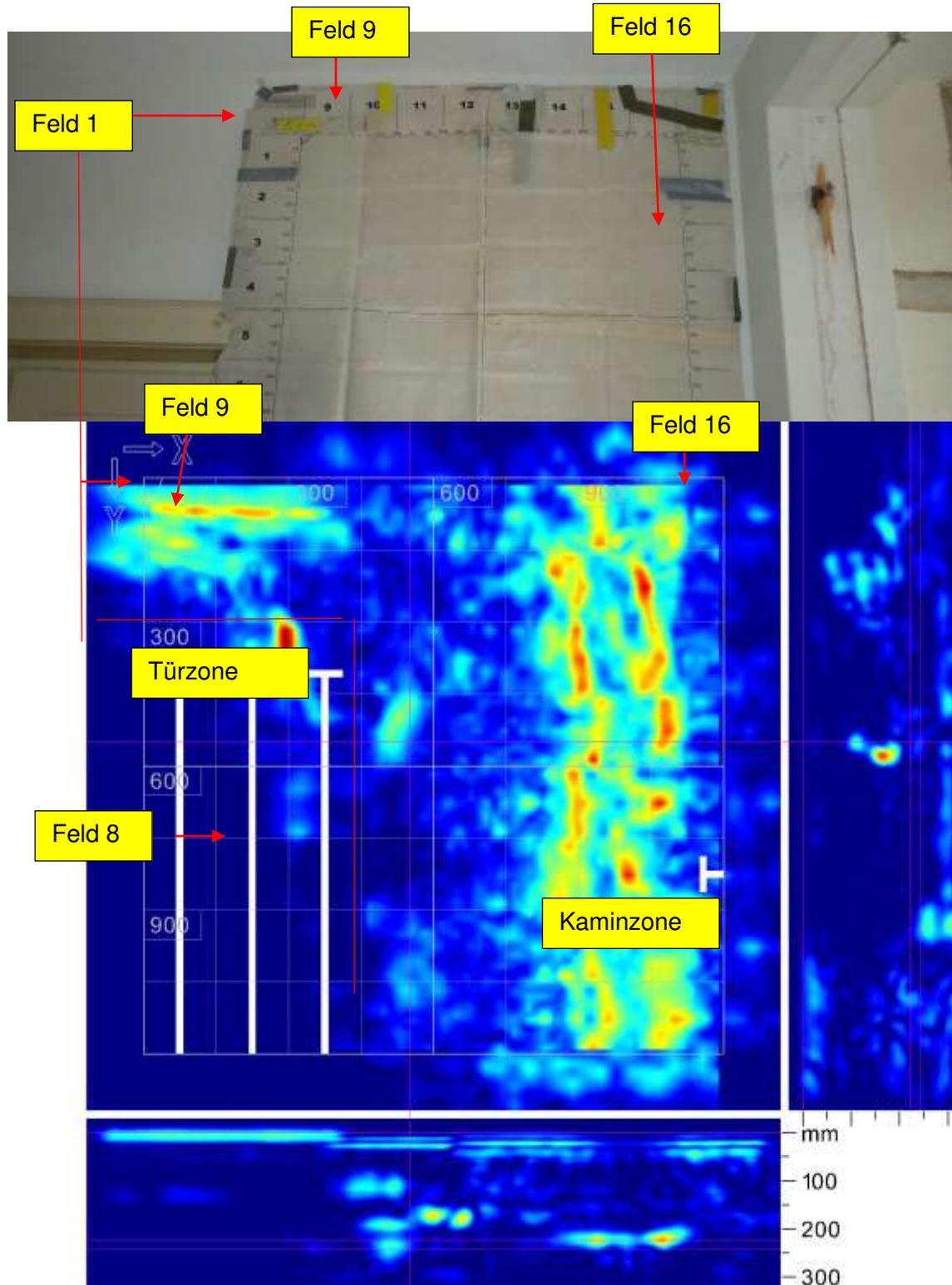
Schnitt in 40-60 mm Tiefe:  
**Lage der Heizschlangen  
einer Fussbodenheizung  
unter dem Estrich**



Schnitt in 150-170 mm Tiefe:  
**Lage der oberen Bewehrungsstäbe  
in der Stahlbetondecke unter der  
Fussbodenheizung**

### 5.1.5. Ermittlung der tragenden Konstruktion, Radarbild und Normalbild

Die zum Bohren verbotene Zone ist auf dem Bauteil deutlich markiert. Es sind KEINE tragenden Bewehrungsseisen vorhanden, aber schlaaffe Bewehrung.



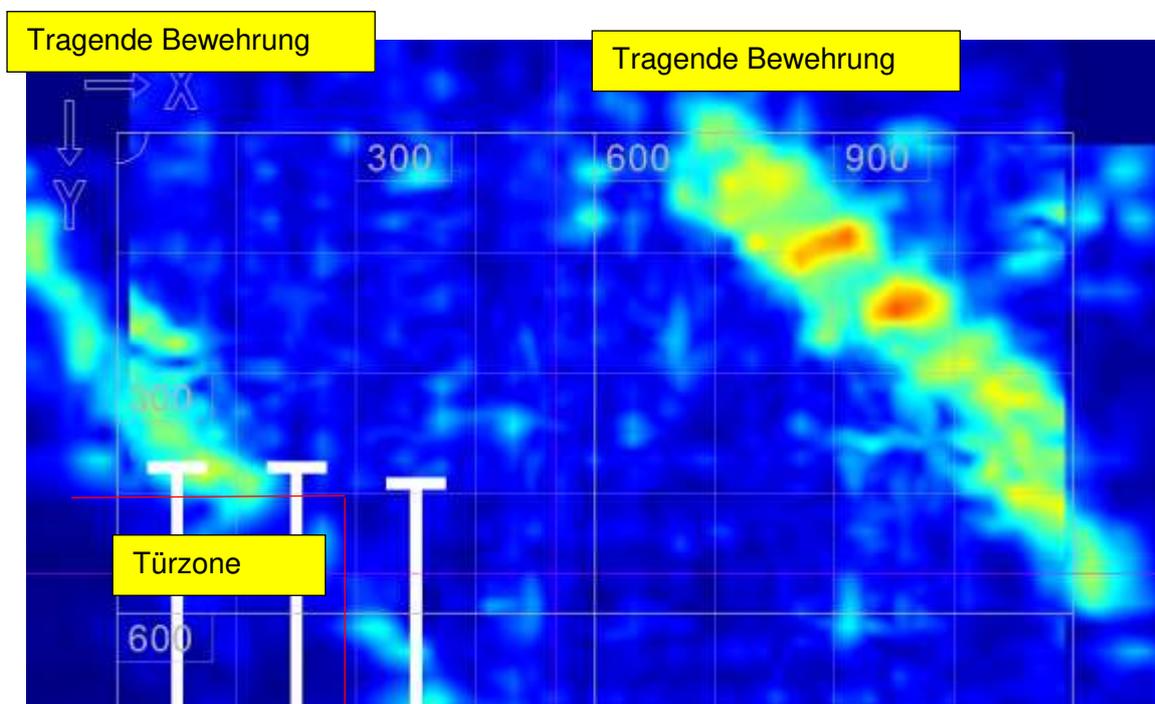
Die Scanebene wird geometrisch nach einem Master- Raster aufgenommen. Dabei wird ein Tomogramm erstellt, d.h. eine dreidimensionale Aufnahme der Einbauten im gescannten Bereich.





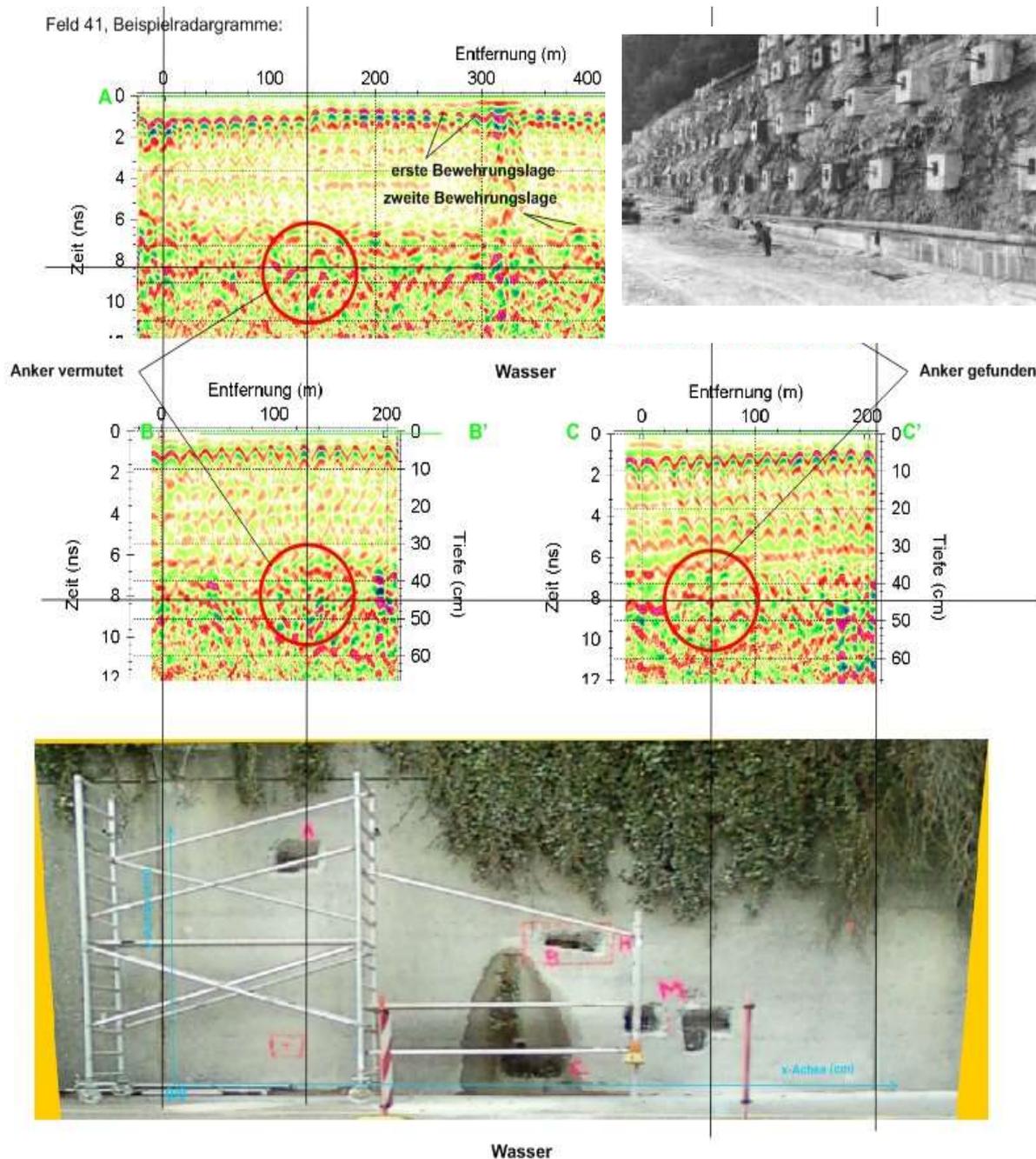
### Radarbild zur Situation

Die tragende Bewehrung in der Messzone. Die Zeitscheiben zeigen, dass tragende Bewehrung im Winkel von 45 Grad in einer Tiefe von etwa 160 mm verläuft. Auf beiden Wandseiten bestehen zudem schlaife je 2 Lagen schlaife Bewehrung. Auf dem Bauteil ist der Verlauf der tragenden Bewehrung markiert und die schlaife Bewehrung von beiden Wandseiten.



### 5.1.6. Beispiel Stützmauern

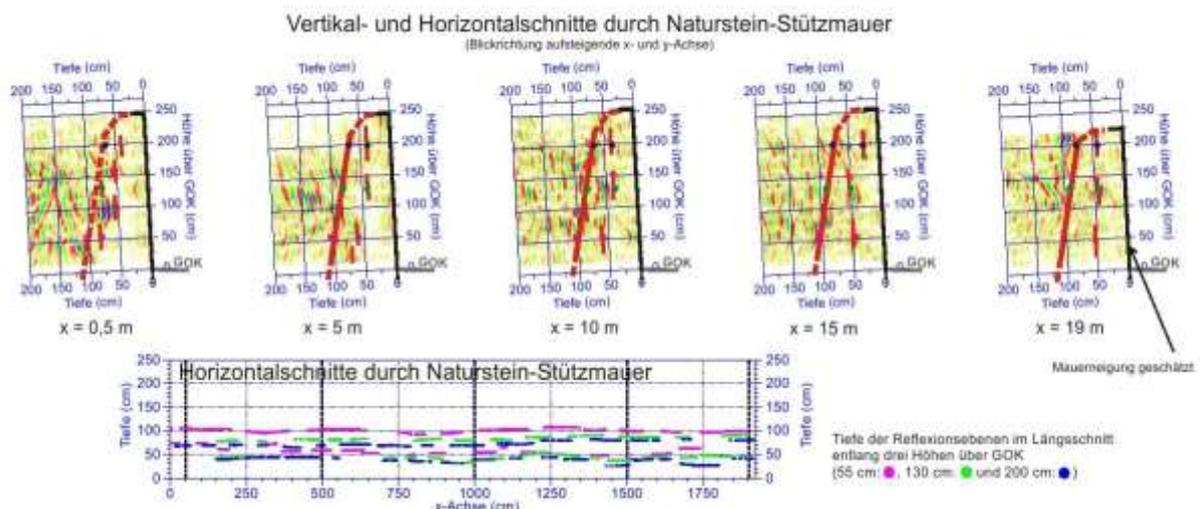
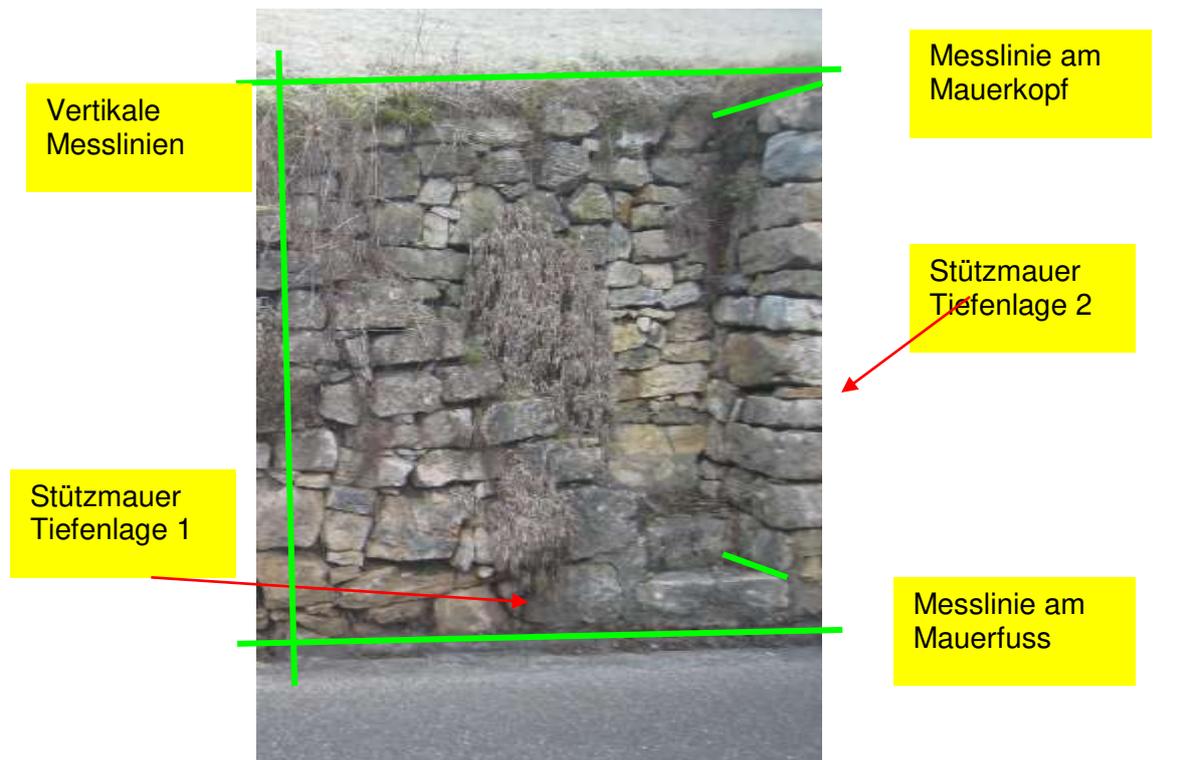
Stützbauwerke älteren Datums, die meisten davon aus Natursteinmauerwerk, sind praktisch bei allen Hochgebirgspasstrassen in grosser Anzahl anzutreffen (z.B. in den Kantonen Uri, Graubünden, Wallis, Bern). Über den Aufbau und die innere Struktur der Bauwerke existieren oft keine Unterlagen mehr. Abgesehen von offensichtlichen, massiven Schäden liefert das äussere Erscheinungsbild keinen objektiven Schluss über den Zustand eines solchen Stützbauwerks. Die vielen offenen Fragen können durch gerätetechnische Messungen an solchen Bauwerken systematisch beantwortet werden.



Zerstörungsfreie Verfahren, (Georadar, HF-Messungen, magnetische Verfahren) ergänzen einander. Sie liefern objektive Aussagen über den Zustand eines Stützbauwerkes sowie zur Hinterfüllung, zur Bewehrung oder zu Bauteilverdickungen.

## Zustandserfassung an Bruchsteinstützmauern

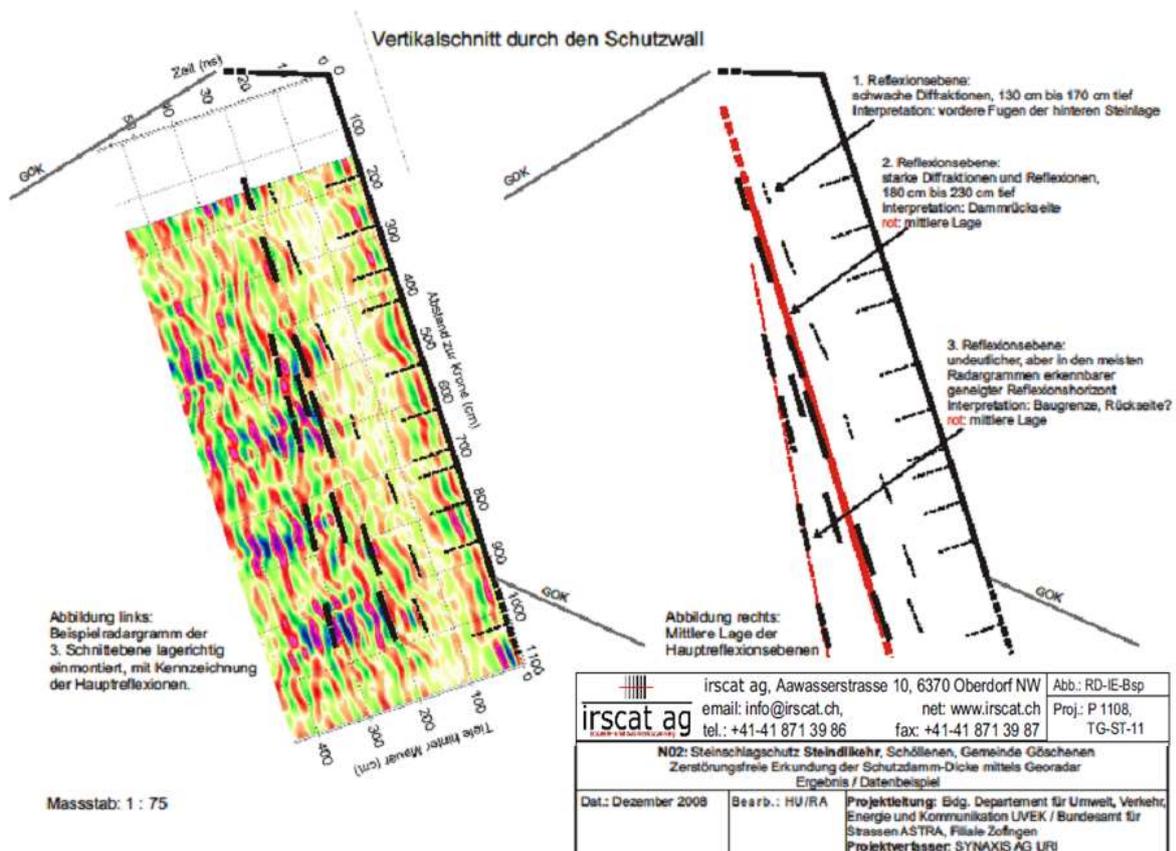
Die Geometrie einer Stützmauer soll zerstörungsfrei ermittelt werden. Zudem soll die Naturstein Stützmauer in Bezug auf die Konstruktion bewertet und beurteilt werden. Vermessen des Stützmauerbreite von der Oberseite her (Scan 1) und von der Frontseite her (Scan 2; Alle 5 bis 10 m 1 Vertikalscan). Vermessung des Stützmauerfusses von der Strassenoberseite her (Scan 3). Es werden mehrere Messlinien aufgenommen, um eine Information über die Mauerdicke und über den Fuss der Mauer zu erhalten.



Die Daten werden parallel zur bestehenden Konstruktion und in vertikaler Richtung aufgenommen, damit die Kontur der Konstruktion so gut wie möglich erkannt werden kann. Mehrere Profile werden parallel zum Mauerkopf und zum Mauerfuss erfasst. An definierten Punkten werden ergänzende Verfahren eingesetzt als gute Referenzgrundlage.

### 5.1.7. Dicke eines Mauerfusses bestimmen

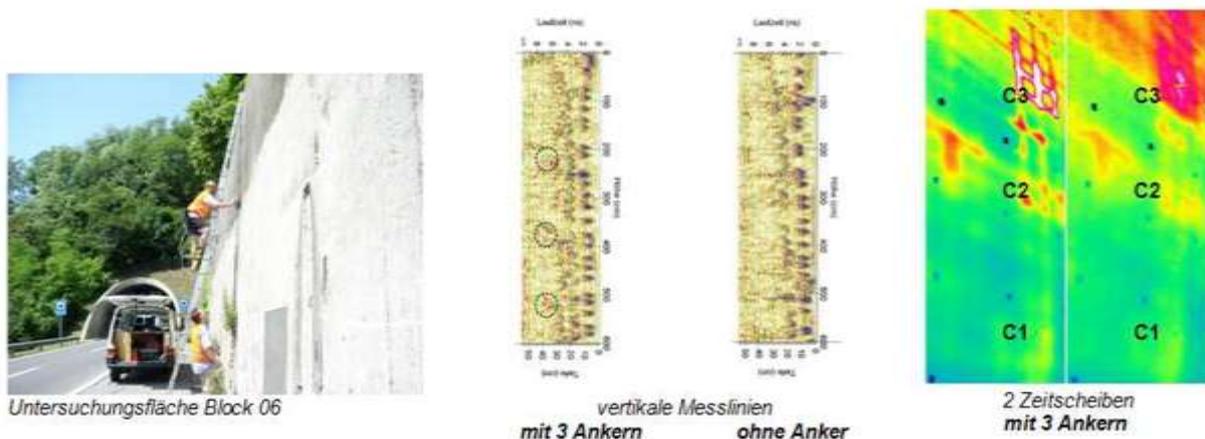
Eine Geschiebesperre aus grossen Natursteinblöcken ist bis zu 10 m hoch, 80 m lang und am Fuss 2,5 m breit.



Um die Mauer zu prüfen, wurden verschiedene Vertikalprofile aufgenommen, damit der Verlauf der Rückwand charakterisiert werden konnte. Die Summe der Scans ergibt ein objektives Bild der Geometrie der Stützkonstruktion.

### 5.1.8. Anker lokalisieren

Am Abend des 7. September 2007 brach ein Stabanker in einer Stützmauer als Folge einer lokalen Korrosion. Die visuelle Inspektion am Bauteil ergab keine Schäden, die auf einen direkten Zusammenhang mit dem Ankerbruch hinweisen.

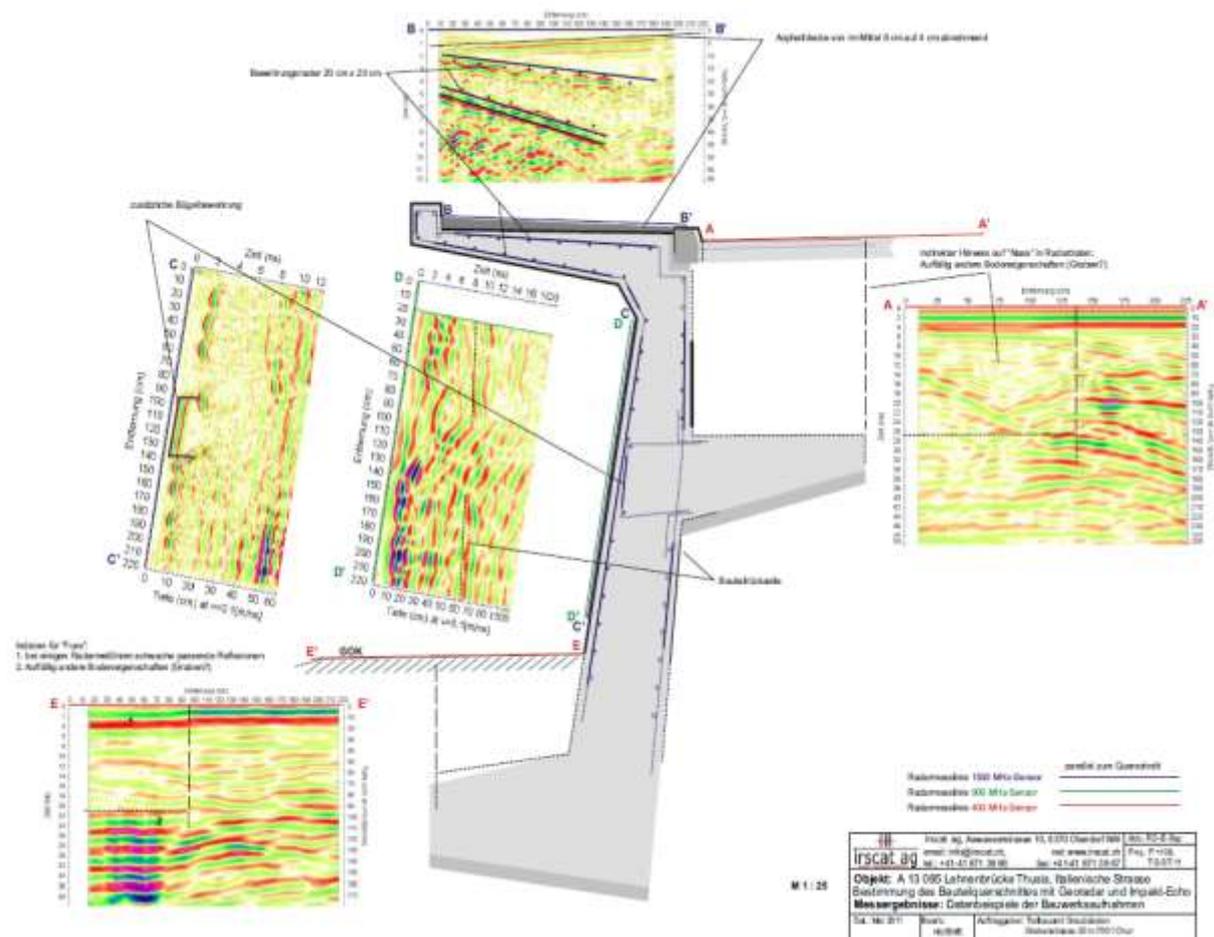


Oft sind Ankerköpfe hinter Betonwänden verdeckt, weshalb die Lage der Ankerköpfe lokalisiert werden muss. Zur Lokalisation der Ankerköpfe oder auch zur Ermittlung der Ausführung einer Baukonstruktion sind zerstörungsfreie Messverfahren im Markt, die eine exakte Ortung von Einbauten schnell und zuverlässig ermöglichen. Die Messverfahren sind mobil einsetzbar und liefern erste Resultate direkt vor Ort.

### 5.1.9. Stützbauwerke aus Beton

Bei betonierten Stützbauwerken stellt sich oft die Frage, wie die Bewehrung eingebaut oder der Zustand der Bewehrung ist. Nicht zuletzt interessieren auch geometrische Abmessungen, die Anzahl Lagen an Bewehrungseisen oder die Lage der Ankerköpfe. Für viele Fragestellungen bieten wir Ihnen eine zerstörungsfreie Lösung und beantworten Ihre Fragen in kurzer Zeit. Zur Ermittlung der Durchmesser der Bewehrung oder um Korrosion im Mauerfuss festzustellen, sind nach wie vor zerstörende Prüfungen nicht zu umgehen. Das folgende Beispiel zeigt ein Untersuchungsergebnis von einem betonierten, etwa 100 m langen Stützbauwerk.

#### Resultate der Stützmaueruntersuchung



Mit dem Einsatz moderner Messverfahren erhalten Sie objektive Antworten zu komplexen Fragestellungen – zerstörungsfrei, schnell und zuverlässig. Wir bieten Ihnen eine problemangepasste Messtechnik zur Lösung anstehender Aufgaben.

### 5.1.10. „Was versteckt sich in Geschiebesperren?“

Die Bemessungsregeln für Stauanlagen oder Geschiebesperren sind bekannt, womit genügend Schutz gewährleistet ist und verhindert wird, dass bei einem Hochwasser nicht vorhergesehene Ereignisse eintreten. Um die Dauerhaftigkeit einer Sperre zu gewährleisten, sind periodische Untersuchungen am Bauwerk notwendig.

Das Vorgehen und die auszuführenden Arbeiten sind von Seiten der Behörden geregelt. Dennoch stellen sich immer wieder Fragen über die Sicherheit solcher Sperren, weil die Pläne nicht mehr vorhanden sind, weil die Ausführung in der Bauphase verändert wurde oder weil neue Erkenntnisse zusätzliche Massnahmen erfordern.



In diesen Fällen müssen am bestehenden Bauwerk die grundlegenden Informationen beschafft werden, damit dem Ingenieur die Angaben zur Berechnung des Bauwerks vorliegen.

Die zerstörungsfreie Ortung der Bauteildicke, der Bewehrungslage und -ausrichtung, der Lage von Spannkabeln oder der Ankerköpfe in Stahlbetonkonstruktionen geben in kurzer Zeit einen objektiven Einblick in die Konstruktion. Werden an Geschiebesperren Schäden oder gar Wasseraustritte sichtbar, sollte dieses Risiko eingestuft und näher abgeklärt werden. Informationen aus dem Untergrund über Hohlräume oder Besonderheiten sind notwendig, damit die richtigen Verstärkungs- oder Sanierungsmassnahmen eingeleitet werden können. Bei der Beurteilung der Situation ist das Augenmerk auf die Statik und das Verhalten des Bauwerks im Hochwasserfall zu richten.

### 5.1.11. Unterspülung von Bachverbauungen



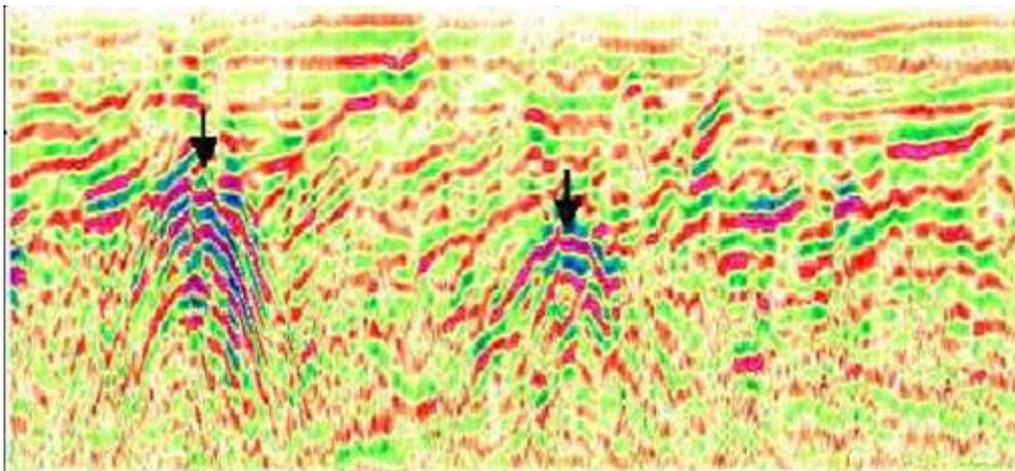
Was normalerweise kein Problem darstellt ist die Verbauung eines Bergbaches, solange nicht viel Wasser – oft mit viel Geschiebe drin - abgeleitet werden muss.

Wenn sich nach einem Hochwasser der Boden in der Umgebung absenkt oder wenn sich in der Konstruktion der Bachverbauung Lücken zeigen, ist Vorsicht geboten. In diesen Fällen sind Abklärungen angebracht, um Folgeschäden zu vermeiden.



Im Falle intensiver Regenfälle kann sich aus einem kleinen Bach ein reissender Strom entwickeln der alles mitreisst, was im Weg steht.

Ufer- oder Bachverbauungen lassen sich flächendeckend mit Georadar abschnen, sodass Unterspülungen sicher erkannt werden. Die verwendeten Messfrequenzen richteten sich nach der erforderlichen Erkundungstiefe.



Hohlräume zeigen sich an Reflexionen an lokalen Objekten oder Störungen in den Erdschichten. Die Erkundungstiefe beträgt mehrere Meter.

### 5.1.12. Der „Blick voraus“ schafft Sicherheit!

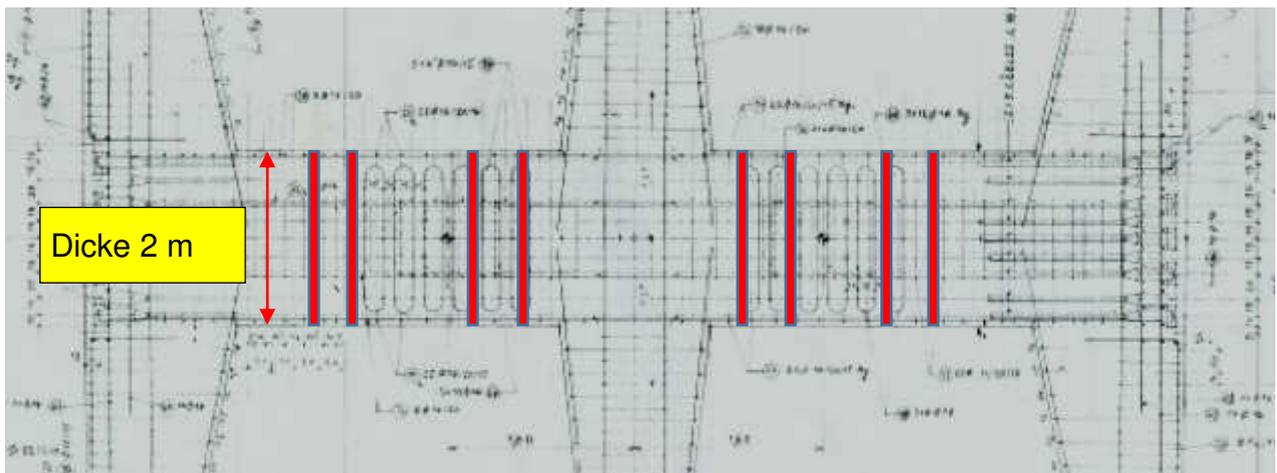
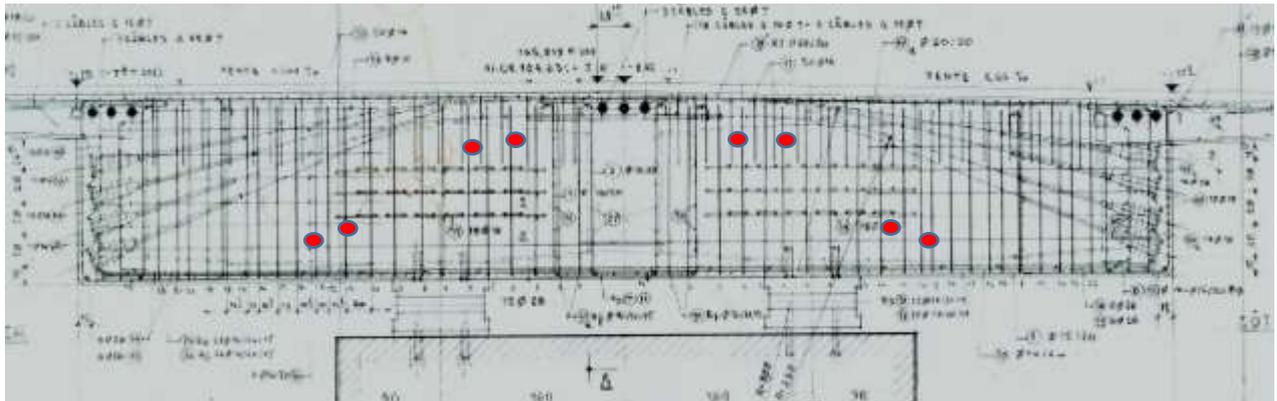
#### Konstruktion:

In einem Brückenbauwerk werden zusätzliche Spannkabel eingebaut. Im 2 Meter dicken Auflager verlaufen neben der starken Bewehrung auch 18 Spannkabel. Aus den Plänen ist nicht erkennbar, wo die Spannkabel exakt verlaufen. Der Statiker will aber die oberen Bohrungen möglichst nahe an die Spannkabel heransetzen und die unteren Bohrungen möglichst tief, um einen grossen Hebelarm zu erreichen. Diese zwei Kriterien erfordern es, dass die Lage der Spannkabel und deren Verlauf vor dem bohren genau erkundet werden muss, damit die Verletzung eines Spannkabels mit grösster Wahrscheinlichkeit ausgeschlossen werden kann.

## Draufsicht und Grundriss zur Situation:

Aus den Plänen erkennt man die Soll Lage der Bewehrung und der Spannkabel. Wo die Spannkabel jedoch nach dem Betonieren und dem Abbinden definitiv liegen, muss unbedingt erkundet werden um einen Schaden zu vermeiden. Das Scanningteam der Irscat.ch liefert auch dann gesicherte Information, wenn andere Verfahren versagen.

**Wir garantieren für unsere Scanarbeiten und schützen Vermögenswerte unserer Kunden.**

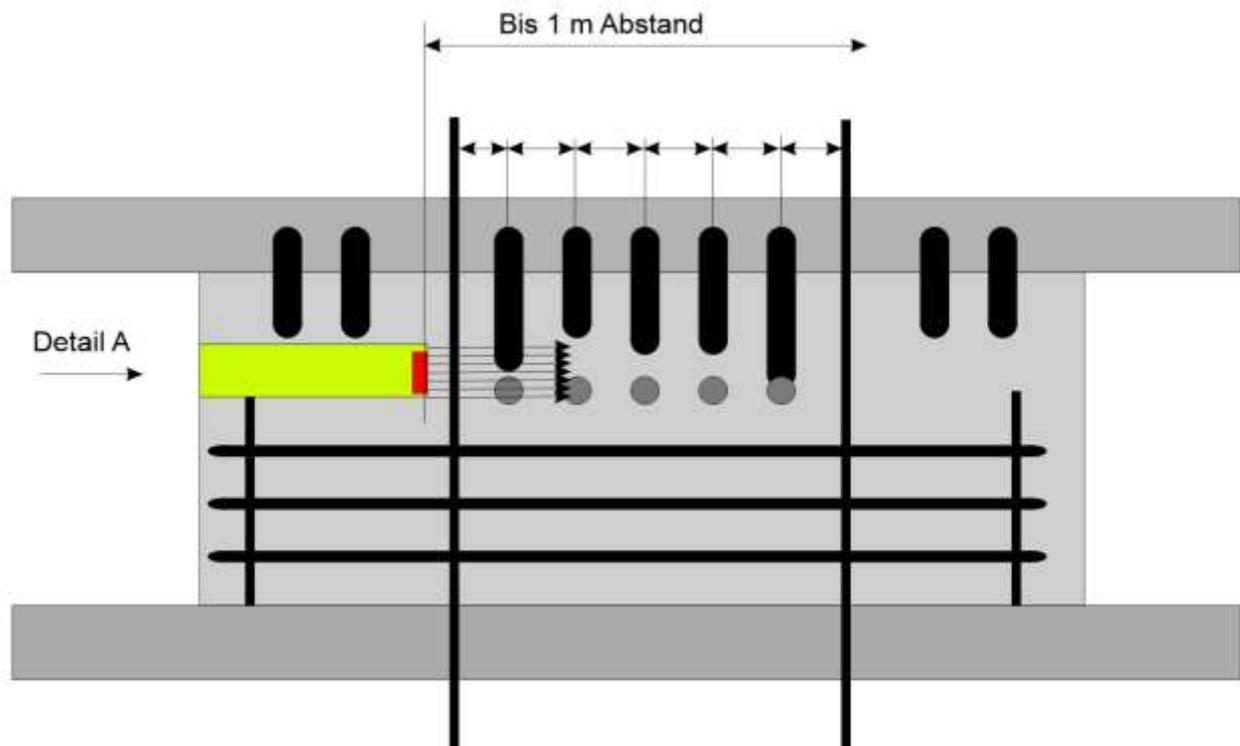


Da keine Gerätetechnik existiert, um die 2 Meter dicke Stahlbetonkonstruktion mit der darin eingebauten starken Bewehrung so zu „durchleuchten“, dass die Lage der Spannkabel eindeutig klar ist, muss ein stufenweises Vorgehen festgelegt werden, in dem die Ergebnisse verschiedener zerstörungsfreier Verfahren miteinander kombiniert werden.

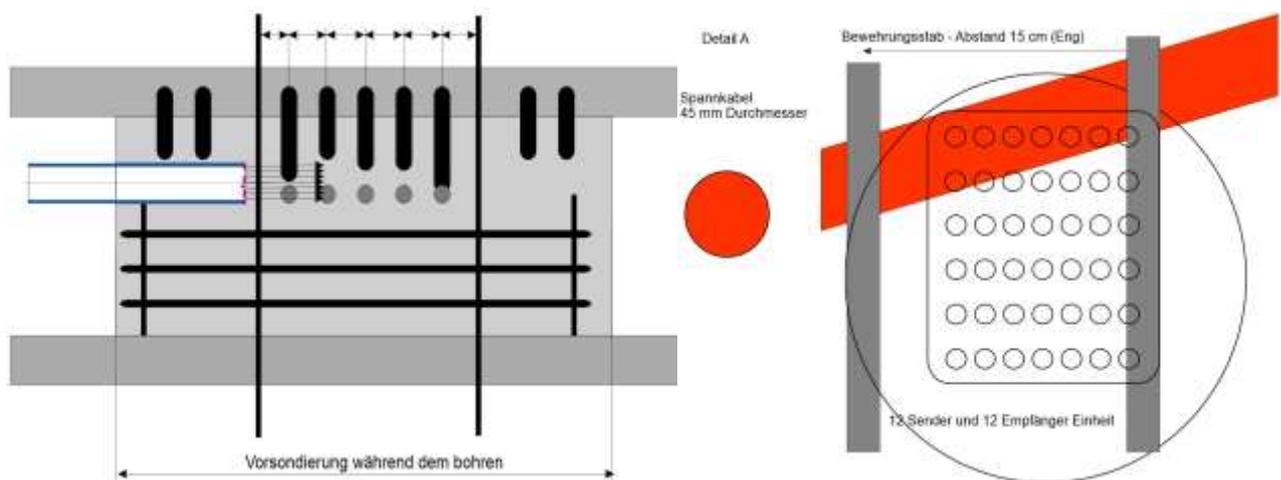
In der ersten Phase werden verschiedene Radarantennen eingesetzt um festzustellen, wie weit man damit in die Konstruktion hineinsieht und mit welcher Deutlichkeit Signale aus dem Untergrund noch interpretiert werden können. Wird das Radarverfahren von beiden Seiten eingesetzt, liegen erste klare Informationen zur Lage der Spannkabel vor. In einem weiteren Schritt werden Schallverfahren eingesetzt um festzustellen, ob aus den Signalen in Transmissions- oder in Reflektionsanordnung zusätzliche Informationen abgeleitet werden können.

Mit Hilfe der Phased Array Technik, mit Magnetfeld- oder mit ergänzenden Verfahren können die Tiefenbereiche schrittweise zuverlässig inspiziert werden. Das schrittweise Vorgehen und die Kombination verschiedener Verfahren bietet die

grösste Sicherheit, dass auch in komplexen Situationen beim Bohren kein Spannkabel verletzt wird.



Die Lage eines Spannkabels, das im Gesichtsfeld der Messeinrichtung liegt, liefert - aufgrund des grösseren Durchmessers gegenüber den Bewehrungsseisen, ein deutliches Signal, deren Interpretation jedoch sehr grosse Erfahrung im Bauwerkscanning erfordert.

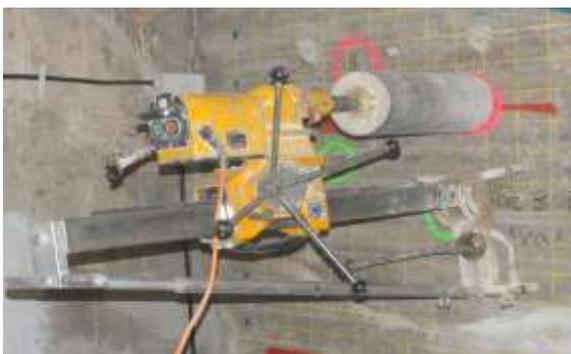


Da es einfacher ist, die Bohrung nur von einer Seite her auszuführen, wäre es vorteilhaft, wenn die Vorerkundung ebenfalls nur von einer Seite her ausgeführt wird, weil dann der Bohrtrupp und die Scanning- Crew sowie der Geometer und die Bauleitung so zusammenwirken, dass die höchstmögliche Sicherheit, kein Spannkabel zu verletzen, gewährleistet werden kann. In kritischen Situationen wird zerstörungsfrei erkannt, ob das sich im Blickfeld des Prüfgerätes befindliche Objekt ein Bewehrungsstab ist oder ein Spannkabel. Mit dieser Erkenntnis kann schlussendlich eine Bohrung ohne Risiko beliebig tief in ein Objekt getrieben werden.

## In Einzelschritten sicher zum Ziel

1. Sichtung der Pläne.
2. Aufzeichnen eines Rasters auf dem Objekt um damit erste Messungen vorzunehmen.
3. Lokalisieren der Spannkabel und Bewehrungen am aufgezeichneten Raster mit den gängigen und verfügbaren Verfahren. Es geht dabei darum, sich einen objektiven Einblick in die Konstruktion zu verschaffen.
4. Datenübertragung in die Pläne.
3. Aufzeichnen der Situation auf dem Bauteil.
4. Festlegen der geplanten Bohrung auf dem Bauteil und Aufzeichnen der Situation.
5. Einmessen der Situation durch den Geometer.
6. Ausrichten des Bohrwerkzeugs auf die vom Geometer angezeichnete Achse.
7. Bohren des vom Messingenieur freigegebenen Bereichs.
8. Ausbrechen des gebohrten Kerns.
9. Neues Scan bis zu nächsten Tiefenlage.
10. Weiterbohren bis zur freigegebenen Tiefe.
11. Ausbrechen des Kerns.
12. Messen der nächsten Tiefenlage.
13. Bohren soweit die Freigabe erfolgen kann.
14. Ausbrechen des Kerns bis zur freigegebenen Tiefe.

Sind die Scanarbeiten abgeschlossen, wird das Bohrgerät ausgerichtet. Die Orte, wo gebohrt werden soll, werden vom Geometer mit einem Referenzpunkt in einem Abstand von einigen Metern, exakt eingemessen. In der Folge wird das Bohrgerät ausgerichtet. Die Richtung der Bohrung wird nochmals kontrolliert bevor diese bis zur Tiefe, die vom Ingenieur des Bauteil- und Bauwerkscannings freigegeben ist, ausgeführt wird.



Durch die zerstörungsfreie Erkundung wird Schicht für Schicht die Lage von Einbauten bekannt, sodass Bohrungen sicher und ohne unnötiges Risiko vorangetrieben werden können. Bei günstiger Datenlage kann eine Bohrung auch direkt durch den ganzen Betonkörper getrieben werden. Dazu sind eine Kontrollelektronik, Wissen über die Konstruktion und eine gute Zusammenarbeit aller Beteiligten unabdingbar. Mit der Elektronik wird angezeigt, was an Material (Spannstahl, Bewehrung, Rohre) im Innern des Betons zu erwarten ist, mit dem Konstruktionswissen können die gemessenen Signale auch zugewiesen werden. Das Bild links zeigt eine Situation, wo die Bohrkronen gerade auf der gegenüberliegenden Seite eines 2 m dicken Betonblocks austritt. Das Bild rechts zeigt den Messkopf in der Tiefe der Bohrung zur Vorerkundung.



Die folgenden Bilder zeigen, was in der realen Situation immer wieder vorkommt. Bild rechts zeigt die Situation, wo ein Bewehrungsstab so in Richtung des Bohrkerns gelegen hat, dass der Beton mit einem Spitzhammer aus der Tiefe herausgebrochen und der Bewehrungsstab mit einem Brenner entfernt werden musste. Bild links zeigt die effektive Bewehrungslage die vor dem Bereich der Spannkabel eingebaut ist.



Weil unbekannt ist, wo die Spannkabel im Beton verlaufen und wie diese eingebaut sind, ist das Bauteil- und Bauwerksscanning immer dann angebracht, wenn ein Schaden unbedingt vermieden werden muss. Es werden nur Bohrungen oder Teilstücke von Bohrungen auf einer klaren Datenlage zur Ausführung freigegeben.



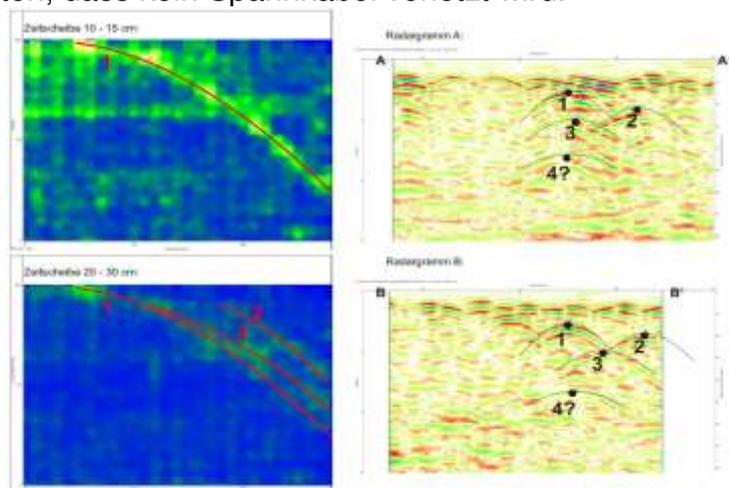
### 5.1.13. Sicher bohren:

Ob Um- oder Anbau, ob Renovation oder Neubau, welcher Handwerker oder Bauherr kennt das Problem nicht – wie sieht es hinter der Wand oder unter dem Boden aus, wo kann ich bohren wo nicht? Wir führen zerstörungsfreie Messungen aus, damit Sie sicher bohren können oder damit Sie wissen, wie die Bewehrung oder in welcher Art diese eingebaut ist



### Spannkabelortung:

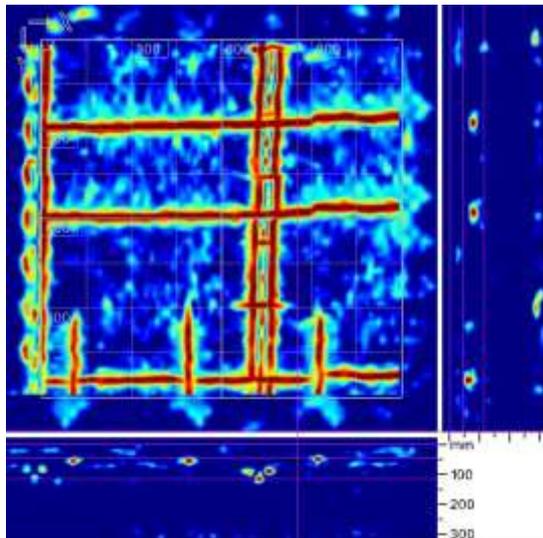
Wo liegt das Spannkabel im Beton und wie können wir eine Bohrung durch diese Wand machen ohne ein Spannkabel zu verletzen. In vielen Fällen müssen zur Lösung der Aufgabe verschiedene Messverfahren miteinander oder nacheinander eingesetzt werden um zu gewährleisten, dass kein Spannkabel verletzt wird.



Um durch die 2 m dicke, stakt bewehrte Wand über dem Auflager in einer Brücke Bohrungen zu treiben ohne Spannkabel zu verletzen, muss die Lage und der

Verlauf dieser Einbauten möglichst gut bekannt sein. In der ersten Phase wird dazu ein enges Raster auf der Betonoberfläche aufgezeichnet um in der Vorerkundung erste Einblicke zu erhalten. Aufgrund der Resultate werden in einer zweiten Phase gezielte Öffnungen angeordnet um den vorausgesagten Zustand zu bestätigen. In der Folge werden andere Messverfahren eingesetzt werden um die Sicht in die Tiefe zu verdeutlichen.

### Bewehrungslage erkunden:



Das Radargramm zeigt Bewehrungen, die im betrachteten Feld enden und zwei Stäbe die eng beieinander liegen.

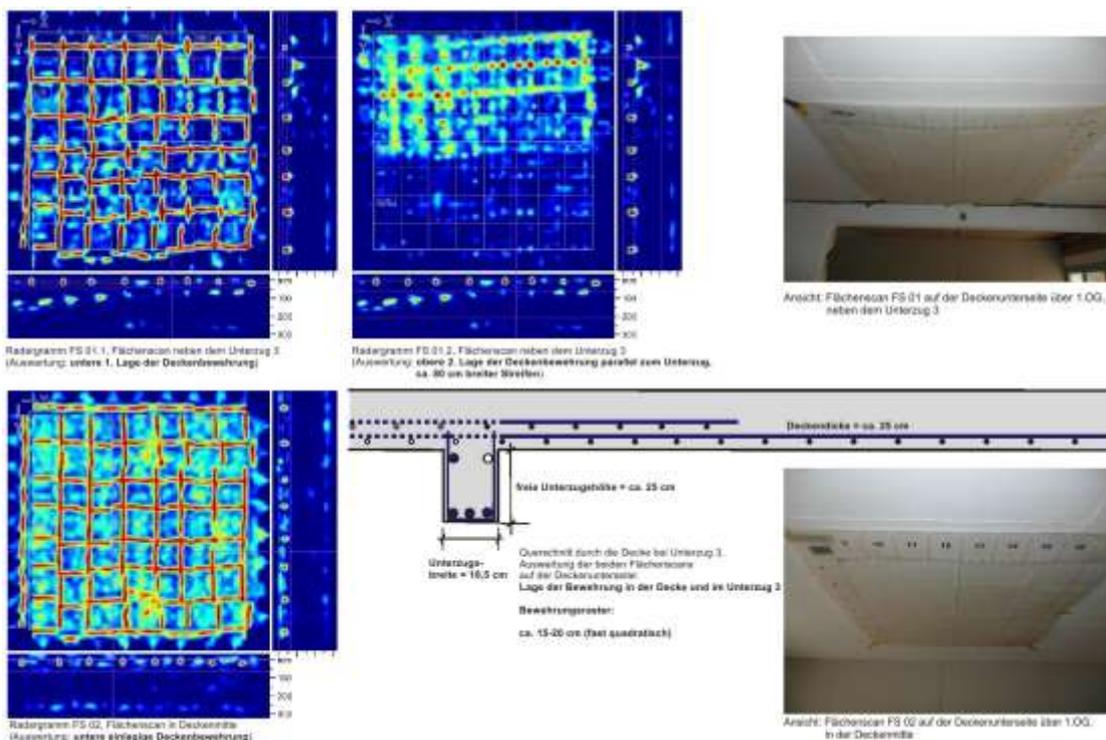
Aus dem Resultat ist keine Systematik zu erkennen, dazu sind zusätzliche Messfelder aufzunehmen.

Zusätzliche Messfelder können beim Bauteil- und Bauwerkscanning problemlos angeordnet werden, ein wesentlicher Vorteil gegenüber der Konstruktionsöffnung.

**Bei der Konstruktionsöffnung wird nur ein geringer Ausschnitt freigelegt, was oft keine objektive Rückschlüsse auf die reale Situation erlaubt.**

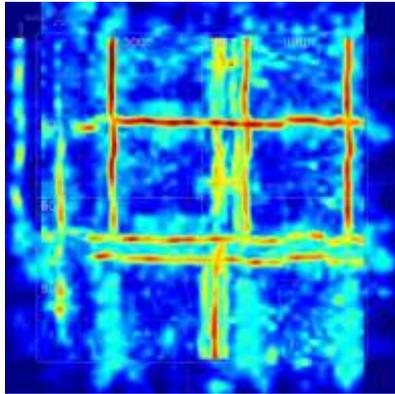
### Einblick, Schicht um Schicht

Durch die räumliche Datenerfassung lassen sich Einbauten (Bewehrung, Leitungen, Kanäle der Belüftung, Abwasser- oder elektrische Leitungen) in jeder Tiefenlage feststellen. Damit liegen in kurzer Zeit objektive Rückschlüsse über die Ausführung eines Bauwerks vor.

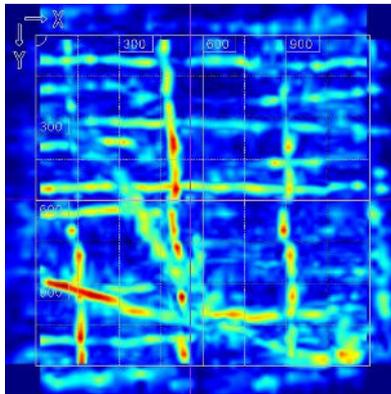


Radarbilder aus verschiedenen Tiefen. Im Tomogramm sind alle Informationen als Messdaten in einem Stack enthalten. Sie können frei ausgewählt- und nach Bedarf ausgewertet oder dargestellt werden. Die Überdeckung der Eisen sowie deren räumliche Lage werden aus den Daten so abgeleitet, dass auch der Nachweis der Erdbebensicherheit gewährleistet werden kann.

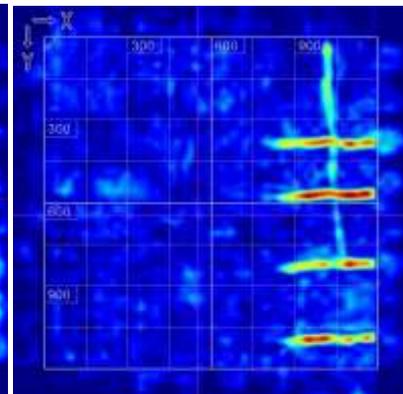
Oberste Lage



Elektrische Leitung



Unterste Lage

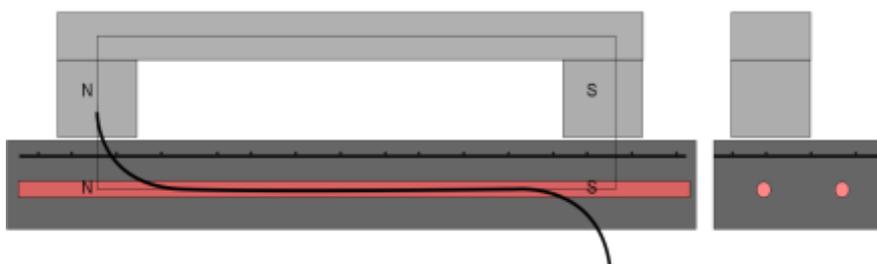


Zur Durchmesserbestimmung der Bewehrung sind Konstruktionsöffnungen zu empfehlen, weil die berührungslose Bestimmung zu ungenauen Resultate liefert.

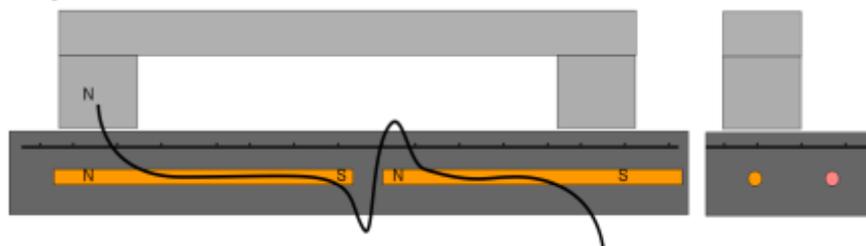
#### 5.1.14. Lokalisieren gebrochener Spannstähle mit magnetischen Verfahren

Das magnetische Streufeldverfahren ermöglicht es, gebrochene Vorspannkabel oder unterbrochene Bewehrungsstäbe zerstörungsfrei zu erkennen.

Wird ein magnetisch aktives Material in einem Magnetfeld bewegt, entsteht im Stab ein magnetisches Zusatzfeld. Die Magnetisierung erfordert einen grossen Strom in Längsrichtung des zu untersuchenden Stabes (Eisenstab oder Vorspannkabel). Erfolgt die Magnetisierung des Stabes in Querrichtung ist, ein wesentlich geringerer Strom erforderlich. Das Restmagnetfeld im Leiter verläuft mehr oder weniger kontinuierlich entlang des Leiters – immer vom Nordpol zum Südpol. (Skizze unten)



Ist ein Vorspannstab gebrochen, oder ist der Querschnitt durch Korrosion stark reduziert, entstehen magnetische Streufelder. Am Ende des Stabes, z.B. bei einer Bruchstelle, entsteht ein neuer Nordpol und ein neuer Südpol an dem das Restmagnetfeld gestreut wird.



Das Magnetfeld beim unterbrochenen Eisen (Spannkabel oder Bewehrungsstab) verhält sich an der Bruchstelle anders, weil sich da neue Pole aufgebaut haben. Durch die Anpassung des Stroms zur Erregung der Magnetspule wird erreicht, dass während der Magnetisierung hauptsächlich Bruchsignale sichtbar werden und Interferenzeffekte zwischen Bewehrungseisen unterdrückt bleiben.

Das Verfahren der Restmagnetisierung wurde bereits in mehreren Fällen bei praktischen Messungen erfolgreich eingesetzt und hat gute Ergebnisse zur Lokalisierung von Brüchen in Spannstäben oder enbetonierten Eisen geliefert.

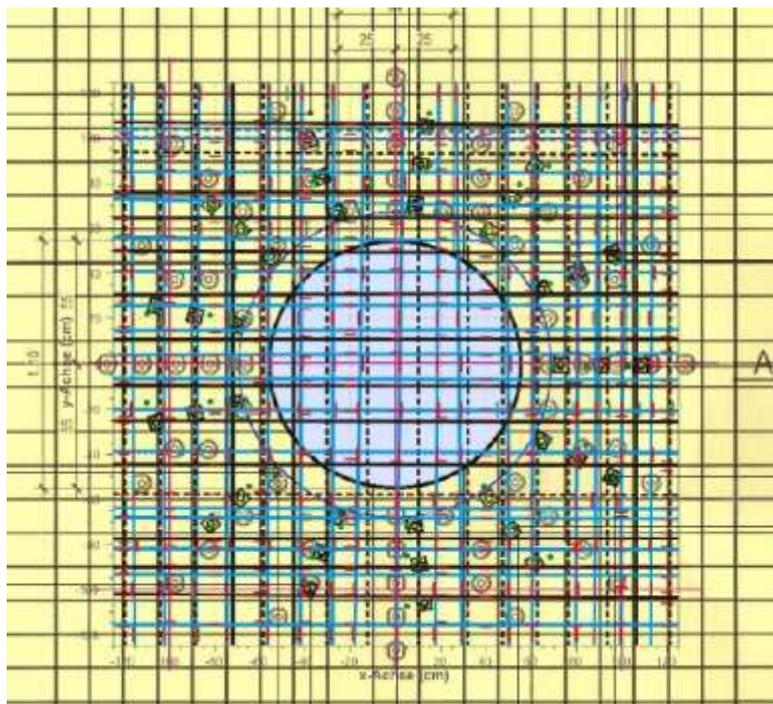
## 6. ZERSTÖRUNGSFREIE LOKALISIERUNG DER LAGE EINER STÜTZENKOPF- VERANKERUNG, EINER DURCHSTANZBEWEHRUNG ODER VON EINBETONIERTEN SPANKABELN IN EINER DECKE.

Das folgende Bild zeigt eine exakte, massgetreue Abbildung der Bewehrung und der Spannkabel in der Decke über einer Stütze.

Um bei den Verstärkungsmassnahmen nicht Spannkabel durchzutrennen, wurde eine massgetreue Zustandsaufnahme beauftragt.

- Lokalisierung der Stützenkopfverankerung in der Stahlbetondecke im Bereich von einer Stütze mittels zerstörungsfrei arbeitenden Verfahren.
- Lokalisierung der schlaffen Bewehrung in einem definierten Messfeld von unten.
- Dickenbestimmung der Stahlbetondecke im Bereich von einer Messfläche.
- Ermitteln der Spannkabel im Bereich der Stütze.
- Massgetreue Auswertung der Messdaten und Erstellen einer Skizze.

Der Plan wurde massgetreu am Bauwerk aufgenommen. Die Bewehrungslagen sowie die Spannkabel sind so eingezeichnet, dass Bohrarbeiten mit der grösstmöglichen Sicherheit ausgeführt werden können.



## 6.1. Stützenkopfverankerung und Durchstanzbewehrung

Die zu messenden Stützen werden durch den Kunden definiert. An den zu untersuchenden Stützen wird das Koordinatennetz fixiert. Eine der definierten Stützen mit dem Messraster zur Datenerfassung mit den verschiedenen Mess- und Prüfsystemen im Messfeld 1,2,3,4.

### Normalbilder zu den Messungen

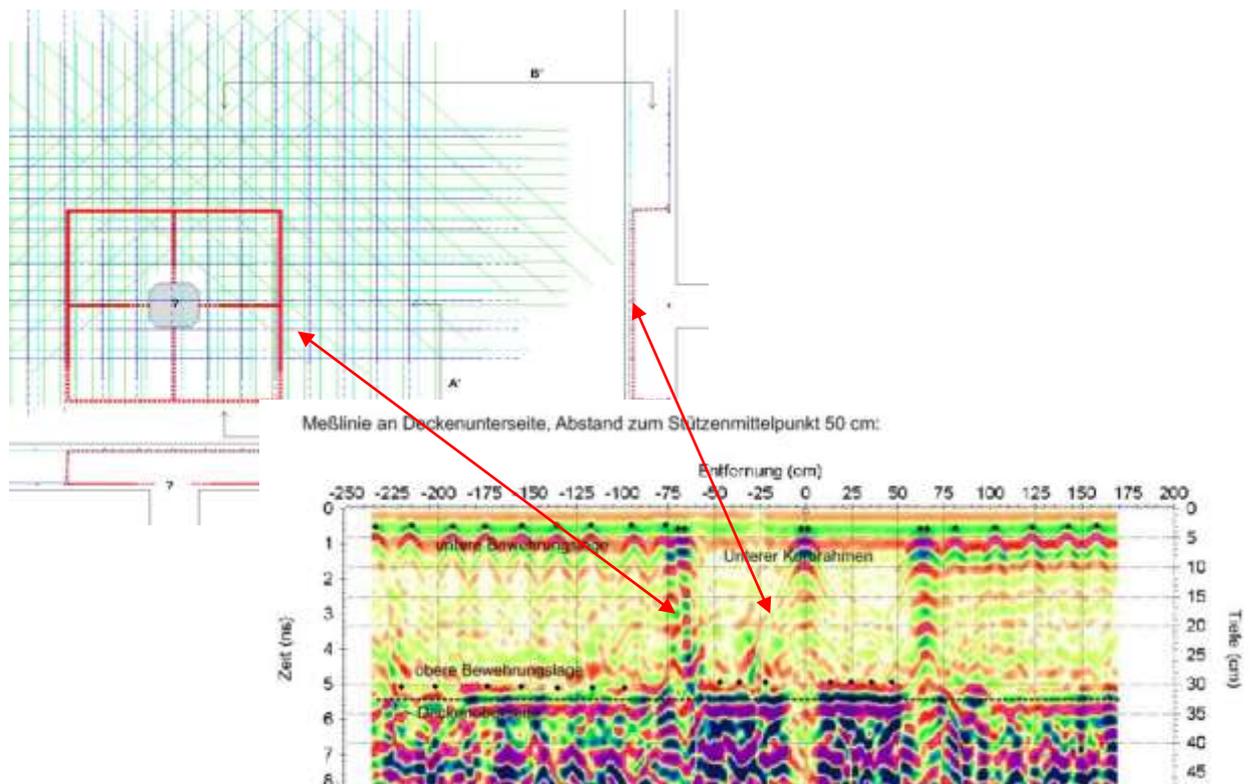
#### Radarverfahren im Einsatz



#### Raster Magnetfeldverfahren

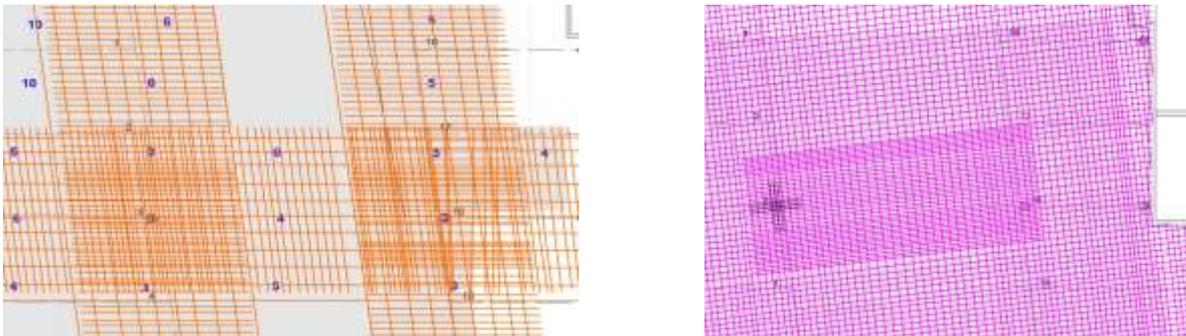


Aus den gemessenen Daten wurde die folgende Skizze erstellt. Die Bewehrung auf der Oberseite und auf der Unterseite der Decke ist in einem Raster von 20 cm x 20 cm verlegt. Ein Bewehrungskorb im Raster von 65 cm x 65 cm ist symmetrisch um die Stütze einbetoniert. Im Stützenbereich konnten keine Anschlusseisen festgestellt werden.

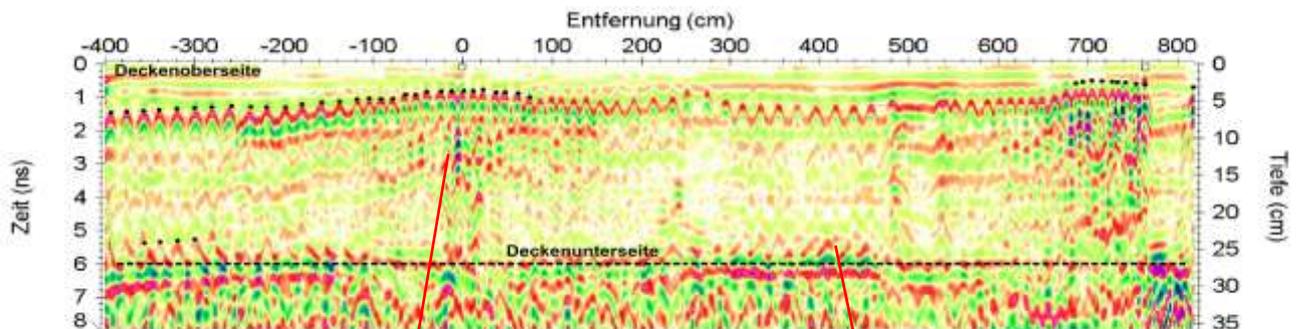


## 6.2. Flachdecken und Einstellhallendecken

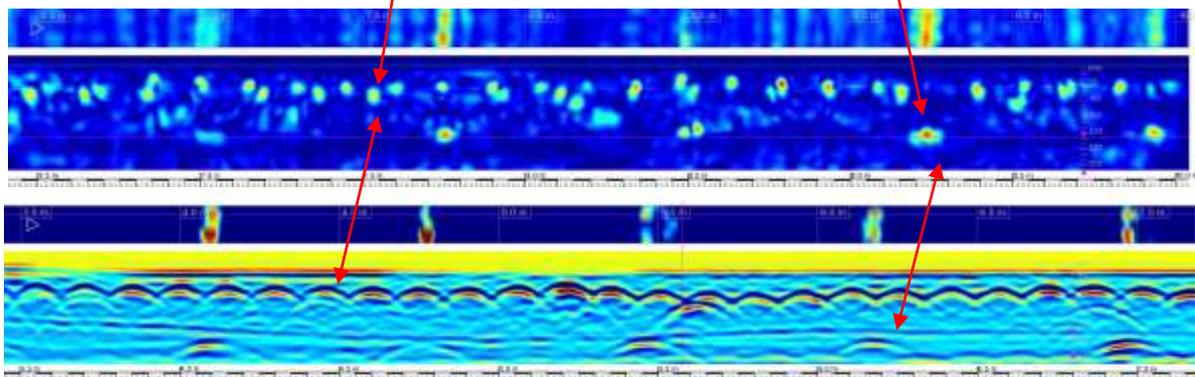
Der Einsatz von Flachdecken in Lagerhäusern, Garagen, Einstellhallen und auch in Bürogebäuden ist immer attraktiver geworden, wobei oft auf eine Stützenkopfverstärkung in Form von Pilzen verzichtet wurde. Gerade bei Garagen, Einstellhallen oder Industriegebäuden wird durch die geeignete Wahl der Stützenanordnung eine optimale Raumnutzung bei der kleinstmöglichen Bauhöhe mit freier Durchsicht erreicht.



Bei der Bemessung von Flachdecken ist das Augenmerk auf die Durchbiegung der Decke sowie auf das Durchstanzverhalten bei der Krafteinleitung von der Decke in die Stützen zu richten. Deshalb sind detaillierte Informationen über die eingebauten Eisen von Interesse. Die zwei Bilder zeigen die exakte Lage der oberen und der unteren Bewehrung in einer Decke. Im Bild links ist zudem die örtliche Überdeckung der Bewehrung angegeben.

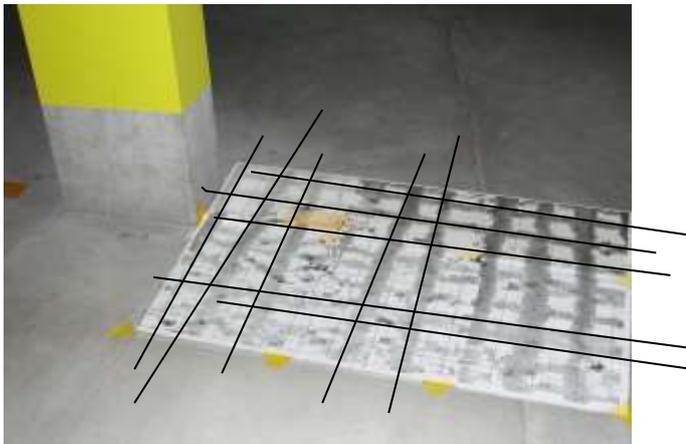


Die genaue Positionierung der Bewehrung und Spannsysteme einer bis zu 30 cm dicken Decke einer Einstellhalle. Die Überdeckung der Eisen sowie deren räumliche Lage werden aus den Daten so abgeleitet, dass auch der Nachweis der Erdbbensicherheit gewährleistet werden kann.



### 6.3. Wenn Beton durchsichtig wird

Zerstörungsfreie Ortung der Bauteildicke, der Bewehrungslagen und der Lage eingebauter Spannkabel oder Ankerköpfen in Stahlbetonkonstruktionen.



### 6.4. Unterbruchfreies, sicheres Arbeiten

Bei Umbauten in Stahlbetonbauten ist es notwendig zu wissen, wie die Ausführung tatsächlich ist oder an welcher Stelle ohne erhöhtes Risiko Umbauarbeiten (schneiden, bohren, trennen) ausgeführt werden dürfen.

- Liegen Spannkabel im Bereich der vorgesehenen Bohrung oder Öffnung?
- Kann eine Bohrung durch das Bauteil getrieben werden, ohne ein Bewehrungsseisen oder eine Einbaute zu verletzen?
- Sind im Bereich der vorgesehenen Bohrung andere Einbauten?
- Wo sind Pfähle unter der Bodenplatte und wie ist der Bodenplattenaufbau?
- Wie ist die Biegebewehrung ausgeführt und wie verläuft diese?
- Bestehen konstruktiv relevante Eigenheiten (Bügelbewehrung, Unterzüge)?

Die Klärung dieser Fragen ist eine wesentliche Voraussetzung dafür, dass Umbauarbeiten in Bezug auf den zeitlichen Ablauf und auf die Kosten geplant werden können.



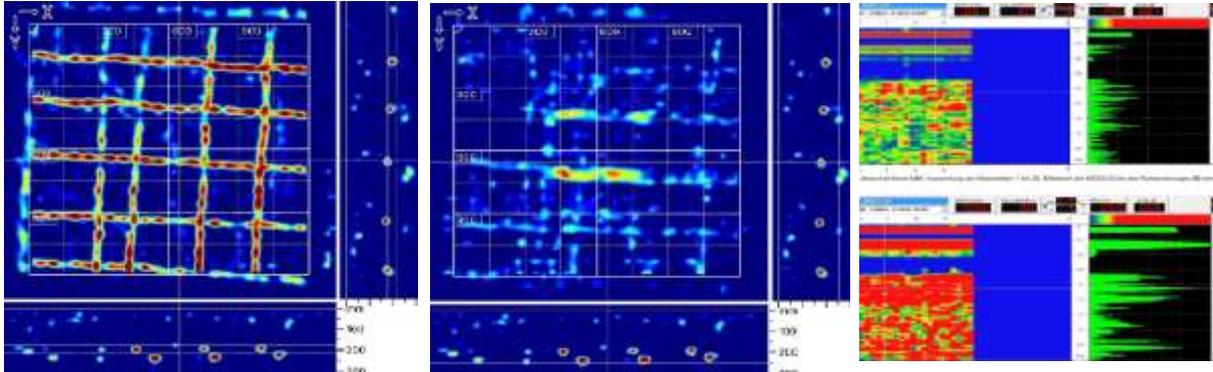
Nur wer weiss, wo die Pfähle unter der Bodenplatte in einem Industriebau liegen, kann die zulässige Belastung des Bodens oder die Auswirkungen auf die Statik des Bauwerks ableiten.

Mit modernen Verfahren erkennen wir in der Regel die örtliche Lage solcher Einbauten.

Dazu setzen wir Verfahren ein, welche auf unterschiedlichen physikalischen Prinzipien basieren, aber zum gleichen Resultat führen.

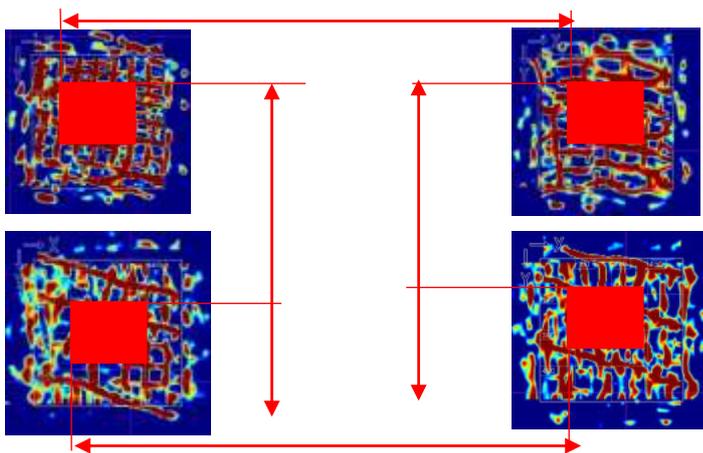
Im nebenstehenden Bild sind zwei Messlinien auf dem Plan eingezeichnet um herauszufinden, ob die abgebildeten Pfähle lokalisiert werden können.

Mit physikalisch verschiedenen Verfahren können Veränderungen im Untergrund tomografisch abgebildet werden. Damit liefert der Messingenieur dem Bausachverständigen Informationen, welche ohne die Messtechnik kaum in der gewünschten Zuverlässigkeit geliefert werden können.

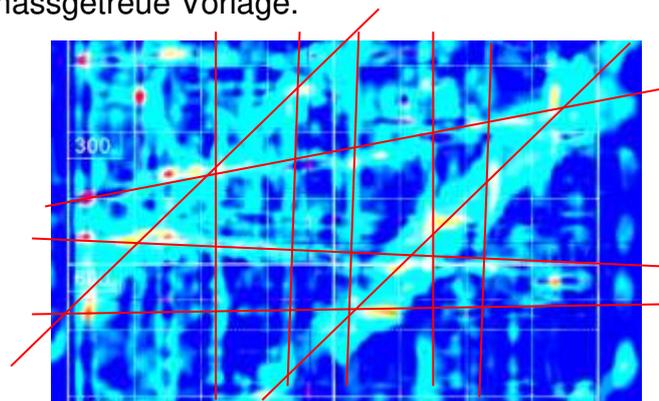


### 6.5. Verankerung von Säulen

Bei der Verankerung eines Liftes in einer Garage sind neben Heizleitungen auch Anker und Bewehrungsseisen im Boden eingebaut. Um die Verankerung ohne Schaden zu setzen, wurden zerstörungsfreie Messungen angeordnet.



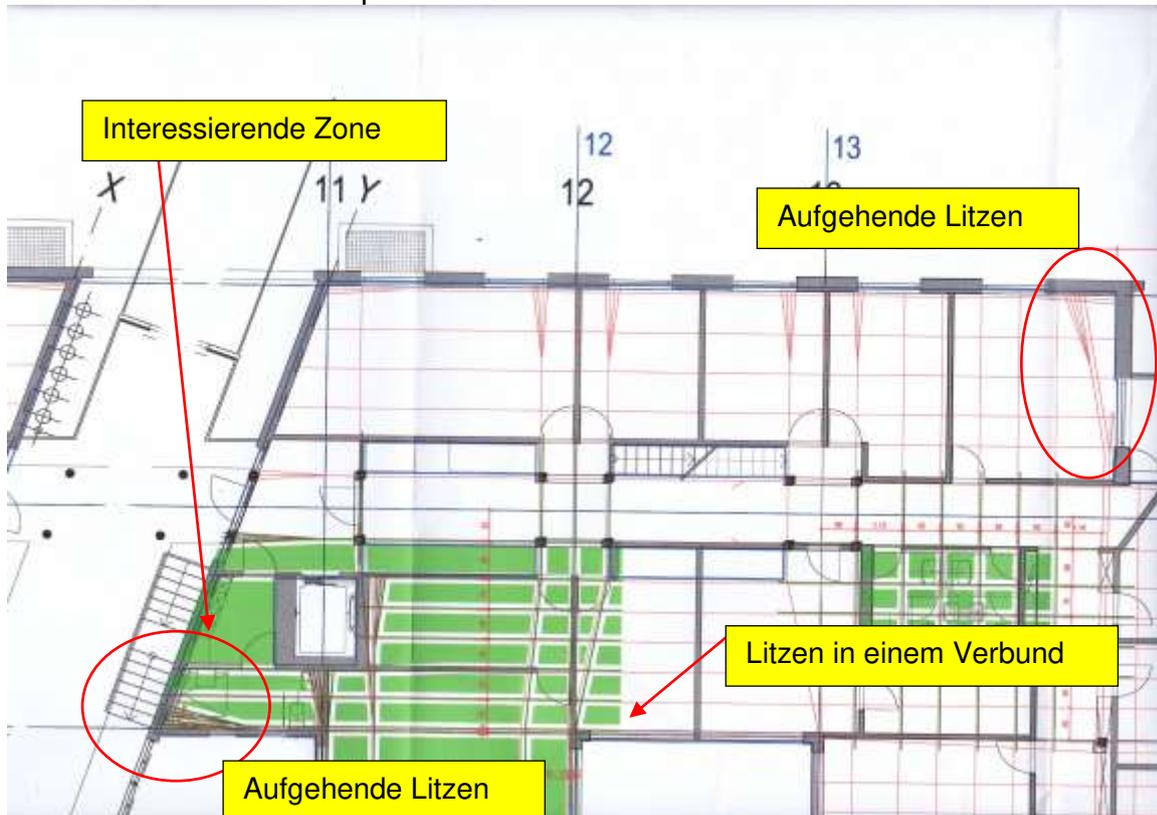
Durch das Tomogramm (Volumenbild) bei jeder Stütze konnte der Verlauf aller Einbauten im Boden bis zu einer Tiefe von 30 cm sichtbar gemacht werden. Mit Hilfe der Fixierung der Referenzpunkte und der exakten Vermessung ist bei jeder Säule klar, an welcher Stelle sicher gebohrt werden kann. Der Montageingenieur kann nun die Grundplatte der Säulen so bestimmen, dass die Löcher dort sind, wo kein Schaden eintritt. Dazu dient die massgetreue Vorlage.



## 6.6. Sicher umbauen, Beispiel aus einer realen Situation

Die Lage der Spannkabel ist aus den Plänen bekannt. Um aber einen Schaden zu vermeiden soll nun vor dem effektiven Bohren neuer Öffnungen die Lage der Spannkabel überprüft und bestätigt werden.

Planausschnitt mit den Spannkabeln:



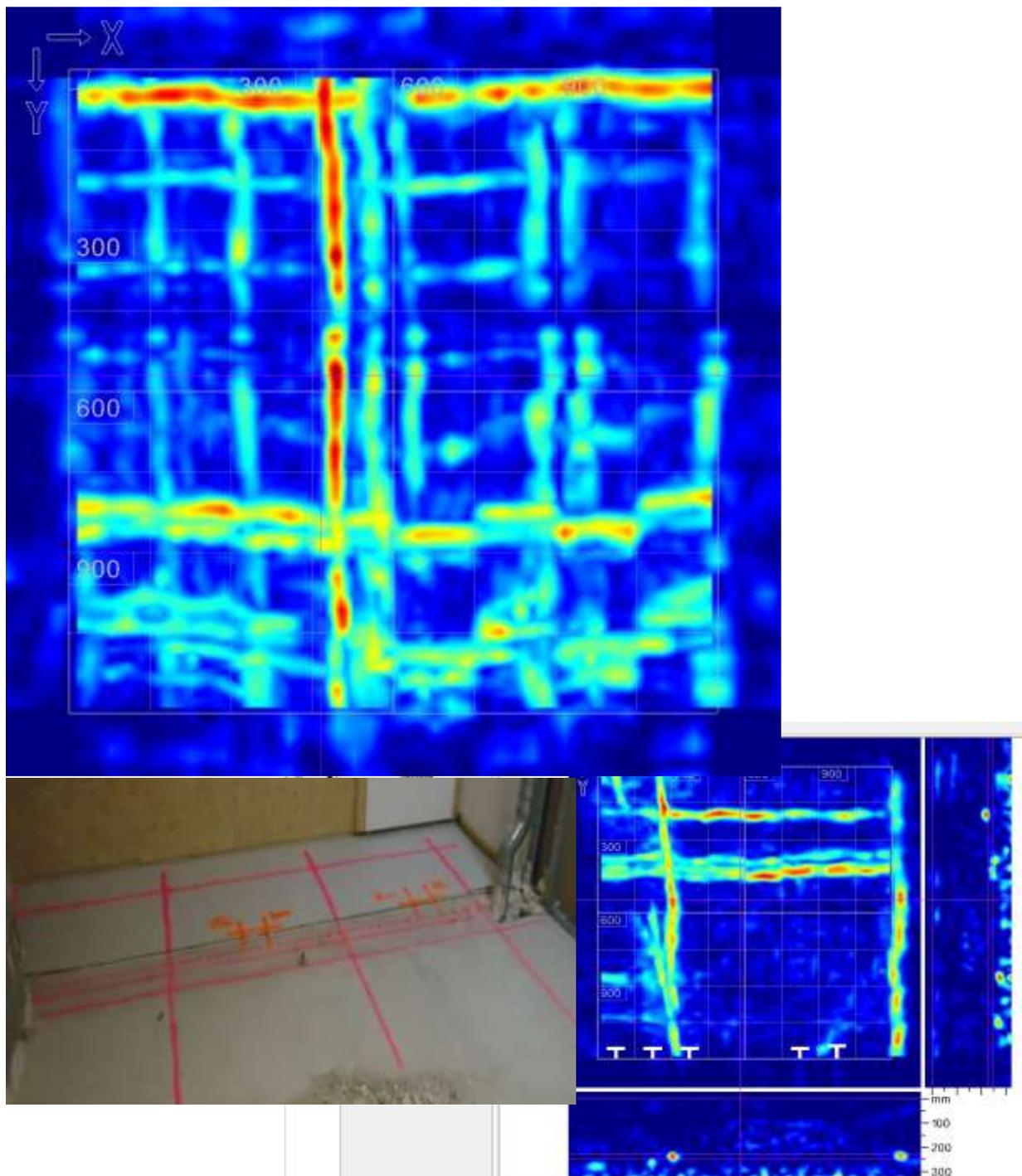
Resultat auf dem Bauplatz. Die Bohrungen sowie der Verlauf der Spannkabel oder sonstiger Einbauten sind auf dem Boden markiert. Das Vorgehen in kritischen Bereichen wird mit dem verantwortlichen Bauingenieur abgesprochen.



## Radarbilder

Neben der lateralen Lage wird auch die Lage eines Bauteils in der Tiefe aus dem Radarbild bestimmt. Dadurch bekommt man einen objektiven Eindruck über die effektive Situation. Der Flächenscan sowie der Linienscan liefern ergänzende Informationen, wozu im Bedarfsfalle auch andere Messverfahren angewendet werden.

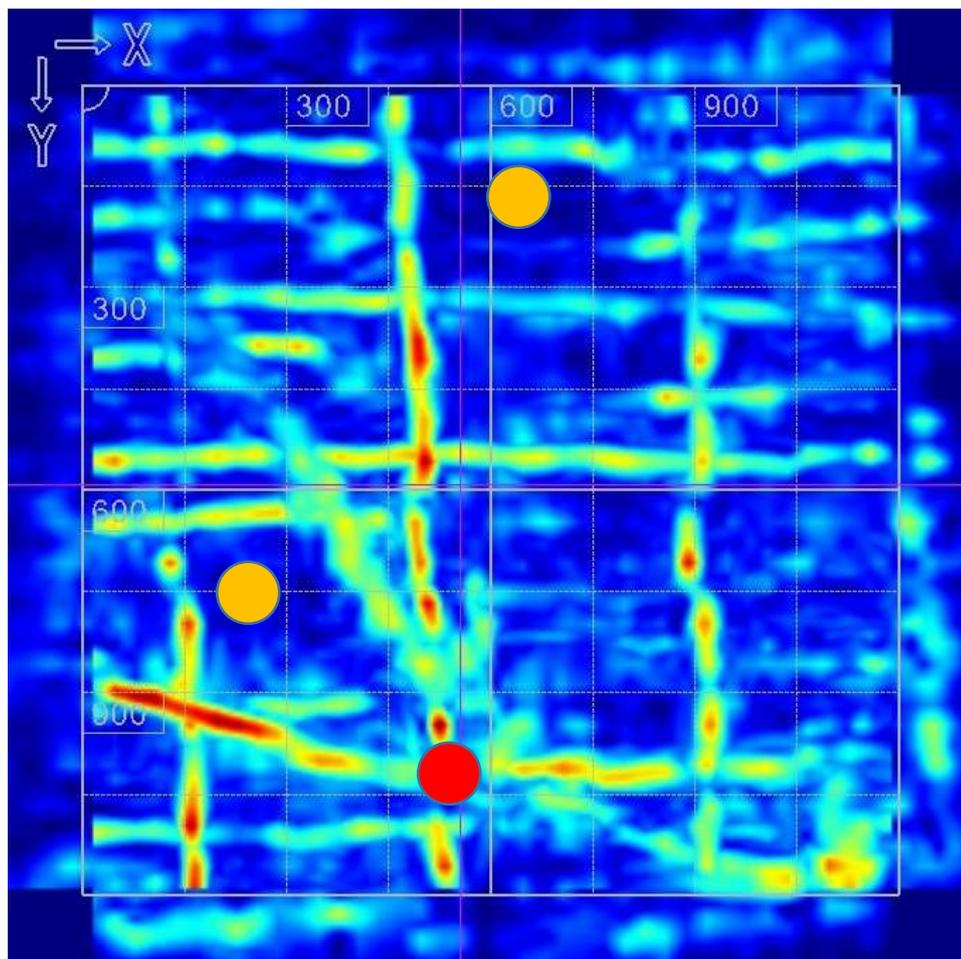
Aus den Radarbildern wird die Lage der Spankabel im Betonboden ermittelt. Die Situation wird Auf dem Boden aufgezeichnet und fixiert, sodass Bohrarbeiten ohne Risiko angeordnet werden können.



## 6.7. Wir schützen Vermögenswerte.

Wir bieten unseren Kunden durch unsere Kompetenz und unsere Zuverlässigkeit nicht nur eine hohe kommerzielle Sicherheit sondern verkleinern die Risiken, erhöhen die Planungs- und Terminalsicherheit und schützen die Vermögenswerte unserer Kunden. Unsere Betriebshaftpflichtversicherung deckt im Schadensfalle berechnete Ansprüche unserer Kunden bis zu CHF 20'000'000.— pro Schadensfall.

- ➔ Sichere Terminplanung.
- ➔ Kein unnötiger Arbeitsunterbruch.
- ➔ Keine Überforderung der Handwerker auf der Baustelle.
- ➔ Höchste Sicherheit für alle Beteiligten
  - Eigentümer: Keine unerwartete Überraschungen
  - Architekt und Planer: Höchste Sicherheit in der Planung und im Arbeitsablauf.
  - Handwerker: Keine (Vermeidbare) Risiken.
  - Unternehmer: Keine unnötigen Verzögerungen, erhöhte Planungssicherheit.
  - Bauamt: Unbestechliche Nachweise



**Wir zeigen Ihnen, wo Sie ohne Risiko und ohne Schaden sicher bohren können.**

## 7. ZUSTANDSERFASSUNG AN BESTEHENDEN BRÜCKENBAUWERKEN

In Europa gibt es hunderttausend Brücken, welche täglich durch Autofahrer, Radfahrer oder Fussgänger überquert werden. Damit die höchstmögliche Sicherheit gewährleistet werden kann, müssen solche Bauwerke regelmässig überprüft werden. Dazu werden sichtbare Mängel aufgenommen und Informationen über das Innere des Bauwerks gesammelt.

Brücken überspannen Schluchten, Auen und Flüsse. Sie sind für unsere Gesellschaft wichtig. Ihr Zustand ist jedoch oft ungenügend bekannt, weshalb grosse Anstrengungen unternommen werden müssen, um zerstörungsfrei und schnell objektive Kenntnisse über solche Bauwerke zu erhalten.

Wechselnde Wetter- und Temperatureinflüsse, zunehmendes Verkehrsaufkommen und Tausalze beanspruchen das Material stark. Schäden wie Haarrisse, abplatzender Beton, Korrosion, abgesehen davon, ob die Brücke gemäss den vorhandenen Plänen ausgeführt wurde oder nicht, sind Kriterien, welche die Sicherheit des Bauwerks gewährleisten.

Bisher untersuchten Kontrolleure eine Brücke vor Ort auf äusserlich sichtbare Schäden oder ordneten ein Messprogramm an. Zukünftig werden zerstörungsfreie Verfahren eingesetzt, die es erlauben, den personellen Aufwand zu reduzieren und die Sicherheit zu erhöhen, damit der Ingenieur objektive Auskunft über die Dicke der Bauteile, über die Lage der Bewehrung, deren Anzahl, Durchmesser und Anordnung sowie exakte Informationen zu Spannkabeln, deren Anzahl, Lage und Verlauf und Auskunft über Hohlräume im Innern hat.

Zur Erhöhung der Sicherheit und der Verfügbarkeit bestehender Brückenbauwerke liefern zerstörungsfreie Untersuchungsverfahren objektive Einblicke, wie sie sonst nicht möglich sind.

Von aussen sieht man der Brücke nicht an, wo die Hohlräume verlaufen oder wie viele Spannkabel eingebaut sind. Die Ausführung der Bewehrung und deren Lage sind ohne moderne Mess- und Prüfmethode nicht zu erkennen.

Bei Mischkonstruktionen, wo sich Stahlbau und Stahlbetonbau zu einem Bauwerk ergänzen, müssen zur Gewährleistung der Sicherheit unterschiedliche Prüf- und Messverfahren angewendet werden, was das Zusammenwirken der verschiedenen Fachkompetenzen unabdingbar macht.

Wir erfassen alle Informationen am fertigen Bauwerk, schnell und effizient. Dadurch haben Sie in kurzer Zeit eine klare Übersicht über die effektive Situation am und auch im Bauwerk.

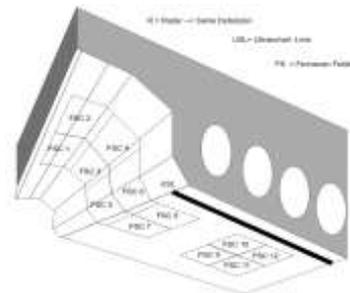
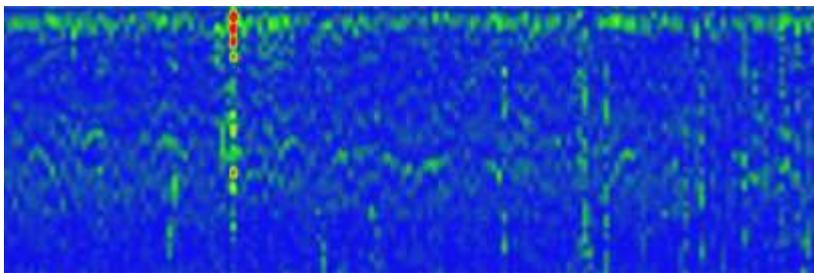


Wir zeigen Ihnen, wo die Hohlräume liegen, wie tief diese sind, wie dick die Asphaltdecke ist oder wie viele Spannkabel eingebaut sind und wo diese verlaufen. Wir zeigen Ihnen die Lage der Ankerköpfe und liefern Ihnen die

notwendigen Informationen zur Bewehrung. Die zerstörungsfreie Erhebung von Daten an bestehenden Brückenbauwerken unterschiedlicher Bauart dient als Grundlage für die Zustandsermittlung. Die Brücken werden so vermessen, dass verbindliche Informationen über die statisch relevanten Eigenschaften vorliegen. (Anzahl Spannkabel, Anzahl und Lage der Bewehrung oder von Bügelbewehrungsseisen, Querspannbewehrung und dergleichen). Die Prüfungen werden an Bauwerken ausgeführt, wenn Informationen über die Konstruktion fehlen oder wenn die Unterlagen mangelhaft sind.

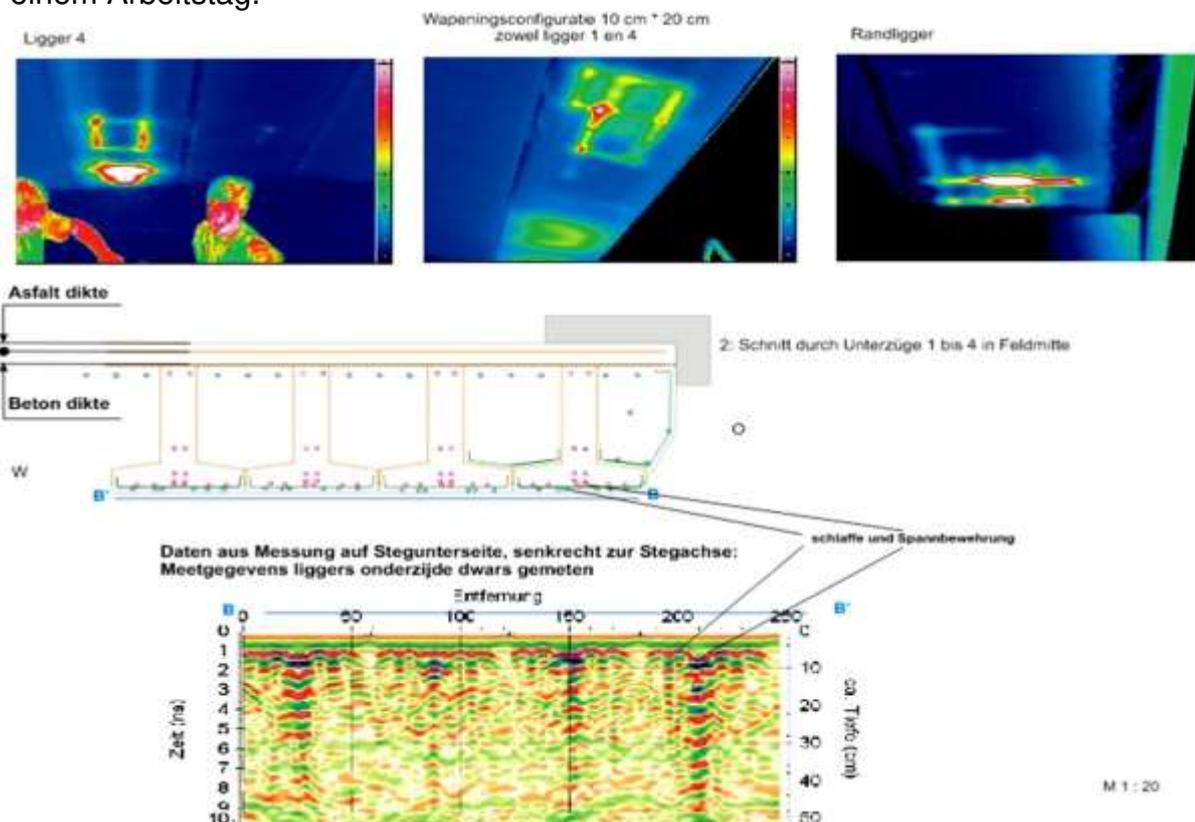
### 7.1. Systematisch und zerstörungsfrei Daten erheben

Aus zerstörungsfrei erfassten Daten lassen sich alle relevanten Bauteile der Konstruktion ermitteln, sodass eine Grundlage für die Nachberechnung der Statik vorliegt. Die Resultate werden in einen Plan übertragen.



Ultraschallbild und Grafik der Situation in einer Brückenkonstruktion.

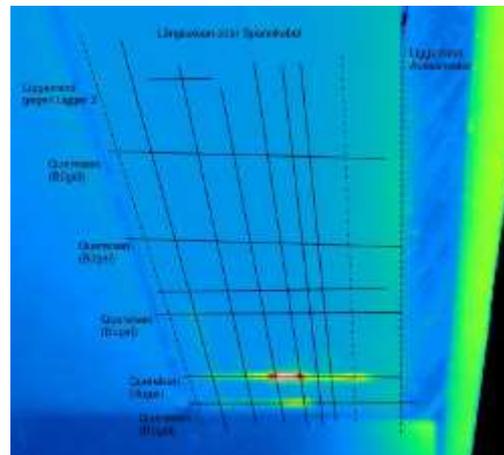
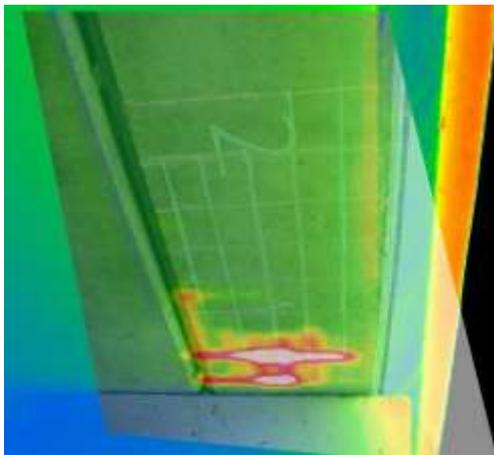
HF-IR Datensatz (obere Bildreihe) und Radargramm (unten) aus der zerstörungsfreien Untersuchung einer Brückenkonstruktion. Je nach Aufgabenstellung dauert die Vermessung einer Brücke wenige Stunden bis zu einem Arbeitstag.



- Zerstörungsfreie Bestimmung der Betonüberdeckung
- Bestimmung der schlaffen Bewehrung in einem bezeichneten Feld
- Bestimmung der Bauteildicke
- Bestimmung des Rasters der schlaffen Bewehrung
- Bestimmung der Lage und Anzahl von Spannkabeln
- Lokalisation von Hohlräumen im Brückenkörper

## 7.2. Untersuchungsablauf

Vor dem Messbeginn wird ein Koordinatenpunkt festgelegt. Daran orientieren sich alle Messmarkierungen bzw. Messlinien der zum Einsatz kommenden Verfahren. Die Bewehrung in der Stahlbetonkonstruktion wird mittels elektromagnetischem Messgerät TEM, mittels Georadar oder mit Hilfe der HF-Thermografie zerstörungsfrei festgestellt, die Dicke der Stahlbetondecke im Bereich einer Messfläche mittels Impaktecho-Verfahren und / oder mittels Georadar. Zudem werden Radarmessungen vorgenommen, um die Spannkabel oder Querspännglieder zu orten. Ergänzende Messungen oder Zusatzmessungen an andern Messorten werden nach Bedarf in Absprache mit dem Bauherrn ausgeführt.



Bei der Vermessung werden die Resultate in Bezug zum Referenzpunkt dokumentiert und abgespeichert.

## 7.3. Grundlagen zu den Aufgabenstellungen

Zu den Grundlagen vor einer standardisierten Bestandaufnahme an einer Brücke gehören die Baupläne und bisher vorliegende Erkenntnisse sowie die Fragestellung zur Situation. Im vorliegenden Falle musste die Dicke des Korrosionsschutz-Anstrichs gemessen werden.

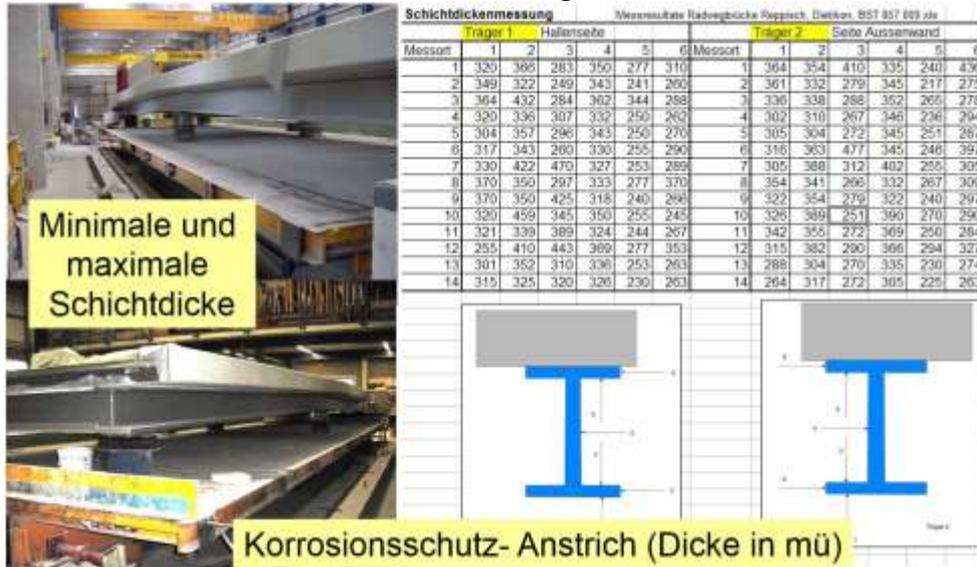


Dazu wurde die PT-RT- Methode eingesetzt, weil mit dem Verfahren keine Berührung zum Objekt bestehen muss.

Mit dem PT-RT Verfahren wird die Dicke eines Schutzanstriches (Korrosionsschutz an Stahlteilen, Witterungsschutz) oder die Haftung von allen Arten einer Beschichtung gemessen.

Die verschiedenen Verfahren werden der Aufgabenstellung angepasst. Neben PTR Verfahren werden Radar, Geoelektrik oder Ultraschall sowie interferometrische Verfahren eingesetzt. Oben sind das PTR-, Radar- und Interferometergerät dargestellt.

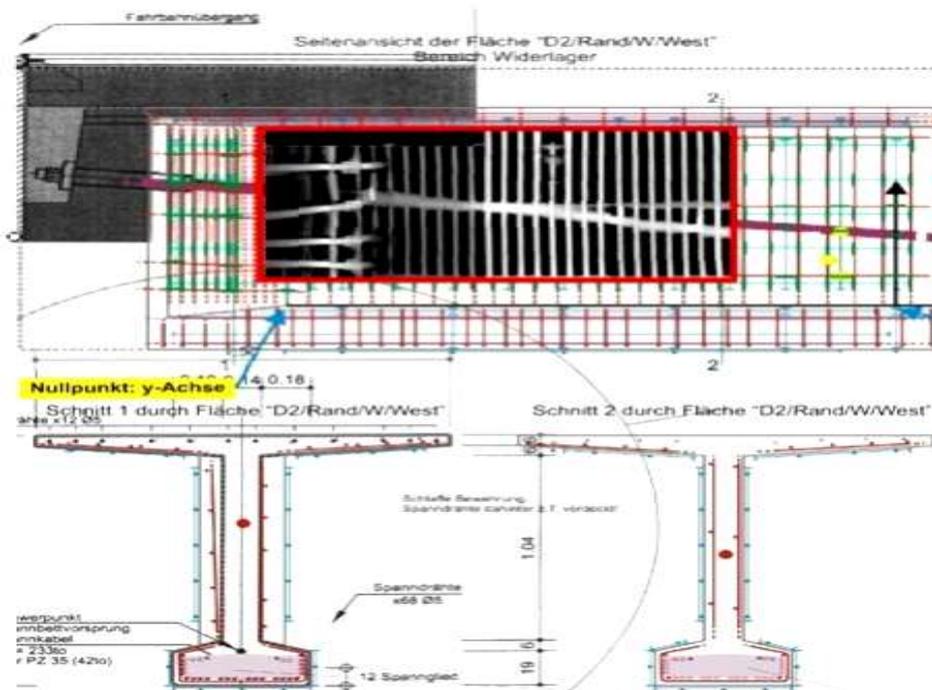
### Resultate der Schichtdickenmessung



Die Vermessung der Schichtdicke von Bauteilen erfolgt berührungslos. Aus den Messdaten wird ein Messprotokoll erstellt das dem Unternehmer oder dem Auftraggeber als Dokument zum Nachweis der erbrachten oder geforderten Leistung dient.

### 7.4. Feststellen der Anschlussbewehrung und der Spannkabel

Mit unseren Untersuchungstechniken werden Detailerkennnisse am bestehenden Bauwerk erarbeitet und verbindliche Unterlagen für die Zustandsbeurteilung geschaffen.

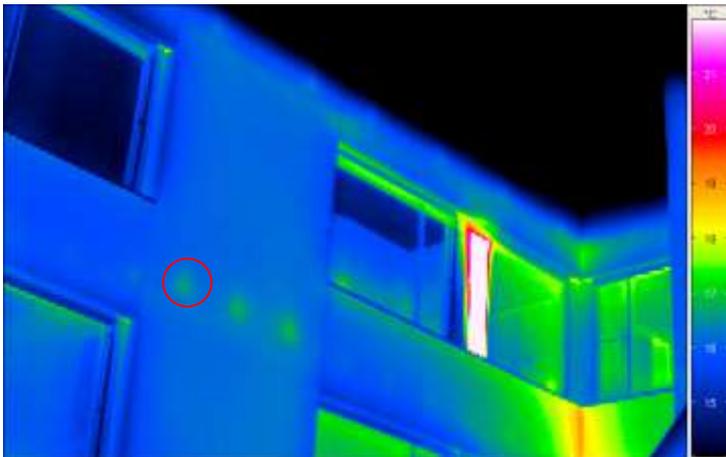


### 7.5. Anker von Fassadenplatten

Im vorliegenden Falle war es die Aufgabe, den Zustand der Anker in den Betonplatten einzustufen. Dazu wurden IR-Aufnahmen der Fassade erstellt, um kritische Verankerungen festzustellen.

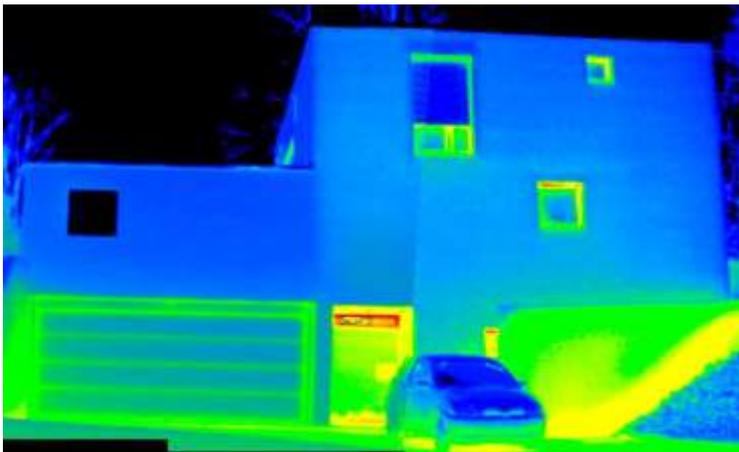
Die Untersuchung hat gezeigt, dass die Ankerzonen fast durchgängig ein einheitliches thermisches Erscheinungsbild zeigen. Es konnte in keiner Verankerungszone erhöhte Durchfeuchtung nachgewiesen werden. Die Ergebnisse sind in der Dokumentation enthalten.

An zwei Elementen wurden die Bewehrung und die Ankerstellen mit dem Ferroskan vermessen. Das Raster der schlaffen Bewehrung in den Betonelementen ist 8 cm. Die Ankerstellen konnten bei den zwei vermessenen Platten mit dem Ferroskan nicht identifiziert werden. Die Betonüberdeckung beträgt 2 – 3 cm.



### 7.6. Wenn die Luftkanäle im Minergiehaus verstopft sind

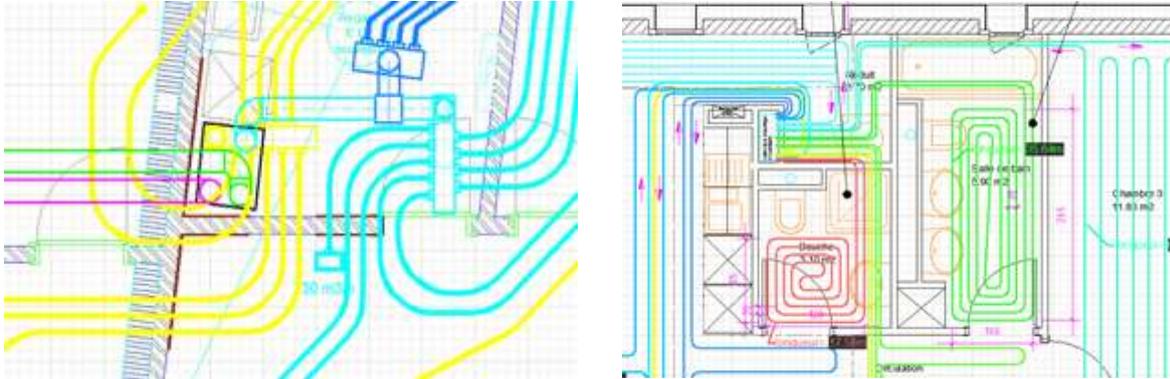
Minergiehäuser zeichnen sich durch einen kleinen Energiebedarf aus und vor allem durch die Komfortbelüftung, die für eine saubere und keimfreie Raumluft sorgt.



Ärgerlich ist es aber, wenn die Komfortlüftung nicht funktioniert oder wenn die Leitungen der Luftzufuhr verschlossen sind.

- Was ist, wenn beim Betonieren der Decke Beton in die Rohre der Luftführung eingedrungen ist?
- Was ist, wenn ein Umbau notwendig wird und die Lage der Luftführungsrohre in der Decke unklar ist?
- Was ist, wenn durch die Decke gebohrt werden soll, um einen Schacht oder ein Vertikalrohr einzubauen?

Was in der Planung noch einfach aussieht, weil alle Ebenen von den Einbauteilen gut voneinander zu unterscheiden sind, erweist sich als anspruchsvolle Aufgabe, wenn man vor dem fertigen Bauwerk steht. Im Boden sind die Verteilrohre der Komfortbelüftung, die Rohre der Bodenheizung, elektrische Leitungen, Ablaufleitungen oder Bewehrungsseisen eingebaut.



Damit geplante Arbeiten bei einem Umbau ohne Folgeschaden und ohne Terminprobleme durchgeführt werden können, ist es notwendig, den Verlauf eingebauter Bauteile im Voraus zu kennen.

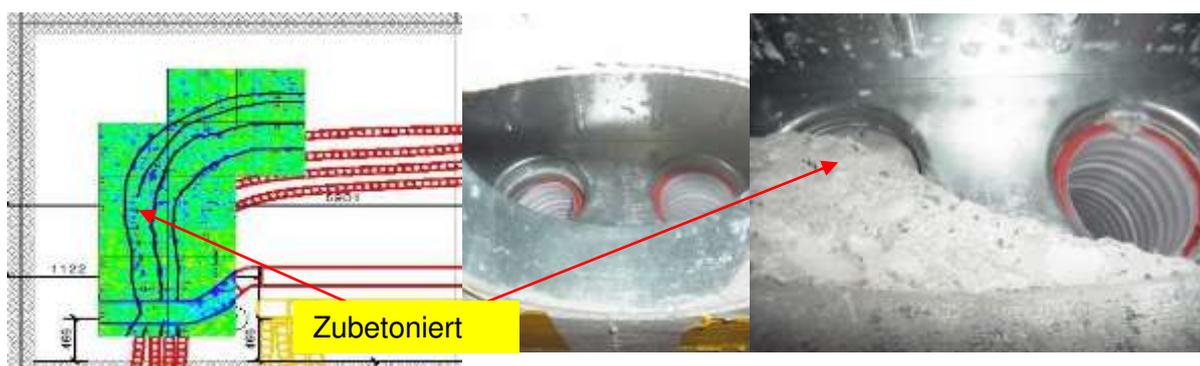


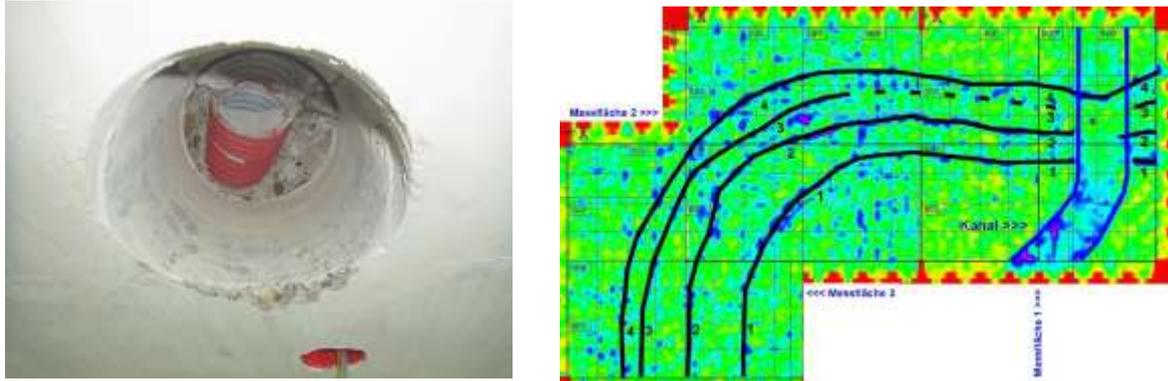
Bild links: Der geplante Verlauf der Luftverteillrohre in der Decke eines Minergiehauses (Rot) und der effektive Verlauf der Luftverteillrohre (Grüne Zone). Die Rohre verlaufen irgendwo im Boden.

Bild Mitte: Geplanter Zustand der Verteiler, an denen die Luftverteillrohre angeschlossen sind. Die Rohre der Luftverteilung sind offen.

Bild rechts: Ungeplanter Zustand, aus einem Rohr der Luftverteilung ist Beton ausgetreten. Das Rohr wurde anscheinend beim Betonieren so mit Beton gefüllt, dass keine Zirkulation der Luft möglich ist.

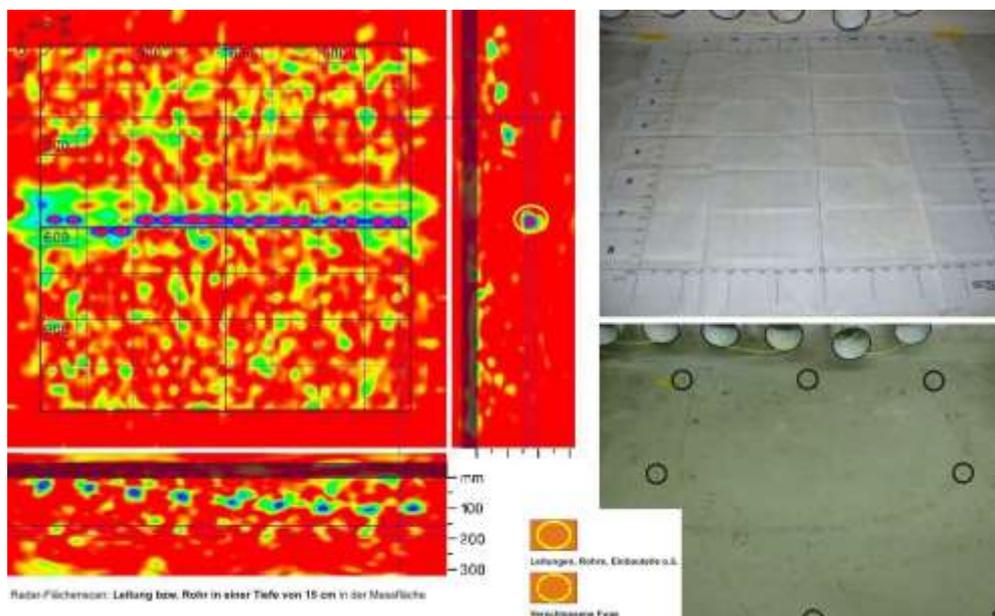
Die Bilder zeigen den Verlauf der Luftverteilrohre in einer Betondecke. In der Decke sind elektrische Kabel, Bewehrungseisen, Luftverteilrohre der Komfortbelüftung und im oberen Teil auch die Leitungen der Fussbodenheizung eingebaut. Funktioniert die Komfortbelüftung nicht richtig, muss der effektive Verlauf der Luftverteilung ebenfalls bekannt sein. Wie die folgenden Bilder zeigen, bestehen Abweichungen zwischen dem geplanten und dem effektiven Zustand.

Um die Funktion der Komfortbelüftung zu gewährleisten, muss dieser Zustand korrigiert werden. Dazu muss herausgefunden werden, welcher Bereich der Rohre mit Beton verfüllt ist, d.h. wo die Verstopfung beginnt und wo sie endet. Nur durch dieses Wissen kann die Reparatur gezielt und effizient vorgenommen werden.



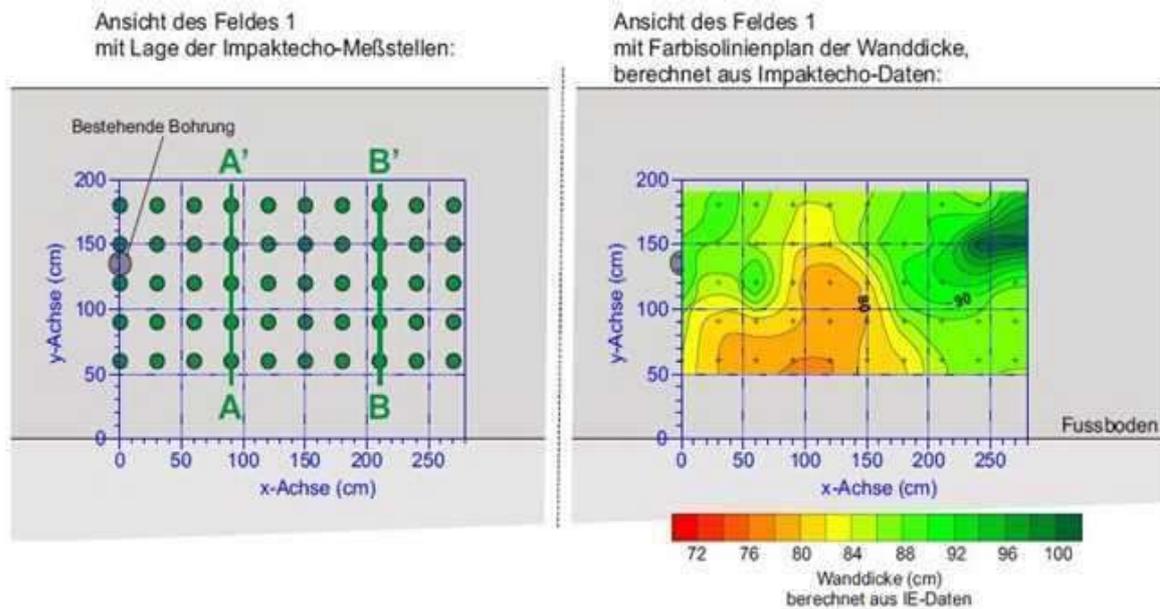
### 7.7. Orten von Hochspannungs- oder Computerkabeln

Bohrarbeiten in Bereichen, in denen Hochspannungskabel verlaufen, sind sehr heikel. Die Lage der Hochspannungskabel und deren Verlauf werden mit modernen Messverfahren sicher lokalisiert. Zur Feststellung der Lage spielt es keine Rolle, ob die Leitungen im Beton eingebaut sind oder im Erdreich.

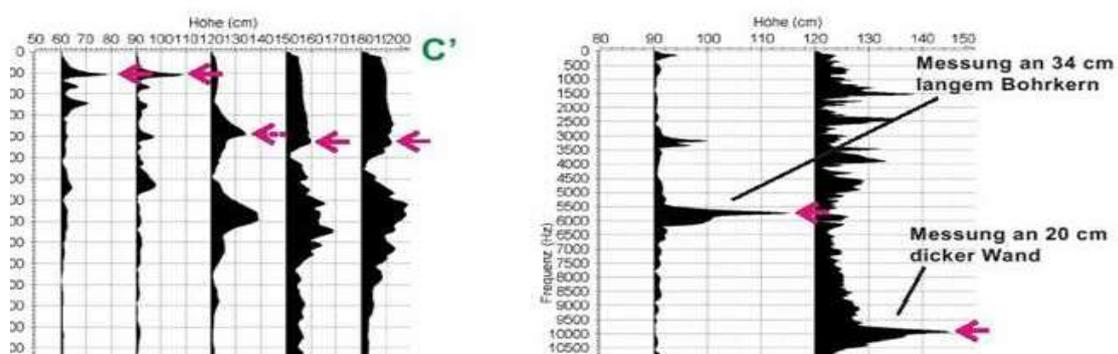
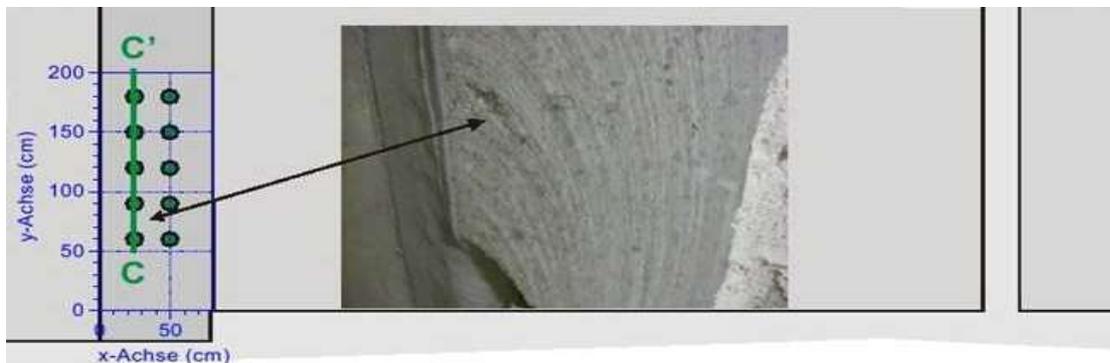


Mit den heute verfügbaren Verfahren und Methoden können alle Einbauten im Beton mit grosser Zuverlässigkeit und zerstörungsfrei lokalisiert und eingemessen werden. Dadurch werden unnötige Schäden vermieden, ein Gewinn für Sie und Ihre Kunden.

## 8. RESULTAT DER VERMESSUNG EINER SCHLITZWAND-DICKE MIT DEM PULS ECHO VERFAHREN



Bei fehlerfreiem Bauteil durchläuft die mechanische Welle das Bauteil in einer definierten Zeit vom Kopf bis zum Fuss, wird dort reflektiert und läuft zum Empfänger zurück. Die mechanische Welle wird durch einen Schlag auf die Bauteiloberfläche ausgelöst. Die Intensität des Impulses wird durch den Beschleunigungssensor im Hammer gemessen und für die Auswertung aufgezeichnet.

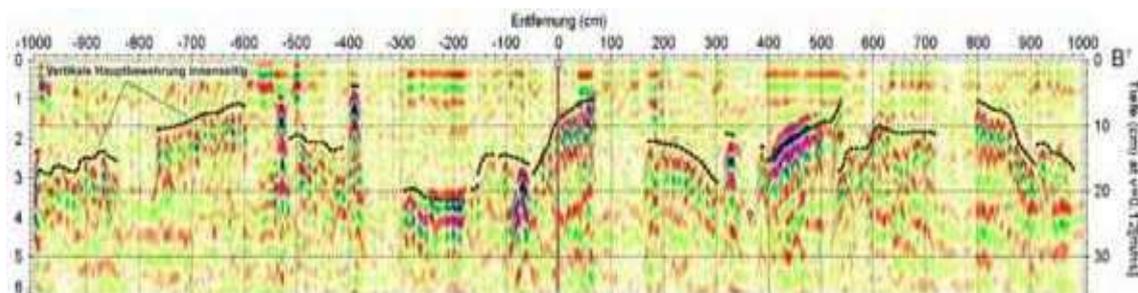


Die sich ausbreitenden Wellen laufen in Richtung der gegenüberliegenden Seite und verändern ihre Geschwindigkeit, wenn Änderungen im Bauteil bestehen. Die vom Messsystem aufgezeichneten Daten werden analysiert (Dämpfung, Laufzeit und Frequenzabhängigkeit).

Durch die Kombination der Resultate aus verschiedenen Mess- und Prüfverfahren werden die recht komplexen Zusammenhänge einfacher verständlich. Unten sind die Bereiche in der Schlitzwand dargestellt, wo keine Bewehrung eingebaut ist.

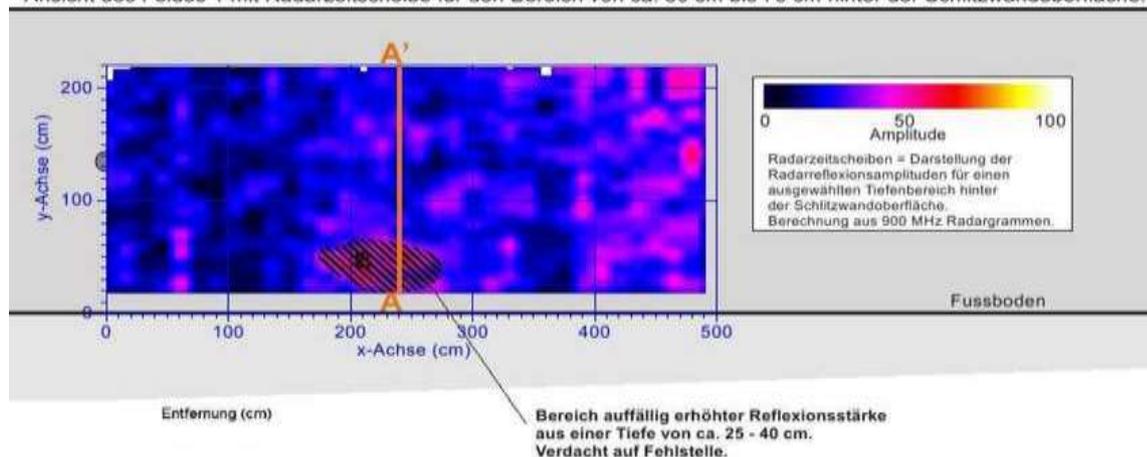


Nicht zuletzt ist es unabdingbar, dass ein systematisches Vorgehen festzulegen ist, um die vielfältigen Fragestellungen, welche sich in der Praxis ergeben, auch objektiv und mit der grösstmöglichen Sicherheit zu gewährleisten. Die Vermessung der Überdeckung des Bewehrungskorbes in einer Schlitzwand horizontaler Richtung zeigt, dass Verschiebungen zwischen den Bewehrungskörben von 15 cm und mehr bestehen. In vertikaler Richtung sind solche Veränderungen eher noch ausgeprägter.



Durch die Kombination verschiedener zerstörungsfreier Messverfahren und durch die Ausschöpfung analytischer Modelle lassen sich zuverlässige Aussagen in Bezug auf die Tiefenlage oder die Ausdehnung einer Veränderung im Bauteil ableiten.

Ansicht des Feldes 1 mit Radarzeitscheibe für den Bereich von ca. 30 cm bis 70 cm hinter der Schlitzwandoberfläche:



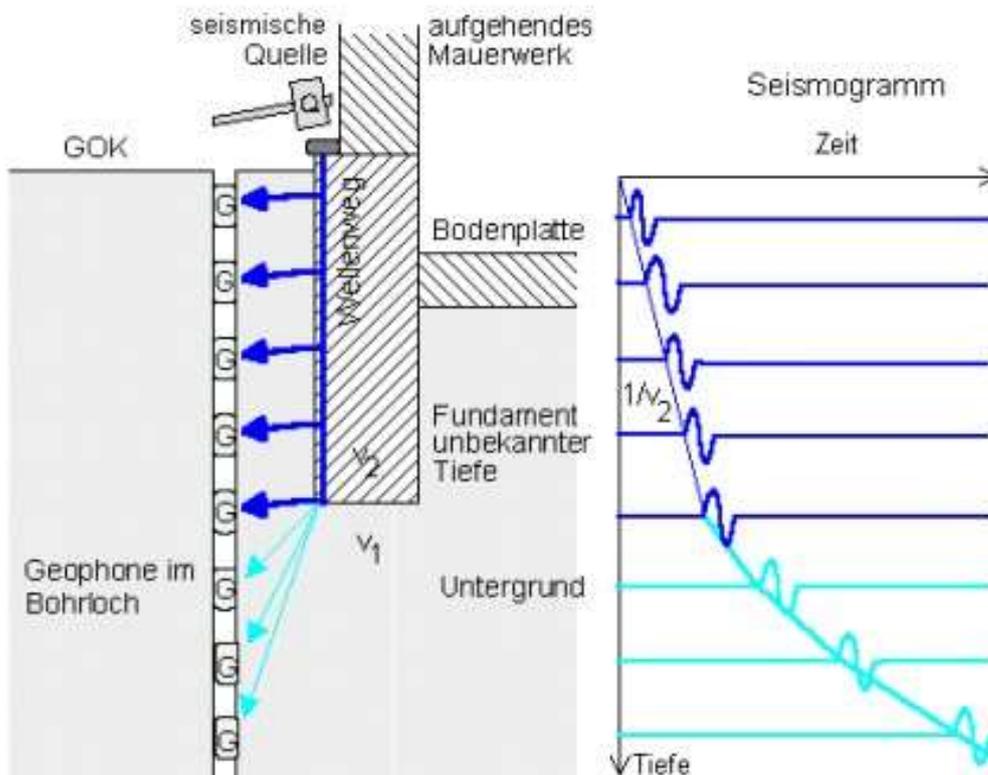
## 9. MIKROSEISMISCHE FUNDAMENTTIEFENBESTIMMUNG

### Aufgabe

Tiefenbestimmung von Fundamenten, Fundament- Dicken oder von Spundwänden.

### Prinzip

Das Verfahren der Refraktionsseismik verwendet mikroseismische Signalquellen. Diese laufen mit einer baustoffabhängigen Geschwindigkeit durch das Fundament.



Da die Wellengeschwindigkeit im Fundament in der Regel um mehrere Faktoren größer als die im umliegenden Boden ( $v_1$ ) ist, wird Energie von der Fundamentwand in den Untergrund abgestrahlt. Diese Energie kann von einer neben dem Fundament verlaufenden Geophonlinie in einem Bohrloch empfangen werden.

In der Prinzipskizze (linker Teil der Abbildung) ist der Wellenweg der schnellsten Welle zum jeweiligen Geophon aufgezeichnet. Diese Welle bildet den zu bestimmenden Ersteinsatz in den Daten (siehe Seismogramm rechts). Die Kurve, welche durch die Ersteinsätze gebildet wird, nennt man entsprechend Ersteinsatzkurve.

Solange das Fundament neben der Geophonlinie vorhanden ist, ermittelt man aus der Kurvensteigung durch die Ersteinsätze ( $1/v_2$ ) die Wellengeschwindigkeit im Fundament ( $v_2$ ). Ab der Fundamentunterkante geht dann die Wellengeschwindigkeit in die langsamere des umgebenden Bodens ( $v_1$ ) über: Die Kurvensteigung wird flacher. Je näher sich das Bohrloch am Fundament befindet, desto präziser kann der gesuchte Punkt des Wellengeschwindigkeitsübergangs bestimmt werden.

## Anwendung

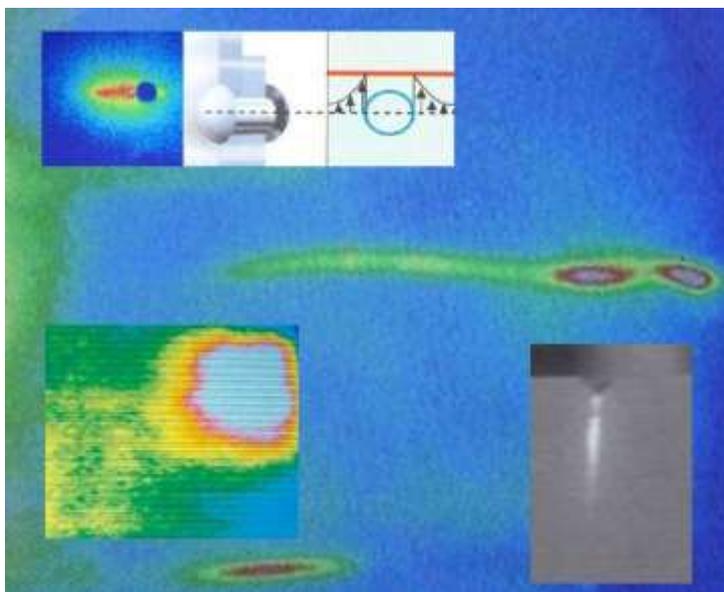
Notwendig ist ein Bohrloch bis deutlich unterhalb der zu erwartenden Fundamenttiefe, damit der Übergang der Wellengeschwindigkeiten gut erkennbar ist. Im Lockergestein ist eine Bohrlochverrohrung mit Kunststoffrohr üblich. (Eine Metallverrohrung wirkt für seismische Signale stark abschirmend.) Der Ringraum muss sorgfältig verfüllt sein, damit die Wellen über die Verrohrung bis zum Geophon gelangen können. (Luftspalten können von seismischen Signalen nicht überbrückt werden.)

Im Vergleich zur lokal präziseren Fundamenttiefenbestimmung durch Schrägbohrung ergibt sich der Nachteil, dass keine Bohrkerns zur Festigkeitsbestimmung gewonnen werden, jedoch können wegen der preisgünstigeren Sedimentbohrung an etwa doppelt so vielen Stellen Tiefenbestimmungen durchgeführt werden.

Das Verfahren ist auch dazu geeignet, Ausbildungen des Fundamentes (z.B. Fundamentverbreiterungen) zu erkennen, falls diese auf der Seite der Geophonlinie liegen.

## 10. ZERSTÖRUNGSFREIE PRÜFUNG RISSERKENNUNG AN BRÜCKEN

Über jede Brücke wird ein Brückenbuch geführt. Dies bedeutet, dass alles, was auf einer Brücke ausgeführt wird, aktenkundig ist. Der Eigentümer muss für jedes Objekt einen Vorgehensplan haben, damit die Ziele klar formuliert sind und die einzelnen Schritte systematisch und rechtzeitig eingeleitet und abgearbeitet werden. Der Grund, dass ein Brückenbauwerk untersucht wird, definiert den Folgeprozess.



Sind **normale Unterhaltsarbeiten** auszuführen, werden die einzelnen Schritte beschrieben, ausgeschrieben und beauftragt.

Dieses Vorgehen ist beim Auftraggeber bekannt. Es sind die üblichen oder vorgeschriebenen Aufgaben abzuarbeiten.

Sind **besondere Massnahmen** in Bezug auf den **Zustand** eines Bauwerks anzuordnen, werden diese umschrieben, ausgeschrieben, beauftragt und wieder nachgeführt.

Das Vorgehen richtet sich nach der Ursache des auslösenden Faktors. Sind z.B. Loslösungen vom Belag festgestellt worden, so richtet sich die Schadensabklärung danach. (Schadensbild klären, Ursache ermitteln, Empfehlung vorschlagen) oder werden vermehrt Risse an Schweissnähten festgestellt, so ist das Vorgehen gleich

(Schadensbild klären, Ursache ermitteln, Empfehlung vorschlagen), jedoch erfordert die Durchführung der Arbeit andere Fachkompetenzen.

Zudem sind die üblichen oder vorgeschriebenen Aufgaben in Zusammenhang mit der Zustandsverbesserung eines Bauwerks abzuarbeiten (Information, eventuelle Ergänzungen der Vorschriften und Empfehlungen oder Anderes).

|                                    |                            |
|------------------------------------|----------------------------|
| Gesetzliche Auflagen               | Grundlagen Gesetzgebung    |
| Besondere Auflagen des Eigentümers | Grundlagen beim Eigentümer |
| Bautechnisch relevante Massnahmen  | Stand der Technik          |

Sind **besondere Massnahmen** in Bezug auf die **Verwendung** eines Bauwerks (Lasten- oder Platzverhältnisse) anzuordnen, werden diese umschrieben, ausgeschrieben, beauftragt und wieder nachgeführt.

Das Vorgehen richtet sich nach der Ursache des auslösenden Faktors.

Muss das Bauwerk verbreitert werden, so richtet sich das Vorgehen nach den neuen (statischen oder dynamischen) Randbedingungen. (Klären, ob das Bauwerk überhaupt so verändert werden kann, Voraussetzungen und Rahmenbedingungen dazu ermitteln, Empfehlungen vorschlagen).

Muss das Bauwerk höhere Belastungen aushalten, ist das Vorgehen gleich (Klären, ob das Bauwerk überhaupt so verändert werden kann, Voraussetzungen und Rahmenbedingungen dazu ermitteln, Empfehlungen vorschlagen), jedoch erfordert die Durchführung der Arbeit u.U. andere Fachkompetenzen.

Zudem sind die üblichen oder vorgeschriebenen Aufgaben in Zusammenhang mit der Verstärkung des Bauwerks abzuarbeiten. (Information, Eventuelle Ergänzungen der Vorschriften und Empfehlungen oder Anderes)

|                                    |                            |
|------------------------------------|----------------------------|
| Gesetzliche Auflagen               | Grundlagen Gesetzgebung    |
| Besondere Auflagen des Eigentümers | Grundlagen beim Eigentümer |
| Bautechnisch relevante Massnahmen  | Stand der Technik          |

Zur Beurteilung des Zustandes von Brücken bestehen Grundlagen und Richtlinien, nach welchen die bestehenden Objekte abgearbeitet und untersucht werden. Neben den geregelten Arbeitsabläufen wie zum Beispiel

- Abschätzung der Tragsicherheit
- Überschlägige Ermittlung der Tragsicherheit
- genauere Ermittlung der Tragsicherheit
- messwertgestützte Ermittlung der Tragsicherheit

werden Massnahmen nach der Bedeutung des Objektes unter aktuellen Rahmenbedingungen vorbereitet und geklärt.

## 11. MESSTECHNIK

Sind messwertgestützte Daten notwendig, stehen verschiedene Grundverfahren zur Verfügung, die einzeln eingesetzt werden oder in Kombination.

### 11.1. Risse in Schweissverbindungen

Ein Grossteil der Stahlbrücken erlebt heute ermüdungsrelevante Belastungen, die bisher noch nicht für die Bemessung von Stahlbrücken beachtet wurden. Mittlerweile sind die Qualitätsanforderungen für die ermüdungsgerechte Ausbildung von Detailpunkten definiert, jedoch bestehen viele Brücken, für die bei der Bemessung noch kein Nachweis der Ermüdungssicherheit verlangt wurde. Dies hat in vielen Fällen zu Konstruktionsdetails mit einem geringen Ermüdungswiderstand

geführt. Folgende Möglichkeiten zur Beurteilung eines Objektes werden heute angewendet:

- |                         |  |
|-------------------------|--|
| → Visuelle Prüfung      | Erkennung äusserer Fehler.   |
| → Magnetpulververfahren | Erkennung äusserer Fehler.   |
| → Farbeindringverfahren | Erkennung äusserer Fehler.   |
| → Ultraschallverfahren  | Erkennung von Fehlern im Innern.   |
| → Resonanzverfahren     | Erkennung innerer Fehler.  |
| → Schallemission        | Feststellung schleichender Veränderungen.  |
| → Schallechoverfahren   | Früherkennung von Veränderungen in Bezug auf die Tragfähigkeit oder die Zeitstandfestigkeit. |
| → Wirbelstromverfahren  | Erkennung von Fehlern im Innern.   |
|                         | Feststellen von Rissen auf der Oberfläche.   |
| → Röntgenverfahren      | Erkennung von Fehlern im Innern.   |

- Kritisch sind
- |                             |                                  |
|-----------------------------|----------------------------------|
| → Anschlüsse am Deckblech   | (Alle Schweissnähte)             |
| → Anschlüsse im Längssystem | Anschlussnaht der Profile        |
| → Anschlüsse im Quersystem  | Anschlussnähte der Profile       |
|                             | Schweissverbindung im Querträger |



## 11.2. Schichtdickenmessung oder Messung der Überdeckung

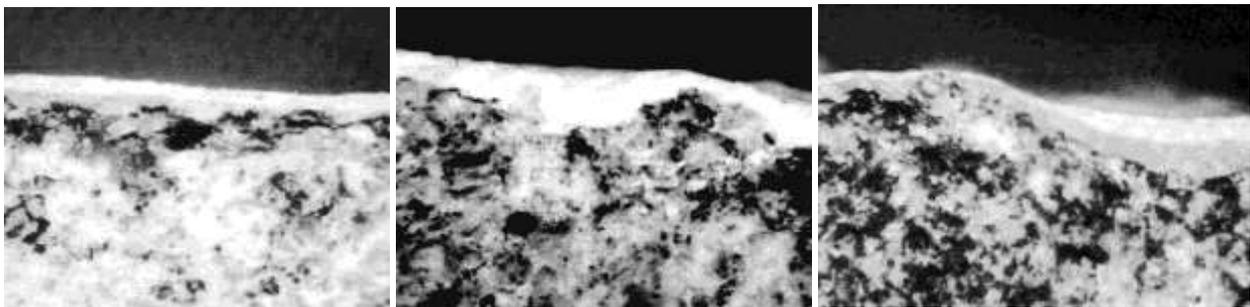
Mit photometrischen Verfahren werden Haftungsfehler und Unterschiede in der Dicke einer Beschichtung zerstörungsfrei, schnell und zuverlässig sichtbar gemacht.

### Die Fragen nach dem Beschichten sind zum Beispiel:

- ⇒ Wie gut haftet die Schicht auf dem Untergrund?
- ⇒ Wie dick ist die Schicht in Mikrometer?
- ⇒ Gibt es Risse oder Korrosion unter der Beschichtung?
- ⇒ Ist die Funktionsschicht vorhanden?

### Vorteile

- ⇒ Sie dokumentieren die gleichbleibend hohe Qualität einer Beschichtung.
- ⇒ Sie steigern die Produktivität durch höhere Maschinenverfügbarkeit.
- ⇒ Sie weisen Ihrem Kunden die qualitätsrelevanten Merkmale nach.
- ⇒ Sie reduzieren Produktionskosten.
- ⇒ Die Zufriedenheit Ihrer Kunden steigt.
- ⇒ Die Wertschöpfung wird gesteigert.

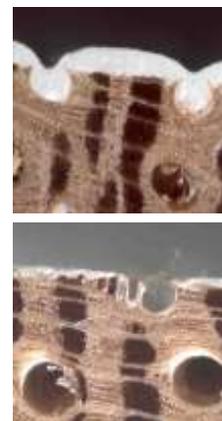
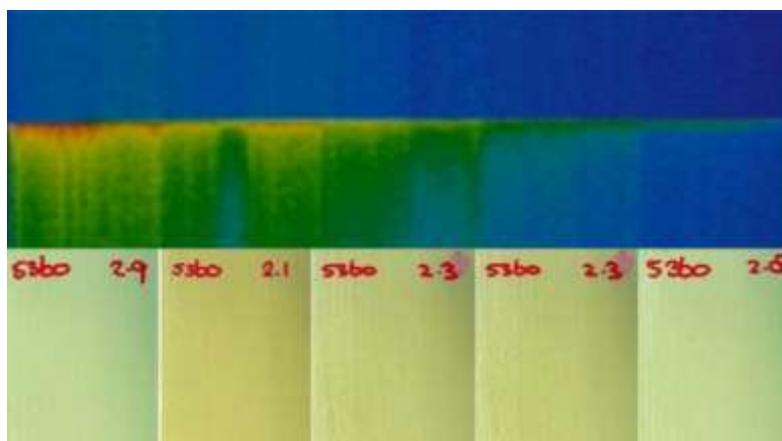


Die Vermessung der Dicke einer Beschichtung auf Beton oder auf Steingut erfolgt zerstörungsfrei und berührungslos.

### 11.3. Schichtdickenmessung auf Holz oder Kunststoff

Die in der Metallbeschichtung verfügbaren zerstörungsfreien Verfahren zur Messung der Dicke einer Schicht oder zur Prüfung der Haftung einer Schicht sind auf Holz- und Kunststoff- Substraten nicht einsetzbar.

Holzwerkstoffe zu beschichten ist heikel, weil grosse Poren für einen wirksamen Schutz des Holzes eine dickere Beschichtung erfordern, als wenn das Holz kleine Poren aufweist. In den oben dargestellten Bildern werden Dickenunterschiede in Form von Farbunterschieden sichtbar.



## Wir messen zerstörungsfrei:

PVC – Copolymerschichten  
OS DI Polymer Zement Dispersion  
Dicke von Haftvermittlern

OS C Acryldispersion  
OS B Epoxid Dispersion

### 11.4. Zerstörungsfreie Messung der Dicke eines Bauteils

Das folgende Bild zeigt Hohllagen in einem Wasserkanal (Durchmesser 2 m, Länge 8 km) hinter der 30 cm dicken Betonschicht in den aufgenommenen Längsprofilen.

Charakterisiert werden

die Betonschicht

die Betonstärke

Hohllagen

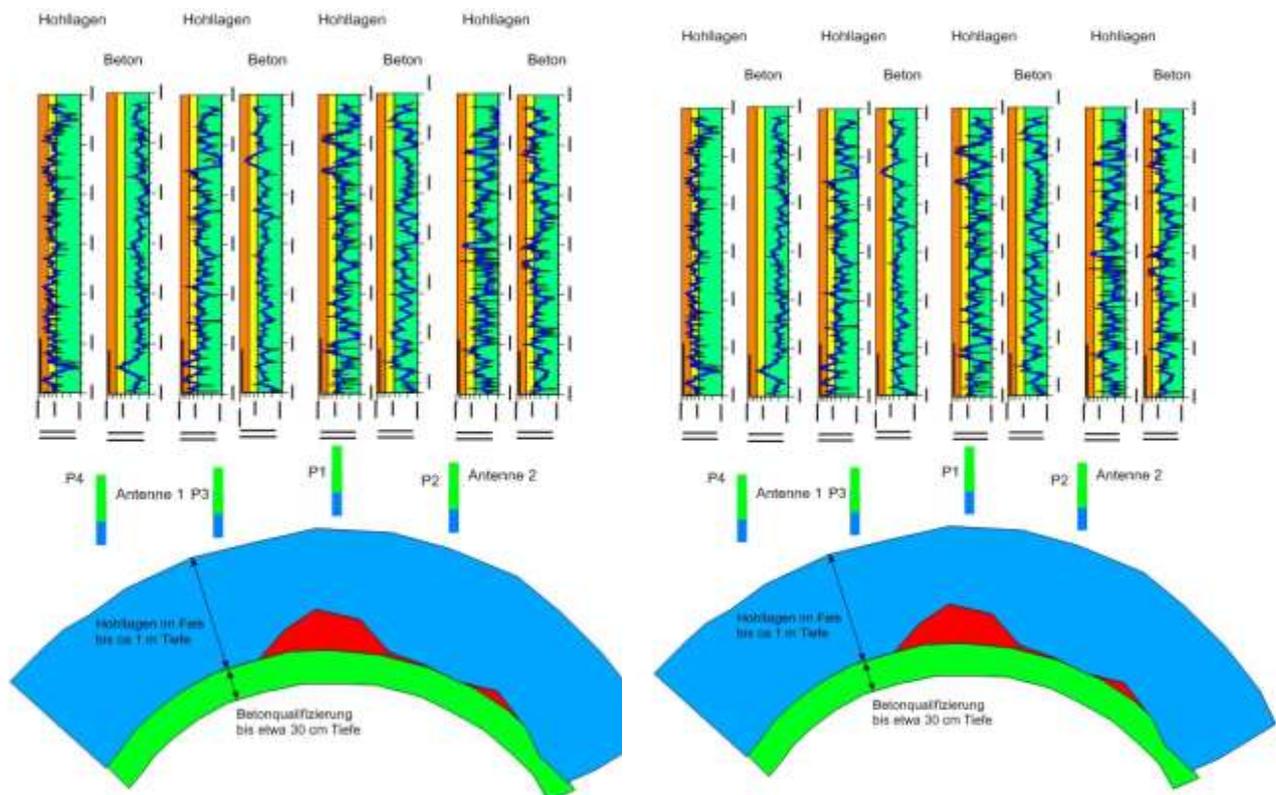
Inhomogene Verfüllung

Dicke der Betonschicht

Bestehen Hohllagen hinter der Betonschicht?

Die Datenerfassung läuft im Schritt-Tempo ab. Die Interpretation und die Auswertung der Resultate erfolgt über einen Rechner. Durch die Wahl der Optik lässt sich die geometrische Auflösung des Systems festlegen, wodurch die Präzision definiert ist.

Zur Aufnahme der Messdaten auf der Länge von 8 km wurden 5 Arbeitstage angewendet. Die Auswertung erfolgte direkt während der Messdatenerfassung.



## 11.5. Überprüfung und Charakterisierung von Beschichtungen im Tunnelbau oder auf Kühlturm- Innenschalen

Wir setzen verschiedene Verfahren zur zerstörungsfreien und berührungslosen Messung der Schichtdicke oder der Haftung ein.



Die verschiedenen Messköpfe zur berührungslosen Messung der Dicke einer Beschichtung.

PTTRT-Messkopf (links) Radarmesskopf (rechts), Interferometer (mitte).

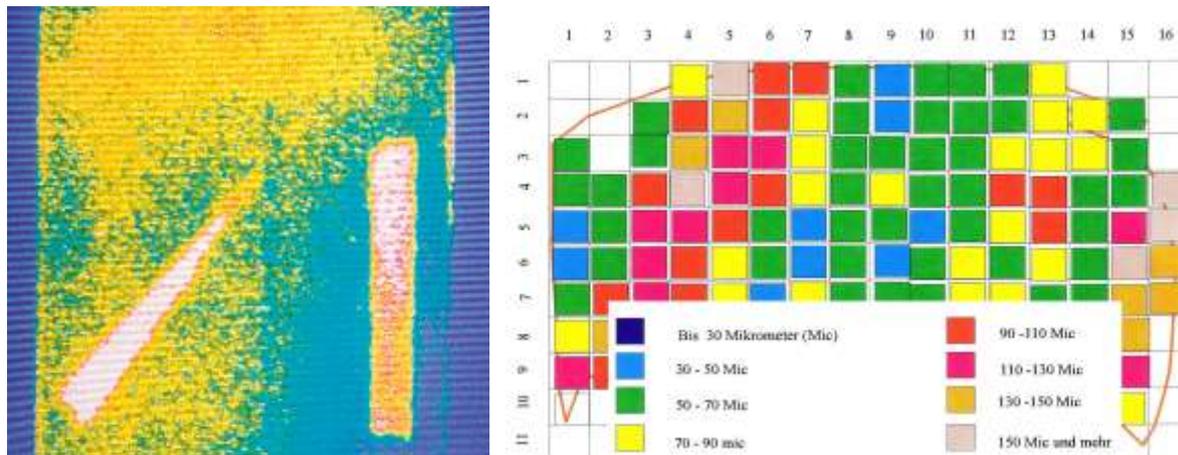
In den folgenden Bildern sind Unterschiede in der Haftung und in der Dicke der aufgetragenen Beschichtung dargestellt. Der bedeutende Vorteil bei der photometrischen Beurteilung einer Beschichtung ist, dass die Vermessung aus Distanz ausgeführt werden kann und keine umfangreiche Infrastruktur am Einsatzort notwendig ist.

Sei es in einem Kühlturm, in einem Leitungsrohr oder in einem Tunnel, mit unseren Verfahren werden die Dicke einer Beschichtung und eventuelle Loslösungen schnell, berührungslos, zerstörungsfrei und sicher lokalisiert.



Die Haltbarkeit eines Anstriches oder einer Beschichtung hängt entscheidend vom Zustand des Untergrundes ab. Dabei sind alle Beschichtungs-Systeme, welche übereinander liegen, gemeint. Beim PTTRT-Verfahren spielt es keine Rolle, ob die Beschichtung organischer Art oder metallisch ist. (Imprägnierung oder Primer-schicht, Hydrophobierung, Funktionsschicht, Korrosionsschutzschicht, Harze oder Lacke). Dickenunterschiede oder die Loslösung einer Schicht (links) werden ebenso

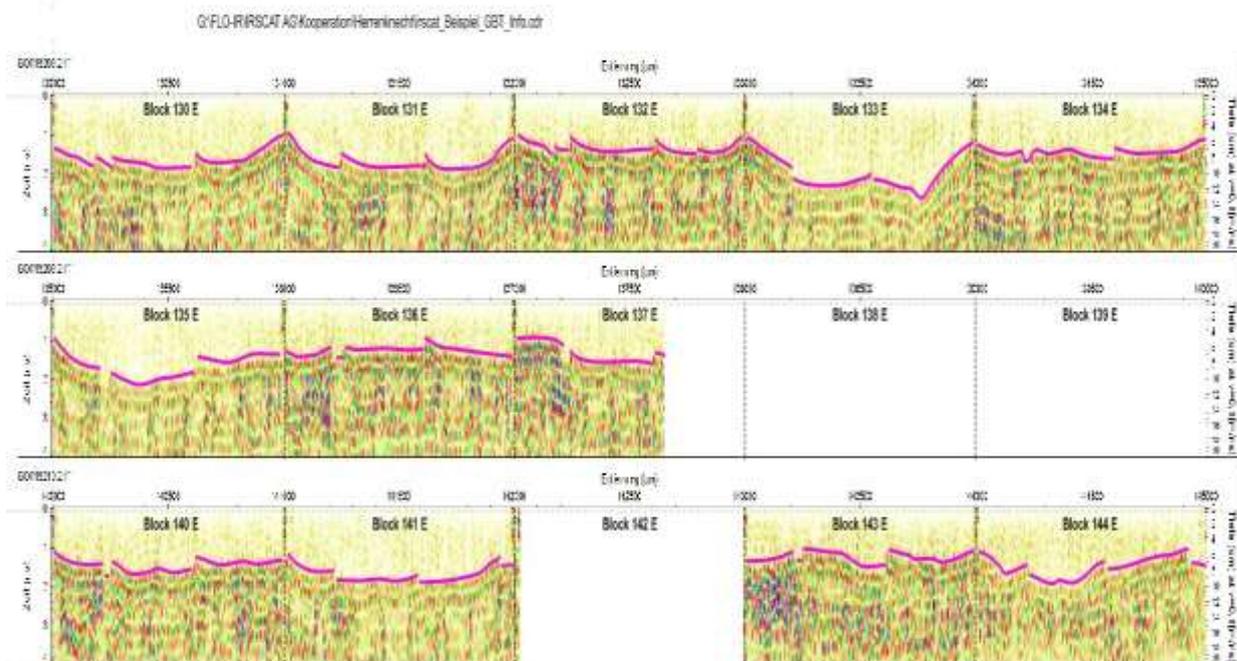
festgestellt wie Dickenunterschiede auf Bauteilen. (Das Bild rechts zeigt eine Turbinen-Leitschaufel).



### 11.6. Resultate einer Überdeckungsprüfung

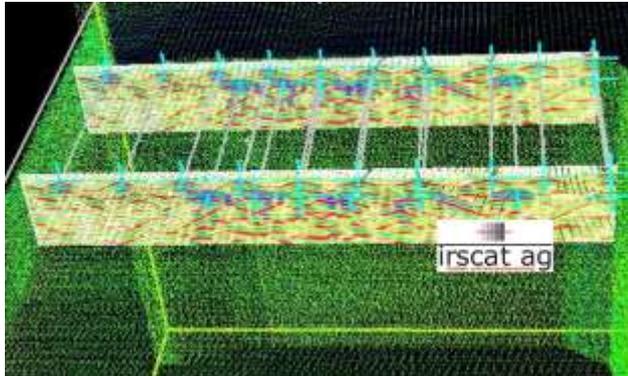
Wachsende Anforderungen an die Zuverlässigkeit und die Genauigkeit sowie gestiegene Qualitätsansprüche erfordern neue Innovationen zu deren Überprüfung.

Im folgenden Bild ist die Betonüberdeckung von zwei Bewehrungslagen sichtbar. Die erste Ebene gehört zur Schwindrissbewehrung, die zweite Ebene zur statischen Bewehrung. Im Bild sind 4 Eisenlagen bis zu einer Tiefe von 20 cm dargestellt. Der dargestellte Prüfbereich ist 150 m lang.



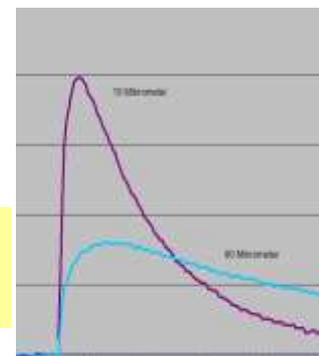
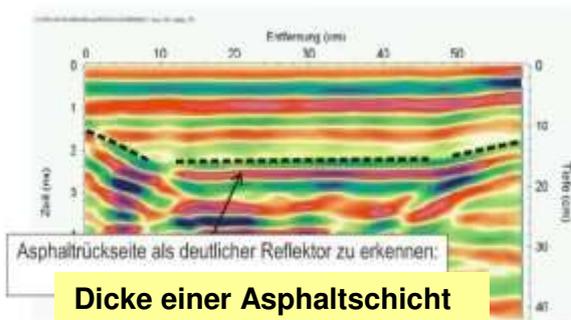
## 12. MESSEN DER DICKE EINER BETON- ODER ASPHALTSCHICHT

Die Dicke einer Betonschicht, die Tiefenlage von Spannkabeln, die Dicke einer Asphaltenschicht oder auch einer Kunstharz-Schicht messen wir zerstörungsfrei. Die von uns eingesetzten Verfahren sind mobil einsetzbar und ermöglichen den Nachweis gestellter Anforderungen. Wir messen die Dicke ab wenigen Mikrometern (Kurzwellige Energiepulse) bis weit über 50 cm.



Lage der Querspannglieder in einer Brückenplatte im Tomogramm.

15 cm dick, an den Enden verjüngend

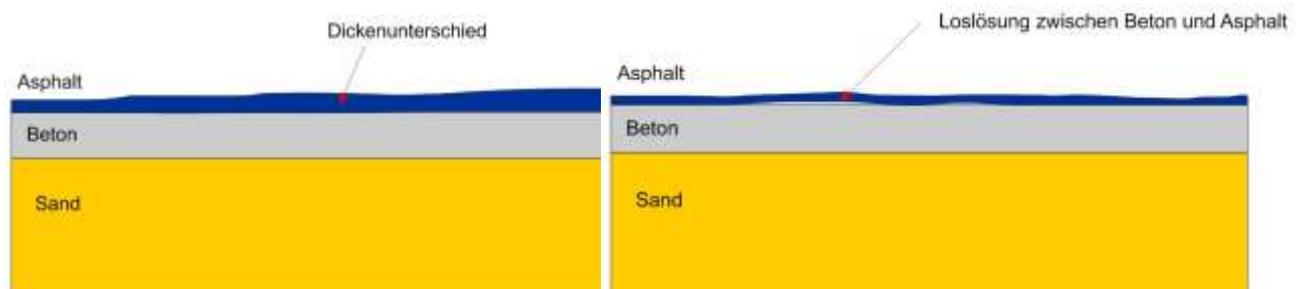


Zerstörungsfrei gemessene Dickenunterschiede einer Schutzschicht auf Beton

Vor der Beauftragung zur Instandsetzung eines Asphaltbelags stellt sich immer wieder die Frage wie dick die Asphaltenschicht eigentlich ist, weil Dickenunterschiede zu nicht kalkulierten Mehraufwänden führen. Mit dem von uns angewendeten Verfahren kann die Dicke von Asphaltenschichten mit Schrittgeschwindigkeit völlig zerstörungsfrei erfasst werden. Aus den Messdaten wird auch die Dicke der Einzelschichten extrahiert, was dem Unternehmer sogar erlaubt, die Schichten nach Qualitätskriterien abzutragen.

### Zerstörungsfrei werden erkannt:

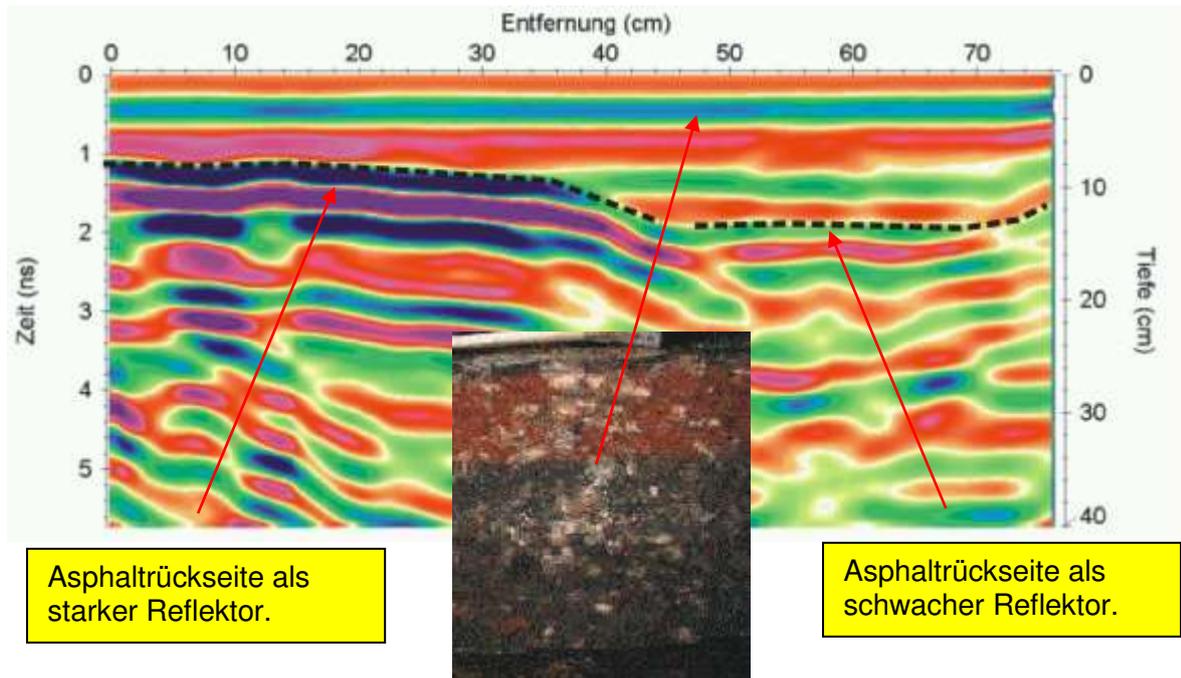
- Loslösungen zwischen dem Asphaltbelag und einer Tragschicht.
- Dicke einzelner Schichten auch bei mehrschichtigem Aufbau.
- Erkennen von Dickenunterschieden in Asphaltenschichten



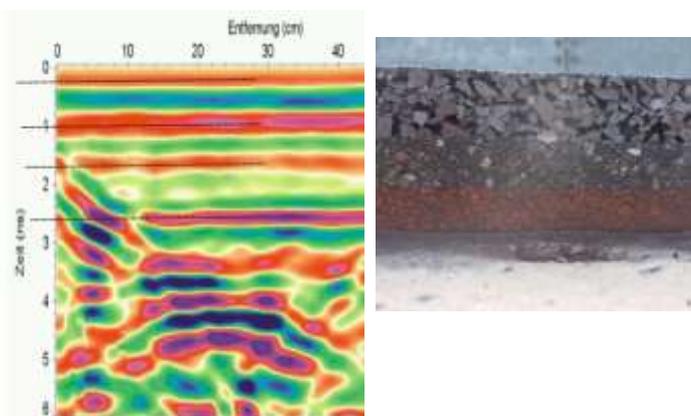
Die Verfahren arbeiten berührungslos und nutzen Unterschiede in den thermischen- elektrischen- oder mechanischen Eigenschaften des zu untersuchenden Materials aus.

### Georadar, Mikrowellen und Geoelektrik

Asphalt, 15 cm dick, zweischichtiger Aufbau. Die oberste Schicht (rötlich), sowie Loslösungen zwischen den Schichten (links) respektive die auf der Betonoberfläche aufliegende Schicht des Asphaltbelags lässt aus den Radardaten herauslesen. Die Dicke des Asphaltbelags variiert im vorliegenden Fall zwischen etwa 11 cm bis 15 cm.



Asphalt, 27 cm dick. Dieser Asphalt ist dreischichtig aufgebaut. Durch die Messung der Dicke der einzelnen Beläge können diese selektiv ausgebaut und der Aufbereitung zugeführt werden. Die werthaltige Trennung der Schichten bereits auf dem Bauplatz bedeutet eine hohe Effizienzsteigerung.



Die Dicken der Asphalteinzelnen lassen sich zerstörungsfrei und ganz grossflächig in relativ kurzen Zeiten messen. Die Vorteile für alle am Bau beteiligten liegen auf der Hand, er kann damit seine Arbeiten besser kalkulieren.

## 13. ERDBEBENSICHERHEIT

Seit 1989 bestehen SIA Normen über erdbebensicheres Bauen. Damit will man bewirken, dass ein Gebäude auch bei einem sehr starken Erdbeben nicht einstürzt oder dass sich nur minimale Schäden ergeben können.

Im Neubau liegen die Mehrkosten zur Erfüllung der Norm für erdbebensicheres Bauen unter 1% der Neubaukosten. Dass es nur im Kanton Wallis und in Basel Kontrollen durch die Behörden gibt, zeigt, dass die Bedeutung der geltenden Normen für erdbebensicheres Bauen unterschätzt oder gar ignoriert wird.

Über 90% des Baubestandes entstanden vor der Einführung der Erdbebennormen. Sie weisen eine unbekannte Erdbebensicherheit auf.

Die «Stiftung für Baudynamik und Erdbebeningenieurwesen» sowie das «Bundesamt für Umwelt BAFU» empfehlen deshalb, vor allem Einrichtungen und Gebäude so schnell wie möglich zu überprüfen, die bei einer Beschädigung grosse Folgeschäden nach sich ziehen würden und eine Überprüfung der Erdbebensicherheit vorzunehmen, wenn ein Umbau oder eine Erneuerung des Gebäudes ansteht.

Grundlage zur Verbesserung der Erdbebensicherheit von Bauwerken ist ein Konzept, das auf die betrieblichen Bedingungen des Objektes und auf die Zielsetzung des Eigentümers abgestimmt ist.

### 13.1. Überprüfung der Erdbebensicherheit

Die Überprüfung der Erdbebensicherheit eines bestehenden Gebäudes ist eine anspruchsvolle Aufgabe. Sie wird durch einen spezialisierten Erdbebeningenieur ausgeführt. Die Kosten für die Überprüfung der Erdbebensicherheit betragen zwischen 500 und mehreren tausend Franken.

Gestützt auf das SIA Merkblatt 2018 bilden die Kriterien der Verhältnismässigkeit und der Zumutbarkeit eine klare, kostenorientierte Entscheidungsgrundlage, um allfällige Massnahmen einzustufen. In der Entscheidungsgrundlage sind der Baugrund, die Erdbebengefährdungszone, die Gebäudenutzung und die Konstruktionsart des Bauwerks berücksichtigt. Aus den Gewichtungskriterien wird der Erfüllungsfaktor abgeleitet, der angibt, wie die Erdbebensicherheit in % erfüllt wird.

Der minimal erforderliche Erfüllungsfaktor für Wohnbauten beträgt 25%. Damit ist das Risiko mit Todesfallwahrscheinlichkeit unter 1:100 000.

Seit dem ersten Bundesratsbeschluss zur „Erdbebenvorsorge“ haben die Bau- und Liegenschaftsorgane des Bundes BLO ein Erdbebenrisikomanagement aufgebaut. Bis heute wurde das Inventar der Erdbebensicherheit der wichtigen Bauten und Anlagen des Bundes und die Kontrolle der Einhaltung der Erdbebenvorschriften der SIA Tragwerksnormen bei den Bauprojekten des Bundes eingeführt, standardisiert und systematisiert.

Für den **Zeitraum 2013 bis 2016** sind verschiedene Aktivitäten geplant. Details können beim BAFU bezogen oder nachgelesen werden.

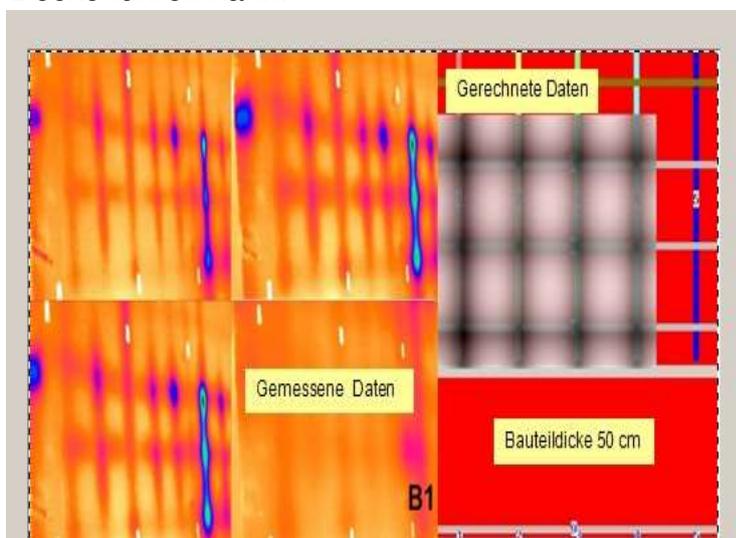
### 13.2. Beschaffung von Informationen

Damit der Ingenieur den Erfüllungsfaktor objektiv bestimmen kann, sind zuverlässige Angaben zur Bewehrung (Anzahl Bewehrungsstäbe, Lage der Bewehrung und Durchmesser) notwendig. Die Informationen werden heute bei fehlenden oder bei unzuverlässigen Planunterlagen zerstörungsfrei beschafft.

Weil z.B. bei Garagen, Einstellhallen oder Industriegebäuden oft durch die Optimierung der Raumnutzung die kleinste Bauhöhe mit freiem Durchgang angestrebt wird, empfiehlt es sich, die Stützenkopfverankerung und die Kräfteinleitung von einer Decke in die Stütze objektiv zu überprüfen.

Decken von Einstellhallen nehmen in Bezug auf die Sicherheit eine Sonderstellung ein, weil Einstellhallen oft neben dem eigentlichen Gebäude liegen, mit Erde bedeckt sind, Wege oder Strassen darüber hinweg führen oder sie als Kinderspielplatz genutzt werden. Während eine zu grosse Belastung alleine in aller Regel nicht zum Versagen eines Bauteils führt, erhöht das gleichzeitige Auftreten verschiedener Faktoren (Korrosion, Nutzungsänderung, Brand) die Gefahr des Bauteilversagens.

In der Nutzung einer Einstellhallendecke liegt ein erhebliches Gefahrenpotenzial, weil sich ein Versagen der tragenden Konstruktion beim gleichzeitigen Einwirken mehrerer Minderungsfaktoren nicht ankündigt, aber zum plötzlichen Einsturz der Decke führen kann.



Auf der rechten Seite im Bild ist das Raster der schlaffen Bewehrung dargestellt.

Das effektive Messresultat ist auf der linken Seite. Die hellen Markierungen stellen das Messraster dar und die dunklen Streifen zeigen die effektive Lage der Bewehrung oder der Spannstähle.

Der geplante und der ausgeführte Zustand lassen sich vergleichen.

Auch wenn jede Art der Nutzung einer Einstellhallendecke vertraglich klar geregelt ist, um Fehlverhalten der Benutzer zu vermeiden, ist der Ingenieur verpflichtet, bei der Bemessung des Tragwiderstandes in Flachdecken besondere Sorgfalt anzuwenden und der Kräfteinleitung von der Decke in die Stützen höchste Bedeutung beizumessen. Eine zu optimistische oder falsche Bemessung dieser Zone kann zu einem Durchstanzversagen führen.

### 13.3. Handeln vor einem Schaden

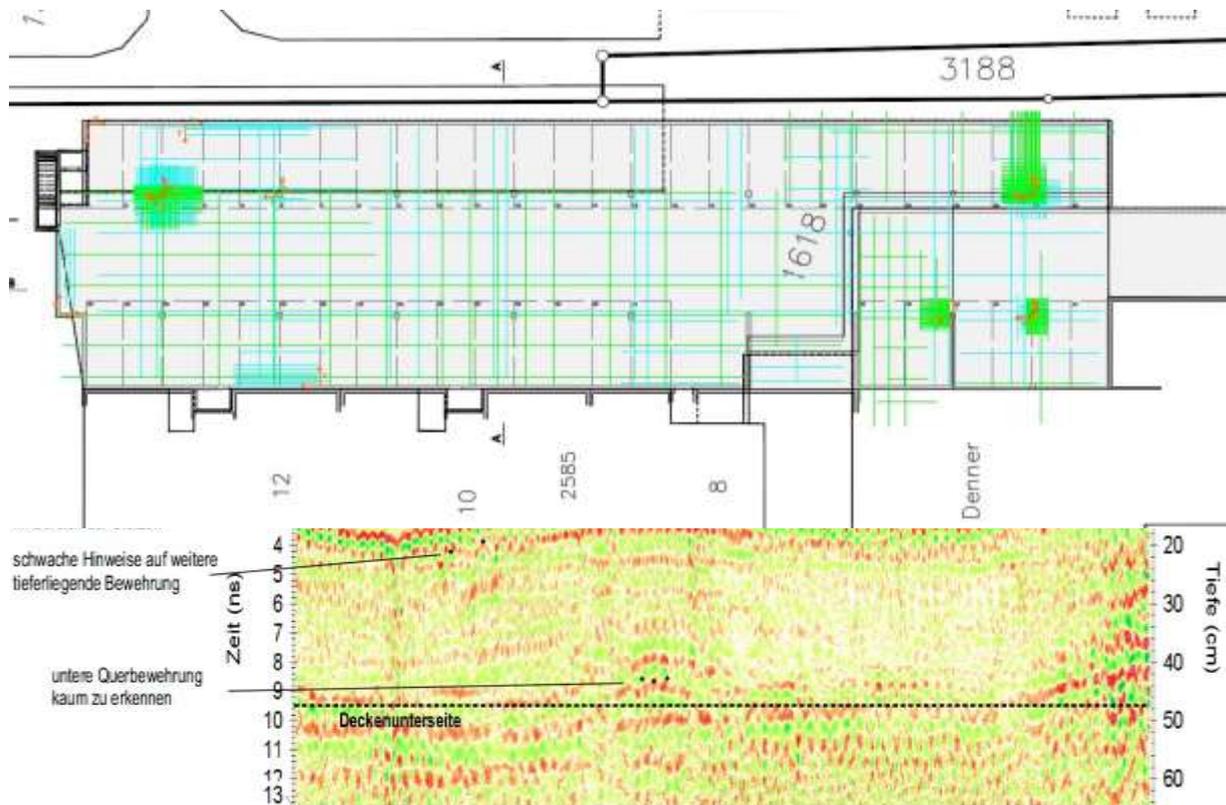
Die vom SIA erstellten Dokumentationen zum „Durchstanzversagen“ zeigen, wie bei einer Überprüfung von Einstellhallen vorzugehen ist oder was bei einer Neuprojektierung speziell zu beachten ist.

Die Dokumentationen sind an das SIA-Normenprojekt 269 "Erhaltung von Tragwerken" angelehnt und dienen dem Architekten, Ersteller, Werkeigentümer oder Versicherer, um sich den Gefahren bewusst zu werden. Zudem werden Werkeigentümer auf ihre Pflicht, das Bauwerk periodisch zu überprüfen, aufmerksam gemacht.

### 13.4. Zerstörungsfrei messen

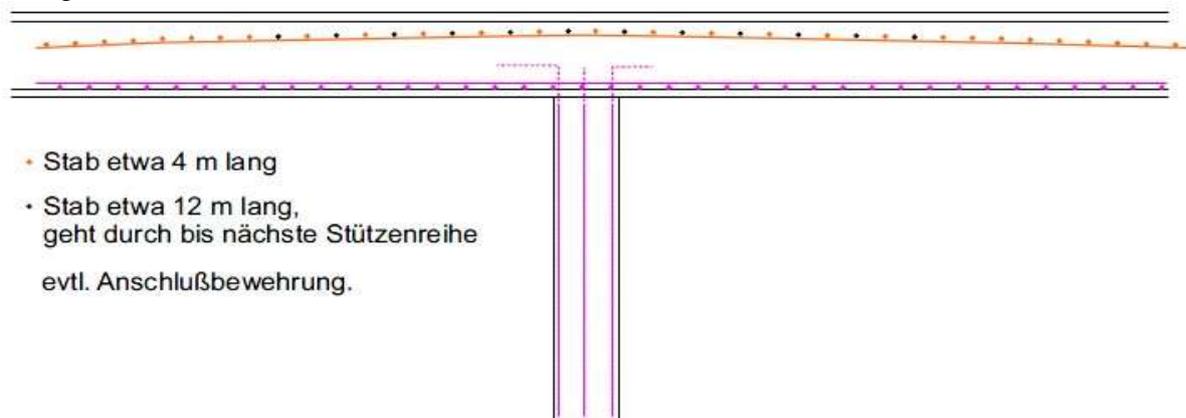
In Stahlbetonkonstruktionen genügen visuelle Besichtigungen nicht, weil Decken oder auch Bauteilverbindungen, auch wenn sie gut aussehen, wegen sprödem Versagen ein hohes Gefahrenpotenzial darstellen.

Zur Überprüfung einer bestehenden Konstruktion benötigt der qualifizierte Bauingenieur zerstörungsfreie Messverfahren, welche den effektiven Zustand im Objekt objektiv sichtbar machen.



Damit der Ingenieur eine objektive Beurteilung einer Konstruktion durchführen kann, dienen ihm im Falle von bestehenden Bauwerken neben den Planunterlagen auch am Objekt aufgenommene Messresultate.

Im Stützenbereich werden überlappende Eisen oder der Verlauf der Anschlusseisen detailliert sichtbar, sodass die Erdbebensicherheit auf effektiven Grundlagen nachgewiesen werden kann.



Alle für den Ingenieur wichtigen Informationen wie die Bauteildicke, die Anzahl, die Lage oder der Durchmesser der Bewehrung, sowie Aussagen zu Anschlusseisen

oder zur Stützenkopfverankerung werden weitestgehend zerstörungsfrei am Objekt in kurzer Zeit ermittelt.

### 13.5. Bauliche Massnahmen

Bei „weichen Erdgeschoss“, also bei Bauwerken, die mehrheitlich auf Stützen stehen, wird die Aussteifung mit Betonscheiben erreicht, die das Einknicken von Stützen verhindern.

Bei mehrgeschossigen Skelettbauten werden Aussteifungswände über alle Geschosse eingebaut und mit den Geschossdecken verbunden. In der Regel genügen zwei Wandscheiben pro Haupttragrichtung.

Verstärkende Wandscheiben können auch ausserhalb des Gebäudes erstellt werden, was am einfachsten in Kombination mit der Erneuerung der Gebäudehülle umgesetzt wird. So werden die Erdbebensicherheit und die erhöhten Anforderungen an die Wärmedämmung im Rahmen der Energiewende in einem Arbeitsschritt geplant und umgesetzt, was sich kostenschonend auswirkt.

Gebäude, die mit gemauerten Wänden erstellt sind, können zwar hohe Drucklasten aufnehmen, aber keine seitliche oder diagonal angreifende Kräfte. Sie werden durch ein Stahlfachwerk, durch Lamellen aus Kohlefasern oder durch Stahllamellen verstärkt. Selbstverständlich ist es unabdingbar, dass die Lamellen sorgfältig montiert und mit den Geschossdecken verankert werden, sonst ist die Versteifung wirkungslos.

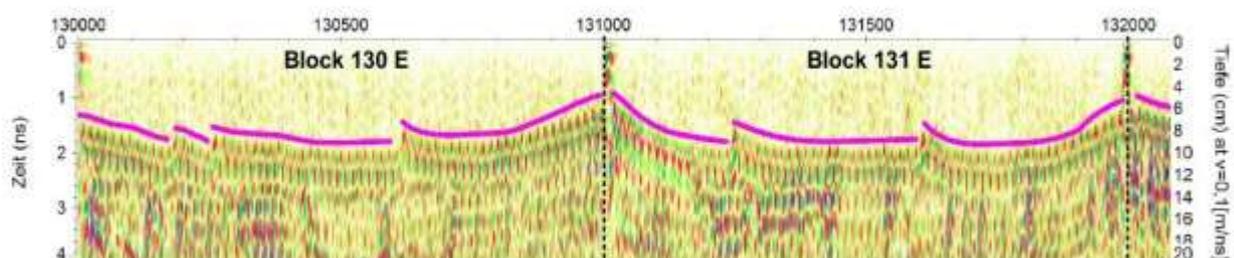
Aufwändig werden Massnahmen, wenn das Fundament oder ganze Geschossdecken verstärkt werden müssen. Die Kosten für die Verbesserung der Erdbebensicherheit bei bestehenden Gebäuden liegen zwischen 1 und 20% des Gebäudewertes.

Die «Stiftung für Baudynamik und Erdbebeningenieurwesen» und das «Bundesamt für Umwelt BAFU» haben zwei Faltblätter zu diesem Thema herausgegeben.

**Planen Sie sichere Bauten unter Beachtung der angepassten Nutzung und der wärmetechnischen Anforderungen, die heute erfüllt sein sollten.**

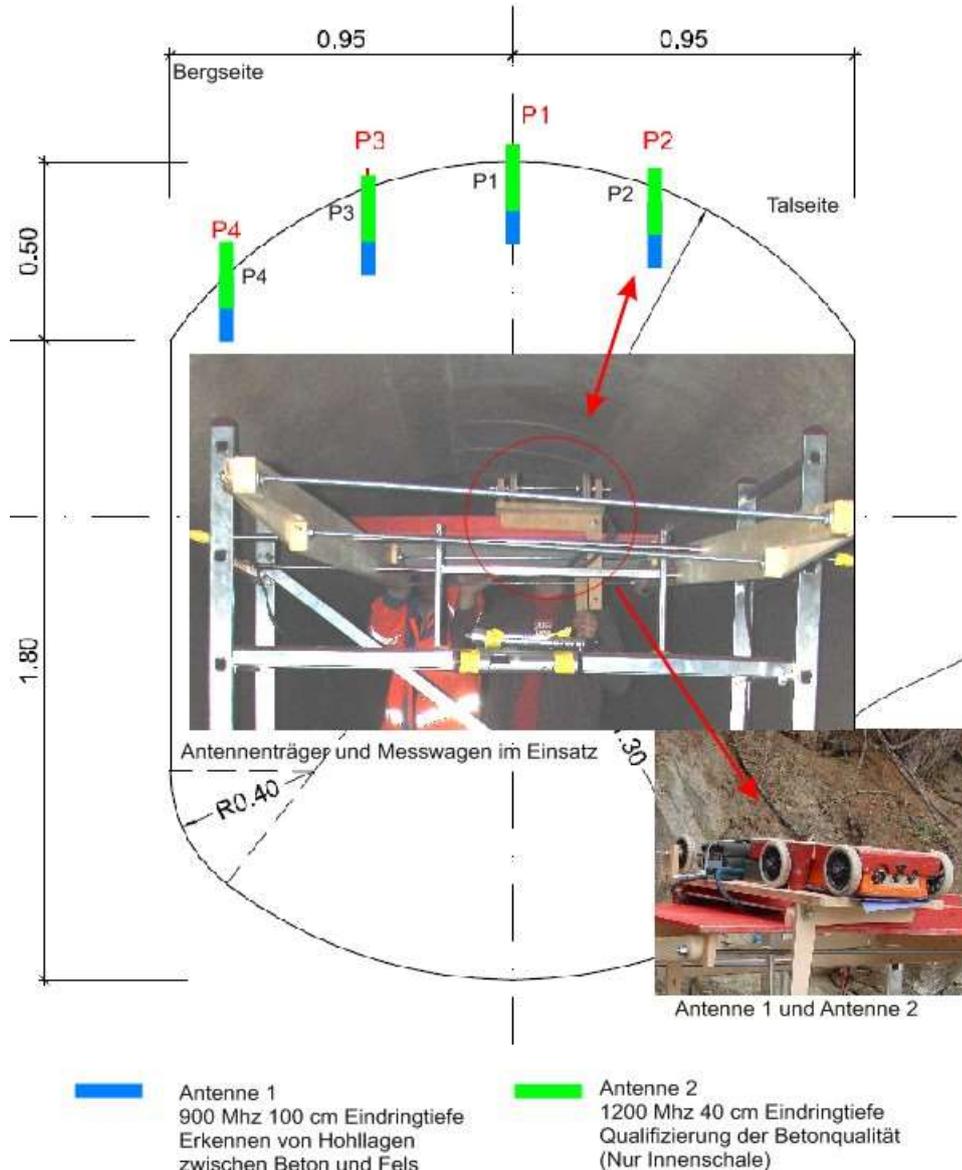
### 13.6. Haftungsfragen

Es wird allen Eigentümern und Besitzern von Tiefgaragen und Einstellhallen empfohlen, ihre Bauten und Anlagen zu überprüfen. Zu diesem Zweck hat der SIA ein Faltblatt mit dem Titel «Erhaltung von Tragwerken» herausgegeben. Schliesslich liegt die Haftung bei einem Unfall beim Eigentümer, was sowohl zivil- als auch strafrechtliche Konsequenzen haben kann.



### 13.7. Radarmessungen im Wasserstollen

Die Messlinien (P1 bis P4, mit der Antenne 900 Mhz (Tief wirkend) und 1200 Mhz (Zur Betonqualifizierung)) wurde durch den Kunden vorgegeben. Wir haben den Antennenträger gebaut und die Trägerplattform für das Messmaterial, die Stromversorgung und die Sender und Empfänger.

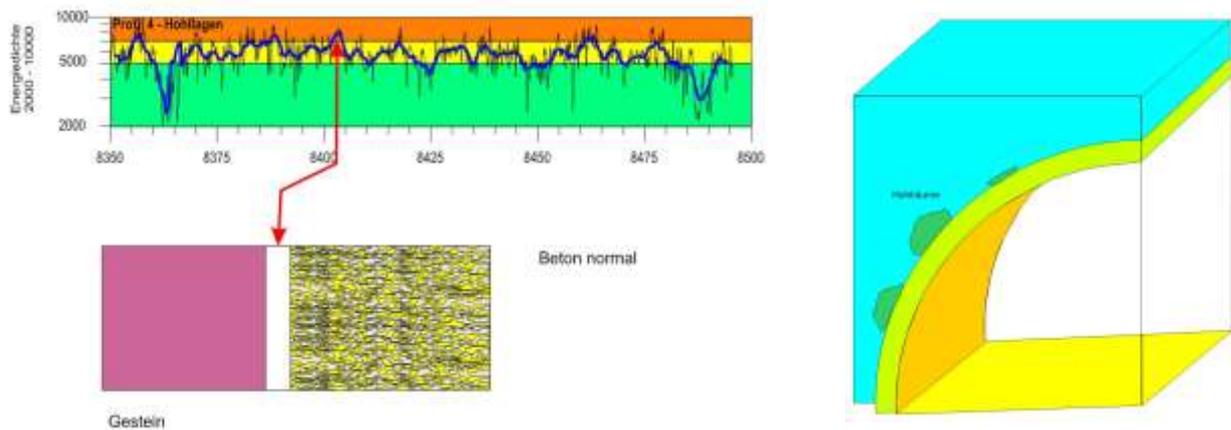


Die Antennen erfassen die Profile P1 bis P4 mit zwei Antennen gleichzeitig.

## Bestimmen der Hohllagen

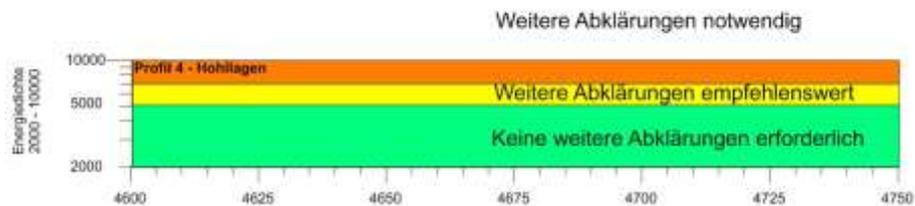
Die Antenne mit einer Senderfrequenz von 900 Mhz wirkt bis etwa 1 m in den Fels. Diese Antenne wurde eingesetzt um Hohllagen zu lokalisieren. An der Luftschicht zu einer Hohllage wird die Radarwelle stark reflektiert. Eine hohe Reflektion bedeutet demzufolge, dass ein Hohlraum in der Tiefe der Konstruktion ist, weil die ausgesendete Radarwelle energiereich zum Empfänger zurückkommt.

Die Qualifizierung der Fels- Schicht (900 Mhz Antenne) erfolgt nach dem Prinzip, dass der Hohlraumanteil gross ist wenn eine hohe Energiedichte zum Empfänger zurückkommt.

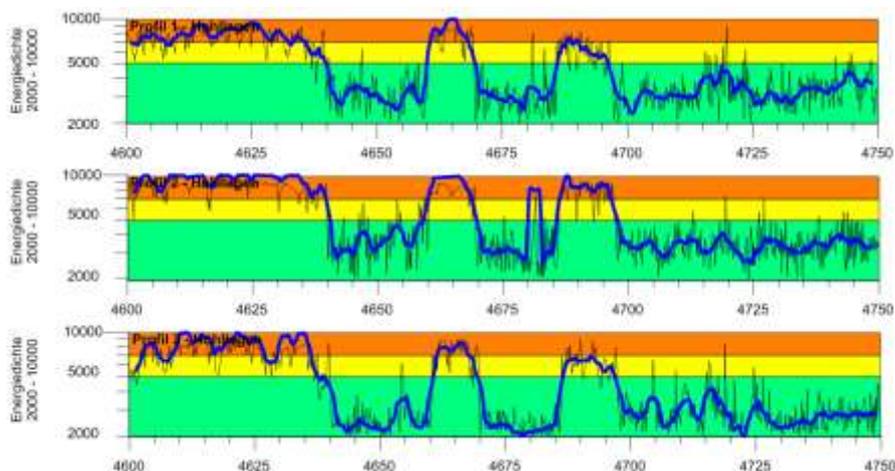


Es wurde folgende Klassierung vorgenommen:

- Rot: Weitere Abklärungen notwendig,
- Gelb: Weitere Abklärungen empfehlenswert,
- Grün: Keine weitere Abklärungen notwendig.



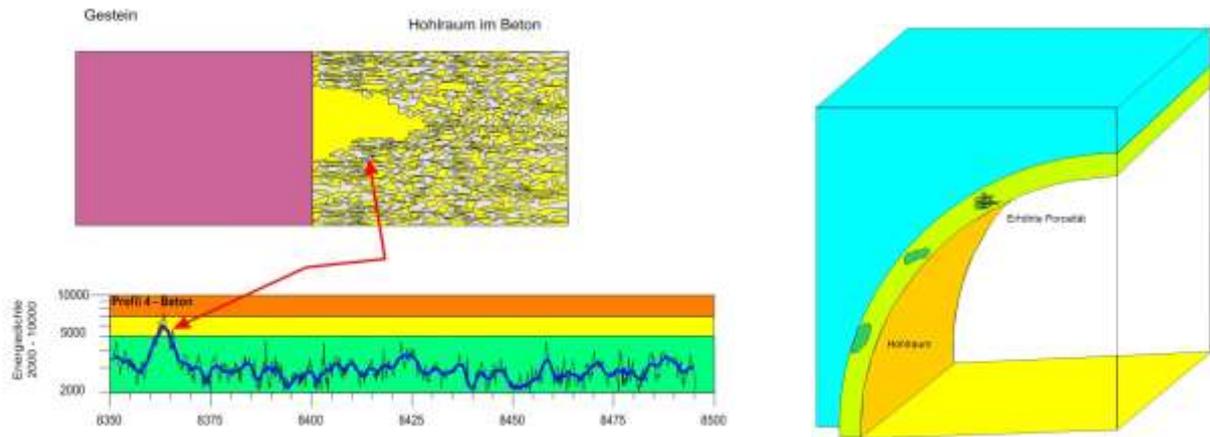
Beispiel aus den Daten:



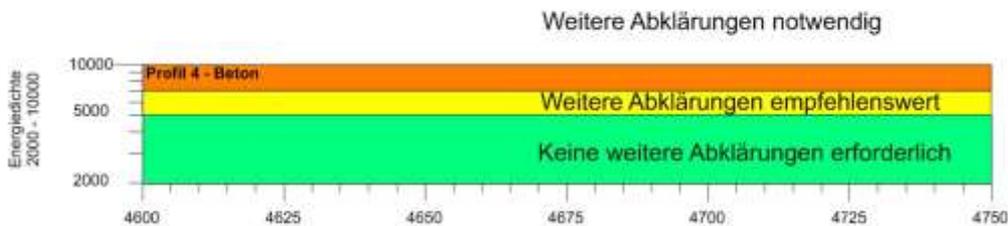
Bei 4600 m bis 4630 m besteht eine kritische Zone im Profil 1,2 und 3. Eine ähnliche Zone besteht im Bereich 4660 m bis 4670 m und 4686 m bis 4695 m.

## Bewerten der Betonqualität

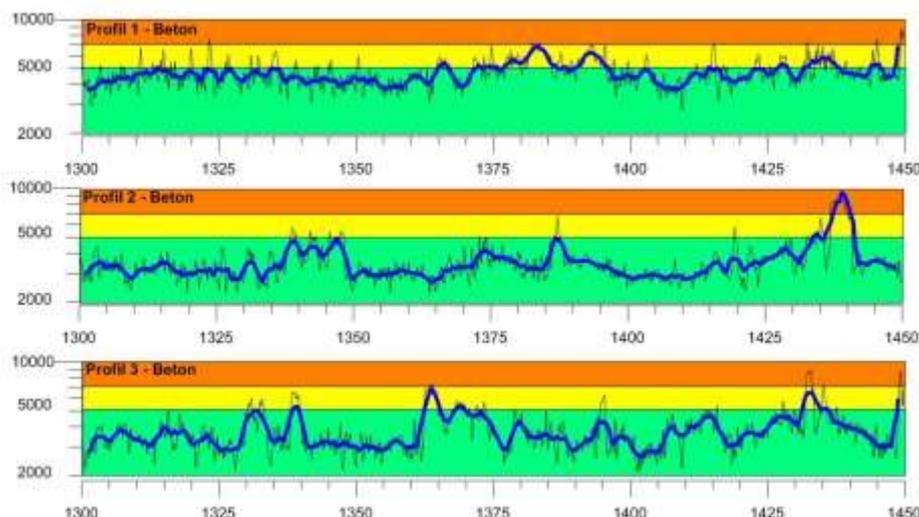
Die Antenne mit einer Senderfrequenz von 1200 Mhz wirkt bis etwa 40 cm in den Beton hinein. Diese Antenne wurde eingesetzt um die Betonqualität zu charakterisieren. Die Qualifizierung der Betonschicht (1200 Mhz Antenne) erfolgt nach dem Prinzip, dass ein höherer Porenanteil besteht wenn eine hohe Energiedichte zum Empfänger zurückkommt.



Es wurde folgende Klassierung vorgenommen:  
 Rot: Weitere Abklärungen notwendig,  
 Gelb: Weitere Abklärungen empfehlenswert,  
 Grün: Keine weitere Abklärungen notwendig.



Beispiel aus den Daten:



Im Beispiel aus den erfassten Daten ist im Profil 2 (Talseite neben First) eine kritische Zone bei 1435 m bis 1440 m.

## Bilder der Messungen im Stollen

Die Lage der Antennen wurde für jedes Profil fest eingestellt. Beide Antennen (900 Mhz und 1200 Mhz) wurden hintereinander so montiert, dass beide Datensätze gleichzeitig aufgenommen und abgespeichert werden konnten.



Im Abschnitt vor dem Wasserschloss konnte Profil 1 nicht gemessen werden weil da eine Installationsleitung montiert war.



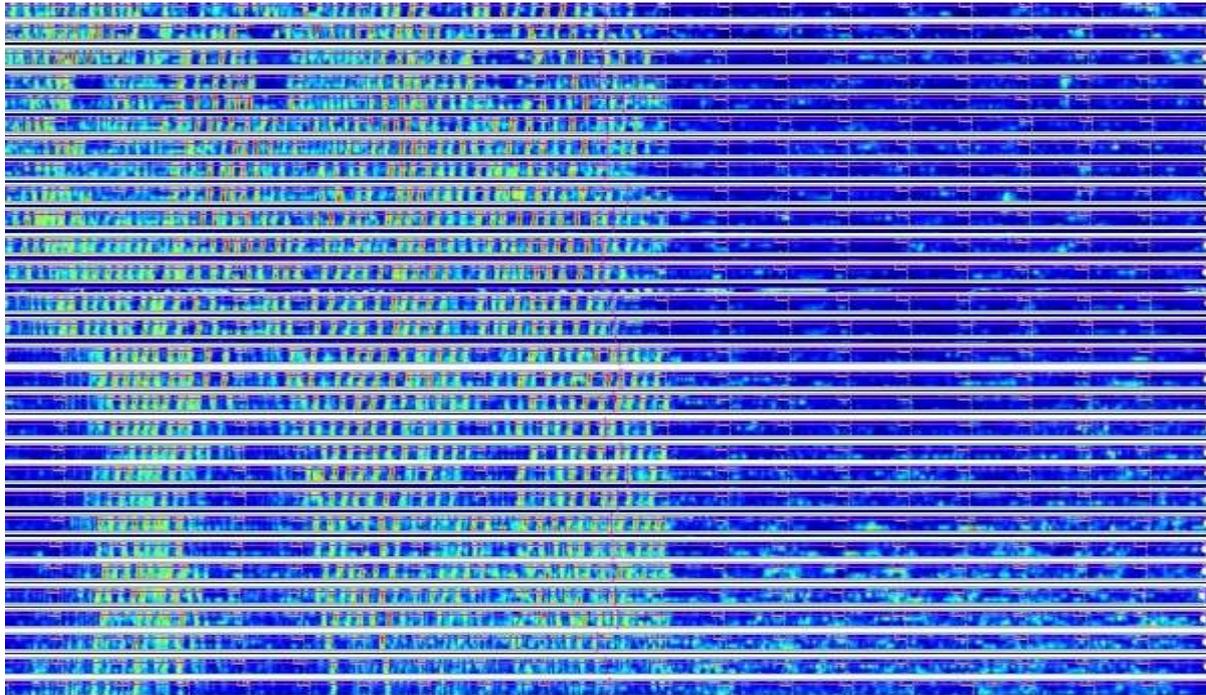
In Firstbereich wurden je 4 Profile mit den zwei Antennen abgefahren. Aufgrund verschiedener Unzulänglichkeiten (Bohrtrupp konnte nicht ausweichen, Graben im Kanal, Stromversorgung mit Verbrennungsmotore) mussten alle Einrichtungen mehrmals ausgebaut und wieder neu eingebaut werden.



## 14. PROFESSIONELLE MESSTECHNIK AUS EINER HAND

Weil der Einsatz der zerstörungsfreien Messverfahren technisch anspruchsvoll ist, grosse Erfahrung braucht und die Geräte sehr kostspielig sind, bieten wir das „Bauteil- und Bauwerkscanning“ als Dienstleistung an.

Das folgende Bild zeigt einen vollflächigen Scan aus einem Stollen. Die Scanlänge ist 10 m, die Scans sind auf der stolleninnenwand alle 15 cm angeordnet. Das Gange Bild besteht aus mehr als einzelnen 20 Scans die zu einem Gesamtbild zusammengefügt sind.



Aus solchen aufnahmen erkennt man grossflächige Unterschiede und Abweichungen in einer Baukonstruktion. Die dunkleren Felder im Gesamtbild weisen auf einer andere Struktur hinter der Innenwand hin. Zur Interpretation sind Referenzorte festzulegen.

Wir zeigen im Erdreich verlegte Leitungen, liefern einen Einblick in Stützbauwerke, lokalisieren Hohlräume im Betonmauern oder zeigen den Verlauf von einbetonierten Spannkabeln.

### 14.1. Selber messen:

Die Irschat.ch hat vermietet an technisch versierte Fachleute den Messkoffer, um selber Daten aufzunehmen und auszuwerten oder bietet mit der Mitgliedschaft im Gerätepool den Zugriff auf alle Geräte für das Bauteil- und Bauwerkscanning.

**Den Messkoffer gibt es für die Industrie und für Messaufgaben im Bauwesen.**

### 14.2. Messkoffer Bauwesen:

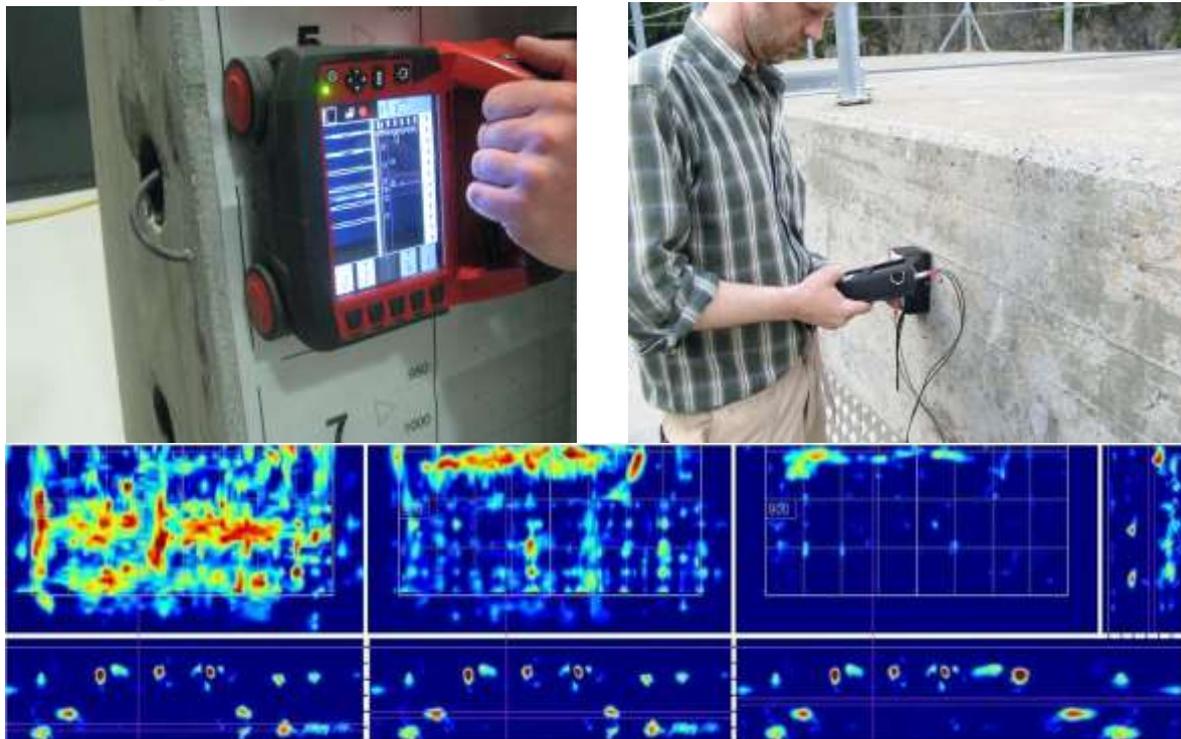
Im Messkoffer sind Thermofühler, eine Infrarotkamera mit Rechner, ein Handbuch zur Interpretation von Thermogrammen im Bauwesen, ein Gerät für die elektrische Energiemessung, ein Schall-Distanzmessgerät, Rauchröhrchen zur Feststellung von Luftströmungen, ein Gerät für Windgeschwindigkeitsmessungen und viele andere nützliche Geräte für den am Bau Interessierten.

### 14.3. Messkoffer Industrie:

Im Messkoffer für die Industrie sind Thermofühler mit den Messumformern, ein Datenlogger, eine Infrarotkamera, ein Computer zur Datenspeicherung (Windows 8), ein Handbuch für die Industriethermografie (Anwendung, Interpretation, etc.), ein Gerät für Windgeschwindigkeitsmessungen und viele andere nützliche Geräte.

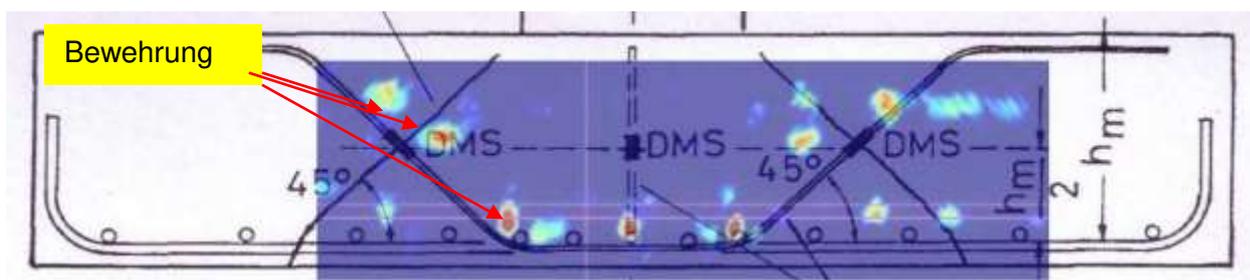
### 14.4. Gerätepool

Als Mitglied im Gerätepool haben Sie Zugriff auf verschiedene Geräte für die zerstörungsfreie Untersuchung von Bauwerken. Sie können professionelle Systeme mit eigenem Personal einsetzen, das durch uns ausgebildet wird. Über unser Netzwerk haben Sie Zugriff auf alle technischen Unterlagen. Sie bedienen modernste Messgeräte zu Vorzugskonditionen und geniessen Unterstützung in der Auswertung erfasster Daten.



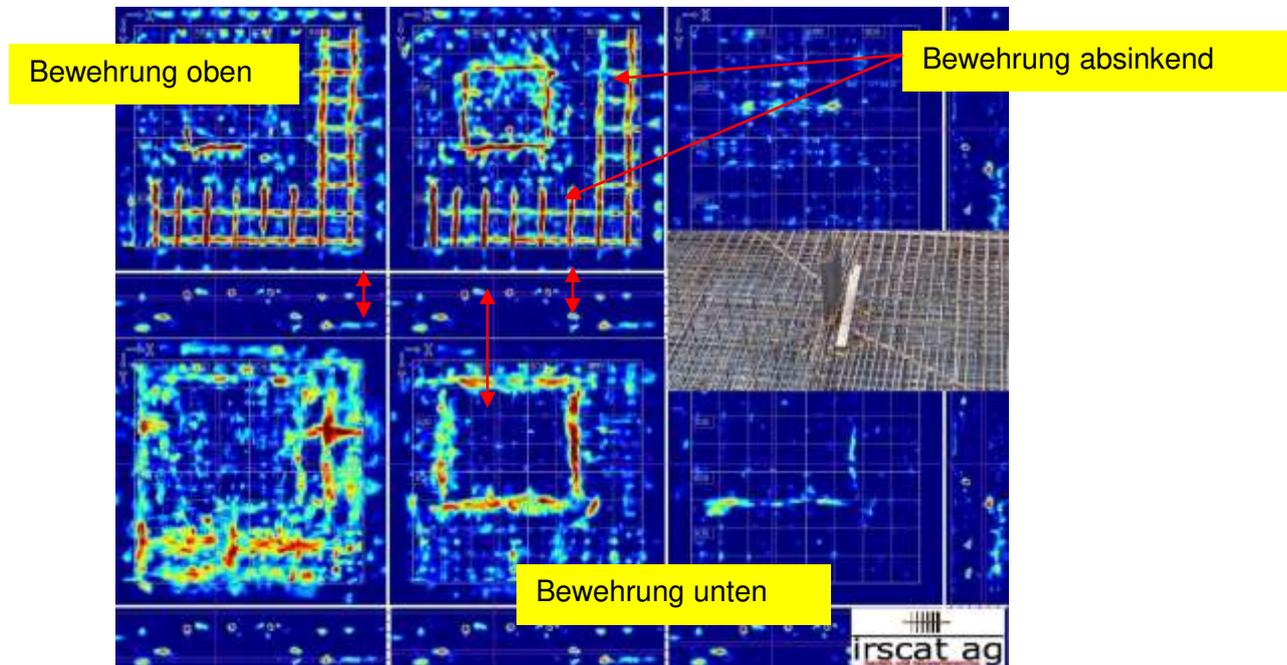
Mit zerstörungsfrei arbeitenden Verfahren kann man sich bereits in der Planungsphase einen objektiven Einblick in eine Aufgabe machen, sodass auszuführende Arbeiten oder die Umsetzung von Bauvorhaben in Bezug auf den Termin und auf die Kosten besser abgeschätzt werden können.

Zerstörungsfreie Messungen geben einen Einblick in Beton, wie er sonst kaum möglich ist. Das folgende Bild zeigt die Bewehrung in einem Stützenfuss. Jeder Bewehrungsstab sowie der Verlauf der Bewehrung werden genau lokalisiert.



Als Mitglied im Gerätepool bieten wir interessierten Fachkräften und Ingenieuren die Möglichkeit, die Messanlagen mit eigenem Personal oder mit unserer Unterstützung einzusetzen

Mit zerstörungsfreien Messverfahren werden Schäden, die sich wegen Konstruktionsöffnungen ergeben, gezielt vermieden und die Arbeitssicherheit wird deutlich erhöht, weil es immer wieder geschieht, dass Elektrokabel oder vergrabene Leitungen beschädigt werden.



**Zerstörungsfreie Messverfahren im Bauwesen liefern die Resultate direkt vor Ort und erlauben Ihnen auch ganz komplexe Zusammenhänge zu erkennen.**

Sie haben es in der Hand, Schäden durch Ihre Sorgfaltspflicht zu vermeiden.

**Als Mitglied im Gerätepool** werden Sie laufend über die neuesten Entwicklungen informiert, werden in der Geräteanwendung und in der -bedienung ausgebildet, erhalten Unterstützung in anwendungstechnischen Fragen.

**Als Mitglied im Gerätepool** haben Sie Zugriff auf die im Pool eingesetzten Systeme auf dem neuesten Stand der Technik. Es stehen Ihnen die modernsten Messeinrichtungen unterschiedlichster Bauart zu Poolkonditionen zur Verfügung.

**Als Mitglied im Gerätepool** erhalten Sie an Tagungen oder Veranstaltungen Fachinformationen zu besonderen Themen und werden gezielt geschult und ausgebildet.

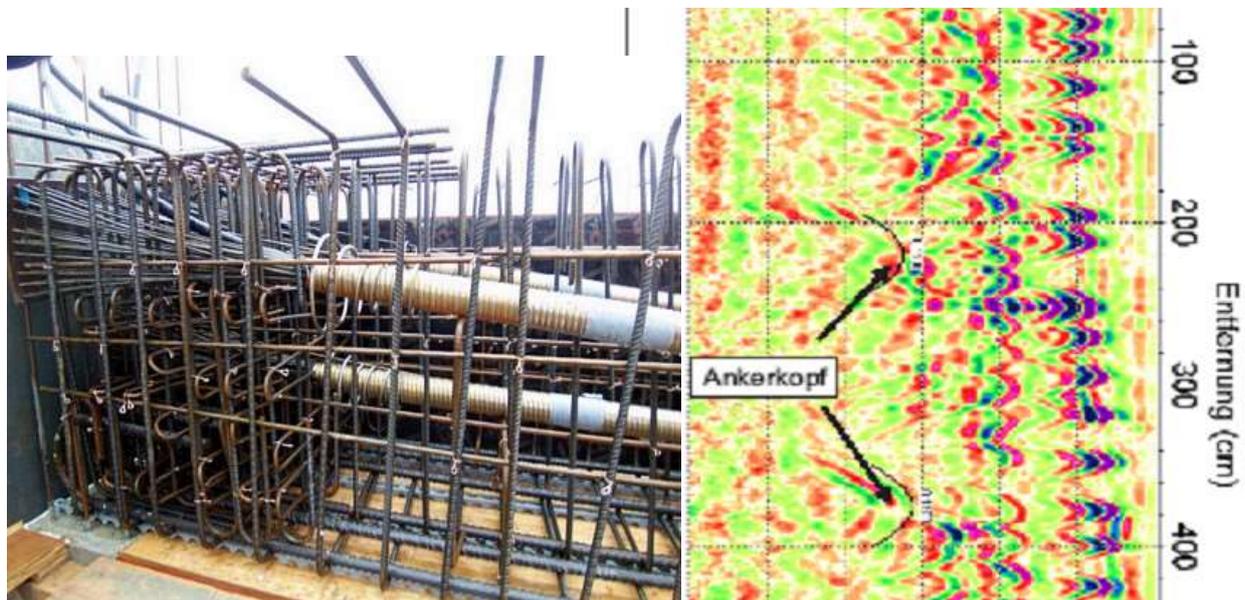
**Als Mitglied im Gerätepool** haben Sie Zugriff auf das während vielen Jahren gesammelte anwendungs- und gerätetechnische „Know-how“.

Gegenüber konventionellen Mess-, Prüf- und Kontrollverfahren bieten moderne Verfahren ungeahnte Vorteile. Sie können in wenigen Minuten feststellen, ob ein elektrisches Kabel in der Konstruktion liegt, ein Spannstahl eingebaut ist oder eine Abwasserleitung und haben in kurzer Zeit den vollen Durchblick.

Sie vermeiden durch den Einsatz moderner Messgeräte unnötige Schäden an Anlagen und Bauten. Wo können Sie, ohne einen Schaden zu verursachen, sicher eine Bohrung erstellen?

Durch den Einsatz moderner Systeme haben Sie die Resultate direkt am Ort, wo entsprechende Arbeiten vorgesehen sind.

Die bei der irscat.ch in vielen Jahren gesammelten Erfahrungen haben in Verbindung mit gerätetechnischen Entwicklungen dazu beigetragen, dass zerstörungsfreie Messverfahren heute bereits in der Planung von Erneuerungsmassnahmen eingesetzt werden und zur Sicherung eines geordneten Arbeitsablaufes kaum mehr wegzudenken sind.



Ermittelte Resultate sind Dokumente, welche für den statischen Nachweis (Durchstanzbewehrung, Erdbebensicherheit) unentbehrlich sind. Sie gehören zu den Ingenieurunterlagen eines Bauwerks.

Zerstörungsfrei erfasste Messdaten erlauben es einem Eigentümer, gestellte Anforderungen lückenlos zu kontrollierten.

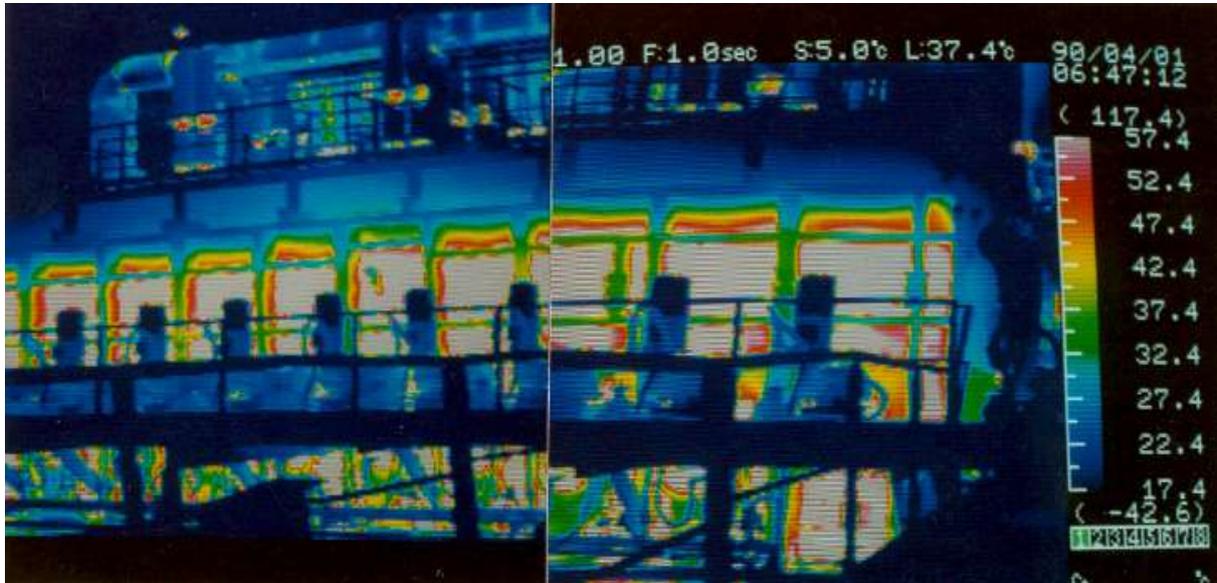
**Werden die Vorzüge der modernen Messtechnik richtig genutzt, stehen Informationen schnell und ohne Eingriff zur Verfügung.**

## 15. INSTANDHALTUNG UND BETRIEBSUNTERHALT

Inspektionen komplexer Industrieanlagen dienen der sicheren Instandhaltungs- und Produktionsplanung. Die Untersuchungsergebnisse erlauben, einem unplanmässigen Betriebsunterbruch vorzubeugen, Energiekosten gezielt zu reduzieren oder die Instandhaltungsplanung zu optimieren.

### Ihre Vorteile

- Minimieren unplanmässiger Störfälle
- Kontrollierte Erhöhung der Anlageverfügbarkeit
- Ausbildung und Personalschulung

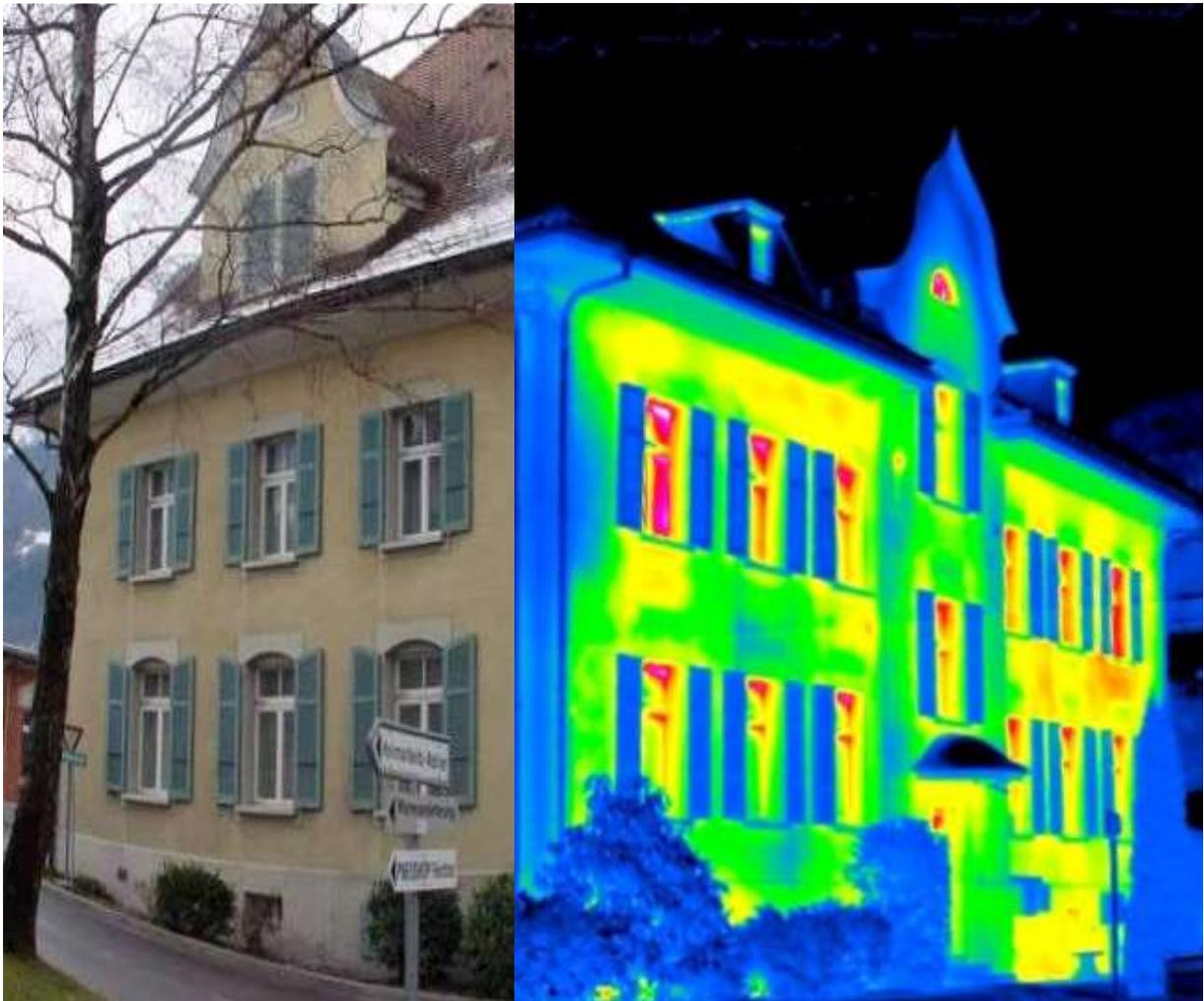


Zerstörungsfreie Messungen an komplexen Produktionsanlagen liefern Informationen für die objektive Planung der Instandhaltung und für die Gewährleistung der Verfügbarkeit einer Produktionseinrichtung. Sedimente in Anlagen, Auswaschungen, Korrosion oder auch die Restwandstärke werden in Detailuntersuchungen mit modernen Verfahren festgestellt. Für den Betriebsverantwortlichen stehen damit Informationen zur Verfügung, welche gezielte Rückschlüsse auf den Anlagezustand erlauben.

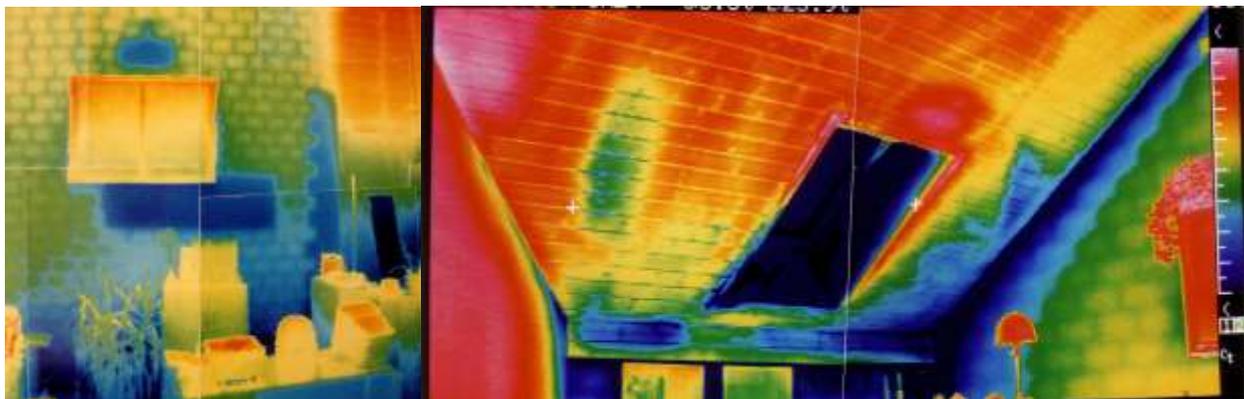
## 16. „COOLE GEBÄUDE“ „OFFENSIVE ZUM ENERGIESPAREN“

IR-Aufnahme zur Lokalisierung von wärmetechnischen Schwachstellen

→ aber bitte richtig!



Der Heizölpreis steigt und steigt und wir wissen, dass in Zukunft kaum mehr fossile Brennstoffe für Heizzwecke eingesetzt werden dürfen. Hausbesitzer können einen wesentlichen Beitrag zur Verbesserung der Situation leisten, indem sie ihre Häuser gut isolieren, Luftundichtheiten eliminieren und dafür sorgen, dass sie weniger Heizenergie brauchen. Eine Möglichkeit, den energetischen Zustand der Gebäudehülle zu überprüfen, sind Thermografie-Aufnahmen.



## 17. AUF DEN ERSTEN BLICK DEN VOLLEN DURCHBLICK

Mit dem STB-Radar finden wir Bewehrungsstäbe, Spannglieder, Metall-, Plastik- oder Elektro-Leitungen sowie Glasfaserkabel in kürzester Zeit - selbst auf grossen Untersuchungsflächen.



Aufnahme 3: Einsatz unter einer Brücke

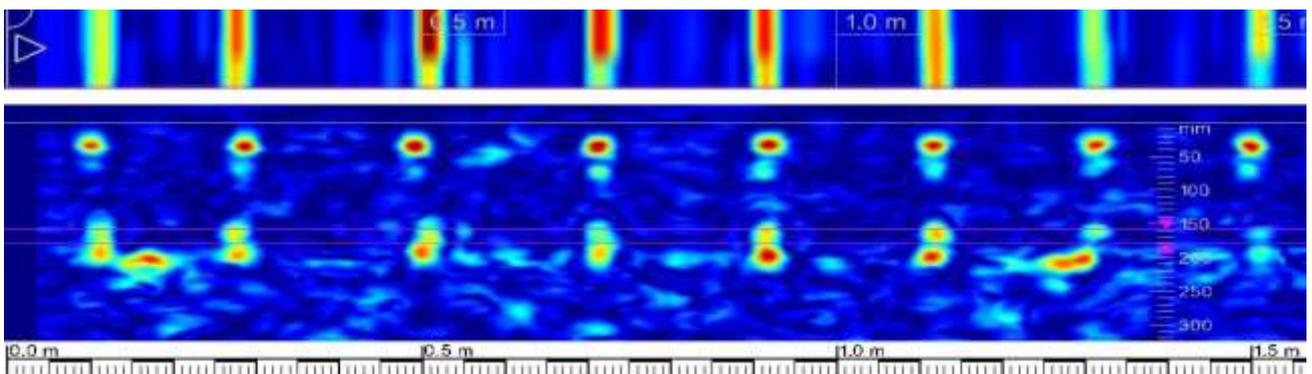
- Scannen grosser Untersuchungsflächen mit einem Raster (120 cm x 120 cm)
- Orten von Metall, Plastik-, PVC- oder Stromleitungen

## 18. QUICKSCAN DETEKTION

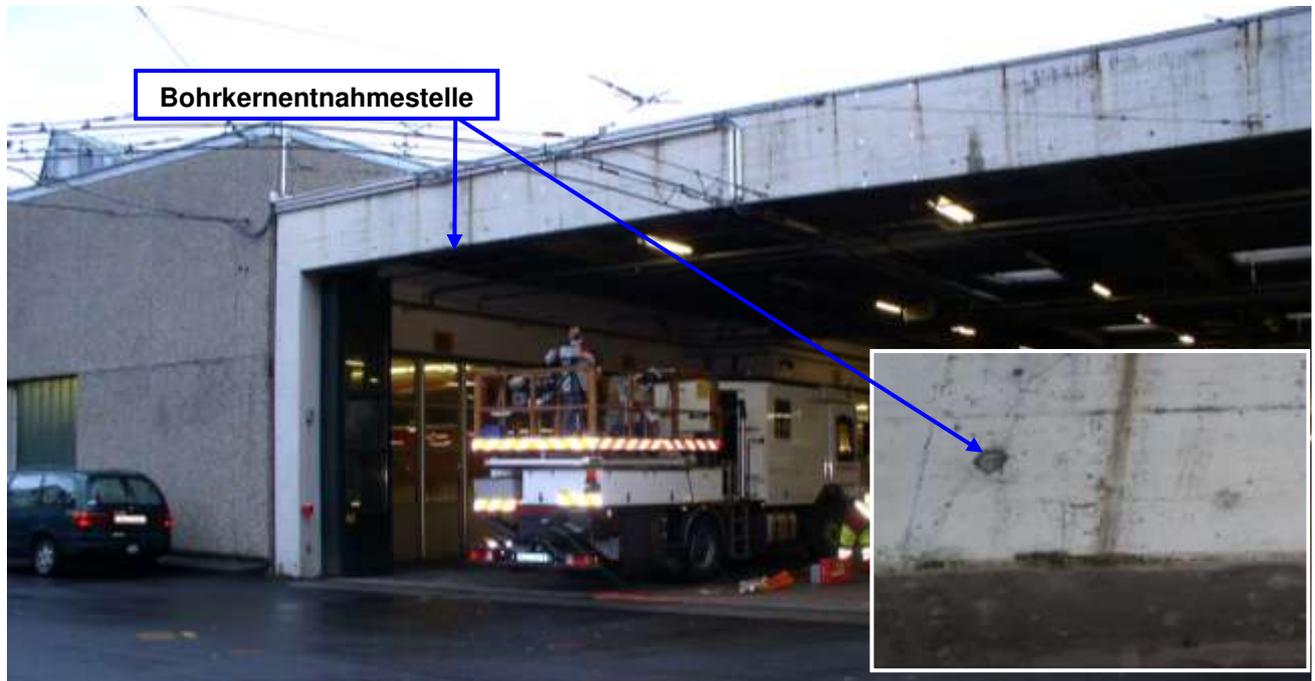


Messung an einer Kranbahn

- Lokalisieren und direktes Anzeichnen verschiedenster Objekte im Bauteil
- Darstellung der Objektpositionen als Draufsicht und Schnittbild



## 19. LOKALISIERUNG VON SPANNSTAHL-HÜLLROHREN UND DER LAGE DER BEWEHRUNGSSTÄBE IN EINEM SPANNBETON-BAUTEIL NACH DEM SCHADENSFALL VORSPANNUNG



Eingesetzte Messverfahren:



HF-IR, irscat.ch CH

- magnetisches Puls-Induktions-Messsystem
- HF-IR-Thermographie-Messsystem

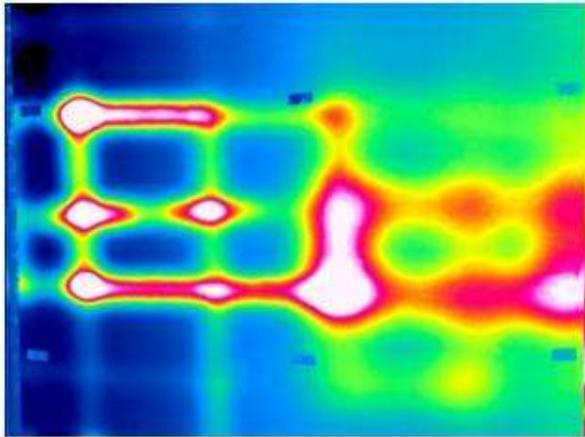
Torsturz der Garage, Messfläche **Mitte** (Front- und Unterseite)



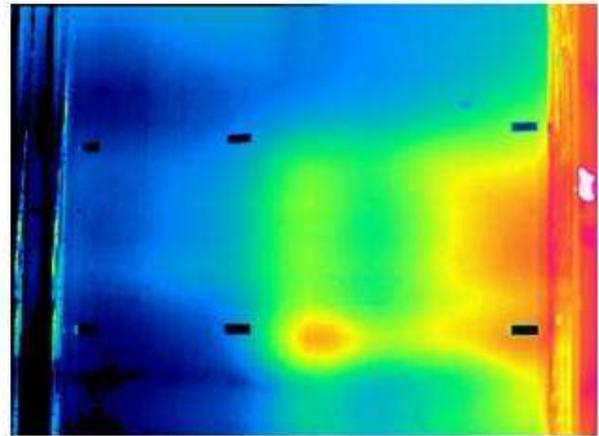
Aufnahme: Lage der äusseren, schlaffen Bewehrungsstäbe in der Mitte, Frontseite



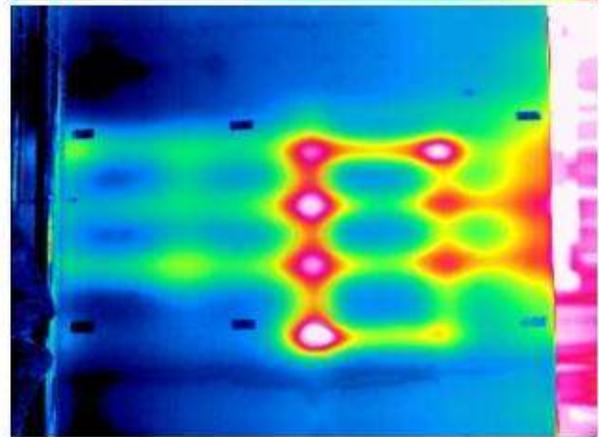
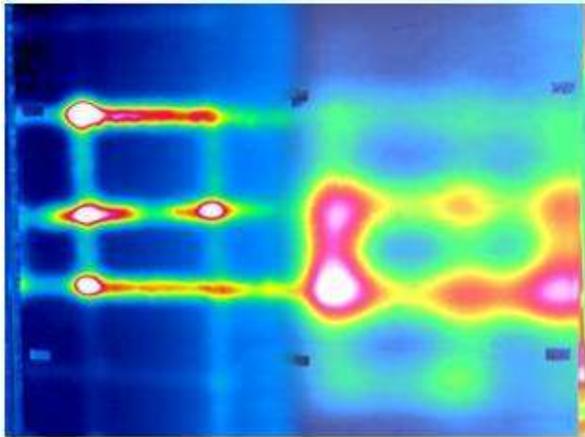
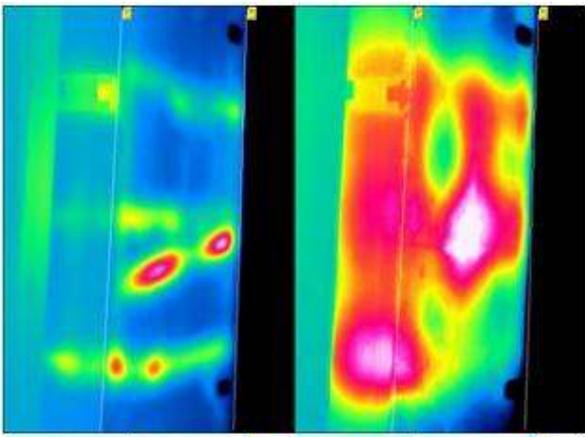
Aufnahme: Lage der äusseren, schlaffen Bewehrungsstäbe in der Mitte, Unterseite

Torsturz der Garage, Messflächen **Mitte** und **Viertel** (Frontseite)

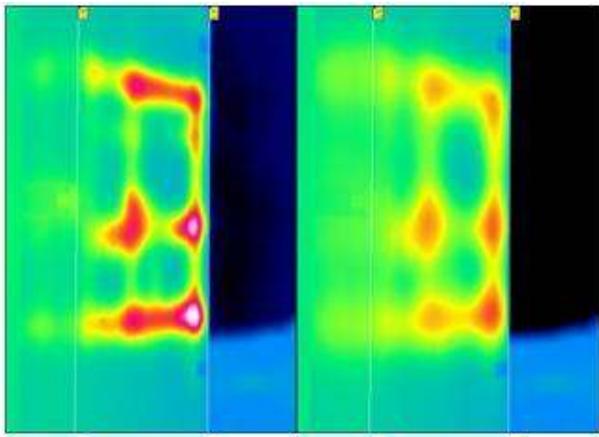
Zeitscheiben: Lage der Bewehrungsstäbe und des Spannstahl-Hüllrohres in der Mitte, Frontseite



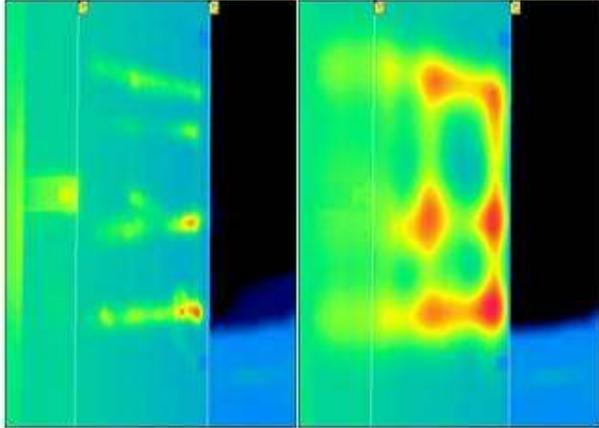
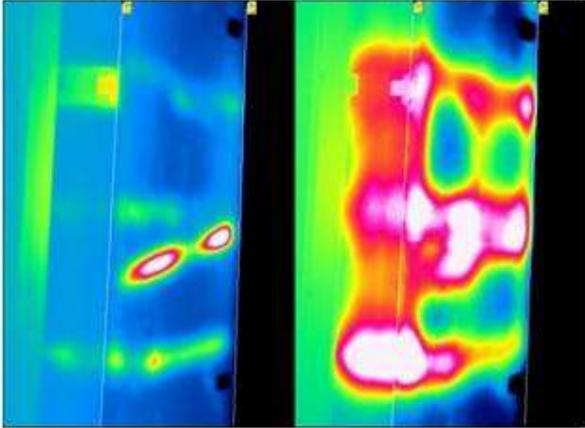
Zeitscheiben: Lage der Bewehrungsstäbe und des Spannstahl-Hüllrohres im Viertel, Frontseite

Torsturz der Garage, Messflächen **Mitte** und **Viertel** (Unterseite)

Zeitscheiben: Lage der Bewehrungsstäbe und des Spannstahl-Hüllrohres in der Mitte, Unterseite



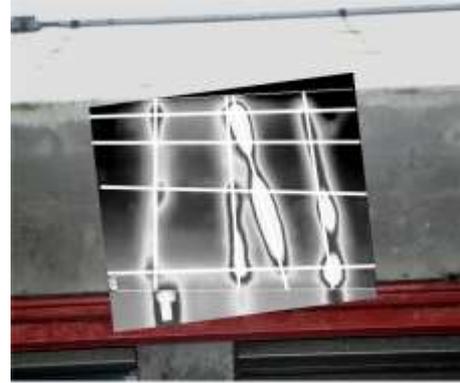
Zeitscheiben: Lage der Bewehrungsstäbe und des Spannstahl-Hüllrohres im Viertel, Unterseite



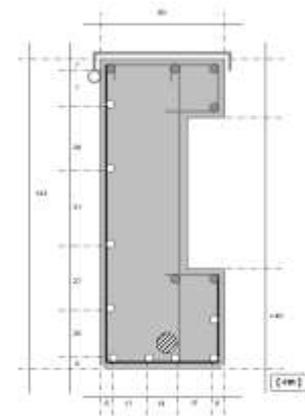
## Torsturz der Garage, Messfläche **Mitte** (Front- und Unterseite)



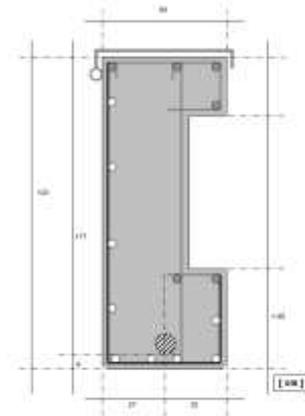
Aufnahme: Lage der äusseren, schlaffen Bewehrungsstäbe in der **Mitte**, Frontseite



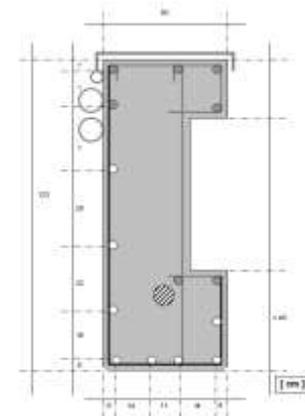
Aufnahme: Lage der äusseren, schlaffen Bewehrungsstäbe in der **Mitte**, Unterseite



Streuungsplan: Querschnitt in Höhe von 0,20 m vor dem ersten horizontalen Stützpunkt  
Lage und Position der schlaffen Bewehrungsstäbe



Streuungsplan: Querschnitt in Höhe von 0,20 m vor dem ersten horizontalen Stützpunkt  
Lage der Bewehrungsstäbe



Streuungsplan: Querschnitt in Höhe von 0,20 m vor dem ersten horizontalen Stützpunkt  
Lage und Position der schlaffen Bewehrungsstäbe

## 20. KORROSIONSPRÜFUNG AN EINGEMAUERTEN STAHLPROFILEN

### Aufgabe

Die oktogonalen Pfeiler einer schwer beschädigten Kirche wurden in der Nachkriegszeit wieder aufgebaut. Es wurde je eine Stahlstütze errichtet, die dann ummauert und mit Formsteinen verkleidet wurde. Nach kurzer Zeit zeigten sich Risse in der Verkleidung. Es bestand die Vermutung, dass der Stahl aufgrund von Salzen im Mörtel korrodiert und durch die damit verbundene Volumenvergrößerung die Ummauerung und die Verkleidung auseinandergedrückt werden. Eine zerstörungsfreie Prüfung sollte die Frage nach der Korrosion klären.



Foto des Mittelschiffs mit Pfeilern

### Messprogramm

- elektrische Potentialfeldmessung
- elektrische Widerstandsmessung
- Radarmessung

## Vorgehen

Zur Prüfung der Stützen wurden mehrere Verfahren eingesetzt, um zuverlässige Aussagen zu erhalten. Das Potentialfeldverfahren kann den Korrosionsprozess der ummantelten Stahlprofile anzeigen. Die Widerstandsmessung reagiert auf Feuchte und gelöste Salze im Mauerwerk. Die Daten des Radars liefern Aussagen über den strukturellen Aufbau der Stützen sowie auch materialabhängige Kennwerte.

Die Prüfung erfolgte über eine Hebebühne entlang von vertikalen Messlinien. Dies erlaubte eine zügige Messung.

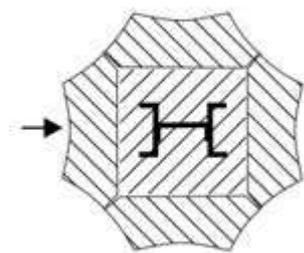
## Ergebnis

Klärend bezüglich der Frage nach Korrosion ist die Potentialfeldmessung. Die Daten zeigen ein nach unten hin zunehmendes negatives Potential und damit nach unten hin stark ansteigende Korrosionswahrscheinlichkeit.

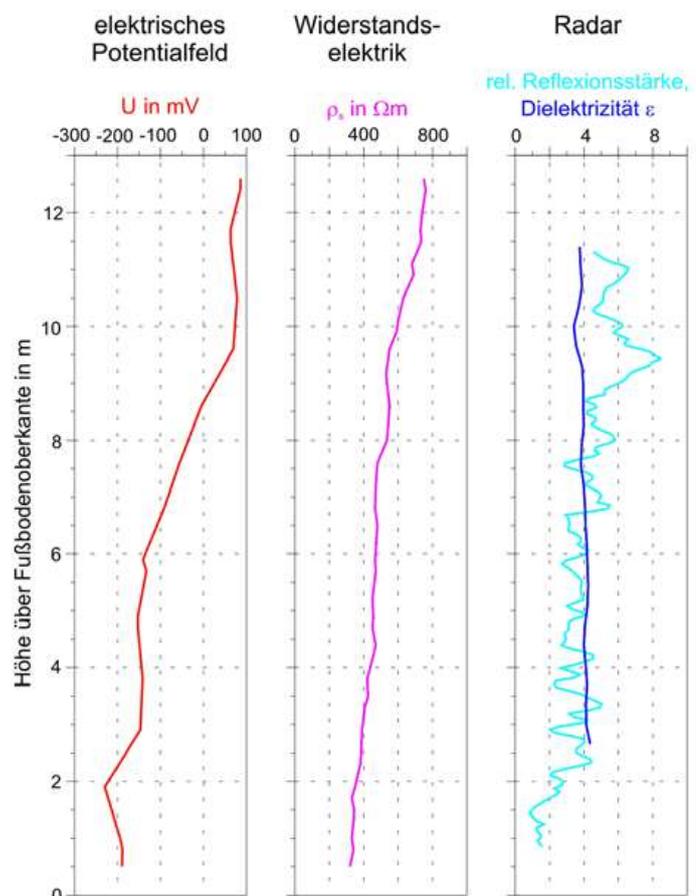
Die Widerstandselektrik zeigt vergleichsweise niedrige Werte des scheinbaren spezifischen Widerstandes, die zudem noch nach unten hin abnehmen.

Diese geringen Werte sind die Folge einer erhöhten Belastung an (gelösten) Salzen und/oder Feuchte. Sie sind der Grund für die Korrosion des Stahls.

Die Radardaten bestätigen und differenzieren die Aussage der Widerstandselektrik. Danach nimmt die Salzbelastung nach unten zu (abnehmende Reflexionsstärke), der Feuchtegehalt liegt aber einheitlich auf niedrigem Niveau (konstante Dielektrizität).



**Abb. 2:** Pfeilerquerschnitt, aussen Formteile, innen ummauert, Stahlprofile. Der Pfeil gibt die Position der vertikalen Messlinie an.



Messergebnisse an einem Pfeiler

## Die Widerstandsgeoelektrik (Gleichstromgeoelektrik)

Das Verfahren erlaubt eine einfache Abschätzung bis hin zur quantitativen Ermittlung der strukturellen Situation im Untergrund aufgrund der Verteilung des spezifischen elektrischen Widerstandes bzw. der Leitfähigkeit.

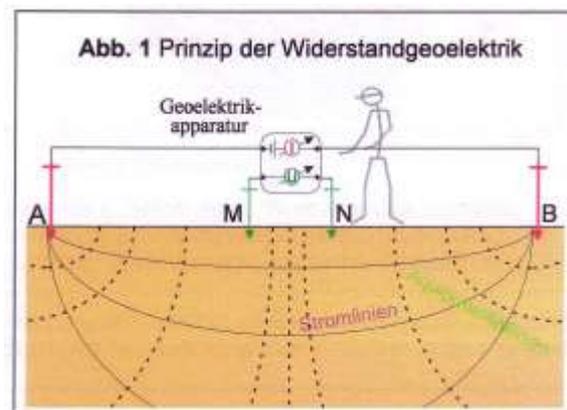
Die Kartierung liefert flächenhafte oder linienhafte Aussagen in Form von integralen Werten, die Sondierung liefert an einer Stelle Aussagen über den vertikalen Schichtaufbau und die Sondierungskartierung liefert entlang einer Linie Aussagen über den ungefähren Schichtaufbau.

Die Geoelektrik wird zur Erkundung von Grundwasserleitern und –stauern, zur Feststellung geologischer Störungen und Verwerfungen, Lagerstätten, Erosionsrinnen oder für die Positionierung von Bohrungen eingesetzt. Das Verfahren dient auch zur Abschätzung von einer Schichtmächtigkeit, zur Suche nach Hohlräumen und größeren Bauwerksresten im Untergrund oder zur Klärung von Deponiegrenzen oder deren Gliederung.

### Spezifischer Widerstand

Der spezifische Widerstand  $r$  (spez. Leitfähigkeit  $s = 1/r$ ) ist eine elektrische Materialeigenschaft. Alle Bestandteile eines Materials tragen zu diesem Kennwert bei. In erdfeuchten, mineralischen Materialien dominiert i.a. die Ionen- gegenüber der Elektronenleitfähigkeit. D.h., dass geringe Widerstände v.a. durch den Wassergehalt bzw. die darin gelösten Salze (Ionen) verursacht sind. Die Zustände trocken oder feucht prägen den Gesamtwiderstand eines Materials und führen zu einer großen Widerstandsbandbreite für ein und dasselbe Material. Ermittelte Werte lassen also keine direkten Aussagen zu (z.B. Gesteinssorte), sondern geben nur Hinweise. Unter Einbezug weiterer Informationsquellen können aber in der Regel konkrete Schlüsse gezogen werden. Anhaltswerte für spez. Widerstände, die u.U. in der Praxis deutlich davon abweichen können, sind wie folgt:

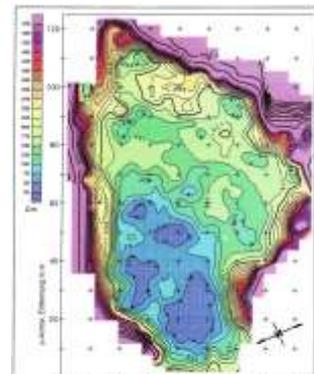
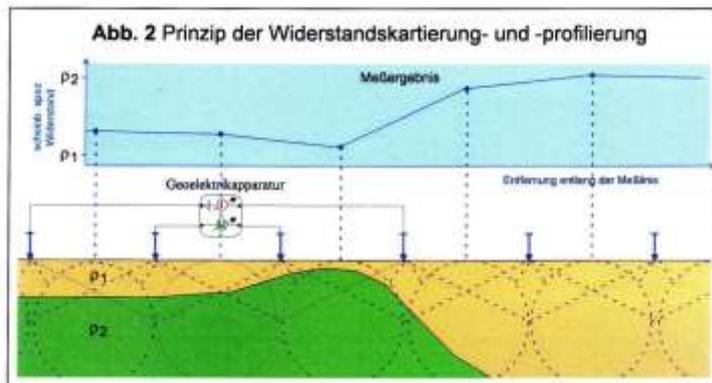
|                          |               |
|--------------------------|---------------|
| Oberboden                | 50 - 200 Wm   |
| Ton (erdfeucht)          | 5 - 20 Wm     |
| Schluff (erdfeucht)      | 20 - 100 Wm   |
| Sand (erdfeucht)         | 100 - 1000 Wm |
| Kies (erdfeucht) über    | 1000 Wm       |
| Sand, Kies (gesättigt)   | 50 - 200 Wm   |
| verwittertes Gestein     | 100 - 1000 Wm |
| Tonstein                 | 100 - 1000 Wm |
| Sandstein                | 200 - 5000 Wm |
| unverwitt. Tiefengestein | > 5000 Wm     |
| Süßwasser                | 20 Wm         |
| Salzwasser unter         | 1 Wm          |



### Verfahrensgrundlagen

Bei der Widerstandsgeoelektrik wird dem Untergrund bzw. Bauwerk über zwei Stromelektroden A und B ein Gleichstrom  $I$  zugeführt. Man betrachtet den stationären Fall, in dem das elektrische Feld  $E$  allein aus dem Potential  $U$  abgeleitet werden kann. Entsprechend der räumlichen Verteilung des spez. Widerstandes stellt sich ein zeitunabhängiges elektr. Feld bzw. das damit verbundene Potential  $U$  ein. Zwischen zwei Sonden M und N kann die Potentialdifferenz an der Oberfläche gemessen werden.

Da bei geschichtetem oder inhomogenem Untergrund die Messgröße nicht nur durch den Kennwert einer einzelnen Schicht bestimmt wird, sondern in Abhängigkeit der Eindringtiefe durch integrale Werte beeinflusst wird, ergibt sich bei praktischen Untersuchungen der sog. scheinbare spez. Widerstand. Der Messwert beinhaltet Anteile aus einem großen Messvolumen. Dies ist in der Folge vereinfacht durch Kreise symbolisiert. Bei der Widerstandskartierung erfolgt die Messung, indem die Elektroden-Sonden- Anordnung im vorgesehenen Messraster von Messpunkt zu Messpunkt wandert und so flächig der scheinbare spez. Widerstand erkundet wird. Die Messanordnung bleibt dabei gleich, so dass auch die Eindringtiefe in etwa gleich bleibt.



Die Ergebnisse werden als Karte des scheinbaren spez. Widerstandes erstellt. In vielen Fällen ist es sinnvoll, Kartierungen mit mehreren Eindringtiefen vorzunehmen, um abschätzen zu können, aus welchen Tiefen die erkennbaren Widerstandsveränderungen stammen. Bei der Widerstandsprofilierung erfolgt die Untersuchung und Datendarstellung entlang von Messlinien.

### Tiefenangaben/Genauigkeit

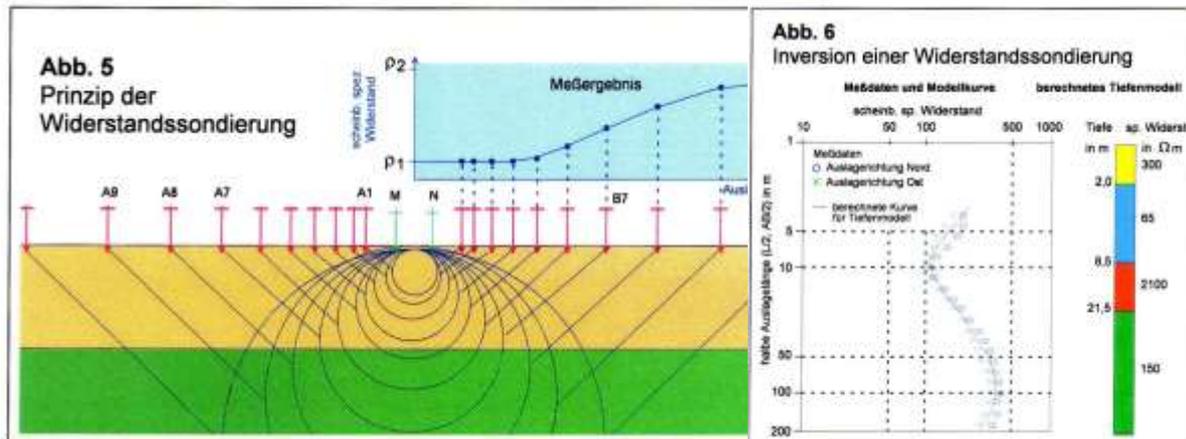
Mit der Festlegung der Anordnung bzw. der Länge ihrer Auslage wird eine grobe Eindringtiefe gewählt. Die Eindringtiefenangabe besagt, dass die Wirkung des Untergrundes bis etwa in diese Tiefe integral erfasst wird. Eine erste Näherung für die Eindringtiefe ist  $1/4$  der Gesamtlänge der Anordnung. Die tatsächliche Eindringtiefe hängt neben der Anordnung von den Schichtmächtigkeiten und den spez. Widerständen ab. Beispielsweise wird bei einer hochohmigen Deckschicht der Strom in die niederohmige liegende Schicht geleitet, wodurch die Eindringtiefe steigt. Umgekehrt bewirkt eine niederohmige Deckschicht, dass der Strom nur bei stark vergrößerter Auslage in eine liegende hochohmige Schicht eindringt. Das laterale Auflösungsvermögen stimmt grob mit der Eindringtiefe überein. Inhomogenitäten nahe der Elektroden können den Messwert verfälschen. Bei sehr hoher Anforderung ist deshalb eine Datenredundanz wünschenswert (Überlappung der Messungen).

Die Messung bei der Widerstandssondierung erfolgt, indem i.d.R. die Sonden M und N am Bezugspunkt fix bleiben und die Stromelektroden A und B schrittweise mit größeren Abständen gesteckt werden, um die Eindringtiefe zu erhöhen. D.h., je größer die gewünschte Eindringtiefe, desto größer ist der Platzbedarf an der Oberfläche.

Das Messergebnis ist ein Diagramm des scheinbaren spez. Widerstandes in Abhängigkeit von der Auslagelänge. Unter anderem werden daraus durch

eindimensionale rechnerische Inversion oder Vorwärtsmodellierung Tiefenmodelle für den ebenen Schichtenfall bestimmt. Dabei werden synthetische Daten eines Tiefenmodells an die Messdaten bestmöglich angepasst. Die Anzahl der möglichen Modelle wird durch Vorkenntnisse der geologischen Situation und durch Plausibilitätsbetrachtungen reduziert. Wesentliche Genauigkeitsverbesserungen sind v.a. durch Mehrfachsondierungen erreichbar.

## Widerstandssondierung



**21. DAMIT AUCH SIE VON PROFESSIONELLEN UNTERSUCHUNGEN MIT DEN HEUTE ZUR VERFÜGBAR STEHENDEN ANLAGEN UND GERÄTEN PROFITIEREN KÖNNEN, BIETEN WIR IHNEN FOLGENDE MÖGLICHKEITEN:**

### → Partnerschaft

- Wir untersuchen die durch Sie in Auftrag gegebenen Objekte nach Ihren Wünschen zuverlässig, schnell und sehr professionell.
- Wir stellen die Berichte nach Ihren Richtlinien aus (Firmenlogo, Umfang) und behandeln die Originaldokumente nach Ihren Vorgaben.

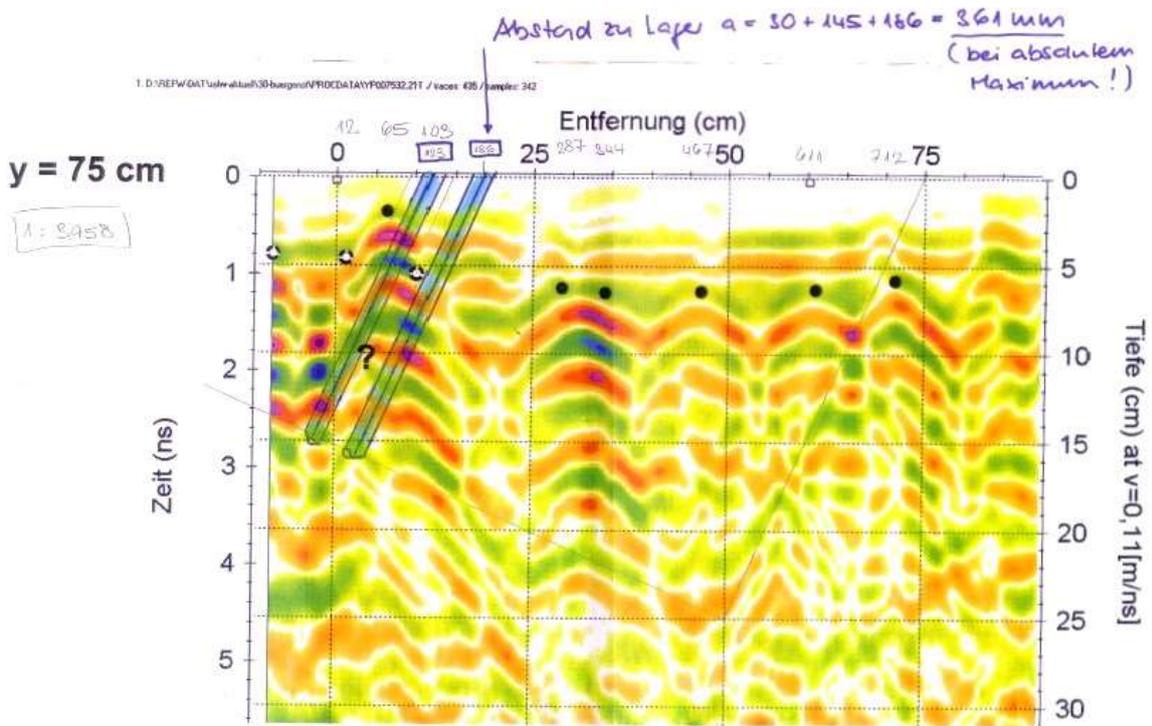
### → Poolmitgliedschaft

- Sie werden Poolmitglied und setzen unsere Messgeräte und Anlagen für Ihre Bedürfnisse in der Bauwirtschaft ein.

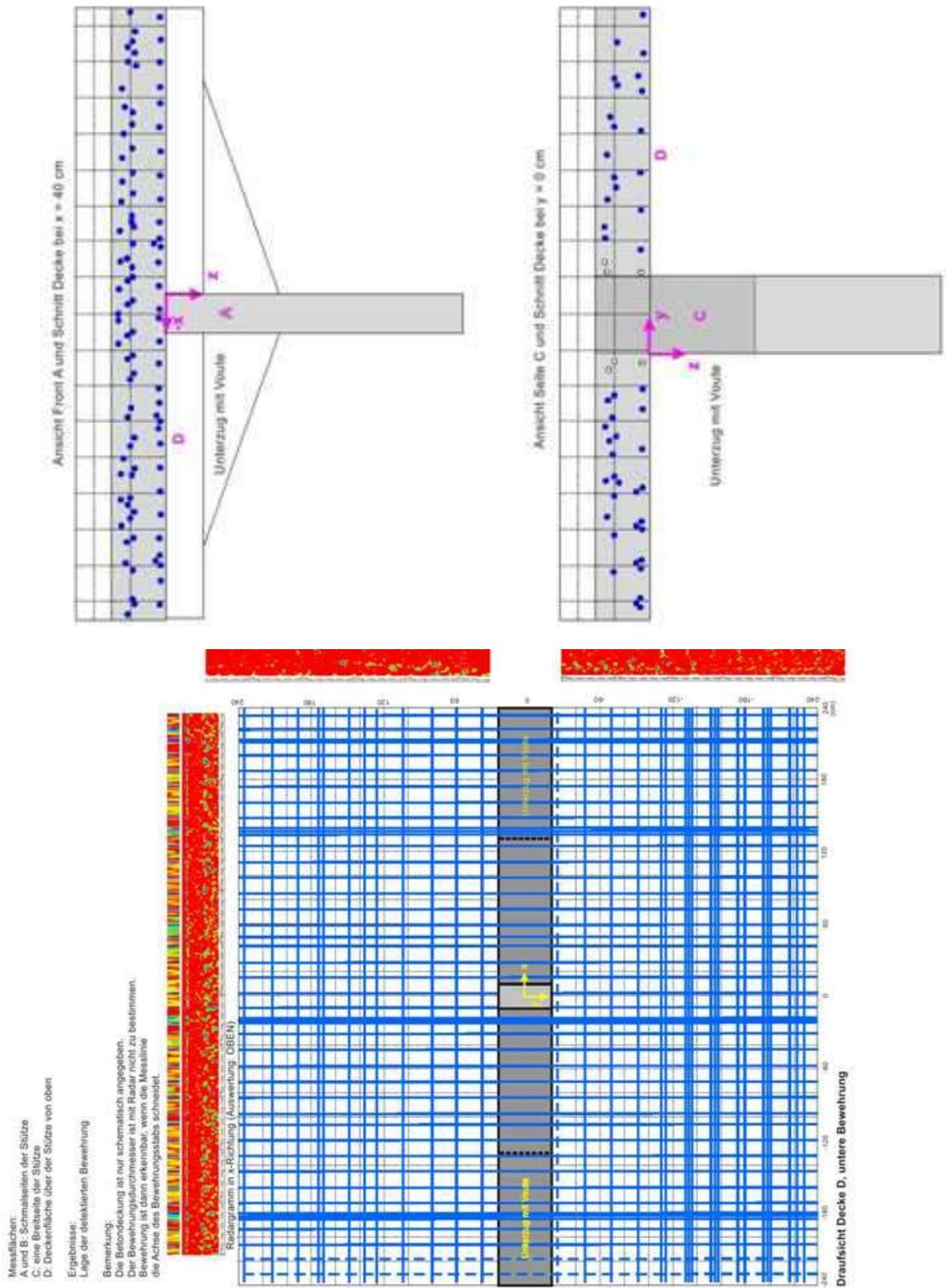
### → Ausbildung und Schulung

- Anwendungstechnik im Bauwesen.
- Zerstörungsfreie Messtechnik an Kunstbauten.
- (Stützmaueruntersuchung, Ankersuche, Bewehrungssuche, ...)
- Lecksuche und Leitungskartierung
- Wärmetechnische Bestandsaufnahmen.

**Nachhaltig und sicher:**



**21.1. WIR VERSCHAFFEN IHNEN EINEN KLAREN EINBLICK IN DEN BETON. SCHNELL, SICHER, ZUVERLÄSSIG UND UNBESTECHLICH!**



Messergebnisse im Bereich der Stütze 1 (unten)

\\QNAP-FLO-IR\Public\Server\Irschat.ch\Marketing\Bauteil\_und Bauwerksscanning\_Gesamthandbuch\_überarb.\_cf\_100518.doc