

Untersuchungstechniken im Tief- und Ingenieurbau

**Veranstaltungen für Ingenieure,
öffentliche Verwaltungen, Unternehmungen**

Das vorliegende "Handbuch über Untersuchungstechniken im Tief- und Ingenieurbau" ist durch die Arbeitsgruppe "Diagnosemethoden" des "IP-Bau-Erhaltung und Erneuerung, Fachbereich Tiefbau" ausgearbeitet worden. Fachbeiträge zu den einzelnen Teilabschnitten haben die nachfolgend aufgeführten Fachleute beigetragen. Die Arbeiten der Arbeitsgruppe wurden von einem Expertenteam begleitet.

Trägerschaft

VSS	Vereinigung Schweizerischer Strassenfachleute
SIA	Schweizerischer Ingenieur- und Architekten-Verein
STV	Schweizerischer Technischer Verband
VSA	Verband Schweizerischer Abwasserfachleute

Bearbeitung

Gesamtredaktion und Leitung der Arbeitsgruppe
Andreas Steiger, Beratender Ingenieur, Luzern

Mitglieder der Arbeitsgruppe Diagnosemethoden

- Wilhelm Birchmeier, Ingénieur, Lausanne
- Roman Müller, H.U. Peter AG, Zürich
- Andreas Steiger, Beratender Ingenieur, Luzern
- Heidi Ungricht, SKS Ingenieure AG, Zürich

Mitglieder des Expertenteams

- Michel Donzel, Bundesamt für Strassenbau, Bern
- Ewald Heimgartner, Ernst Basler & Partner AG, Zürich
- Dr. Fritz Hunkeler, Schweizerische Gesellschaft für Korrosionsschutz, Zürich
- Dr. Peter Ritz, Schneller Schmidhalter Ritz AG, Brig
- Ivan Scazziga, Viaconsult AG, Zürich (Vertreter VSS)
- Dr. Jost Studer, GSS-Ingenieure AG, Zürich

Autorenverzeichnis: Ingenieurbauwerke

- Roman Müller, H.U. Peter AG, Zürich (18ff, 25ff, 30ff, 76f)
- Heidi Ungricht, SKS-Ingenieure AG, Zürich (34ff)
- Dr. Ernst Büchi, Geotest AG, Zollikofen (66f)
- Alfred Hächler, LPM AG, Beinwil am See (68f, 70f, 74f)
- Dr. Bernhard Elsener, IBWK-ETH, Zürich (78f)
- Hanspeter Bänziger, VSL-Betonexpert, Bern (80f)
- Otto Schuwerk, Thalwil (88f, 90f, 92f)
- Ueli Meierhofer, EMPA, Dübendorf (96ff)
- Andreas Steiger, Beratender Ingenieur, Luzern

Strassen

- Ivan Scazziga, Viaconsult AG, Zürich (104ff, 118f, 122f, 124f, 126f)
- Alain Jacot, S.A.C.R., Zürich (116f, 120f)

Leitungsnetze

- Alfred Huber, Merkl AG, Heiden (132ff, 150-161)
- Kurt Bader, Tiefbauamt der Stadt Zürich, Stadtentwässerung, Zürich (146f, 148f)
- Ernst Votapek, SVGW, Zürich (162f)
- Dr. Fritz Hunkeler, Schweizerische Gesellschaft für Korrosionsschutz, Zürich (164ff)

Neubau und Überwachung

- Dr. Peter Ritz, Schneller Schmidhalter Ritz AG, Brig
- Andreas Steiger, Beratender Ingenieur, Luzern

An dieser Stelle sei auch allen weiteren Fachleuten aus Praxis, Lehre und Forschung, die wertvolle Beiträge in Form von Auskünften und Stellungnahmen zu einzelnen Kapiteln geleistet haben, bestens gedankt. Verschiedene Firmen haben in verdankenswerter Weise Unterlagen und Bildmaterial zur Verfügung gestellt.

Copyright Bundesamt für Konjunkturfragen
3003 Bern, April 1991

Auszugsweiser Nachdruck unter Quellenangabe erlaubt. Zu beziehen bei der Eidg. Drucksachen- und Materialzentrale, Bern (Best.Nr. 724.453 d)

Vorwort

Das Aktionsprogramm «Bau und Energie» ist auf sechs Jahre befristet (1990–1995) und setzt sich aus den drei Impulsprogrammen (IP) zusammen:

- Bau – Erhaltung und Erneuerung
- RAVEL – Rationelle Verwendung von Elektrizität
- PACER – Erneuerbare Energien

Mit den Impulsprogrammen, die in enger Kooperation von Wirtschaft, Schulen und Bund durchgeführt werden, soll ein Beitrag zu einem verstärkt qualitativ orientierten Wirtschaftswachstum, d. h. zu einer rohstoff-, energie- und umweltschonenden Produktion bei gleichzeitig verstärktem Einsatz von Fähigkeitenkapital geleistet werden.

Die Voraussetzungen für die Instandhaltung wesentlicher Teile unserer Siedlungsstrukturen sind zu verbessern. Immer grössere Bestände im Hoch- und Tiefbau weisen aufgrund des Alterns sowie der sich wandelnden Bedürfnisse und Anforderungen technische und funktionale Mängel auf. Sie müssen – soll ihr Gebrauchswert erhalten bleiben – erneuert werden. Mit stetem «Flicken am Bau» kann diese Aufgabe nicht sinnvoll bewältigt werden. Neben den bautechnischen und -organisatorischen Aspekten bilden auch die rechtlichen Rahmenbedingungen, die fast ausschliesslich auf den Neubau ausgerichtet sind, Gegenstand des IP BAU. Es gliedert sich entsprechend in die drei Fachbereiche Hochbau, Tiefbau, Umfeld.

Wissenslücken bei vielen Beteiligten – Eigentümer, Behörden, Planer, Unternehmer und Arbeitskräfte aller Stufen – sind zu schliessen, damit die technische und architektonische Qualität unserer Bauten, aber auch die funktionale, wirtschaftliche und kulturelle Bedeutung vieler Quartiere, Dorf- und Stadtteile erhalten oder verbessert werden können.

Kurse, Veranstaltungen, Publikationen, Videos, etc.

Umgesetzt werden sollen die Ziele des IP BAU durch Aus- und Weiterbildung sowohl von Anbietern als auch Nachfragern von Erneuerungsdienstleistungen sowie durch Information. Die Wissensvermittlung ist auf die Verwendung in der täglichen Praxis ausgerichtet. Sie basiert hauptsächlich auf Publikationen, Kursen und Veranstaltungen. Interessenten können sich über das breitgefä-

cherte, zielgruppenorientierte Weiterbildungsangebot in der Zeitschrift IMPULS informieren. Sie erscheint zwei- bis dreimal jährlich und ist (im Abonnement) beim Bundesamt für Konjunkturfragen, 3003 Bern, gratis erhältlich.

Jedem Kurs- oder Veranstaltungsteilnehmer wird jeweils eine Dokumentation abgegeben. Diese besteht zur Hauptsache aus der für den entsprechenden Anlass erarbeiteten Fachpublikation. Die Publikationen können auch bei der Eidg. Drucksachen- und Materialzentrale (EDMZ), 3000 Bern, bestellt werden.

Zuständigkeiten

Um das ambitionierte Bildungsprogramm bewältigen zu können, wurde ein Umsetzungskonzept gewählt, das neben der kompetenten Bearbeitung durch Spezialisten auch die Beachtung der vielen Schnittstellen in der Bauerhaltung und -erneuerung sowie die erforderliche Abstützung bei Verbänden und Schulen der beteiligten Branchen sicherstellt. Eine aus Vertretern der interessierten Verbände, Schulen und Organisationen bestehende Kommission legt die Inhalte des Programms fest und stellt die Koordination mit den übrigen Aktivitäten im Bereich der Bauerneuerung sicher. Branchenorganisationen übernehmen auch die Durchführung der Weiterbildungs- und Informationsangebote. Für die Vorbereitung ist das Projektleitungsteam (Reto Lang, Andreas Bouvard, Dr. Niklaus Kohler, Dr. Gustave E. Marchand, Ernst Meier, Dr. Dieter Schmid, Rolf Sägesser, Hannes Wüest und Eric Mosimann, BFK) verantwortlich. Die Hauptarbeit wird durch Arbeitsgruppen erbracht, die zeitlich und kostenmässig definierte Einzelaufgaben zu lösen haben.

Dokumentation

Die Zustandserfassung bildet die Grundlage für alle Erhaltungsmassnahmen – Unterhalt, Instandhaltung und Erneuerung. Das Handbuch über Untersuchungstechniken im Tief- und Ingenieurbau befasst sich mit den Hilfsmitteln, die der Ingenieur für die Erfassung des Zustandes eines Bauwerkes benützt. Das Handbuch ist als Nachschlagewerk konzipiert. Ein Team von Autoren hat umfangreiche, sonst nur schwer zugängliche Informationen über Untersuchungstechniken zusammen-

getragen. Das Handbuch richtet sich primär an Ingenieure, die sich mit der Vorbereitung und Durchführung von Bauwerksuntersuchungen befasst.

Grossen Wert wird auf eine gesamtheitliche Betrachtungsweise gelegt. Neben den Untersuchungstechniken, die bei Ingenieurbauwerken zur Anwendung gelangen, werden auch solche, die bei Strassen und Leitungsnetzen zum Einsatz kommen können, behandelt.

Untersuchungstechniken können sinnvoll nur in einem sorgfältig erarbeiteten Konzept für die Zustandserfassung und -beurteilung Anwendung finden. Das Handbuch gibt dazu Hinweise. Zur Problematik der Zustandserfassung plant der Fachbereich Tiefbau des IP Bau weitere Aktivitäten. Ein ähnliches, aber auf die spezifischen Probleme des Hochbaues ausgerichtetes Handbuch befindet sich in Vorbereitung.

Nach einer Vernehmlassung und dem Anwendungstest in einer Pilotveranstaltung ist die vorlie-

gende Dokumentation sorgfältig überarbeitet worden. Dennoch hatten die Autoren freie Hand, unterschiedliche Ansichten über einzelne Fragen nach eigenem Ermessen zu beurteilen und zu berücksichtigen. Sie tragen denn auch die Verantwortung für die Texte. Unzulänglichkeiten, die sich bei der praktischen Anwendung ergeben, können bei einer allfälligen Überarbeitung behoben werden. Anregungen nehmen das Bundesamt für Konjunkturfragen oder der verantwortliche Redaktor/Kursleiter (vgl. S. 2) entgegen.

Für die wertvolle Mitarbeit zum Gelingen der vorliegenden Publikation sei an dieser Stelle allen Beteiligten bestens gedankt.

März 1991

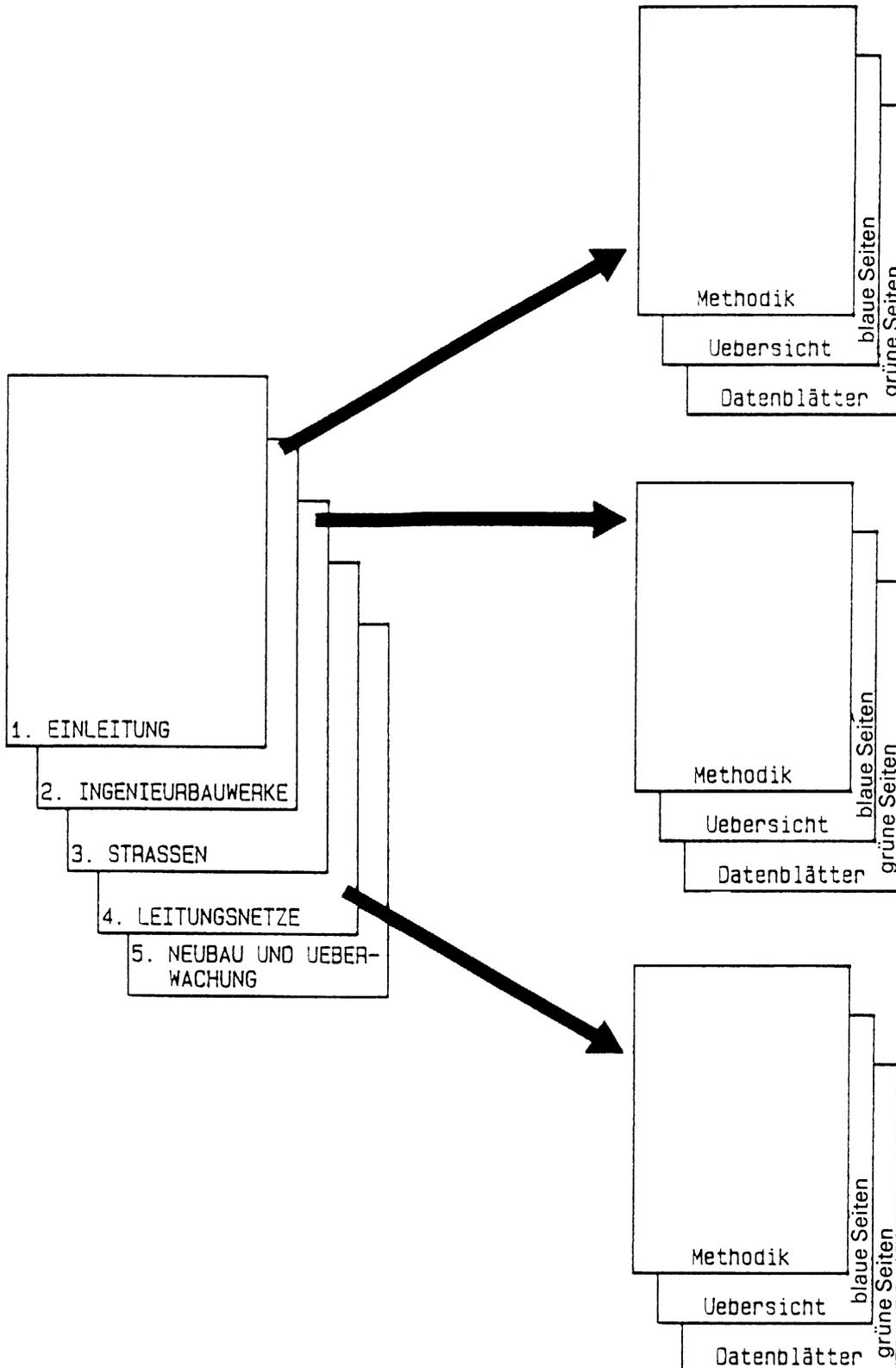
Dr. H. Kneubühler
Stv. Direktor des Bundesamtes für Konjunkturfragen

Inhalt

	Seite
Wo finde ich was?	6
<hr/>	
Inhaltsverzeichnis	7

Wo finde ich was?

Eine Orientierungshilfe zum Handbuch über Untersuchungstechniken

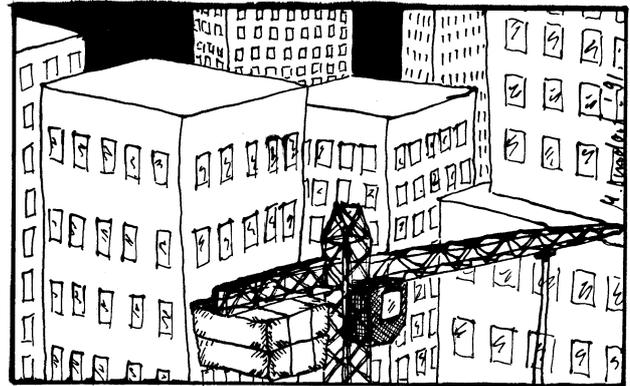
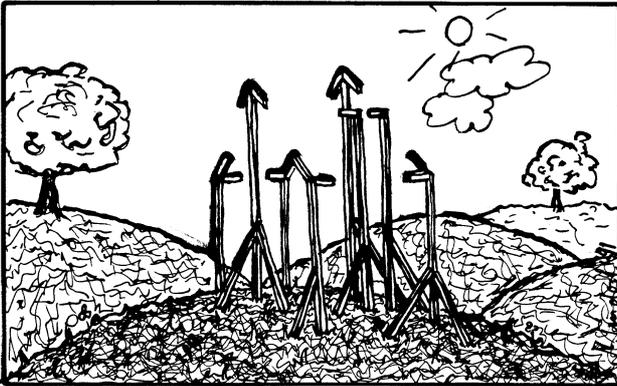


Inhalt

	Seite
Wo finde ich was?	6
<hr/>	
1 Einleitung	8
<hr/>	
2 Ingenieurbauwerke	15
2.1 Untersuchungsmethodik für Ingenieurbauwerke	18
2.2 Visuelle Untersuchung von Bauwerken	25
2.3 Checklisten zur visuellen Untersuchung	30
2.4 Planung und Beurteilung von Messungen	34
2.5 Übersicht über Untersuchungstechniken	43
2.6 Datenblätter zu Untersuchungstechniken	59
<hr/>	
3 Strassen	101
3.1 Untersuchungsmethodik für Strassen	104
3.2 Übersicht über Untersuchungstechniken	109
3.3 Datenblätter zu Untersuchungstechniken	113
<hr/>	
4 Leitungsnetze	129
4.1 Untersuchungsmethodik für Leitungsnetze	132
4.2 Übersicht über Untersuchungstechniken	135
4.3 Datenblätter zu Untersuchungstechniken	143
<hr/>	
5 Neubau und Überwachung	169
5.1 Grundsätzliches	170
5.2 Beispiel aus dem Hochbau	175
5.3 Beispiele aus dem Brückenbau	176
<hr/>	
6 Anhang	181
6.1 Sachregister	182
6.2 Abkürzungsverzeichnis	185
6.3 Abbildungsnachweis	186
6.4 Publikationen IP BAU	189

1 Einleitung

Im Laufe der achtziger Jahre hat die Bauwerkserhaltung stetig an Bedeutung gewonnen. Im Hochbau wurde im Jahre 1989 nur noch knapp die Hälfte der Investitionen für Neubauten (16 - 18 Mrd.) eingesetzt. 4 - 6 Mrd. (15 - 20 %) wurden für Ersatzneubauten, ca. 6 Mrd. (15 - 20%) für Renovationen und Unterhalt sowie weitere ca. 7 Mrd. (22 %) für Umbauten und Erneuerungen investiert. Diese Tendenz wird sich in den nächsten Jahren noch verstärken.



Vom Bauen auf der grünen Wiese zur Erhaltung der Bausubstanz

Auch bei den Normen und Richtlinien zeigt sich die zunehmende Bedeutung der Erhaltung von Bauwerken. Seit 1987 ist die SIA Empfehlung 169 in Kraft. Auch verschiedene neue Normen der VSS befassen sich mit diesem Thema. Der SVGW besitzt seit längerem Richtlinien, die sich mit Betrieb und Unterhalt von Wasser- und Gasversorgungsanlagen befassen. Der VSA ist, in Zusammenarbeit mit dem schweizerischen Städteverband, im Begriffe, Richtlinien zur Erhaltung von Abwasserentsorgungsanlagen auszuarbeiten. Ergänzend zu den nebenstehend aufgelisteten Normen und Richtlinien verwenden zahlreiche Organe und Verwaltungen (SBB, ASB, AFB, kantonale und kommunale Tiefbauämter, etc.) eigene Richtlinien für die Erhaltung.

IP-Bau, Erhaltung und Erneuerung

Das im Herbst 1989 von den eidgenössischen Räten bewilligte "Impulsprogramm Bau - Erhaltung und Erneuerung" ist eine Reaktion auf diese Veränderung in der volkswirtschaftlich äusserst bedeutungsvollen Bautätigkeit. Das Impulsprogramm hat die Aufgabe, die laufenden Bestrebungen zur Verbesserung der Kenntnisse in der Praxis zum Thema "Erhaltung der Bausubstanz" zu unterstützen. Das vorliegende "Handbuch über Untersuchungstechniken im Tief- und Ingenieurbau" ist als Hilfsmittel für den in der Bauwerksüberwachung tätigen Ingenieur konzipiert. Weitere im Fachbereich Tiefbau des IP-Bau behandelte Schwerpunkte bilden die "Erhaltung von Hochleistungsstrassen" (Stichwort: Bauen unter Verkehr), der "Kommunale Tiefbau", "Technologien", das "Kostenmanagement bei Erhaltungsaufgaben", etc.. Zu diesen Themen wird das IP-Bau in nächster Zeit mit weiteren Veranstaltungen, Kursen und Dokumentationen an die Öffentlichkeit treten. Die verschiedenen Schwerpunkte des IP-Bau sind aufeinander abgestimmt und ergänzen sich gegenseitig. Es ist nicht das Ziel des IP-Bau, alle Fragen um die Erhaltung und Erneuerung der Bausubstanz zu bearbeiten. Die Schwerpunkte werden unter anderem nach ihrer volkswirtschaftlichen Bedeutung ausgewählt.

SIA:

SIA Empfehlung 169 (1987),
Erhaltung von Ingenieur-Bauwerken.

VSS:

SN 640 900 (1989),
Management der Strassenerhaltung.

SN 640 925 (1990),
Zustandserfassung und Bewertung von
Strassen.

SN 640 930 (1989),
Gesamtbeurteilung des Zustandes von
Kunstabauten.

SVGW:

W7 (1988),
Richtlinien für die Renovation von Wasserreservoirs.

W8 (1988),
Richtlinien für die Kontrolle und Reinigung
von Wasserreservoirs.

W 12 (1971),
Richtlinie für die Überwachung und den
Unterhalt von Wasserversorgungsanlagen.

G 2 (1986),
Richtlinien für den Bau, Unterhalt und Betrieb
von Gasleitungen mit Betriebsdruck bis 5 bar.

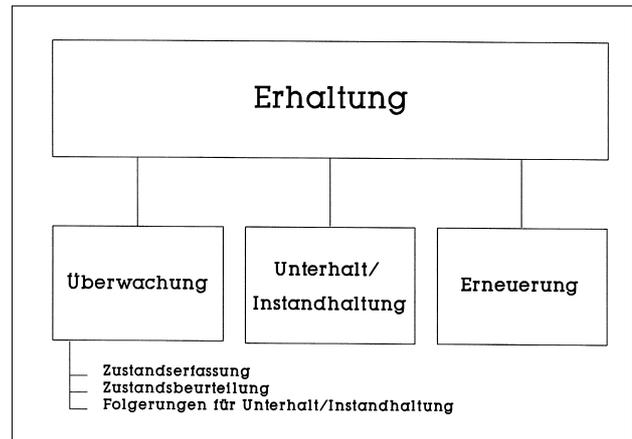
VSA/Städteverband:

Richtlinie für den Unterhalt von Leitungen
und Anlagen der Kanalisation und Grund-
stückentwässerung (in Bearbeitung).

Normen und Richtlinien zur Erhaltung der Bausubstanz

Begriffe

Die Definition aus der Empfehlung SIA 169 (Kasten) unterscheidet innerhalb der Erhaltung die Unterbegriffe Überwachung, Unterhalt/Instandhaltung und Erneuerung. Die Überwachung ist eine Tätigkeit, die anderen Erhaltungsmaßnahmen immer vorausgeht. Sie gliedert sich in die Zustandserfassung (Ist-Zustand), die Zustandsbeurteilung (Vergleich Ist-Zustand mit Soll-Zustand) und das Aufzeigen der Folgerungen für Unterhalt/Instandhaltung und Erneuerung. Andere Fachbereiche (zB. VSS, etc.) verwenden teilweise von der Empfehlung SIA 169 abweichende Begriffsdefinitionen.



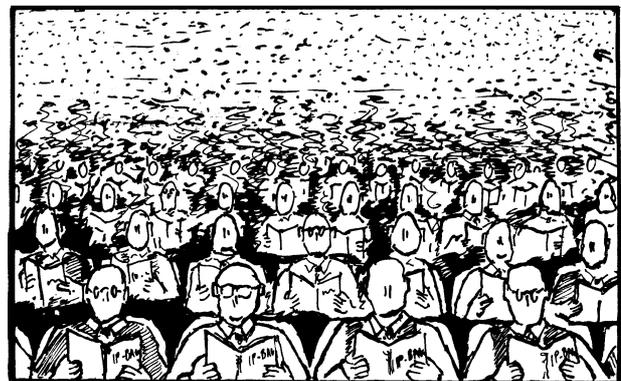
Organisation und Begriffe nach SIA E 169

Untersuchungstechniken

Für die Ermittlung des Ist-Zustandes bedient sich der Ingenieur vielerlei Hilfsmittel. Allen voran verwendet er seine Sinne (Augen, Hände, Ohren), um den Zustand eines Bauwerkes zu eruieren. In den letzten Jahren haben aber auch zahlreiche spezifische Untersuchungstechniken in der Zustandserfassung Einzug gehalten. Mit diesen Hilfsmitteln befasst sich das vorliegende Handbuch.

Zielpublikum

Das Handbuch richtet sich an Ingenieure und andere Fachleute, die sich im Tief- und Ingenieurbau mit der Zustandserfassung beschäftigen. Nach einer gewissen Einarbeitung kann das Handbuch im Sinne eines Nachschlagewerkes manche Frage rasch und aussagekräftig beantworten.



Zielsetzung des Handbuches

Die Entwicklung im Bauwesen hat in den vergangenen 30 Jahren zu einer starken Spezialisierung geführt. Diese Spezialisierung betrifft einerseits die Bauwerksarten, mit denen sich ein Baufachmann beschäftigt, andererseits hat aber eine viel weitergehendere Aufteilung der Arbeiten in Projektierung, Bauleitung, Untersuchung, Prüfung, Wartung, Unterhalt, etc. stattgefunden. Zusammen mit dem ins beinahe Unermessliche gewachsenen Umfang des Wissens erschwert diese Spezialisierung die Übersicht. Oft sind auch die Grundlagen für das gegenseitige Verständnis verschiedener, an der gleichen Arbeit beteiligten Fachleute nicht vorhanden. Solche Umstände können den Erfolg eines Projektes beeinträchtigen oder sogar in Frage stellen. Das vorliegende Handbuch leistet in dieser Situation eine wichtige Informationsaufgabe. Es stellt den verschiedenen an



der Zustandserfassung beteiligten Fachleuten grundlegende Informationen zu zahlreichen Untersuchungstechniken zur Verfügung und vermittelt einen Überblick über Untersuchungstechniken für Ingenieurbauwerke, Strassen und Leitungsnetze.

Zerstörungsfeie und zerstörungsarme Untersuchungstechniken bilden das Schwergewicht der Darstellung. *Übersichtstabellen* (blaue Seiten) geben Auskunft, welche Untersuchungstechniken für die Untersuchung einer bestimmten Konstruktion oder eines Baustoffes in Frage kommen können. Die Tabellen bilden den Einstieg ins Handbuch. Ausgewählte Untersuchungstechniken sind in den *Datenblättern* (grüne Seiten) näher erläutert. Aus einem Datenblatt gewinnt der Leser Grundinformationen zur dargestellten Untersuchungstechnik. Das Datenblatt ist aber keine Gebrauchsanweisung. Anhand der Grundinformationen lässt sich in der Planungsphase entscheiden, ob eine Untersuchungstechnik einen Beitrag zur Zustandserfassung leisten kann oder nicht. Für den Ingenieur haben die Grundinformationen insbesondere auch eine Bedeutung im Hinblick auf Gespräche mit den für die Untersuchung beigezogenen Spezialisten.

Untersuchungstechniken bilden im Rahmen einer Zustandserfassung Hilfswerkzeuge, die dem Ingenieur wichtige zusätzliche Informationen liefern können. Für die Qualität einer Zustandserfassung sind aber die richtige Planung und ein systematisches Vorgehen von grundlegender Bedeutung. Die Darstellung der Untersuchungstechniken ist im Handbuch deshalb ergänzt durch Beiträge zur "Untersuchungsmethodik" und im Falle der Ingenieurbauwerke zu den Themen "Visuelle Untersuchung" und "Planung und Beurteilung von Messungen".

Die Auswahl der in den Datenblättern erläuterten Untersuchungstechniken erfolgte nach verschiedenen Kriterien. Im Zentrum der Darstellungen stehen in der Schweiz verbreitet angewandte, als praxistauglich anerkannte Untersuchungstechniken. Bereits in Normen ausführlich beschriebene Untersuchungstechniken werden jedoch nicht nochmals erläutert. Aus verschiedenen Diskussionen hat sich gezeigt, dass unter den Praktikern ein grosses Informationsbedürfnis zu einigen aufwendigeren, meist in Spezialfällen eingesetzten Techniken (z.B. Ultraschall, Infrarotthermographie, Georadar, etc.) besteht. Diesem Bedürfnis wurde mit den entsprechenden Datenblättern Rechnung getragen. Eine Anzahl weiterer Datenblätter (Visuelle Untersuchung/Augenschein, Probeentnahme/Laborauftrag, Boden- und Felsanker, Holzkonstruktionen, Korrosion von Leitungsnetzen) weichen von der üblichen Struktur ab. Die

Voraussetzung für die Anwendung jeder auch noch so einfachen Untersuchungstechnik ist eine gründliche Instruktion und entsprechende Erfahrung. Die Erläuterungen im Handbuch dürfen nicht als Gebrauchsanweisung missbraucht werden!

Hinweis und Warnung

behandelten Problemkreise haben bei der Zustandserfassung eine grosse Bedeutung, weshalb es den Verfassern angezeigt erschien, dem Leser in diesen Fällen etwas anders aufgebaute Informationen zu vermitteln. Die Reihenfolge der Datenblätter richtet sich nach der Reihenfolge des Erscheinens der Stichworte in den Übersichtstabellen.

Abgrenzung des Handbuches

Das Handbuch ergänzt bestehende Normen oder Richtlinien. Im Unterschied zu diesen in der Regel auf einen spezifischen Fachbereich ausgerichteten Hilfsmitteln, informiert das Handbuch übergreifend über die verschiedenen Teilgebiete - Ingenieurbauwerke, Strassen, Leitungsnetze. Dies entspricht der Realität der Zustandserfassung. Wohl steht in den meisten Aufgabenstellungen ein Bauwerkstyp im Vordergrund, doch sind meist andere Teilgebiete ebenso zu berücksichtigen.

Es wäre unmöglich und auch wenig sinnvoll, in einem solchen Handbuch Vollständigkeit anzustreben. Der Aufwand würde im Verhältnis zum gewonnenen Nutzen unverhältnismässig anwachsen. Die Übersichtlichkeit der Information ginge zudem verloren. Diese Beschränkung zeigt sich insbesondere im Teilgebiet der Leitungsnetze. Es werden dort die Kanalisations-, Wasserversorgungs- und Niederdruckgasversorgungsnetze behandelt. Auf die Behandlung weiterer Netze (z.B.: Elektrizitäts-, Telefon-, Fernheizungsnetze, Erdungsanlagen, etc.) wurde bewusst verzichtet. Die behandelten Leitungsnetze stellen ein beträchtliches Investitionsvolumen dar, das sich auf eine grosse Zahl unterschiedlich organisierter Bauherren verteilt. Bei der Erhaltung dieser Netze kommen zudem häufiger als bei anderen Netzen private Ingenieurbüros zum Einsatz. Das Schwergewicht liegt auf zerstörungsfreien und zerstörungssarmen, in der Praxis bewährten Untersuchungstechniken. Auf Laboruntersuchungen wird hingewiesen, aber nicht näher eingegangen. Das abschliessende Kapitel "Neubau und Überwachung" weicht von der Thematik des IP-Bau ab. Im Laufe der Erarbeitung des Handbuches hat sich in den Diskussionen sehr deutlich gezeigt, dass während der Projektierung und Ausführung eines Bauwerkes die entscheidenden Weichen für die Überwachung gestellt werden. Einige Ratschläge zu diesem Thema schienen den Autoren angebracht.

Ingenieurbauwerke

Untersuchungstechniken für die Zustandserfassung bei Bauwerken des Tief- und Ingenieurbauwes (vorwiegend Einzelobjekte).

Das Handbuch behandelt die Zustandserfassung der sicherheitsrelevanten Bauteile. Bauphysikalische und ästhetische Problemstellungen werden nicht behandelt (vgl. dazu die entsprechende Publikation des Fachbereiches Hochbau des IP-Bau).

Strassen

Untersuchungstechniken für die Zustandserfassung (Tragfähigkeit, Charakteristiken der Fahrbahnoberfläche) bei dem Verkehr dienenden Flächen.

Leitungsnetze

Untersuchungstechniken für die Zustandserfassung von Kanalisations- sowie Wasser- und Gasversorgungsnetzen (Niederdruck). Weitere Leitungsnetze werden nicht behandelt.

Teilgebiete des Handbuches

Die Erscheinungsform des Handbuches in gebundener Buchform wurde bewusst gewählt. Die Erfahrung zeigt nämlich, dass eine allfällige Aktualisierung der Unterlagen am zweckmässigsten durch eine überarbeitete Neuauflage erfolgt. Mit der Buchform ist für den Benützer die dauernde Vollständigkeit der Unterlagen am ehesten sichergestellt.

Schlussbemerkung

Das "Handbuch über Untersuchungstechniken im Tief- und Ingenieurbau" liegt vor Ihnen. Die Autoren haben sich bemüht, Ihnen mit umfassenden Informationen ein Hilfsmittel für die tägliche Arbeit in die Hand zu geben. Niemand kann Ihnen aber ein Rezept geben, wie Ihre spezifischen Probleme bei der Zustandserfassung angepackt und gelöst werden können. Das Ziel ist erreicht, wenn Ihnen das Handbuch die erforderlichen Grundinformationen und Anregungen für Ihre ingenieurmässige Lösung vermitteln kann. Die Thematik der Zustandserfassung und Zustandsbeurteilung wird im IP-Bau auch zukünftig ein Schwergewicht bilden. Sie dürfen also in naher Zukunft weitere Aktivitäten in diesem Bereich erwarten.



Kreative, ingenieurmässige Lösungen sind gefragt!

Literatur

1. Schmitz H. et al.: Verfahren/Geräte zur Erfassung von Bauschäden, Anwendungsmöglichkeiten, Praxistauglichkeiten, Kosten; Landesinstitut für Bauwesen und angewandte Bauschadensforschung, Theaterplatz 14, D-5100 Aachen, 1987.
2. Schickert G. et al.: ZfPBau-Kompendium, Studie zur Anwendung zerstörungsfreier Prüfverfahren bei Ingenieurbauwerken; Forschungsbericht Nr. 177, Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung, Berlin, erscheint voraussichtlich im Sommer 1991.

Persönliche Notizen:

2 Ingenieurbauwerke

Ingenieurbauwerke, Definition und Abgrenzung	17
2.1 Untersuchungsmethodik für Ingenieurbauwerke	18
2.2 Visuelle Untersuchung von Bauwerken	25
2.3 Checklisten zur visuellen Untersuchung	30
2.4 Planung und Beurteilung von Messungen	34
2.5 Übersicht über Untersuchungstechniken	43
2.6 Datenblätter zu Untersuchungstechniken	59

Persönliche Notizen:

2 Ingenieurbauwerke

Ingenieurbauwerke, Definition und Abgrenzung

Der Begriff "Ingenieurbauwerke" wird im Handbuch in Anlehnung an die SIA Empfehlung 169, "Erhaltung von Ingenieur-Bauwerken" verwendet. Die unter diesem Begriff eingeordneten Bauwerke werden vorwiegend als Einzelobjekte erstellt. Ihre Projektierung und Ausführung richtet sich nach den Konstruktionsnormen des SIA. Zum Teil sind auch Richtlinien weiterer Organe zu berücksichtigen (z.B.: SBB-, PTT-, eidgenössische, kantonale und kommunale Richtlinien, Richtlinien von Verbänden, etc.). Der Standardisierungsgrad ist bei diesen Bauwerken niedrig. Bei der Realisierung wirkt in der Regel eine grosse Zahl von Beteiligten mit (Bauherr, projektierender Ingenieur, evtl. Architekt, Bauleitung, verschiedene Bauunternehmungen, etc.). Die Lebensdauer von Ingenieurbauwerken beträgt zwischen 50 und 100 Jahren. Einzelne, einem grösseren Verschleiss ausgesetzte Teile, weisen jedoch oft eine kürzere Lebensdauer auf und müssen deshalb periodisch erneuert werden. Für den Betrieb und die Erhaltung der Ingenieurbauwerke ist in der Regel ein klar definierter Eigentümer zuständig und verantwortlich. Einem Ingenieurbauwerk sind alle Einzelteile zuzuordnen, welche für das Gleichgewicht und die Formerhaltung notwendig sind oder bei deren Versagen Menschenleben gefährdet werden können (Foundationen, Aufhängungen, Verkleidungen, Verankerungen, etc.). Die Zugänglichkeit für die Untersuchung von Ingenieurbauwerken ist sehr unterschiedlich. Oft bildet die minimale Beeinträchtigung des Betriebes bei der Untersuchung eine wichtige Randbedingung.

*Beispiele von Ingenieurbauwerken:
Hochbauten, Brücken, Tunnels, Stützmauern,
Wasserbauten, Böschungs- und Felssicherungen,
sowie auch Abwasserreinigungs-,
Wasseraufbereitungsanlagen, etc.*

2.1 Untersuchungsmethodik für Ingenieurbauwerke

Begriffe und Zielsetzung

Die Überwachung von Ingenieurbauwerken ist in der Empfehlung SIA 169 (Lit. 1) umschrieben (Kasten). Die entsprechende Norm der VSS (Lit. 2) verwendet aus verschiedenen Gründen von Lit. 1 etwas abweichende Begriffe. Wie in der Einleitung erwähnt, werden nachfolgend die Begriffsdefinitionen der SIA-Empfehlung (Lit. 1) verwendet. Diese Empfehlung unterscheidet bei der Überwachung zwischen Dauerüberwachung und periodischer Überwachung.

Dauerüberwachung: "Feststellen der Gebrauchstauglichkeit (Betriebsbereitschaft) durch häufige oder dauernde Kontrollen" (Lit. 1).

Periodische Überwachung: "Feststellen und Beurteilen des Zustandes durch Inspektion mit festgelegten Zeitintervallen" (Lit. 1).

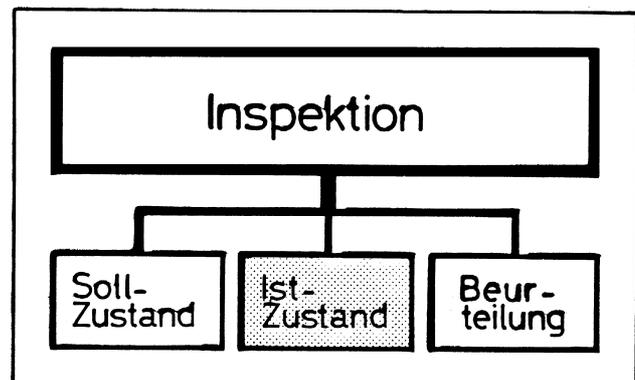
Die Bauwerksuntersuchung erfolgt im Rahmen der periodischen Überwachung von Ingenieurbauwerken. Im Unterschied zur Dauerüberwachung umfasst die **periodische Überwachung das Feststellen und Beurteilen des Zustandes durch Inspektion** in festgelegten Zeitintervallen. Aus der Inspektion soll hervorgehen, ob Zustand, Verhalten und Nutzung des Bauwerkes den Nutzungsanweisungen entsprechen. Es werden drei Formen von Inspektion unterschieden (Kasten). Im Rahmen einer Inspektion wird der Ist-Zustand (Zustand des Bauwerkes, Verhalten und Nutzung) stufenweise erhoben und mit dem Soll-Zustand (abgeleitet von den Nutzungsanweisungen) verglichen. Entsprechend erfolgt eine stufenweise Beurteilung der momentanen und der mutmasslich zukünftigen Entwicklung der Tragsicherheit und Gebrauchstauglichkeit. Dabei müssen auch Veränderungen der Einwirkungen und der unmittelbaren Umgebung des Bauwerkes miteinbezogen werden. Dies bedeutet beispielsweise, dass die im Nutzungs- und Sicherheitsplan aufgeführten Belastungsannahmen (Lasten, Baugrund, Wasserspiegel, etc.) kontrolliert werden. Veränderungen an Baustoffen oder -systemen während der Gebrauchsdauer sind ebenfalls zu beachten.

Empfehlung SIA 169: Definition der Überwachung

"Die Überwachung hat zum Ziel, Mängel, Beschädigungen und Veränderungen am Bauwerk oder an seiner unmittelbaren Umgebung, die Personen- und Sachschäden nach sich ziehen könnten, rechtzeitig zu erkennen. Die Überwachung soll gleichzeitig alle für den Unterhalt erforderlichen Angaben bereitstellen."

Empfehlung SIA 169: Formen der Inspektion

- Hauptinspektionen
- Zwischeninspektionen
- Sonderinspektionen



Organigramm der Inspektion

Aus dieser Zielsetzung ergibt sich die Gliederung der Inspektion im Rahmen der periodischen Überwachung von Ingenieur-Bauwerken in:

- Definition Soll-Zustand
- Erhebung Ist-Zustand
- Zustandsbeurteilung

Die Bauwerksuntersuchung beschäftigt sich mit der Erhebung des Ist-Zustandes, worauf nachfolgend näher eingegangen wird. Um einen Überblick zu vermitteln, wird in den nebenstehenden Kästen der Soll-Zustand und die Zustandsbeurteilung umschrieben.

Die Informationen, die anlässlich einer Bauwerksuntersuchung gewonnen werden, bilden die notwendige, unmittelbare Grundlage für die Auslösung und Auswahl möglicher Sofort-, Unterhalts- und Instandsetzungsmassnahmen. Nötigenfalls muss eine Verstärkung oder Erneuerung des Bauwerks oder eines Bauwerkteiles angeordnet werden. Als Sofortmassnahmen sind auch Nutzungseinschränkungen möglich.

Es besteht somit offensichtlich eine Wechselwirkung zwischen Bauwerksuntersuchung/Inspektion und durchgeführten Massnahmen einerseits, Folgen auf die Nutzung andererseits.

Wichtige Aspekte

Einwirkungen und Konstruktion

Ausschlaggebend bei der Bauwerksuntersuchung sind genaue Kenntnisse der Einwirkungen auf das Bauwerk, der Konstruktion und der Eigenschaften der verwendeten Materialien.

Die Ausdehnung des Bauwerkes/-teiles

Da ein Bauwerk in der Regel ein Unikat darstellt, das von einem stets neu zusammengesetzten Team von Fachleuten auf Anhieb erstellt wird und vielfach einzelne Baustoffe (wie z.B. Beton) unmittelbar auf der Baustelle hergestellt werden, sind die Schwankungsbreiten spezifischer Baustoffeigenschaften am Bauwerk verständlicherweise gross. In der Zeit der grossen Bauproduktion der 50er und 60er Jahre kam dieser Sachverhalt noch stärker zum Tragen. Die zunehmende Umweltbelastung und die intensivierete Nutzung haben die

Soll-Zustand

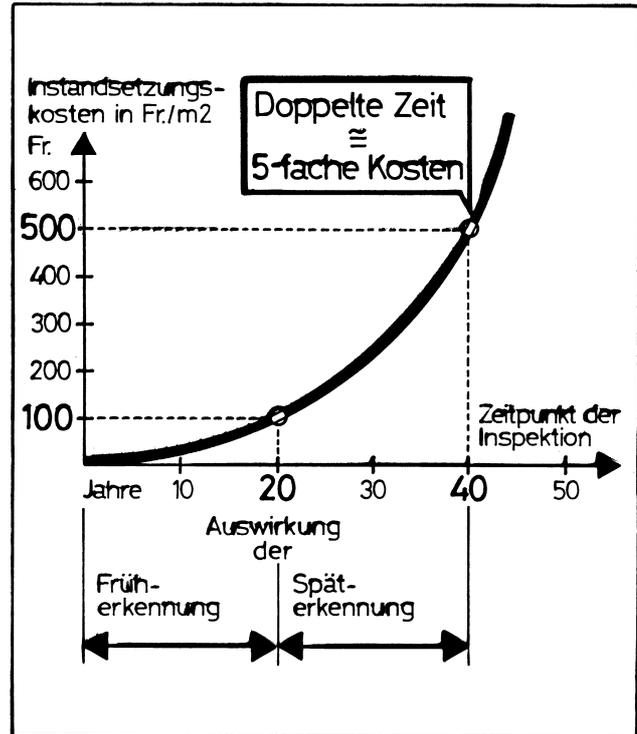
Der Soll-Zustand ist dem Bauwerksbuch (Lit. 1) zu entnehmen. Falls dieses fehlt oder unvollständig vorliegt, ist der Soll-Zustand den Erfordernissen des Bauwerkes entsprechend zu definieren. Bei wenig bedeutungsvollen und nicht komplexen Bauwerken kann sich der Soll-Zustand auf die Beschreibung der erforderlichen Funktionen beschränken.

Zustandsbeurteilung

Die Zustandsbeurteilung liefert die Entscheidungsgrundlagen für die Auslösung allfälliger Sofortmassnahmen zur Gewährleistung der Tragsicherheit. Sie begründet die Notwendigkeit einer Instandsetzung des Bauwerkes, beschreibt die dazugehörigen Erfordernisse und Massnahmen. Sie umfasst:

- Bewertung des Ist- und Soll-Zustandes
- Beurteilung der Abweichungen des Ist- bzw. Soll-Zustandes
- Beurteilung der Schadenursachen
- Beurteilung der Schadenrisiken
- Sofortmassnahmen
- Erfordernisse und Massnahmen für die Instandsetzung

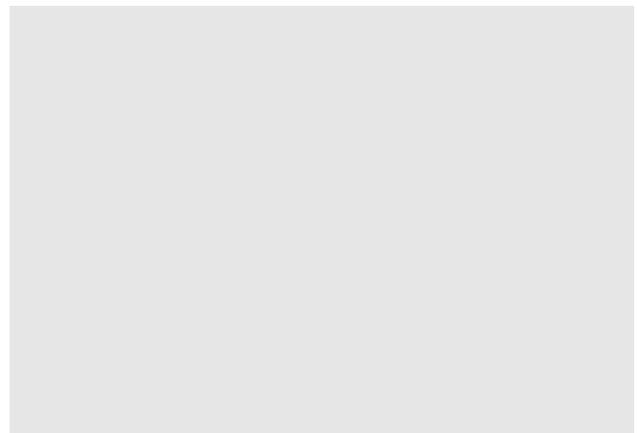
Einwirkungen auf Bauwerke und Baustoffe beeinflusst. Aufgrund dieses Wechselspieles zwischen Baustoffeigenschaften und Einwirkungen kann bei der Inspektion eines Bauwerkes grundsätzlich nicht mit einem homogenen Zustand gerechnet werden. In der Regel herrscht Unsicherheit darüber, welche Teile eines Bauwerkes intakt sind und welche Teile Schäden aufweisen. Da sich die Schadenausbreitung nicht linear entwickelt, ist die Früherkennung von Schäden von ausschlaggebender Bedeutung.



Früh-/Späterkennung von Schäden

Die Untersuchung des Ist-Zustandes hat sich demnach grundsätzlich mit dem Bauwerk in seiner ganzen Ausdehnung zu befassen. Auch die unmittelbare Umgebung ist miteinzubeziehen. Der Untersuchende muss sich mit der Gesamtlänge, der Gesamtbreite sowie mit der vollen Tiefe des Bauwerkes auseinandersetzen. Oft ist die Zugänglichkeit zu allen Bauwerksteilen nicht ohne weiteres gegeben und kann nur durch Hilfsmittel (z.B. Gerüste, Leitern, Hebebühnen, etc.) bewerkstelligt werden, allenfalls können sogar nur Stichproben durchgeführt werden.

Diese Besonderheiten müssen zu Beginn einer Inspektion erkannt werden. Sie erfordern ein entsprechendes Vorgehen (Inspektionsplan) und gegebenenfalls eine vernünftige Beschränkung anhand von Prioritäten.



Zugänglichkeit

Unterschiede bei den Untersuchungstechniken

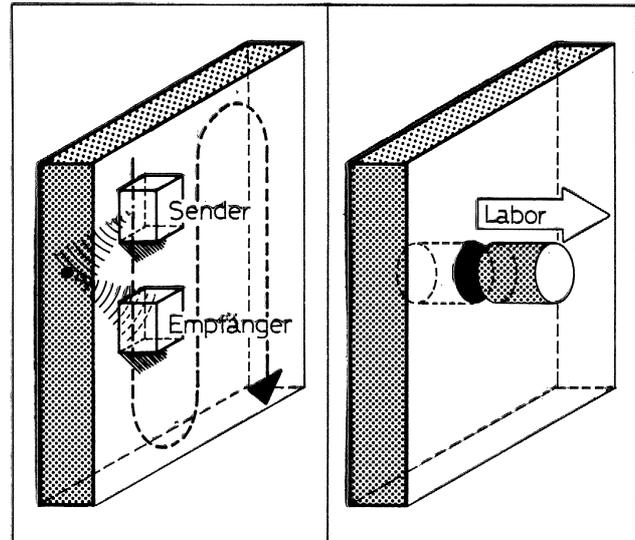
Am Bauwerk können Untersuchungstechniken angewandt werden, die zerstörungsfrei (keinerlei Beschädigung) oder zerstörend wirken. Unter letztere fallen alle Untersuchungen, die eine Entnahme von Proben (z.B. Bohrkern) und/oder das Öffnen eigentlicher Beobachtungsfenster und Sondagen erfordern. Laborprüfungen an Bauwerksproben erfordern eine Probeentnahme. Sie liefern in der Regel relativ genaue Resultate der gesuchten Zielgrösse. Allerdings gelten die Resultate nur für die untersuchten Prüfkörper. Für Rückschlüsse auf das ganze Bauwerk oder Bauteil ist die Anzahl und die Verteilung der Probeentnahmestellen der vermuteten Streuung der Baustoffeigenschaften im Bauteil anzupassen, wobei die Grundsätze für eine statistische Abstützung der Untersuchungen möglichst zu beachten sind (siehe auch: Planung und Beurteilung von Messungen, → S. 34).

Zerstörende Untersuchungstechniken sind oft die einzige Möglichkeit, um eine verlässliche Aussage über die Baustoffeigenschaften und den Bauwerkszustand im Inneren, also in der Tiefe eines Bauteiles zu gewinnen. Auch hier zeigt sich jedoch die Problematik der Übertragung der gewonnenen Information auf das Gesamtbauwerk.

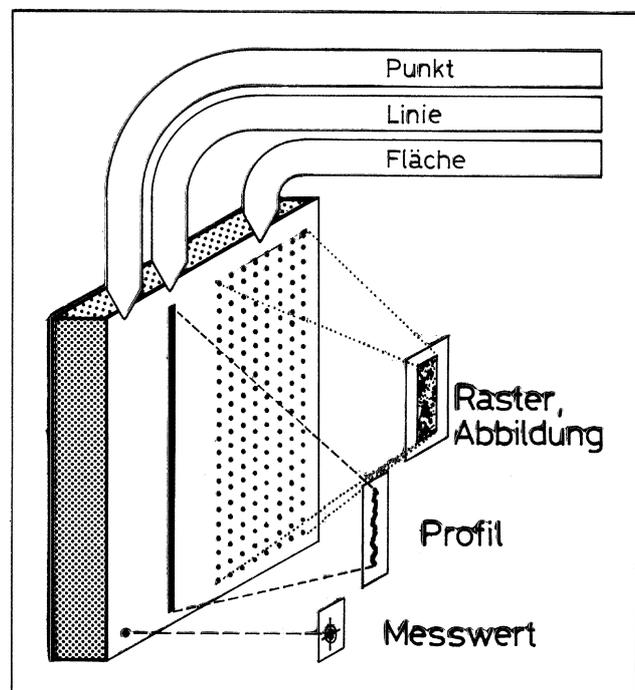
Zerstörungsfreie Untersuchungen basieren in der Regel auf Punktmessungen innerhalb eines bestimmten Rasters oder bewegen sich kontinuierlich entlang einer gewählten Linie (Messprofil). Einzelne Untersuchungstechniken (visuelle Untersuchung, Thermographie, etc.) erfassen in einem Arbeitsgang Teilflächen eines Bauwerkes, wobei die Ausdehnung der Flächenerfassung stark variiert. Je nach gewählter Methode liefern die zerstörungsfreien Untersuchungen somit Resultate mit folgenden Flächenmerkmalen:

- Einzelpunktmessungen, allenfalls in einem grossmaschigen Raster
- Profilmessungen
- Punktmessungen mit feinmaschigem, flächendeckendem Raster
- flächendeckende Messungen

Mit zerstörungsfreien Untersuchungen kann demnach leichter eine Information über eine Fläche (Länge, Breite) gewonnen werden, andererseits sind deren Aussagen über das Innere (Tiefe) eines untersuchten Bauteiles im Vergleich mit zerstörenden Untersuchungen meist eingeschränkt.

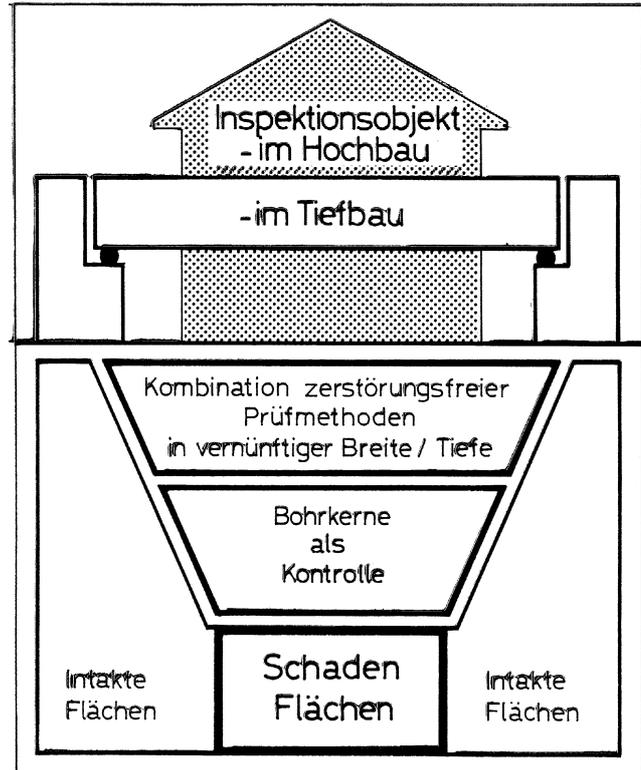


Zerörungsfreie/zerstörende Untersuchung



Flächenmerkmale

Die am Objekt erfassten Messresultate der zerstörungsfreien Untersuchungen liefern Aussagen über Zielgrößen, die meist nicht direkt mit den gesuchten Zielgrößen übereinstimmen. Der Rückschluss auf die gesuchte Zielgröße muss mit einer gesicherten Interpretation bewerkstelligt werden. Zudem sind die gemessenen oder erfassten Resultate meist bereits durch verschiedene Randbedingungen beeinflusst. Die Berücksichtigung dieser Einflussgrößen und auch der messtechnischen Unschärfe der zerstörungsfreien Untersuchungen setzen entsprechende Erfahrung voraus. Für komplexe Untersuchungsmethoden ist der Einsatz von Spezialisten notwendig. Zerstörungsfreie Untersuchungen werden nur in Ausnahmefällen als einzige Methode angewendet. Sinnvoll ist in der Regel eine (begründete) Kombination verschiedener Untersuchungstechniken, wobei deren Resultate mit (gezielt) ausgewählten Bohrkernen und Laborprüfungen und/oder mittels Beobachtungsfenster geeicht werden. Die einfacheren und kostengünstigeren, zerstörungsfreien Untersuchungstechniken werden bei diesem Vorgehen oft zum Aufspüren der relevanten Stellen (Schadenschwerpunkte, etc.) eingesetzt, an denen dann mit wenigen zerstörenden Untersuchungstechniken die notwendigen Informationen gewonnen werden.



(Aussage)-Sicherheit gewinnen

Erfassung des Ist-Zustandes

Die Definition des Ist-Zustandes (Kasten) und die darin enthaltene Zielsetzung für die Bauwerksuntersuchung erfordern in der Planung und Durchführung von Zustandsuntersuchungen erfahrene Fachleute, wobei folgende Punkte zu berücksichtigen sind:

- Bedeutung des Bauwerkes und seiner Teile
- Anzahl und Wechselwirkung möglicher Einflussfaktoren (Konstellation der Einwirkungen) auf das Bauwerk und auf seine Teile während der Gebrauchsdauer und dem Prognosezeitraum
- Konstruktion und Materialeigenschaften
- Risiko beim Nichtentdecken von Mängeln
- Anforderungen an die Ergründung von Schadenursachen.

Ist-Zustand

Die Zustandserfassung eines Bauwerkes umfasst alle Feststellungen, die der Beurteilung der Sicherheit und Gebrauchstauglichkeit dieses Bauwerkes sowie dem Vergleich mit dem Soll-Zustand dienen. Neben der Erfassung des Momentanzustandes sind auch die Grundlagen für die Prognose der Zustandsentwicklung über einen bestimmten Zeitraum zu erarbeiten. In diesem Zusammenhang ist die Kenntnis der Ursachen der allfällig festgestellten Schäden von grundlegender Bedeutung. Dies stellt an die Zustandserfassung besondere Anforderungen.

Die Zustandsuntersuchung erfolgt in verschiedenen Stufen (Kasten), wobei aufgrund der Resultate der abgeschlossenen Untersuchungsstufen entschieden wird, ob und in welchem Umfang die Untersuchungen auszudehnen und zu vertiefen sind. Die Untersuchungen der höheren Stufen ergänzen jene der unteren Stufen, sie ersetzen sie jedoch nicht. Dieses stufenweise Vorgehen gestattet auch eine regelmässige Kontrolle des Untersuchungsaufwandes.

Aufgrund der Resultate der Stufe 0, dem Eindruck einer ersten Besichtigung und den vorhandenen örtlichen Verhältnissen (Zugänglichkeit, Absperungen, Informationsliste, Aufrechterhaltung der Nutzung, elektrische Anschlüsse, Wasseranschlüsse, etc.) wird ein Inspektionsplan mit zugehöriger Personal- und Materialliste erstellt. Grundsätzlich soll die Inspektion so durchgeführt werden, dass alle Teile des Bauwerkes sorgfältig kontrolliert werden. Haupttragelemente werden vorrangig untersucht, vermutete Schwachstellen der Konstruktion, bereits bekannte Schäden, der ursprüngliche Bauvorgang und die Zugänglichkeit werden berücksichtigt.

Die Auswahl der einzelnen Untersuchungstechniken, deren Kombination und die stufenweise Reihenfolge richtet sich nach den folgenden Kriterien:

- Gesuchte Zielgrössen und Prioritäten
- Einfachheit der Untersuchungstechnik (möglichst zerstörungsfrei)
- Flächendeckung der Aussage
- Korrelationsmöglichkeit mit anderen Untersuchungen
- Aufwendige Untersuchungstechniken

Da die visuelle Untersuchung (Stufe 1) die einfachste Untersuchungstechnik darstellt, kommt ihr eine besondere Bedeutung zu. Sie basiert auf der Sinneserfahrungen (Auge, Ohr, Tastsinn, Geruchsinn) des Untersuchenden und gibt dem erfahrenen Fachmann vielfältige Hinweise, die im weiteren Verlauf einer Bauwerksuntersuchung bedeutungsvoll sein können. Auf die visuelle Untersuchung kann nicht verzichtet werden. Für den Erfolg der visuellen Untersuchung ist die Vorbereitung und Planung entscheidend.

Die Auswahl und die Reihenfolge der übrigen Untersuchungstechniken ist von der gestellten Aufgabe abhängig und erfordert entsprechende Fachkenntnisse und Erfahrung. Jede Untersuchungsstufe muss sorgfältig vorbereitet und abgestützt auf die Ergebnisse der vorgängigen Stufe geplant werden. Hinweise zum Einsatz der Untersuchungstechniken in den verschiedenen Untersuchungsstufen gibt Lit. 2.

Stufe: Art der Untersuchung

- 0 Sammeln und Sichten von Unterlagen der Dauerüberwachung und Wartung (Bauwerksbuch und vorhandene Inspektionsgrundlagen)
- 1 Visuelle Untersuchung
- 2 Apparative Untersuchungen am Bauwerk und Untersuchungen an Prüfkörpern im Labor
- 3 Statische, geodätische und konstruktive Untersuchungen und allenfalls Belastungsversuche

Beispiele:

- Potentialmessung und
.Widerstandsmessung
.pH-Messung
.elektromagn. Prüfung
.chem. Analyse
- Rissbewegung mit Setzdehnungsmesser und
.Nivellement
.Schwingungsanalyse
.Tensometer
.Ultraschall
- Spannprobe an Bodenanker und
.Lagemessung geodätisch
.Slopeindicator
.Piezometer

Verschiedene Untersuchungstechniken ergänzen sich (Abklärung der Einflüsse), Beispiele

Literatur

1. SIA: Empfehlung SIA 169, Erhaltung von Ingenieur-Bauwerken; SIA, 1987, Zürich.
2. VSS: SN 640 930, Gesamtbeurteilung des Zustandes von Kunstbauten; VSS, 1989, Zürich.
3. Ladner M.: Zustandsuntersuchung von Bauwerken; EMPA-FA Bericht Nr. 116/3, Mai 1988, Dübendorf.
4. SIA: Merkblatt SIA 2002: Inspektion und Instandsetzung von Bauteilen aus Beton; SIA, 1990, Zürich.

2.2 Visuelle Untersuchung von Bauwerken

Früherkennung von Schäden

Unsere hohen Ansprüche an die Sicherheit und Gebrauchstauglichkeit der Bauten erfordern ein frühzeitiges Erkennen von Schäden. Diese Forderung wird unterstützt durch die volkswirtschaftliche Bedeutung der Bausubstanz. Im Gegensatz zu den Möglichkeiten des modernen Maschinenbaues, der verbreitet in die Anlagen integrierte Diagnosemöglichkeiten verwendet, sind Schäden an den Bauwerken nur durch eine Überwachung zu erkennen.

Dauerüberwachung

Die Dauerüberwachung im Sinne der Empfehlung SIA 169, "Erhaltung von Ingenieur-Bauwerken" liefert erste Hinweise auf Schäden. Diese vorsichtige Einschätzung ergibt sich aus der speziellen Zielsetzung der Dauerüberwachung. Sie stellt durch Kontrollen in erster Linie die Gebrauchstauglichkeit (Funktions- oder Betriebsbereitschaft) eines Bauwerkes sicher. Für die Feststellung und Beurteilung des Ist-Zustandes müssen periodische Überwachungen vorgesehen werden. In ähnlicher Weise liefert im Hochbau (Wohn-, Industrie-, Schul-, Verwaltungsgebäude, etc.) die Dauerüberwachung durch das Wartungspersonal (Abwarte) erste Hinweise zur Erkennung von Schäden. Eine Gewissheit über den Ist-Zustand des Bauwerkes ist nur durch eine systematische Inspektion zu erhalten.

Periodische Überwachung

Ein frühzeitiges Erkennen von Schäden kann also nur durch periodische Inspektionen (Überwachung) sichergestellt werden. Diese sind in einer ersten Stufe auf eine einfach handhabbare Untersuchungstechnik angewiesen. Aufgrund der gewonnenen Resultate soll mit vernünftigem Aufwand festgestellt werden können, ob bis zu einer nächsten Inspektion keine Erhaltungsmaßnahmen nötig sind, oder ob zusätzliche Untersuchungen angeordnet werden müssen. Gegebenenfalls muss auch das Erfordernis von Sofortmaßnahmen erkannt werden können.

Die visuelle Untersuchung (siehe auch : Untersuchungsmethodik für Ingenieurbauwerke, → S. 18) erfüllt diese Anforderungen.

- Verzeichnis der einzelnen Dokumente
- Sicherheits- und Nutzungsplan
- Nutzungsanweisungen
- Überwachungs- und Unterhaltsplan
- Pläne des ausgeführten Bauwerkes
- Technischer Bericht
- Berechnungen
- Expertenberichte
- Liste der angewendeten Normen, Ordnungen, Richtlinien und Empfehlungen
- Werkverträge und Arbeitsprotokolle
- Liste der beteiligten Unternehmer und Fachleute
- Zusammenstellung der Schlussabrechnung
- Beschreibungen und Pläne der Bauausführung
- Beschreibung und Pläne der betreffenden Baustoffe, Schutzanstriche, Abdichtungen, Beläge, Entwässerungen und Ausrüstungen
- Ergebnisse von Bewegungs- und Verformungsmessungen
- Technische Veröffentlichungen
- Dokumente rechtlicher Art

Umfang der Bauwerksakten (Empfehlung SIA 169, Ziffer 2.42)

Grobbeurteilung durch die visuelle Untersuchung:

- keine Massnahmen bis zur nächsten Inspektion
- weitere Untersuchungen notwendig (höhere Stufe)
- Sofortmassnahmen erforderlich

Zielsetzungen der visuellen Untersuchung

Umfang der visuellen Untersuchung

Die visuelle Untersuchung umfasst die Aufnahme sämtlicher, an zugänglichen Stellen mit den Sinnesorganen und einfachen Hilfsmitteln feststellbaren Schäden. Die erkannten Schäden werden bezüglich Art und Lage protokolliert. Ein Kurzkomentar zum festgestellten Schaden, ergänzt mit einer qualitativen Grobbeurteilung (unbedeutend - mässig - stark), rundet die Aufzeichnungen im Protokoll ab. Obwohl auf diesem Niveau der Zustandserfassung eine eigentliche Materialuntersuchung nicht vorgenommen wird, ist es oft empfehlenswert, die einfachsten Untersuchungen wie z.B. die stichprobenartige Überprüfung der Gleichmässigkeit der Baustoffqualität schon hier durchzuführen.

Bei ausgedehnten Bauteilen aus Beton kann es sehr hilfreich sein, im Zuge der visuellen Untersuchung mittels grobmaschiger Punktmessungen die Potentiale zu überprüfen, um einen Hinweis auf den Korrosionszustand der Armierung zu erhalten. Der Umfang der visuellen Untersuchung wird aber vor allem durch die jeweiligen Kenntnisse der Konstruktion des Bauwerkes, der vorhandenen Materialien und deren Eigenschaften bestimmt. Fehlen jegliche Informationen, so wird dies mit grosser Wahrscheinlichkeit zusätzliche Untersuchungen erfordern.

Voraussetzungen für Untersuchung durch Sinnesorgane

Im Sprachgebrauch hat sich für die Untersuchung mit den menschlichen Sinnesorganen (Auge, Ohr, Haut, Nase, Zunge) der Begriff "visuelle Untersuchung" eingebürgert. Alle Sinne, nicht nur das Auge sind in die visuelle Untersuchung miteinbezogen. Die menschlichen Sinnesorgane sind hochentwickelte und äusserst sensible Wahrnehmungsinstrumente. Ihre grösste Leistung entwickeln sie beim Aufspüren von Unterschieden (z.B. erkennen kleinster Tonintervalle, erkennen von kleinsten Farbdifferenzen als Flecken auf der Kleidung, Streicheln auf der Haut, etc.). Allen Sinnen gemeinsam ist die Notwendigkeit der Inanspruchnahme (oder des Trainings). Nur durch fortwährenden Gebrauch entfalten die Sinne ihre volle, hochstehende Sensibilität. Das Denken bildet in der Entwicklung jedes Menschen den Gegenpol zum sich frühzeitig entwickelnden Tastsinn. Die äusserst intensive Wechselwirkung zwischen den

Visuelle Untersuchung mit den Sinnesorganen und einfachen Hilfsmitteln:

- optische Prüfung und Messung durch Augenschein
- akustische Prüfung durch Abklopfen und Anschlagen
- Prüfung der Oberfläche mit dem Tastsinn
- Prüfung mit dem Geruchsinn (z.B. organische oder andere chemischen Einwirkungen)
- Prüfung mit dem Geschmacksinn (z.B. Versalzung).

Prüfungen durch Sinnesorgane

Sinnesorganen und dem Denken ist eine uralte Erfahrung. Dieses Zusammenwirken ist bei der visuellen Untersuchung von grösster Bedeutung. Die mit den Sinnen wahrgenommenen Eindrücke bewirken eine intensive Auseinandersetzung mit dem Bauwerk.

“Sehen“ und “Erkennen“

Bei der Untersuchung eines Bauwerkes müssen sich die Sinne an der zugänglichen äusseren Begrenzung orientieren. Die gewonnenen Sinneseindrücke sollen aber so differenziert sein, dass sie Hinweise auf Inhomogenitäten im Baustoff und/oder im Bauwerk liefern können. Es sollen also auch Aussagen über “Unregelmässigkeiten“ in der Tiefe des Bauwerkes gemacht werden. Die Interpretation der Sinneseindrücke (z.B. wahrgenommene Farbunterschiede) ermöglicht es, aufgrund einschlägiger Erfahrungen und Kenntnisse, die Ursachen dieser Sinneserfahrungen mehr oder weniger zutreffend zu vermuten.

Dieses Zusammenspiel zwischen aufmerksamem Erfassen einer Bauwerksoberfläche und gleichzeitigem Versuch der Erklärung der Feststellung bedarf eingehender Erfahrung. Die Praxis zeigt immer wieder, dass mit dieser Untersuchungstechnik ein Früherkennen von Schäden möglich ist, insbesondere dann, wenn nach einem gewissen Zeitintervall Veränderungen festgestellt werden. Dieser visuellen Untersuchung stellen sich aber einige Gefahren in den Weg:

- ungenügende Geduld (Zeit) für die Sinneserfassung der ganzen zugänglichen Oberfläche (notigenfalls mit Hilfsmitteln)
- innere Fixierung auf zu erwartende Erscheinungen
- Überbewerten von festgestellten Erscheinungen (fehlende Kontrollen)
- mangelhaftes Aufzeichnen und Festhalten der Feststellungen.

Werkzeug und Kleinmaterial:

- Bohrmaschine für Stein, Metall und Holz
- Spitzhammer, Handfäustel
- Meissel, Spitzeisen, Stichel, Stechbeutel
- Flach- und Beisszange
- Schraubenzieher und -schlüssel
- Engländer
- Stahldrahtbürste, Schaber, Pinsel
- Spritzflasche
- Blasbalg
- Anschlagwinkel, Senkblei
- Wasserwaage
- Messer
- Doppelmeter, Messbänder
- Schublehre, Mikrometer
- Spiegel, Zahnarztspiegel
- Schlagschnur
- Gipsmarken
- Vergösserungsglas
- Lampe

Spezielle Messgeräte:

- Thermometer, Thermo-Hygrograph
- Rissmassstäbe, Risslupe
- Drehmomentenschlüssel
- Nietkontrollhammer
- Betonhammer
- Bewehrungssuchgerät
- Indikatorlösung
- Farbpenetrationstestflüssigkeit
- Deformeter, Setzdehnungsmesser
- Halbzelle für Potentialmessung (evtl.)

Aufnahme- und Protokollierungsgeräte:

- Feldstecher, Fernrohr
- Fotoapparat mit Tele- und Weitwinkelobjektiv
- Blitzlicht zu Fotoapparat
- Notiz- und Schreibblöcke, Formulare
- div. Schreibmaterial (Filz-, Blei-, Farbstifte, Fettkreiden, Radiergummi, Tipp-Ex, etc.)
- div. Büromaterial wie Klebstreifen, etc.
- Behälter für Material- und Wasserproben mit Etiketten
- Tonbandgerät (Taschengerät)

Untersuchungsausrüstung

Vorgehen

Zur Vorbereitung der visuellen Untersuchung gehören:

- Sammeln und Sichten von vorhandenen Unterlagen (Bauwerksakten, Inspektionsprotokollen)
- Besichtigen des Bauwerkes und der örtlichen Verhältnisse
- Erstellen des Inspektionsplanes.

Aufgrund dieser Vorbereitungen entsteht ein Verständnis für das Tragverhalten, die verwendeten Baustoffe und deren Zusammenwirken sowie die vorhandenen Einwirkungen.

Zur konkreten und wirksamen Beurteilung des Zustandes eines Bauwerkes ist es von grosser Wichtigkeit, über ein einheitliches und umfassendes Zustandserfassungs- und -protokollierungsverfahren zu verfügen, welches sich zu einem Zustandsberichts-System ausweiten lässt. Grundlage eines solchen Zustandsberichts-Systems ist das Zustandsprotokoll, das anlässlich der letzten Inspektion erstellt worden ist, weshalb ihm eine zentrale Bedeutung zukommt. Erfolg oder Misserfolg eines Untersuchungssystems hängen entscheidend von der Qualität dieses Zustandsprotokolles ab.

In neuester Zeit werden sowohl im Hochbau wie im Tiefbau Datenbanken in Verbindung mit EDV-Programmen angeboten. Bei komplexen Bauwerken ist die detaillierte Eingabe der Bauwerksdaten mit einem entsprechenden Aufwand verbunden. Zur Verteilung des Eingabeaufwandes nach gewählten Prioritäten, werden mancherorts nur diejenigen Daten eingegeben, die mit tatsächlichen Feststellungen der jeweiligen Inspektion gekoppelt sind.

In Anbetracht des Bauwerksbestandes im Hoch- und Tiefbau und gemessen an der Bedeutung der Früherkennung von Schäden ist der Gebrauch und die Nachführung von Datenbanken heute ein Erfordernis.

- Titelseite mit Angaben über Name und Nr. des Bauwerkes, Lage und Ort, allenfalls weitere Angaben; Datum der Inspektion, Anzahl und Namen der Inspizierenden, Auftrag für die Inspektion, etc..
- weitere Seiten mit:
 - . Name des Bauteiles
 - . Kurzbeschreibung
 - . Feststellungen
 - . Skizze mit Vermassung
 - . Foto-Nr., etc.
- Zusammenfassung der Inspektion und der Ergebnisse evtl. auf Beurteilungsblatt
- Sofortmassnahmen
- weitere Abklärungen

Inhalt des Inspektionsprotokolls

- Zugänglichkeit, allfällige Hilfsmittel (Gerüstungen, Skyworker, Untersichtsgerät, etc.)
- Informationsliste (Wer muss informiert werden?)
- Absperrungen, Beleuchtung
- evtl. Strom- und Wasserbezug
- Personal- und Materialliste, allenfalls Fremdleistungen
- Inspektionsablauf, Prioritäten, Vorgehen, Zeitbedarf
- Auswertung

Inhalt eines Inspektionsplanes

Die nachfolgenden Checklisten (2.4) geben, gegliedert nach Baustoffen, eine Übersicht über Schadensmerkmale, Hilfsmittel zu deren Feststellung und Hinweise für die Protokollierung. Die Angaben können z.B. als Checkliste bei der Vorbereitung von Protokollformularen für die visuelle Untersuchung benützt werden. Weitere Hinweise zur visuellen Untersuchung sind im Datenblatt "Visuelle Untersuchung" → S. 62) festgehalten.

- elektrische Leitungen immer prüfen
- gefährliche Arbeiten immer mindestens zu zweit ausführen, Sicherungen verwenden
- bei Arbeiten über Wasser Schwimmweste tragen
- vor dem Betreten von Hohlräumen kontrollieren, ob genügend Sauerstoff vorhanden ist
- Schutzbrille und gutes Schuhwerk tragen
- Signalisation aufstellen, Arbeitsplatz sichern
- Leitern und Gerüste sichern

Sicherheitsmassnahmen bei der Inspektion

Literatur

1. Ladner M.: Zustandsuntersuchung von Bauwerken; EMPA-FA Bericht Nr. 116/3, Mai 1988.

Fortsetzung mit «2.3 Checklisten für die visuelle Untersuchung» auf der nächsten Seite

2.3 Checklisten für die visuelle Untersuchung

Übersicht über Schadensmerkmale, Hilfsmittel zu deren Feststellung sowie Hinweise zur Protokollierung bei der visuellen Untersuchung

Allgemeine Feststellungen an Bauwerken

Merkmal	Hilfsmittel	Ergebnis Dokumentation	Kontrollen Ergänzungen
Allgemeines Aussehen	Augenschein, Feldstecher, Fotoapparat	Zustandsüberblick, Fotodokumentation	
Temperatur, Wetter	Thermometer	Luft-, Wasser-, Baustoff-, Bauteiltemperatur, Windverhältnisse	
Orientierung (Exposition)	Kompass	Wetterseite	
Zustand der Gründungen	Augenschein	Ausmass von Setzungen, Kippungen, Unterkolkungen	Achtung: oft verdeckte Schäden
Zustand von Lager, Gelenken, Übergängen, Abdichtungen, Entwässerungen, Belägen	Augenschein, Fotoapparat, Spiegel	Gebrauchstauglichkeit, Fotodokumentation	Augenschein nach Niederschlägen oft aufschlussreich

Bauteile und Bauwerke aus Beton, Stahl- und Spannbeton

Merkmal	Hilfsmittel	Ergebnis Dokumentation	Kontrollen Ergänzungen
Verfärbungen z.B. durch Rost	Augenschein, Spitzhammer, Fäustel	Form, Farbe, Lage, Ausmass, Besonderheiten (z.B. Bindedraht)	hohltönende Stellen suchen (abklopfen), evtl. aufspitzen
Abplatzungen, Abblätterungen	Augenschein, Spitzhammer, Fäustel	Fläche, Tiefe, Lage, Korrosion der Bewehrung	hohltönende Stellen suchen (abklopfen)
Feuchte Stellen	Augenschein, Spitzhammer	Lage, Ausmass des Wasseraustrittes, evtl. aufspitzen des Austrittes	Abklopfen zur Überprüfung von Gefügeflockungen, (Frost), evtl. Wasserprobe (Chlorid), vorangegangene Wetterperiode beachten
Aussinterungen, Ausblühungen	Augenschein, Spitzhammer	Form, Farbe, Lage, Ausmass, Besonderheiten	Hohltönende Stellen suchen (abklopfen), evtl. aufspitzen
Abwitterungen	Augenschein, Abtasten, Spitzhammer	Form, Lage, Tiefe, Besonderheiten (Zementstein, und/oder Zuschlagstoffe)	Hauptwindrichtung, Immissionen
Oberflächenstruktur, Lunker, Entmischungen	Augenschein	Form, Ausmass, Lage, Besonderheiten (z.B. Arbeitsfugen)	Wasseraufnahme der Oberfläche
Risse: - Art u. Verlauf	Augenschein, Lupe	Rissart, Lage, Länge, Rissende	Hohltönende Stellen suchen (abklopfen), evtl. aufspitzen, Begleiterscheinungen (z.B. Versinterungen) festhalten
- Breite	Risslupe, Rissmastab	Rissbreite (genaue Lage)	Datum, Temperatur, Wetter
- Rissbreitenänderung	Siegel, Setzdehnungsmesser	Rissbewegung (Änderung mit der Zeit)	Datum, Temperatur, Wetter, Verkehr (Einwirkungen)
- Rissufer	Augenschein, Spitzhammer, Lupe	Verfärbungen, feuchte Stellen, Korrosion der Bewehrung	Abklopfen, Hohlstellen
Wasseraufnahme der Oberfläche	Wasserspritzflasche Augenschein	Lage, relative Unterschiede	Oberflächenstruktur
Fugen, Kanten, Anschlüsse	Augenschein	Besonderheiten	Beschädigungen, Korrosion, Schmutzablagerungen
Verformungen	Augenschein	Lage, Richtung	Risse, Art und Verlauf
Karbonatisierung	aufspitzen, Indikatorlösung aufspritzen auf frische und saubere Bruchfläche	Farbumschlag (Tiefe in welcher pH \geq 9)	

Bauteile und Bauwerke aus Stahl

Merkmal	Hilfsmittel	Ergebnis Dokumentation	Kontrollen Ergänzungen
Korrosion	Augenschein, Drahtbürste, Schraubenzieher, Spitzhammer	Ausdehnung und Tiefe, Restprofilstärke, Farbtonung, Art des Rostbefalls (feinkörnig, schuppig), Stahloberfläche	Anstrich entfernen
Anrisse	Augenschein, Risslupe	Lage, Länge, Rissende, Rissbreiten, Rissbewegung	Verkehr (Einwirkungen) Temperaturen, Farbeindringverfahren, Datum
Fließlinien, Spannungskonzentrationen	Augenschein, Fotoapparat	Lage und Richtung von Fließlinien in der Walzhaut, Fotodokumentation	
Verformungen, Beulen	Augenschein	Grösse, Richtung, Ausdehnung der Verformung	
Gelockerte Verbindungsmittel (Nieten, Schrauben)	Augenschein, Nietkontrollhammer, Drehmomentenschlüssel	Lage und allfällige Verformung gelockerter Verbindungsmittel, Anrisse im Schraubenkopf, abgescherte Verbindungsmittel	
Zustand der Anstriche u. Beschichtungen	Augenschein, Messer, Abreissprüfung mit Klebband	Haftung mit Klebband, Ausmass	Gitterschnittprüfung (Kennwerte Gt 0-5)

Bauteile und Bauwerke aus Natur- und Kunststeinmauerwerk

Merkmal	Hilfsmittel	Ergebnis Dokumentation	Kontrollen Ergänzungen
Aussehen, Absplittierungen (Schuppen, Schalen), Verwitterungen	Augenschein, Spitzhammer (abklopfen)	Ausmass, Tiefe und Lage gelockerter Partien, Farb- und Strukturunterschiede der Oberfläche	abspitzen gelockerter Partien, Rauigkeitsunterschiede
Fugen	Augenschein, Spitzhammer (abklopfen)	Umfang und Tiefe von Zerstörungen an den Mörtelfugen und Fugenflanken, Bewuchs und Wurzeln in den Fugen	Sitz der Steine im Mörtelbett
Wasseraustritte, feuchte Stellen	Augenschein, Spitzhammer	Lage und Ausdehnung	vorangegangene Wetterperiode, evtl. aufspitzen
Verformungen	Augenschein	Lage und Grösse der Verformungen	
Risse	Augenschein, Siegel, Risslupe	Lage, Länge, Breite, Rissbewegungen	Datum, Einwirkungen
Ausblühungen, Krusten, Steinversalzungen	Augenschein	Ausmass, Art	Abklopfen auf Gefügelockerungen

Bauteile und Bauwerke aus Holz

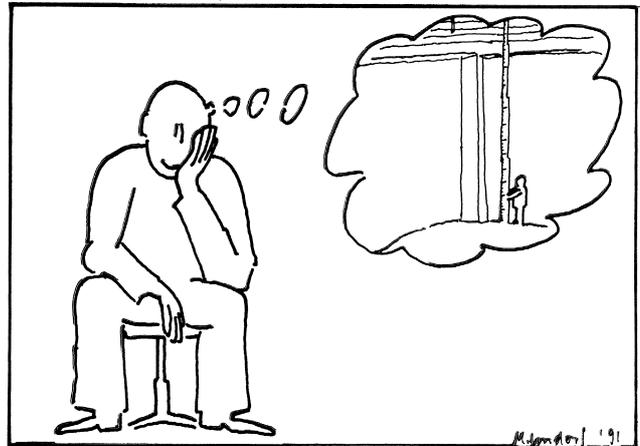
Merkmal	Hilfsmittel	Ergebnis Dokumentation	Kontrollen Ergänzungen
Allgemein	Augenschein	Zustand und Dichtigkeit von Wandanschlüssen und Dehnungsfugen, Eindeckungen und Belägen, mechanische Beschädigungen	Belüftung
Fäulnis, Schädlinge	Augenschein, Hammer, Kernbohrer, Endoskop	Veränderungen im Farbton, Zersetzungen	Eindringwiderstand
Risse	Augenschein	Lage, Länge, evtl. Breite	Kontrolle der Leimfugen
Auflagen	Augenschein	Verkantungen, Quetschungen	
Gelockerte Verbindungen	Augenschein, Hammer	Lage und Ausmass	

2.4 Planung und Beurteilung von Messungen

Einleitung

Dieser Beitrag befasst sich zuerst mit dem Untersuchungsziel und den zu beachtenden Randbedingungen, es folgen Erläuterungen zur statistischen Untersuchungsplanung und zur statistischen Versuchsauswertung. Eine Auflistung von Punkten und Phänomenen, die bei der Beurteilung von Messresultaten zu berücksichtigen sind, schliesst die Ausführungen ab.

Die Problematik der Beurteilung von Messresultaten wird an dieser Stelle nicht abschliessend behandelt. Sie wird von der Arbeitsgruppe "Diagnosemethoden" des Fachbereiches Tiefbau des IP-Bau in Zukunft noch weiter bearbeitet.



Begriffe

Die periodische Bauwerksüberwachung hat zum Ziel, den Zustand, in dem sich das Bauwerk befindet zu erfassen und zu beurteilen. Um dieses Ziel zu erreichen, werden im Rahmen einer Untersuchung Untersuchungstechniken angewendet. Eine Untersuchung beinhaltet verschiedene Versuche am Objekt, wobei jeder Versuch die statistisch abgestützte Anwendung einer Untersuchungstechnik ist. Ein Versuch besteht aus Einzelmessungen, welche Einzelmessresultate in numerischer oder zum Teil auch graphischer Form liefern.

Verschiedene Merkmale (Zielgrössen) beschreiben den Zustand, in dem sich das Objekt der Prüfung befindet. Ergebnis jeder Einzelmessung ist die quantifizierte Darstellung eines Merkmals. Die Untersuchung ist nicht beendet, indem man Einzelmessresultate zahlenmässig niederschreibt, vielmehr ist eine kritische Stellungnahme und Auswertung notwendig. Die richtige Beurteilung der gewonnenen Messresultate ist von grosser Bedeutung, da deren Ergebnis eine der Grundlagen für das weitere Vorgehen darstellt. Keine Messresultate zu haben ist unter Umständen besser, als falsch ausgewertete. Fehlinterpretationen und Fehlentscheide können die Folge sein. Werden Tragfähigkeit, Gebrauchstauglichkeit und Dauerhaftigkeit falsch eingeschätzt, Schadenursachen nicht richtig erkannt, sind weitere Schäden vorprogrammiert.

Untersuchung/Inspektion:

Tätigkeit am Bauwerk mit dem Ziel Informationen über verschiedene ausgewählte Eigenschaften (Zielgrössen) des Bauwerkes oder der Baustoffe zu gewinnen.

Untersuchungstechnik:

Verfahren, Gerät oder anderes Hilfsmittel, das im Rahmen einer Untersuchung eingesetzt werden kann.

Versuch:

Teilelement einer Untersuchung. Ein Versuch zielt, unter Anwendung von einer oder mehreren Untersuchungstechniken, darauf ab, Informationen über eine bestimmte Zielgrösse oder Zielgrössengruppe zu gewinnen.

Messung:

Die einmalige Anwendung einer Untersuchungstechnik. Mit einer Messung wird ein Einzelmessresultat gewonnen. Im Rahmen eines Versuches wird eine Anzahl von solchen Einzelmessresultaten erzeugt, die ausgewertet werden und Rückschlüsse auf die gesuchte Zielgrösse oder Zielgrössengruppe ermöglichen.

Untersuchungsziel und Randbedingungen

Vor der Planung einer Untersuchung müssen vorerst Untersuchungsziel und Randbedingungen abgeklärt und festgelegt werden.

Untersuchungsziel:

Es muss die Frage beantwortet werden, was überhaupt herausgefunden werden soll: Steht der Qualitätsnachweis oder das Aufspüren der Schadenursache im Vordergrund? Welche Genauigkeit wird erwartet, genügt allenfalls eine qualitative Aussage? Handelt es sich um ein lokales Problem oder suchen wir eine Aussage über das Bauwerk als ganzes?

Randbedingungen:

Wie lässt sich das gesteckte Ziel mit einem beschränkten finanziellen und zeitlichen Aufwand erreichen? Die Anforderungen an die Einfachheit, die Eindeutigkeit und die Aussagekraft der einzelnen Untersuchungstechniken müssen definiert werden.

Die Nutzung des Bauwerkes darf oft nicht eingeschränkt werden, woraus sich Anforderungen an die anzuwendenden Untersuchungstechniken ergeben. Auch darf durch die Entnahme von Probestoffen die Tragsicherheit des Bauwerkes nicht beeinträchtigt werden.

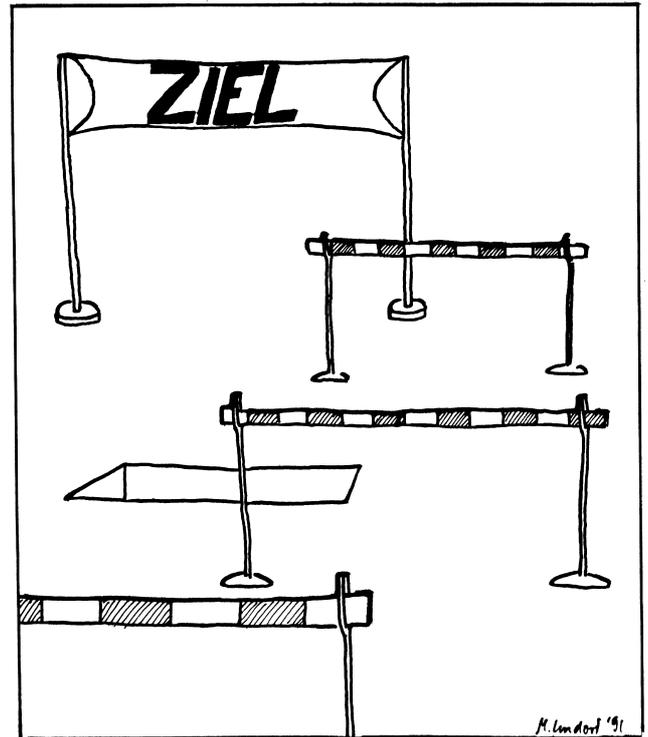
Sind Untersuchungsziel, terminliche und finanzielle Randbedingungen bekannt, kann die Untersuchung geplant werden.

Die eingegangenen Kompromisse müssen bei der Beurteilung der Resultate berücksichtigt werden.

Untersuchungsplanung und Versuchsauswertung

Die Untersuchungsplanung umfasst die Planung der gesamten Untersuchung und die Gestaltung der einzelnen Versuche.

Ziel der Planung ist ein sinnvoller Aufbau der Untersuchung und eine vernünftige, möglichst statistische Abstützung der Versuche.



Die Planungsphase

Unter statistischer Untersuchungsplanung versteht man das Bestimmen des minimalen Umfanges einer Untersuchung, um verlässliche Aussagen machen zu können.

Im Gegensatz dazu ist die statistische Versuchsauswertung eine Abschätzung, ob eine Aussage zulässig ist, oder ob sie nur zufällig durch die Messungen begründet werden kann.

Voraussetzung dazu ist die vorgängige Beantwortung der Fragen: "Was wollen wir messen" und "Wie wollen wir messen, damit die gewünschten Aussagen unter den gegebenen Randbedingungen gemacht werden können"?

Statistik

Weshalb Statistik?

Eine einzelne Messung ist sowohl zufälligen als auch systematischen Mess- und Beobachtungsfehlern unterworfen. Diese Einflüsse lassen sich in ihrer Wirkung auf die einzelne Messung nicht voraussehen und somit auch nicht ausschalten. Eine objektive Beurteilung ist nur mit statistischen Hilfsmitteln möglich.

Eine statistische Abstützung eines Versuchs wird erreicht, wenn bei dessen Gestaltung vier Grundsätze (Kasten) beachtet werden. In der Praxis ist es nicht immer möglich, und auch nicht immer nötig alle vier Grundsätze zu beachten.

Das nachfolgende Beispiel veranschaulicht die vier Grundsätze.

Beispiel:

Ein bestehendes Fabrikgebäude soll verkauft werden. Die maximal zulässigen Nutzlasten in den verschiedenen Geschossen müssen bestimmt werden.

Um die Tragfähigkeit der Geschosdecken zu berechnen, muss unter anderem die Festigkeit des vorhandenen Betons bestimmt werden.

Wenn eine statistische Abstützung erreicht werden soll, genügt es nun nicht, einen einzigen Bohrkern zu entnehmen und im Labor prüfen zu lassen. Dieses Vorgehen ermöglicht zwar eine relativ genaue Aussage für den Ort der Bohrkernentnahme, das ganze Bauwerk würde jedoch bei weitem nicht genügend erfasst.

Unter Einhaltung der vier Grundsätze der statistischen Abstützung könnte die folgende Versuchsgestaltung festgelegt werden: aus den einzelnen Decken (Blöcke) werden je eine gleich viele (symmetrischer Aufbau, Wiederholung) Proben (Bohrkerne) an zufällig ausgewählten Orten (Zufallszuteilung) entnommen und geprüft.

Zu dieser Frage äusserte sich Abraham Wald (1902-1950):

"Statistik ist eine Zusammenfassung von Methoden, die es uns erlauben, **vernünftige, optimale Entscheidungen im Falle der Ungewissheit zu treffen.**"

1. Grundsatz: Die Wiederholung

Das Ergebnis einer einzelnen Messung gibt Auskunft über eine Zielgrösse. Die Wiederholung dient der Bestimmung und Verkleinerung des Mess- oder Beobachtungsfehlers. Sind für die Bestimmung einer Zielgrösse Probekörper aus dem Bauteil entnommen worden, so bilden diese eine Stichprobe aus der Grundgesamtheit. Die Stichprobe sollte möglichst zufällig verteilt entnommen werden, damit Gewähr dafür besteht, dass die einzelnen Messergebnisse der gesuchten Zielgrösse voneinander unabhängig sind. Je grösser die Stichprobe, desto genauer entspricht die Häufigkeitsverteilung der Messresultate der Stichprobe und damit auch deren Mittelwert und Streuung derjenigen der Grundgesamtheit: d.h. mit wachsendem Stichprobenumfang werden die sogenannten Schätzwerte für die Grundgesamtheit immer genauer.

2. Grundsatz: Die Zufallszuteilung

Die zufällige Probekörperentnahme schaltet systematische Fehler aus und bewirkt die Unabhängigkeit der Messergebnisse. Hier werden in der Praxis oft Kompromisse gemacht.

3. Grundsatz: Die Blockbildung

Unter Blockbildung - oder Gruppenbildung - versteht man die Zusammenfassung von Messresultaten, die zueinander in einer Beziehung stehen (meist von Messungen an einem begrenzten Bauwerksteil). Die Blockbildung erhöht die Genauigkeit beim Vergleich einer Zielgrösse von zwei Blöcken. Störeffekte können eliminiert werden, da Blöcke in sich selber homogener sind als das ganze Bauwerk oder der Bauteil.

4. Grundsatz: Der symmetrische Aufbau

Der symmetrische Aufbau einer Untersuchung, d.h. möglichst gleiche Anzahl von Messungen in verschiedenen Blöcken oder Versuchsserien, ermöglicht eine einwandfreie Auswertung.

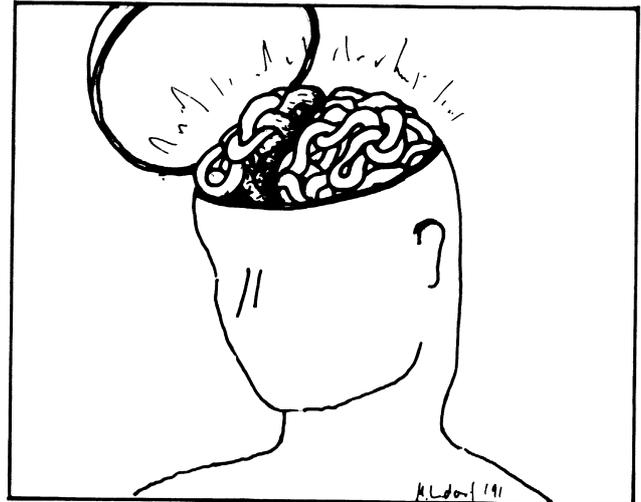
Grundsätze der statistischen Versuchsgestaltung

Der gesunde Menschenverstand

Eine rein statistische Versuchsgestaltung ergibt in der Regel einen viel zu grossen Prüfumfang.

Faktoren, die die jeweilige Untersuchungstechnik direkt beeinflussen, sind im Allgemeinen zum Voraus bekannt. Ihre Auswirkungen können abgeschätzt und eliminiert werden. Voraussetzung dazu ist eine umfassende und präzise Protokollführung.

Durch Beachtung anderer nicht messbarer Randbedingungen und durch Rückgriff auf vorhandene Erfahrungen (wo ist die Beanspruchung am grössten? Wo ist in der Regel die Qualität am schlechtesten?, etc.) lässt sich der Prüfumfang im allgemeinen stark reduzieren. Eine saubere statistische Auswertung kann damit allerdings gefährdet werden.

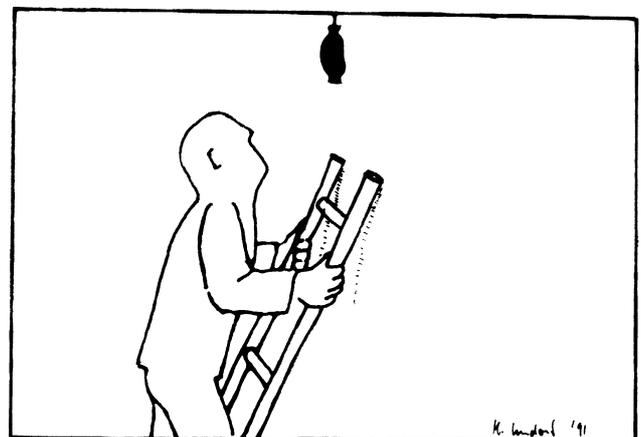


Der gesunde Menschenverstand

Zu beachten: Voruntersuchungen

In den meisten Fällen sind Vorabklärungen von grossem Nutzen (Untersuchungsmethodik: Stufenweises Vorgehen, ' S. 23).

Vorabklärungen können sich auf einen gewöhnlichen Augenschein beschränken, oder aber bereits Messungen in grobem Raster umfassen, um kritische Punkte aufzudecken. Dabei ist es von Vorteil, wenn die Vorabklärungen von derselben Person überwacht oder durchgeführt werden, die die gesamte Untersuchung plant, die Messergebnisse auswertet, interpretiert und die Folgerungen bezüglich allfälliger Erhaltungsmaßnahmen zieht.

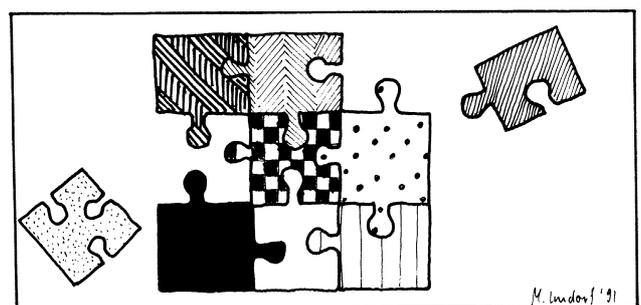


Vorgehen in Stufen

Parallelmessung verschiedener Zielgrössen

Bei der Planung der Untersuchung muss beachtet werden, dass in den meisten Fällen der Entscheid für Erhaltungsmaßnahmen nicht aufgrund der Informationen gefällt werden soll, welche mit einer einzigen Untersuchungstechnik gewonnen werden. Es sollten Paralleluntersuchungen vorgenommen werden: beispielsweise können Messungen des Chloridgehaltes sinnvoll ergänzt werden mit der Bestimmung der Karbonatisierungstiefe, der Eisenüberdeckung und der Porosität.

Die Aussagen verschiedener Untersuchungen erhöhen die Gewissheit bei der Bestimmung einer Zielgrösse.

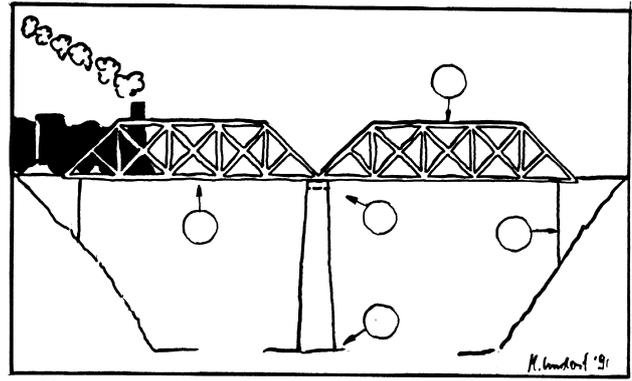


Paralleluntersuchungen vervollständigen das Puzzle

Erstellen des Untersuchungskonzeptes

Das Untersuchungskonzept ist aufgrund der Voruntersuchung zu planen.

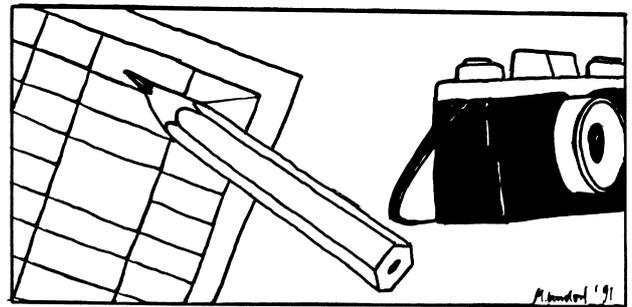
Bei der Probekörperentnahme bzw. den Messungen am Bauwerk muss systematisch vorgegangen werden: Eine saubere Aufzeichnung und Nummerierung der Entnahme- und Messstellen wird nach einem Augenschein am Ort im Büro vorbereitet. Die Abmessungen der Probekörper müssen auf die vorgesehenen Laborversuche abgestimmt sein. Unter Umständen ist eine Nachfrage beim Labor notwendig. Auch können Reserve-Probekörper später von Nutzen sein.



Das vorbereitete Konzept erlaubt ein zielgerichtetes Vorgehen bei der Untersuchung

Aufnahmeprotokoll bei Messungen an Ort

Im Protokoll werden subjektive und objektive Beobachtungen sowie Kommentare festgehalten. Zu einem vollständigen Protokoll gehören Angaben über die Witterung (Feuchtigkeit, Temperatur, etc.), Entnahmemethoden bei Proben, Ungenauigkeiten bei den Abmessungen der Probekörper, weitere je nach Untersuchungstechnik. Dabei ist immer auf eine genügende Beschreibung in Prosa zu achten, damit Missverständnisse ausgeschaltet werden können. Andererseits sind zuviele Anmerkungen kaum möglich.



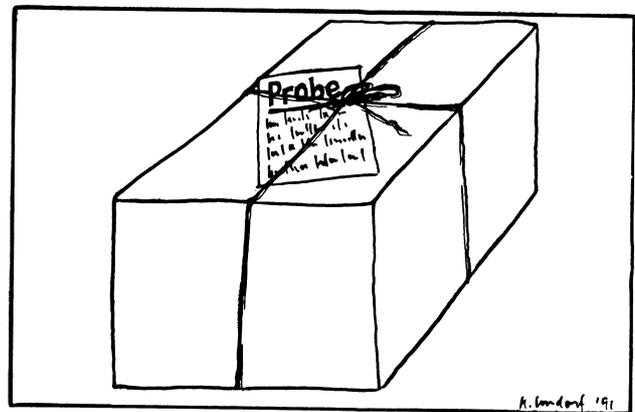
Das Aufnahmeprotokoll ist ein wichtiges Dokument

Aufträge an Prüfinstitute

Aus dem Auftrag muss klar und unmissverständlich hervorgehen, was wie geprüft werden soll. Unsinnige Prüfungen sollten vermieden werden. In Zweifelsfällen empfiehlt sich eine Rücksprache mit der Prüfstelle.

Als Beispiel die Bestimmung des Chloridgehaltes: Es ist möglich, dass in den obersten Schichten eines Bauteils der Chloridgehalt tiefer ist als in einer Tiefe von 10 bis 20 mm. Einzelne Prüfinstitute brechen aber die Prüfung ab, wenn der Chloridgehalt in der obersten Schicht einen bestimmten Wert nicht überschreitet.

Weitere Angaben finden Sie im Datenblatt "Probeentnahme/Laborauftrag" (S. 66).



Der Auftrag an das Prüflabor beinhaltet mehr als nur die Probekörper

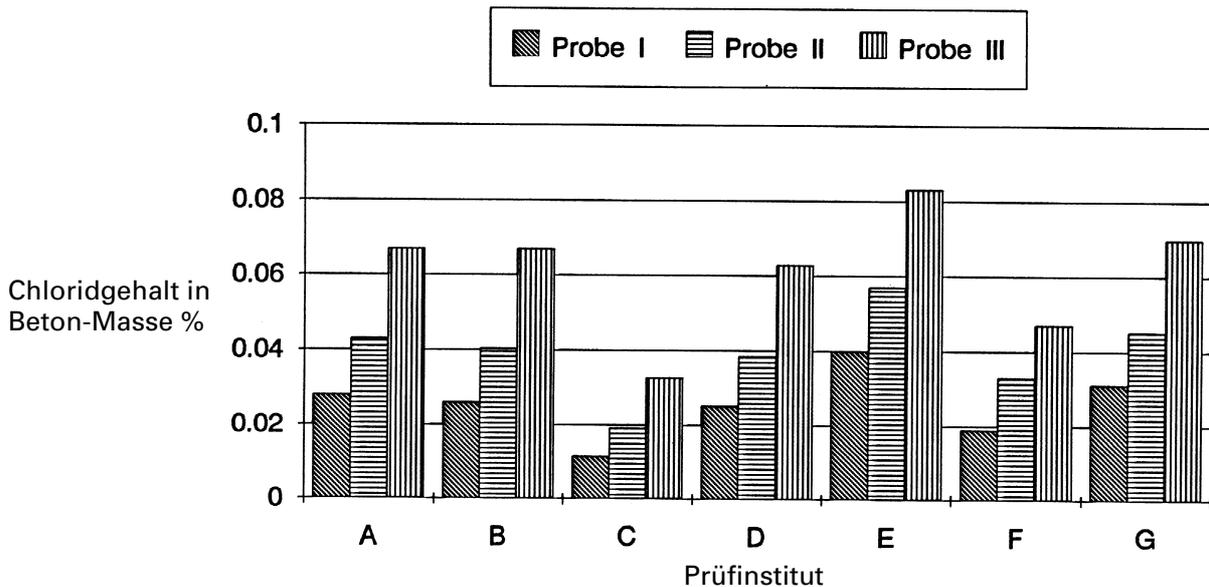
Im Rahmen der Arbeit der Kommission SIA 291 wurde vom Büro Aegerter und Bosshardt AG ein Ringversuch mit sieben beteiligten Prüfinstituten durchgeführt. Es ging darum, den Chloridgehalt von drei verschiedenen Proben zu bestimmen. Jedes Prüfinstitut führte sechs bis zehn Messungen je Probe durch.

Die Ergebnisse zeigen erstens sehr deutlich die Abhängigkeit der Messresultate von den angewendeten Aufschluss- und Analyseverfahren, und zweitens, dass das Prüfergebn eines Prüflabors nicht unbedingt das einzig richtige ist!

In der Tabelle ist zusammengestellt, welches Prüfinstitut mit welchen Methoden gearbeitet hat:

Institut A	Institut B	Institut C	Institut D	Institut E	Institut F	Institut G
Salpetersäure	Heisswasser	Kaltwasser	Heisswasser	Heisswasser	Salpetersäure	Heisswasser Soxhlet
Direktpotentiometrie mit ionensensitiver Elektrode	Direktpotentiometrie mit ionensensitiver Elektrode	Direktpotentiometrie mit ionensensitiver Elektrode	Quantitative Chloridbestimmung mittels «IC»	Titrierung mit Silbernitrat	Titrierung mit Silbernitrat	Titrierung mit Silbernitrat

Chloridbestimmung – Ringversuch

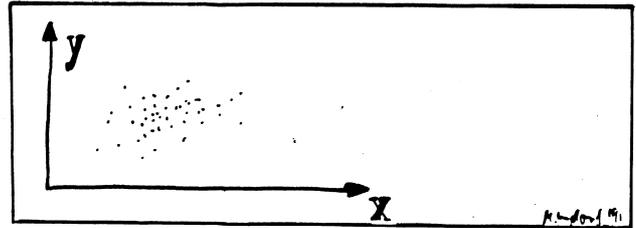


Die Variationskoeffizienten sind sehr unterschiedlich und unabhängig von der angewendeten Methode. Sie variieren zwischen 0.5% und 8.1%.

Chloridbestimmung-Ringversuch (vgl. Bemerkungen auf der nächsten Seite)

Streuung der Messresultate

Messresultate können unter Umständen am selben Ort stark streuen. Nicht nur das Gerät, mit dem gemessen wird, sondern auch die Person, die misst, hat einen grossen Einfluss (Lit. 2).

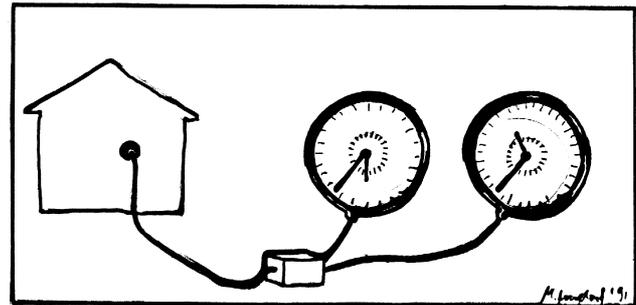


Messresultate streuen

Mess- und Ablesegenauigkeit

Es gibt Geräte, die eine sehr grosse Genauigkeit vortäuschen - aber Achtung: beispielsweise kann bei Dehnungsmessungen mit dem Deformeter (Setzdehnungsmesser) die Ablesung durch dieselbe Person je nach Anpressdruck um ± 5 bis 10 Ableseeinheiten variieren!

Ähnliches gilt für die Ergebnisse von Laborversuchen. Diese täuschen oft eine hohe Genauigkeit vor. Über die systematische Streuung der Versuchsergebnisse, die durch den Laboranten oder die Versuchsanordnung (diese kann von Labor zu Labor variieren) bedingt ist, wird meist nicht gesprochen. Das angeführte Beispiel "Chloridbestimmung-Ringversuch" veranschaulicht diese Einflüsse besser als viele Worte.

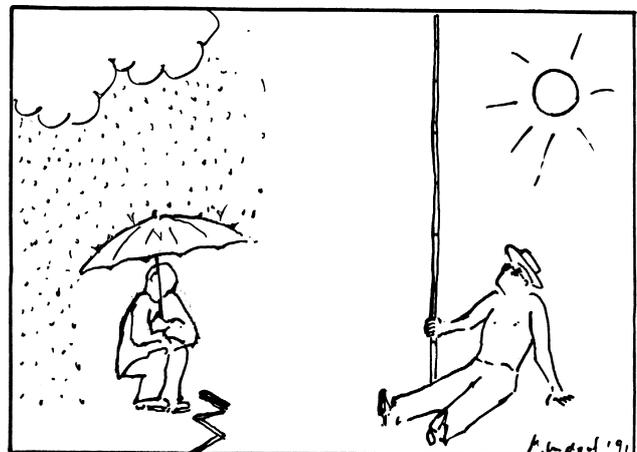


Sich nicht durch scheinbare Genauigkeit täuschen lassen

Der Mensch

Der Einfluss von Motivation und Ausbildung des Prüfenden im Labor und an Ort, bzw. desjenigen, der die Proben entnimmt, darf nicht unterschätzt werden. Temperatur und Witterung sind nicht nur Einflussfaktoren für die meisten Untersuchungstechniken, sondern sie haben auch eine dämpfende Wirkung auf die Motivation des Prüfpersonals!

Eine gute Zugänglichkeit erhöht die Zuverlässigkeit der Messresultate: Potentialfeldmessungen über Kopf sind äusserst mühsam durchzuführen. Der Untersuchende muss seine Arbeit möglichst unvoreingenommen ausführen. Vorgefasste Meinungen können das Resultat einer Untersuchung wesentlich beeinflussen.



Den Einfluss des Menschen nicht unterschätzen

Literatur

1. Morf U.: Materialprüfung I, Vorlesung an der ETHZ; EMPA, Oktober 1984.
2. Schaab A., Flohrer C., Hillemeier B.: Die zerstörungsfreie Prüfung der Betonüberdeckung der Bewehrung; Beton- und Stahlbetonbau, Heft 11/1989, p. 275ff, Heft 12/1989, p. 324ff.

Persönliche Notizen:

Persönliche Notizen:

2.5 Übersicht über Untersuchungstechniken

Informationen für den Benutzer der Übersichtstabellen	45
Verzeichnis der Übersichtstabellen: Konstruktion, Bauteile, Ausrüstungen	46
Foundationen und Baugrund	47
Pfähle, Schlitzwände	47
Beton	48/49
Betonstahl (inkl. Spannbettvorspannung)	50
Spannstahl (Kabelvorspannung mit Hüllrohr)	51
Stahl (Baustahl)	52
Mauerwerk	53
Mauerwerksoberflächenschutz (Putz u.ä)	54
Mauerwerksverkleidung (Verkleidungsplatten)	54
Holzkonstruktionen	55
Kunststoffe	55
Befestigungselemente aus nichtrostenden Stählen	56
Boden- und Felsanker	56
Elektromechanische Anlageteile	57

Persönliche Notizen:

Informationen für den Benutzer der Übersichtstabellen

Die Tabellen geben eine Übersicht über die Untersuchungstechniken, die für die Untersuchung eines bestimmten Bauteiles oder Baustoffes zu Hilfe genommen werden können. Es wurde versucht, möglichst alle als praxistauglich eingestuften Untersuchungsmethoden zu berücksichtigen. In einzelnen Fällen werden aber auch Untersuchungstechniken aufgeführt, die nur beschränkt als praxistauglich beurteilt werden können. Aus den Tabellen ist auch ersichtlich, ob und wo allenfalls weitere Angaben zu einer Untersuchungstechnik im Handbuch gefunden werden können.

Hinweis auf Datenblätter

Untersuchungstechniken, die im Teil "Datenblätter" noch eingehender beschrieben werden, sind in der Übersicht **unterstrichen**. Hinter der Untersuchungstechnik ist der Hinweis eingefügt (→), auf welcher Seite das Datenblatt zu finden ist.

Einfache Untersuchungstechniken

Untersuchungstechniken, die mit wenig Aufwand, oft schon im Rahmen einer ersten visuellen Untersuchung durch den Ingenieur selbst eingesetzt werden können, sind in der Übersicht durch **Fettdruck** hervorgehoben.

Laboruntersuchungen

Untersuchungen, die in der Regel im Labor und durch entsprechende Fachleute ausgeführt werden, sind in der Übersicht in **Kursivschrift** dargestellt. Diese Untersuchungen sind fast immer zerstörend, weil für die Laboruntersuchung in der Regel eine Probe aus dem Bauwerk entnommen werden muss.

Beschränkt praxistaugliche Untersuchungstechniken

Untersuchungstechniken, die in der Übersicht in **Klammern** gesetzt sind, werden als nur beschränkt praxistauglich eingestuft. Diese Untersuchungen sind in der Regel mit relativ grossem Aufwand verbunden, zudem ist die Interpretation der Resultate sehr anspruchsvoll. In speziellen Fällen können solche Untersuchungstechniken jedoch zu einer besseren Beurteilung beitragen.

Untersuchungsobjekt:

Konstruktion, Bauteile, Ausrüstungen

Zielgrösse	Untersuchungstechnik	
	zerstörungsfreie	zerstörende [Eingriff ins Bauwerk]
Geometrie (Bautoleranzen!)	Messen/Vermessung Präzisionsnivellement Fotogrammetrie Orthofoto	
Setzungen/Verformungen	Nivellement (optisch, Schlauchwaage) Siegel	
Tragverhalten Verformungsverhalten	Belastungsversuch ¹⁾ Durchbiegungsmessung (Schwingungsanalyse) Längenänderungsmessung	
Verbund (Beton/Stahl) hohlliegende Bereiche	Abklopfen (z.B mit Stahlkette)	<u>Abreissprüfung</u> [Oberflächenbesch.] → S. 74 <u>Endoskopie</u> [Anbohren] → S. 64 <u>Augenschein</u> [Fenster öffnen] → S. 62
Lager	Augenschein → S. 62 Verschiebungsmessungen Kontrolle der Bewegungen	
Übergangskonstruktionen	Augenschein → S. 62 Verschiebungsmessungen	
Entwässerungsein- richtungen	Augenschein → S. 62 Funktionsprüfung	
Belag (vgl. auch 2. Strasse)	Augenschein → S. 62 Dickenmessung (<u>Georadar</u>) → S. 84	Dickenmessung [Bohrkernentnahme] <i>Mischungsanalyse</i> [Bohrkernentnahme] <i>Druckprüfung</i> [Bohrkernentnahme] <i>Verformungsprüfung</i> [Bohrkernentnahme]
Abdichtung	Augenschein → S. 62 Beobachtung (<u>Georadar</u>) → S. 84 (<u>Infrarotthermographie</u>) → S. 82	<u>Augenschein</u> [Fenster öffnen] → S. 62 <u>Augenschein</u> [Bohrkernentnahme] → S. 62

1) SIA-Empfehlung 169, Anhang A2: Belastungsversuche.

Untersuchungsobjekt:

Fundationen und Baugrund

Zielgrösse	Untersuchungstechnik	
	zerstörungsfreie	zerstörende [Eingriff ins Bauwerk]
Setzungen/ Verschiebungen	Augenschein → S. 62 Nivellement (optisch, Schlauchwaage) Lagemessung geodätisch Extensometer Inclinometer Slopeindicator Trivecmessung Pendel	
Wasserspiegel/-druck	Piezometer	
Erddruck/Bodenpressung	Druckmessdosen	

Zur weitergehenden Untersuchung und Beurteilung ist der Beizug entsprechender Spezialisten (Geotechniker, Geologen) erforderlich.

Untersuchungsobjekt:

Pfähle, Schlitzwände

Zielgrösse	Untersuchungstechnik	
	zerstörungsfreie	zerstörende [Eingriff ins Bauwerk]
Tragfähigkeit	Belastungsversuch ¹⁾	
Integrität des Pfahles	(Reflexionsprüfung)	<u>Ultraschall</u> [Einlage Führungsrohre/ Bohrung durch Pfahlbeton] → S. 86
Setzungen/Verformungen	Präzisionsnivellement Geodätische Vermessung Inclinometer	

1) SIA 192, Pfahlfundationen

Untersuchungsobjekt:

Beton

Zielgrösse	Untersuchungstechnik	
	zerstörungsfreie	zerstörende [Eingriff ins Bauwerk]
Druckfestigkeit	Betonprüfhammer → S.68 (Ultraschall) → S. 86	<i>Bohrkern-Druckfestigkeit</i> ¹⁾ [Bohrkernent.] <i>Würfeldruckfestigkeit</i> ³⁾ [Bohrkernentn.] Bolzeneindringprüfung [Oberflächenbesch.]
Zugfestigkeit		<u>Abreissprüfung</u> [Oberflächenbeschädigung] → S. 74 Bolzenausziehversuch [Oberflächenbesch.] Anker-/Dübelausziehversuch [Oberfl.bschr.] <i>Zugversuch</i> ²⁾ [Bohrkernentnahme]
Elastizitätsmodul	(Ultraschall) → S. 86 (dynamische Messung)	<i>Spannungs-Dehnungsversuch</i> ⁴⁾ [Bohrk.]
Gefüge - Fehlstellen - Porosität - Dichtigkeit - Saugfähigkeit - Luftporen - Qualitätsgefälle - Zementgehalt - Kornaufbau	Augenschein → S. 62 Abklopfen Taschenmikroskop Saugröhrchen → S. 72 <u>Widerstandsmessung</u> → S. 78 (Ultraschall) → S. 86	<i>Wasserleitfähigkeit</i> ⁵⁾ [Bohrkernentnahme] <i>Porosität</i> ⁶⁾ [Bohrkernentnahme] <i>Dichte</i> [Bohrkernentnahme] <i>Dünnschliff</i> (Mikroskop)/ <i>Porenkennwerte</i> ⁷⁾ [Bohrkernentnahme] <i>Bruchflächenbeurteilung</i> [Bohrkernentn.] <i>Frostwechselverhalten</i> ⁸⁾ [Bohrkernentn.] <i>Frost-Tausalzverhalten</i> ⁹⁾ [Bohrkernentn.] <i>Abreibverhalten</i> ¹⁰⁾ [Bohrkernentnahme]
Hohlräume Einschlüsse	Abklopfen (Ultraschall) → S. 86 (Infrarotthermographie) → S. 82 (Georadar) → S. 84 (Radiographie)	<u>Vakuummethode</u> [Anbohren] → S. 80 Ausmessen [Beton aufspitzen/Fenster öffnen]
Feuchtigkeit	Plasticfolie (abdecken) <u>Widerstandsmessung</u> → S. 78 (Infrarotthermographie) → S. 82 (Georadar) → S. 84	CM-Prüfung [Bruchstückentnahme] <i>Neutronenstreuung</i> [Bohrkernentnahme trocken] <i>Gravimetrie</i> [Bohrkernentnahme trocken]

Die bei der Entnahme von Proben und der Erteilung eines Laborauftrages zu beachtenden Punkte finden Sie im Datenblatt "**Probenentnahme/Laborauftrag**" → S. 66 zusammengefasst.

Untersuchungsobjekt:

Beton

Zielgrösse	Untersuchungstechnik	
	zerstörungsfreie	zerstörende [Eingriff ins Bauwerk]
Risse (Feststellung)	Augenschein (Wasser) → S. 62 Risslehre (Vergl.masstab) Risslupe (Ultraschall) → S. 86 (Radiographie)	Rissverlauf und Risstiefe abmessen [Bohrkern/Fenster öffnen] <i>Rissanalyse im Dünnschliff</i>
Risse (Bewegung)	Gips-/Glasmarken Wegaufnehmer Setzdehnungsmesser Messuhr	
Karbonatisierung		pH-Messung an Bohrstaub ¹¹⁾ [Anbohren] Sprühtest ¹¹⁾ [Aufspitzen] Sprühtest ¹¹⁾ [Bohrkern-/Bruchstückentn.] <i>Dünnschliff</i> (Mikroskop) ¹¹⁾ [Bruchstückentnahme]
Chloridgehalt	<u>Potentialmessung</u> → S. 76 (nur bei Stahlbeton)	verschiedene chem. Analyseverfahren ¹²⁾ [Anbohren/Bruchstückentnahme]
Sulfatgehalt		<i>Chemische Analyse</i> [Anbohren/Bruchstückentnahme]
Temperatur	Thermometer Thermoelement (Infrarotthermographie) → S. 82	Thermometer/Thermoelement in Bohrloch versetzt
Zusammensetzung	Augenschein → S. 62	<u>Augenschein</u> [Bohrkern-/Bruchstückentn.] → S. 62 <i>Chem. Analyse</i> [Bohrkern-/Bruchstückentn.] <i>Dünnschliff</i> (Mikroskop) [Bohrkern-/Bruchstückentn.]

- 1) SIA 162/1, Betonbauten Materialprüfung, Prüfung Nr. 2
- 2) EMPA, Prüfen von Beton
- 3) SIA 162/1, Betonbauten Materialprüfung, Prüfung Nr. 1
- 4) SIA 162/1, Betonbauten Materialprüfung, Prüfung Nr. 3
- 5) SIA 162/1, Betonbauten Materialprüfung, Prüfung Nr. 5
- 6) SIA 162/1, Betonbauten Materialprüfung, Prüfung Nr. 7
- 7) SIA 162/1, Betonbauten Materialprüfung, Prüfung Nr. 6
- 8) SIA 162/1, Betonbauten Materialprüfung, Prüfung Nr. 8
- 9) SIA 162/1, Betonbauten Materialprüfung, Prüfung Nr. 9
- 10) SIA 162/1, Betonbauten Materialprüfung, Prüfung Nr. 10
- 11) SIA 162/3, Bestimmung der Karbonatisierung von Beton
- 12) SIA 162/2, Bestimmung des Chloridgehaltes in Beton

Untersuchungsobjekt:

Betonstahl (inkl. Spannbettvorspannung)

Zielgrösse	Untersuchungstechnik	
	zerstörungsfreie	zerstörende [Eingriff ins Bauwerk]
Lage/Überdeckung Durchmesser	Betonüberdeckungsmes. -elektromagnetisch → S.70 -magnetisch -Wirbelstromverfahren (Georadar) → S. 84 (Radiographie)	direkte Messung [Anbohren/Freilegen]
Mechanische Kennwerte - Zugfestigkeit - Fließ-/Streckgrenze - Einschnürung - Dehnung - Zähigkeit - Ermüdungskennwerte - Zusammensetzung (Stahlqualität)		<i>Mechanische Kennwerte</i> ¹⁾ <i>Verformbarkeit u. Sprödbbruch</i> ²⁾ <i>Ermüdungsfestigkeit</i> ³⁾ <i>Korrosionsverhalten</i> ⁴⁾ <i>Chemische Analyse</i> <i>Mikrohärte</i> <i>Mikrogefüge im Anschliff</i> [alle Versuche: Ausbau einer Stahlprobe]
Risse	(Ultraschall) → S. 86	Farbeindringprüfung [Stahl freilegen] → S. 92 Magnetpulverprüfung [Stahl freilegen] Zugversuch [Stahl ausbauen] Anschliff (Mikroskop) [Stahl ausbauen] (Impedanzmessung) [Aufspitzen]
Korrosion	Augenschein → S. 62 (Rostflecken, Abplatzen) Potentialmessung → S. 76	Augenschein [Anbohren/Aufspitzen] → S. 62 Endoskopie [Anbohren/Aufspitzen] → S. 64 Potentialmessung [Aufspitzen] → S. 76 (Pulsmessung) [Aufspitzen] (reflektrometrische Impulsspektroskopie) [Aufspitzen] <i>Chemische Analyse</i> [Stahl ausbauen]
Streuströme	Potentialmessung → S. 76 Messung Streuströme	
Wasserstoffversprödung (nur bei Spannstahl)		Farbeindringprüfung [Stahl freilegen] → S. 92 Magnetpulverprüfung [Stahl freilegen] Zugversuch [Ausbauen] <i>Chem. Analyse</i> [Ausbauen]
Elektr. Widerstand	<u>Widerstandsmessung</u> → S.78	

1)-4) SIA 162/1, Betonbauten Materialprüfung, Prüfungen Nr. 33, 34, 38, 39.

Die bei der Entnahme von Proben und der Erteilung eines Laborauftrages zu beachtenden Punkte finden Sie im Datenblatt "**Probenentnahme/Laborauftrag**" → S. 66 zusammengefasst.

Untersuchungsobjekt:

Spannstahl (Kabelvorspannung mit Hüllrohr)¹⁾

Zielgrösse	Untersuchungstechnik	
	zerstörungsfreie	zerstörende [Eingriff ins Bauwerk]
Lage/Überdeckung Durchmesser	(<u>Georadar</u>) → S. 84 (Radiographie)	direkte Messung [Anbohren/Freilegen]
Mechanische Kennwerte - Zugfestigkeit - Fließ-/Streckgrenze - Einschnürung - Dehnung - Zähigkeit - Ermüdungskennwerte - Zusammensetzung (Stahlqualität)		<i>Mechanische Kennwerte</i> ²⁾ <i>Verformbarkeit u. Zähigkeit</i> ³⁾ <i>Ermüdungsfestigkeit</i> ⁴⁾ <i>Korrosionsverhalten</i> ⁵⁾ <i>Relaxation von Spannstahl</i> ⁶⁾ <i>Chemische Analyse</i> <i>Mikrohärte</i> <i>Mikrogefüge im Anschliff</i> [alle Versuche: Ausbau einer Stahlprobe]
Risse	(<u>Ultraschall</u>) → S. 86	<u>Farbeindringprüfung</u> [Stahl ausbauen] → S. 92 Magnetpulverprüfung [Stahl ausbauen] <i>Zugversuch</i> [Stahl ausbauen] <i>Anschliff (Mikroskop)</i> [Stahl ausbauen] (Impedanzmessung) [Aufspitzen] (reflektrometrische Impulsspektroskopie) [Aufspitzen]
Korrosion		<u>Augenschein</u> [Anbohren/Aufspitzen] → S. 62 <u>Endoskopie</u> [Anbohren/Aufspitzen] → S. 64 (<u>Potentialmessung</u>) [Aufspitzen] → S. 76 (Pulsmessung) [Aufspitzen] (reflektrometrische Impulsspektroskopie) [Aufspitzen] <i>Chemische Analyse</i>
Streuströme		<u>Potentialmessung</u> → S. 76 Messung Streuströme
Wasserstoffversprödung		<u>Farbeindringprüfung</u> [Stahl ausbauen] → S. 92 Magnetpulverprüfung [Stahl ausbauen] <i>Zugversuch</i> [Ausbauen] <i>Chem. Analyse</i> [Ausbauen]
Spannkraft	Eingebauter Kraftaufnehmer	Entspannen [Ausbauen] Überspannen/Abheben des Spannkopfes [evtl. Zerstörung Injektion]
Verpressfehler (Spannkanäle)	(Radiographie) (<u>Ultraschall</u>) → S. 86	<u>Endoskopie</u> [Anbohren] → S. 64 <u>Vakuummethode</u> [Anbohren] → S. 80 <u>Augenschein</u> [Freilegen] → S. 62 (reflektrometrische Impulsspektroskopie) [Aufspitzen]

1) Matt: Zerstörungsfreie Prüfung von Spanngliedern in bestehenden Brückenbauten; VSS Forschungsbericht Nr. 170, 1989.

2)-6) SIA 162/1, Betonbauten Materialprüfung, Prüfungen Nr. 33, 42, 38, 39, 40.

Untersuchungsobjekt:

Stahl (Baustahl)¹⁾

Zielgrösse	Untersuchungstechnik	
	zerstörungsfreie	zerstörende [Eingriff ins Bauwerk]
Mechanische Kennwerte - Zugfestigkeit - Fließ-/Streckgrenze - Dehnungskennwerte - Ermüdungsfestigkeit - Zusammensetzung - Schweißbarkeit	Härteprüfung	<i>Zugversuch mit Dehnungsmessung</i> [Materialprobe entnehmen] <i>Kerbschlagbiegeversuch</i> [Materialprobe] <i>Dauerschwingversuch</i> [Materialprobe] <i>Chem. Analyse</i> [Materialprobe entnehmen]
Risse ²⁾	Augenschein → S. 62 Farbeindringprüfung → S. 92 Magnetpulverprüfung Ultraschall (Röntgen)	
Korrosion	Augenschein → S. 62 Rostgrad Verunreinigungen (Rostwasser) Potentialmessung Laboranalyse (Wischprobe)	Laboranalysen [Materialprobe entnehmen]
Korrosionsschutz	Augenschein → S. 62 Verunreinigungen Blasenbildung Porosität Farbwischtest Schichtdickenmessung <u>magn.induktiv</u> → S. 88	Gitterschnittprüfung → S. 90 Abreissprüfung Schichtdickenmessung mechanisch
Temperatur	Magnethaftthermometer	
Drahtbrüche (Stahlseile)	Induktionsmagnetspule	

Die bei der Entnahme von Proben und der Erteilung eines Laborauftrages zu beachtenden Punkte finden Sie im Datenblatt "**Probenentnahme/Laborauftrag**" → S. 66 zusammengefasst.

1) SIA 161 (1990), Stahlbauten: Ziffer 8.8, Prüfungen

2) SIA 161/1 (1990), Stahlbauten: Ziffer 3: Schweißnahtqualität; Ziffer 4: Prüfungen an Schweißverbindungen

Untersuchungsobjekt:

Mauerwerk

Zielgrösse	Untersuchungstechnik	
	zerstörungsfreie	zerstörende [Eingriff ins Bauwerk]
Festigkeit		<i>Festigkeitsprüfung</i> [Probe ausbauen]
Aufbau (Mehrschaligkeit) (Eisen)	(<u>Ultraschall</u>) → S. 86 (Seismik) (Georadar) → S. 84 (<u>Widerstandsmessung</u>) → S. 78 (Georadar) → S. 84	<u>Endoskopie</u> [Anbohren] → S. 64 <u>Augenschein</u> [Bohrkernentnahme] → S. 62 <u>Augenschein</u> [Fenster öffnen] → S. 62
Hohlräume	Abklopfen (<u>Ultraschall</u>) → S. 86 (<u>Infrarotthermographie</u>) → S. 82 (Seismik) (Georadar) → S. 84	<u>Endoskopie</u> [Anbohren] → S. 64 Hohlräume inspizieren [Aufspitzen]
Feuchtigkeit	Augenschein → S. 62 <u>Widerstandsmessung</u> → S. 78 (<u>Infrarotthermographie</u>) → S. 82 (Reflektrothermographie) (Georadar) → S. 84	<u>Augenschein</u> [Fenster öffnen] → S. 62 <i>Analyse</i> [Bohrkernentnahme trocken]
Risse	Augenschein → S. 62 (<u>Ultraschall</u>) → S. 86	Rissverlauf aufnehmen [Aufspitzen] Risstiefe feststellen [Bohrkernentnahme]
Schichtdicken	(<u>Ultraschall</u>) → S. 86 (Seismik) (Georadar) → S. 84 (<u>Widerstandsmessung</u>) → S. 78	Schichten messen [Aufspitzen] Schichten messen [Bohrkernentnahme]
Materialunterschiede	(Seismik) (Georadar) → S. 84 (<u>Widerstandsmessung</u>) → S. 78	<u>Augenschein</u> [Aufspitzen] → S. 62 <u>Augenschein</u> [Bohrkernentnahme] → S. 62
Chlorid, Salze allg.	Augenschein → S. 62 (Ausblühungen)	<i>Chem. Analyse</i> [Bohrkern-/Bruchstückentnahme]

Untersuchungsobjekt:

Mauerwerksoberflächenschutz (Putz u.ä.)

Zielgrösse	Untersuchungstechnik	
	zerstörungsfreie	zerstörende [Eingriff ins Bauwerk]
Verbund	Augenschein → S. 62 Abklopfen Kratzprobe	<u>Abreissprüfung</u> [Oberflächenbeschädigung] → S. 74
Porosität	Saugröhrchen → S. 72 Widerstandsmessung → S. 78	<i>Porositätsprüfung</i> [Probeentnahme]
Feuchtigkeit	Widerstandsmessung → S. 78	
Zusammensetzung		<i>Bindemittelbestimmung</i> [Probeentnahme] <i>Bindemittelverteilung</i> [Probeentnahme] <i>Kornverteilung</i> [Probeentnahme]
Salzbelastung		<i>Chloridtest</i> [Probeentnahme] <i>Nitrattest</i> [Probeentnahme] <i>Sulfattest</i> [Probeentnahme] <i>chem. Analyse</i> [Probeentnahme]

Untersuchungsobjekt:

Mauerwerksverkleidung (Verkleidungsplatten)

Zielgrösse	Untersuchungstechnik	
	zerstörungsfreie	zerstörende [Eingriff ins Bauwerk]
Befestigung an Mauerwerk	Augenschein → S. 62 <u>Endoskopie</u> → S. 62	<u>Endoskopie</u> [Anbohren] → S. 64 Detailuntersuchung (evtl im Labor) [Proben demontieren bzw. ausbauen]

Die bei der Entnahme von Proben und der Erteilung eines Laborauftrages zu beachtenden Punkte finden Sie im Datenblatt "**Probenentnahme/Laborauftrag**" → S. 66 zusammengefasst.

Untersuchungsobjekt:

Holzkonstruktionen

Zielgrösse	Untersuchungstechnik	
	zerstörungsfreie	zerstörende [Eingriff ins Bauwerk]
Festigkeitseigenschaften - Druckfestigkeit - Biegefestigkeit - Rohdichte - Faserverlauf - E-Modul - Astigkeit	Augenschein ¹⁾ → S. 62 Eindringwiderstand Belastungsversuch (Ultraschall (Laufzeit)) (Schwingzeitmessung) (Dielektrische Eigenschaften) (Röntgen)	<i>Bohrkernanalyse</i> [Bohrkernentnahme] (Bohrkernprüfgerät)
Belastungsgrad	(Schallemmissionanalyse)	
Verbindungsmittel	siehe Stahl (Baustahl)	siehe Stahl (Baustahl)
Feuchtigkeit	Augenschein → S. 62 Widerstandsmessung	<i>Bohrkernanalyse</i> [Bohrkernentnahme]
Risse	Augenschein → S. 62	
Fäulnis	Augenschein → S. 62 Eindringwiderstand	<i>Bohrkernanalyse</i> [Bohrkernentnahme] Belastungsversuch <u>Endoskopie</u> → S. 64

1) SIA 164, Holzbau (Festigkeitssortierung)

Zur Untersuchung von Holz und Holzkonstruktionen finden Sie weitere Angaben im Datenblatt "**Holzbauteile**" → S. 96

Untersuchungsobjekt:

Kunststoffe

Für die spezifische Prüfung von Kunststoffen ist der Beizug eines Fachmannes erforderlich. Bei einem Augenschein ist auf Versprödungen, Verfärbungen, Risse, etc. zu achten.

Untersuchungsobjekt:

Befestigungselemente aus nichtrostenden Stählen

Zielgrösse	Untersuchungstechnik	
	zerstörungsfreie	zerstörende [Eingriff ins Bauwerk]
Risse	Augenschein → S. 62 Endoskopie → S. 64 Potentialmessung Rissnachweisverfahren	<i>detaillierte Prüfung</i> [ausbauen]
Korrosion	Augenschein → S. 62 Endoskopie → S. 64 Chloridbeaufschlagung (Wischprobe) weitere Methoden vgl. Stahl	<i>detaillierte Prüfung</i> [ausbauen]
Tragfähigkeit	Augenschein → S. 62	Ausziehversuch [evtl. Zerstörung] <i>detaillierte Prüfung</i> [ausbauen]

Untersuchungsobjekt:

Boden- und Felsanker

Zielgrösse	Untersuchungstechnik	
	zerstörungsfreie	zerstörende [Eingriff ins Bauwerk]
Tragfähigkeit	Spannprobe ¹⁾ Kontrolle Ankerkraft	Ausziehversuch
Korrosion	Augenschein → S. 62	Überbohren [ausbauen]
Wasserdichtigkeit	Augenschein → S. 62 Widerstandsmessung	

1) SIA 191, Boden und Felsanker

Zum Vorgehen bei der Untersuchung von bestehenden Boden- und Felsankern (Permanentankern) finden Sie weitere Informationen im Datenblatt "**Boden- und Felsanker**" → S. 94

Die bei der Entnahme von Proben und dererteilung eines Laborauftrages zu beachtenden Punkte finden Sie im Datenblatt "**Probenentnahme/Laborauftrag**" → S. 66 zusammengefasst.

Untersuchungsobjekt:

Elektromechanische Anlageteile

Für die Untersuchung und Beurteilung von elektromechanischen, elektrischen und elektronischen Anlageteilen (Lüftungen, Steuerungen, Signalanlagen, Überwachungsanlagen, etc.) ist der Beizug von Spezialisten der entsprechenden Fachbereiche erforderlich. Da die Ursachen von Schäden, insbesondere von Korrosionserscheinungen, vielfach durch die Umgebungsbedingungen und durch die Mängel anderer Bauteile begründet sind, ist eine interdisziplinäre Zustandsuntersuchung und Planung der Erhaltungsmaßnahmen unerlässlich. Der Umfang von Erhaltungsmaßnahmen an solchen Anlageteilen wird sogar von den entsprechenden Fachleuten (in einer ersten Phase) oft unterschätzt.

Persönliche Notizen:

2.6 Datenblätter zu Untersuchungstechniken

Informationen für den Benutzer der Datenblätter	61
Verzeichnis der Datenblätter:	
Visuelle Untersuchung/Augenschein	62
Endoskopie	64
Probenentnahme/Laborauftrag	66
Betonprüfhammer (Schmidt-Hammer)	68
Betonüberdeckungsmessung (Stahlbeton)	70
Saugröhrchen (Beton, Mauerwerk)	72
Abreissprüfung (Beton, Mauerwerk)	74
Potentialmessung (Stahl- u. Spannbeton)	76
Widerstandsmessung (Beton/Mörtel/Mauerwerk)	78
Vakuummethode (Spannbeton)	80
Infrarotthermographie (Stahlbeton/Mauerwerk)	82
Georadar (Stahlbeton/Mauerwerk)	84
Ultraschall (Stahlbeton/Pfähle)	86
Schichtdickenmessung (Beschicht. auf Stahl)	88
Gitterschnittprüfung (Beschicht. auf Stahl)	90
Farbeindringprüfung (Stahl)	92
Boden- und Felsanker	94
Holzbauteile (tragend)	96

Persönliche Notizen:

Informationen für den Benutzer der Datenblätter

Die Datenblätter sind mit wenigen Ausnahmen nach dem gleichen Schema aufgebaut. Damit soll dem Benutzer die Suche nach der gewünschten Information möglichst erleichtert werden. Die Erläuterung der verwendeten Stichworte finden Sie nachfolgend auf dieser Seite. Diese dienen als grobe Richtschnur bei der Zusammenstellung der Angaben. *Die aufgeführten Informationen sind nicht als Gebrauchsanweisung für die Anwendung einer Untersuchungstechnik oder den Einsatz eines Gerätes gedacht.* Die Informationen können jedoch dem mit einer Bauwerksuntersuchung beauftragten Ingenieur helfen, die richtigen "Werkzeuge" zu finden. Bei Zuzug eines Spezialisten enthalten die Datenblätter soviel grundlegende Informationen, wie für den koordinierenden Ingenieur als Gesprächspartner des Spezialisten erforderlich ist.

Allgemeine Informationen

Ist das Verfahren normiert?
Zerstörungsfrei/zerstörend?
Prüfung am Bauwerk/im Labor

Anwendung

Baustoffe
Bauteile
Bauwerksarten

Zielgrößen

Über welche Zielgrößen werden Informationen gewonnen?
Sind dies direkte oder indirekte Informationen? Sind die Informationen qualitativ oder quantitativ (Genauigkeit), punktförmig oder flächenhaft?

Messprinzip

Beschreibung des Messprinzipes. Welches sind die Messresultate, welches die Einflussfaktoren?

Interpretation

Wie gelangt man vom Messresultat zur Zielgröße?
Aufwand, Eindeutigkeit der Interpretation.
Gefahr einer Fehlinterpretation.
Reproduzierbarkeit, Streuung.

Arbeitsablauf

(Geräteanwendung und Kosten)

Ausrüstung, Geräte, Messequipe, Anforderungen an die Messequipe?
Wasser- bzw. Stromanschluss erforderlich?
Weitere Randbedingungen bezüglich Witterung, Zugänglichkeit, etc.?

Beschreibung des Ablaufes (Vorbereitungsarbeiten, Geräteanwendung, Auswertung, etc.) und allfälliger Betriebsstörungen.

Kosten (Größenordnung)

Beurteilung

Anwendungsbereich?
Leistungsgrenzen?
Zeitbedarf bis zum Vorliegen der Resultate?
Begleitende Prüfungen erforderlich?
Folgeuntersuchungen zur Präzisierung der Resultate?
Nutzen/Aufwand-Verhältnis?

Literatur

Ergänzende Hinweise auf wichtigste weiterführende Literatur.

Visuelle Untersuchung/Augenschein

Grundsätzliches

Die visuelle Untersuchung bildet in den meisten Fällen die erste Untersuchungsstufe. Im Rahmen der visuellen Untersuchung versucht der Untersuchende mit Hilfe seiner Sinne (Augen, Tastsinn, Ohren, etc.) und einfacher Hilfsmittel den Zustand eines Bauwerkes grob zu erfassen. Wie im Beitrag "Visuelle Untersuchung" (→ S. 25) dargelegt, sollen die im nebenstehenden Kasten aufgeführten Fragen beantwortet werden.

Die Antworten auf diese Fragen können grosse Konsequenzen für das Bauwerk haben. Einerseits können sich nicht erkannte Schäden bis zur nächsten Inspektion stark ausweiten, andererseits kann ein Entscheid für weitere Untersuchungen grosse Aufwendungen für ergänzende Abklärungen auslösen.

Eine sorgfältige Vorbereitung und Abwicklung der visuellen Untersuchung ist deshalb unerlässlich. Nachfolgend wird auf einige wichtige Punkte hingewiesen.

Vorbereitung

Die visuelle Untersuchung muss wie alle anderen Untersuchungsstufen sorgfältig vorbereitet werden. Die Vorbereitung beginnt mit der Beschaffung der vorhandenen Dokumente (Planunterlagen, Nutzungsplan, Sicherheitsplan, etc.). Aufgrund dieser Unterlagen und einer Begehung der Örtlichkeiten wird ein detaillierter Untersuchungsplan mit Personal- und Materialliste erstellt.

Zugänglichkeit

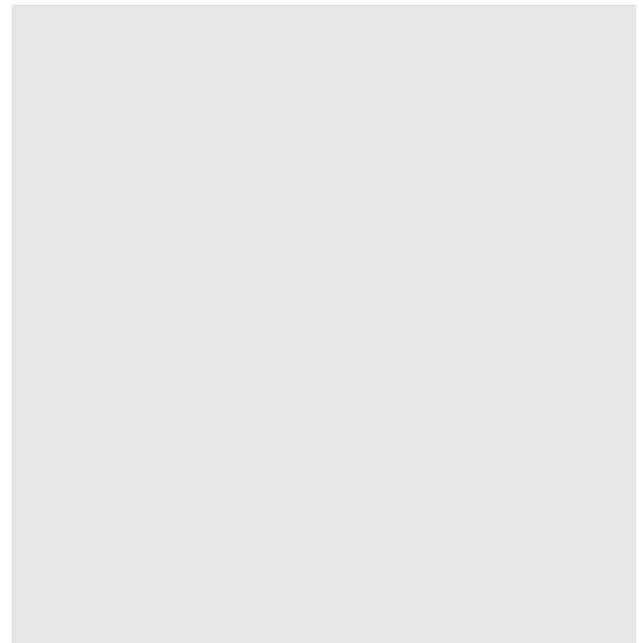
Die Zugänglichkeit zu den verschiedenen Bauwerksteilen muss abgeklärt werden. Bereits für die visuelle Untersuchung müssen optimale Bedingungen geschaffen werden. Eine wirkliche Beurteilung ist nur möglich, wenn die Voraussetzungen geschaffen werden, dass der Untersuchende direkten Zugang zu allen typischen Bereichen des Bauwerkes hat.

Leitern, Hebebühnen, Gerüste, Untersichtsgeräte, etc. wie auch das erforderliche Hilfspersonal zur Bedienung und Umsetzung dieser Geräte sowie zur Sicherung müssen organisiert werden.

Der Aufbau dieses Datenblattes weicht von der üblichen Strukturierung ab. Die visuelle Untersuchung, auch als Augenschein bezeichnet, ist keine Untersuchungstechnik im eigentlichen Verständnis des Handbuchs. Zahlreiche Untersuchungen beschränken sich jedoch auf die visuelle Untersuchung. Ihr kommt deshalb bei der Überwachung und damit bei der Sicherstellung der Gebrauchstauglichkeit und Tragsicherheit unserer Bauwerke zentrale Bedeutung zu. Das Datenblatt gibt dazu einige grundlegende Hinweise.

- Keine Massnahmen bis zur nächsten Inspektion?
- Weitere Untersuchungen notwendig?
- Sofortmassnahmen erforderlich?

Durch visuelle Untersuchung zu beantwortende Fragen



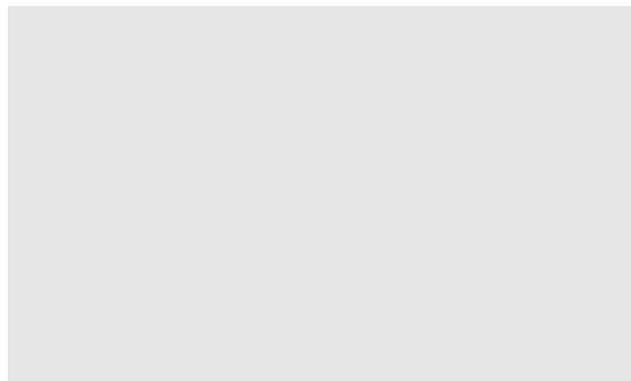
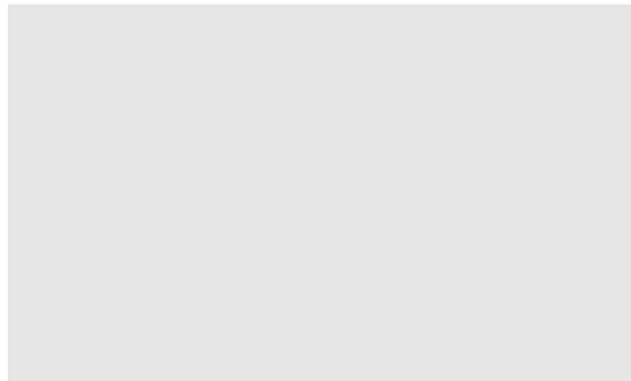
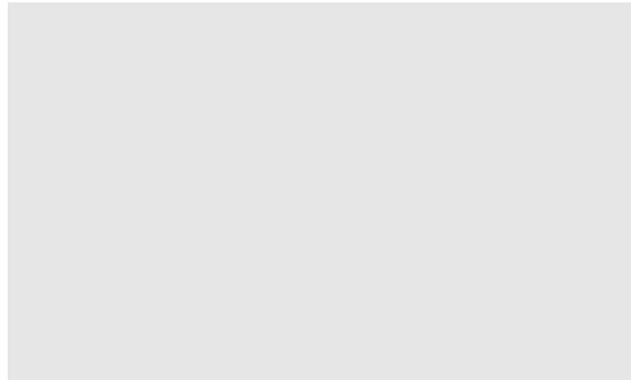
Zugänglichkeit gewährleisten

Ausrüstung

Eine detaillierte Ausrüstungsliste ist im Beitrag "Visuelle Untersuchung" (→ S. 27) zu finden. Je nach Objekt kann diese Ausrüstung ergänzt oder auch reduziert werden. Die nebenstehenden Bilder veranschaulichen einige wichtige Ausrüstungsteile zur Massaufnahme (Doppelmeter, Rissmassstab, Risslupe, etc.) und zur Dokumentation der Untersuchung (Protokoll, Schreibutensilien inkl. Markierkreiden, Fotoausrüstung mit Blitzlicht, etc.). Werkzeuge zur Entnahme erster Materialproben (Spitzeisen, Fäustel, etc.) dürfen nicht vergessen werden. Aufgrund erster Materialuntersuchungen können nämlich wichtige Schlüsse für die Planung einer allfälligen weiteren Untersuchungsstufe gezogen werden.

Aufzeichnungen

Eine gut vorbereitete Dokumentation erleichtert nicht nur die Durchführung der Untersuchung, sie verbessert auch die Qualität der Untersuchung. Während der Untersuchung muss sich die Untersuchungsequipe auf zahlreiche Details konzentrieren, dazu kommt in den meisten Fällen die körperliche Anstrengung, sodass ohne umfassende Checklisten allzu leicht wichtige Details vergessen werden. Für die Protokollierung bestehen zahlreiche Formulare. Jedes Formular hat seine Vor- und Nachteile. Im untenstehenden Kasten sind Stichworte aus einem Zustandsrapport beispielhaft aufgeführt. Die Beurteilungen sind möglichst vor Ort bezüglich ihrer Dringlichkeit einzuordnen (z.B. in "Beanstandungen" und "dringliche Reparaturen"). Ein wichtiger Teil der Dokumentation ist die Fotodokumentation. Es ist darauf zu achten, dass jede Aufnahme möglichst direkt im Bild lokalisiert werden kann (z.B. mit Fettstift auf Bauwerk schreiben, Tafel einblenden, etc.). Vgl. auch Checklisten zur visuellen Untersuchung (→ S. 30).



*Beispiele zur Ausrüstung:
Dokumentation, Messgeräte, Werkzeuge*

Fahrbahn	Unterbau	Überbau	Überbau
Isolation	Pfeiler	STAHL	NATUR-, KUNSTSTEIN
Belag	Widerlager	Rost	Formänderungen
Frostschäden	Widerlagerentwässerung	Anstrich	Risse
Randsteine	Stützmauern	Druckstäbe	Wasseraustritt
Geländer	Fundamente	Schrauben, Nieten	Frostschäden
Geländerbefestigung	Fundamentsetzungen	Schweisstellen	Zustand der Fugen
Konsolköpfe	Feste Lager	Verbundfugen	HOLZ
Dilatationsfugen	Bewegliche Lager	BETON	Zustand
Fahrbahmentwässerung	Werkleitungen	Risse	Fäulnis
Fahrbahnübergänge	Leitungskulissen	Abblätterungen	Schädlinge
		Rostige Armierungen	Grosse Risse
		Kalkaussinterungen	Belüftung
		Nasse Stellen	

Stichwortliste aus einem Zustandsrapport

Endoskopie

Allgemeine Informationen

Die Endoskopie ist ein in der Medizin seit vielen Jahren angewandtes Untersuchungsverfahren. Die Geräte wurden für den Einsatz in der Bauwerksuntersuchung weiterentwickelt. Die Anwendung erfolgt am Bauwerk. Zur Einführung des Endoskopes ist oft eine leichte Zerstörung am Bauwerk (Bohrloch \varnothing 10 bis 30 mm) erforderlich.

Anwendung

Mit Hilfe der Endoskopie kann sich der Fachmann Einblick in Hohlräume verschaffen, die dem Auge sonst nicht zugänglich sind. Die Dokumentation erfolgt in der Regel mit Foto- oder Videoaufnahmen durch das Endoskop. Einsatzbeispiele sind: Kontrolle von Spannkabeln, Deckenaufbauten bei Holzbalkendecken, Auflager von Holzbalken im Mauerwerk, Inspektion hinter Fassadenverkleidungen, Feststellung von Leitungen, etc.

Zielgrößen

Die Endoskopie erlaubt einen Einblick in verdeckte Hohlräume. Die Ergebnisse lassen sich mit Foto- oder Videoaufnahmen dokumentieren.

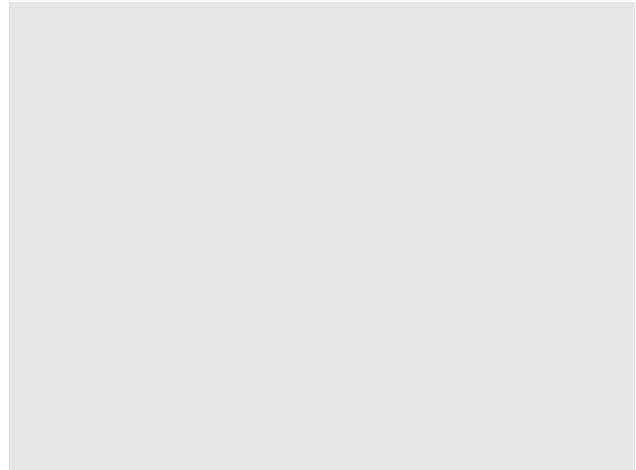
Messprinzip

Das Kernelement eines Endoskopes ist ein starres (oder auch bewegliches) Rohr in das neben einer Spezialoptik auch ein Lichtleiter eingebaut ist. Dieses Rohr wird durch einen kleinen Zugang (z.B. Bohrloch \varnothing 10 bis 30 mm) in den verdeckten Hohlraum eingeführt. Der Hohlraum wird mit dem Lichtleiter beleuchtet. Die Beobachtung erfolgt entweder direkt von Auge oder mit einer am Endoskop angeschlossenen Foto- oder Videokamera. Die Blickrichtung kann durch Einsatz verschiedener Endstücke variiert werden. Speziell ausgerüstete Endoskope erlauben die Durchführung von Messungen sowie die Entnahme von Materialproben.

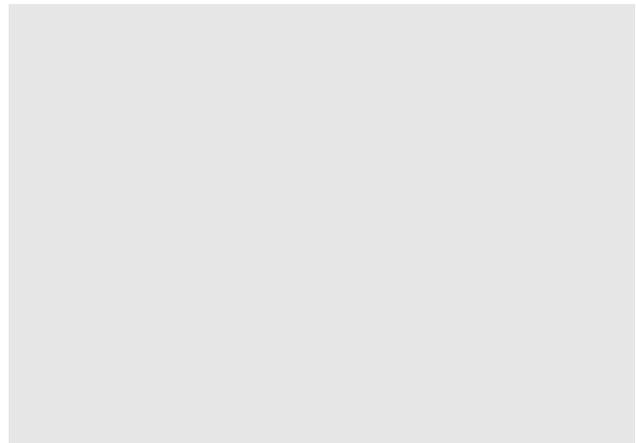
Für eine gute Beurteilung ist die Verwendung eines Stativs hilfreich.

Interpretation

Die richtige Interpretation der mit der Endoskopie gewonnenen Bilder erfordert grosse Erfahrung, da die Bilder aus einer für das menschliche Auge ungewohnten Perspektive aufgenommen werden.



Endoskop mit Kaltlichtquelle



Endoskop im Einsatz (Gerät mit beweglichem Rohr)

Das Bild bietet immer einen relativ stark begrenzten Ausschnitt aus einem Gesamtbild. Bei Anwendung der Endoskopie ohne entsprechendes Training ist aus den genannten Gründen die Gefahr einer Fehlinterpretation gross.

Für die spätere Interpretation und Dokumentation einer Untersuchung mit dem Endoskop ist eine sorgfältige Protokollführung von grosser Bedeutung (Lit. 1).

Arbeitsablauf

(Geräteanwendung und Kosten)

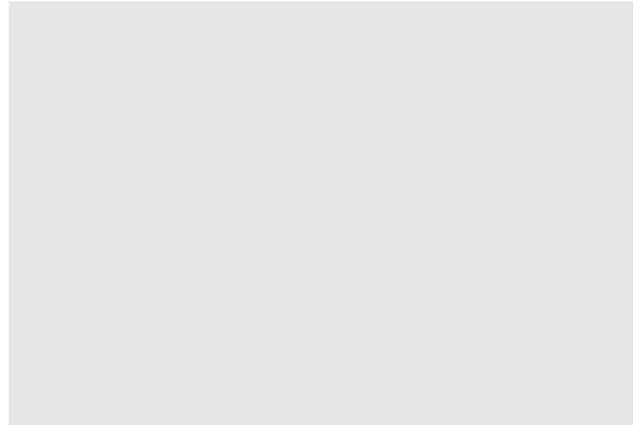
Untersuchungen mit dem Endoskop können nur von einem mit der Methode vertrauten Fachmann ausgeführt werden. Eine wesentliche Voraussetzung für eine erfolgreiche Anwendung der Endoskopie ist ein sehr gutes räumliches Vorstellungsvermögen.

In einem ersten Schritt werden aufgrund vorhandener Unterlagen sowie eines Augenscheins die Untersuchungspunkte festgelegt und das Protokoll vorbereitet. Der Durchmesser der anschliessend gebohrten Sichtkanäle muss auf das verwendete Endoskop abgestimmt werden. Allfällige Feststellungen während des Bohrens (Bohrwiderstand, Hindernisse, etc.) sollten festgehalten werden. Vor dem Einführen des Endoskopes müssen die Bohrkanäle mit einem Industriestaubsauger gereinigt werden. Nach abgeschlossener Untersuchung werden die Sichtkanäle wieder verschlossen.

Die Anschaffungskosten für ein Endoskop mit Lichtquelle betragen ca. Fr. 5000.- und mehr. (Erforderliche Zusatzausrüstung vgl. Kasten). Pro Untersuchungspunkt ist mit einem Zeitbedarf von ca. einer Stunde zu rechnen (ohne erschwerende Randbedingungen).

Beurteilung

Die Endoskopie ist eine gute und bewährte Methode zur zerstörungswarmen Untersuchung verdeckter Hohlräume. Der Einsatz erfordert grosse Erfahrung, die Einarbeitungszeit ist lang. Der Vorteil der Methode kommt überall dort zum Tragen, wo aufgrund der Beurteilung mit dem Endoskop auf das Freilegen verzichtet werden kann.



Beispiel einer Aufnahme durch das Endoskop, Blick auf freiliegendes Spannkabel in einem Hüllrohr

- Endoskop mit Lichtquelle und verschiedenen Endstücken
- Bohrausrüstung mit verschiedenen Bohrern
- Industriestaubsauger
- Fotokamera mit Adapter, evtl. Videokamera mit Adapter
- verschiedene Hilfsgeräte (Hammer, Massstab, Messstab für Bestimmung der Bohrlochtiefe, Verlängerungskabel, Beleuchtungsmittel, etc.)

Ausrüstung für Untersuchungen mit dem Endoskop

Literatur

1. Dzierzon M., Zull J.: Altbauten zerstörungswarm untersuchen, Bauaufnahme, Holzuntersuchung, Mauerfeuchtigkeit; Rudolf Müller, Köln, 1990.

Probenentnahme/Laborauftrag

Grundsätzliches

Als Grundlage für die Planung von Erhaltungsmaßnahmen sind ausreichende Kenntnisse des Ist-Zustandes eine unabdingbare Voraussetzung: Zur Ermittlung der notwendigen Daten über Struktur, Festigkeitsparameter sowie weitere physikalische und chemische Eigenschaften der Baustoffe sind Laborversuche an repräsentativen Proben aus dem Bauwerk erforderlich.

Probenmengen

Ort, Zahl und Abmessungen der zu entnehmenden Proben sind von der Zielsetzung der Untersuchungen abhängig. Diese muss vom verantwortlichen Ingenieur festgelegt und sollte dem Ausführenden der Laborversuche mitgeteilt werden, damit alle Untersuchungen im Sinne des Auftraggebers konzipiert werden können.

Ort, Zahl und Abmessungen der Proben werden mit Vorteil im Voraus mit dem Labor abgesprochen. Für die üblichsten Fälle können die in der nebenstehenden Tabelle aufgeführten Werte verwendet werden.

Probestellen

Die Anzahl der Teststellen muss so gewählt werden, dass die Ergebnisse für das Bauwerk repräsentativ sind. Im Minimum sind 3 Teststellen pro Bauwerksteil zu untersuchen (vgl. auch Planung und Beurteilung von Messungen → S. 34).

Beschreibung und Kennzeichnung

Bei jeder Bohrkernentnahme müssen Entnahmestelle und Orientierung des Bohrkerns festgehalten werden. Diese Angaben haben grundlegende Bedeutung für alle folgenden Untersuchungen. Die Bohrrichtung wird durch das Anzeichnen des Kerns mit einem Pfeil- oder Keilsignet direkt bei der Entnahme festgehalten. Diese Angaben müssen auf einem Entnahmeprotokoll (Beispiel) festgehalten werden. Darin werden auch alle makroskopisch erkennbaren Merkmale des Bohrkerns erfasst; diese stellen eine wichtige Informationsquelle für die Beurteilung des Zustandes des Bauwerks dar. Die Bezeichnung kann auch in einer Tabelle erfolgen (Checkliste vgl. Kasten).

Der Aufbau dieses Datenblattes weicht von der üblichen Strukturierung ab. Das Datenblatt gibt einige grundlegende Hinweise, die bei der Entnahme von Proben aus Betonbauwerken und der Erteilung eines Auftrages an ein Prüflabor zu beachten sind. Die Überlegungen gelten sinngemäss für die Entnahme von Proben und die Erteilung eines Laborauftrages für die Untersuchung anderer Baustoffe.

Untersuchung	Kriterien für Probekörper (Bohrkern)	Probenmaterial	
		Bohrkern Ø 50 mm	Spitzprobe
Druckfestigkeit	- Länge \geq 60 mm - keine Eisen oder sonstige Störungen	x	
Spaltzugfestigkeit	- Länge \geq 40 mm	x	
Halbzugfestigkeit	- Ø 50 mm oder 100 mm - min. 1.5-fache Länge des Grösst-kornes	x	
Biegezugfestigkeit	- Länge \geq 3-facher Durchmesser	x oder Prisma	
Chloridgehalt Sulfatgehalt	- Länge \geq 10 mm (pro Tiefenstufe) normalerweise ca. 50 mm	x	x (ohne Tiefen- stufe)
Porositätswerte (P_v , A_g , S)	- Länge \geq 50 mm	x	1 Grossprobe (mind. 500 g)
Frostbeständigkeit (TFB-Methode)	- Länge \geq 100 mm - ohne Eisen nach Norm - 2 Probekörper Ausnahmefall: - Länge \geq 60 mm - ohne Eisen - 2 Probekörper	x	
Frost-Tausalz- beständigkeit	- wie Frostbeständigkeit	x	
Dünnschliff/ Gefügeanalyse	- Länge \geq 40 mm	x	x
Wasserdampf- diffusion	- Mörteldicke 10 bis 15 mm - 2 Probekörper pro Versuch	x	
Wasseraufnahme- koeffizient	- Ø 100 mm - Länge \geq 40 mm	x	

- 1 Aus grösseren Probekörpern können im Labor die entsprechenden Normgrössen für die Untersuchungen herausgebohrt und geschnitten werden (Diamantsäge).
- 2 Die Bestimmung der Karbonatisierungstiefe mit dem Phenolphthalein-Test kann an jeder Probe gemacht werden, wobei die Probe für andere Prüfzwecke erhalten bleibt.

Anforderungen an das Probenmaterial

Datum:	Auftrag:	Bauwerksteil:
Bohrkern:	Durchmesser, Länge Kerngewinnung (%), Risse	
Beton:	Zuschlagstoff 0/.. Poren, Lunker ϕ , Kiesnester	
Armierung:	Eisen ϕ , Korrosion	
Besondere Merkmale		

Checkliste für Probenbezeichnung

Jeder Auftrag ist schriftlich zu formulieren. Er muss die folgenden Angaben umfassen:

- Auftraggeber
- Auftragserteilung (Ingenieurbüro, Architekt)
- Bauobjekt: allg. Beschreibung des Bauteils, Alter
- Zielsetzung der Untersuchung
- Zu prüfende Eigenschaften (Zielgrößen)
- Gewünschte Zahl von Einzelmessungen
- Anordnung der einzelnen Prüfungen innerhalb des Probematerials (Bohrkern)
- Information betreffend eine allfällige Staffelung des Untersuchungsprogrammes (Zwischenentscheide)
- Festlegung der gewünschten Berichterstattung:
 - .Labor-Ergebnisse auf Datenblättern
 - .Kommentierung der Ergebnisse mit Bezug auf Problemstellung/Bauwerk
 - .Kombiniertes Datenblatt mit den Messergebnissen am Objekt, den Laborergebnissen und eingehendem Kommentar.

Auftrag an das Prüflabor

Datum Probeannahme: <i>22. 04. 1991</i>		Auftrag Nr.		Anhang	
Auftraggeber		Objekt		12	
Probeentnahme durch: Geotest		<input checked="" type="checkbox"/>		PROBEANNAHME PROTOKOLL	
Datum: <i>19. 4.</i>					
Probe Bezeichnung: <i>No 3-Süd</i>		GEOTEST			
Labor No: <i>893</i>					
Bohrkern <input checked="" type="checkbox"/>		Durchmesser: <i>5.0 cm</i>		Länge <i>15.3 cm</i>	
Handstück		Gewicht: _____		kg	
Länge (cm)	Material	Beschreibung	-Teilprobe No -Bereich	Bemerkungen	
0		<i>Farbanstrich grau, mit Rissen</i>			
1					<i>Gefüge-Analyse</i>
2			<i>893-1</i>		
3		<i>Armierung ϕ 8 mm</i>			
4					<i>Druck-festigkeit</i>
5					
6		<i>Beton 0/16 mit vielen Verdichtungs-poren und Lunkern</i>	<i>893-2</i>		
7					<i>Porositäts-kennwerte</i>
8					
9		<i>$\phi \sim 3 - 12 mm$</i>	<i>893-3</i>		
10					<i>Av / As / S</i>
11					
12					
13					
14					
15					
16					

Beispiel eines Probenannahme--Protokolles

Betonprüfhammer (Schmidt-Hammer)

Allgemeine Informationen

- in der Schweiz nicht normiert (DIN 1048, ASTM C 805-85, ÖNORM B 3303)
- bedingt zerstörungsfrei (abschleifen der Oberfläche)
- der Betonprüfhammer ist das wohl verbreitetste Hilfsmittel zur zerstörungsfreien Feststellung der Betondruckfestigkeit am fertigen Bauwerk.

Anwendung

Prüfung der Druckfestigkeit bzw. der Gleichmässigkeit an fertiggestellten Bauteilen (z.B. Vorfabrikation) und Bauwerken aus Beton oder Mörtel.

Zielgrössen

Mit dem Prüfhammer wird die Prellhärte der Betonoberfläche festgestellt. Daraus ist ein Rückschluss auf die Druckfestigkeit des Betons möglich. Es ist zu beachten, dass nur die Verhältnisse im Oberflächenbereich geprüft werden.

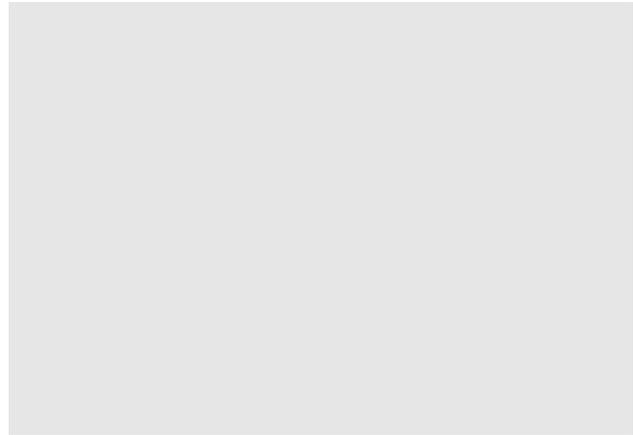
Messprinzip

Beim Prüfen wird ein Schlagbolzen gegen die zu prüfende Fläche gedrückt. Gleichzeitig wird ein Schlaggewicht durch eine Federkraft gegen den Schlagbolzen geschleudert. Nach dem Aufprall auf dem Schlagbolzen prallt das Schlaggewicht um ein gewisses Mass zurück. Dieses Mass kann an einer Skala abgelesen werden.

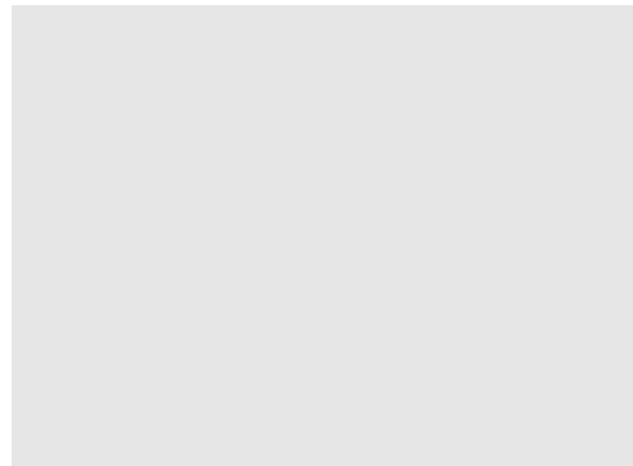
Interpretation

Aus dem Rückprallmass wird anhand von Eichkurven (werden mit Gerät geliefert) auf die Druckfestigkeit des Betons oder Mörtels (oder eines anderen Stoffes) geschlossen. Die Eichkurven werden mit Hilfe von Probewürfeln ermittelt, an denen anschliessend an die Prüfung mit dem Betonhammer ein Würfeldruckversuch durchgeführt wird. Bei der Auswertung ist die Schlagrichtung zu berücksichtigen. Bei neueren Geräten ist eine elektronische Auswertung und Aufzeichnung der Messresultate möglich.

Die Messresultate werden durch die lokale Beschaffenheit der Betonoberfläche sowie durch die oberflächennahe Betonstruktur (grosse Zuschlagkörner!) an der Prüfstelle beeinflusst. Um eine repräsentative Aussage zu erhalten, müssen demzufolge in einem begrenzten Bereich mehrere



Betonprüfhammer, einfaches Modell



Betonprüfhammer, Modell mit elektronischer Anzeige und Auswertung

Messungen vorgenommen werden. Für die Auswertung muss nach Eliminierung der Extremwerte der Mittelwert der restlichen Messwerte verwendet werden.

Voraussetzung für die Ermittlung zuverlässiger Werte ist eine regelmässige Funktionskontrolle des Gerätes mit Hilfe eines Prüfamboss'.

Eine zusätzliche Eichung an Würfelproben des gleichen Betons ist zu empfehlen.

Arbeitsablauf

(Geräteanwendung und Kosten)

Der Betonprüfhammer kann durch jeden in der Anwendung geübten Fachmann eingesetzt werden.

Die zu prüfende Fläche wird mittels eines Schleifsteines vorbehandelt, damit die normale Betonstruktur freiliegt. Bei altem Beton ist die karbonatisierte Oberflächenschicht zu entfernen. Für den Mittelwert von jeweils ca. 10 Messschlägen kann mit Hilfe der Eichkurve und unter Berücksichtigung der Schlagrichtung die Würfeldruckfestigkeit bestimmt werden.

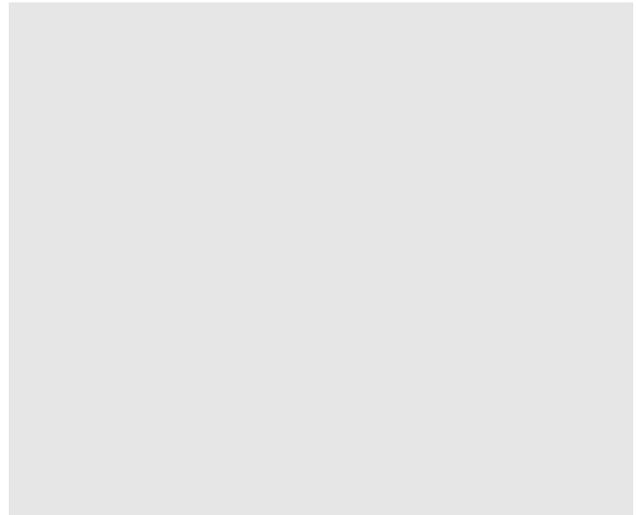
Die Kosten für die Anschaffung eines kompletten Betonprüfhammers (inkl. Prüfamboss) betragen ca. Fr. 1'500.- (Gerät mit einfacher Ablesung) bis Fr. 7'000.- (Gerät mit elektronischer Anzeige und Auswertung).

Beurteilung

Die Prüfung mit dem Betonprüfhammer ergibt eine Information über die Verhältnisse im Oberflächenbereich. Durch Karbonatisierung, Verwitterung oder herstellungsbedingte Fehlstellen können daher starke Abweichungen von der ermittelten Festigkeit zur Festigkeit im Innern des Bauteiles resultieren.

Es ist zu empfehlen, die Festigkeitsprüfung mit dem Betonhammer an Bohrkernen (Druckfestigkeitsprüfung im Labor) zu eichen.

Der Betonprüfhammer kann als einfaches Mittel zur orientierenden Feststellung der Druckfestigkeit von Beton betrachtet werden. Die Prüfung ergibt eine relativ gute Aussage über die Gleichmässigkeit der Betonqualität an einem Bauteil.



Einsatz des Betonprüfhammers

Literatur

1. Gaede K., Schmidt P.: Rückprallprüfung von Beton mit dichtem Gefüge; Schriftenreihe DAfStB, Heft 158, 1964.
2. Proceq, Zürich: Firmendokumentation.

Betonüberdeckungsmessung (Stahlbeton)

Allgemeine Informationen

- Verfahren sind nicht normiert
- Verfahren sind zerstörungsfrei mit der Ausnahme, dass zur Feststellung der Durchmesser der Bewehrungsstäbe bzw. zur Verifizierung der festgestellten Betonüberdeckung die Bewehrung lokal freigelegt oder angebohrt werden muss.
- Die Prüfung erfolgt direkt am Bauwerk.
- Die Betonüberdeckung kann auch mit anderen Verfahren (Induktionsthermographie, Georadar) festgestellt werden.

Anwendung

Feststellung der Lage metallischer Gegenstände, insbesondere der Bewehrung bei Stahlbetonbauteilen. Messung der Betonüberdeckung metallischer Einlagen. Neuere Geräte erlauben unter gewissen Umständen die Bestimmung des Durchmessers der Bewehrung.

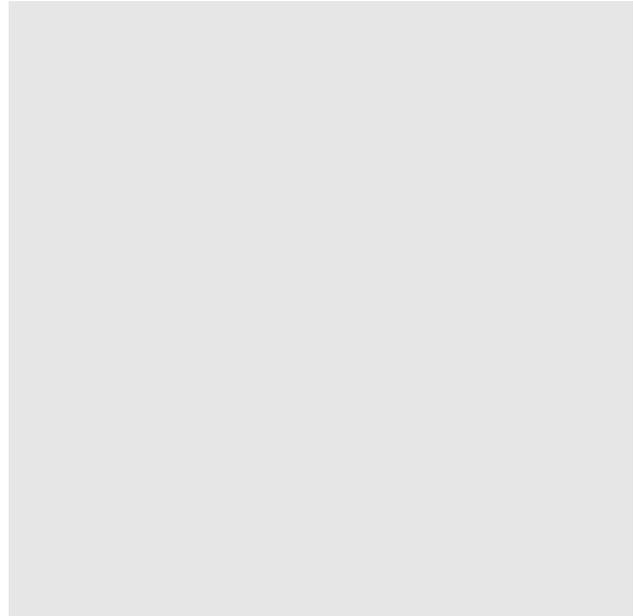
Zielgrößen

Es wird die Veränderung eines künstlich erzeugten Magnetfeldes während der Verschiebung der Messsonde auf der Betonoberfläche gemessen. Aus den Beobachtungen kann primär auf den Verlauf der Bewehrung, sekundär auf die Betonüberdeckung geschlossen werden.

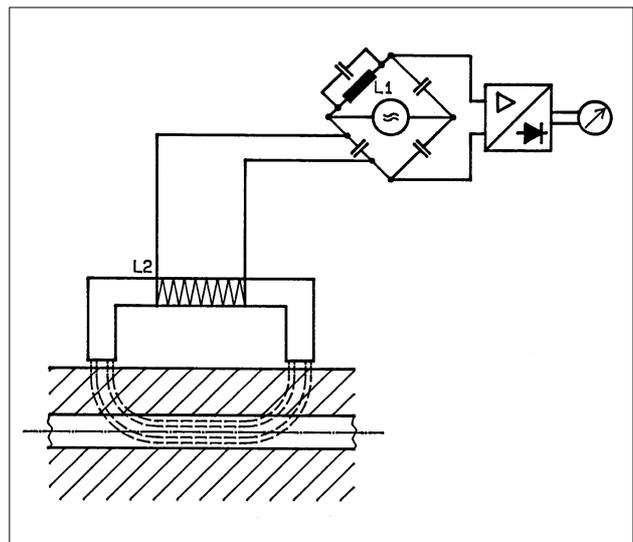
Messprinzip

Das in der Schweiz am weitesten verbreitete Gerät verwendet ein induktives Messverfahren mit einer Spule. Dabei wird von der Messsonde ein magnetisches Wechselfeld erzeugt. Metallische Gegenstände haben die Eigenschaft dieses Messfeld zu beeinflussen. Die Grösse der Beeinflussung ist abhängig von der Masse des metallischen Gegenstandes (\varnothing der Bewehrung) und des Abstandes von der Messsonde (Überdeckung).

Primär wird die Messung von der Ausdehnung der metallischen Gegenstände, also vom Durchmesser und der Anzahl der vorhandenen Bewehrungsstäbe beeinflusst. An Kreuzungspunkten der Bewehrung und bei sehr enger Bewehrung ist das Resultat nicht mehr zuverlässig. Ein weiterer Einfluss auf die Messung geht von der messenden Person aus. In Lit. 1 ist eine eingehende Untersuchung der verschiedenen Einflüsse für verschiedene Geräte dargestellt.



Betonüberdeckungsmessgerät



Messprinzip mit einer Einzelspule

Interpretation

Bei neueren Geräten ist der Messaufwand stark reduziert worden. Nach Einstellung des Durchmessers des überprüften Bewehrungsstabes kann die Betonüberdeckung nach entsprechender Positionierung der Sonde direkt von einer Anzeige abgelesen werden. Es ist wichtig, dass das vorgeschriebene Vorgehen für das jeweils verwendete Gerät genau beachtet wird. Das Gerät muss zudem regelmässig geprüft und geeicht werden.

Die Abweichung zwischen Wiederholungsmessungen ist gering.

Es ist unerlässlich, die mit Hilfe des Gerätes festgestellte Betonüberdeckung an ausgewählten Stellen (z.B. Minima und Maxima) durch Aufspitzen resp. Anbohren zu überprüfen.

Arbeitsablauf

(Geräteanwendung und Kosten)

Geräte zur Feststellung der Betonüberdeckung, wie sie hier beschrieben sind, können durch einen angelernten und geübten Fachmann eingesetzt werden.

Die Geräte sind batteriebetrieben. Es ist somit keine externe Stromversorgung nötig.

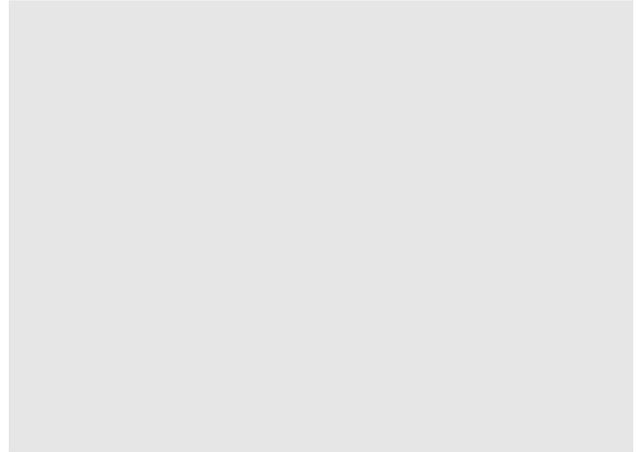
Einschränkungen für die Anwendung sind keine zu nennen.

Der Arbeitsablauf variiert von Gerät zu Gerät. In der Regel ist jedoch in einem ersten Arbeitsgang der Raster, d.h. die Lage der Bewehrungsstäbe zu ermitteln, anschliessend kann in einem zweiten Arbeitsgang die Betonüberdeckung festgestellt werden.

Die Geräteanschaffungskosten betragen ca. Fr. 3000.- bis Fr. 5000.-.

Beurteilung

Die in der Schweiz am meisten verbreiteten Geräte (Profometer) zur Feststellung der Betonüberdeckung erlauben bei richtigem Vorgehen und bekanntem Durchmesser der Bewehrung eine relativ genaue Feststellung der Betonüberdeckung. Das Resultat sollte jedoch stichprobenweise durch Aufspitzen resp. Anbohren überprüft werden. Bei unbekanntem Durchmesser der Bewehrung ist die Zuverlässigkeit vermindert.



Messgerät im Einsatz

Literatur

1. Schaab A. et al.: Die zerstörungsfreie Prüfung der Betondeckung der Bewehrung, Beton- und Stahlbetonbau, 1989, p. 275 - 279 u. p 324 - 327.
2. Proceq, Zürich: Dokumentation Profometer.

Saugröhrchen nach Karstens (Beton/Mauerwerk)

Allgemeine Informationen

- in der Schweiz nicht normiert
- zerstörungsfrei
- Prüfung erfolgt am Bauwerk

Anwendung

Verfahren kann zur Bestimmung der oberflächlichen Wasseraufnahmefähigkeit von Beton, Putz und Mauerwerk angewandt werden.

Zielgrößen

Über die beobachtete Wasseraufnahmefähigkeit einer Oberfläche wird auf die Porosität und Dauerhaftigkeit geschlossen.

Messprinzip

Das Messprinzip basiert auf der Tatsache, dass die Wassermenge, welche pro Zeiteinheit von einer bestimmten Fläche aufgesaugt wird, einen Rückschluss auf die Porosität bzw. die Wasseraufnahmefähigkeit eines Baustoffes ermöglicht.

Interpretation

Für die Auswertung stellt der Hersteller der Prüfröhrchen Tabellen zur Verfügung, aus denen entnommen werden kann, welche Wasseraufnahmefähigkeit noch ohne Befürchtung von Schäden toleriert werden darf.

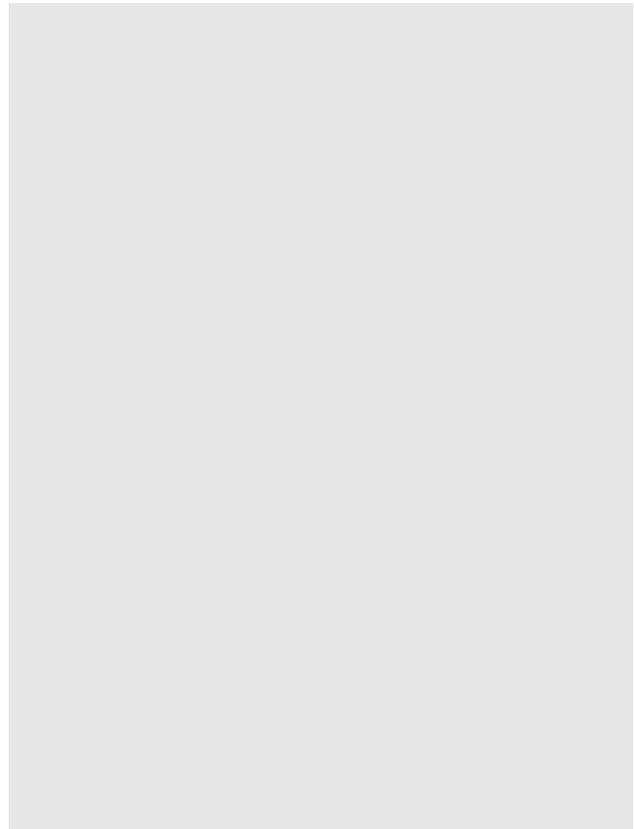
Das Resultat des Versuches ist insbesondere durch die Vornässung der Oberfläche beeinflusst. Der Versuch hat eine lokal sehr begrenzte Aussagekraft.

Arbeitsablauf

(Geräteanwendung und Kosten)

Die Anwendung der Methode kann durch einen geübten Fachmann erfolgen, spezielle Vorkenntnisse sind nicht erforderlich.

Das Röhrchen wird an die zu untersuchende Fläche angeklebt und mit Wasser gefüllt. Der Durchmesser des Röhrchens ist auf den Grösstkorndurchmesser des Betonzuschlages abzustimmen. Die Auswertung erfolgt aufgrund des beobachteten Wasserverlustes pro Zeiteinheit. Die Wasser- und Lufttemperatur während der Prüfung muss festgehalten werden.



Saugröhrchen nach Karstens

Eine Einschränkung für den Einsatz der Methode bildet ein allzu poröser oder unebener Untergrund. Die Röhrchen kosten pro Stück ca. Fr. 25.-. Sie können mehrmals verwendet werden.

Beurteilung

Das Verfahren eignet sich zur Bestimmung der Saugfähigkeit eines Untergrundes sowie zur Überprüfung der Wirkung einer Hydrophobierung (z.B. Messung vor und nach Applikation). Die Aussage beschränkt sich auf die Oberfläche. Aufgrund der aufgenommenen Wassermenge kann bei Rissen eine Abschätzung der Rissabmessungen vorgenommen werden.

Es handelt sich um ein preiswertes Verfahren mit begrenzter Genauigkeit.

Literatur

1. Karstens R.: Bauchemie für Studium und Praxis; Lüdecke Verlagsgesellschaft, 7. Auflage, 1983.
--

Abreissprüfung (Beton/Mauerwerk)

Allgemeine Informationen

- in der Schweiz nicht normiert
- Prüfverfahren führt zu einer Zerstörung der Oberfläche

Anwendung

Mit Hilfe des Verfahrens können Rückschlüsse auf die Zugfestigkeit des geprüften Materials (Beton, Mörtel) bzw. die Haftzugfestigkeit aufgebracht Schichten gemacht werden.

Zielgrößen

Mit dem Verfahren wird die Abreisskraft eines aufgeklebten Stempels bestimmt. Aus dieser Abreisskraft lässt sich auf Zugfestigkeit bzw. Haftzugfestigkeit zurückschliessen.

Messprinzip

Das Messprinzip ist äusserst einfach. Ein auf die Prüffläche aufgeklebter Stempel wird mit Hilfe eines Gerätes senkrecht weggezogen. Die Prüffläche wird mit einer Kernbohrung von der umgebenden Oberfläche separiert. Die Abreisskraft wird gemessen.

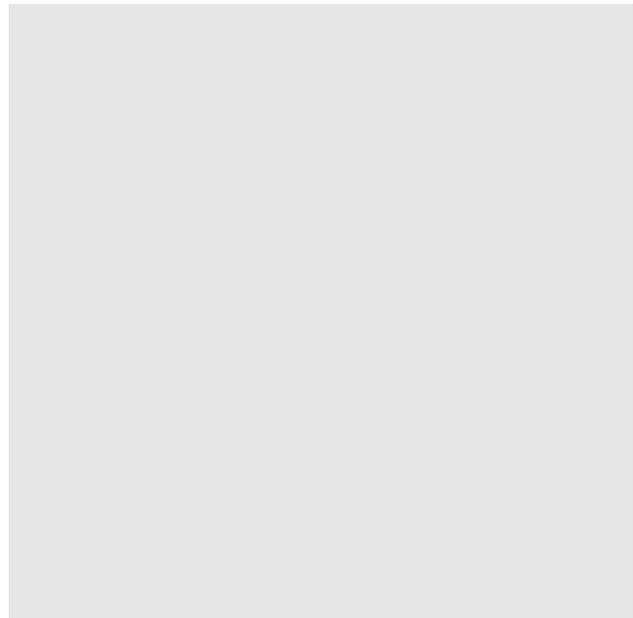
Wichtig ist, dass der Stempel genau senkrecht zur Oberfläche aufgeklebt und in axialer Richtung gezogen wird. Die für die Definition der Fläche erforderliche Kernbohrung muss mit einem gut fixierten Gerät ausgeführt werden, damit keine Schädigung der Probefläche eintritt.

Sind auf der Prüffläche Beschichtungen vorhanden, so ist darauf zu achten, dass der verwendete Kleber diese Beschichtungen nicht angreift, da sonst die Resultate verfälscht werden. Neuere Untersuchungen (Lit. 2) zeigen eine Abhängigkeit der Resultate von der Betonfeuchtigkeit.

Interpretation

Mit der festgestellten Abreisskraft kann über eine einfache Rechnung die Zugspannung beim Abreissen der Probe ermittelt werden. Neben der Abreisskraft ist aber auch die Abreissstelle und das Aussehen der Bruchfläche für die Beurteilung wichtig (Bruch in Schichtgrenze, Zuschlag gebrochen, Matrix gebrochen, etc.).

Das Resultat der Untersuchung liegt also ohne weitere Auswertearbeit vor.



Abreissprüfgerät

Die Streuung der Resultate der Abreissprüfung an verschiedenen Stellen eines Objektes ist naturgemäss - die Zugfestigkeit von Beton und Mörtel variiert sehr stark - relativ gross. Einzelmessungen haben eine sehr beschränkte Aussagekraft.

Arbeitsablauf

(Geräteanwendung und Kosten)

Die Prüfung muss äusserst sorgfältig durchgeführt werden, da die Versuchsdurchführung einen grossen Einfluss auf das Resultat haben kann. Es ist deshalb Erfahrung mit dem Gerät erforderlich.

Vor dem Aufkleben des Abreissstempels ist die Prüffläche zu reinigen und mit einer Kernbohrung (Tiefe ca. 30 mm) zu definieren. Der Prüfstempel von genügender Stärke (Dicke \geq halber Bohrdurchmesser) muss senkrecht zur Oberfläche aufgeklebt werden. Mit einer entsprechenden Vorrichtung wird nach Aushärten des Klebers der Stempel senkrecht abgezogen und die Abreisskraft bestimmt.

Die Anschaffungskosten eines Gerätes für die Abreissprüfung betragen Fr. 5000.- bis Fr. 7000.- (ohne Diamantbohrausrüstung). Für die Durchführung eines Versuches ist inkl. Vorbereitung mit einem Zeitaufwand von rund 0.5 h (ohne Erhärtungszeit des Klebers) zu rechnen.

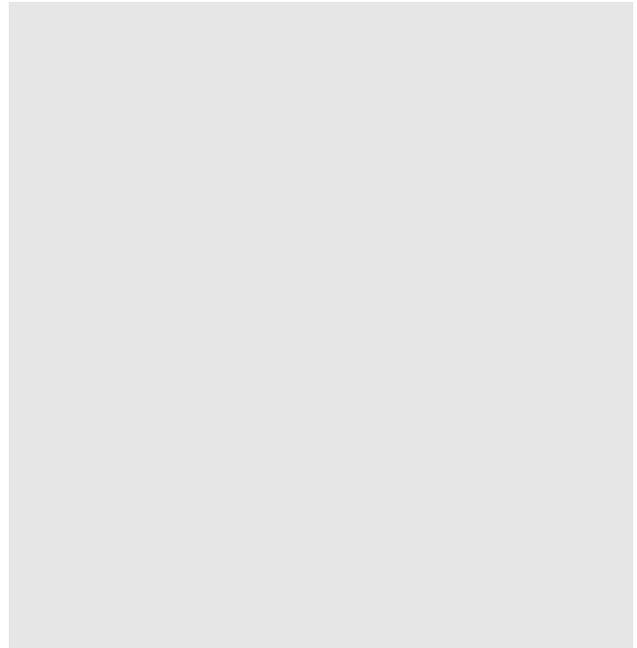
Beurteilung

Die Abreissprüfung ist eine allgemein anerkannte Prüfung zur Feststellung der Haftzugfestigkeit zwischen verschiedenen Schichten (auch bei Beschichtungen). Einzelwerte haben eine beschränkte Aussagekraft. Voraussetzung für ein repräsentatives Resultat ist eine sorgfältige Versuchsdurchführung.

Der Aufwand für die Durchführung der Prüfung am Objekt ist häufig nicht viel geringer als derjenige für die Entnahme eines Bohrkernes mit anschliessender Direktzugprüfung im Labor. Das Prüfergebn ist jedoch sofort verfügbar.

Auf unebenen Flächen und bei kalter Witterung ist die Durchführung dieses Versuches erschwert.

Neben der Abreisskraft ist auch die Abreissstelle und das Aussehen der Bruchfläche festzuhalten.



Abreissprüfung am Objekt

Literatur

1. Proceq, Zürich: Produktdokumentation.
2. Heidrich G. et al.: Einflüsse auf die Ergebnisse von Haftzugprüfungen; Bautenschutz + Bausanierung 13 (1990), p. 31 - 33.

Potentialmessung (Stahl- und Spannbeton)

Allgemeine Informationen

- nicht normiert
- zerstörungsfrei (Anschluss an Bewehrung und eventuelle Beobachtungsfenster zur Eichung der Interpretation sind lokal zerstörend)
- Prüfung erfolgt am Bauwerk
- flächendeckende Anwendung möglich

Anwendung

Anwendung im Rahmen der Überwachung, Planung, Instandsetzung und Qualitätssicherung von Bauteilen aus Beton (z.B. Brücken, Stützmauern, Tunnels, Hochbauten, etc.). Es werden zwei Verfahren, die Punktmessung und die Potentialfeldmessung unterschieden.

Die universell einsetzbare Punktmessung - sie erfordert nur einen geringen messtechnischen Aufwand - gibt Hinweise auf Korrosionsherde, erlaubt in der Regel aber keine Darstellung des Potentialfeldes.

Der engmaschige Messraster der Potentialfeldmessung ermöglicht es, auf der Betonoberfläche das Potentialfeld auszumessen und darzustellen.

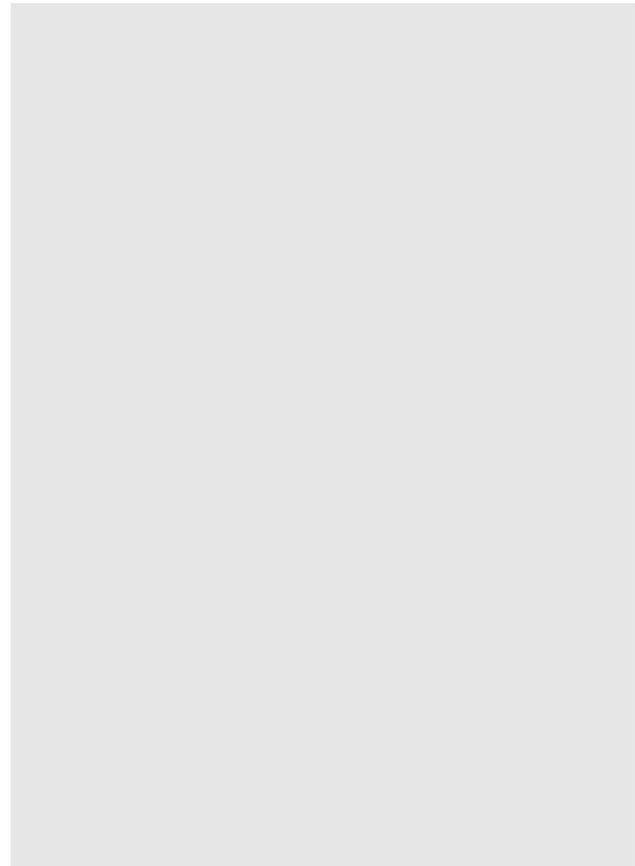
Zielgrößen

Bei der Potentialmessung wird das elektrochemische Korrosionspotential auf der Betonoberfläche gemessen. Korrodierende Stähle unterscheiden sich von intakten, nicht korrodierenden Stählen, welche im alkalischen, chloridfreien Beton liegen, durch ein um mehrere 100 mV negativeres Korrosionspotential. Aufgrund der festgestellten Potentialunterschiede auf der Betonoberfläche können korrodierende Bereiche der Bewehrung aufgespürt werden.

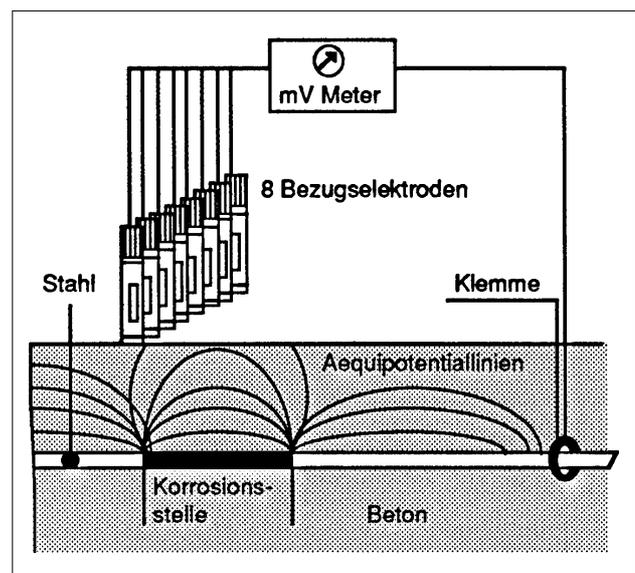
Die eigentlichen Messresultate müssen interpretiert werden. Dies erfordert Fachkompetenz.

Messprinzip

Eine Referenz- oder Bezugselektrode mit einem bekannten, konstanten Potential wird mit einem feuchten Schwamm als Unterlage auf die zu messende Stelle aufgedrückt und über ein hochohmiges Voltmeter mit der Bewehrung verbunden. Dabei wird der niederohmige Pol an die freigelegte, blanke Bewehrung angeschlossen. Grosse Datenmengen werden mit EDV-Programmen verarbeitet und graphisch dargestellt.



Potentialmessgerät im Einsatz



Prinzip der Potentialmessung nach IBWK-ETHZ

Interpretation

Da im Beton verschiedene Einflussgrössen die Potentiale beeinflussen (z.B. Überdeckung der Bewehrung, Wassergehalt des Betons, Risse, etc.) gibt es keine festen Grenzwerte. Ein relativer Vergleich der an der Oberfläche gemessenen Potentiale unter Berücksichtigung der Einflussgrössen ist als Indikator für Korrosionsbereiche sinnvoller. Die "Eichung" anhand parallel zur Potentialmessung geöffneter Beobachtungsfenster ist für die Interpretation hilfreich.

Die Interpretation durch den Spezialisten liefert flächendeckende, qualitative bis halbquantitative Aussagen bezüglich:

- Lage und Ausmass von Korrosionsherden
- Hinweise zum Korrosionszustand der Bewehrung
- Chloridverseuchung des Betons

Arbeitsablauf

(Geräteanwendung und Kosten)

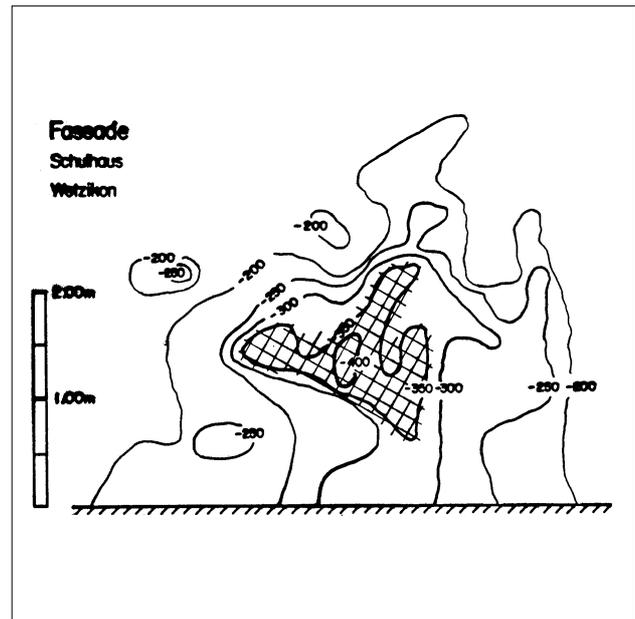
Die Durchführung der Messung und Interpretation kann nur durch einen erfahrenen und entsprechend ausgerüsteten Spezialisten erfolgen.

Die Messflächen müssen zugänglich sein, wobei die Messungen von einer Hebebühne, von einem mobilen Gerüst oder bei Brücken von einem mobilen Untersichtsgerät aus durchgeführt werden können.

Elektrisch isolierende Schichten (Beläge, Abdichtungen, etc.) oder ein durchgehender Wasserfilm auf der Betonoberfläche beeinträchtigen oder verunmöglichen die Messung.

Die Interpretation und die Umsetzung der Messresultate kann, ausser im Fall grosser Datenmengen, direkt am Objekt erfolgen.

Für Messung und Interpretation ist mit Kosten von ca. 10.- bis 30.- Fr./m² zu rechnen, abhängig von der Zugänglichkeit und Geometrie der Oberfläche sowie von der Art der Messung.



Ausschnitt aus der graphischen Auswertung eines Potentialfeldes

Beurteilung

Die Potentialmessung eignet sich gut als zerstörungsfreie Untersuchung zum raschen Auffinden und Erfassen von korrodierenden Bewehrungsstellen im Beton. Sie eignet sich sowohl zum frühzeitigen Erkennen von Mängeln und zur Abschätzung derer Ausmasse (Punktmessung) als auch zum exakten Lokalisieren von Korrosionsherden und derer Ausmasse (Potentialfeldmessung). Angaben bezüglich der Chloridverseuchung sind möglich (Ausmass des erforderlichen Betonabbruches).

Die Resultate der Punktmessung eignen sich insbesondere für die gezielte Anordnung von Bohrkernen und Beobachtungsfenstern. Die Punktmessung sollte deshalb direkt anschliessend an die visuelle Inspektion durchgeführt werden.

Literatur

1. Elsener B., Böhni H.: Elektrochemische Untersuchung der Korrosion von Armierungsstahl im Beton; Schweizer Ingenieur und Architekt Heft 14, 1984, p. 264 -269.
2. Elsener B., Böhni H.: Lokalisierung von Korrosion im Stahlbeton; Schweizer Ingenieur und Architekt, Heft 19, 1987, p. 528 -533.
3. Hunkeler F.: Die Potentialmessung als Mittel der Bauwerksinspektion am Beispiel von Brückenplatten; Schweizer Ingenieur und Architekt Heft 12, 1991, p. 272-278.

Elektrische Widerstandsmessung (Beton/Mörtel/Mauerwerk)

Allgemeine Informationen

- nicht normiert
- zerstörungsfrei
- beim vorgestellten Verfahren handelt es sich um ein in wesentlichen Aspekten weiterentwickeltes Messgerät

Anwendung

Messung des elektrischen Widerstandes von Beton an der Oberfläche von Bauteilen bzw. Bauwerken aus Beton, Mörtel oder Mauerwerk.

Zielgrößen

Elektrischer Widerstand resp. elektrische Leitfähigkeit von Beton, Mörtel oder Mauerwerk als Messgröße für Feuchtigkeit (Porosität) bzw. Korrosionsgefährdung der Bewehrung.

Messprinzip

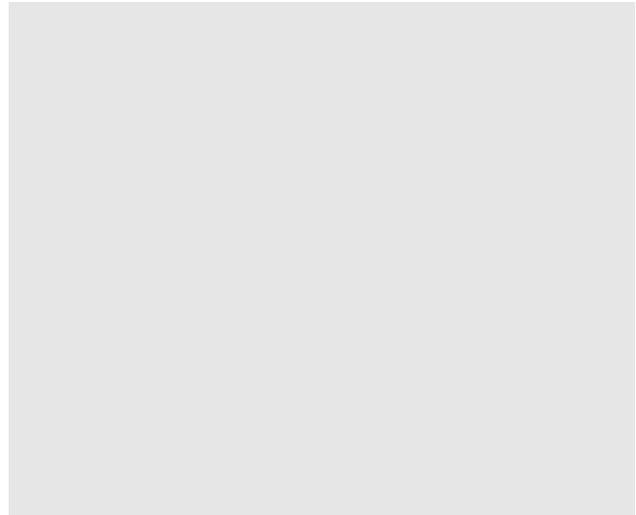
Bei der Messung wird der Spannungsabfall zwischen zwei Elektroden (B,C) im elektrischen Feld (A,D) gemessen. Mit Hilfe der Abstände zwischen den Elektroden wird der spezifische Widerstand berechnet.

Die Messung wird durch eine dichte, nahe der Betonoberfläche verlaufende Bewehrung verfälscht. Dieser Einfluss kann durch 90°-Drehung des Gerätes überprüft werden.

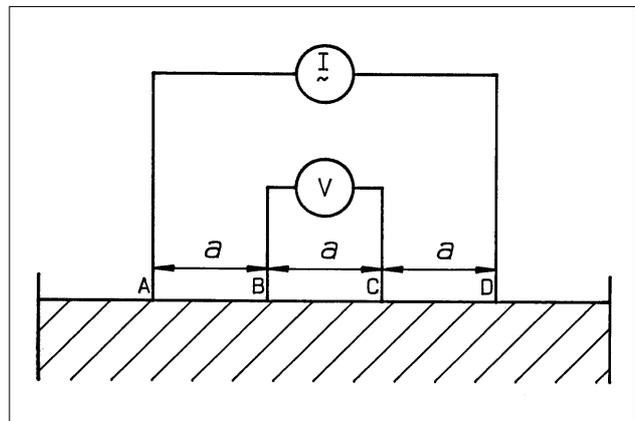
Interpretation

Mit Hilfe verschiedener Messungen am gleichen Bauteil können qualitativ Zonen höherer Feuchtigkeit (= höheres Korrosionsrisiko) ermittelt werden. Das absolute Messergebnis widerspiegelt mit Feuchte, Porosität (W/Z-Faktor, Alter des Betons, etc.) und Ionengehalt eine ganze Reihe von Faktoren, die sich alle in Richtung höherer Korrosionsgefährdung für die Bewehrung auswirken. Das Messresultat ist mit der Ablesung am Gerät sofort verfügbar. Die Messung kann damit sehr rasch durchgeführt werden.

Die Streuung der Ergebnisse bei Wiederholungsmessungen beträgt ca. 20 - 30 %. Die Unterschiede in der Leitfähigkeit verschiedener Betonqualitäten betragen jedoch Größenordnungen!



Messausrüstung für Widerstandsmessung



Messprinzip

Die Gefahr einer Fehlinterpretation besteht bei Vorhandensein nicht erkannter Beschichtungen oder Lamellierung der oberflächennahen Baustoffschichten.

Arbeitsablauf

(Geräteanwendung und Kosten)

Das Messgerät kann durch einen in der Bedienung angeleiteten Fachmann eingesetzt werden. Die Beurteilung der Resultate erfordert Erfahrung und ein gutes Verständnis der verschiedenen Einflüsse auf die Leitfähigkeit des Betons.

Die Energieversorgung erfolgt über Batterien. Für die Messung werden die vier Elektroden gegen den Beton gedrückt. Die Resultate können aufgezeichnet und später elektronisch weiterverarbeitet werden.

Bei der Messung darf auf der Oberfläche keine Wasserlache liegen. Ansonsten bestehen keine Einschränkungen bei der Anwendung.

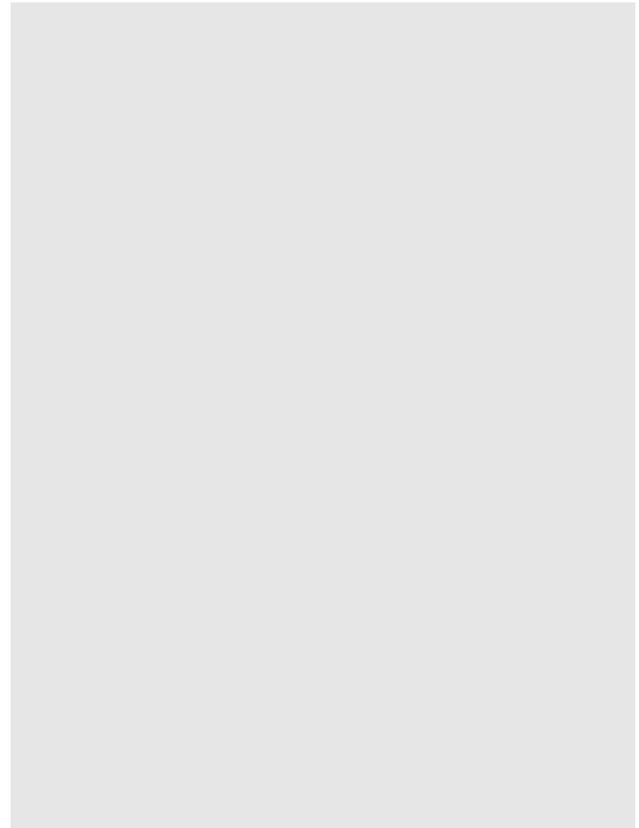
Die Anschaffungskosten für das komplette, vorgestellte Gerät betragen ca. Fr. 11'000.-.

Beurteilung

Die Messmethode bildet eine sinnvolle Ergänzung zur Potentialmessung mit der Einzelelektrode bzw. in ausgewählten Bereichen.

Die Resultate liegen (bei homogener Überdeckung) sofort vor. Begleitende Prüfungen sind nicht erforderlich, zur besseren Interpretation evtl. erwünscht (Untersuchungen an Bohrkernen).

Der Aufwand ist im Verhältnis zur gewonnenen Information niedrig.



Messgerät im Einsatz

Literatur

1. Elsener B.: Elektrische Leitfähigkeit und Ionenmigration in Beton; SIA-Dokumentation D 065, Elektrochemische Schutzverfahren für Stahlbetonbauwerke, 1990.
2. Millard et al.: Assessing the electrical resistivity of concrete structures for corrosion durability studies, Corrosion of Reinforcement in Concrete, Publ. Elsevier Applied Science, 1990, p. 303 - 313.
3. Colebrand: Resistivity Logger; Produkteinformation, APRO International SA, Rolle.

Vakuummethode (Spannbeton)

Allgemeine Informationen

Das für die Untersuchung verwendete Gerät wird primär als Hilfsgerät beim Injizieren von Spannkämen eingesetzt. Es kann jedoch auch dazu verwendet werden, angebohrte Spannkäme auf ihre Verfüllung zu überprüfen und das Ausmass allfälliger Hohlräume festzustellen.

Anwendung

Vorwiegend zur Bestimmung von Hohlräumen bei nicht verpressten Spannkäben.

Zielgrößen

Bestimmen des Ausmasses eines Hohlraumes in Spannkämen. Vor einer Injektion wird diese Information für die Bereitstellung der erforderlichen Menge von Injektionsmörtel benötigt.

Messprinzip/Interpretation

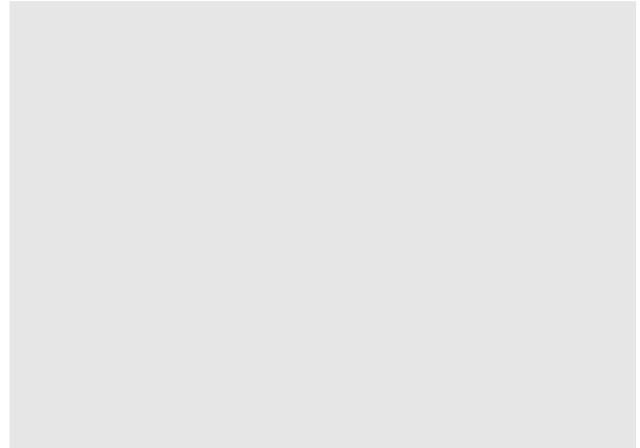
Das Gerät misst während dem Evakuieren das Volumen der abgesaugten Luft und bestimmt daraus die Grösse des vorhandenen Hohlraumes (in Liter).

Voraussetzung für den Einsatz dieses Gerätes ist ein geschlossener, dichter Hohlraum.

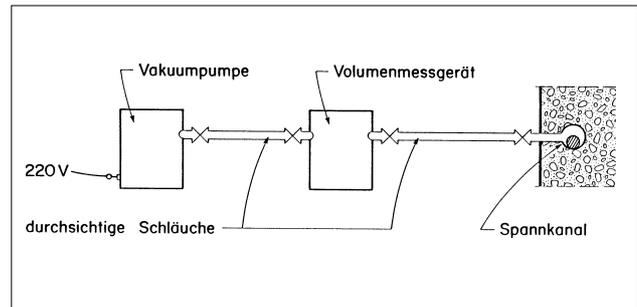
Arbeitsablauf

(Geräteanwendung und Kosten)

Für die Anwendung des Vakuumverfahrens ist ein Spezialgerät erforderlich, über das nur wenige spezialisierte Firmen (Injektionstechnik) verfügen. Für das Anbohren des Spannkabels wird eine Bohrausrüstung mit Abschaltautomatik eingesetzt (Maschine schaltet bei Kontakt des Bohrers mit Metall automatisch ab). Nach dem Öffnen des Hüllrohres erfolgt der Einblick in das Hüllrohr mit einem Endoskop. Ist ein Hohlraum vorhanden, wird ein Injektionsschlauch eingeklebt. Jetzt kann das Vakuumgerät angesetzt werden. Jetzt kann die Vakuumpumpe angeschlossen werden. Das Volumenmessgerät wird zwischen Hohlraum und Vakuumpumpe eingesetzt. Es misst während der Evakuierung das Volumen der abgesaugten Luft.



Vakuumpumpe mit Volumenmessgerät



Schema Vakuumverfahren für die Hohlraumbestimmung mit dem Volumenmessgerät

Beurteilung

Das Gerät eignet sich zur Bestimmung des Hohlraum Inhaltes von abgeschlossenen und dichten Hohlräumen. Das Hohlraumvolumen kann direkt am Gerät abgelesen werden. Das Volumen der Schlauchverbindung vom Hüllrohr zum Messgerät (bekannt) muss noch abgezogen werden.

Über die Genauigkeit des Messverfahrens wurden umfangreiche Untersuchungen durchgeführt (Lit. 3, p. 51f). Die Genauigkeit ist bei kleinen Hohlräumen relativ schlecht (Abweichung bei 1 Liter Hohlraumvolumen ca. 50%), bei grösseren Hohlräumen aber bedeutend besser (bei 10 Liter Hohlraumvolumen ca. 10%). Die Untersuchungen basierten auf dem Vergleich mit dem Mörtelverbrauch für die anschliessende Injektion.

Literatur

1. Lange H.: Das Vakuumverfahren, eine neue Methode zum Injizieren von Spanngliedern; VII. FIP-Kongress, New York, 1974.
2. Kordina K., Osterroth H.H.: Zum nachträglichen Verpressen schwer zugänglicher Spannglieder; Bauingenieur 62 (1987), p 159-164.
3. Jungwirth D. et al.: Dauerhafte Betonbauwerke (p. 51f); Beton-Verlag, Düsseldorf, 1986.
4. VSL-Betonexpert, Wallisellen/Bern: Firmendokumentation.

Infrarotthermographie (Stahlbeton/Mauerwerk)

Allgemeine Informationen

- nicht normiert
- zerstörungsfrei (Entnahme von Bohrkernen zur Eichung der Interpretation ist lokal zerstörend)
- Prüfung erfolgt am Bauwerk
- Prüfung erfordert wenig Zeit
- die Verkehrsbehinderung bei der Untersuchung von Strassenbauwerken ist gering.
- Die Infrarotthermographie wird seit längerer Zeit im Bauwesen zur Überprüfung der Wärmedämmung von Gebäuden eingesetzt. Sie findet zudem verbreitet Anwendung zur Fehlerentdeckung an Stromübertragungsnetzen und im Maschinenbau.

Anwendung

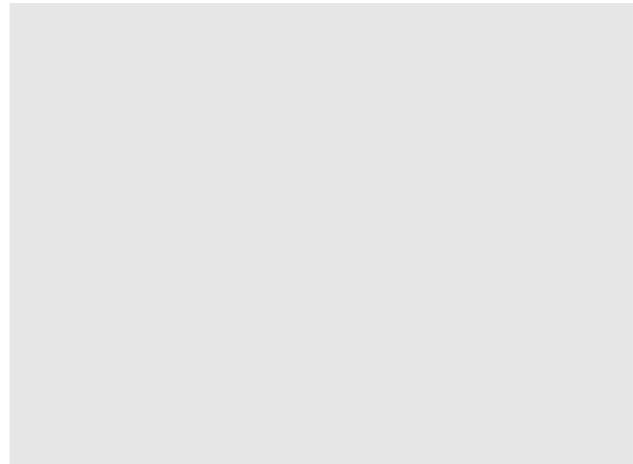
- Untersuchung flächenhafter Bauteile aus Beton, Stahlbeton, Mauerwerk, etc. (z.B. Tunnelauskleidungen, Fahrbahnplatten, etc.).
- Zugänglichkeit ist nur auf einer Seite des Bauteils erforderlich.

Zielgrößen

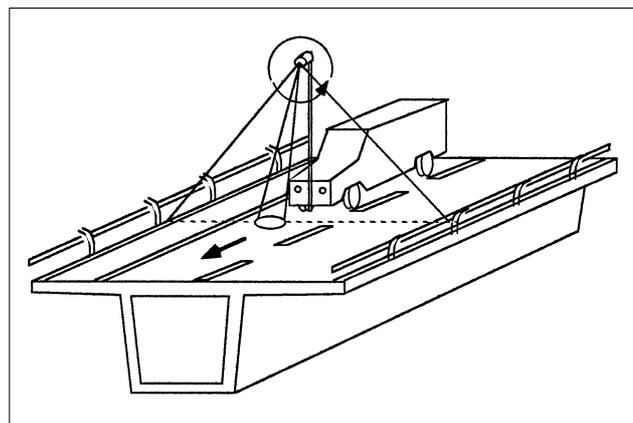
- Temperaturverteilung auf der Oberfläche des Bauteiles (flächenhafte Information).
- Rückschluss von Temperaturverteilung auf Feuchtigkeit und Fehlstellen (z.B. Hohlräume) im Baustoff.

Messprinzip

Die Infrarotthermographie ist ein optisches Untersuchungsverfahren, das im Bereich der für das menschliche Auge unsichtbaren Wärmestrahlung, der Infrarotstrahlung (Wellenlänge $0.75\ \mu\text{m}$ bis $800\ \mu\text{m}$) arbeitet. Die Erfassung erfolgt mittels einer speziellen Kamera resp. eines Scanners. Die Aufnahme mit Scanner erlaubt eine direkte automatische Aufbereitung und Weiterverarbeitung der Aufzeichnungen. Resultat der Untersuchung ist ein Abbild der Verteilung der Oberflächentemperatur des Bauteils. Da die Oberflächentemperatur abhängig ist von der thermischen Leitfähigkeit des Baustoffes und diese insbesondere durch den Wassergehalt stark beeinflusst wird, sind entsprechende Rückschlüsse möglich. Voraussetzung für die Untersuchung ist ein Temperaturgefälle zwischen Bauteil und Umgebung. Die Messergebnisse können durch Oberflächenbeschichtungen und Wärmeströmungen (Abwärme von Motoren und Fahrzeugen!) beeinflusst werden.



Aufnahmefahrzeug mit Infrarotscanner-Kamera im Messeinsatz



Prinzip für Untersuchung einer Brückenfahrbahn mit der Infrarotthermographie

Interpretation

Die Interpretation der Verteilung der Oberflächentemperatur lässt Rückschlüsse auf Vernässungen und Fehlstellen in Oberflächennähe zu. Die Interpretation erfordert entsprechende Erfahrung, eine "Eichung" an parallel entnommenen Bohrkernen erhöht die Aussagesicherheit. Die Reproduzierbarkeit der Untersuchung ist bei sorgfältigem Vorgehen relativ gut. Schwierigkeiten bereitet hauptsächlich die Interpretation der Ergebnisse. Eine synchronisierte Aufnahme mit einem optischen Scanner erleichtert die Interpretation.

Arbeitsablauf

(Geräteanwendung und Kosten)

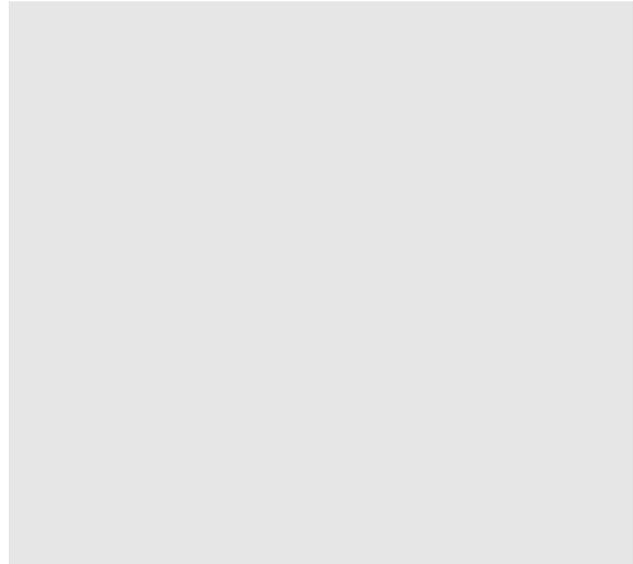
- Die Durchführung der Untersuchung ist nur durch einen Spezialisten mit Spezialgeräten und einer grossen Erfahrung möglich.
- Die Messflächen müssen von einer Seite her gut zugänglich sein, grossflächige Untersuchungen erfolgen in der Regel mit einem auf einem Fahrzeug montierten Scanner (vgl. Abbildung).
- Die Messungen werden meist nachts ausgeführt (Einflüsse der Sonnenstrahlung ausgeschaltet).
- Die Untersuchung ist rasch, die Verkehrsbeeinträchtigung bei Verkehrsbauten ist gering.
- Kosten: ca. 8.- bis 20.- Fr/m².

Beurteilung

Die Infrarotthermographie ist heute als bedingt praxistauglich zu beurteilen. Sie eignet sich unter gewissen Bedingungen für eine erste grossflächige Voruntersuchung. Sie scheint geeignet, die Entwicklung des Zustandes eines Bauwerkes zu verfolgen (Vergleich neuer Aufnahmen mit früheren Aufnahmen). Zur Erreichung der vollen Praxistauglichkeit ist allerdings noch eine beträchtliche Weiterentwicklung der Methode (Verbesserung der Aussagesicherheit, Ausschaltung von ungünstigen Einflüssen, etc.) erforderlich.

Literatur

1. Bosset de C.: Méthodes combinées pour l'auscultation des ouvrages; Mitteilungen Nr. 118 der Schweizerischen Gesellschaft für Boden- und Felsmechanik, Zürich, 1988.
2. Boscomer Services SA, Neuchâtel: Der optische Scanner, Prinzip und Anwendung; Firmendoku.
3. Amberg R.: Thermographische Aufnahmeverfahren zur Erkennung des Zustandes von Tunnelauskleidungen; Symposium "Sanierung von Tunnelbauwerken", 3.1987, TU München, Sonderheft der Zeitschrift Tunnel, März 1987, p. 14ff.
4. Köppel, D.: Infrarot-Messtechnik und Bauthermographie; Bauingenieur 62 (1987), p. 67ff.



Resultat einer Infrarotscanneraufnahme einer Brückenplatte

Georadar (Stahlbeton/Mauerwerk)

Allgemeine Informationen

- nicht normiert
- zerstörungsfrei (Entnahme von Bohrkernen zur Eichung der Interpretation ist lokal zerstörend)
- Prüfung erfolgt am Bauwerk
- Prüfung erfordert wenig Zeit
- Verkehrsbehinderung bei der Untersuchung von Strassenbauwerken ist gering.
- Das Georadarverfahren wird seit vielen Jahren in der Geophysik zur Erkundung oberflächennaher Schichten (u.a. zur Lokalisierung von Leitungen) eingesetzt. Das Verfahren wird seit einigen Jahren mit grossen Anstrengungen für die Anwendung im Bauwesen weiterentwickelt.

Anwendung

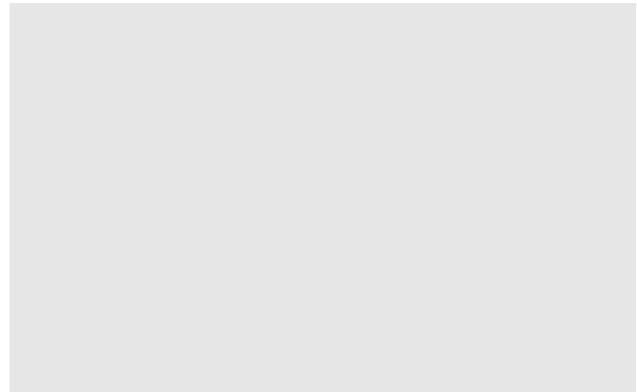
Denkbare Anwendungen bieten sich bei flächenhaften Bauteilen aus Beton, Stahlbeton und Mauerwerk (Ziegel, Naturstein), z.B. Brückenplatten, Tunnelauskleidungen, Stützmauern, Betonstrassen, etc.. Zugänglichkeit ist nur auf einer Seite des Bauteiles erforderlich.

Zielgrössen

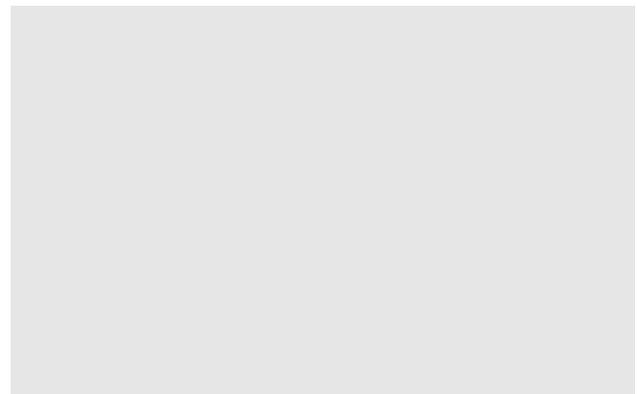
Die Untersuchung liefert ein Bild der an Grenzschichten reflektierten elektromagnetischen Impulse. Die zu unterscheidenden Schichten müssen sich bezüglich ihrer Dielektrizitätskonstante unterscheiden. Die Interpretation der Untersuchungsergebnisse ermöglicht Rückschlüsse auf Inhomogenitäten im Baustoff (Hohlräume, Eisen (z.B. Bewehrung, Leitungen), Schichtgrenzen, etc.). Die Messung erfolgt entlang einer Linie, das Resultat sind demzufolge einzelne Messprofile.

Messprinzip

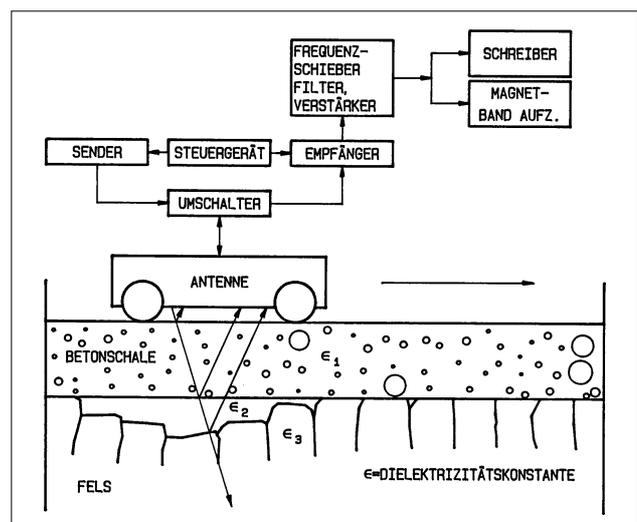
Vom Sender werden gerichtete, kurze elektromagnetische Impulse in das zu untersuchende Material gestrahlt. Der Empfänger überträgt die reflektierten Impulse zur Abspeicherung auf ein Magnetband. Die angewendete Frequenz (100 bis 1000 MHz) wird je nach gewünschter Auflösung und Eindringtiefe gewählt.



Georadargerät



Georadar im Einsatz



Messprinzip des Georadarverfahrens

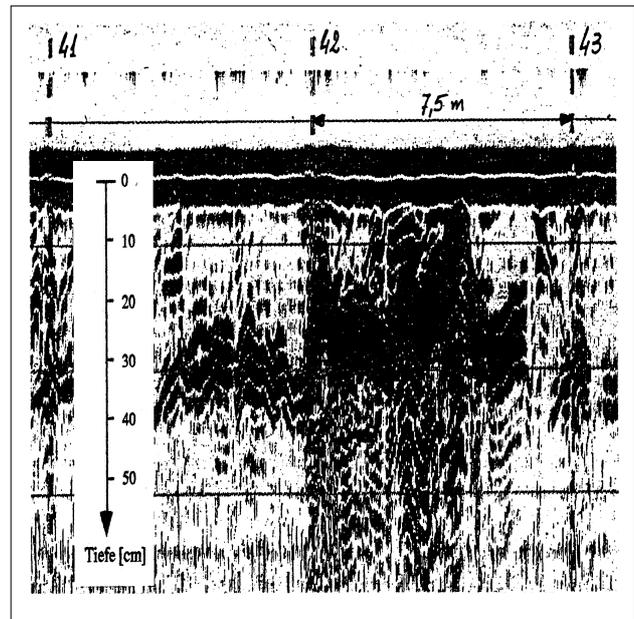
Interpretation

Die Interpretation der Ergebnisse erfolgt in zwei Stufen. In einer ersten Stufe werden die aufgezeichneten Messsignale mit Hilfe von Computerprogrammen aufgearbeitet. Anschliessend erfolgt die Interpretation durch erfahrene Spezialisten. Die "Eichung" anhand parallel zur Georadaruntersuchung entnommener Bohrkerne aus dem Bauwerk erscheint für die Interpretation sehr hilfreich. Die Untersuchung erlaubt Rückschlüsse auf Fehlstellen (Hohlräume, grosse Risse, Dickenänderung), Feuchtigkeitsdifferenzen (Feuchtstellen) sowie metallische Einschlüsse (z.B. Lage und Anordnung der Bewehrung).

Arbeitsablauf

(Geräteanwendung und Kosten)

- Durchführung der Messung und Interpretation nur durch erfahrene und entsprechend ausgerüstete Spezialisten.
- Die Messflächen müssen zugänglich sein, wobei das Messgerät (Antenne mit Kabelverbindung zum Steuergerät) auch auf einer Lastwagenhebebühne o.ä. montiert werden kann.
- Die eigentliche Messung erfordert wenig Zeit, die Verkehrsbehinderung bei Strassenbauwerken ist gering.
- Metallische Oberflächenbeschichtungen verhindern, nasse Oberflächen erschweren eine Untersuchung.
- Kosten: es ist mit Kosten von $\geq 5000.-$ Fr. pro Einsatz zu rechnen (6.- bis 30.- Fr/m² je nach Dichte der Messstreifen und gewünschten Auswerteparametern).



Ausschnitt aus Georadarbild einer Tunnelwand

Beurteilung

Die Georadarmethode kann momentan als noch nicht reif für die Routineuntersuchung von Bauwerken beurteilt werden. Im Falle erfolgreicher Weiterentwicklung könnte die Untersuchungsmethode allenfalls in Kombination mit anderen Methoden (z.B. Infrarot-Thermographie) in Zukunft eine Möglichkeit für die Voruntersuchung flächenhafter Bauwerke (Brückenplatten, Tunnelauskleidungen, etc.) darstellen. Die Verbesserung der Aussagesicherheit für die Interpretation sowie eine Verkürzung des Zeitbedarfes für die Auswertung sind dafür eine unabdingbare Voraussetzung. Modernste, elektronische Bildanalysetechniken dürften bei dieser Entwicklung eine grosse Rolle spielen.

Literatur

1. Bosset de C.: Méthodes combinées pour l'auscultation des ouvrages; Mitteilungen Nr. 118 der Schweizerischen Gesellschaft für Boden- und Felsmechanik, Zürich, 1988.
2. Boscomer Services SA, Neuchâtel: Georadar, Prinzip und Anwendung, Firmenunterlagen, 1987.
3. Persoons J.E., Grangier M.: Der Georadar, Spitzentechnik für Boden- und Materialuntersuchungen; Bau, Heft 3, 1991.

Ultraschall (Stahlbeton/Pfähle)

Allgemeine Informationen

- nicht normiert
- zerstörungsfrei (ausser: Entnahme von Bohrkernen zur Eichung bzw. spezielle Bohrungen zur Führung von Sender resp. Empfänger).
- Prüfung erfolgt am Bauwerk
- die Materialprüfung mit Ultraschall wird im Behälter-, Rohrleitungs-, Stahl- und Maschinenbau seit vielen Jahren erfolgreich angewendet (Prüfung von Schweissnähten, hochwertigen Walz-, Schmiede- und Gusswerkstücken aus Metallen (DIN 54126) und Kunststoffen), im Holzbau wird sie für die Qualitätssortierung eingesetzt.

Anwendung

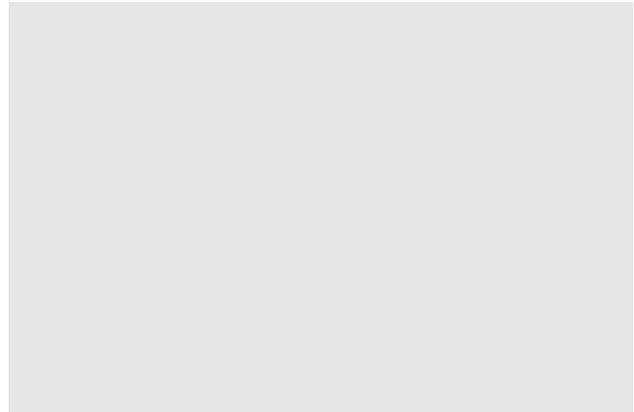
- Prüfung von Ortbetonpfählen und Ortbeton-schlitzwänden, Prüfrohre müssen vorgängig eingelegt werden
- Untersuchung von beidseitig zugänglichen Betonbauteilen (Durchschallungsprüfung)

Zielgrößen

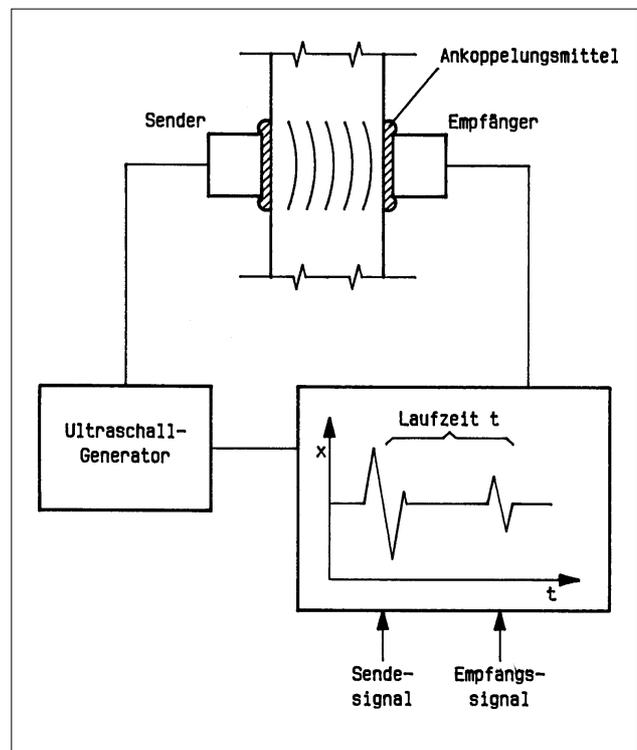
Aus der Signallaufzeit zwischen Sender und Empfänger sowie der Veränderung des Signals zwischen Sender und Empfänger (Dämpfung der Amplitude) können Rückschlüsse auf Hohlräume und bedingt auf Elastizitätsmodul und Festigkeit (Eichung erforderlich) gemacht werden.

Messprinzip

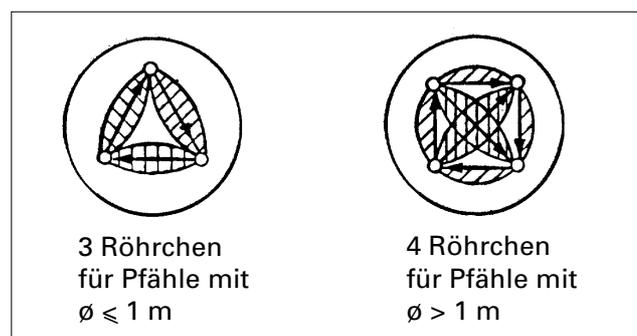
Für die Prüfung des inhomogenen Baustoffes Beton steht die Durchschallungsprüfung im Vordergrund. Sender und Empfänger sind einander gegenüberliegend an den beiden Aussenflächen des Bauteils angebracht. Die Sonden werden mit einem speziellen Ankoppelungsmittel (z.B. Vaseline) mit dem Bauteil verbunden. Die einwandfreie Ankoppelung hat einen grossen Einfluss auf die Zuverlässigkeit des Resultates. Die verwendete Frequenz ist abhängig vom Material und dem Untersuchungsziel (bei Beton oft 40 bis 60 kHz, damit Wellenlängen von 65 bis 100 mm). Bei der Prüfung von Pfählen werden Sender und Empfänger in parallelen, vorgängig im Pfahl eingelegten und mit Wasser gefüllten Röhren (\varnothing 1.5-2") geführt.



Ultraschallmessausrüstung für Pfahlprüfung



Messprinzip für Durchschallungsprüfung



Messanordnung bei der Pfahlprüfung

Interpretation

Aus der Veränderung der Laufzeiten und der Amplitudendämpfung entlang einer Messlinie lassen sich Rückschlüsse auf Inhomogenitäten und Fehlstellen im Beton ziehen. Die Interpretation ist vorwiegend qualitativer Art. Die Wellenlänge beschränkt die Auflösung. Fehlstellen, die kleiner als die Wellenlänge sind, können nur schwer festgestellt werden. In Bereichen mit hohen Bewehrungskonzentrationen sind praktisch keine Aussagen möglich.

Die Prüfungen können relativ gut reproduziert werden. Es empfiehlt sich zur Vermeidung von Messfehlern Doppelmessungen vorzunehmen. Unsicherheiten bestehen bei der Interpretation.

Arbeitsablauf

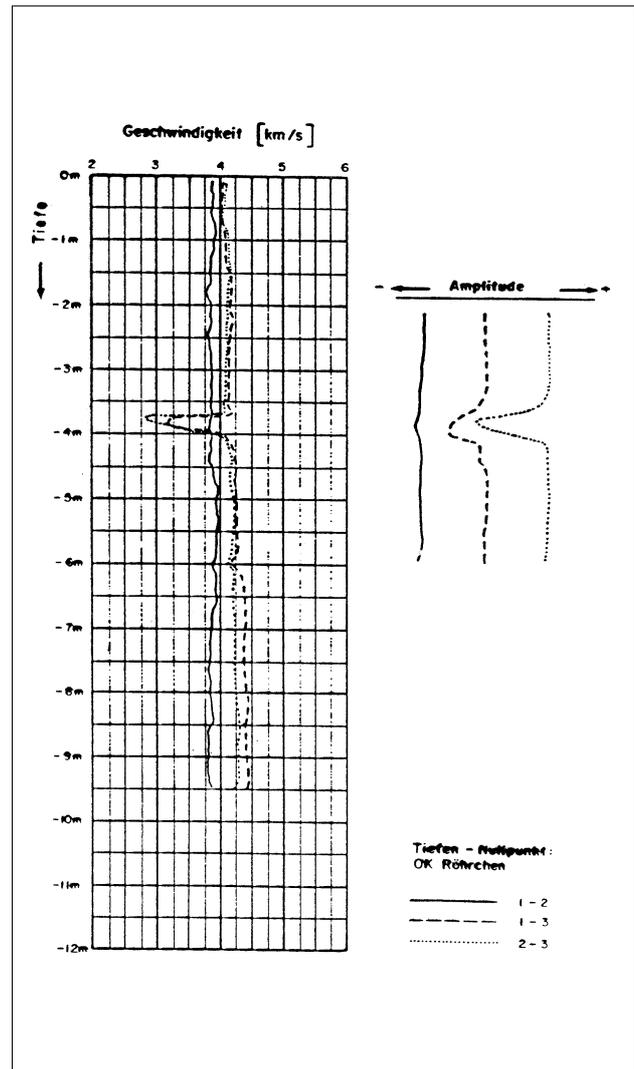
(Geräteanwendung und Kosten)

- Durchführung der Messung sowie Interpretation ist nur durch den Spezialisten möglich. Es sind Spezialgeräte (tragbar) erforderlich.
- Kosten: Für einen Messeinsatz (Pfähle) ist mit Grundkosten von 1000.- bis 2000.- Fr. zu rechnen, dazu kommen die Messkosten von ca. 15.- bis 25.- Fr. pro Laufmeter Pfahl; Messrohre ca. 20.- bis 30.- Fr. pro Laufmeter Rohr.

Beurteilung

Für die Prüfung von Ortbetonpfählen (Pfahlschaftbereich) kann die Ultraschallprüfung als praxisbewährt beurteilt werden, wenngleich noch einige Fragen offen sind. Die Prüfung lässt keinen direkten Rückschluss auf die Betonqualität ausserhalb des Messrohrkranzes zu (Überdeckung der Bewehrung!). Eine erste Interpretation der Messresultate ist unmittelbar nach der Untersuchung möglich.

Für die Prüfung anderer Betonbauwerke und von Mauerwerk ist die Ultraschallprüfung als beschränkt praxistauglich zu beurteilen. Sie wird für Sonderfälle eingesetzt und durch den Spezialisten



Messresultat einer Pfahlprüfung

ausgeführt. Bei der Qualitätskontrolle von Beton kann sie in Kombination mit dem Betonprüfhammer eingesetzt werden.

Literatur

1. SGBFM: Kapp H.: Zerstörungsfreie Pfahlprüfmethoden: Möglichkeiten und praktische Erfahrungen; Fierz H.: Zerstörungsfreie Prüfung von Betonpfählen; Mitteilungen Nr. 99 der Schweizerischen Gesellschaft für Boden- und Felsmechanik, Zürich, 1978.
2. Hürzeler H., Wullimann R.: Pfahlprüfung mit Ultraschall; Schweizer Ingenieur und Architekt, Heft 19, 1990, p. 508ff. (Diskussionsbeiträge zu diesem Artikel im Heft 38, 1990, p. 1067ff (Steiger A.), Heft 43, 1990, p. 1249ff (Scheller E.) sowie Heft 6, 1991, p. 125ff (Andres F.).
3. Teodoru G.: Zerstörungsfreie Betonprüfungen: insbesondere Anwendung von Ultraschall, kritische Betrachtungen; Beton-Verlag, Düsseldorf, 1989.
4. Geotest AG, Zollikofen: Pfahlkontrolle mit Ultraschall, Firmendokumentation.
5. Bruneau C.: Qualitätskontrolle von Pfählen; Bau, Heft 8, 1990.

Schichtdickenmessung (Beschichtungen auf Stahl)

Allgemeine Informationen

- normiert in DIN 50981 (DIN/ISO 2808)
- zerstörungsfreie Prüfung
- Prüfung direkt am Bauwerk oder in der Werkstatt.
- SBB verwenden zusätzliche Richtlinie (Lit. 3)

Anwendung

Kontrolle der Dicke von Neubeschichtungen am Bauwerk oder an Bauteilen in der Werkstatt, gegebenenfalls kombiniert und in Etappen (Grundbeschichtung im Werk, Gesamtbeschichtung am Bauwerk). Nachprüfung alter Beschichtungen (Restwerte), z.B. vor Beschichtungserneuerungen (Überholungen).

Zielgrößen

Das Resultat der Messung ist eine quantitative Information über die vorhandene Schichtdicke (partiell oder ganzflächig je nach Anzahl der Messpunkte) ohne Aussage über die Qualität der Beschichtung.

Messprinzip

Bei Anwendung auf Stahluntergrund beruht die Messung auf dem Magnetismus zwischen dem Stahl unter der Beschichtung und der Messsonde. Je dicker die Beschichtung, desto grösser wird die Abschwächung des Magnetfeldes.

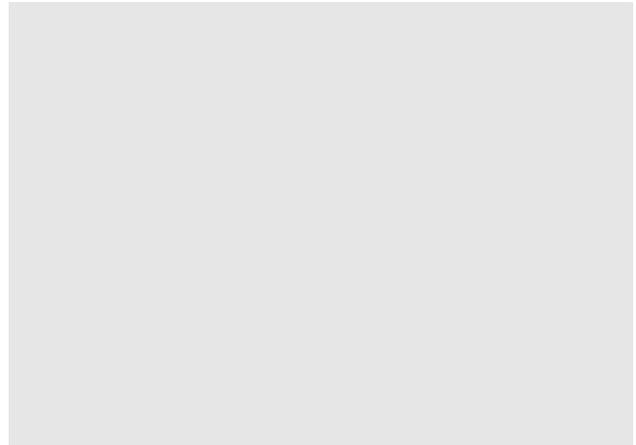
Einfache, rein manuelle Geräte basieren auf diesem Prinzip. Diese können allerdings nur auf magnetisierbarem Untergrund (Stahl, Gusseisen) verwendet werden.

Geräte mit eingebautem Mikroprozessor sind in der Lage Einzelmesswerte zu speichern, Mittelwerte, Standardabweichung und Histogramm zu berechnen. Die Messwerte können über Drucker oder PC ausgewertet werden.

Die Messung muss auf der trockenen (ausgehärteten) Beschichtung erfolgen.

Interpretation

Die Messresultate sind abhängig vom Gerät. Geräte mit Einzelmesswertanzeige ohne Speicherung genügen für erste generelle Prüfungen. Sie sind für umfangreiche Kontrollen nicht geeignet.



Messgerät für die Schichtdickenmessung mit Magnet-induktivem Messprinzip

Elektronische Geräte ergeben rasch genaue Resultate; die einzelnen Messwerte können gespeichert und weiter ausgewertet werden.

Der Aufwand ist vom verwendeten Gerätetyp abhängig. Die Eindeutigkeit und Aussagekraft steigt mit der Anzahl der Messpunkte (empfohlene Messpunktdichte vgl. Lit. 1, Ziffer 373).

Die Gefahr einer Fehlinterpretation besteht bei Messung auf nicht durchgehärteten Schichten oder bei mangelhafter Eichung (vgl. Kasten).

Die Messungen können wiederholt werden. Die Streuung ist abhängig von der Anzahl der berücksichtigten Messpunkte.

Arbeitsablauf

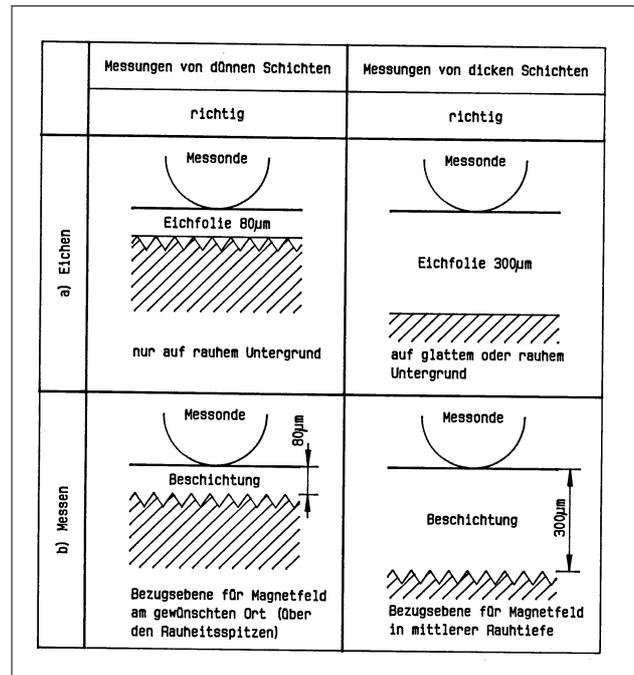
(Geräteanwendung und Kosten)

Die Messungen können von einer Person (Anforderung: durchschnittliches technisches Verständnis für Messvorgänge und für das angewandte Messprinzip) vorgenommen werden (allenfalls zusätzlicher Protokollschreiber). Die Geräte arbeiten mit Batterie- oder Akkubetrieb. Eine Einschränkung durch Witterungseinflüsse ist praktisch nicht gegeben. Immerhin empfiehlt es sich, nasse Flächen vor der Messung trocken zu reiben. Als Zugang zu den Messstellen sind je nach Objekt Gerüste erforderlich.

Vor Beginn der Messarbeiten sollten die zu kontrollierenden Bereiche sowie die Messpunktdichte (Lit. 1, Z 373) festgelegt werden. Beim einfachen Gerät bewirkt die Drehung eines Skalenknopfes eine Änderung des Abstandes eines Dauermagnetes zum Untergrund. Ist ein vorgegebener Sollwert der Anziehungskraft erreicht, kann der Messwert von einer Skala abgelesen und protokolliert werden. Bei elektronischen Geräten erfolgt die Bedienung nach der jeweiligen Bedienungsanleitung, die Auswertung (Mittelwerte berechnen, Mindestwerte feststellen) erfolgt bei diesen Geräten automatisch. Die Kosten für die Anwendung sind niedrig. Die Anschaffungskosten für ein elektronisches Gerät betragen einige tausend Franken (je nach Typ).

Literatur

1. SZS: SN 555001, B3 Oberflächenschutz von Stahlkonstruktionen, Korrosionsschutz durch Beschichtungen und Überzüge, TK-SZS, 1990.
2. DIN: DIN 50 981, Messung von Schichtdicken, Magnetische Verfahren, 05.79.
3. SBB: Richtlinie für die Oberflächenbehandlung von Stahlstrukturen (Brücken- und Hochbau), Nr. G 1.1 vom 1.5.1981 (Anpassung an Lit. 1 ist in Bearbeitung).



Die Eichung des Messgerätes auf einem Untergrund von gleicher Rauhhigkeit, mittels Eichfolien, ist bei der Messung dünner Beschichtungen (bis 90 µm Mindestschichtdicke) unerlässlich (Kasten: Auszug aus Lit. 1, Ziffer 367)

Beurteilung

Sehr gute Methode zur sicheren Bestimmung von Schichtdicken. Anspruchsvollere, digital anzeigende Geräte (Bild) erlauben eine vollständige Auswertung mit Mittel-, Grösst-, Kleinstwert, Standardabweichung und Histogramm sowie Summenverteilung nach DIN 50982, Teil 2.

Die Methode kann nur bei vollständig ausgehärteten Beschichtungen eingesetzt werden (für Nassschichtmessung gibt es spezielle Geräte, Genauigkeit ist jedoch geringer). Geringer Zeitbedarf, Messresultate liegen sofort vor, begleitende Prüfungen sind nicht erforderlich. Das Nutzen/Aufwand-Verhältnis ist sehr gut.

Zur Messung von Beschichtungen auf Aluminium, Kupfer, Messing und austenitischem (rostfreiem) Stahl sind ähnliche Geräte verfügbar. Diese Arbeiten jedoch auf dem Wirbelstromprinzip.

Gitterschnittprüfung (Beschichtungen auf Stahl)

Allgemeine Informationen

- das Verfahren ist in der DIN-Norm 53 151 normiert (E-Norm ist vorgesehen)
- die Gitterschnittprüfung führt zu einer lokalen Zerstörung der Beschichtung. Prüfung sollte deshalb selektiv durchgeführt werden, bei schlechtem Ergebnis ist eine Ausdehnung auf das ganze Bauwerk meist unvermeidlich, Kostenfolgen für Reparatur beachten!
- Prüfung erfolgt am Bauwerk, evtl. können Vorversuche an Probestücken mit gleicher Beschichtung vorgenommen werden.

Anwendung

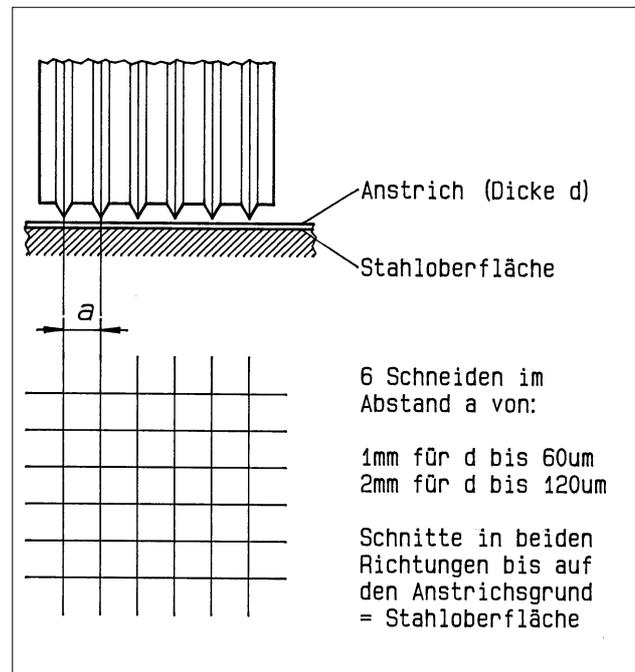
Überprüfung der Haftung von Beschichtungen auf Stahlkonstruktionen, sowohl für alte bestehende Beschichtungen wie auch für Neubeschichtungen (Ersatz oder Überholung). Bei Überholung (Begriffe vgl. Lit. 1) besonders angezeigt zur Kontrolle der Haftung der noch verbleibenden Altbeschichtung.

Zielgrößen

Optische Beurteilung des Prüfergebnisses durch Gegenüberstellung mit Vergleichsbildern. Das Ergebnis ist eine qualitative Aussage über die Güte (Gt 0 bis Gt 4) der Haftung einer Beschichtung.

Messprinzip

Eine gitterförmig durchschnittenene Beschichtung blättert bei mangelnder Haftung vom Untergrund ab. Der Abstand der Schnitte untereinander muss dabei in Abhängigkeit von der Beschichtungsdicke gewählt werden. Das Ergebnis der Prüfung wird optisch anhand einer Vergleichstabelle ermittelt.



Mehrschneiden-Gerät und Anordnung der Schnitte

Interpretation

Der Aufwand für die Interpretation des Prüfergebnisses ist sehr gering, das Resultat liegt an Ort sofort vor. Das Prüfergebnis ist eindeutig, Fehlinterpretationen sind kaum möglich.

Die Prüfung ist zerstörend, sie kann deshalb an der gleichen Stelle nicht wiederholt werden. Weil die Haftung je nach örtlicher Qualität der Beschichtung meist streut, widerspiegelt sich dies auch in der Streuung der Ergebnisse verschiedener Prüfungen am gleichen Bauwerk.

Arbeitsablauf

(Geräteanwendung und Kosten)

Die Durchführung der Gitterschnittprüfung stellt keine besonderen Anforderungen an den Prüfer. Die Schnitte werden mit einem speziellen Gitterschnitt-Prüfgerät oder behelfsmässig (für erste provisorische Resultate) mit einem "Japanmesser" und einem Lineal kreuzweise ausgeführt. Der Abstand der Schnitte muss aufgrund der Schichtdicke festgelegt werden (vorgängig Schichtdicke messen); er ist normiert.

Bei Prüfungen im Freien ist trockene Witterung Voraussetzung. Je nach Lage der Prüfstellen sind Gerüste, etc. erforderlich.

Für die Protokollierung werden Fotos empfohlen. Die Kosten für das Gitterschnittgerät und die Durchführung der Prüfung sind gering, die Reparatur der Prüfstellen und die Gerüstungen sind wesentlich aufwendiger, und stark von den lokalen Verhältnissen abhängig.

Beurteilung

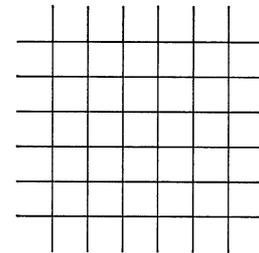
Die Gitterschnittprüfung ist eine aussagekräftige Prüfung zur Beurteilung der Qualität der Haftung von Beschichtungen auf Stahl (für Holz weniger geeignet). Die Prüfung liefert mit kleinem Aufwand eine gute und zuverlässige Aussage. Die Reparaturkosten für die Prüfstellen müssen beachtet werden. Vor Durchführung der Gitterschnittprüfung sollte die Schichtdicke der Beschichtung gemessen werden. Weitere Abklärungen sind mit der Haftzugprüfung möglich. Zur Vorabklärung kann ein Abreissversuch mit Klebeband durchgeführt werden.

Literatur

1. SZS: SN 555 001, B3 Oberflächenschutz von Stahlkonstruktionen, Korrosionsschutz durch Beschichtungen und Überzüge, Herausgegeben von der TK-SZS, 1990.
2. DIN: DIN 53 151, Gitterschnittprüfung von Anstrichen und ähnlichen Beschichtungen.

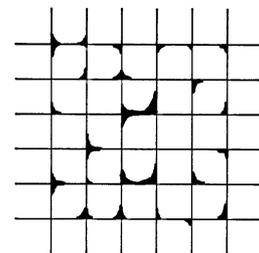
Gitterschnitt-
Kennwert

Gt0



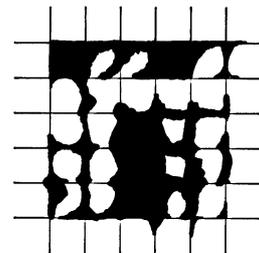
Die Schnittränder sind vollkommen glatt, kein Teilstück der Beschichtung ist abgeplatzt.

Gt2



Die Beschichtung ist längs der Schnittränder und/oder an den Schnittpunkten der Gitterlinien abgeplatzt. Abgeplatzte Fläche etwa 15% der Teilstücke.

Gt4



Die Beschichtung ist längs der Schnittränder in breiten Streifen und/oder von einzelnen Teilstücken ganz oder teilweise abgeplatzt. Abgeplatzte Fläche etwa 65% oder mehr der Teilstücke.

Vergleichstabellen nach DIN 53 151 (Auswahl) für Beurteilung Güte der Haftung

Farbeindringprüfung (Stahl)

Allgemeine Informationen

- nicht normiert
- zerstörungsfrei
- Prüfung kann am Bauwerk selbst oder an Bauteilen bereits in der Werkstatt vorgenommen werden.

Anwendung

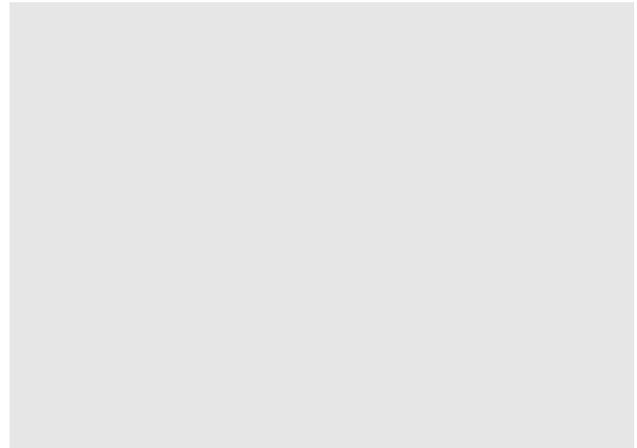
Das Verfahren wird zur Feststellung von Rissen in Stahlkonstruktionen angewandt. Es eignet sich auch zur periodischen Prüfung ermüdungsrissgefährdeter Bauteile alter Tragwerke. Die Anwendung erfolgt zweckmässigerweise selektiv an Orten, wo der Verdacht auf Rissbildung besteht (Schweissnähte, kritische Stellen an diesen; bei alten Konstruktionen: schlecht ausgebildete Anschlüsse, Verlaschungen, Trägeranschlüsse, Nierungen).

Zielgrössen

Ein allfälliger Riss wird optisch sichtbar gemacht.

Messprinzip

Eine niedrigviskose Flüssigkeit hat die Eigenschaft auch in feinste Risse einzudringen. Die zu prüfende Stelle wird mit einer entsprechenden, meist roten Farbe (auf alkoholischer Basis) bestrichen bzw. besprüht. Besteht ein Riss, so dringt der Farbstoff in den Riss ein. Anschliessend wird die Oberfläche mit einem (Farb)-Verdünner vollkommen gereinigt und danach eine hygroskopische, aufgeschlämmte, feinstpulvrige Kreide aufgetragen (meist im Sprayverfahren, auf Alkoholbasis). Ist ein Riss vorhanden, so saugt die Kreideschicht den im Riss vorhandenen roten Farbstoff auf und der Riss wird in der weissen Kreideschicht sichtbar.



Ausrüstung für Farbeindringprüfung

Interpretation

Eine Interpretation ist nicht erforderlich, ein allfälliger Riss wird sichtbar.

Voraussetzung für ein zuverlässiges Prüfergebnis ist eine einwandfreie Vorreinigung des Prüfbereiches.

Eine Fehlinterpretation ist z.B. bei Walzüberlappungen, die aber von Auge eigentlich erkennbar sind, möglich.

Die Prüfung kann an der gleichen Stelle wiederholt werden.

Arbeitsablauf

(Geräteanwendung und Kosten)

Die Prüfung kann von einem instruierten Fachmann alleine ausgeführt werden. Die Ausbildung kann an speziellen Kursen der Schweizerischen Vereins für Schweisstechnik, Basel absolviert werden. Für die Prüfung bestimmter Bauteile (Druckbehälter, Komponenten von Kernanlagen, etc.) muss sich der Prüfer über eine Lizenz ausweisen. Die Materialien für die Prüfung: hochviskose, meist rote Farbe auf Alkoholbasis, Pinsel, Wischlappen zur Reinigung, Reinigungsmittel (Verdünner), pulverige, aufgeschlämmte Kreide (häufig Spray) sind relativ billig. Durchführung der Prüfung vgl. Messprinzip.

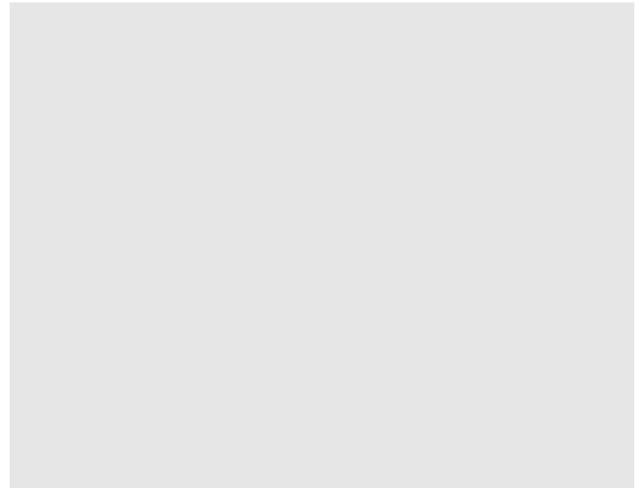
Die Prüfung kann nur bei absolut trockener Witterung durchgeführt werden. Nach Regen müssen die Prüfbereiche vorgewärmt und getrocknet werden (Vorsicht, dass bei Verwendung einer leichten Flamme ein allfälliger Korrosionsschutz nicht beschädigt wird).

Für die Protokollierung werden Fotos empfohlen. Die Kosten für die eigentliche Prüfung sind gering, für allenfalls erforderliche Gerüstungen sind sie objektabhängig.

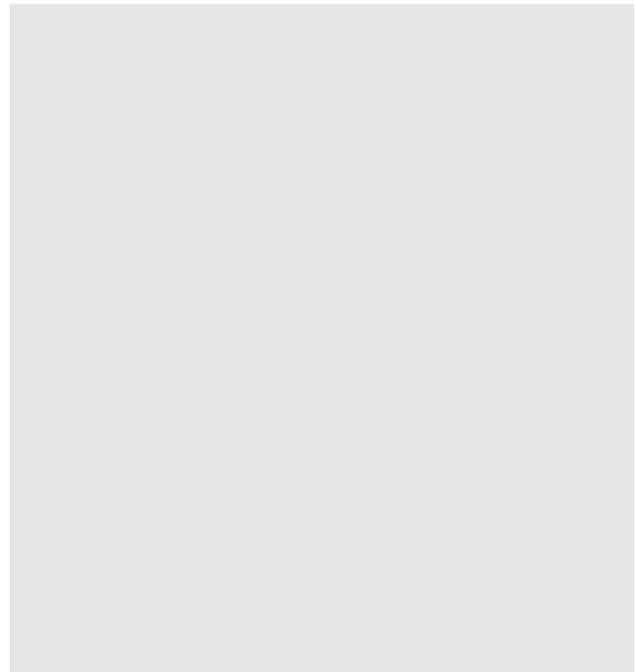
Beurteilung

Die Farbeindringprüfung ist eine zweckmässige und effiziente Prüfung zur Feststellung von Rissen in Stahlkonstruktionen. Ein allfälliger Riss wird optisch erkennbar. Allerfeinste Risse ($\leq 2 - 3 \mu\text{m}$) und u.U. Walzfehler feinsten Art können nicht festgestellt werden. Als begleitende oder Folgeprüfungen kommen die Magnetflussprüfung sowie die Prüfung mit Ultraschall oder Röntgen in Frage.

Das Nutzen/Aufwand-Verhältnis der Farbeindringprüfung ist sehr gut.



Farbeindringprüfung am Objekt



Mit der Farbeindringprüfung sichtbar gemachte Risse an einem Werkstück

Boden- und Felsanker

Grundlagen

Die Projektierung und Ausführung von permanenten Anker ist seit 1977 in der SIA-Norm 191, "Boden- und Felsanker" (Lit. 1) geregelt. Seit Frühjahr 1989 werden teilweise ergänzend die "Empfehlungen für Projektierung und Ausführung des Korrosionsschutzes von permanenten Boden- und Felsankern" (Lit. 2), herausgegeben durch die Ankerlieferfirmen, angewendet. Die SBB und der Kanton Zürich verwenden zusätzlich eigene Richtlinien (Lit. 4 und 5)

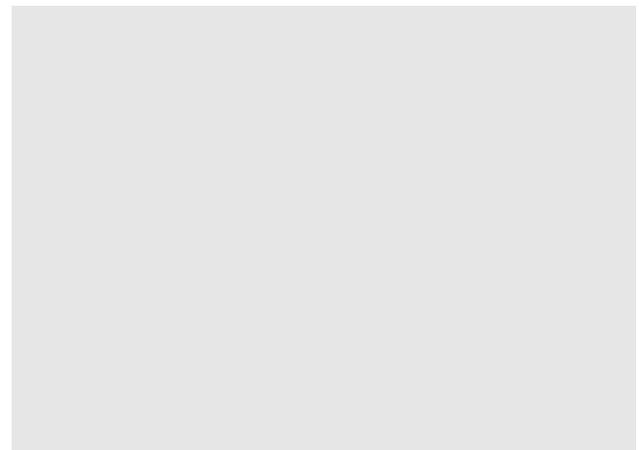
Ausgangslage

Die Konstruktion und Ausführung von permanenten Boden- und Felsankern ist stark abhängig vom eingesetzten Produkt. Bis zum Inkrafttreten der SIA-Norm 191 war diese Vielfalt noch ausgeprägter. Zusätzlich erschwerend für die Beurteilung eines bestehenden Ankers ist der Umstand, dass die Qualität eines Ankers stark von der Sorgfalt der Erstellung abhängt. Die Erstellung erfolgt aber nicht durch die Lieferfirma sondern in der Regel durch eine Bohrunternehmung. Teilweise übernimmt diese sogar die Spannarbeiten. Die Bohrunternehmung, die heute in der Regel den Ankerlieferanten wählt, arbeitet in den meisten Fällen als Unterakkordant eines Hauptunternehmers.

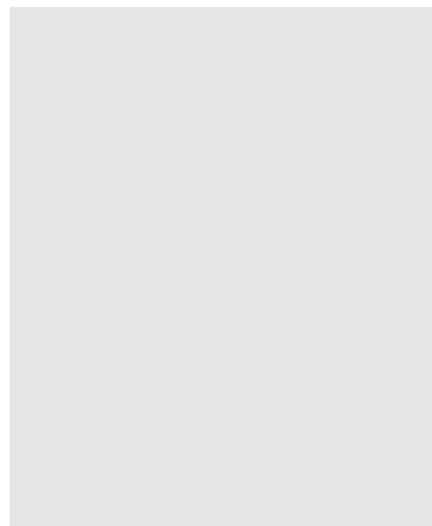
Zustandserfassung und -beurteilung

Permanente Anker bilden oft äusserst sicherheitsrelevante Bauelemente. Bei der Zustandserfassung und -beurteilung muss diesen deshalb hohe Priorität eingeräumt werden. Die Beurteilung bestehender Anker ist sehr schwierig, in vielen Fällen ist der Beizug spezialisierter Ingenieure erforderlich. Deformationsmessungen am Bauwerk, wie sie die SIA-Norm 191 vorsieht, können Aufschluss über die Funktion einer Verankerung geben. Bei den gemäss der SIA-Norm 191 erstellten Verankerungen sind eine gewisse Anzahl Anker als Kontrollanker auszubilden, die auf ihre Funktionstüchtigkeit geprüft werden können (Abhebeversuch und Spannprobe). Die übrigen, nicht als Kontrollanker ausgerüsteten Anker, können in den meisten Fällen nicht näher überprüft werden, vielfach sind sie nicht einmal ohne weiteres zugänglich. Zur Beurteilung des Korrosionszustandes eines Ankers stehen heute keine zuverlässigen Untersuchungstechniken zur Verfügung.

Der Aufbau dieses Datenblattes weicht von der üblichen Strukturierung ab. Für die Zustandserfassung von permanenten Anker besteht heute kein gesichertes Verfahren. In Absprache mit verschiedenen Fachleuten und in Anbetracht der grossen Problematik, haben sich die Verfasser entschieden, das heute bekannte Wissen in einer etwas allgemeineren, von der üblichen Datenblattstruktur abweichenden Form wiederzugeben.

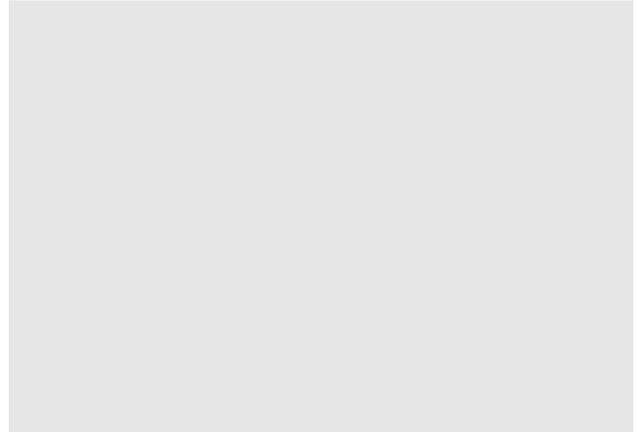


Kraftmessung mit Abhebeversuch



Widerstandsmessung an einem permanenten Anker

Trotz der grossen Schwierigkeiten können einige zusätzliche Hinweise für die Zustandserfassung von Ankern gegeben werden. Der Beizug spezialisierter Ingenieure wurde schon genannt. In einem ersten Schritt müssen möglichst genaue Unterlagen über den Aufbau der eingebauten Anker und über die Dimensionierungsannahmen beschafft werden. Die Unterscheidung zwischen Freispiel- und Vollverbundankern ist im Hinblick auf weitere Prüfungen wichtig. Die Angaben auf den Plänen müssen unbedingt vor Ort verifiziert werden. Angaben über Aufbau der Anker und verwendete Stahlqualität sind teilweise bei den Ankerlieferanten archiviert. Von dort können allenfalls auch in den Bauwerksunterlagen fehlende Spannprotokolle beschafft werden. Der Augenschein vor Ort kann weitere Hinweise über den Zustand der Anker geben. Wasseraustritte aus der Ankerkopfhaube, verrostete Hauben und Ankerköpfe lassen insbesondere zusammen mit weiteren Kenntnissen über den Ankeraufbau Rückschlüsse auf mögliche Mängel zu. Kraftmessung und Kontrolle der Deformationen des Bauwerkes sind in der SIA 191 vorgesehene Massnahmen. Unter gewissen Voraussetzungen können mit einer Widerstandsmessung, ähnlich der in Lit. 2 und 6 dargestellten Messung weitere Informationen gewonnen werden. Mit der reflektrometrischen Impulsmessung (Lit. 8) wurden bei der Zustandsbeurteilung von permanenten Ankern bisher noch keine eindeutigen Erfolge erzielt.



Freigelegter und gereinigter Ankerkopf

Ausblick

Zur Klärung der Vorgehensweise bei der Beurteilung von Permanentankern hat das Bundesamt für Strassenbau (ASB) 1991 eine Arbeitsgruppe eingesetzt.

Literatur

1. SIA: SIA-Norm 191, Boden- und Felsanker, Zürich, 1977.
2. Verschiedene Ankerlieferanten: Empfehlungen für die Projektierung und Ausführung des Korrosionsschutzes von permanenten Boden- und Felsankern, Bern/Lausanne/Hinwil/Zürich/Lyssach, März 1989.
3. SIA: SIA-Dokumentation D 031 zur Tagung Korrosion und Korrosionsschutz, Teil 4, Anker und Spannkabel, Zürich, 1989.
4. Tiefbauamt des Kantons Zürich: Boden- und Felsanker, Vorschriften für die Projektierung und Ausführung, Weisung des Kantonsingenieurs vom 25. April 1990.
5. SBB: Weisung Bau GD /91, Permanent verankerte Bauwerke, Weisung für die Projektierung, die Ausführung, die Überwachung und den Unterhalt (erscheint 1991).
6. Hunkeler F. et al.: Streustromschutzmassnahmen bei Boden- und Felsankern, Schweizer Ingenieur und Architekt, Heft 33/34, 1987, S. 978 ff.
7. Steiger A. et al.: Permanentanker: Korrosionsschutz und Dauerhaftigkeit, Schweizer Ingenieur und Architekt, Heft 33/34, 1987, S. 973 ff.
8. Kapp H.: Korrosionsprüfung an Vorspannkabeln und Injektionsankern, Schweizer Ingenieur und Architekt, Heft 38, 1987, S. 1093.

Holzbauteile (tragend)

Erhaltung von Holzbauteilen

Wie bei allen Bauwerken ist bei Bauteilen aus dem natürlichen Baustoff Holz zur Vorbereitung von Unterhalts-, Instandhaltungs- oder Erneuerungsmassnahmen eine möglichst zutreffende Zustandserfassung und -beurteilung durchzuführen. Holz weist im Vergleich mit den meisten anderen Baustoffen ein breiteres Spektrum von Eigenschaften auf. Ausserdem kann es unter speziellen Voraussetzungen biologisch abgebaut werden. Der biologische Abbau unterliegt verschiedenen Gesetzmässigkeiten. Dies erschwert die Zustandserfassung. In vielen Fällen ist deshalb ein erfahrener Fachmann beizuziehen. Der Einsatz von Hilfsmitteln (besondere Untersuchungstechniken) erfordert grosse Erfahrung, nicht zuletzt zur Vermeidung von Fehlinterpretationen.

Zielsetzung

Bei der Durchführung von Erhaltungsmassnahmen an älteren Bauten sind meist auch Holzbauteile betroffen, die entweder Teil der Tragkonstruktion sind, als Raumtrennung eingesetzt werden, dekorativen Charakter haben oder gemischte Funktionen aufweisen. Je nach Art des Bauteils, bzw. seiner Funktion(en) sind die Anforderungen an die Sanierung unterschiedlich. Aus naheliegenden Gründen sind Sicherheitsaspekte in erster Linie bei tragenden Bauteilen wichtig. Aus den verschiedenen üblichen Zielsetzungen (Kasten) ergeben sich unterschiedliche Anforderungen an die Sanierung.

Zustandserhebung

Bei der Zustandserhebung von älteren Bauwerken aus Holz treten bestimmte Fragestellungen schwerpunktmässig auf, so beispielsweise der Befall durch Pilze und Insekten sowie die Materialqualität (aus wirtschaftlichen Gründen wurde auch früher oft möglichst billiges Material verwendet). Für die Beurteilung gerade dieser Fragen ist Fachwissen und Erfahrung unabdingbar. Es ist deshalb in den meisten Fällen notwendig einen Fachmann, z.B. einen Zimmermann, einen spezialisierten Ingenieur oder einen Holzschutzfachmann zu konsultieren. Der Entscheid über den Beizug von Spezialisten bei der Zustandserhebung ist möglichst frühzeitig zu fällen!

Der Aufbau dieses Datenblattes weicht von der üblichen Strukturierung ab. Da die Zustandserfassung und -beurteilung von Holzbauteilen meist den Zuzug eines Fachmannes erfordert und der Einsatz von Untersuchungstechniken ebenfalls meist nur durch den Fachmann sinnvoll ist, haben sich die Verfasser in Absprache mit den zuständigen Fachstellen zu dieser von der üblichen Datenblattstruktur abweichenden Darstellung der wichtigsten Informationen entschlossen.

Erkennen und Beheben von Mängeln und Schäden:

- Undichtigkeiten
- Korrosion
- Befall durch Pilze und Insekten
- Abnutzung und mechanische Schäden
- Tragkonstruktion zu schwach (von Anfang an oder durch spätere Modifikationen)
- Veränderungen durch hohe dynamische Belastungen (insb. im Brückenbau: Verschiebungen von Bauteilen, mechan. Zerstörung durch Überbeanspruchung)

Geänderte Ansprüche, Nutzungsänderungen

- Bauphysikalisch (Isolation)
- Raumaufteilung
- Innenausbau
- Höhere Lasten

Mögliche Zielsetzungen bei der Instandsetzung von Holzbauteilen

Untersuchungen

Die Untersuchung des Zustandes alter Holzbauteile erfolgt meist als visuelle Beurteilung - technische Geräte gelangen kaum zum Einsatz. Oftmals ist die visuelle Beurteilung erschwert durch beschränkte Zugänglichkeit (z.B. Balkenlagen zwischen einem Bodenbelag und einer Deckenverkleidung, die nicht beschädigt werden sollten). Die in den Kästen aufgelisteten Untersuchungen mit ergänzenden Hinweisen können als Checkliste für das Vorgehen bei der Zustandserhebung dienen. Die Liste kann naheliegenderweise nie vollständig sein. Die Reihenfolge ist auch kein Hinweis auf die Priorität, jedes Objekt verlangt ein spezifisches, geplantes Vorgehen.

Holzqualität

(Astigkeit, Schrägfaserigkeit, Dichte, etc.)
Als Hilfsmittel können die in der SIA-Norm 164, Holzbau (Lit. 1) angegebenen Kriterien für die Festigkeitssortierung von Holz verwendet werden.

Schnittart

(mit/ohne Splint, mit/ohne Mark, Baumkante, etc.)

Material und Vergütung von Verbindungsmitteln

Vorhandensein und Qualität eventueller Holzbehandlungen

Ermittlung der Art und Qualität der Materialien (Ausgangsqualität)

Holzfeuchte

Pilzgefährdung bei Holzfeuchtigkeit über 28% (auch lokal). Messung i.a. mit elektrischem Holzfeuchtemessgerät. Wichtig ist es, die feuchtigkeitskritischen Stellen zu kennen (z.B. Balkenköpfe in durchlässigem Mauerwerk, in Bereichen von Dachundichtigkeiten, im Auflagerbereich von Brücken, Spritzwasserbereich, etc.)

Abbau durch Pilze

Feststellung visuell, Geruch, weiche Stellen, Fruchtkörper, Sondierung mit Bohrer

Befall durch Insekten

Feststellen von Ausflugslöchern, Bohrmehl

Mechanische Schädigungen

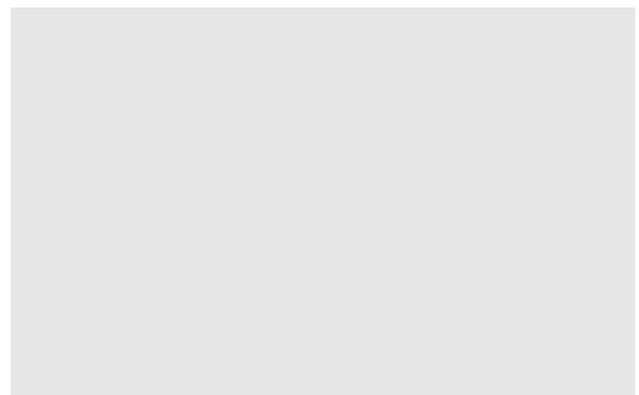
Beobachtung von Rissen (nicht Schwindrisse), Stauchungen, Quetschungen

Schädigung von Verbindungsmitteln

Korrosion, Überbeanspruchung, Abnutzung

Verformungsbedingte Beeinträchtigung

insbesondere bei Auflagern und Verbindungen



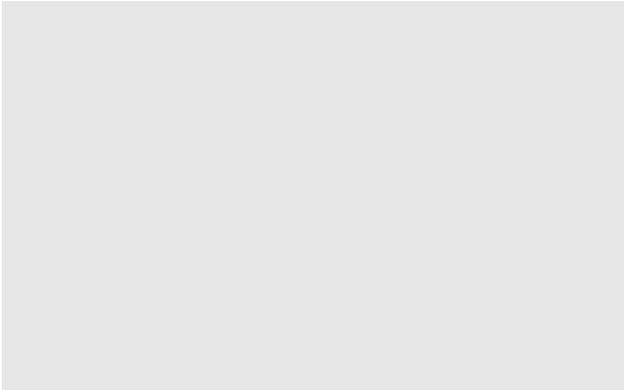
Die Beurteilung der Holzqualität erfordert grosse Fachkenntnis. Die Pflanze auf dem Bild weist ein unzulässiges Mass an Strukturstörungen auf (Faserabweichungen, Äste, Überwallungen)

Ermittlung des Erhaltungszustandes

Fortsetzung auf der nächsten Doppelseite

Holzbauteile (tragend)

Fortsetzung



Für die Resttragfähigkeit dieses Brettschichtträgers ist das Ausmass des Pilzbefalles von grosser Bedeutung. Dieses Ausmass ist schwierig festzustellen. Im vorliegenden Fall wurde die Ausdehnung des Pilzbefalles durch Bohrungen mit einem dünnen, langen Bohrer näherungsweise ermittelt.

Art des Tragwerkes, statisches System

Meist einfache Stabsysteme, aber auch komplizierte Systeme zusammenwirkend mit anderen Tragsystemen (z.B. Wänden).

Änderung des ursprünglichen Tragsystems

Infolge der leichten Bearbeitbarkeit werden aus Nutzungsgründen gelegentlich sehr ungünstige Veränderungen am Tragwerk vorgenommen.

Querschnittsabmessungen

Inkl. Querschnittsschwächungen, Einschnitte, Bohrungen.

Art der Anschlüsse, Verbindungen und Auflager

Auch Bearbeitungsgenauigkeit von kraftübertragenden Kontaktflächen.

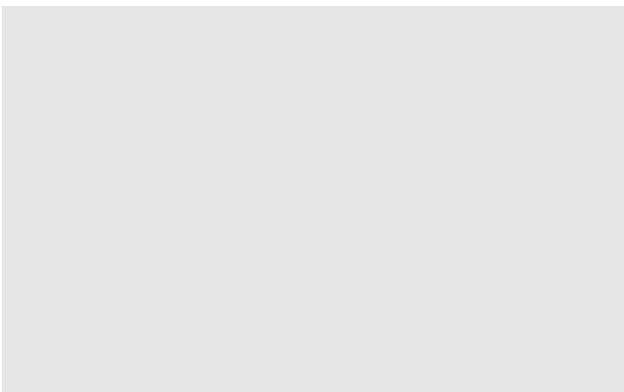
Verformungen

Infolge Trocknung, hoher Lasten, Kriechverformungen bei Biegebeanspruchungen, etc..

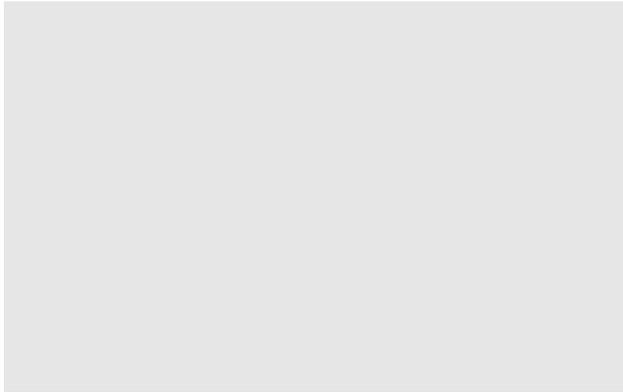
Verschiebungen

Insbesondere bei Setzungen, mangelnder Gesamtaussteifung von Gebäuden oder dynamischen Belastungen (Brücken).

Ermittlung geometrischer Grössen



Ein Befall durch holzerstörende Pilze (infolge unzureichender Konstruktion) ist selten so offensichtlich wie bei dieser Brücke. Versteckte Mängel und Schäden sind naheliegenderweise wesentlich heikler.



Verformungsmessungen sind ein Mittel, nicht nur um die Dimensionierung, sondern auch um den Erhaltungszustand eines Tragwerkes zu überprüfen. Derart aufwendige Belastungsprüfungen sind allerdings nur in Ausnahmefällen möglich.

Undichtigkeiten

Eindringen von tropfbarem Wasser (Dach, Wände, Fenster, Abdeckungen, etc.)

Kapillare Feuchtigkeit

i.a. in Wänden mit hoher Kapillarporosität, z.B. Bruchsteinmauerwerk.

Kondenswasser

Bauphysikalische Probleme.

Konstruktive Mängel

Auch durch nachträgliche Modifikationen.

Nutzungsänderungen

Höhere Lasten, Innenfeuchte, Temperaturverhältnisse, etc.

Überbeanspruchung

Insbesondere auch mechanische Ursachen, z.B. höhere Verkehrslasten und -intensität bei Brücken.

Ermittlung der Ursachen von Veränderungen und Schäden

Literatur

1. SIA: SIA 164, Holzbau; Zürich, 1981.
2. Dzierzon M., Zull J.: Altbauten zerstörungsarm untersuchen, Bauaufnahme, Holzuntersuchung, Mauerfeuchtigkeit; R. Müller, Köln, 1990.
3. Mönck W.: Schäden an Holzkonstruktionen, Analyse und Behebung; VEB Verlag für Bauwesen, Berlin, 1987.
4. Kolbitsch A.: Altbaukonstruktionen, Charakteristika, Rechenwerte, Sanierungsansätze; Springer-Verlag, Wien, 1989.
5. Dartsch B.: Bauen heute in alter Substanz; Rudolf Müller, Köln, 1990.

Informationsquellen:

EMPA, Eidgenössische Materialprüfungsanstalt Dübendorf, Abteilung Holz

Lignum, Schweizerische Arbeitsgemeinschaft für das Holz, Zürich

Persönliche Notizen:

3 Strassen

Strassen, Definition und Abgrenzung	103
3.1 Untersuchungsmethodik für Strassen	104
3.2 Übersicht über Untersuchungstechniken	109
3.3 Datenblätter zu Untersuchungstechniken	113

Hinweis:

Weitere Informationen zur Untersuchung von Ingenieurbauwerken an Strassen (Stützmauern, Brücken, etc.) finden Sie im Kapitel 2. Ingenieurbauwerke.

Persönliche Notizen:

Strassen, Definition und Abgrenzung

Der Begriff "Strasse" wird im Rahmen dieses Handbuches für den Oberbau von Verkehrsflächen verwendet. Spezialbauten, wie auch die elektromechanische Ausrüstung sind unter den Begriff der Ingenieurbauwerke eingeordnet. Strassen bilden ausgedehnte, zu Netzen verbundene Linienbauwerke. Bei ihrer Realisierung sind meist weniger Beteiligte involviert als bei Ingenieurbauwerken. Die Projektierung und Ausführung richtet sich nach den Normen der VSS sowie ergänzender Richtlinien der verschiedenen Bauherren. Der Normierungs- und Standardisierungsgrad ist hoch. Bei starkem Verkehr sind besonders die Strassenoberflächen einem hohen Verschleiss ausgesetzt. Deren Lebensdauer ist deshalb kürzer als diejenige von Ingenieurbauwerken. Für Betrieb und Erhaltung ist in der Regel ein klar definierter Eigentümer bzw. Betreiber verantwortlich. Für die Untersuchung ist der Strassenoberbau und insbesondere die Strassenoberfläche relativ gut zugänglich. Charakteristisch ist, dass bei der Untersuchung in den meisten Fällen die Vermeidung einer Beeinträchtigung des Verkehrs eine prioritäre Randbedingung darstellt.

3.1 Untersuchungsmethodik für Strassen

Einleitung

Wenn sich auch im Strassenbau die Untersuchungsmethodik nicht grundsätzlich von der Vorgehensweise bei anderen Sparten des Ingenieurwesens unterscheidet - d.h. dass auch im Strassenbau die Schadenanalyse einerseits die Diagnose (Gegenüberstellung von Symptomen oder Schadenbildern und Anlagemängeln) und andererseits die Festlegung der eigentlichen Therapie, also die Wahl der geeigneten Erhaltungsmassnahmen, umfasst, - so bestehen doch einige wesentliche Unterschiede, die hervorgehoben werden sollen.

In der Einleitung zu diesem Handbuch wird für das Alter der Bausubstanz des Hochbaues ein Richtwert von 50 Jahren erwähnt. Im Vergleich dazu wäre die Bausubstanz im Strassenbau (mit einem Wiederbeschaffungswert von 150 bis 200 Milliarden Franken) eigentlich sehr jung, und infolgedessen von der Notwendigkeit eines grossflächigen Erneuerungsbedarfes noch weit entfernt. Ein solcher Schluss würde die Tatsache verkennen, dass die im Strassenbau angewandten Dimensionierungskriterien sich grundlegend von denjenigen bei den übrigen Ingenieurbauwerken unterscheiden, und dass die anvisierten Zeiträume kürzer sind. Während im Hochbau mit der angestrebten Verhinderung eines Tragwerkversagens bereits günstige Voraussetzungen für eine hohe Lebensdauer geschaffen werden, wird im Strassenbau bei der Dimensionierung des Strassenoberbaues und insbesondere der Strassenoberfläche im Hinblick auf die Gebrauchstauglichkeit mit einer Verschleisslimitierung gearbeitet. Da die Strassen durch die Nutzung einem hohen Verschleiss ausgesetzt sind, stehen Dimensionierungszeiträume von rund 20 Jahren im Vordergrund.

In Kenntnis dieser Unterschiede kommt man zum richtigen Schluss, dass Strassennetze mit einer Alterstruktur von 20 bis 40 Jahren - was den tatsächlichen Verhältnissen sehr nahe kommen dürfte - einem erhöhten Instandsetzungs- und Erneuerungsbedarf unterliegen. Dies schliesst aber nicht aus, dass bereits vor Ablauf der angestrebten Gebrauchsdauer infolge auftretender Schäden Erhaltungsmassnahmen ergriffen werden müssen, dass es andererseits auch Strassen gibt, die je nach Verkehrsbelastung selbst nach 50 Jahren noch ihre Zweckbestimmung ohne wesentliche Erhaltungsmassnahmen erfüllen können.

Erhaltung

Die Gesamtheit aller Massnahmen an der Strassenanlage zur Überwachung und Sicherstellung der Funktion als Betriebselement und Bauwerk.

Betrieblicher Unterhalt

Massnahmen zu Gewährleistung des sicheren Funktionierens aller Teile einer Strassenanlage, wie Reinigungs-, Kontroll-, Pflegearbeiten, Winterdienst und kleinere Reparaturen (Sofortmassnahmen) zur Funktionserhaltung.

Baulicher Unterhalt

Instandsetzung und Verstärkung

- Instandsetzung:
Periodisch wiederkehrende, umfassende Massnahmen zur Gewährleistung des ursprünglichen Soll-Zustandes, wie grössere zusammenhängende Reparaturen.
- Verstärkung:
Massnahmen zur Gewährleistung des erforderlichen Soll-Zustandes, wie Erhöhen der Tragfähigkeit der Strasse, Verstärken von Kunstbauten und Nebenanlagen

Erneuerung

Wiederherstellung durch Ersatz einer Teilstrecke oder eines Teils einer Strassenverkehrsanlage, sofern mit der Verstärkung der erforderliche Soll-Zustand insgesamt oder in wesentlichen Teilen nicht erreicht werden kann.

Begriffe der Erhaltung gemäss VSS: SN 640 900, Management der Strassenerhaltung

Mit der fortschreitenden Fertigstellung des Nationalstrassennetzes nimmt die Ausrichtung des Strassenbaues auf den Neubau ab. Gleichzeitig erreichen heute die ältesten Abschnitte des Nationalstrassennetzes die Grenze der Gebrauchsdauer. Dies äussert sich in vermehrt auftretenden Unterhalts- und Erneuerungsproblemen, was im Strassenbau zu einer zunehmenden Beachtung der Aspekte der Erhaltung geführt hat.

Erhaltungsmassnahmen müssen ohne oder mit einer minimalen Beeinträchtigung des Verkehrs abgewickelt werden. Verkehrsbeeinträchtigungen verursachen vor allem bei hohem Verkehrsaufkommen grosse volkswirtschaftliche Verluste. Die Vorbereitung und Durchführung von Erhaltungsmassnahmen stellen aufgrund dieser Randbedingungen hohe Anforderungen an die Planer und Ausführenden.

Damit die Investitionen im Strassenbau nicht verloren gehen, müssen die für die Erhaltung erforderlichen Mittel zeitgerecht eingeplant und bereitgestellt werden. Die Gesamtheit dieser Tätigkeiten ist unter dem Begriff des "Managements der Strassenerhaltung" zusammengefasst. Seit 1989 sind innerhalb der Normensammlung der VSS verschiedene Normen zu diesem Themenkreis erschienen.

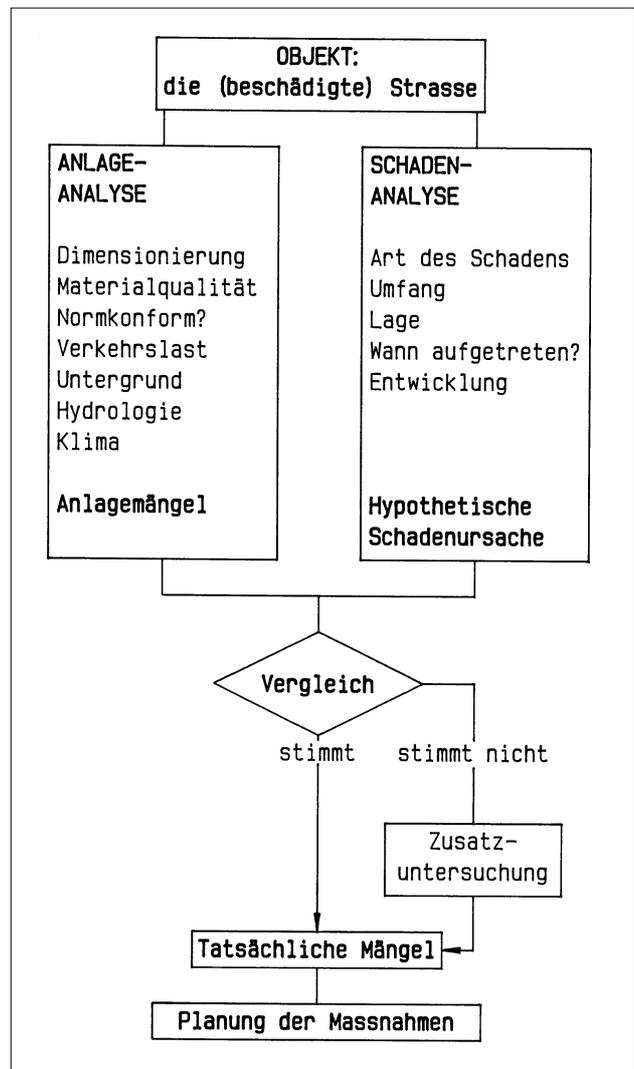
Mehrstufiges Vorgehen

Zustandserfassung und Schadenanalyse

Der Anwendung von Untersuchungstechniken kommt nach den Grundsätzen des Managements der Strassenerhaltung eine zentrale Bedeutung zu. Die Ergebnisse der laufenden und systematischen Überwachung sind nebst den Meldungen über festgestellte Mängel die Grundlagen für die Schadenanalyse. Für die Schadenanalyse werden, sofern erforderlich, Zusatzuntersuchungen durchgeführt.

Für die systematische Zustandserfassung (gleichbedeutend mit Überwachung/Inspektion in anderen Bereichen des Bauwesens) kommen je nach Zielsetzung die nachfolgenden Vorgehensweisen zur Anwendung:

Als Hilfsmittel für die mittelfristige Gesamtplanung von Erhaltungsmassnahmen wird auf der Ebene eines Strassennetzes in regelmässigen Abständen eine Zustandsaufnahme durchgeführt. Die Intervalle zwischen den Aufnahmen und der Untersuchungsumfang richten sich nach der funktionellen Hierarchie der Strasse. Mögliche Erhe-



Schadenanalyse

bungswerte sind: die Ebenheit im Längs- und Querprofil, die Griffigkeit und die Oberflächenschäden (Grobaufnahme).

Als Hilfsmittel für die Planung einer einzelnen Erhaltungsmassnahme wird vor deren Ausführung eine Detailaufnahme der Oberflächenschäden durchgeführt. Diese Aufnahme bildet den eigentlichen Einstieg in die Schadenanalyse. Aufgrund der Schadenanalyse, basierend auf einer ersten Untersuchungsstufe, werden gezielt zusätzliche Untersuchungen veranlasst, die zur Feststellung des Gesamtausmasses der Mängel und deren Ursachen erforderlich sind. Bei diesen Zusatzuntersuchungen handelt es sich im wesentlichen um Laboruntersuchungen an Bohrkernen aus dem Belag sowie um Tragfähigkeitsmessungen. Detaillierte Angaben zu den Untersuchungen an Belägen sind in der VSS-Normengruppe "Reparatur und Erneuerung von Fahrbahnen" (Lit. 2) enthalten.

In den nachfolgenden Übersichtstabellen liegt der Hauptakzent auf der Erhebung der Oberflächeneigenschaften der Verkehrsflächen. Dazu kommen ausnahmslos zerstörungsfreie Untersuchungstechniken zur Anwendung. Sind für die Ermittlung der Ursache eines festgestellten Mangels zusätzliche Kenntnisse etwa über die Materialeigenschaften, den Schichtverbund, den Schichtverlauf, etc. erforderlich, müssen entsprechende Zusatzuntersuchungen im Feld und/oder Labor veranlasst werden. Neben der Entnahme von Bohrkernen kommt in speziellen Fällen auch das Öffnen von Sondierschlitzten oder das Herausschneiden grösserer Probestücke aus dem Belag in Frage.

Zusätzlich zur Palette der normierten Materialprüfungen (VSS-Normensammlung Band VII) können je nach Ausgangslage auch weitere, nicht normierte Untersuchungsmethoden zur Anwendung kommen. Dabei sei darauf hingewiesen, dass mit der zunehmenden Verwendung von modifizierten bituminösen Bindemitteln gewisse in der Chemie übliche Untersuchungsmethoden (Gaschromatographie, IR-Spektralanalyse, etc.) auch im Strassenbaulabor vermehrt Anwendung finden werden.

Der Inhalt des Kapitels "Strassen" dieses Handbuches behandelt die Untersuchung des Strassenoberbaues, insbesondere der Strassenoberflächen. Hinweise für die Untersuchung von Einzelbauwerken und elektromechanischen Ausrüstungen sind im Kapitel "Ingenieurbauwerke" abgehandelt. Aus dem Blickwinkel des Managements der Strassenerhaltung ist die Notwendigkeit der periodischen Überwachung dieser Analgeteile hervorzuheben. Auch die weiteren Ausrüstungsteile wie z.B. Leitplanken, Lärmschutzwände, vertikale und horizontale Signalisation, etc., müssen überwacht und unterhalten werden.

Teilelemente der Strassenanlage

Literatur

1. VSS: SN 640 900: Management der Strassenerhaltung, VSS, 1989, Zürich.
2. VSS: "Reparatur und Erneuerung von Fahrbahnen"; VSS Normensammlung Band V.
3. VSS: Etude des méthodes d'auscultation et d'observation des chaussées (Studie über Methoden zur Erfassung des Strassenzustandes); VSS-Forschungsbericht 166, 1988.

Persönliche Notizen:

Persönliche Notizen:

3.2 Übersicht über Untersuchungstechniken

Informationen für den Benutzer der Übersichtstabellen	110
Verzeichnis der Übersichtstabellen	
Strassenoberbau (Fahrbahn aus Asphalt oder Beton)	111

Der Inhalt des Kapitels "Strassen" dieses Handbuches behandelt die Untersuchung des Strassenoberbaues, insbesondere der Strassenoberflächen. Hinweise für die Untersuchung von Einzelbauwerken und elektromechanischen Ausrüstungen sind im Kapitel "Ingenieurbauwerke" abgehandelt. Aus dem Blickwinkel des Managements der Strassenerhaltung ist die Notwendigkeit der periodischen Überwachung dieser Anlageteile hervorzuheben. Auch die weiteren Ausrüstungsteile wie z.B. Leitplanken, Lärmschutzwände, vertikale und horizontale Signalisation, etc. müssen überwacht und unterhalten werden.

Informationen für den Benutzer der Übersichtstabellen

Die Tabellen geben eine Übersicht über die Untersuchungstechniken, die für die Untersuchung eines bestimmten Bauteiles oder Baustoffes zu Hilfe genommen werden können. Es wurde versucht, möglichst alle als praxistauglich eingestuften Untersuchungsmethoden zu berücksichtigen. In einzelnen Fällen werden aber auch Untersuchungstechniken aufgeführt, die nur beschränkt als praxistauglich beurteilt werden können. Aus den Tabellen ist zudem ersichtlich, ob und wo allenfalls weitere Angaben zu einer Untersuchungstechnik im Handbuch gefunden werden können.

Hinweis auf Datenblätter

Untersuchungstechniken, die im Teil "Datenblätter" noch eingehender beschrieben werden, sind in der Übersicht **unterstrichen**. Hinter der Untersuchungstechnik ist der Hinweis eingefügt (→), auf welcher Seite das Datenblatt zu finden ist.

Einfache Untersuchungstechniken

Untersuchungstechniken, die mit wenig Aufwand, oft schon im Rahmen einer ersten visuellen Untersuchung durch den Ingenieur selbst eingesetzt werden können, sind in der Übersicht durch **Fettdruck** hervorgehoben.

Laboruntersuchungen

Untersuchungen, die in der Regel im Labor und durch entsprechende Fachleute ausgeführt werden, sind in der Übersicht in **Kursivschrift** dargestellt. Diese Untersuchungen sind fast immer zerstörend, weil für die Laboruntersuchung in der Regel eine Probe aus dem Bauwerk entnommen werden muss.

Beschränkt praxistaugliche Untersuchungstechniken

Untersuchungstechniken, die in der Übersicht in **Klammern** gesetzt sind, werden als nur beschränkt praxistauglich eingestuft. Diese Untersuchungen sind in der Regel mit relativ grossem Aufwand verbunden, zudem ist die Interpretation der Resultate sehr anspruchsvoll. In speziellen Fällen können solche Untersuchungstechniken jedoch zu einer besseren Beurteilung beitragen.

Untersuchungsobjekt:

Strassenoberbau (Fahrbahn aus Asphalt oder Beton)¹⁾

Zielgrösse	Untersuchungstechnik	
	zerstörungsfreie	zerstörende [Eingriff ins Bauwerk]
Tragfähigkeit (Asphaltbelag)	Deflektionsmessung -Benkelmann-Balken ²⁾ -Deflectographie → S. 122 -Fallgewichtsgesetz → S.124 -Lastplattenversuch	Lastplattenversuch auf tieferen Schichten des Oberbaues/Unterbaues [Sondierschlitz]
Tragfähigkeit (Betonbelag)	Deflektionsmessung -Fallgewichtsgesetz → S.124 -Lastplatten und Nivellement	Lastplattenversuch auf tieferen Schichten des Oberbaues/Unterbaues [Sondierschlitz]
Risse	Augenschein <u>ARAN</u> (inkl. Video) → S.118	Rissverlauf feststellen [Bohrkernentnahme]
Ebenheit quer ³⁾	4-m-Latte Planum <u>ARAN</u> → S. 118 Moiré	
Ebenheit längs ³⁾	Goniograph Winkelmessgerät ISETH <u>ARAN</u> → S. 118 <u>APL</u> → S. 116	
Griffigkeit ⁴⁾	Pendel Ausflussmesser Skiddometer <u>SRM 91</u> → S. 126 SCRIM	
Fugenschäden (Betonbeläge)	Augenschein <u>ARAN</u> → S. 118 <u>Collograph</u> → S. 120	Reissen am Fugenband (Haftung des Fugenbandes)
Schichtaufbau	Georadar	Sondage [Bohrkern, Sondierschlitz]
Materialqualität ⁵⁾		Laborversuche nach SN-Normen (VSS), evtl. zusätzlich weitere Versuche [Bohrkernentnahme, Sondierschlitz, andere Probeentnahmen]

1) SN 640 925, Zustandserfassung und Bewertung von Strassen

2) SN 640 330, Deflektionen

3) SN 640 520a/521a, Ebenheit, Prüfung der Geometrie bzw. Anforderungen

4) SN 640 510b/511b, Griffigkeit, Messverfahren bzw. Bewertung

5) VSS-Normen, Band 7, Bituminöse Baustoffe

Persönliche Notizen:

3.3 Datenblätter zu Untersuchungstechniken

Informationen für den Benutzer der Datenblätter	115
Verzeichnis der Datenblätter	
APL, Analyseur de Profil en Long	116
ARAN, Automatic Road Analyser	118
Collographe	120
Deflectographe Lacroix	122
Fallgewichts-Deflektionsmessgerät	124
SRM 91, Stuttgarter Reibungsmesser	126

Verschiedene für die Untersuchung von Strassen eingesetzte Untersuchungstechniken sind in der Normensammlung der VSS eingehend beschrieben. Diese Normen sind weit verbreitet und deshalb leicht zugänglich. Im Rahmen der VSS Normen erläuterte Verfahren werden deshalb in diesem Handbuch nicht in einem Datenblatt beschrieben.

Persönliche Notizen:

Informationen für den Benutzer der Datenblätter

Die Datenblätter sind mit wenigen Ausnahmen nach dem gleichen Schema aufgebaut. Damit soll dem Benutzer die Suche nach der gewünschten Information möglichst erleichtert werden. Die Erläuterung der verwendeten Stichworte finden Sie nachfolgend auf dieser Seite. Diese dienen als grobe Richtschnur bei der Zusammenstellung der Angaben. *Die aufgeführten Informationen sind nicht als Gebrauchsanweisung für die Anwendung einer Untersuchungstechnik oder den Einsatz eines Gerätes gedacht.* Die Informationen können jedoch dem mit einer Bauwerksuntersuchung beauftragten Ingenieur helfen, die richtigen "Werkzeuge" zu finden. Bei Zuzug eines Spezialisten enthalten die Datenblätter soviel grundlegende Informationen, wie für den koordinierenden Ingenieur als Gesprächspartner des Spezialisten erforderlich ist.

Allgemeine Informationen

Ist das Verfahren normiert?
Zerstörungsfrei/zerstörend?
Prüfung am Bauwerk/im Labor

Anwendung

Baustoffe
Bauteile
Bauwerksarten

Zielgrößen

Über welche Zielgrößen werden Informationen gewonnen?
Sind dies direkte oder indirekte Informationen? Sind die Informationen qualitativ oder quantitativ (Genauigkeit), punktförmig oder flächenhaft?

Messprinzip

Beschreibung des Messprinzipes. Welches sind die Messresultate, welches die Einflussfaktoren?

Interpretation

Wie gelangt man vom Messresultat zur Zielgrösse?
Aufwand, Eindeutigkeit der Interpretation.
Gefahr einer Fehlinterpretation.
Reproduzierbarkeit, Streuung.

Arbeitsablauf

(Geräteanwendung und Kosten)

Ausrüstung, Geräte, Messequipe, Anforderungen an die Messequipe?
Wasser- bzw. Stromanschluss erforderlich?
Weitere Randbedingungen bezüglich Witterung, Zugänglichkeit, etc.?

Beschreibung des Ablaufes (Vorbereitungsarbeiten, Geräteanwendung, Auswertung, etc.) und allfälliger Betriebsstörungen.

Kosten (Grössenordnung)

Beurteilung

Anwendungsbereich?
Leistungsgrenzen?
Zeitbedarf bis zum Vorliegen der Resultate?
Begleitende Prüfungen erforderlich?
Folgeuntersuchungen zur Präzisierung der Resultate?
Nutzen/Aufwand-Verhältnis?

Literatur

Ergänzende Hinweise auf wichtigste weiterführende Literatur.

APL, Analyseur de Profil en Long

Allgemeine Informationen

Das APL-Messsystem dient der schnellen Erfassung der Längsebenheit von Fahrbahnen unter Verkehr. Dabei wird das reale Profil aufgenommen. Die Bewertung nach SN 640'520 ist eine der verschiedenen Auswertemöglichkeiten.

Anwendung

- Systematische Zustandserfassung ganzer Strassennetze
- Detailuntersuchung einzelner Abschnitte im Hinblick auf gezielte Erhaltungsmaßnahmen
- Vorbereitung (Bestimmung der Zonen, wo eine Aufschichtung notwendig ist) und Abnahme von Belageinbauten
- Messung der Fugenerhebungen auf Betonstrassen
- Messungen von Wellenlängen auf Flugpisten und Rollwegen (Wellenlängen bis 80 m können bei einer Aufnahmegeschwindigkeit von 140 km/h erfasst werden).

Zielgrößen

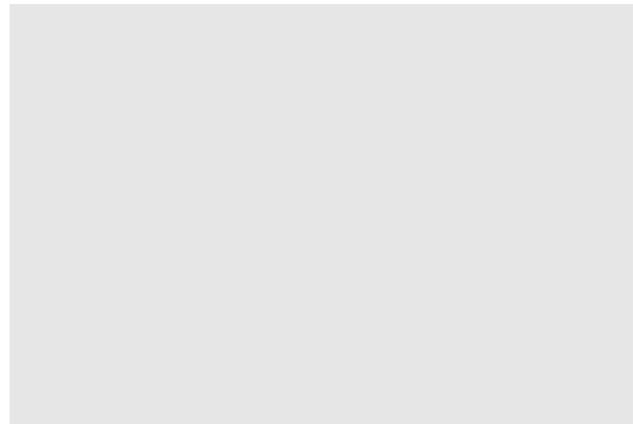
- Aufzeichnung des Längsunebenheitsprofils
- Längsebenheitskennwerte (W und Sw-Werte nach Lit. 1; Ebenheitsnoten LCPC; CP-, IRI- und QI-Werte).

Messprinzip/Interpretation

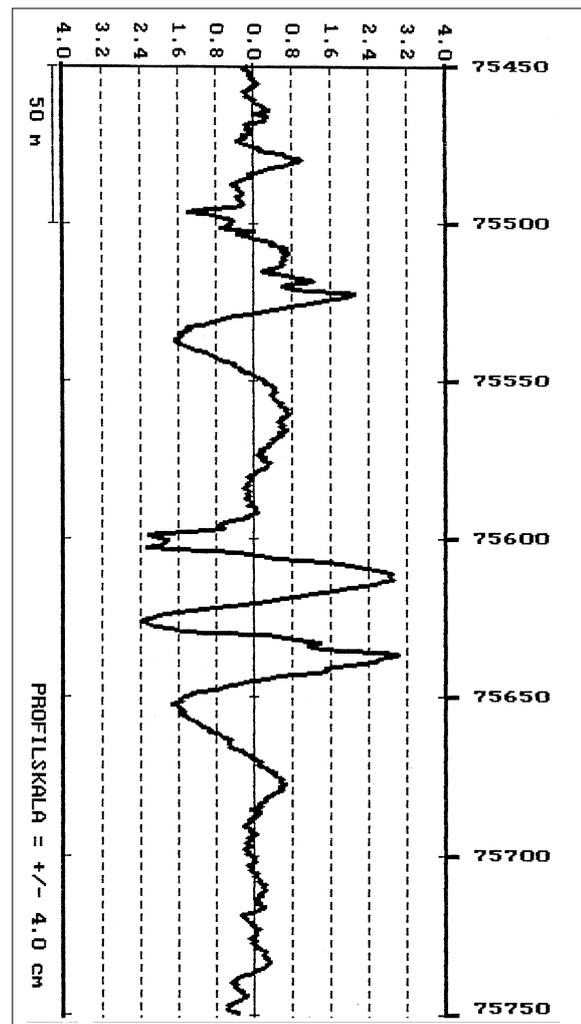
Das Messsystem basiert auf einem Trägheitspendel mit einer Frequenz-Bandbreite von 0.5 bis 20 Hz, das als pseudo-waagrechte Referenzebene dient. Die Unebenheiten werden kontinuierlich erfasst indem der zwischen Messarm und Referenzpendel gemessene Winkel in ein elektronisches Signal umgewandelt wird. Das zum wahren Längsprofil direkt proportionale Messsignal sowie ein präzises Distanzsignal (Impulsrad) werden laufend digitalisiert und gespeichert.

Das aufgezeichnete Längsprofil entspricht genau dem wahren Profil in einem Wellenlängenbereich, der von der Messgeschwindigkeit abhängt (z.B. 0.5-20 m bei 35 km/h, 1-40 m bei 70 km/h, 2-80 m bei 140 km/h).

Alle Interpretationsmethoden, die auf einer Beurteilung des Unebenheitsprofils basieren, sind grundsätzlich anwendbar. Die Zahl der Auswertemethoden ist damit nicht begrenzt.



APL-Messanhänger



Messresultat: Längsunebenheitsprofil

Arbeitsablauf

(Geräteanwendung und Kosten)

Der Einsatz erfolgt mit einer Messequipe von 2 Mann. Die Aufnahmegeschwindigkeit wird im allgemeinen dem Verkehrsfluss angepasst. Es sind Messgeschwindigkeiten bis 140 km/h möglich. Bei Messungen auf Überholspuren oder innerorts ist bei grösserem Verkehrsaufkommen ein Sicherungsfahrzeug erforderlich.

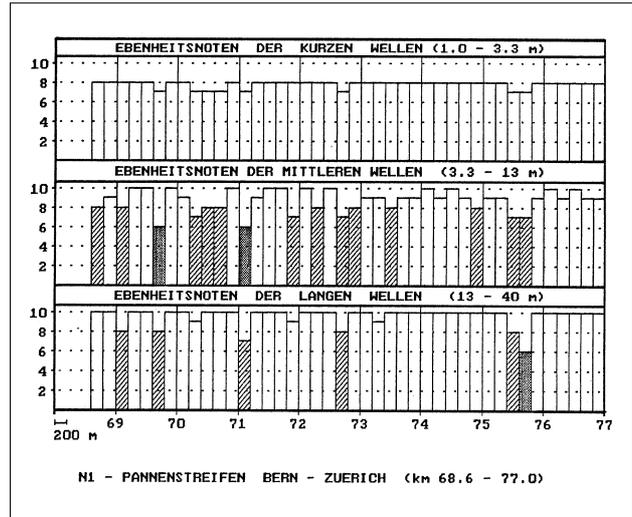
Die Rohmessdaten werden während der Messfahrt auf einem EDV-Datenträger abgespeichert und anschliessend im Büro ausgewertet (Bericht, Tabellen, Graphiken und Statistik). Bei Bedarf kann das aufgezeichnete Profil in einem beliebigen Massstab aufgezeichnet werden. Die Messergebnisse können aufgearbeitet auf eine elektronische Datenbank überspielt werden.

Kosten: je nach Einsatzart und Messumfang ca. Fr. 200.- bis 300.- pro Messkilometer.

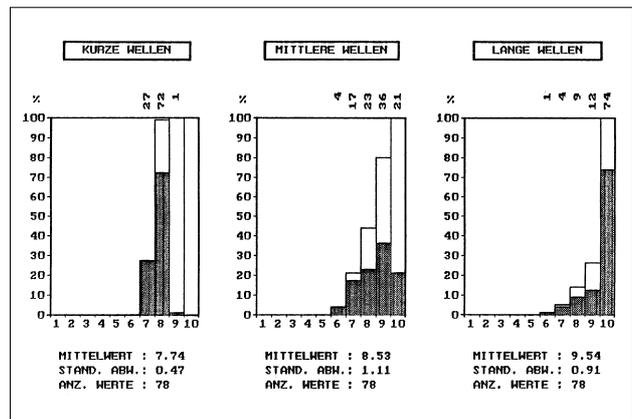
Beurteilung

Schnelles und flexibles Ausnahmeverfahren zur systematischen bis detaillierten Untersuchung der Längsebenheit. Keine oder nur geringe Verkehrsbehinderung.

Für die Bearbeitung der Messergebnisse und die Ausarbeitung eines Berichtes ist mit einem Zeitaufwand von 1 bis 3 Tagen zu rechnen.



Auswerteresultat: Ebenheitsnoten



Auswerteresultat: Häufigkeitsverteilung der Wellen

Literatur

1. VSS: SN 640'520a, Ebenheit, Prüfung der Geometrie; 1977.
2. VSS: SN 640'521a, Ebenheit, Anforderungen; 1977.
3. VSS: Etude des méthodes d'auscultation et d'observation des chaussées (Studie über Methoden zur Erfassung des Strassenzustandes); VSS-Forschungsbericht 166, 1988.
4. S.A.C.R. SA, Ecublens/Zürich: Firmendokumentation

ARAN, Automatic Road Analyser

Allgemeine Informationen

Messfahrzeug für die zerstörungsfreie Erfassung verschiedener Oberflächeneigenschaften der Fahrbahn unter Verkehr (bis ca. 100 km/h); geeignet für die systematische Zustandserfassung und Bewertung (gemäss Lit. 1).

Anwendung

- systematische Zustandserfassung ganzer Strassennetze
- Detailuntersuchung einzelner schadhafter Abschnitte im Hinblick auf notwendige Erhaltungsmassnahmen
- Einbaukontrolle (Ebenheit längs und quer, Querneigung)
- Kontrolle von Signalisation und Markierung (über Video)
- Inventarisierung von Ausrüstungsteilen (über Video)
- Kontinuierliche Videoaufnahme der Strassen.

Zielgrössen

Längsebenheitskennwerte, Längsprofilaufzeichnung, Kennwerte der Ebenheit im Querprofil (Spurrinnen- und Wassertiefe), Querprofilaufzeichnung, Füllmengenberechnung, Quantifizierung der Oberflächenschäden nach Lit. 1, Geometrie der Fahrbahn (Längs- und Querneigung, Kurvenradius).

Messprinzip/Interpretation

Längsebenheit: Messung und Auswertung der Vertikalbeschleunigung auf der Hinterachse und dem Chassis, dadurch Profilaufzeichnung auch bei variabler Messgeschwindigkeit möglich.

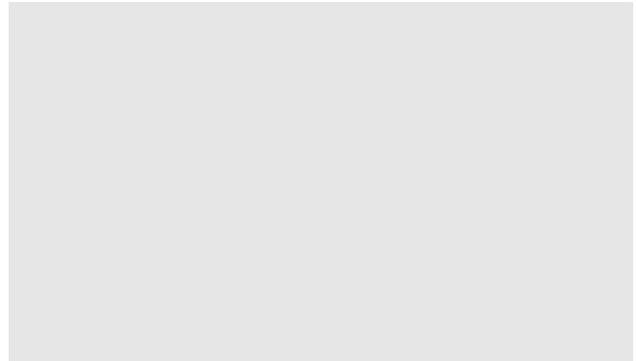
Querebenheit: Distanzmessung mittels Ultraschallsensoren in seitlichem Abstand von je 100 mm.

Oberflächenschäden: manuelle Eingabe in Computertastatur mit Erfassung von Schadensschwere und -ausdehnung.

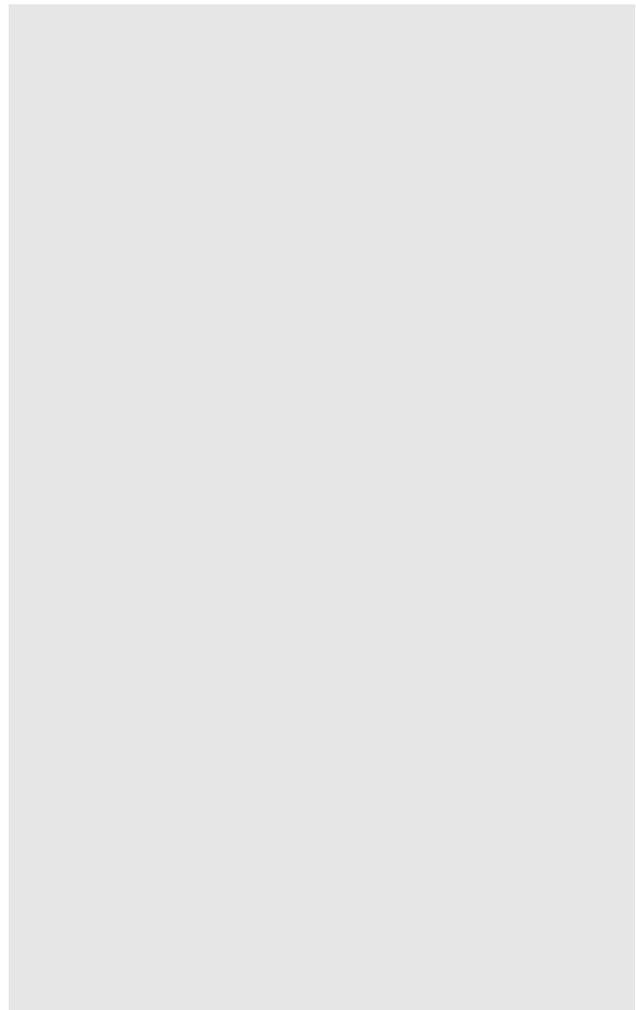
Neigungsverhältnisse: Messung über Kreiselsystem.

Distanz: Messung ab Tachowelle.

Anpassung der Messergebnisse und deren Interpretation an alle gängigen Normen. Die Querneigung ist definiert als die Neigung der Regressionsgeraden durch die einzelnen Profilpunkte.



Messfahrzeug ARAN im Messeinsatz



Blick auf Eingabeeinheit mit Bildschirm

Arbeitsablauf

(Geräteanwendung und Kosten)

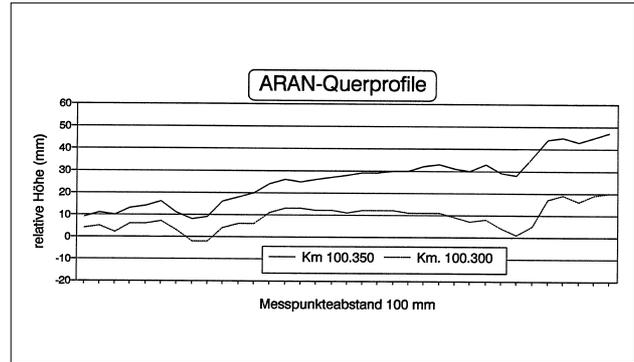
Einsatz mit einer geschulten Messequipe von 2 Mann. Für Querprofilaufnahmen auf einer Breite von > 2.5 m (bis max. 3.5 m) ist eine Sonderbewilligung erforderlich (Überbreite). Bei Einsatz mit Überbreite ist auf Strassen mit grösserem Verkehrsaufkommen zusätzlich ein Sicherungsfahrzeug erforderlich.

Die Rohmessdaten werden während der Messfahrt auf einem Datenträger abgespeichert und anschliessend im Büro ausgewertet (Bericht mit Tabellen, Graphiken und Statistik, Aufbereitung der Messergebnisse auf Diskette für Transfer auf Datenbank). Videoband mit eingeblendeter, laufender Stationierung und Ansicht von Fahrbahnoberfläche und Strassenraum.

Kosten: je nach Einsatzart und Messumfang ca. Fr. 200.- bis 600.- pro Messkilometer.

Beurteilung

Schnelles Aufnahmeverfahren für die systematische Zustandserfassung ohne bzw. mit geringer Verkehrsbehinderung. Für die Bearbeitung der Resultate und die Ausarbeitung des Berichtes ist pro Messtag mit einem Aufwand von ein bis drei Tagen zu rechnen. Die Resultate sind für eine spätere Weiterbearbeitung auf elektronischen Datenträgern aufgezeichnet.



Eine Auswertemöglichkeit: Querprofil

Literatur

1. VSS: SN 640 925: Zustandserfassung und Bewertung von Strassen; 1990.
2. VSS: Etude des méthodes d'auscultation et d'observation des chaussées (Studie über Methoden zur Erfassung des Strassenzustandes); VSS-Forschungsbericht 166, 1988.
3. Highway Products International: Paris, Ontario, Produkteinformation.
4. Viaconsult AG, Zürich: Dokumentation.

Collographe LCPC

Allgemeine Informationen

Messgerät für die zerstörungsfreie Ermittlung der Auflagebedingungen und des Fugenzustandes von Betonstrassen sowie des Schichtverbundes auf Kunstbauten. Bei gutem und gleichmässigem Zustand der Belagsschicht können ebenfalls Zementstabilisierungen beurteilt werden (Erkennen von Schwachstellen).

Anwendung

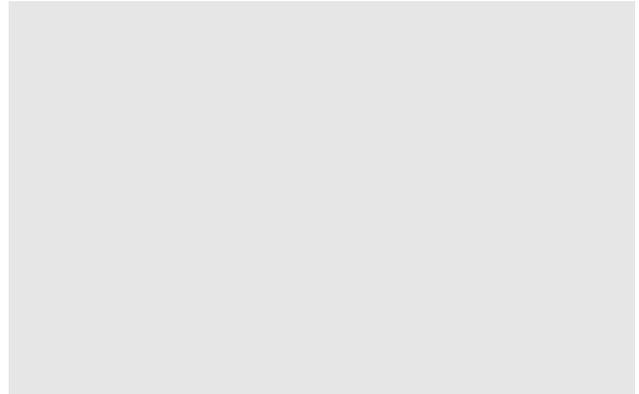
- Beschaffung von Grundlagen für die Zustandserfassung von Betonstrassen
- Beurteilung des Auflagezustandes (Hohlräume) von Betonplatten
- Beurteilung der Lastübertragung und der relativen Bewegungen im Fugenbereich
- Erkennen von Verbundmängeln auf Kunstbauten (Verbund zwischen Abdichtung und Belag)
- Zustandsbeurteilung von Zementstabilisierungen (Lokalisierung von Zonen mit geringer Tragfähigkeit).

Zielgrössen

Dynamische Deflektion der Strassenoberfläche als relativen Kennwert des untersuchten Objektes (die Messwerte können durch Eichung in absolute Werte umgerechnet werden).

Messprinzip/Interpretation

Das nach dem Prinzip einer Vibrowalze arbeitende Gerät erzeugt eine dynamische Deflektion mit einer Frequenz von 60 Hz. Um die Wirkung eines Zwillingsrades zu simulieren, ist der Mantel der Walze mit zwei Gummibandagen versehen. Die dynamische Deflektion wird durch vier Geophone, die in einem speziellen, mit Wasser gefüllten Rad montiert sind, aufgezeichnet. Das sogenannte hydrophonische Rad hat die Funktion eines Filters (Ausfiltern von Störsignalen, z.B. Verkehrsbelastung auf der benachbarten Fahrspur, Unebenheiten des gemessenen Belages). Das Messsignal wird nach einer weiteren Filterung auf Papier aufgezeichnet und/oder auf Magnetband gespeichert. Die Temperatur der Strassenoberfläche wird regelmässig gemessen. Bezugspunkte (z.B. Fugen, Risse, Kilometrierung, etc.) werden ebenfalls aufgezeichnet. Die Interpretation besteht in einer Beurteilung des Verlaufes sowie der Amplitude des Messsignales.



Collographe LCPC

Arbeitsablauf

(Geräteanwendung und Kosten)

Einsatz mit einer geschulten Equipe von 2 Mann. Die Messung erfolgt bei einer Geschwindigkeit von 3-4 km/h, die an den Oberflächenzustand angepasst wird. Je nach örtlichen Verhältnissen ist ein Sicherungsfahrzeug bzw. eine Fahrstreifen-sperrung (Linienführung mit kurzer Sichtweite) nötig.

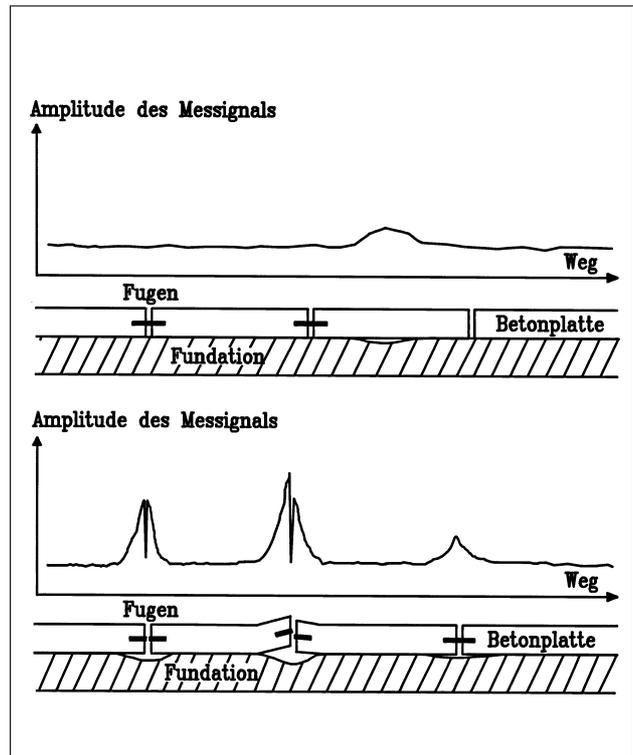
Die Rohmessdaten werden während der Messfahrt auf Papier und/oder Magnetband abgespeichert und anschliessend im Büro ausgewertet (Bericht, Tabellen, Graphiken und Statistik). Bei Bedarf kann das aufgezeichnete Deflektionsprofil in einem beliebigen Massstab dargestellt werden. Die Ergebnisse der Beurteilung (Plattenbezeichnung, Fugenzustand, usw.) können aufgearbeitet auf eine elektronische Datenbank überspielt werden.

Kosten: je nach Einsatzart, Messumfang und Aufwand für die graphische Darstellung ca. Fr. 350.- bis 750.- pro Messkilometer.

Beurteilung

Bewährtes Aufnahmegerät für die kontinuierliche Aufzeichnung der dynamischen Deflektion. Das Messverfahren liefert, speziell bei Betonstrassen, eine reichhaltige Information. Die langsame Fahrt während der Messung führt zu einer Verkehrsbehinderung.

Für die Bearbeitung der Messergebnisse und die Auswertung des Berichtes ist mit einem Aufwand von 1 bis 3 Tagen zu rechnen.



Collographe LCPC: Messergebnis

Literatur

1. Le collographe; Bulletin de liaison des laboratoires des ponts et chaussées, Numéro 126, 1983; Gerätebeschreibung.
2. S.A.C.R. SA, Ecublens/Zürich: Dokumentation.

Deflectographe Lacroix

Allgemeine Informationen

Messfahrzeug für die Ermittlung der Tragfähigkeit des Strassenoberbaues durch Deflektionsmessung bei langsamer Fahrt, geeignet für die kontinuierliche Erfassung der Tragfähigkeitsverhältnisse als Grundlage für die Bewertung der Tragfähigkeit nach Lit. 1 und die Bemessung der erforderlichen Verstärkung von Strassen in bituminöser Bauweise nach Lit. 2.

Anwendung

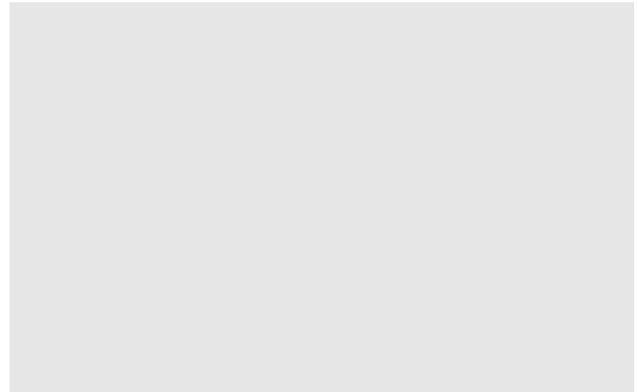
- engmaschige Messung der Deflektionswerte ganzer Strassenzüge
- Beschaffung von Grundlagen für die Ermittlung der Verstärkungsdicke
- Einteilung von Strassen in "homogene" Abschnitte für die Planung von allfälligen Verstärkungsmassnahmen
- Tragfähigkeitskontrolle hydraulisch gebundener Schichten.

Zielgrössen

Deflektion der Strassenoberfläche als Kennwert der Tragfähigkeit.

Messprinzip/Interpretation

Ein unter dem Chassis montierter, in Längs- und Vertikalrichtung frei beweglicher Rahmen mit Messauslegern in beiden Radspuren wird durch entsprechende Verschiebung zur Erfassung der Deflektion unter einem normalerweise 5 oder 6.5 Tonnen schweren Zwillingsrad (Achslast 10 oder 13 Tonnen) bei der Belastungsphase angewendet. Die eingesetzten Messgeber reagieren primär auf die Drehbewegung der Ausleger, die dann in eine Vertikalverschiebung (entsprechend der Deflektion) der Tastspitze umgerechnet wird. Die Deflektionsmessung in beiden Radspuren erfolgt je nach Typ des Deflectographen alle 4 bis 6 m. Neben der Messung des Maximalwertes der Deflektion wird auch die Deflektionsmulde aufgezeichnet. Die Temperatur an der Strassenoberfläche wird mit einer Infrarotsonde gemessen.



Deflectographe Lacroix

Arbeitsablauf

(Geräteanwendung und Kosten)

Einsatz mit einer geschulten Messequipe von 2 Mann. Die Messung erfolgt bei einer Fahrgeschwindigkeit von 2 bis 4 km/h. Bei Messungen mit 13 Tonnen Achslast ist eine Sonderbewilligung erforderlich.

Je nach örtlichen Verhältnissen ist ein Sicherungsfahrzeug bzw. Fahrstreifensperrung bei Strassen mit grösserem Verkehrsaufkommen nötig.

Die Rohdaten werden während dem Messeinsatz auf Diskette abgespeichert, die Auswertung mit Bericht, Graphiken und Statistik erfolgt anschliessend im Büro. Die Messergebnisse können aufgearbeitet auf eine elektronische Datenbank überspielt werden.

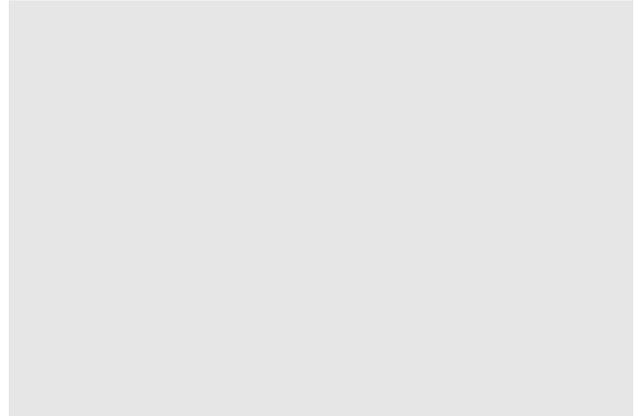
Kosten: je nach Einsatzart und Messumfang ca. Fr. 500.- bis 700.- pro Messkilometer.

Beurteilung

Bewährtes Aufnahmegerät für die Erhebung grosser Mengen von Deflektionswerten. Auf Betonstrassen kann das Verfahren nur bedingt eingesetzt werden (sehr kleine Deflektions-/Einsenkwerte, breite Deflektionsmulde).

Die langsame Fahrt während der Messung führt zu einer Verkehrsbehinderung.

Die Auswertung der Messresultate erfordert ca. 1 bis 3 Arbeitstage pro Messtag.



Deflectographe Lacroix: Detail der Messausrüstung

Literatur

1. VSS: SN 640 925: Zustandserfassung und Bewertung von Strassen; 1990.
2. VSS: SN 640 738: Reparatur und Erneuerung von Fahrbahnen, Oberbauverstärkung in bituminöser Bauweise; 1977.
3. VSS: Etude des méthodes d'auscultation et d'observation des chaussées (Studie über Methoden zur Erfassung des Strassenzustandes), VSS-Forschungsbericht 166, 1988.
4. Laboratoire Centrale des Ponts et Chaussées, Paris: Produkteinformation.
5. S.A.C.R. SA, Ecublens/Zürich: Produkteinformation.

Fallgewichts-Deflektionsmessgerät

Allgemeine Informationen

- nicht normiert
- auf einem Anhänger montierte Vorrichtung für die zerstörungsfreie Ermittlung der Tragfähigkeit.
- geeignet für die Charakterisierung der Tragfähigkeitsverhältnisse, die Bestimmung allfälliger Verstärkungsschichten und die Beurteilung des Zustandes einzelner Schichten des Oberbaues und des Untergrundes.

Anwendung

- objektbezogene Detailuntersuchung der Tragfähigkeit
- Beschaffung von Grundlagen für die Ermittlung der Verstärkungsschichten
- Einteilung von Strassen in "homogene" Abschnitte für die Planung von allfällig notwendigen Verstärkungsmassnahmen
- Untersuchung des Zustandes einzelner Schichten.

Zielgrössen

- Deflektionswerte unter Impulsbelastung
- Elastizitätsmoduli der einzelnen Schichten.

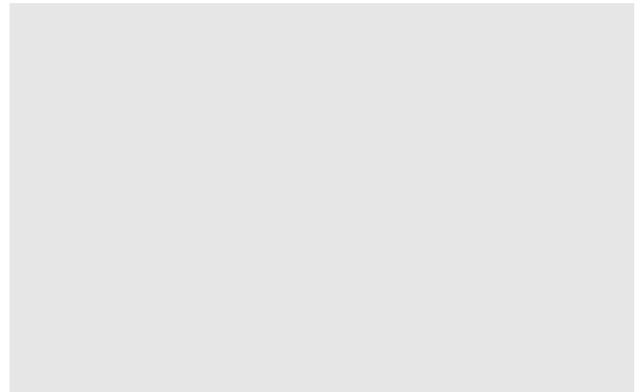
Messprinzip

Eine Masse mit variabler Grösse wird aus einer wählbaren Höhe auf eine auf der Fahrbahn liegende Belastungsplatte fallen gelassen. Der dabei entstehende Impuls kann bezüglich Krafteinwirkung und Belastungszeit die Belastung eines rollenden Rades gut simulieren.

Die Messausrüstung umfasst einerseits eine Vorrichtung für die Kraftmessung sowie Geophone, welche durch Anordnung in unterschiedlichem Abstand von der Lastachse die Erfassung der vertikalen Verschiebungen der einzelnen Punkte (Deflektionswerte) ermöglichen.

Interpretation

Die Beurteilung des Zustandes einzelner Schichten erfolgt durch Rückrechnung der Schichtmoduli aus der Deflektionsmulde. Dabei ist eine genaue Kenntnis der Dicke aller Schichten sowie der Temperatur in den bituminös gebundenen Schichten notwendig.



Fallgewichts-Deflektionsmessgerät im Einsatz

Arbeitsablauf

(Geräteanwendung und Kosten)

Einsatz mit einer geschulten Messequipe von 1 bis 2 Mann. Für die Durchführung einer Messung (ein Belastungszyklus) muss der Messzug (leichter PW mit Messanhänger) für ca. 2 Minuten anhalten. Die Kontrolle der Stationierung erfolgt aus dem Zugfahrzeug. Dieses enthält auch die Steuerungselemente sowie die Aufzeichnungs- und Auswerteeinheit (Personal-Computer).

Die Rohdaten werden auf einem elektronischen Datenträger gespeichert. Die Auswertung erfolgt anschliessend im Büro (Rückrechnung der Moduli aufgrund spezieller Modelle). Die ausgewerteten Daten werden als Bericht mit Tabellen, Graphiken und Statistiken dargestellt, zusätzlich können die aufbereiteten Messergebnisse in eine elektronische Datenbank überspielt werden.

Sicherungsfahrzeug, je nach örtlichen Verhältnissen; Fahrstreifenabspernung bei Strassen mit grösserem Verkehrsaufkommen.

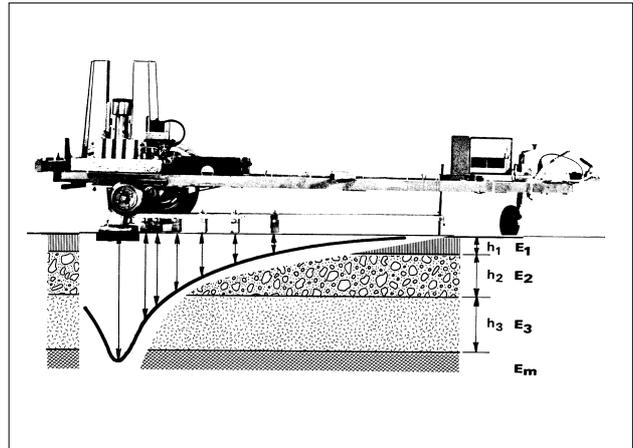
Kosten: ab ca. Fr. 5000.- pro Messtag (Tagesmessleistung ca. 300 Punkte).

Beurteilung

Leistungsfähiges, weit verbreitetes Verfahren zur detaillierten Untersuchung des strukturellen Zustandes von Strassenbelägen.

Verkehrsbehinderung durch Stillstand bei Messung.

Bearbeitung der Resultate und Ausarbeitung der Berichte je nach Auswertumfang ca. 2 Tage bis 1 Woche pro Messtag.



Funktionsschema des Fallgewichts-Deflektionsmessgerätes

Literatur

1. VSS: Etude des méthodes d'auscultation et d'observation des chaussées (Studie über Methoden zur Erfassung des Strassenzustandes), VSS-Forschungsbericht 166, 1988.
2. Dynatest Engineering A/S, Vedbaek, DK: Produkteinformation.
3. KUAB Konsult & Utveckling, Rättvik, S: Produkteinformation.
4. A/S Phoenix, Vejen, DK: Produkteinformation.

SRM 91, Stuttgarter Reibungsmesser (neue Version)

Allgemeine Informationen

Messfahrzeug für die Ermittlung der Griffigkeit der Strassenoberfläche durch Reibungsmessung bei schneller Fahrt, geeignet für die kontinuierliche Erfassung der Griffigkeitsverhältnisse nach Lit. 1. und Lit. 2.

Anwendung

- Systematische Griffigkeitskontrolle ganzer Strassennetze
- Einbaukontrolle
- Gutachten bei Unfällen

Zielgrößen

Reibungskoeffizient auf der benetzten Fahrbahn mit blockiertem oder gebremstem Rad.

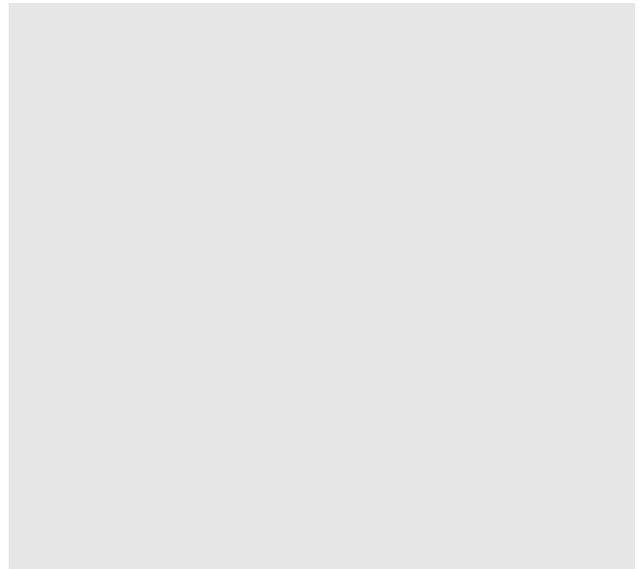
Messprinzip/Interpretation

Speziallastwagen mit hinten angehängten Messrädern in beiden Radspuren. Die Wirkungsweise der beiden im Normalfall mit dem AIPCR-Messreifen bestückten Messräder entspricht derjenigen des bestehenden Skiddometer-Gerätes (SN 640 510b), d.h. es sind Messungen sowohl mit blockiertem Messrad als auch bei konstantem Schlupf (ca. 14%) bei hohen Geschwindigkeiten möglich. Das in einem Tank mitgeführte Wasser wird mittels einer Pumpe zur normgemässen Fahrbahnbenetzung vor dem Messreifen verwendet. Die Ermittlung der Reibungskoeffizienten erfolgt durch Kraftmessung am Rad.

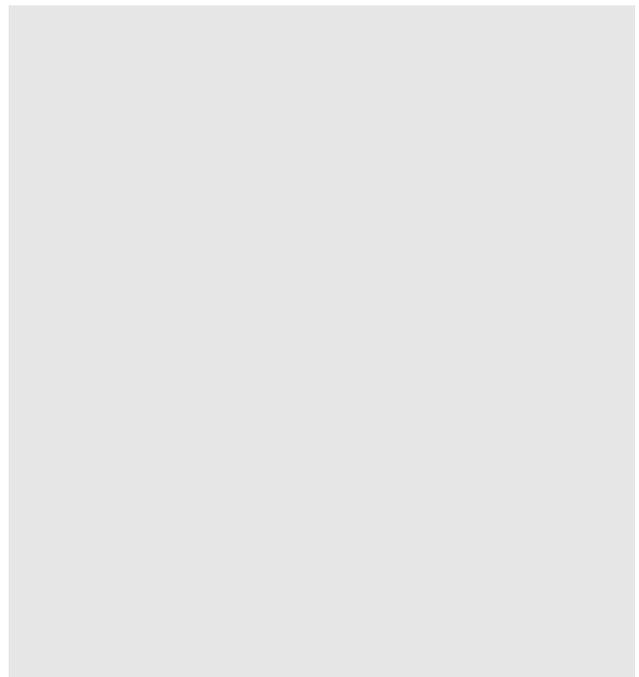
Arbeitsablauf

(Geräteanwendung und Kosten)

Einsatz mit einer geschulten Messequipe von 2 Mann. Die Reibungsverhältnisse werden kontinuierlich bei einer Fahrgeschwindigkeit bis zu 120 km/h gemessen. Für Messgeschwindigkeiten über 80 km/h ist eine Sonderbewilligung erforderlich.



Stuttgarter-Reibungsmesser



SRM von hinten, Signaltafel und Messrad

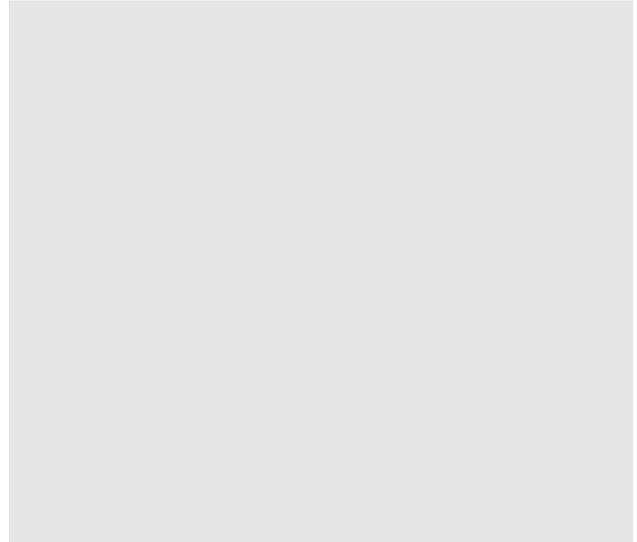
Die Rohdaten werden während der Messfahrt auf einem elektronischen Datenträger abgespeichert und anschliessend im Büro ausgewertet (Bericht mit Tabellen, Graphiken und Statistik). Die ausgewerteten Messdaten können auf eine elektronische Datenbank übertragen werden.

Kosten: Angabe ist z.Z. noch nicht möglich (Messfahrzeug ab 1992 in der Schweiz im Einsatz).

Beurteilung

Schnelles Aufnahmegerät für die streckenweise Ermittlung der Griffigkeitsverhältnisse gleichzeitig in beiden Radspuren ohne Verkehrsbehinderung. Der grosse Wassertank (bis 4000 l) erlaubt eine hohe Messleistung.

Für die Auswertung der Messresultate sind pro Messtag ca. 1 bis 3 Arbeitstage erforderlich.



SRM, Messrad

Literatur

1. VSS: SN 640 510b, Griffigkeit, Messverfahren; 1986.
2. VSS: SN 640 925, Zustandserfassung und Bewertung von Strassen; 1990.
3. Institut für Verkehrsplanung, Transporttechnik, Strassen- und Eisenbahnbau ETHZ: Interne Dokumentation.

Persönliche Notizen:

4 Leitungsnetze

Leitungsnetze, Definition und Abgrenzung	131
4.1 Untersuchungsmethodik für Leitungsnetze	132
4.2 Übersicht über Untersuchungstechniken	135
4.3 Datenblätter zu Untersuchungstechniken	143

Hinweis:

Weitere Informationen zur Untersuchung von Ingenieurbauwerken innerhalb von Leitungsnetzen (Sonderbauwerke, Reservoirs, Verteilanlagen, etc.) finden Sie im Kapitel 2, Ingenieurbauwerke

Bei der Untersuchung von Leitungsnetzen sind immer die entsprechenden Gesetze, Vorschriften und Richtlinien der verantwortlichen Verbände und Institutionen (ESTI, ERI, SEV, PTT, EW, SVGW, etc.) zu berücksichtigen. Der die Arbeiten koordinierende und leitende Ingenieur ist für die Beachtung aller einschlägigen Vorschriften verantwortlich.

Persönliche Notizen:

Leitungsnetze, Definition und Abgrenzung

Der Begriff "Leitungsnetze" wird im Rahmen dieses Handbuches für unterirdisch verlegte Leitungen ausserhalb von Gebäuden verwendet. Leitungsnetze dienen der Ver- und Entsorgung, bilden deshalb weitverzweigte, unterirdische Netze. Bei ihrer Realisierung sind in der Regel eine begrenzte Anzahl von Beteiligten involviert. Die Projektierung und Ausführung von Leitungsnetzen ist stark standardisiert. Es sind bestehende Gesetze sowie Vorschriften und Richtlinien verschiedener Organe zu beachten. Leitungsnetze sind durch den Betrieb einer unterschiedlichen Abnutzung ausgesetzt. Ihre Lebensdauer ist jedoch, abgesehen von Erweiterungsansprüchen, die sich aufgrund gesteigener Nachfrage ergeben, mit derjenigen von Ingenieurbauwerken (50 - 100 Jahre) vergleichbar. Bei der Erstellung oder der Erneuerung von Leitungsnetzen sind die eigentlichen Leitungskosten im Vergleich zu den Kosten für die Grabarbeiten und die Wiederherstellung der Oberfläche in der Regel gering. Für Betrieb und Erhaltung eines Leitungsnetzes ist im allgemeinen ein klar definierter Betreiber und Eigentümer verantwortlich. Eine Problematik entsteht aus der Situation, dass aus der benachbarten Lage verschiedener Leitungsnetze meist auf engem Raum mehrere Verantwortliche zuständig sind, deren Koordination oft Schwierigkeiten bereitet.

Für die Untersuchung sind Leitungsnetze nur schwer zugänglich. Zudem sind die Forderungen der Vermeidung von Nutzungseinschränkungen sowohl in Bezug auf die Nutzung des Leitungsnetzes als auch der oft im Bereich der Leitungsnetze vorhandenen Verkehrsflächen zu berücksichtigen.

Im Handbuch werden Hinweise zur Untersuchung von Kanalisations-, Wasserversorgungs- und Gassorgungsnetzen (begrenzt auf nicht kathodisch geschützte Leitungen) gegeben. In Anbetracht der Vielzahl der vorhandenen Netze (weitere z.B.: Fernheizungsnetze, Stromversorgungsnetze, Telefonnetze, Kabelnetze für Radio- und Fernsehen, Erdungsanlagen, etc.) war eine Beschränkung unumgänglich. Die im Handbuch behandelten Netze stellen ein beträchtliches Investitionsvolumen dar, das sich auf eine grosse Zahl stark unterschiedlich organisierter Bauherren (Gemeinden, Werke, Zweckverbände, etc.) verteilt. Für die Bewältigung der Erhaltung (Überwachung, Unterhalt/Instandhaltung, Erneuerung) dieser Netze kommen zudem häufiger als bei anderen Netzen private Ingenieurbüros zum Einsatz.

4.1 Untersuchungsmethodik für Leitungsnetze

Einleitung

Erdverlegte Rohrnetze dienen dem Transport von Gasen und Flüssigkeiten und bilden zusammen mit anderen Infrastruktureinrichtungen einen wichtigen Bestandteil unseres Lebens. Eine sichere Versorgung von Industrie, Haushalt und Gewerbe in stets ausreichender Menge, einwandfreier Beschaffenheit und mit dem erforderlichen Betriebsdruck setzt einen optimalen Zustand der Verteilanlagen voraus. Eine regelmässige und gezielte Überwachung der Leitungsnetze ist daher in allen Versorgungsunternehmen wichtig.

Verluste

Erdverlegte Rohrnetze sind der direkten Betrachtung entzogen. Die Lebensdauer der Anlagen wird mit ca. 50 - 80 Jahren geplant.

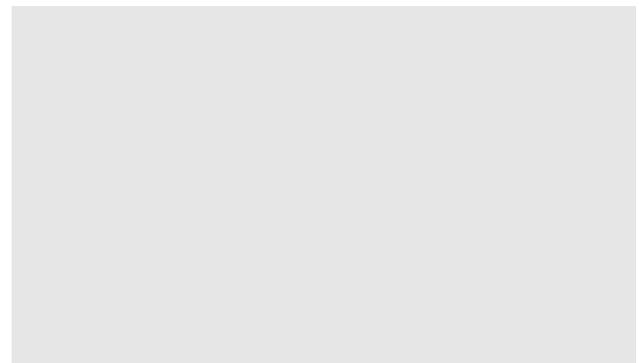
Aufgrund von verschiedenen Einflüssen wie Alter, Korrosion, vagabundierende Ströme, organische oder galvanische Verbindungen, Senkungen und Spannungen, etc. werden Rohrnetze undicht.

Solche Lecks und die damit verbundenen Verluste sind unvermeidbar. Ihre laufende Minimierung ist jedoch allein schon aus Gründen der allgemeinen Sicherheit, der Versorgungssicherheit und der Sorgfaltspflicht geboten. Die wirtschaftliche und ökologische Bedeutung der Verlustbekämpfung ist heute wichtiger denn je. Wasser als Lebensmittel steht in beschränkter Menge zur Verfügung und kann nicht vermehrt werden. Gasverluste stellen primär ein Sicherheitsproblem dar, sind jedoch auch aus ökologischen Gründen (Methan trägt in hohem Masse zum Treibhauseffekt bei) zu vermeiden. Bei umweltgefährdenden Stoffen (Gase oder Flüssigkeiten) steht der Schutz der Umwelt im Vordergrund. Die geltenden Anforderungen sind auf diese Gefahr ausgerichtet.

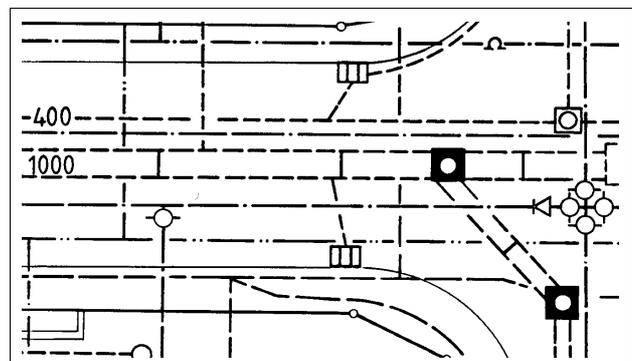
Problematik der Verlustortung

Eine Vielzahl von Verfahren zur Erkennung und Ortung von Schadenstellen ist bekannt und wird mit unterschiedlichem Erfolg eingesetzt. Grosse, plötzlich auftretende Verluste werden meistens schnell erkannt und behoben. Kleine und mittlere Verluste werden nur bei generellen Leckuntersuchungen oder durch Meldungen festgestellt. Für die Untersuchung der verschiedenen Leitungsnetze kommen ähnliche Untersuchungstechniken zur Anwendung. Infolge der heute möglichen Mi-

Der Beitrag "Untersuchungsmethodik für Leitungsnetze" befasst sich primär mit Wasser- und Niederdruckgasversorgungsnetzen. Die Ausführungen gelten auch für erdverlegte Rohrnetze, die dem Transport von anderen umweltgefährdenden Gasen und Flüssigkeiten dienen, wobei die entsprechend höheren Anforderungen zu berücksichtigen sind. Kanalisationsnetze werden im Unterschied zu den oben genannten Rohrnetzen in der Regel nicht unter Druck betrieben, aus verschiedenen Gründen kommen zudem auch andere Rohrmaterialien zur Anwendung. Die Überwachung von Kanalisationsleitungen erfolgt heute praktisch ausschliesslich mit Hilfe der Kanalfernsehtechnik oder durch Begehung. Das Datenblatt "Kanalfernsehen" (→ S. 146) enthält deshalb ausführliche Angaben zur Untersuchung von Kanalisationsnetzen.



Erdverlegte Rohrleitungen sind schwer zugänglich



Aktuelle Leitungspläne sind eine primäre Voraussetzung für alle Erhaltungsmassnahmen

niaturisierung der elektronischen Bauteile werden die Möglichkeiten zur Untersuchung von Leitungsnetzen mit intelligenten Molchen in Zukunft generell eine Ausdehnung erfahren.

Leitungsnetzanalyse

Systematische Leitungsnetzuntersuchungen auf Verluste sind eine Voraussetzung für die wirksame Verlustbeseitigung. Die Grobanalyse, umfassend die globale Ermittlung von Regelabweichungen gegenüber der Betriebsstatistik innerhalb einzelner Verbrauchszonen, ist der erste Schritt. Stehen nur unzureichende Überwachungsanlagen in den Versorgungsunternehmen zur Verfügung, sollten diese geplant und verwirklicht werden. Der weitere Schritt zur schnellen Erkennung des Schadenortes ist die Einrichtung von sogenannten permanenten Messstellen, mit denen es möglich wird, die festgestellten Verluste auf ein bestimmtes Gebiet einzugrenzen. Die anschließende Feinanalyse mit Nullverbrauchsmessung kann dann schnell und präzise durchgeführt werden. Bei Gasleitungen kommt dabei der Detektion von Austrittsstellen mit Hilfe von "Gasschnüfflern" (Gasspürgeräte) eine grosse Bedeutung zu.

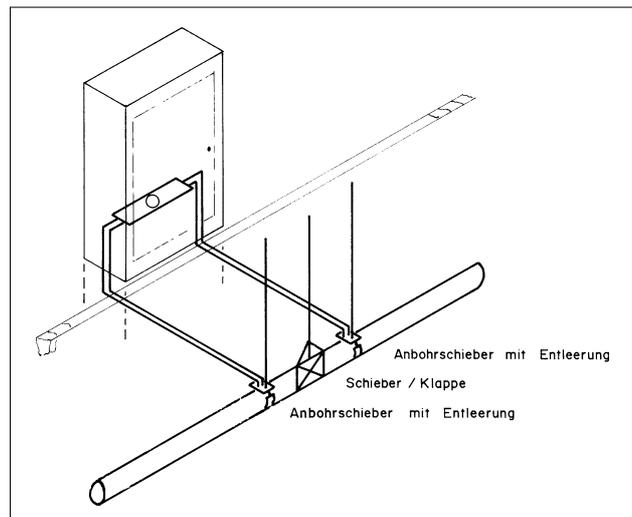
Bei der Überwachung von erdverlegten Leitungsnetzen ist neben der Schadenlokalisierung immer auch der Ermittlung der Schadenursache grosse Beachtung zu schenken. Viele Schäden sind auf Korrosionsvorgänge (vgl. "Korrosion bei Leitungsnetzen" → S. 164) zurückzuführen, die ihre Ursache im Baugrund (ungünstige elektrochemische Verhältnisse) oder anderen Randbedingungen in der Nähe der Leitung (Streuströme, Makroelementbildung mit Stahlbetonstrukturen, etc.) haben. Zahlreiche Schäden (z.B. Setzungsschäden) sind auf die Baugrundverhältnisse zurückzuführen. Im Rahmen der Überwachung werden deshalb entsprechende Untersuchungen durchgeführt (z.B. Baugrundsondierungen, Leitfähigkeitsmessungen im Baugrund, Messungen der Streuströme und der Korrosionspotentiale, etc.).

Massnahmen bei der Planung

Bei der Neuplanung von Rohrnetzerweiterungen sollten alle vorbeugenden Massnahmen zur Verhinderung von Verlusten eingesetzt werden (vgl. "Neubau und Überwachung" → S. 169). Ein wesentlicher Beitrag dazu kann von den Versorgungsunternehmen beigetragen werden. Mit Hilfe von Verbrauchsbilanzen, Rohrnetzdokumentationen und Schadendateien können Schwachstellen im System analysiert werden.

Jahr	Quelle- wasser 1000 m ³	Grund- wasser 1000 m ³	Total in 1000 m ³	Verkauf in 1000 m ³	Verlust in 1000 m ³
1983	255	171	426	290	136
1984	380	190	470	329	141
1985	300	205	505	375	130
1986	310	120	430	336	94
1987	344	230	574	414	160
1988	345	251	596	477	119
1989	305	178	483	411	72
1990	310	295	605	527	78

Die Betriebsstatistik ist eine weitere wichtige Grundlage für die Verlustbekämpfung



Installation einer permanenten Messeinrichtung. Permanente Messeinrichtungen im Leitungsnetz liefern ergänzende Grundlagen für die Grobanalyse

Persönliche Notizen:

4.2 Übersicht über Untersuchungstechniken

Informationen für den Benutzer der Übersichtstabellen	137
Verzeichnis der Übersichtstabellen: Kanalisationsleitungen (≥ 800 mm)	138
Kanalisationsleitungen (< 800 mm)	139
Wasserleitungsnetze	140
Gasleitungsnetze	141

Bei der Untersuchung von Leitungsnetzen sind immer die entsprechenden Gesetze, Vorschriften und Richtlinien der verantwortlichen Verbände und Institutionen (ESTI, ERI, PTT, SEV, EW, SVGW, etc.) zu berücksichtigen. Der die Arbeiten koordinierende und leitende Ingenieur ist für die Beachtung aller einschlägigen Vorschriften verantwortlich.

Persönliche Notizen:

Informationen für den Benutzer der Übersichtstabellen

Die Tabellen geben eine Übersicht über die Untersuchungstechniken, die für die Untersuchung eines bestimmten Bauteiles oder Baustoffes zu Hilfe genommen werden können. Es wurde versucht, möglichst alle als praxistauglich eingestuftem Untersuchungsmethoden zu berücksichtigen. In einzelnen Fällen werden aber auch Untersuchungstechniken aufgeführt, die nur beschränkt als praxistauglich beurteilt werden können. Aus den Tabellen ist zudem ersichtlich, ob und wo allenfalls weitere Angaben zu einer Untersuchungstechnik im Handbuch gefunden werden können.

Hinweis auf Datenblätter

Untersuchungstechniken, die im Teil "Datenblätter" noch eingehender beschrieben werden, sind in der Übersicht **unterstrichen**. Hinter der Untersuchungstechnik ist der Hinweis eingefügt (→), auf welcher Seite das Datenblatt zu finden ist.

Einfache Untersuchungstechniken

Untersuchungstechniken, die mit wenig Aufwand, oft schon im Rahmen einer ersten visuellen Untersuchung durch den Ingenieur selbst eingesetzt werden können, sind in der Übersicht durch **Fettdruck** hervorgehoben.

Laboruntersuchungen

Untersuchungen, die in der Regel im Labor und durch entsprechende Fachleute ausgeführt werden, sind in der Übersicht in **Kursivschrift** dargestellt. Diese Untersuchungen sind fast immer zerstörend, weil für die Laboruntersuchung in der Regel eine Probe aus dem Bauwerk entnommen werden muss.

Beschränkt praxistaugliche Untersuchungstechniken

Untersuchungstechniken, die in der Übersicht in **Klammern** gesetzt sind, werden als nur beschränkt praxistauglich eingestuft. Diese Untersuchungen sind in der Regel mit relativ grossem Aufwand verbunden, zudem ist die Interpretation der Resultate sehr anspruchsvoll. In speziellen Fällen können solche Untersuchungstechniken jedoch zu einer besseren Beurteilung beitragen.

Untersuchungsobjekt:

Kanalisationsleitungen (begebar, $\varnothing \geq 800$ mm)

Zielgrösse	Untersuchungstechnik	
	zerstörungsfreie	zerstörende [Eingriff ins Bauwerk]
Rohrschäden	Begehung/Augenschein → S. 148 Färbversuch	
Fugenschäden	Begehung/Augenschein → S. 148 Färbversuch	
Ablagerungen	Begehung/Augenschein → S. 148	
Anschlüsse	Begehung/Augenschein → S. 148 <u>Kanalfernsehen</u> ¹⁾ → S. 146 Einspülen	
Dichtigkeit	Begehung/Augenschein → S. 148 Druckprüfung ²⁾ Färbversuch Doppelpacker	
Deformationen	Nivellement Schlauchwaage Inklinometer Profilmessung	

1) Allgemeine Bedingungen und Leistungsverzeichnis für Kanalfernseh-Untersuchungen, VSA, 1986, (z.Z. in Überarbeitung).

2) SIA 190, Kanalisation

Untersuchungsobjekt:

Kanalisationsleitungen (nicht begehbar, $\varnothing < 800$ mm, Freispiegel)

Zielgrösse	Untersuchungstechnik	
	zerstörungsfreie	zerstörende [Eingriff ins Bauwerk]
Rohrschäden	<u>Kanalfernsehen</u> ¹⁾ → S. 146 Kanalroboter Färbversuch	
Fugenschäden	<u>Kanalfernsehen</u> ¹⁾ → S. 146 Molch (Kalibrierung) Färbversuch	
Ablagerungen	<u>Kanalfernsehen</u> ¹⁾ → S. 146 Kanalspiegel	
Anschlüsse	<u>Kanalfernsehen</u> ¹⁾ → S. 146 Einspülen	Kanalfernsehen [Sondierschlitz] ¹⁾
Dichtigkeit	Druckprüfung ²⁾ Doppelkammermolch Färbversuch Doppelpacker	

1) Allgemeine Bedingungen und Leistungsverzeichnis für Kanalfernseh-Untersuchungen, VSA, 1986, (z.Z. in Überarbeitung).

2) SIA 190, Kanalisation

Kanalisationsleitungen, die unter Druck betrieben werden, können mit den bekannten Mitteln nur begrenzt untersucht werden.

Untersuchungsobjekt:

Wasserleitungsnetze

Zielgrösse	Untersuchungstechnik zerstörungsfreie
Leckanalyse	<u>Nachtverbrauchsmessung</u> → S. 150 <u>Grossraumsektorenmessung</u> ¹⁾ → S. 152 <u>Sektoreinspeisung</u> → S. 154 <u>Nullverbrauchsmessung</u> → S. 154 <u>Druckeinspeiseverfahren</u> → S. 154 <u>Akustische Verlustkontrolle</u> → S. 156 <u>Akustische Übergrundabhorchung</u> → S. 158 <u>Akustische-Korrelationsverfahren</u> → S. 160 Druckänderungsverfahren Durchflussänderungsverfahren Durchflussänderung mit Korrelation Fördermengenvergleich ¹⁾ Druckwellenverfahren ¹⁾ Molchverfahren ¹⁾ Druckprüfung Zuflussmessung-Streubreiteverfahren
Leckortung	<u>Akustische-Übergrundabhorchung</u> → S. 158 <u>Akustisches Korrelationsverfahren</u> → S. 160 Volumenbestimmung Lufteinspeisemethode Gaseinspeiseverfahren (Träger/Helium) Molchverfahren-Druckabfall ¹⁾ Molch mit Hydrophon und Registrierung ¹⁾
Rohrzustand Korrosion	intelligente Molchverfahren ¹⁾ Potentialmessung ²⁾ Kanalfernsehen Bodenuntersuchungen
Rohrzustand Verformungen	Kalibrier-Molchverfahren ¹⁾ Bodenuntersuchungen

1) Eingriffe sind abhängig von Art der Ausführung des betreffenden Netzabschnittes (Anschlüsse, Einführöffnungen für Geräte, etc.)

2) bei metallischen Leitungen

Hinweise zum Problem der Korrosion bei Leitungsnetzen aus metallischen Werkstoffen finden Sie im Datenblatt "**Korrosion bei Leitungsnetzen**" → S. 164

Untersuchungsobjekt:

Gasleitungsnetze (Niederdruck)

Bei den in der Tabelle behandelten Gasleitungsnetzen handelt es sich um Niederdrucknetze der Feinverteilung, die ohne Kathodenschutz ausgeführt werden.

Zielgrösse	Untersuchungstechnik zerstörungsfreie
Leckanalyse	Verbrauchsmessungen (es können je nach Ausrüstung des Netzes ähnliche Verfahren wie bei den Wasserleitungsnetzen angewendet werden: <u>Nachtverbrauchsmessung</u> → S. 150, <u>Grossraumsektorenmessung</u> → S. 152, etc.) Druckprüfung Molchverfahren
Leckortung	<u>Akustische Verlustkontrolle</u> → S. 156 <u>Gasspürung mit Bohrlochmethode</u> → S. 162 <u>Gasspürung mit Ansaugsonde, Leakplotter</u> → S. 162
Rohrzustand Korrosion	intelligente Molche Potentialmessung ¹⁾ Augenschein [aufgraben] Bodenuntersuchungen
Rohrzustand Verformung	Spezialmessmolche Radiographie Ultraschall Bodenuntersuchung Biegeversuch [Rohrteil ausbauen]

1) bei metallischen Leitungen

Hinweise zum Problem der Korrosion bei Leitungsnetzen aus metallischen Werkstoffen finden Sie im Datenblatt "**Korrosion bei Leitungsnetzen**" → S. 164

Persönliche Notizen:

4.3 Datenblätter zu Untersuchungstechniken

Informationen für den Benutzer der Datenblätter	145
Verzeichnis der Datenblätter:	
Kanalisationsnetze:	
Kanalfernsehen	146
Begehung von Kanälen $\varnothing > 800$ mm	148
Wasserversorgungsnetze:	
Nachtverbrauchsmessung	150
Grossraumsektorenmessung	152
Sektoreinspeiseverfahren mit Bypass	154
Druckeinspeiseverfahren, Nullverbrauchsmessung	154
Akustische Verlustkontrolle	156
Akustische Übergrundabhorchung	158
Akustisches Korrelationsverfahren	160
Gasleitungsnetze	
Gasspürmethoden zur Leckortung	162
Korrosion bei Leitungsnetzen	164

Bei der Untersuchung von Leitungsnetzen sind immer die entsprechenden Gesetze, Vorschriften und Richtlinien der verantwortlichen Verbände und Institutionen (ESTI, ERI, SEV, PTT, EW, SVGW, etc.) zu berücksichtigen. Der die Arbeiten koordinierende und leitende Ingenieur ist für die Beachtung aller einschlägigen Vorschriften verantwortlich.

Persönliche Notizen:

Informationen für den Benutzer der Datenblätter

Die Datenblätter sind mit wenigen Ausnahmen nach dem gleichen Schema aufgebaut. Damit soll dem Benutzer die Suche nach der gewünschten Information möglichst erleichtert werden. Die Erläuterung der verwendeten Stichworte finden Sie nachfolgend auf dieser Seite. Diese dienen als grobe Richtschnur bei der Zusammenstellung der Angaben. *Die aufgeführten Informationen sind nicht als Gebrauchsanweisung für die Anwendung einer Untersuchungstechnik oder den Einsatz eines Gerätes gedacht.* Die Informationen können jedoch dem mit einer Bauwerksuntersuchung beauftragten Ingenieur helfen, die richtigen "Werkzeuge" zu finden. Bei Zuzug eines Spezialisten enthalten die Datenblätter soviel grundlegende Informationen, wie für den koordinierenden Ingenieur als Gesprächspartner des Spezialisten erforderlich ist.

Allgemeine Informationen

Ist das Verfahren normiert?
Zerstörungsfrei/zerstörend?
Prüfung am Bauwerk/im Labor

Anwendung

Baustoffe
Bauteile
Bauwerksarten

Zielgrößen

Über welche Zielgrößen werden Informationen gewonnen?
Sind dies direkte oder indirekte Informationen? Sind die Informationen qualitativ oder quantitativ (Genauigkeit), punktförmig oder flächenhaft?

Messprinzip

Beschreibung des Messprinzipes. Welches sind die Messresultate, welches die Einflussfaktoren?

Interpretation

Wie gelangt man vom Messresultat zur Zielgröße?
Aufwand, Eindeutigkeit der Interpretation.
Gefahr einer Fehlinterpretation.
Reproduzierbarkeit, Streuung.

Arbeitsablauf

(Geräteanwendung und Kosten)

Ausrüstung, Geräte, Messequipe, Anforderungen an die Messequipe?
Wasser- bzw. Stromanschluss erforderlich?
Weitere Randbedingungen bezüglich Witterung, Zugänglichkeit, etc.?

Beschreibung des Ablaufes (Vorbereitungsarbeiten, Geräteanwendung, Auswertung, etc.) und allfälliger Betriebsstörungen.

Kosten (Größenordnung)

Beurteilung

Anwendungsbereich?
Leistungsgrenzen?
Zeitbedarf bis zum Vorliegen der Resultate?
Begleitende Prüfungen erforderlich?
Folgeuntersuchungen zur Präzisierung der Resultate?
Nutzen/Aufwand-Verhältnis?

Literatur

Ergänzende Hinweise auf wichtigste weiterführende Literatur.

Kanalfernsehen

Allgemeine Informationen

Für die Untersuchung von Kanälen mit dem Kanalfernsehen hat der VSA ein Leistungsverzeichnis mit allgemeinen Anforderungen ausgearbeitet.

Anwendung

Das Kanalfernsehen wird eingesetzt für die Untersuchung von Kanalrohren \varnothing 200 - 700 mm und von Hausanschlüssen \varnothing 100 - 300 mm.

Die Anwendung ist für alle bei Kanalisationen verwendeten Rohrmaterialien möglich.

Zielgrößen

Mit dem Kanalfernsehen gewinnt der Untersuchende Einblick in einen untersuchten Kanalisationsabschnitt. Aufgrund der Aufnahmen kann der Zustand des Abschnittes bewertet werden, es können insbesondere folgende Schäden ermittelt werden:

- Mechanische Schäden
- Wurzeleinwachsungen
- undichte Stellen
- vorstehende oder schlecht eingeführte Einläufe

Messprinzip/Interpretation

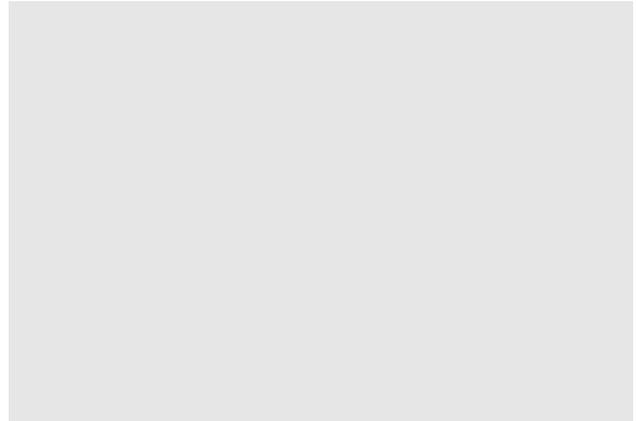
Die Kanalfernsehausrüstung ist aufgebaut aus einer Videokamera, die auf einem fahrbaren Schlitten montiert ist. Die Kamera kann sich auf diesem Schlitten ferngesteuert im Kanal bewegen. Kamera, Objektiv und Schlitten müssen je nach Kanaldurchmesser gewählt werden. Die Aufnahmen werden auf Magnetband aufgenommen, so ist jederzeit ein Vergleich mit dem früheren Zustand des Kanalabschnittes möglich. Eine erste Auswertung kann auf Monitoren direkt im Aufnahme- und Steuerwagen vorgenommen werden. Die Lokalisierung von Vorkommnissen ist auf ca. \pm 20 cm möglich.

Arbeitsablauf

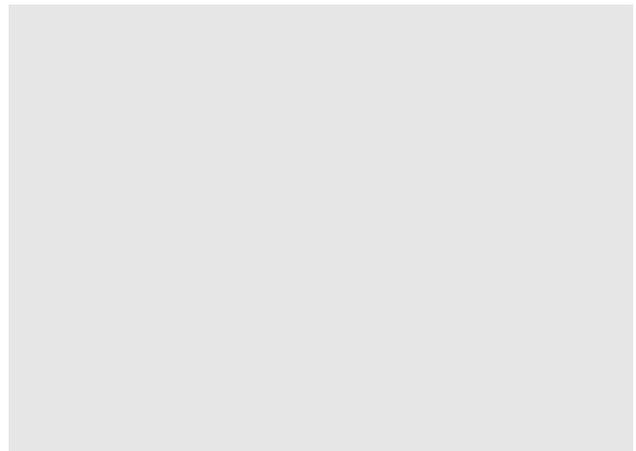
(Geräteanwendung und Kosten)

Eine detaillierte Aufstellung der Ausrüstung eines Kanalfernsehewagens ist in den "Allgemeinen Bedingungen und Leistungsverzeichnis für Kanalfernseh-Untersuchungen" des VSA enthalten. Infolge der erforderlichen Spezialausrüstung ist für Kanalfernsehuntersuchungen eine spezialisierte und entsprechend ausgerüstete Firma beizuziehen.

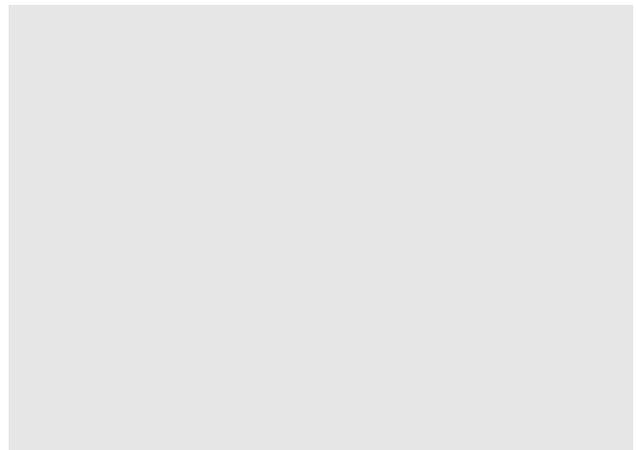
Die Anforderungen (Lit. 1) verlangen eine Länge des Kamerakabels von mindestens 180 m. Zur Identifizierung der Aufnahmen werden Untersuchungsdatum, Objektbezeichnung, Distanz und Fotonummer obligatorisch, Rohrdurchmesser



Kanalfernsehfahrzeug



Kanalfernsehfahrzeuge im Einsatz



Blick ins Innere eines Kanalfernsehfahrzeuges

und Längsgefälle fakultativ in die Aufzeichnung eingeblendet. Zur Festhaltung von Schäden und speziellen Vorkommnissen wird eine fest installierte Kamera verwendet, mit der Aufnahmen direkt ab dem Monitor gemacht werden können. Der Messwagen muss über eine eigene Stromversorgung verfügen.

Eine Untersuchung mit dem Kanalfernsehen muss sorgfältig vorbereitet werden:

- Planunterlagen zusammenstellen
- Kanalreinigung vor Untersuchung
- Protokollführung

Die Auswertung erfolgt durch einen Spezialisten oder einen Gemeindeingenieur.

Als Offertgrundlage werden die Bedingungen des VSA empfohlen (vergleichbare Angebote!). Die reinen Untersuchungskosten betragen pro Einsatzstunde ca. Fr. 130.- bis 170.-. Die Tagesleistung variiert je nach Verhältnissen zwischen 600 bis 1200 Leitungsmetern.

Beurteilung

Die Untersuchung mit Kanalfernsehen ist vielfach die einzige Methode Kanalisationsleitungen auf ihren Zustand zu untersuchen. Die Methode ist bewährt und bringt bei Verwendung der richtigen Ausrüstung und Einsatz durch erfahrene Spezialisten gute Resultate. Die Beurteilung der Aufnahmen erfordert geschulte Spezialisten oder Ingenieure. Die Auswertung sollte nur im Ausnahmefall durch die Aufnahmefirma erfolgen.

Die vorliegenden Untersuchungsberichte und Videoaufzeichnungen müssen bei der Beurteilung durch den Ingenieur in verschiedene Gruppen eingeteilt werden, aus denen die Dringlichkeit des Ersatzes hervorgeht.

Unter Umständen können begleitende Prüfungen des Baugrundes, des Rohrmateriales und anderer Parameter die Auswertung beeinflussen.

- Einlauf
- Muffe
- Fuge
- Wandung
- Riss
- Loch
- Scherbe
- Senkung
- Kurve
- Rückstau

- links
- Scheitel
- Sohle
- rechts

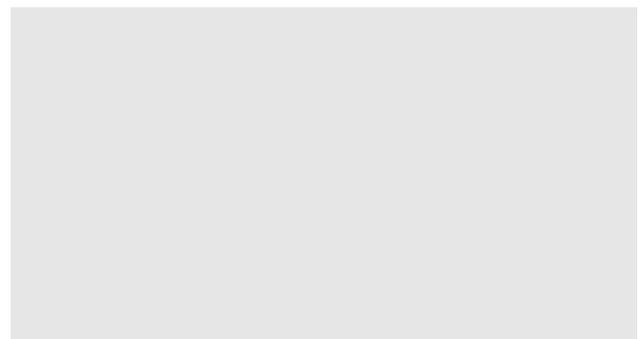
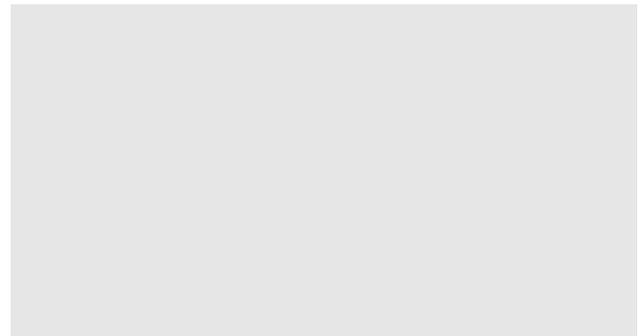
- längs
- quer
- leicht
- stark

- versetzt
- geöffnet
- vorstehend
- schlecht eingeführt
- schlecht verputzt
- nicht verputzt
- ausgewaschen
- ausgefressen
- ausgebrochen
- verkalkt
- verrostet

- Wurzel
- Wassereinbruch
- Armierung
- Anker
- sichtbar

- TV-Abbruch

Merkmale aus einem Aufnahmebericht



Mit dem Kanalfernsehen aufgenommene Bilder

Literatur

1. VSA: Allgemeine Bedingungen und Leistungsverzeichnis für Kanalfernseh - Untersuchungen; 1986 (befindet sich z.Z. in Überarbeitung).
2. Stein D., Niederehe W.: Instandhaltung von Kanalisationen; Ernst & Sohn, Berlin, 1987.

Begehung von Kanälen $\varnothing \geq 800 \text{ mm}$

Allgemeine Informationen

Kanäle ab einem Durchmesser von 800 mm werden als begehrbar bezeichnet. Die Inspektion erfolgt durch eine Begehung.

Anwendung

Die Inspektion durch Begehung kommt bei allen für Kanalisationen verwendeten Rohrmaterialien in Frage.

Zielgrößen

Zielgrößen und Bewertung analog Kanalfernsehen.

Messprinzip/Interpretation

Die Lokalisierung der Vorkommnisse erfolgt durch Einmessen mit dem Messband.
Zur genauen Überprüfung des Gefälles kann ein Nivellierlaser verwendet werden.

Arbeitsablauf

Bei der Kanalkontrolle durch Begehen müssen die gültigen Vorschriften der SUVA und des FES beachtet werden.

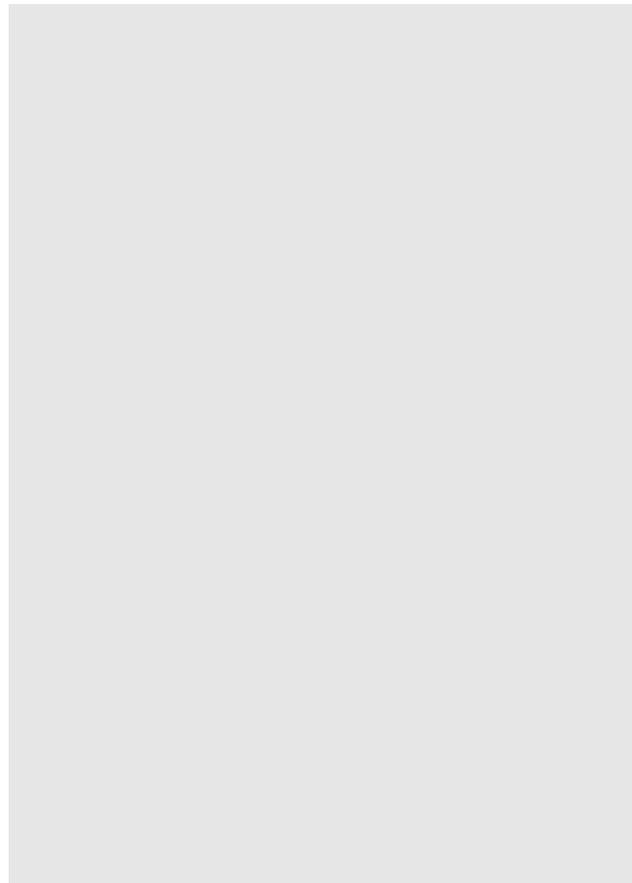
Auch eine Untersuchung durch Begehen bedarf einer guten Vorbereitung:

- Planunterlagen zusammenstellen
- Kanalreinigung durchführen
- Evtl. Kanalumleitung vornehmen (evtl. mit Pumpen)

Die Aufnahme und Rapportierung der Vorkommnisse erfolgt zweckmässigerweise mit Hilfe eines Tonbandgerätes. Die Aufnahmen werden im Büro auf Untersuchungsrapporte übertragen, ausgewertet und beurteilt.

Beurteilung

Bemerkungen wie Kanalfernsehen



Kanalbegehung

Literatur

1. VSA: Richtlinie für den Unterhalt von Leitungen und Anlagen der Kanalisation und der Grundstückentwässerung (in Vorbereitung).

Persönliche Notizen:

Nachtverbrauchsmessung

Allgemeine Informationen

Für das Erkennen von Wasserverlusten dienen als Grobanalyse die statistischen Werte aus dem Vergleich von Wasserverbrauch und Verlustprozenten mit den Werten des Vorjahres.

Periodische Erfassungen des Nachtverbrauches zwischen 02.00 und 04.00 Uhr, aufgeteilt auf die einzelnen Versorgungszonen, ermöglichen das rasche Erkennen von Wasserverlusten und die Beurteilung des Erfolges nach ausgeführten Reparaturarbeiten.

Anwendung

In allen Wasserversorgungen anwendbar. Dort wo automatisch registrierende Messeinrichtungen fehlen, können periodische Einzelmessungen ausgeführt werden.

Zielgrößen

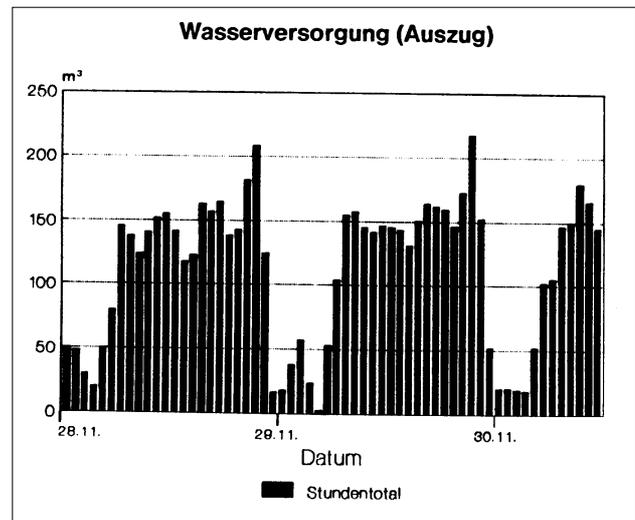
Grobverlustmessung in den einzelnen Versorgungszonen. Erkennen der Abweichungen vom normalen Nachtverbrauch unter Berücksichtigung der Wochentage, Saison und Nachtverbraucher.

Messprinzip/Interpretation

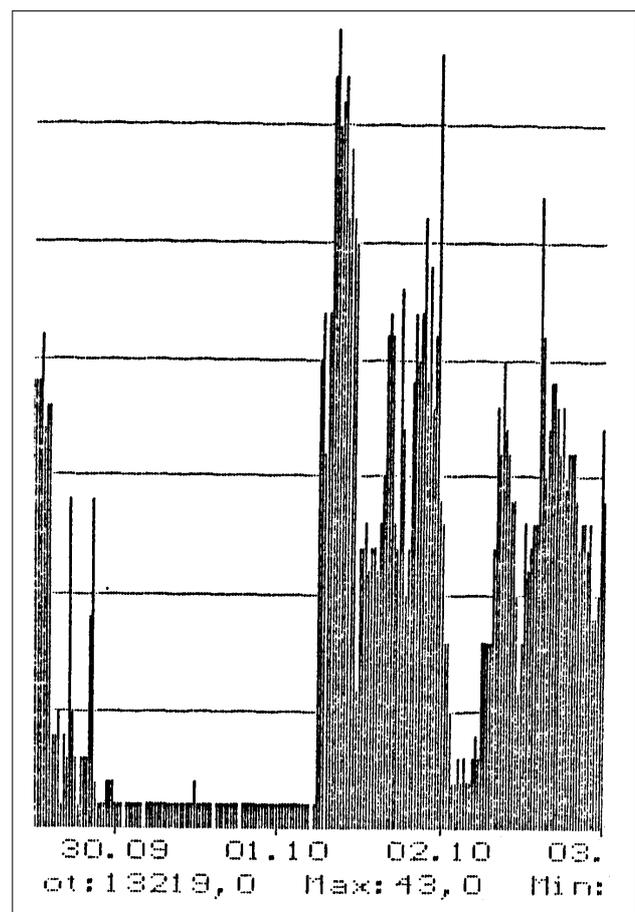
Automatische Fernwirkanlagen sollen so ausgelegt werden, dass für die Netzüberwachung Minimum und Maximum des Tagesverbrauches sowie der stündliche Nachtverbrauch in den einzelnen Versorgungszonen protokolliert werden können. Dort wo keine oder unzureichende Überwachungsanlagen vorhanden sind, sind die Verbrauchsdaten über die Behältervolumen oder speziell eingerichtete Messstellen zu erfassen.

Arbeitsablauf

Erfassen des Wasserverbrauches in den verbrauchsarmen Nachtstunden. Als ideale Messzeit sind die Stunden zwischen 02.00 und 4.00 Uhr anzusetzen. Messung der Behälterabsenkung alle 5 Minuten über Pegelrohr oder direkt ab Wasserspiegel. Gleichzeitig mit der Nachtverbrauchsmessung sind die Verbrauchswerte der Nachtverbraucher wie Industrien, Bäder, Spitäler, etc. zu erfassen.



Verbrauchsaufzeichnung Stundenwerte



Minutenwerte aus Nachtverbrauchsmessung

Beim Vorhandensein von Umgehungszählern im Reservoirkeller sind die momentanen Messwerte mit elektronischen Registriereinrichtungen oder Datensammelgeräten zu erfassen. Dabei sollten die Wasserzähler bei den Nachtverbrauchern ebenfalls mit mobilen Datenspeichergeräten bestückt werden.

Stetsverbraucher sollten nach Möglichkeit abgestellt werden. Andernfalls ist die genaue Verbrauchsmenge zu erfassen.

Auswertung

Die gemessenen Nachtverbrauchswerte werden mit dem Ist- und Sollwert aus früher ausgeführten, gleichen Messungen bei intaktem Rohrnetz verglichen.

Für die überschlägige Beurteilung der Verlustwerte soll der normale Nachtverbrauch nicht über 1% des mittleren Tagesverbrauches liegen. Bei Erstmessungen sind neben den Verbrauchsmessungen die Rohrnetzlänge, die Einwohnerzahl, die Einwohnerdichte, der mittlere Tagesbedarf in der Messzone sowie weitere zur Beurteilung notwendigen Gegebenheiten zu erfassen.

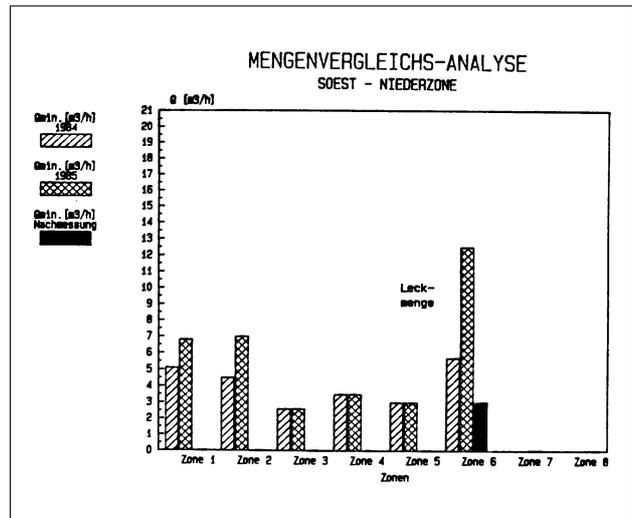
Je nach Einwohnerdichte kann der erfassten Gesamtspeisemenge 1 - 2 l/E h (pro Einwohner und Stunde) sowie pro Hauptleitungskilometer 90 - 120 l/h abgezogen werden.

Bei Momentanmesswerten in Gebieten bis ca. 2500 Einwohner ist der Minimaleinspeisung nur noch der Verlust pro Hauptleitungskilometer abzuziehen.

Wasserversorgungsnetze, die einen errechneten Verlustwert unter 2 - 3 l/min pro Hauptleitungskilometer aufweisen, sind in der Toleranz als verlustfrei zu betrachten.

Beurteilung

Die Nachtverbrauchsmessung ist eine aussagekräftige und einfach durchzuführende Untersuchungstechnik zum Erkennen von Wasserverlusten.



Mengenvergleichsanalyse

Literatur

1. Mutschmann J., Stimmelmayer F.: Taschenbuch der Wasserversorgungen; Achte Auflage, Stuttgart, 1983.

Grossraumsektorenmessung

Allgemeine Informationen

Grossraumsektormessungen dienen der genauen Erfassung und Erkennung von Wasserverlusten in eingerichteten absperrbaren Netzsektoren.

Bei Grossräumen handelt es sich um Netzgrössen von 5 - 20 km Hauptleitungslänge mit 2000 bis 3000 Einwohner.

Die Erfassung dieser Messwerte muss als Momentanwert oder in Minuten-Intervallen erfolgen. Dazu bedient man sich mobiler Messanlagen sowie festeingebauter Messstellen im Rohrnetz. Periodische Kontrollen und Messungen über 2 - 3 Nächte ermöglichen eine optimale Verlustkontrolle und Mengenvergleichsanalyse.

Anwendung

In allen Rohrnetzen mit zuvor bestimmten und überprüften Messektoren.

Zielgrössen

Schnelles Erfassen von plötzlich auftretenden Wasserverlusten ohne Meldung von Druckverlusten, Geräuschen oder sichtbarem Wasseraustritt an der Oberfläche.

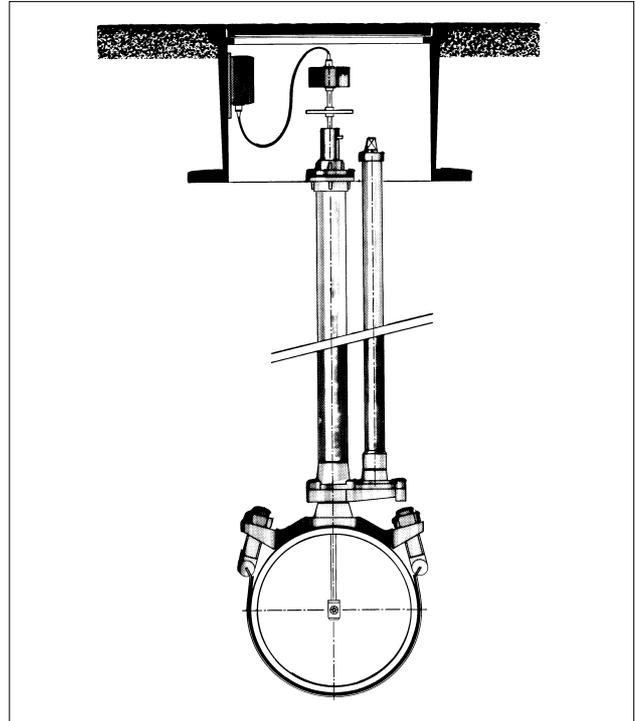
Verminderung von langen Lecklaufzeiten bei der Durchführung von periodischen Kontrollen.

Mengenvergleichsanalyse bei späteren Verlustmessungen.

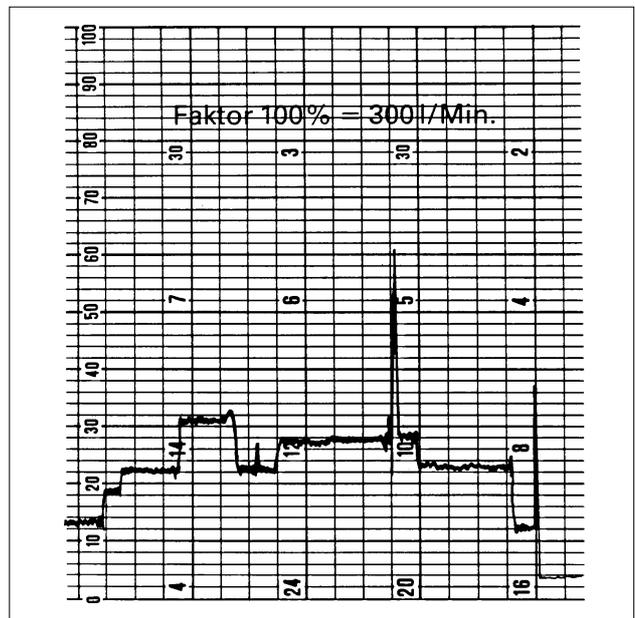
Messprinzip/Interpretation

Bei allen Messmethoden soll der exakte Wasserfluss in einer bestimmten Zeit als Mengeneinheit in l/min oder m³/h erfasst werden. Geeignet sind dazu festeingebaute Messstellen im Rohrnetz und in Schieberschächten sowie mobile Messanlagen.

Für die Durchführung der Messung wird aus einem Netzteil Wasser entnommen und über eine Messeinrichtung dem vom übrigen Netz abgetrennten Sektor zugeführt. Durch die so erstellte Messbrücke kann die gesamte Einspeisemenge in den Messbezirk erfasst und registriert werden. Anstelle von Aufzeichnungsgeräten und Datenloggern etc. kann bei entsprechender Infrastruktur die Messwertübertragung auch in die Betriebszentrale erfolgen.



Festeingebaute Messmechanik für Turbinenmessgerät



Momentanwert-Diagramm, Durchflussprotokoll als Messkurve aufgezeichnet.

Arbeitsablauf

Erarbeiten der Messzonen aufgrund eines gültigen Übersichtsplanes der Wasserversorgungsanlagen.

Erfassen der Gross- und Dauerverbraucher und der allgemeinen Versorgungseinrichtungen für Wasserförderung und Abgabe.

Überprüfen der Hauptschieber/Klappen auf Dichtigkeit in den gebildeten Grossmessbezirken.

Berechnen der minimalen und maximalen Nachtverbrauchsmengen und Einbau der Wassermess-einrichtung.

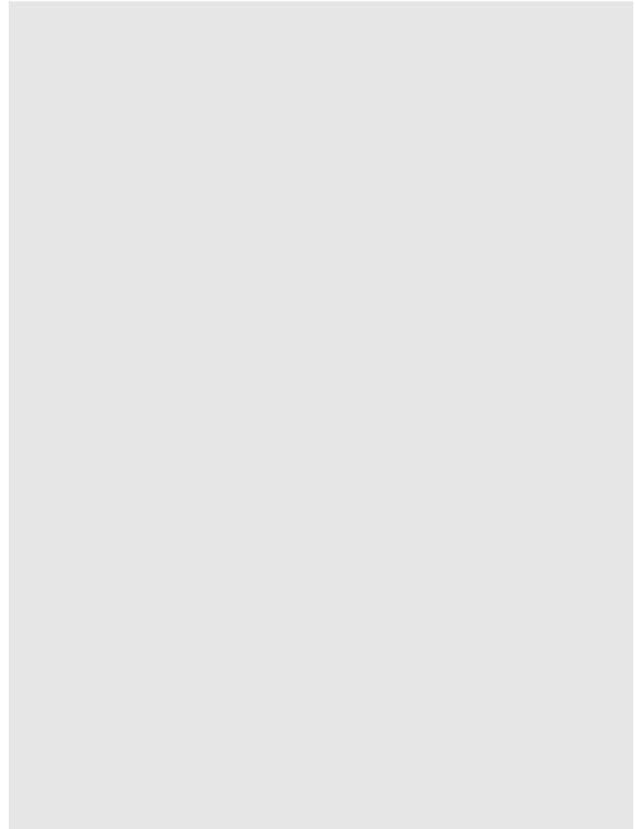
Die eigentlichen Messungen erfolgen je nach gewähltem Messsystem automatisiert, mit oder ohne Bedienungspersonal.

Alle Messdaten können vor Ort oder nachträglich mit Computerprogrammen ausgewertet und dokumentiert werden.

Beurteilung

Eingebaute oder vorbereitete Messstellen und Anschlüsse bilden die effizienteste Untersuchungsmöglichkeit für die periodische Überwachung und die rasche Aufspürung von grossen Wasserverlusten.

Durch das Installieren von mehreren Messstellen kann so in einem Arbeitsgang ein gesamtes Rohrnetz von bis zu 10'000 Einwohnern in einer Nacht untersucht werden.



Anordnung Messpass im Leitungsnetz

Literatur

1. Friedrich E.: Untersuchung des Wasserrohrnetzes der Stadt Düren auf Wasserverlust mittels Grossbezirkmessungen; DELIWA-Zeitschrift, Heft 1/83, p. 12-15.
2. Hoch W.: Zuflussmessungen und Zuflussauswertung nach dem Streubreiteverfahren; Verlag R. Oldenburg, München, 1987.

Sektoreinspeiseverfahren mit Bypass

Druckeinspeiseverfahren, Nullverbrauchsmessung

Allgemeine Informationen

Sektoreinspeisungen als Nullverbrauchsmessung bilden die eigentliche dritte Stufe der Verlustmessungen auf einem kleinst absperrbaren Rohrnetzteil.

Diese Technik wird vielfach auch direkt angewendet ohne vorhergehende Nachtverbrauchs- und Grossektorenmessungen.

Die Nullverbrauchsmessung ersetzt in den meisten Fällen die akustische Abhorchmethode, vor allem in Rohrnetzen mit zunehmendem Kunststoffanteil.

Für die Einspeisung in den vom übrigen Netz abgetrennten Rohrnetzteil stehen verschiedene Versorgungsarten zur Verfügung:

- Über eine Bypassleitung Entnahmehydrant - Einspeisehydrant.
- Über fest eingebaute Messstellen mit Volumen-, Induktions- oder Turbinenzähler.
- Über ein Tanklöschfahrzeug oder eine anderes speziell eingerichtetes Fahrzeug mit Wassertank und drehzahlregulierter Pumpe.

Bei allen Messarten wird der Momentanverbrauch erfasst und registriert.

Anwendung

In vermaschten Rohrnetzen mit allen vorkommenden Materialien und Druckstufen.

Als Druckeinspeiseverfahren besonders in druckschwachen Gebieten und Verästelungsnetzen geeignet, sowie zur Kontrolle des Leitungszustandes bei Druckumstellungen und Strassensanierung. Die quantitative Erfassung der Verlustgrösse ermöglicht eine entsprechende Einstufung zur Reparatur der Schadenstelle.

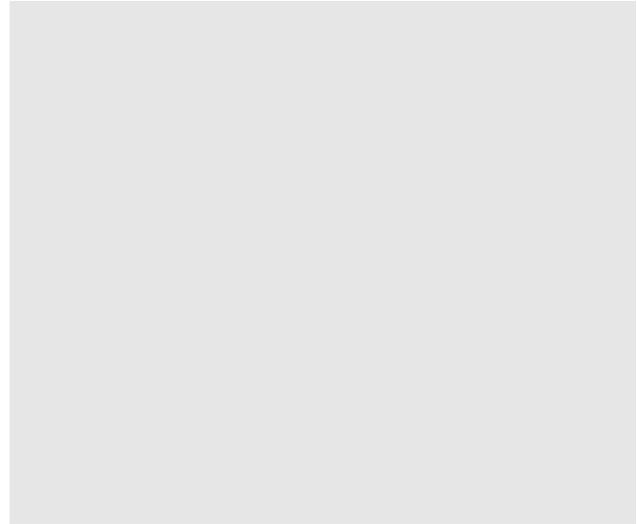
Zielgrößen

Erkennen der Verluststellen auf den kleinsten absperrbaren Rohrnetzabschnitten und genaues Messen der Verlustmenge.

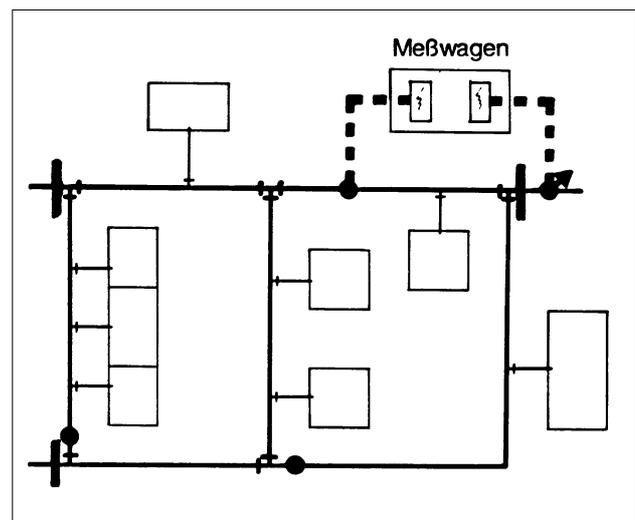
Messprinzip/Interpretation

Quantitative Erfassung von Verluststellen in abgetrennten Rohrnetzbezirken und Leitungsabschnitten.

Momentanauswertung der Verlustmengen auf den kleinst absperrbaren Netzbezirken.



Messgerät für Sektoreinspeisung



Messanordnung

Nachkontrolle der Messektoren nach Reparatur. Erstellen eines ausführlichen Schlussberichtes und Darstellung der Messbezirke und Messkurven. Speichern der Messdaten zum Vergleich mit nachfolgenden Messungen.

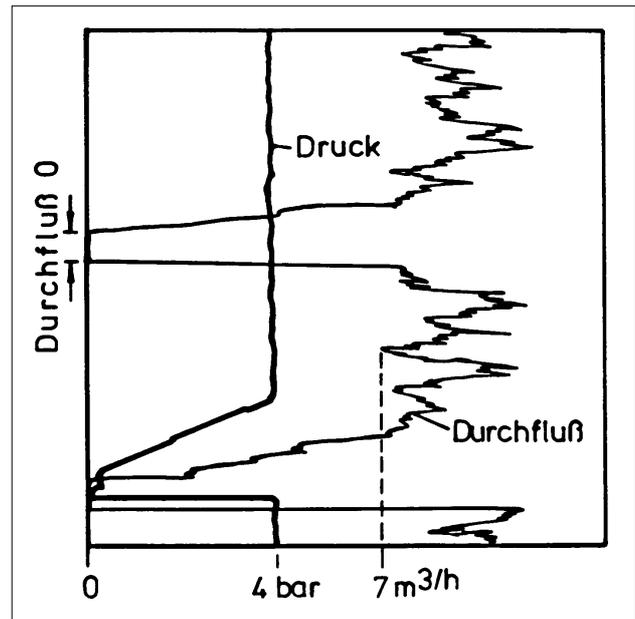
Arbeitsablauf

Das zu untersuchende Wasserrohrnetz wird unter Zuhilfenahme der Planunterlagen in absperrbare Gebiete unterteilt. Der Zufluss eines Gebietes wird mit einem Streckenschieber (oder Klappe) unterbrochen. Einem Hydranten vor dem Streckenschieber wird über eine Schlauchleitung Wasser entnommen und über eine mobile Messeinrichtung einem Hydranten hinter dem Streckenschieber zugeführt. Die Durchflussmenge und der Druck wird dabei im Momentanwert erfasst und kann sofort ausgewertet werden. Zeigt zum Beispiel die Kurve des Durchflussmengenmessers in einer bestimmten Zeitspanne ein oder mehrmals den Wert Null an, so kann davon ausgegangen werden, dass im untersuchten Gebiet kein Rohrbruch vorhanden ist. Wird hingegen die Situation "Nullverbrauch" nie erreicht, so sind entweder Wasserverluste oder Dauerverbraucher im Messbezirk vorhanden. Durch weiteres Absperrn ist nun das zu untersuchende Gebiet soweit zu verkleinern, dass der Verlust auf das kleinst absperrbare Rohrnetzteil beschränkt werden kann.

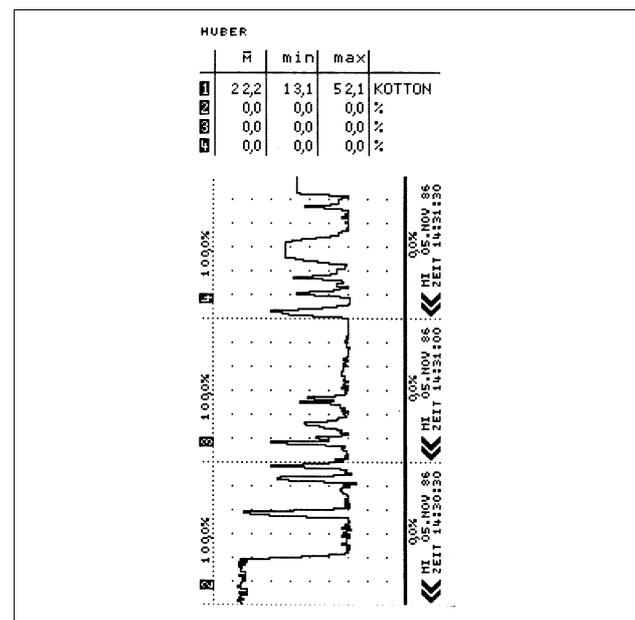
Alle aufgeführten Messmethoden beruhen auf dem gleichen Messprinzip. Beim Druckeinspeiseverfahren kann aufgrund der grossen Mobilität und der vielen Einspeisemöglichkeiten der Messbezirk meist kleiner gehalten werden. Ein zusätzliches Ausserbetriebnehmen von Anschlussleitungen bedingt durch die installierte Pumpenleistung ist möglich.

Beurteilung

Nullverbrauchsmessungen als Sektorenmessungen bilden die genaueste Untersuchungstechnik für die quantitative Verlusterkennung. In schlecht oder unzureichend gewarteten Rohrnetzen entstehen Probleme mit nicht dicht schliessenden Hauptschiebern und Klappen.



Momentanwertaufzeichnung von Druck und Durchfluss



Momentanwertaufzeichnung

Literatur

1. Hammerer M., Jäckle E.: Wasserverluste, Wasserrohrnetzüberwachung; 3 R international 1979, Heft 3/4.

Akustische Verlustkontrolle im Direktkontakt mit dem Rohrnetz

Allgemeine Informationen

Die akustische Rohrnetzüberprüfung, auch Abhören des Rohrnetzes genannt, ist eine einfache Untersuchungsmethode mit bescheidenem Geräteaufwand. Dabei ist zu beachten, dass für diese Methodik viel Erfahrung und ein speziell geschultes Ohr des "Horchers" notwendig ist.

In Versorgungsgebieten mit hoher Anschlussdichte und Armaturenanteil wird das Verfahren mit gutem Erfolg angewendet. Bedingt durch die verschiedenen Arten der Leckstellen kann jedoch eine Leckstelle auch unerkannt bleiben.

Anwendung

An allen metallischen Versorgungsnetzen anwendbar.

Vor allem für die rasche Kontrolle von kleineren Gesamtverlustmengen und der Kontrolle von Hausanschlussleitungen, Armaturen und Hydranten auf Leckverluste.

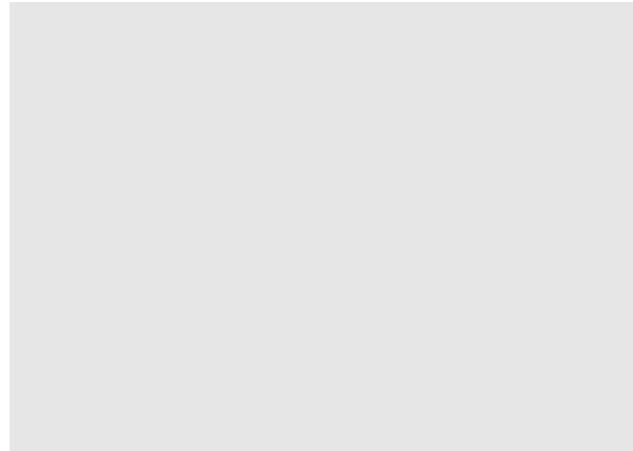
Nur in Versorgungsgebieten ab 3 bar zu empfehlen.

Zielgrößen

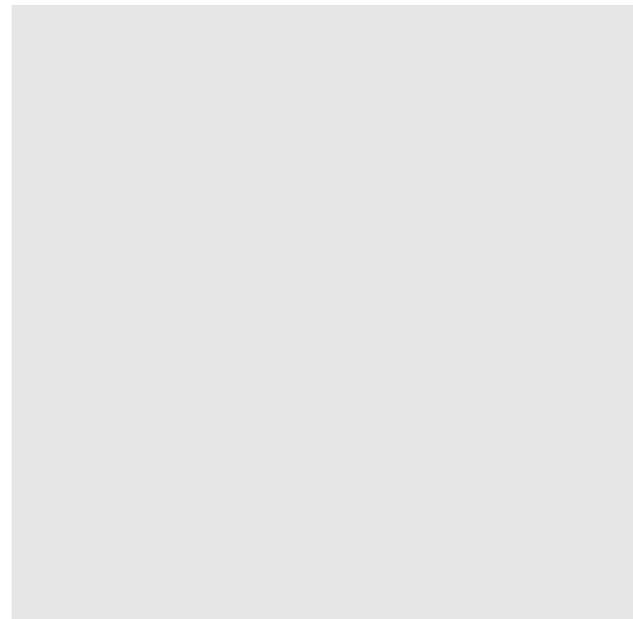
Verlusterkennung an Armaturen und Leitungen ohne quantitative Erfassung der Verlustgrösse.

Messprinzip/Interpretation

Erfassen der von der Leckstelle ausgehenden Schallwellen mit einem elektronischen Vorrichtungsgesetz. Die Übertragung der Schallwellen von einer Leckstelle aus ist abhängig vom Material, der Nennweite der Rohrleitung, vom Wasserdruck sowie der Art der Schadenstelle. Tritt Wasser aus einem unter Druck stehenden Rohr aus, so entsteht ein charakteristisches Geräusch, das sich entlang der Rohrleitung beidseitig fortpflanzt. Die Schallfortpflanzungsgeschwindigkeit variiert je nach Material und Druckstufe. Guss- und andere metallische Leitungen sowie Eternit sind gute Schalleiter (Schallfortpflanzungsgeschwindigkeit 1000 - 3000 m/s). Kunststoffleitungen sind schlechte Schalleiter (160 - 450 m/s). Geräusche von Leckstellen werden deshalb von metallischen Leitungen viel besser übertragen als von Kunststoffleitungen.



Gerät für die akustische Verlustkontrolle



Horchgerät im Einsatz

Arbeitsablauf

Systematisches Abhorchen der Armaturen und Rohrnetzteile unter Zuhilfenahme von geeigneten elektronischen Vorortungsgeräten.

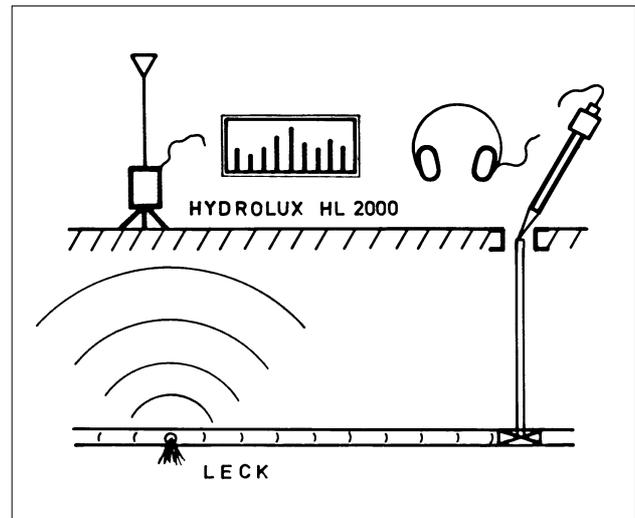
Bezeichnen und notieren der festgestellten Geräusche für die weitere Bearbeitung zur punktuellen Leckortung.

Wasserverluste und mechanische Defekte an Armaturen und Hydranten werden dabei sofort festgestellt und in vorbereitete Formulare eingetragen.

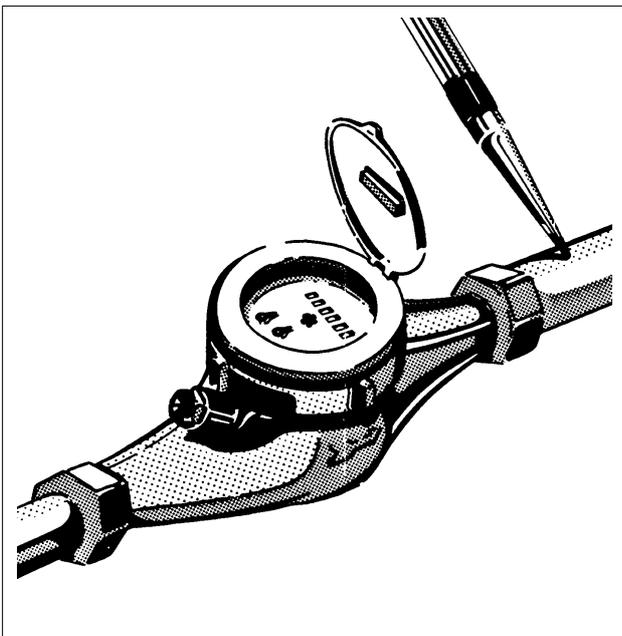
Beurteilung

Mit einfacher Messausrüstung und nötiger Instruktion schnell erlernbar.

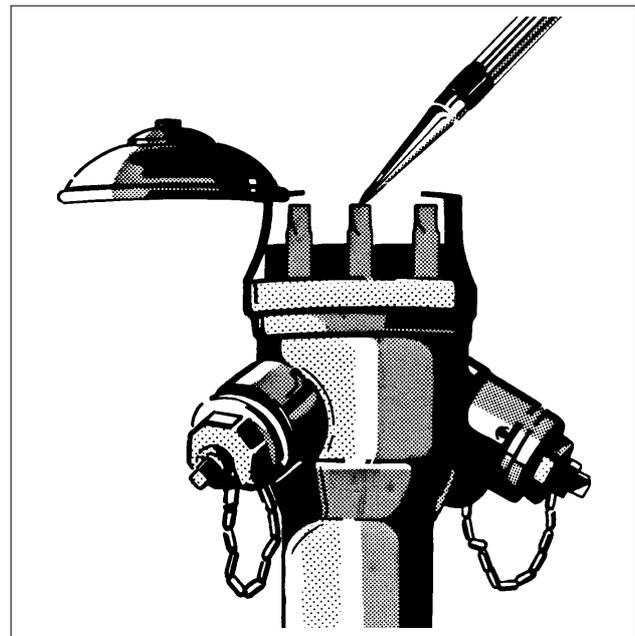
Vorortungsgeräte für diese Messmethodik gehören zur Grundausrüstung einer jeden Wasserversorgung.



Messprinzip schematisch



Messung an Installationsteilen



Literatur

1. Mutschmann J., Stimmelmayer F.: Taschenbuch der Wasserversorgung; Achte Auflage, Stuttgart, 1986.

Akustische Übergrundabhorchung mit Bodenmikrofonen

Allgemeine Informationen

Eine erfolgreiche Leckortung mit Bodenmikrofonen setzt in erster Linie die Kenntnis des genauen Leitungsverlaufes voraus. Dort wo keine zuverlässigen Plangrundlagen zur Verfügung stehen, ist die Leitung mit einem Leitungssuchgerät zu orten und zu markieren. Für die punktuelle Ortung von Leitungsdefekten sollen nur erfahrene und ausgebildete Fachkräfte eingesetzt werden. Im Zweifelsfalle ist es immer günstiger eine spezialisierte Firma mit der punktgenauen Ortung zu beauftragen, als teure "Trockenlöcher" aufzugraben.

Anwendung

Unter normalen Bedingungen in allen Rohrnetzen anwendbar.

Die unterschiedlichen Rohrmaterialien haben keinen Einfluss auf die Übergrundabhorchung.

Bei extremem Umgebungslärm von Industrien, Flugplätzen und stark befahrenen Strassen kann nur in den ruhigen Nachtstunden geortet werden.

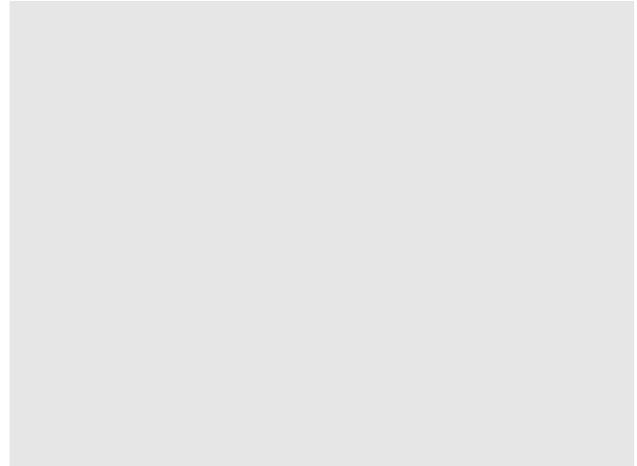
Zielgrößen

Punktuelle Erfassung der Schadenstelle zur Reparatur.

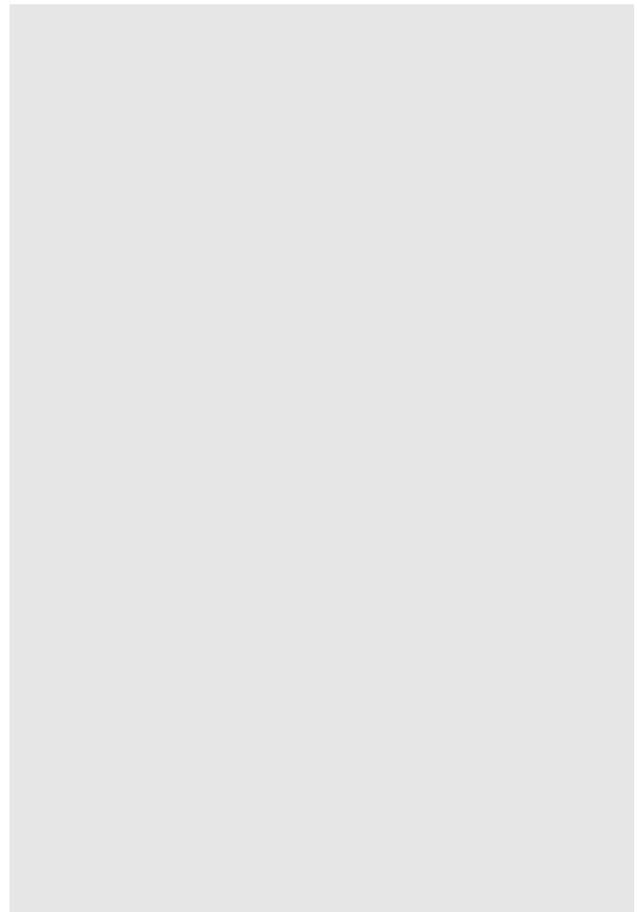
Messprinzip/Interpretation

Akustische Leckortbestimmung unter Zuhilfenahme von Lecksuchgeräten mit speziell dafür bestimmten Bodenmikrofonen.

Tritt Wasser unter Druck aus einer defekten Rohrleitung aus, entstehen charakteristische Leckgeräusche. Für die Erfassung der Leckstelle sind jedoch nicht die entstehenden Schallwellen, die sich auch über die Rohrleitung fortpflanzen verantwortlich, sondern der auf die Grabenwand aufschlagende Wasserstrahl.



Ausrüstung für die akustische Übergrundabhorchung



Gerät im Einsatz

Arbeitsablauf

Systematisches Abhören der vorbestimmten und angezeichneten Leitungstrasse.

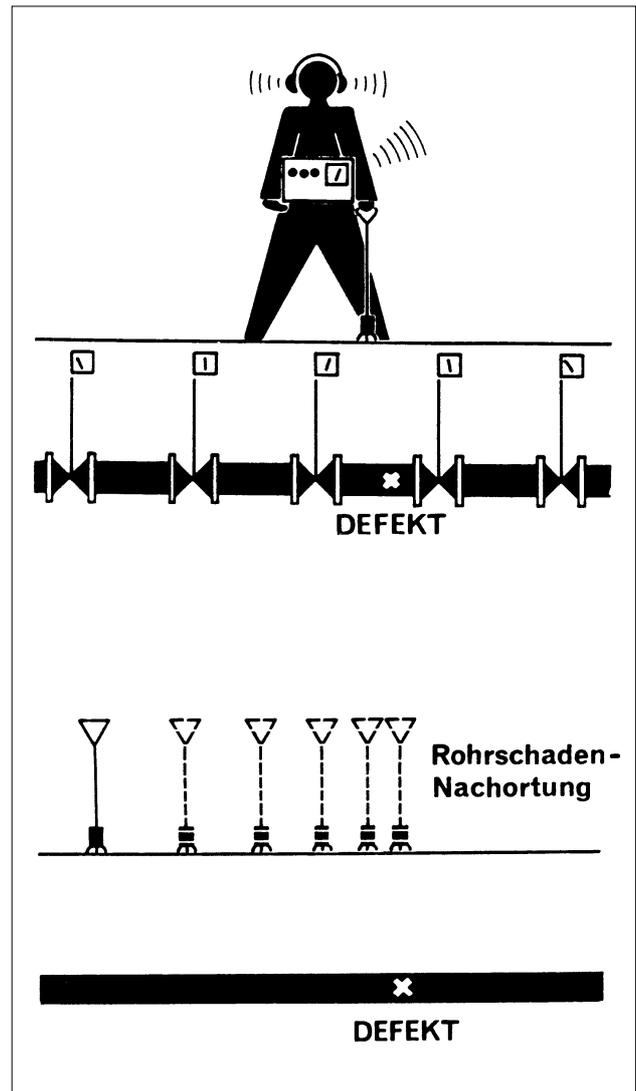
In Abständen von 1 - 2 m wird dabei genau über der Leitung das Bodenmikrofon aufgesetzt und der Ort mit der grössten Schallintensität gesucht.

Diese macht sich ausser mit der Lautstärke auch am Anzeigegerät sichtbar.

Resonanzerscheinungen, ausgehend von Rohrnetzeinbauten und Schallreflexionen, können eine genaue Leckortbestimmung wesentlich beeinflussen und erschweren.

Beurteilung

Bewährte Leckortungstechnik, die auch bei jeder Art der Leckerfassung als Nachkontrolle zur Anwendung kommt. Der Erfolg der punktgenauen Verlustortung ist stark abhängig von der Erfahrung des Bedienungspersonals. Verschiedene Umstände können zu Fehlortungen führen.



Akustische Übergrundabhörung schematisch, Vorortung (oben), Nachortung (unten)

Literatur

1. Weidling D.: Handbuch für Wassermeister; Oldenburg Verlag, München, 1988, p. 201-212.

Akustisches Korrelationsverfahren

(Leckanalyse und Leckortung)

Allgemeine Informationen

Das Korrelationsverfahren eignet sich vorzüglich für die Leckerkennung (Vorortung) sowie für die punktgenaue Leckortung.

Von entscheidender Bedeutung ist jedoch die Korrelationstechnik, die angewendet wird. Zur Leckortung können schon relativ einfache Analogkorrelatoren erfolgreich eingesetzt werden. Für die Leckanalyse (Vorortung) müssen Echtzeit-Korrelatoren oder Korrelatoren mit einem sogenannten "Kohärenz-Spektrum-Analyser" eingesetzt werden.

Anwendung

Leckverlustanalyse und Leckortung an Wasser-, Gas-, Fernheizleitungen und Installationen. Orten von Rohrverstopfungen, Rohrreduktionen sowie unbekanntem Abzweigstellen.

Zielgrößen

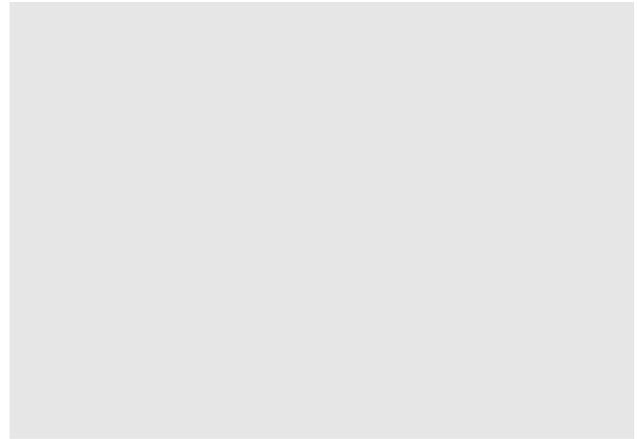
Erkennen und Orten von Verlusten in Rohrnetzen ohne Netzmanipulationen.

Das Verfahren ist unabhängig von Witterung und Umweltlärm im Bereich der Schadenstellen.

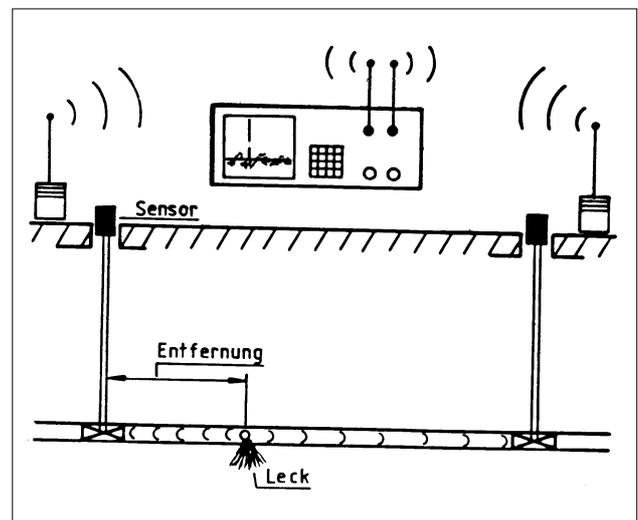
Messprinzip/Interpretation

Tritt Wasser aus einem unter Druck stehenden Rohr aus (Leck), so entsteht ein charakteristisches Geräusch, das sich entlang der Rohrleitung beidseitig ausbreitet bzw. fortpflanzt. Die angebrachten Mikrofone (Schallaufnehmer) auf Armaturen oder Hydranten nehmen die von einer Leckstelle ausgehenden Schallsignale auf. Nach Filterung und Verstärkung werden diese über Funk oder Kabel zum Korrelator geleitet und sofort ausgewertet.

Über jede Messstrecke oder geortete Leckstelle kann ein Protokoll mitsamt den technischen Angaben ausgegeben werden.



Ausrüstung für das akustische Korrelationsverfahren



Messprinzip schematisch

Arbeitsablauf

Augrund der Netzstruktur, Verbrauchsanordnung, Rohrleitungsmaterialien und allgemeinen Versorgungsverhältnissen werden Schwingungsaufnehmer, Hydrophone oder Luftaufnehmer in Abständen von ungefähr 50 -150 m an zugänglichen Netzteilen montiert. Unter stetigem Versetzen dieser Aufnehmer wird das gesamte Rohrnetz vollständig analysiert.

Hauszuleitungen mit über 30 m Entfernung von der Hauptleitung werden separat ausgemessen.

Die vorhandenen Leckstellen werden dabei sofort lagegenau ersichtlich.

Es werden alle Leckstellen angezeigt, die auch geortet werden können.

Beurteilung

Die korrelative Verlufterfassung und Leckortung mit Spezialgeräten darf als modernste und wirtschaftlichste Methode eingestuft werden. Die Untersuchungsmethode erfordert keine Netzmanipulationen, es entstehen somit keine Versorgungsstörungen und Lieferunterbrüche. Fernerhin behindern keine Umwelteinflüsse wie Lärm, Frost oder abnormale Leitungsverlegung den Untersuchungsablauf.

Die Technik wird vor allem von auf Lecksuche spezialisierten Unternehmungen ausgeführt.

Literatur

1. Fuchs H.V.: Neue DELIWA-Zeitschrift, Heft 6/90, Fraunhoferinstitut für Bauphysik, 7000, Stuttgart.
2. Kober E.: Grenzen des Korrelationsverfahrens an Leitungen aus mehreren Werkstoffen; 3R international, Heft 1/2, 1986, Stuttgart.
3. Berge H., Laske Ch.: Korrelationsverfahren zur Wasserverlustminderung; gwf-wasser/abwasser, Heft 6, 1986, p.288-293.

Gasspürmethoden zur Leckortung

Allgemeine Informationen

In der Fachliteratur (z.B. Lit. 4) sind diverse Verfahren zur Detektion der aus erdverlegten Gasleitungen unerwünscht austretenden Gase (Erdgas, Flüssiggas-Luftgemische) beschrieben und durch den SVGW empfohlen. Die Periodizität dieser Kontrollen ist in der SVGW-Richtlinie G2 (Lit. 2) festgelegt.

Anwendung

Die Verfahren werden bei erdverlegten, gasführenden Leitungen (aus Metall oder Kunststoff) angewandt.

Zielgrößen

Die Verfahren ergeben eine indirekte Information über die an der Erdoberfläche festgestellten Gaskonzentrationen. Die quantitativen Informationen erfordern eine Auswertung. Die allfällige Leckstelle muss durch Nachmessungen geortet werden.

Messprinzip/Interpretation

Um Gasleckagen wirksam bekämpfen zu können, ist es notwendig, eine möglichst exakte Übersicht über den Zustand des Netzes zu haben. Dazu müssen systematisch vergleichbare Resultate gesammelt und ausgewertet werden. Aufgrund dieser Auswertung können gezielt Unterhalts- und Instandhaltungsmassnahmen durchgeführt werden.

Geeignete Überwachungsmethoden sind:

- Registrierung der Geruchsmeldungen
- Abhören der Gasleitungs-Strassenüberdeckung mittels Spezialgeräten (→ S. 158)
- Absaugen der Bodenluft und Messen der Gaskonzentration mittels hochempfindlicher Lecksuchgeräte.

Die gesammelten Resultate werden im Netzplan eingetragen. Damit können die positiven und negativen Veränderungen im Laufe der Zeit festgestellt und ausgewertet werden. Ein Erfolg der Gasspürung über Leitungsnetzen ist nur dann gewährleistet, wenn die Lage der Leitungen genau bekannt ist. Ein sorgfältig angelegtes und gewissenhaft nachgeführtes Katasternetz ist daher die Grundvoraussetzung für die Durchführung der Lecksuche. Bei der Auswertung von Gaskonzentrationsmessungen ist zu beachten, dass sich Gas im Boden entlang von Hohlräumen (z.B. andere Werkleitungen) ausbreitet und dadurch der oberflächliche Gasaustritt nicht unbedingt in der Nähe der Leckstelle auftreten muss.

Arbeitsablauf

Bohrlochmethode:

Bei der früher ausschliesslich angewandten Bohrlochmethode werden mit Hand- oder Pressluftwerkzeugen alle 2 Meter Sondenlöcher von 30 - 40 cm Tiefe geschlagen. In die Bohrlöcher wird eine Sonde eingesetzt, die mit einem Gasspürgerät verbunden ist. Die Gasprobe wird - möglichst unter Abschluss des Sondenloches gegen die Atmosphäre - aus dem Bohrloch abgesaugt. Dieses Verfahren wird in zunehmendem Masse abgelöst durch die Methode des Ansaugens mit Hilfe des Leak-Plotters.

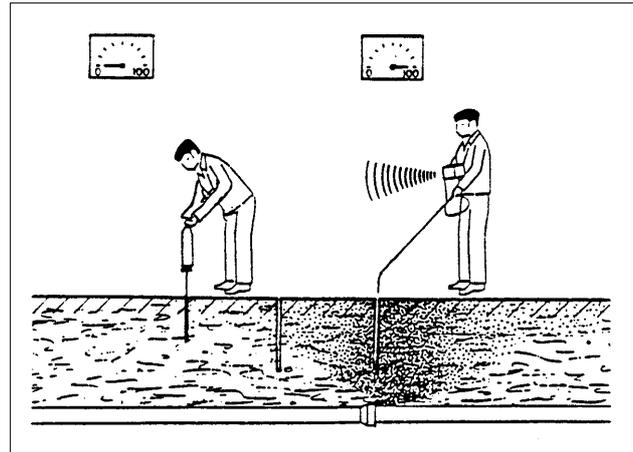
Ansaugsonde, Leak-Plotter:

Mittels einer Saugglocke oder eines Saugteppiches wird die Strassenoberfläche abgefahren; das sehr empfindliche Gerät registriert die lokale Gaskonzentration und damit mögliche Leckstellen. Da das Analysegerät grundsätzlich auf alle Kohlenwasserstoffe anspricht, ergeben auch Autoabgase, Benzin- und Ölflecken eine Anzeige am Instrument und täuschen so eine Undichtheit im Leitungsnetz vor. Mit Hilfe von Filtern, die nur für Methan durchlässig sind, lassen sich diese Fehlanzeigen ausschalten.

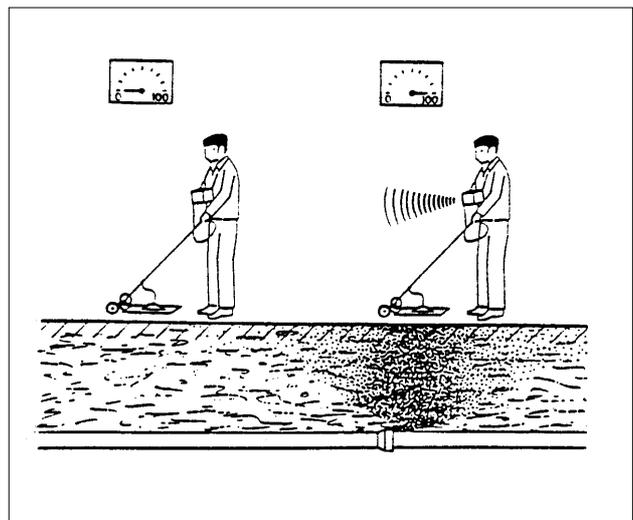
Zur genaueren Ortung der Schadstelle muss im Bereich der vermuteten Leckstellen in einem zweiten Arbeitsgang die Bohrlochmethode verwendet werden.

Beurteilung

Die systematische Lecksuche mit Hilfe der beschriebenen Verfahren ist z.Z. neben den verschiedenen Methoden der Verbrauchsmessung die einzige Methode, welche eine objektive Beurteilung der Dichtigkeit eines Gasleitungsnetzes zulässt. Die ausführenden Arbeiter müssen gut geschult sein und über praktische Erfahrung verfügen.



Lecksuche mit Bohrlochmethode



Lecksuche mit Ansaugsonde

Literatur

1. Pucknat D.: Leckstellen in Gasnetzen: Ortung und Beurteilungskriterien; gwf-gas/erdgas 121 (1980) Nr. 5, p. 190-196.
2. SVGW: G2, Richtlinie für Bau, Unterhalt und Betrieb von Gasleitungen mit Betriebsdruck bis 5 bar, 1986.
3. SVGW: Sanierung von Gasnetzen; SVGW-Sonderschrift, 1975.
4. Votapek E.: Gasverluste und Spürgeräte zu deren Ermittlung; Gas Wasser Abwasser, Heft Nr. 4, 1974, p. 135.

Korrosion bei Leitungsnetzen

Ausgangslage

Das Gas- und Wasserleitungsnetz der Schweiz besteht zu etwa 90% aus metallischen (Grauguss, duktiler Guss und Stahl) und zu etwa 10% aus nichtmetallischen Werkstoffen (Eternit und Kunststoff). Bei Neuverlegungen werden heute vermehrt Kunststoffrohre eingesetzt.

Vielerorts nimmt das mittlere Alter der Leitungsnetze nach wie vor zu und beträgt heute teilweise mehr als 60 Jahre; ein klares Indiz dafür, dass die Erneuerungsquote teilweise zu tief ist. Ein kontinuierlicher Anstieg der Schadensrate und ein zunehmender Erneuerungsdruck sind die Folgen.

Richtlinien für Bau, Unterhalt und Betrieb von Gas- und Wasserleitungen (Lit. 1-3) enthalten Angaben zum Korrosionsschutz. Trotzdem treten in praktisch sämtlichen Gebieten der Schweiz Korrosionsschäden auch bei nur 5 bis 20 Jahre alten Leitungen auf. Rohrleitungsbrüche an alten Graugussleitungen - oft fälschlicherweise auf mechanische Überbeanspruchung (z.B. Verkehre, Setzungen, etc.) zurückgeführt - sind in den allermeisten Fällen durch die Korrosion zumindest mitverursacht.

Die Schadenhäufigkeit variiert mit 0.1 bis 0.6 Schadenfällen pro Leitungskilometer und Jahr sehr stark. Sehr unterschiedlich sind auch die Folgekosten eines einzelnen Korrosionsschadens (Wasserschaden, Explosionen, etc.).

Öl- und Hochdruckgasleitungen unterliegen den Bestimmungen des Eidg. Rohrleitungsinspektorates (ERI) und müssen kathodisch gegen Korrosion geschützt und überwacht werden.

Rohrleitungsbrüche infolge von Setzungsvorgängen im Baugrund (allgemeine Setzungen, Kälte, Trockenheit) werden hier nicht behandelt. Ebenfalls nicht eingegangen wird auf Korrosionsvorgänge bei Kanalisationsleitungen (Betonkorrosion ausgelöst durch sulfatreduzierende Bakterien). Da Kanalisationsleitungen in der Regel aus nichtmetallischen Werkstoffen bestehen, stehen dort andere Schadenursachen (z.B.: Beschädigungen durch Verkehrlasten, undichte Fugen, etc.) im Vordergrund.

Der Aufbau dieses Datenblattes weicht von der üblichen Strukturierung ab. Für die Erfassung des Korrosionszustandes von metallischen Rohrleitungen besteht heute kein etabliertes Vorgehen. Die Problematik hat jedoch einen sehr hohen Stellenwert im Rahmen der Erhaltung unserer Infrastruktur.

In Absprache mit verschiedenen Fachleuten haben sich die Verfasser entschieden, das heute bekannte Wissen in einer etwas allgemeineren, von der üblichen Datenblattstruktur abweichenden Form wiederzugeben.

Zustandserfassung und -beurteilung

Systematische Untersuchungen zur Erfassung des Korrosionszustandes der Leitungsnetze werden nur selten durchgeführt. Abklärungen werden meist erst vorgenommen, wenn sich Schadenfälle häufen und/oder Schutzmassnahmen notwendig erscheinen.

Nachfolgend wird zwischen Innen- und Aussenkorrosion unterschieden. Die Streustromkorrosion wird im Rahmen der Aussenkorrosion behandelt.

Innenkorrosion

Wasserleitungen sind durch Innenkorrosion generell weit weniger gefährdet als durch Aussenkorrosion.

Innenkorrosionsgefährdet sind besonders Leitungsstränge mit sehr geringem Wasserdurchfluss (z.B. selten gebrauchte Feuerlöscher- und Hydrantenleitungen).

Bei einer Untersuchung sind deshalb zunächst die aktuellen Strömungsverhältnisse (Betriebsbedingungen) im heute oft redundanten Rohrnetz zu bestimmen. Allenfalls ist diesbezüglich ein korrigierender Eingriff möglich, ein gleichmässiger Durchfluss in allen Rohrsträngen ist anzustreben. Die chemische Zusammensetzung des Wassers kann, eine korrekte Probenahme und -analyse vorausgesetzt, relativ einfach bestimmt werden. Eine Beeinflussung ist jedoch in den wenigsten Fällen möglich. Unter bestimmten Umständen ist eine leichte Anhebung des pH-Wertes möglich.

Aussenkorrosion

Die vielfältigen Ursachen der Aussenkorrosion sind im Kasten aufgeführt. Besonders anfällig sind Leitungen im Bereich von Stahlbetonfundamenten (z.B. Hauszuleitungen) wegen der Gefahr der Makroelementbildung zwischen Leitung und Stahlbetonfundament. Erforderliche Schutzmassnahmen behandelt die Richtlinie C2 (Lit. 4) der Korrosionskommission. Erdungsmöglichkeiten ohne Wasserleitungen behandelt die 1987 erschienene Weisung des Eidg. Starkstrominspektors (ESTI) (Lit. 5).

- Betriebsbedingungen (z. B. ungenügende Durchflussgeschwindigkeit)
- Kein oder ungenügender Innenschutz
- Zusammensetzung des Wassers

Ursachen der Innenkorrosion

- Makroelemente
 - . Leitung/Fremdkathode wie z.B. Stahlbetonfundamente
 - . inhomogene Bettung: Querung verschiedener Bodenarten
 - . Lokal verunreinigte Bettung durch z.B. Holz, Lehm oder Streusalz
- Streuströme von Gleichstrombahnen
- Kein oder ungenügender Aussenschutz

Ursachen der Aussenkorrosion

Fortsetzung auf der nächsten Seite

Korrosion bei Leitungsnetzen (Fortsetzung)

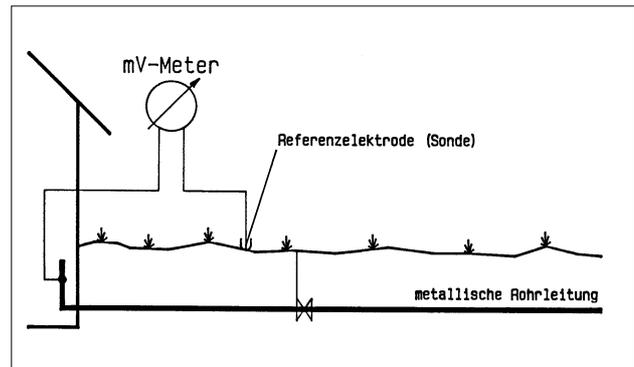
Zur Ursachenermittlung stehen praktisch nur Korrosionspotential-, Widerstands- und Strommessungen am Rohrleitungsnetz sowie Bodenuntersuchungen (z.B. Bestimmung des spez. Bodenwiderstandes, etc.) zur Verfügung. Sondieröffnungen werden nur in seltenen Fällen angewendet (Aufwand!). Im Zusammenhang mit der Streustromkorrosion müssen Korrosionspotential-, Widerstands- und Strommessungen am Rohr- und Stromrückleitungsnetz der Bahn(en) durchgeführt werden (Lit. 6 und 7).

Der Einsatz von intelligenten Molchverfahren zur Erfassung des Zustandes von Rohrleitungen beschränkt sich z.Z. aus Kosten- und teilweise auch technischen Gründen auf grosskalibrige und besonders wichtige Leitungen. Dank der heute möglichen Miniaturisierung ist in Zukunft ein Einsatz auch bei Leitungen mit kleinerem Durchmesser möglich. Diese Entwicklung sollte bereits heute bei der Planung und Ausführung von Netzerweiterungen und -erneuerungen berücksichtigt werden (Einführungen für Molche vorsehen).

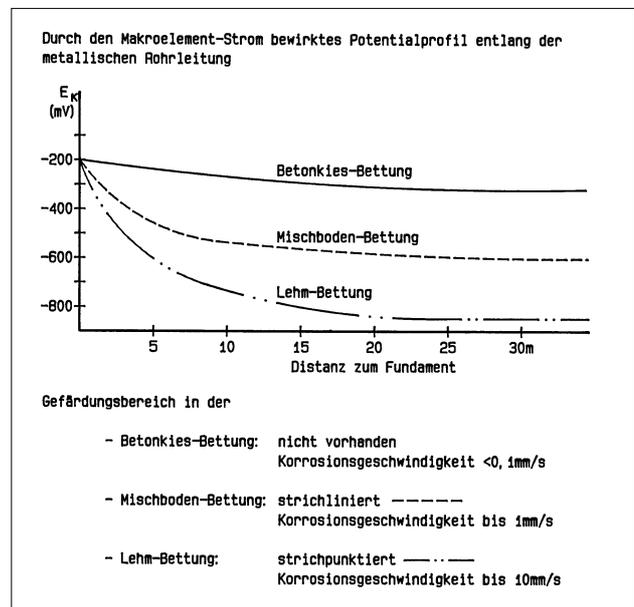
Das Kanalfernsehen liefert nur sehr beschränkte Aussagen über den Korrosionszustand von Rohrleitungen, es erlaubt insbesondere keine Aussage über lokale Schwächungen bzw. über die noch vorhandene Restwanddicke. Es wird daher nur selten angewendet.

Fazit

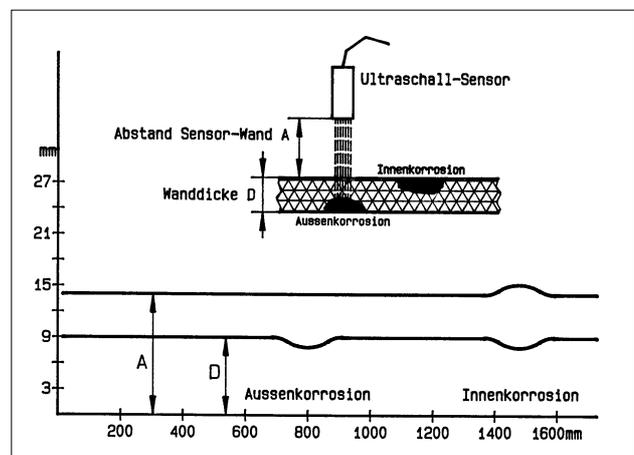
Der Korrosionsschutz metallischer Leitungen bedarf bei der Projektierung und Ausführung neuer Leitungen einer stärkeren Beachtung, es ist ein dauerhafter innerer und äusserer Korrosionsschutz erforderlich. Diese Erkenntnis beginnt sich heute durchzusetzen, da der Ersatz von Leitungen meist sehr kostspielig sowie betriebs- und verkehrsbehindernd ist.



Prinzip der Potentialmessung, aus Lit. 4



Beeinflussung des Korrosionspotentials einer Hauszu-
leitung durch ein Stahlbetonfundament aus Lit. 4



Wanddickenbestimmung einer Rohrleitung mit einem
intelligenten Molch aus Lit. 8

Literatur

1. SVGW: G2, Richtlinien für Bau, Unterhalt und Betrieb von Gasleitungen mit Betriebsdruck bis 5 bar, 1986.
2. SVGW: W4, Richtlinien für den Bau von Trinkwasserleitungen, 1975 (in Überarbeitung).
3. SVGW: W12, Richtlinien für die Überwachung und den Unterhalt von Wasserversorgungsanlagen, 1971.
4. Korrosionskommission: C2, Richtlinien zum Korrosionsschutz erdverlegter metallischer Anlagen bei Bauwerken oder anderen Installationen mit Fundamentarmierungen und Fundamenterdern, 1984.
5. SEV: 4118, Lösungsmöglichkeiten für die Erdung mit und ohne Benützung des Wasserleitungsnetzes, 1987.
6. Korrosionskommission: C3, Richtlinien zum Schutz gegen Korrosion durch Streuströme von Gleichstromanlagen, 1981.
7. Stalder F., Hunkeler F.: Korrosion durch Streuströme; Gas Wasser Abwasser, Vol. 66 (1986), Heft 12.
8. Lenz I.: Sanierung von Rohrleitungen und unterirdischer Rohrvortrieb; Vulkan Verlag, Essen, 1989.

Persönliche Notizen:

5 Neubau und Überwachung

5.1	Grundsätzliches	170
5.2	Beispiel aus dem Hochbau Fassadenverkleidung Bahnhofneubau Luzern	175
5.3	Beispiele aus dem Brückenbau Problemstellung Brückenlager mit Fernablesung Kontrolle der Auflagerkräfte Deformationsüberwachung mit "Wasserwaage"	176

5.1 Grundsätzliches

Neubau und Überwachung - Ein Zusammenhang?

Viele Fachleute würden einen solchen Zusammenhang in einer ersten Antwort vermutlich verneinen. Neubau und Überwachung sind doch zwei grundverschiedene Aufgaben!

Wer sich aber schon mit der Überwachung von Bauwerken konfrontiert sah, erinnert sich an widrige Randbedingungen und beschwerliches Arbeiten. Fehlende technische Unterlagen (u.a. auch Nutzungs-, Sicherheits-, Überwachungs- und Unterhaltspläne), erschwerte oder verunmöglichte Zugänglichkeit, fehlende Kontrolleinrichtungen, eine überwachungs- und unterhaltsfeindliche Konzeption des Bauwerkes, etc. erschweren und verteuern die Überwachung. Da liegt es nahe, einen Zusammenhang zwischen Neubau und Projektierung und Überwachung herzustellen.

SIA Normen 160 und 162

Die im Jahre 1989 in Kraft gesetzten SIA Normen 160, "Einwirkungen auf Tragwerke" und 162, "Betonbauten" geben klare Hinweise bezüglich der Berücksichtigung der Aspekte der Überwachung und des Unterhaltes bei der Projektierung. In der Norm SIA 160 werden die im Rahmen der Projektierung ausgearbeiteten Sicherheits- und Nutzungspläne als Grundlage für die Überwachung und den Unterhalt definiert. Ziffer 2.23 der Norm SIA 162 (vgl. nebenstehender Kasten) macht zudem präzise Aussagen, welche Aspekte beim Entwurf eines Tragwerkes zu berücksichtigen sind, dabei betreffen mindestens drei direkt die Überwachung und den Unterhalt.

"Beim Entwurf der Tragwerke sind ausser der erforderlichen Tragsicherheit und Gebrauchstauglichkeit möglichst auch die folgenden Aspekte zu beachten:

- funktionelle Anforderungen an das Bauwerk, zB. Bauphysik und technische Installationen
- voraussehbare Änderung der Nutzung, eventuelle Beseitigung und Abbruch
- **Wirtschaftlichkeit, Dauerhaftigkeit und Unterhalt**
- Gestaltung der Bauwerke und Bauteile
- **gute Zugänglichkeit von unterhaltsbedürftigen Bauteilen**
- **besonders dauerhafte Ausbildung nicht kontrollierbarer Bauteile**
- sinnvolles Zusammenwirken von Bauteilen aus verschiedenen Baustoffen"

Norm SIA 162, 2.2 Projektierung, Ziffer 2.23
(Fettdruck durch Verfasser)

SIA Empfehlung 169

Seit 1987 ist die Empfehlung SIA 169 zur "Erhaltung von Ingenieur-Bauwerken" in Kraft. Sie definiert die Begriffe der parallel zur Nutzung ablaufenden Erhaltungsphase: Überwachung, Unterhalt/Instandhaltung und Erneuerung. Kapitel 4 befasst sich mit dem Begriff Überwachung. Die Empfehlung sieht zwei Formen der Überwachung vor, nämlich die Dauerüberwachung und die periodische Überwachung.

Der Dauerüberwachung ist die Aufgabe zugewiesen, die Gebrauchstauglichkeit durch häufige oder dauernde Kontrollen festzustellen.

Die periodische Überwachung dient der Feststellung und Beurteilung des Zustandes und der Gebrauchstauglichkeit durch Inspektionen mit festgelegten Zeitintervallen.

Überwachung in der Praxis

Die Dauerüberwachung ist meist eine Aufgabe des Unterhaltsdienstes. Die Unterhaltsequipen - in der Regel werden dafür keine Ingenieure eingesetzt - müssen vor Ort auch unter erschwerten Bedingungen (schlechtes Wetter, Betrieb des Bauwerkes, etc.) ihre Aufgabe erfüllen können. Es ist deshalb wichtig, dass in der Projektierung und Ausführung günstige Voraussetzungen für die Dauerüberwachung geschaffen werden. Diese Forderung gilt in etwas abgemindertem Ausmass auch im Hinblick auf die periodische Überwachung.

Altbekannte Forderungen

Einige Forderungen - sie sind im nebenstehenden Kasten aufgelistet - sind schon lange bekannt und werden heute bei der Projektierung und Ausführung meist berücksichtigt. Einige davon können auch mit dem Begriff "überwachungs- und unterhaltsfreundliche Konzeption" eines Bauwerkes umschrieben werden.

"Die Überwachung hat zum Ziel, Mängel, Beschädigungen und Veränderungen am Bauwerk oder an seiner unmittelbaren Umgebung, die Personen oder Sachschäden nach sich ziehen könnten, rechtzeitig zu erkennen. Die Überwachung soll gleichzeitig alle für den Unterhalt erforderlichen Angaben bereitstellen."

*Ziel und Zweck der Überwachung
(Empfehlung SIA 169, Ziffer 4.11)*

- Überwachungs- und unterhaltsfreundliche Konzeption des Bauwerkes
- Alle Hohlräume müssen zugänglich sein
- Bewegliche Elemente müssen bezüglich ihrer Funktionstüchtigkeit überprüft werden können
- Für häufige Kontrollen ist die Zugänglichkeit mittels fester Installationen vorzusehen
- Häufige Kontrollen sollen möglichst unabhängig vom Betrieb durchgeführt werden können
- Verschleissteile wie Lager, Fahrbahnübergänge, etc., die eine kürzere Lebensdauer als das Bauwerk aufweisen, sind einfach auswechselbar auszubilden
- Dokumentation des ausgeführten Bauwerkes

Altbekannte Forderungen

Zielsetzungen

Fachleute aus Forschung und Entwicklung, aber auch aus Projektierung, Ausführung und Erhaltung haben sich in den vergangenen Jahren intensiv mit den Fragen der Überwachung auseinandergesetzt. Zwei Randbedingungen stehen im Vordergrund:

1. Die Dauerüberwachung (häufige Kontrollen durch den Unterhaltsdienst) muss mit einem möglichst geringen zeitlichen Aufwand auch durch weniger fachkundiges Personal durchgeführt werden können, und
2. Die Kontrollen sollen den Betrieb nicht beeinträchtigen.

Vereinfacht: es müssen die Voraussetzungen für eine einfache, "narrensichere" und betriebsunabhängige Überwachung geschaffen werden. Dieses Ziel kann nur durch entsprechende Massnahmen in der Projektierung und Ausführung erreicht werden.

Überwachungsplan

Eine erste Voraussetzung zur Erfüllung dieser Forderungen ist, dass besser vor Beginn aber spätestens vor Abschluss der Bauarbeiten ein Konzept für die Überwachung ausgearbeitet wird. Ohne Konzept können keine sinnvollen Massnahmen vorgesehen bzw. realisiert werden. Dieses Konzept muss auf den im Sicherheits- und Nutzungsplan festgehaltenen Grundlagen, insbesondere auf den Gefährdungsbildern, aufbauen.

Das Konzept für die Überwachung bildet die Grundlage für den Überwachungsplan. Im Überwachungsplan müssen wichtige Randbedingungen quantifiziert werden, z.B.: in welchem Bereich ist eine Verschiebung der Lager tolerierbar oder welche Setzungen können ohne weitere Massnahmen oder Abklärungen toleriert werden. Fehlen diese Angaben, ist eine Beurteilung durch die Unterhaltsequipe unmöglich.

Massnahmen am Bauwerk

Grenzwerte können in zahlreichen Fällen direkt am Bauwerk sichtbar gemacht werden (vgl. nachfolgende Beispiele). Eine Dokumentierung am Bauwerk, z.B. mit einfachen Grenzwertmarken, ermöglicht es während der Kontrolle ohne Rückgriff auf Papier eine ungünstige Veränderung festzustellen. Solche Markierungen müssen einfach verständlich, eindeutig und auf das technische Verständnis der Unterhaltsequipe ausgerichtet sein.

einfach
narrensicher
betriebsunabhängig

Anforderungen an Kontrollmassnahmen

"Der Überwachungsplan legt Art und Umfang der Überwachung fest sowie die Punkte, die einer speziellen Überwachung bedürfen und die Massnahmen, um Schäden aus akzeptierten Risiken zu mindern."

Empfehlung SIA 169, Definition aus Anhang A1

Grenzwerte - Entscheide sichtbar machen!

Ein immer wieder vernachlässigter Punkt ist die Zugänglichkeit von Kontrollpunkten. Der projektierende Ingenieur muss sich bewusst sein, dass sich ein mangelhafter Zugang während der ganzen Lebensdauer eines Bauwerkes auf die Überwachungs- und Unterhaltstätigkeit auswirkt. Im schlimmsten Fall können gewisse Kontrollen erschwert oder gar verunmöglicht werden! Es gibt zahlreiche Möglichkeiten (z.B. Fernablesung), diesbezüglich günstige Voraussetzungen zu schaffen. Bei Leitungsnetzen könnten unter dem Stichwort Zugänglichkeit z.B. spezielle Einführstutzen für Molche an Rohrleitungen, oder eine bewusste Abstufung von Kanalisationsdurchmessern (entweder begehbare Rohre $\varnothing \geq 800$ mm oder kleine Rohre $\varnothing \leq 400$ mm, die mit Kanalfernsehen kontrolliert werden können) genannt werden.

Ein weiteres Stichwort betrifft die Lokalisierung bzw. das Bezugssystem. Bei Strassen und Leitungsnetzen ist die Kilometrierung ein geläufiger Begriff, nur ist diese auf dem Feld oft schwer zu rekonstruieren. Mit einfachen Mitteln wurden in den letzten Jahren an vielen Orten diesbezüglich Verbesserungen erreicht.

Zum Stichwort Lokalisierung gehört aber auch ein korrekter Nachtrag jeder Leitung im Leitungskataster oder im Minimum im entsprechenden Werkplan. Dies ist noch heute bei weitem nicht selbstverständlich. Es gibt noch zahlreiche Gemeinden, wo mit dem Hinschied eines Werkmeisters die gesamte Information über die Werkleitungen verloren geht.

Auch bei den Ingenieurbauwerken sind bezüglich Bezeichnung von Bauteilen noch grosse Fortschritte möglich. Zusätzlich zum Anbringen einer Objekt Nummer - um grobe Verwechslungen zu vermeiden - ist es durchaus denkbar, weitere Unterteilungen des Bauwerkes im Hinblick auf die Überwachung bei der Erstellung am Bauwerk dauerhaft zu markieren (z.B.: Bezeichnung der Widerlager, der Lager, der Stützen sowie weiterer Tragwerksteile, etc.).

Kontrollpunkte zugänglich bzw. einsehbar machen!

Lokalisierung, Bezugssystem definieren und am Bauwerk markieren

Ingenieurbauwerke

Bezugssystem am Bauwerk markieren (vgl. Text).

Stützen, Lager, etc. beispielsweise mit Marke am Brückenkasten bezeichnen.

Grenzwerte am Bauwerk markieren (z.B. Lagerbewegung).

Zugänge

mit festen Treppen, Leitern und Schutzgerüsten ausstatten. Zugangstüren abschliessbar machen (Schliesssystem, nicht für jede Türe ein anderer Schlüssel!)

Strassen

Bezugspunkte am Strassenrand markieren.

Rohrleitungsnetze

Netzabschnitte für spätere Überwachung konzipieren und mit entsprechenden Absperrorganen ausrüsten.

Permanente Messeinrichtungen allenfalls mit permanenter Aufzeichnung und Fernübertragung einrichten.

Einführungsstutzen für Molche vorsehen.

Nullmessungen bezüglich Korrosionspotential, etc. vornehmen.

Kanalisationen

Durchmesserwahl: ≤ 400 mm günstig für Kanalfernsehuntersuchung bzw. ≥ 800 mm geeignet für Begehung, keine Zwischendurchmesser bei Neuprojekten verwenden.

*Einige Beispiele für Massnahmen
(Ergänzung der Beispiele)*

Bauwerksdokumentation

Die Bauwerksdokumentation bildet eine unerlässliche Grundlage für die Erhaltung eines Bauwerkes. Die Wichtigkeit nach Abschluss der Ausführungsarbeiten eine zutreffende und übersichtliche Bauwerksdokumentation zusammenzustellen, wird sowohl von Seite der projektierenden und bauleitenden Ingenieure, als auch von Seite vieler Bauherren sträflich vernachlässigt. Die Bauwerksdokumentation ist nicht einfach eine Sammlung sämtlicher Pläne, Aktenstücke und Notizen, die sich während der Projektierungs- und Ausführungsphase in den Dossiers angesammelt haben. Diese Unterlagen müssen aufgearbeitet, auf das wesentliche reduziert und übersichtlich geordnet werden. Der nebenstehende Kasten gibt die Aufzählung der Bestandteile der Bauwerksakten (Bauwerksdokumentation) gemäss der Empfehlung SIA 169 wieder. Das Bauwerksbuch ist ein Auszug aus den Bauwerksakten und umfasst alle für Überwachung und Unterhalt notwendigen Angaben. In der Teilleistung "Dokumentation über das Bauwerk" (Norm SIA 103, Ordnung für Leistungen und Honorare der Bauingenieure) ist nur ein Teil der Aufwendungen für die Aufarbeitung der Unterlagen und die Zusammenstellung der Bauwerksakten und des Bauwerkshandbuchs enthalten. Es ist deshalb unerlässlich, dass auch bezüglich der Honorierung dieser Leistungen eine frühzeitige Absprache erfolgt. Der Bauherr seinerseits muss einen entsprechenden Posten bei seiner Kreditaufstellung berücksichtigen.

Beispiele

Die nachfolgenden Beispiele aus dem Hoch- und Brückenbau stellen eine kleine Auswahl von durchdachten Konzepten und Lösungen dar, die in den letzten Jahren realisiert wurden. Sie sollen dem Leser die angeführten Überlegungen beispielhaft verdeutlichen. Die Darstellungen basieren auf Angaben aus den jeweiligen Projekten, die freundlicherweise von den beteiligten Fachleuten zur Verfügung gestellt wurden. Ihnen sei an dieser Stelle namens des Impulsprogrammes gedankt. Es dürfte selbstverständlich sein, dass aufwendigere Vorkehrungen für die Überwachung - wie sie in den Beispielen teilweise dargestellt werden - durch eine besondere Gefährdung des Bauwerkes zu begründen sind.

- Verzeichnis der einzelnen Dokumente
- Sicherheits- und Nutzungsplan
- Nutzungsanweisungen
- Überwachungs- und Unterhaltsplan
- Pläne des ausgeführten Bauwerkes
- Technischer Bericht
- Berechnungen
- Expertenberichte
- Liste der angewendeten Normen, Ordnungen, Richtlinien und Empfehlungen
- Werkverträge und Arbeitsprotokolle
- Liste der beteiligten Unternehmer und Fachleute
- Zusammenstellung der Schlussabrechnung
- Beschreibungen und Pläne der Bauausführung
- Beschreibung und Pläne der betreffenden Baustoffe, Schutzanstriche, Abdichtungen, Beläge, Entwässerungen und Ausrüstungen
- Ergebnisse von Bewegungs- und Verformungsmessungen
- Technische Veröffentlichungen
- Dokumente rechtlicher Art

Umfang der Bauwerksakten (Empfehlung SIA 169, Ziffer 2.42)

- Verzeichnis der in den Bauwerksakten enthaltenen Unterlagen
- Nutzungsanweisungen
- Überwachungsplan
- Unterhaltsplan

Minimaler Inhalt des Bauwerkshandbuchs (Empfehlung SIA 169, Ziffer 2.52)

5.2 Beispiel aus dem Hochbau

Fassadenverkleidung Bahnhofneubau Luzern

Ausgangslage

Der aus dem letzten Jahrhundert stammende Bahnhof Luzern fiel im Februar 1971 einem Grossbrand zum Opfer. In den Jahren 1983 bis 1991 entstand an der gleichen Stelle ein modernes Bahnhofgebäude. Für den architektonisch und städtebaulich exponierten Neubau wurde vom Architektenteam eine vorgehängte Natursteinfassadenverkleidung vorgesehen. Die Fassadenverkleidung bedeckt eine Fläche von insgesamt rund 2000 m². Fassadenverkleidungen sind eindeutig unter dem Begriff Tragwerk einzuordnen, da bei einem Versagen der Befestigungen Menschenleben gefährdet werden (SIA 160, Ziffer 0.12). Fassadenverkleidungen müssen deshalb in die Sicherheitsüberlegungen einbezogen werden. Für sicherheitsrelevante Bauteile schreibt die Norm zudem eine entsprechende Überwachung vor.

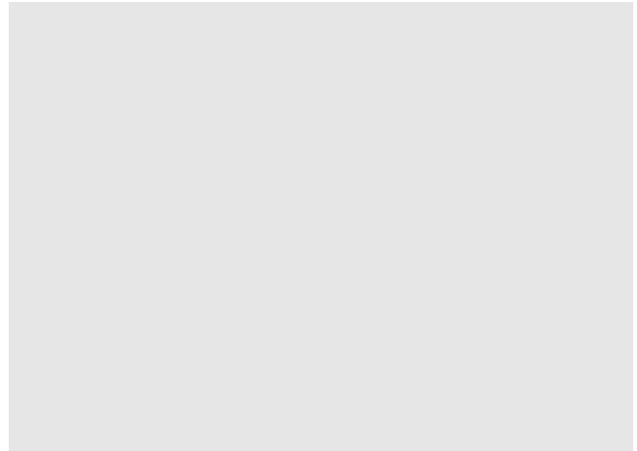
Lösungskonzept

Beim Neubau des Bahnhofes Luzern wurde die Problematik durch das verantwortliche Ingenieurteam frühzeitig erkannt. In Zusammenarbeit mit Bauherr, Prüfeningenieur und Architekt wurde ein Sicherheitskonzept für die Befestigung der Fassadenverkleidung ausgearbeitet. Die wesentlichen Elemente des Konzeptes sind im nebenstehenden Kasten zusammengestellt.

Bemerkungen

Für die Lösung der vorliegenden Problemstellung konnte - obwohl in der Schweiz ähnliche Fassaden "im Dutzend" realisiert werden - nicht auf eine Normlösung zurückgegriffen werden. Eine einfache Schwachstellenanalyse hat den Weg zur Eliminierung der wunden Punkte an einem Fassadenbefestigungssystem aufgezeigt. Als Hinweis für die Festlegung der Anzahl der einfach demontier- und kontrollierbaren Platten hat sich der verantwortliche Ingenieur an der Angabe der Norm SIA 191, "Boden- und Felsanker" bezüglich der Anzahl der Kontrollanker orientiert.

Das Beispiel zeigt, wie für ein rechtzeitig und mit Einfallsreichtum angepacktes Problem erfolgreich eine allseits befriedigende Lösung gefunden werden kann.



Neubau Bahnhof Luzern

- Überprüfung des gewählten Befestigungssystems bezüglich Dimensionierung, Funktionstüchtigkeit und Materialwahl
- Überprüfung der Fassadenbewegungen infolge Schwinden, Kriechen und Temperatur als Grundlage für die Dimensionierung
- Sämtliche Fassadenplatten demontierbar ausbilden
- 5 % der Fassadenplatten an repräsentativen Standorten können zur periodischen Überwachung mit geringem Aufwand demontiert werden, bei den übrigen Platten wird ein grösserer Aufwand in Kauf genommen
- Überwachung der plangerechten Ausführung
- Periodische Kontrolle im Rythmus von 5 Jahren

Konzept für Fassadenbefestigung

Die Angaben wurden freundlicherweise von der "Ingenieurgemeinschaft Bahnhof Luzern" zur Verfügung gestellt.

5.3 Beispiele aus dem Brückenbau

Problemstellung

Brücken sind weitherum bekannt als Bauwerke höchster Ingenieurkunst. Die verbindende Funktion vieler Brücken dürfte ein wesentlicher Grund für dieses hohe Ansehen sein. Brücken bilden als Verkehrsträger in wirtschaftlicher, kultureller und gesellschaftlicher Hinsicht wichtige Lebensadern in unserer Gesellschaft. Ein Ausfall einer solchen Verbindung während längerer Zeit bedeutet für die betroffene Bevölkerung eine grosse Beeinträchtigung. Hinzu kommt die Gefahr für Menschen, Tiere und Sachen, die von einer einstürzenden Brücke ausgehen.

Brücken sind einer grossen Zahl von Beanspruchungen ausgesetzt. Neben der offensichtlichen durch den vorgesehenen Benutzer - den Verkehr - können weitere Beanspruchungen aus dem Baugrund (Setzungen, Verschiebungen, etc.), aus klimatischen Randbedingungen (Temperatur, Frost, Wind, Regen, Schnee, etc.), aber auch von Naturgewalten (Lawinen, Hochwasser, etc.) einer Brücke zu schaffen machen.

Es ist also durchaus berechtigt, einer Brücke periodisch auf den Zahn zu fühlen - d.h. ihren Bauwerkszustand zu untersuchen -, um bei feststellbaren Veränderungen rechtzeitig Massnahmen ergreifen zu können und damit Leben und Sachwerte vor Schaden zu bewahren. Die nachfolgenden Beispiele zeigen einige - nicht nur einfache - Möglichkeiten, die Überwachung von Brückenbauwerken zu erleichtern.

Brückenlager mit Fernablesung

Eine einfache Vorkehrung, die Bewegung von verschieblichen Brückenlagern einer Kontrolle aus Distanz (z.B. mit einem Feldstecher) zugänglich zu machen, ist das Anbringen einer genügend gut sichtbaren Anzeigevorrichtung mit Skala und markierten, zulässigen Verschiebungsgrenzen. Diese Vorkehrung ist in einzelnen Regionen der Schweiz bereits Standard. In den neuen "Richtlinien für konstruktive Einzelheiten bei Brücken" des ASB (Neuausgabe 1990) wird diese Massnahme generell vorgesehen.

Die geringen zusätzlichen Kosten für diese Vorkehrungen werden durch Einsparungen bei der Überwachung mehr als gerechtfertigt.

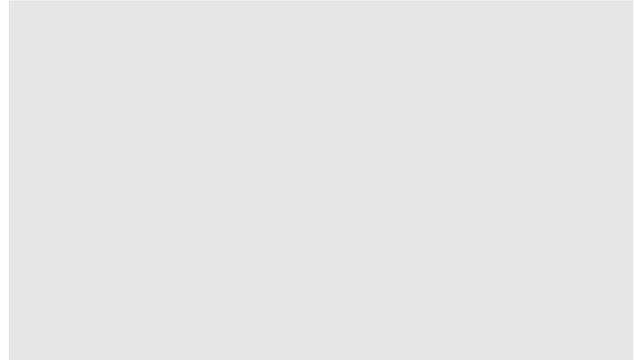
Kontrolle der Auflagerkräfte

Einsenkungen von Stützen oder Widerlagern können mittels eines Präzisionsnivelementes sehr genau ermittelt werden. Ein Präzisionsnivelement ist aber relativ aufwendig und nicht unter allen Randbedingungen (Wetter) durchführbar, meist ist eine Behinderung des Verkehrs unvermeidbar. Die gleichen Erscheinungen bewirken bei statisch unbestimmt gelagerten Brücken eine Veränderung der Auflagerkräfte. Je nach Art und Ort der Bewegung wird bei den einen Lagern eine Erhöhung, bei den anderen Lagern eine Reduktion der Kräfte verursacht.

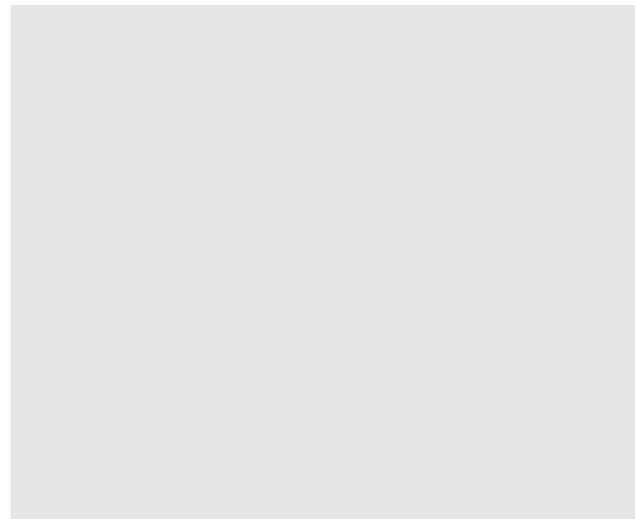
Bei Brücken, die bezüglich Baugrunddeformationen besonders gefährdet sind, besteht seit einiger Zeit die Möglichkeit, Brückenlager mit einer eingebauten Kraftmessvorrichtung zu installieren.

Die einmalige Investition bewirkt eine beträchtliche Vereinfachung der Überwachung. Mit einem einfachen, tragbaren Gerät können die Auflagerkräfte gemessen werden und daraus Rückschlüsse auf unzulässige Bewegungen gezogen werden. Bei Über- bzw. Unterschreiten vorgegebener Grenzwerte kann zum Beispiel ein Präzisionsnivelement zur genaueren Feststellung der Bewegungen angeordnet werden.

Es ist wichtig, dass die Ablesung ohne weitere Hilfsmittel (Leiter, Gerüste, etc.) vorgenommen werden kann. Die Anschlussstelle für das Messgerät sollte deshalb möglichst einfach zugänglich sein. Allenfalls sind zur Erreichung dieses Zieles ein paar zusätzliche Meter Anschlusskabel erforderlich.



Brückenlager mit Anzeigevorrichtung und Skala, die auch aus grösserer Distanz z.B. mit dem Feldstecher abgelesen werden können



Die Lager der Caselertobelbrücke im Kanton Graubünden sind mit Kraftmesslagern ausgerüstet. Die Brücke führt durch ein Rutschgebiet, weshalb sich eine intensive Überwachung aufgedrängt hat.

Deformationsüberwachung mittels "Wasserwaage"

In vielen Fällen bildet die Belastung infolge Eigengewicht einen erheblichen Teil der für die Dimensionierung eines Tragwerkes massgebenden Gesamtbelastung. Das Tragwerk unterliegt damit dauernd einer erheblichen Belastung und damit auch einer entsprechenden Verformung infolge Eigengewicht.

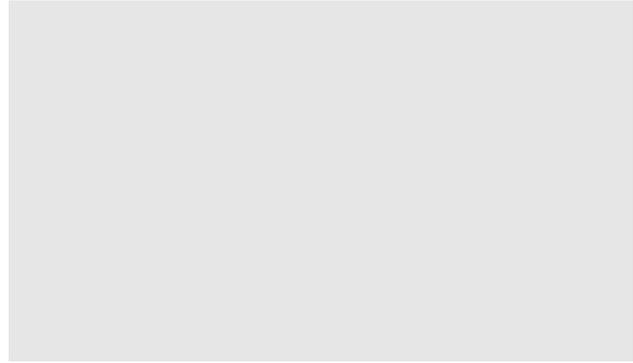
Da das Eigengewicht nahezu konstant ist, müsste sich das Tragwerk nach Eliminierung der übrigen Verformungen z.B. infolge Kriechen oder Schwinden der Baustoffe, infolge Temperatur, etc. immer im gleichen Verformungszustand befinden. Eine Veränderung der Verformungen wäre nur noch auf eine Änderung der Tragwerkswiderstände zurückzuführen. Vom Verformungszustand resp. von der geometrischen Lage eines Tragwerkes und seiner Teile ist es deshalb möglich, auf den Zustand des Tragwerkes zu schliessen.

Auch Zustandsmängel einzelner Tragwerksteile wie z.B. Foundationen, Widerlager etc. zeigen sich meist in Form von vertikalen Verschiebungen.

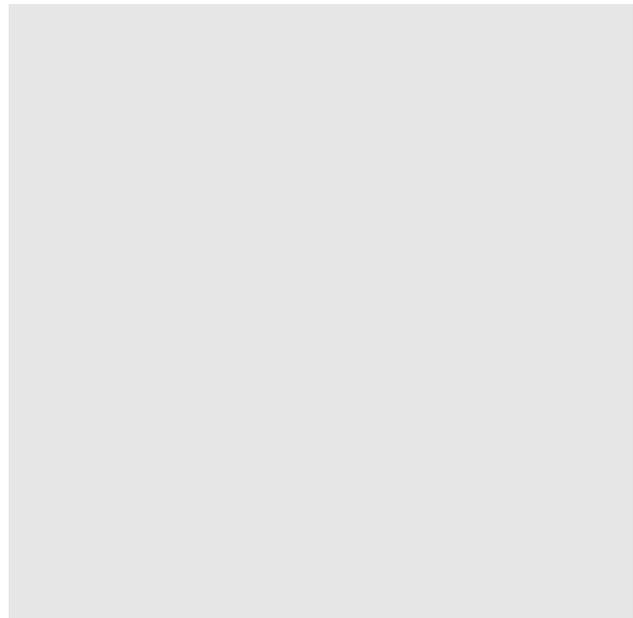
Herkömmliche Mittel zur Überwachung der vertikalen Lage eines Tragwerkes sind in der Regel aufwendig in der Anwendung. Die bewährteste und am meisten angewandte Methode für diese Aufgabe ist das Präzisionsnivellement, bzw. ein normales Nivellement dort wo weniger genaue Resultate erforderlich sind. Bei einem Teil der Bauwerke ist die für ein Nivellement erforderliche freie Sicht gegeben, bei anderen (z.B. innerhalb von Gebäuden, bzw. bei einer geschlossenen, städtischen Überbauung) stellen die Sichtverhältnisse dem Vermesser bereits einige Probleme.

Eine wesentliche Erleichterung einer Überwachung eines Bauwerkes mittels Nivellement kann dadurch erreicht werden, dass bei der Erstellung entsprechende Messbolzen oder Ablesemarken (vgl. Bild) am Bauwerk fix installiert werden. Bei der Planung können dann auch eigentliche Durchblickfenster vorgesehen werden. Bei einer Brücke kann beispielsweise ein Nivellements zug im Brückenkasten installiert werden, was eine Überwachung ohne Beeinträchtigung des Verkehrs ermöglicht.

Die neueste Entwicklung der ETH-Lausanne, ein hydraulisches Nivellement oder sogenannte Schlauchwasserwaage, ermöglicht die Feststellung des Verformungszustandes eines Tragwerkes ohne Hilfsmittel. Das System besteht aus einer Anzahl von Ablesevorrichtungen (Bild), die mit einem wassergefüllten Schlauch verbunden sind.



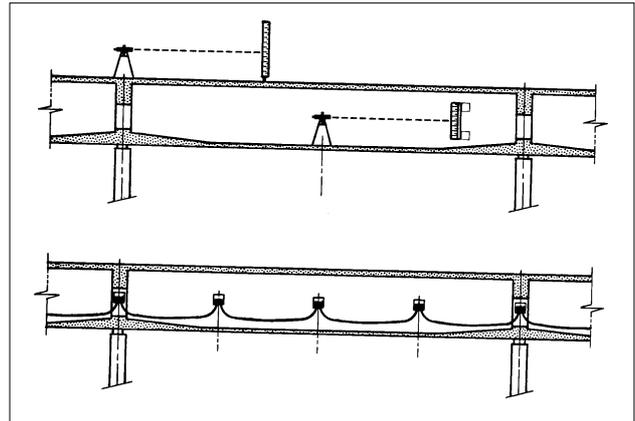
Sichtbare Verformungen bei einer Brücke



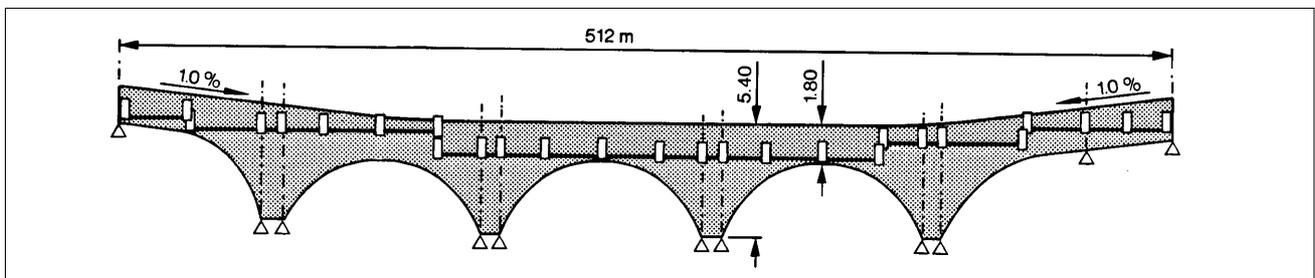
Fix am Bauwerk angebrachte Ablesemarke für optisches Nivellement (links), Ablesevorrichtung für das hydraulische Nivellement (rechts)

Die ganze Anlage wirkt wie ein kommunizierendes Gefäß. Relative Verschiebungen einzelner Tragwerksabschnitte können durch den Unterhaltsdienst an einer oder mehreren Ablesevorrichtungen als Verschiebung des dort beobachteten Wasserspiegels festgestellt werden. Dieses Überwachungssystem ist bereits bei rund einem halben Dutzend Brücken, vorallem in der Westschweiz, im Einsatz.

Das System erscheint auf den ersten Blick verblüffend einfach. Während der Entwicklung waren jedoch zahlreiche Probleme zu lösen. Diese betreffen insbesondere die Wahl der Füllflüssigkeit und die Ausbildung der Ablesevorrichtung (Verdunstungsverluste, Einfluss von Staudruckscheinungen, etc.).



Optisches (oben) und hydraulisches Nivellement (unten)



Anordnung der kommunizierenden Ablesevorrichtungen im Inneren eines Brückentroges

Der Einsatz eines solchen Systems verlangt eine Prognose der normalen Langzeit- (z.B. infolge Schwinden und Kriechen der Baustoffe) und Kurzzeitverformungen (z.B. infolge Temperatur) des Tragwerkes. Ohne diese Prognose können die Vorteile dieses Systems nur zu einem kleinen Teil ausgenützt werden.

Literatur

1. Favre R. et al: Observation à long terme de la deformation des ponts; EVED ASB Forschungsbericht Nr. 203, EPFL, 1990. (Bezug bei der VSS)

Die Informationen zu den Beispielen im Brückenbau wurden freundlicherweise von den Herren Prof. R. Favre und Dr. R. Suter, Lausanne zur Verfügung gestellt.

Persönliche Notizen:

6 Anhang

6.1	Sachregister	182
6.2	Abkürzungsverzeichnis	185
6.3	Abbildungsnachweis	186
6.4	Publikationen IP BAU	189

6 Anhang

6.1 Sachregister

Im Sachregister werden getrennt nach Übersichtstabellen (blaue Seiten) und Datenblätter (grüne Seiten) die Titelstichworte in alphabetischer Reihenfolge aufgeführt.

Sachregister zu den Übersichtstabellen:

	Seite
Ausrüstungen	46
Baugrund	47
Bauteile	46
Befestigungselemente aus nichtrostenden Stählen	56
Beton	48/49
Betonstahl	50
Bodenanker	56
Elektromechanische Anlageteile	57
Felsanker	56
Foundationen	47
Gasleitungsnetze	141
Holzkonstruktionen	55
Kanalisationsleitungen (≥ 800 mm)	138
Kanalisationsleitungen (≤ 800 mm)	139
Konstruktion	46
Kunststoffe	55
Mauerwerk	53
Mauerwerksoberflächenschutz	54
Mauerwerksverkleidung	54
Pfähle	47
Putz u.ä.	54
Schlitzwände	47
Spannbettvorspannung	50
Spannstahl (Kabelvorspannung mit Hüllrohr)	51
Stahl (Baustahl)	52
Strassenoberbau (Fahrbahnen aus Asphalt oder Beton)	111
Verkleidungsplatten	54
Wasserleitungsnetze	140

Sachregister zu den Datenblättern

Ingenieurbauwerke:

	Seite
Abreissprüfung (Beton, Mauerwerk)	74
Augenschein	62
Betonprüfhammer (Schmidt-Hammer)	68
Betonüberdeckungsmessung (Stahlbeton)	70
Bodenanker	94
Endoskopie	64
Farbeindringprüfung (Stahl)	92
Felsanker	94
Georadar (Stahlbeton/Mauerwerk)	84
Gitterschnittprüfung (Beschicht. auf Stahl)	90
Holzbauteile (tragend)	96
Infrarotthermographie (Stahlbeton/Mauerwerk)	82
Laborauftrag	66
Potentialmessung (Stahl- u. Spannbeton)	76
Probenentnahme	66
Saugröhrchen (Beton, Mauerwerk)	72
Schichtdickenmessung (Beschicht. auf Stahl)	88
Ultraschall (Stahlbeton/Pfähle)	86
Vakuummethode (Spannbeton)	80
Visuelle Untersuchung	62
Widerstandsmessung (Beton/Mörtel/Mauerwerk)	78

Strassen:

	Seite
APL, Analyseur de Profil en Long	116
ARAN, Automatic Road Analyser	118
Collographe	120
Deflectographe Lacroix	122
Fallgewichts-Deflektionsmessgerät	124
SRM 91, Stuttgarter Reibungsmesser	126

Leitungsnetze:

	Seite
Akustisches Korrelationsverfahren	160
Akustische Übergrundabhorchung	158
Akustische Verlustkontrolle	156
Ansaugmethode zur Gasspürung	162
Begehung von Kanälen $\varnothing > 800$ mm	148
Bohrlochmethode zur Gasspürung	162
Druckeinspeiseverfahren	154
Gasspürmethoden zur Leckortung	162
Grossraumsektorenmessung	152
Kanalfernsehen	146
Korrelationsverfahren, akustisch	160
Korrosion bei Leitungsnetzen	164
Nachtverbrauchsmessung	150
Nullverbrauchsmessung	154
Sektoreinspeiseverfahren	154
Übergrundabhorchung, akustisch	158
Verlustkontrolle, akustisch	156

6.2 Abkürzungsverzeichnis

Verbände:

- SIA:** Schweizerischer Ingenieur und Architektenverein,
Selnastrasse 16, Postfach, 8039 Zürich
- SEV:** Schweizerischer Elektrotechnischer Verein,
Seefeldstrasse 301, Postfach, 8034 Zürich
- SGK:** Schweizerische Gesellschaft für Korrosionsschutz,
Seefeldstrasse 301, Postfach, 8034 Zürich
- SVGW:** Schweizerischer Verein des Gas- und Wasserfaches,
Grütlistrasse 44, Postfach, 8027 Zürich
- VSA:** Verband der Schweizerischen Abwasserfachleute,
Grütlistrasse 44, Postfach, 8027 Zürich
- VSS:** Vereinigung Schweizerischer Strassenfachleute,
Seefeldstrasse 9, 8008 Zürich

Weitere:

- AFB:** Amt für Bundesbauten, Bern
- ASB:** Bundesamt für Strassenbau, Bern
- DAfStB:** Deutscher Ausschuss für Stahlbeton
- EMPA:** Eidg. Materialprüfungsanstalt, Dübendorf
- ERI:** Eidg. Rohrleitungsinspektorat, Bern
- ESTI:** Eidg. Starkstrominspektorat, Bern
- EW:** Elektrizitätswerk (allg. Abkürzung)
- LCPC:** Laboratoire Centrale des Ponts et Chaussées, Paris
- Lignum:** Schweizerische Arbeitsgemeinschaft für das Holz, Zürich
- SUVA:** Schweizerische Unfallversicherungsanstalt, Luzern

6.3 Abbildungsnachweis

Die zahlreichen Abbildungen haben einen wesentlichen Anteil an der Darstellung der verschiedenen Untersuchungstechniken im Handbuch. Ohne die bereitwillige Unterstützung durch eine grosse Zahl von Firmen, die unentgeltlich aussagekräftige Abbildungen zur Verfügung gestellt haben, wäre diese anschauliche Gestaltung des Handbuches nicht möglich gewesen. Im Namen des IP Bau allen ein herzliches Dankeschön!

APRO International SA 1180 Rolle	78, 79
Boscomer Services SA 2000 Neuchâtel	82–85
CONCRETAG Beratende Ingenieure für Bauhaltung 8052 Zürich	76, 77
EMPA, Abteilung Holz 8600 Dübendorf	96–99
Favre R. Prof. IBAP-EPFL 1015 Lausanne	178, 179
Helmut Fischer Elektronik und Messtechnik AG 6331 Hünenberg	88
Geotest 3052 Zollikofen	66, 67, 86o, 86u, 87
Imdorf Matthias 6004 Luzern	8–13, 34–38, 40
Merkel AG Ingenieurbüro 9410 Heiden	132, 133, 150–161
Müller Roman H.U. Peter AG 8052 Zürich	18–22, 62
OLYMPUS OPTICAL (Schweiz) AG 8603 Schwerzenbach	64o
PROCEQ SA 8034 Zürich	68, 69, 70o, 71, 72, 74, 75, 177
S.A.C.R. SA. Ingenieurbüro und Labor für den Strassenbau 8008 Zürich	116, 117, 120, 121
SGK Schweiz. Gesellschaft für Korrosionsschutz 8034 Zürich	166

Stahlton AG 8034 Zürich	94, 95
SVGW Schw. Verein des Gas- und Wasserfaches 8027 Zürich	163
Tiefbauamt des Kantons Luzern Brücken- und Wasserbau 6002 Luzern	63u
Tiefbauamt der Stadt Zürich Stadtentwässerung 8064 Zürich	146, 147, 148
Viaconsult AG 8050 Zürich	118, 119, 122–127
VSL Beton-Expert 8304 Wallisellen/3000 Bern	64u, 65, 80
ZWAG Zschokke Wartmann AG 5312 Döttingen	92, 93

Angabe o, u oder m bedeutet jeweils das obere, untere bzw. mittlere Bild auf der entsprechenden Seite.
Ohne ergänzende Bezeichnung gilt die Quellenangabe für alle Bilder auf der entsprechenden Seite.

Persönliche Notizen: