

Zukünftige Methoden für die Diagnose korrosionsgefährdeter Stahlbetonbauteile

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Michael Raupach
Institut für Bauforschung der RWTH Aachen, ibac

1 Allgemeines

In den letzten Jahren wurden an Bauwerken aus Stahl- und Spannbeton umfangreiche Erfahrungen mit verschiedensten Methoden zur Bauwerksdiagnose gesammelt. Dabei spielt die zerstörungsfreie Prüfung des Korrosionszustandes der Bewehrung und der Feuchtigkeit des Betons eine zentrale Rolle. Die Erfahrungen haben gezeigt, dass i.d.R. die alleinige Anwendung einzelner Methoden nur begrenzt sinnvoll ist, sondern die Zuverlässigkeit der Zustandserfassung durch die Kombination mehrerer Verfahren erheblich gesteigert werden kann. Umgekehrt stehen häufig nur begrenzte Mittel zur Verfügung, um umfangreiche Diagnosen durchführen zu können. Zukünftige Entwicklungen zielen daher i.d.R. auf eine flächendeckende Erfassung relevanter Parameter mit geringem zeitlichen und finanziellen Aufwand ab.

In diesem Beitrag wird auf ausgewählte zukünftige Methoden und Vorgehensweisen eingegangen, die derzeit entwickelt werden und voraussichtlich in wenigen Jahren zur Verfügung stehen werden.

2 Zustandsanalysen bei Betonbauwerken

Die Beschreibung und Beurteilung der vorhandenen Qualität des Kernbetons sowie insbesondere der Betonrandzone umfasst zahlreiche Kennwerte, da Beton als poröser Baustoff je nach Betonzusammensetzung und Umgebungsbedingungen unterschiedliche Porengefüge und chemische Zusammensetzungen der Porenlösung aufweist. In einzelnen sind dies:

- Mechanische Eigenschaften

- Druckfestigkeit
- Oberflächenzugfestigkeit
- Verschleißfestigkeit

- Strukturelle Eigenschaften

- Kiesnester
- Hohlstellen
- Abplatzungen
- Gefügeschädigungen durch lösenden Angriff
- Gefügeschädigungen durch treibenden Angriff
- Gefügeschädigungen durch Bewehrungskorrosion
- Oberflächenrauheit

- Rissbildungen
 - Statische / sich bewegende Risse
 - Trockene / wasserführende Risse
 - Biege- / Trennrisse
- Chemische Eigenschaften
 - Ausblühungen
 - Karbonatisierungstiefe/pH-Wert
 - Chloridverteilung
 - Sulfatverteilung
 - Verunreinigungen durch Öle, Fette, etc.
- Eigenschaften des Porengefüges
 - Porosität und Porengrößenverteilung
 - Wassergehalt
 - Wasseraufnahmekoeffizient
 - Benetzbarkeit

Die RL-SIB des DAfStb /1/ enthält eine tabellarische Zusammenstellung für mögliche Untersuchungen zur Bestimmung des Ist-Zustandes eines Bauwerkes (s. Tabelle 1). In einzelnen sind jedoch insbesondere bei komplexeren Schädigungsmechanismen weitere Untersuchungen mit Spezialverfahren sinnvoll.

3 Aktuelle Projekte zu neuen Diagnoseverfahren

3.1 Allgemeines

Im Folgenden werden drei ausgewählte Verbundforschungsprojekte kurz vorgestellt, in denen Diagnoseverfahren basierend auf neuen Messprinzipien entwickelt werden. Parallel werden derzeit dazu weitere Methoden und Verfahren insbesondere zur Detektion von Schäden an Spannstählen neu- bzw. weiterentwickelt, auf die hier nicht weiter eingegangen wird.

3.2 Einsatz von Miniatur-NMR-Sensoren zur Charakterisierung von OS-Systemen und für die Bestimmung des Wassergehaltes des Betons

In einem Verbundforschungsprojekt mit den drei Forschungsstellen Deutsches Kunststoff-Institut in Darmstadt, DKI, dem Institut für Technische Chemie und Makromolekulare Chemie sowie dem Institut für Bauforschung der RWTH Aachen im Rahmen des Zutech-Programms wird derzeit untersucht, inwiefern die Alterung von Beschichtungssystemen auf Betonoberflächen mit Hilfe eines neuentwickelten Miniatur-NMR-Sensors, der sogenannten NMR-Mouse, untersucht werden kann. Zusätzlich soll geklärt werden, inwiefern sich diese Prüftechnik für die Bestimmung von Wassergehaltsprofilen an der Betonoberfläche eignet.

Es ist geplant bis Mitte 2008 mit Hilfe des NMR-Verfahrens eine Methode zu entwickeln anhand derer die Alterung von Kunststoffbeschichtungen auf Beton in der Praxis frühzeitig bestimmt werden kann. Frühzeitig bedeutet in diesem Zusammenhang, dass Veränderungen in der Nanostruktur der Kunststoffe detektiert und weit vor einer visuell erkennbaren Schädigung aufgezeigt werden. Ziel ist es anhand der Methode zukünftig die Vorhersage der Dauerhaftigkeit von Beschichtungsmaterialien sowohl zu präzisieren als auch frühzeitiger zu ermöglichen.

Die NMR ist eine Methode, molekulare Eigenschaften von Materialien zu untersuchen, indem Atomkerne in einem magnetischen Feld mit hochfrequenten elektromagnetischen Wellen bestrahlt werden. Zur Charakterisierung von Polymeren werden häufig konventionelle NMR-Techniken genutzt. Hierbei ist jedoch eine Positionierung der Probe in der NMR-Sonde erforderlich. Die NMR-Sonde befindet sich wiederum in einem Magneten mit stark homogenem Magnetfeld. Die Untersuchung großer Oberflächen sowie der mobile Einsatz entfallen dadurch.

Die in den letzten Jahren erfolgte Entwicklung der mobilen unilateralen NMR zur Materialprüfung hebt diese Beschränkung weitgehend auf. Bei der unilateralen NMR befindet sich das zu untersuchende Objekt im inhomogenen Streufeld eines einseitig an die Probe angelegten Magneten. Die am Institut für Technische Chemie und Makromolekulare Chemie der RWTH Aachen entwickelte sogenannte „NMR-Mouse“ ist etwa faustgroß und wiegt ca. 1 kg. Um hoch auflösende Tiefenprofile von mehrlagig beschichteten Proben zu erhalten, ist der Einsatz einer „Profile NMR-Mouse“ in Kombination mit einem mechanischen Lift notwendig. Die Messtechnik soll eine Auflösung von 5-10 µm erreichen.

Derzeit erfolgt die Bereitstellung der Messtechnik, anhand derer die Leistungsmöglichkeiten ermittelt werden sollen.

3.3 Einsatz der LIBS-Technik für die flächenhafte chemische Analysen von Betonoberflächen (ILCOM)

Im Rahmen des Verbundforschungsprojektes ILCOM - Bildgebende Laseranalyse von Elementverteilungen von Baustoffen - mit Partnern aus Wissenschaft und Industrie im Rahmen des InnoNet-Programms werden derzeit zwei Demonstratoren für Geräte zur Bauwerksdiagnose auf Basis der LIBS-Technik entwickelt (s. Anlage 1).

Durch Laseremissionsspektroskopie LIBS (Laser Induced Breakdown Spectroscopy) lassen sich zahlreiche Elemente auf der Betonoberfläche detektieren. Dabei wird mit einem hochenergetischen Laserpuls auf der Betonoberfläche eine mikroskopische Materialmenge verdampft und ein Plasma erzeugt. Durch Spektralanalyse des vom Plasma emittierten Lichts können einzelne, im verdampften Volumen vorhandene Elemente anhand ihrer elementspezifischen Spektrallinien identifiziert werden, was eine quantitative Analyse von Chloriden und anderen Stoffen ermöglicht.

Eines der beiden im Rahmen des Projektes entwickelten Geräte dient als Laborgerät der schnellen Bestimmung der chemischen Bestandteile von Betonprüfkörpern und das zweite als transportables Gerät der schnellen Analyse größerer Betonflächen hinsichtlich kritischer Konzentrationen schädlicher Bestandteile auf Baustellen vor Ort, z.B. zur Schnelldetektion kritischer Chloridgehalte auf Verkehrsflächen vor oder nach einer Maßnahme zur Oberflächenvorbereitung.

Vorteile dieser Technologie sind:

- € keine aufwendige Probenvorbereitung erforderlich
- € Ermittlung von bis zu ca. 15 Elementen in einem Messgang
- € Neben der Bestimmung von schädlichen Elementen wie Schwefel oder Chlor auch qualitative Zementanalyse (Ca, O, Si, Al, Fe, Mg, Ti, Na, K) und Identifikation von Zement / Gesteinskörnung möglich
- € Messraster nahezu beliebig wählbar ab ca. 100 µm Messpunktabstand
- € Messgeschwindigkeit bis zu ca. 100 Messungen pro Sekunde möglich
- € Grenze der Detektierbarkeit kann vermutlich für Chlor bis etwa 0,05 M.-%/Zement gesteigert werden

Für das Laborgerät ergeben sich insbesondere aus der hohen Messgeschwindigkeit Vorteile in Fällen, wo mehrere Analysen wünschenswert sind, wie z.B. um Elementverteilungen in Bereichen von Rissen im Beton oder die örtliche Verteilung verschiedener Elemente gleichzeitig zu ermitteln.

Für das transportable Gerät ergeben sich folgende Anwendungsbereiche:

- € Beton-, Stahlbeton- und Spannbetonbauwerke, vorzugsweise mit Exposition in schädigender Umgebung: Parkbauten (Parkhäuser und Tiefgaragen), Brückenbauwerke, Stützwände und Tunnelbauwerke im Zuge von Straßen, Abwasserbauwerke (Kläranlagen und deren Abwasserzuleitungen insbesondere Ausstiegsbauwerke), maritime Bauwerke.
- € Schadensdiagnose durch Baustoffanalytik an geschädigten Bauwerken. Ermittlung der Schadensursachen und Aufstellung wirksamer Instandsetzungskonzepte auf der Grundlage der ermittelten Ergebnisse.
- € Bestandsaufnahme zur Abschätzung künftiger Schadensmechanismen äußerlich noch ungeschädigter Bauwerke.
- € Qualitätssicherung von Instandsetzungsmaßnahmen, z. B. Vor-Ort-Prüfung des ausreichenden Betonabtrags.
- € Qualitätsprüfung von abgeschlossenen Instandsetzungsarbeiten.

Die beiden Demonstratoren werden in Kürze fertig gestellt sein, so dass erste Erfahrungen mit dieser weiterentwickelten Technik für den Einsatz in der Bauwerksdiagnose gewonnen werden können. Die Ergebnisse der umfangreichen Testabläufe und Kalibrierversuche an definiert hergestellten Referenzprobekörpern werden in Datenbanken gespeichert und stehen für die Interpretation zukünftiger

Messungen systematisch geordnet zur Verfügung. Dabei werden auch Kennzahlen und Korrelationen zu herkömmlichen Methoden ermittelt.

3.4 Entwicklung eines selbstfahrenden Messsystems für die vollständige Diagnose von Betonoberflächen (BETOSCAN)

Eine intensive Untersuchung von korrosiven Belastungen auf Verkehrsflächen wie Parkdecks kann nach dem Stand der Technik nur punktuell und mit aufwändigen Probenahmen erfolgen. Parkhäuser weisen aber i.d.R. sehr große Flächen auf, die mit ausreichender statistischer Sicherheit untersucht werden müssen (z.B. nach RL-SIB bzw. im Rahmen von projektbezogenen Wartungsplänen nach DAfStb Heft 525).

Um große Flächen mit hoher Zuverlässigkeit intensiv mit vertretbarem Aufwand untersuchen zu können werden derzeit im Projekt BETOSCAN im Rahmen eines Innonet-Vorhabens eine selbstfahrende und selbstnavigierende Plattform für Sensoren und Messgeräte konzipiert und ein Demonstrator im Rahmen des Vorhabens aufgebaut, erprobt und für Messeinsätze zur Verfügung gestellt (s. Anlage 2). Die Plattform kann hindernisfreie Flächen selbstständig in einem vorgewählten Raster abfahren und dabei Daten ortstreu aufzeichnen. Berührungsfrei arbeitende Untersuchungsgeräte können kontinuierlich verfahren werden, während Punktmessverfahren eine entsprechende schrittweise Bewegung erfordern. Die Messgeräte, die Sensorplattform und die Steuerungseinheit werden miteinander vernetzt und die Messergebnisse in einer Datenbank organisiert. Hierfür werden ausschließlich Standardkomponenten verwendet.

Auf der Plattform werden der jeweiligen Messaufgabe angepasste Messgeräte installiert; mindestens sollen jedoch die folgenden Messparameter erfasst werden:

- ∅ Visuelle Erfassung einschließlich Risskartierung (Digitalfotos, 3D-Aufnahmen),
- ∅ Korrosionsindikation (Elektrochemische Potentialmethode),
- ∅ Chloridindikation,
- ∅ Elektrischer Widerstand des Betons (Wenner-Methode),
- ∅ Betondeckung und Lage der Bewehrung (Ultraschall, Impact-Echo, Bewehrungssucher),
- ∅ Strukturelle Schäden, Hohllagen, Abplatzungen, Rissbildungen
- ∅ Klimadaten (Feuchte-, Temperatursensor).

Weitere Parameter können nach Bedarf in das offene System integriert werden, wie z.B.

- ∅ Bewehrungsdurchmesser,
 - ∅ Risstiefe,
 - ∅ Bauteildicke,
 - ∅ Ebenheit, Gefälle,
 - ∅ Oberflächentemperatur,
-

- € Betonqualität und Festigkeit
- € Eigenschaften von Beschichtungen (Schichtdicken, Unterläufigkeiten, Ablösungen)

Da die Informationsakquisition auf der Nutzung unabhängiger Verfahren beruht wird hier ein erheblicher Interpretationsgewinn durch Informationskombination erreicht.

Das zu entwickelnde Gerät soll es ermöglichen, mindestens 2000 m² Parkdeck pro Tag in einer ausreichenden Messdichte zu untersuchen und die Messungen zu dokumentieren. Es soll von einer Person bedient und überwacht werden können.

Das Gerät soll keine Roboterfunktionen haben (z. B. Hinderniserkennung, eigene Intelligenz zur Lösung der Messaufgabe) aber eine definierte Messaufgabe zuverlässig und automatisch abarbeiten. Testmessungen und die Praxiserprobung sollen an mehreren Parkhäusern durchgeführt werden.

Die Anwendungsmöglichkeiten des Systems lassen sich grob in zwei Kategorien einteilen:

1) Schadensdiagnose

Das System bietet die Möglichkeit, ein Schadenskataster über große Flächen aufzunehmen wobei der Umfang der Untersuchungen durch den jeweiligen Anwendungsfall definiert werden kann, oder im Maximalfall durch den Einsatz aller verfügbaren Messverfahren bestimmt wird. Die Ergebnisse der Untersuchungen können durch die Integration weiterer Daten (Bilder, Pläne, vorhandene Diagnosen) ergänzt werden. Die Datenverwaltung erfolgt innerhalb einer spezifisch strukturierten Datenbank.

Durch die Automatisierung wird eine große Flächenabdeckung bei gleichzeitig enger Ortsauflösung erreicht, die beim manuellen Einsatz der Verfahren oder der punktuellen Untersuchung nicht gegeben ist. Somit ist für den sachkundigen Planer eine Eingrenzung der Schadstellung und Ermittlung des Schadensumfanges zuverlässig möglich. Das System bietet dem Bauwerkseigentümer eine sichere Planungsgrundlage des Instandsetzungsaufwandes und ermöglicht Kosteneffizienz bei Bau- und Sanierungsmaßnahmen durch systematische Eingrenzung geschädigter Bereiche.

2) Qualitätssicherung

Eine weitere Aufgabe ist die Qualitätsprüfung und -dokumentation nach erfolgten Instandsetzungsmaßnahmen bzw. nach der Neukonstruktion. Das System kann dem Anwender Zustandsdiagnosen liefern, die im Rahmen einer Qualitätssicherung nach Sanierung/Neubau auf den Erfolg der Maßnahme bzw. auf die fachgerechte Ausführung schließen lassen. Durch die große Flächenabdeckung kann abgeschätzt werden, ob alle behandelten Flächen die Qualitätsanforderungen erfüllen, bzw. ob es Bedarf für Nacharbeiten gibt.

Das Verbundforschungsprojekt hat zu Beginn dieses Jahres gestartet.

4 Zusammenfassung und Ausblick

Eine zuverlässige Bauwerksdiagnose ist Voraussetzung für eine effektive Planung von Schutz- und Instandsetzungsmaßnahmen.

Es wurden drei Verbundforschungsprojekte kurz vorgestellt, in denen neue Diagnoseverfahren entwickelt werden, die zukünftig eine wirtschaftliche Erfassung relevanter Bauwerkseigenschaften ermöglichen sollen.

Insbesondere durch den automatisierten und zeitgleichen Einsatz mehrerer Verfahren können detaillierte Bewertungen des Bauwerkszustandes und bei Implementierung geeigneter Schädigungsmodelle der zu erwartenden zukünftigen Entwicklung erfolgen. Weiterhin werden durch die Kenntnis der örtlichen Verteilung relevanter Parameter wie Potentiale, Betondeckungen etc. differenzierte automatische Auswertungen hinsichtlich der technisch sinnvollsten Schutz- und Instandsetzungsmaßnahmen ermöglicht, wie z.B. die Einteilung größerer Flächen in abgegrenzte Bereiche, die mit unterschiedlichen Verfahren behandelt werden sollten, z.B. durch präventive Schutzmaßnahmen, traditionelle oder neuere elektrochemische Instandsetzungsmaßnahmen.

Wenn erste Erfahrungen mit der automatischen Analyse des Zustandes, der zukünftigen Schadensentwicklung und der Auswahl der zweckmäßigsten Schutz- oder Instandsetzungsmethode vorhanden sind, können auch wirtschaftliche Bewertungen mit in die Auswertesoftware einbezogen werden. Dazu können beispielsweise über Datenbanken vorgegebene Einheitspreise mit in die Auswertelgorithmen integriert werden.

5 Literatur

- /1/ Deutscher Ausschuss für Stahlbeton ; DAfStb-Instandsetzungs-Richtlinie: Schutz und Instandsetzung von Betonbauteilen. Teil 1: Allgemeine Regelungen und Planungsgrundsätze. Teil 2: Bauprodukte und Anwendung. Teil 3: Anforderungen an die Betriebe und Überwachung der Ausführung. Teil 4: Prüfverfahren. Ausgabe Oktober 2001. Berlin : Deutscher Ausschuss für Stahlbeton

Tabelle 1: Untersuchung des Ist-Zustandes eines Bauwerks (Beispiele nach RL-SIB)

	Kriterien zur Beschreibung des Ist-Zustandes	Untersuchungsmethoden, Hilfsmittel	Untersuchungsergebnisse und Bewertung
	1	2	3
1	Umgebungs- und Nutzungsbedingungen		
1.1	Mechanische Einwirkungen (z. B. Fahrzeuganprall, Überlastung)	Inaugenscheinnahme	Bewertung im Einzelfall
1.2	Physikalische und chemische Einwirkung (z. B. von Temperatur, Feuchte, Frost, Tausalzen, Gasen, Ölen, Fetten)	Messungen, Erkundungen	Angabe über Art und Umfang der Einwirkungen, Bewertung im Einzelfall
1.3	Einwirkungen aus Betrieb (Reinigung, Wartung)	Auswertung von Protokollen, z. B. der Streckenwartung	Häufigkeit und Art der Reinigung, Reinigungsmittel, Bewertung im Einzelfall
1.4	Zugänglichkeit	Örtliche Feststellungen	Bewertung im Einzelfall (Hinweis auf Zugänglichkeit und/oder Unzugänglichkeit, evtl. auf Geräte und Beleuchtung)
2	Bauwerks- und Bauteileigenschaften		
2.1	Brückenklasse, statisches System	Bauwerksbuch, Bauwerksakten	Bewertung im Einzelfall
2.2	Herstellungsbedingungen (z. B. Witterung, Besonderheiten)	Bautagebuch, Wetteramt, Bauwerksakten	Bewertung im Einzelfall
2.3	Optischer Eindruck (z. B. Abplatzungen, Risse, Rostfahnen, Ausblühungen, Verschmutzungen, Absandungen)	Inaugenscheinnahme, Rissaufnahme, z. B. mit Risslupe	Lokalisierung und Ausmaß, Bewertung im Einzelfall
2.4	Hohlstellen	Abklopfen, Impuls-Echo-Verfahren	Lokalisierung und Ausmaß, Bewertung im Einzelfall
2.5	Betondeckung	Induktivitätsmessungen, Anbohren	Bewertung durch Vergleich mit den Anforderungen
2.6	Verformung, Zwang, Pressungen	Messungen und Berechnungen	Bewertung im Einzelfall
2.7	Entwässerung, Abdichtung, Belag, Fugen	Inaugenscheinnahme, Abklopfen, ggf. Öffnen und/oder Messen	Bewertung nach dem Zustand und dem Grad der Funktionsfähigkeit
2.8	Fahrbahnübergänge, Einbauten	Inaugenscheinnahme	
2.9	Bewehrungskorrosion	Elektrochemische Potentialmessung	Lokalisierung von Bewehrungskorrosion in Stahlbetonbauwerken
3	Baustoffeigenschaften		
3.1	Druckfestigkeit	Zerstörungsfreie Prüfung („Schmidt-Hammer“), in begründeten Einzelfällen zerstörende Prüfung durch Entnahme von Bohrkernen; DIN 1048-2	Nennfestigkeit, Vergleich mit geforderten Werten
3.2	Oberflächenzugfestigkeit	Geregeltes Abreißprüfgerät a) Oberfläche b) ggf. tiefer liegende Schichten (Profilaufnahme); DAfStb-Heft 420	Vergleich mit geforderten Werten. Falls nicht ausreichend, Überprüfung des Festigkeits- und Verformungsverhaltens
3.3	Korrosion der Bewehrung	Augenscheinliche Betrachtung	Zur Bewertung sind sowohl die Absolutwerte als auch die gegenseitigen Abhängigkeiten der einzelnen Baustoffeigenschaften in ihrer Gesamtheit zu berücksichtigen. Grenzwerte einzelner Baustoffeigenschaften werden daher nicht angegeben
3.4	Karbonatisierung	Phenolphthalein, Thymolphthalein. DAfStb-Heft 422	
3.5	Chloridbelastung	DAfStb-Heft 401	
3.6	Gesamtporosität, Kapillarität	z. B. nach DIN 52 103	
3.7	Wasseraufnahmekoeffizient	z. B. nach DIN 52 617	

Anhang 1: Projektbeschreibung ILCOM (1)



Der beschriebene methodische Ansatz soll im ILCOM-Projekt anhand von zwei Demonstratoren erprobt werden. Demonstrator I erlaubt die Laseranalyse von Betonproben unter Laborbedingungen bei flexibler Wahl der Scanflächen, der zu analysierenden Elemente und der Messparameter. Er dient als Technologieplattform zur Methodenentwicklung. Demonstrator II ist ein für den Vor-Ort Einsatz konzipiertes transportables System, zugeschnitten auf die schnelle Chloridbestimmung an definierten Probengeometrien. Auf der Basis der mit dem Demonstrator I gewonnenen Erkenntnisse, wird Demonstrator II kompakt, robust und für eine einfache Bedienbarkeit ausgelegt. Demonstrator II wird beispielhaft in Feldversuchen erprobt.

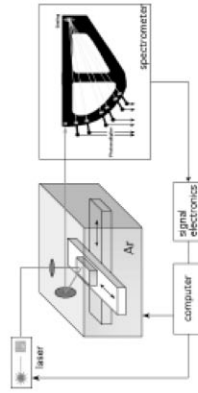
Die Analyse von Baustoffen leistet im Rahmen der Schadensdiagnose an Bauwerken einen entscheidenden Beitrag zur Standsicherheit und Dauerhaftigkeit bestehender Konstruktionen. Durch zuverlässige Analyseverfahren werden Schäden erkannt und deren Ursachen bestimmt. Die Ergebnisse bilden die Grundlage für zu ergreifende Instandsetzungsmaßnahmen.

Im Verbundprojekt ILCOM soll das Verfahren der bildgebenden Laseranalyse von Elementverteilungen auf Baustoffoberflächen anhand von Demonstratoren in Labor- und Feldtests entwickelt und erprobt werden. Dabei kommt die Laser-induzierte Breakdown Spektroskopie (LIBS) zum Einsatz, um erstmals die Möglichkeit einer schnellen, simultanen, bis zur Mikrostruktur aufgelösten, zweidimensionalen Ermittlung von Elementgehalten von Baustoffen zu bieten.

Gegenüber den klassischen Verfahren bietet dieser Verfahrensansatz folgende Vorteile:

- keine aufwändige Probenaufbereitung durch direkte Messung an der Baustoffoberfläche,
- Ermittlung einer Vielzahl von Elementgehalten in einem Messvorgang,
- Erfassung der Elementgehalte auf einem wesentlich engeren Messrastraster,
- bildgebende Darstellung der Elementgehalte der untersuchten Baustoffoberfläche.

Bei der LIBS-Analyse wird an jedem Messpunkt eine mikroskopische Materialmenge verdampft und zu elementspezifischer Strahlungsemission angeregt. Auf diese Weise können in kurzer Zeit „Elementlandkarten“ als Bilder erstellt werden, in denen die örtliche Verteilung und die Konzentrationen in den Elementen dargestellt sind.



Schematische Darstellung des Aufbaues des Demonstrators I.

Die Kooperation

Das Projektconsortium umfasst drei Forschungseinrichtungen (BAM, Fraunhofer Gesellschaft, RWTH Aachen) mit Fachwissen auf den Gebieten Materialprüfung, Baustoffkunde, Lasertechnik, Bauforschung sowie sieben kleinen- und mittelständische Unternehmen mit Produkten und Dienstleistungen, die für das Bauwesen, die bildgebende Laseranalyse und deren Anwendung bedeutsam sind. Das

Bildgebende Laseranalyse von Elementverteilungen von Baustoffen (ILCOM – Imaging Laser analysis of Construction Materials)

Das Projekt

Die Analyse von Baustoffen leistet im Rahmen der Schadensdiagnose an Bauwerken einen entscheidenden Beitrag zur Standsicherheit und Dauerhaftigkeit bestehender Konstruktionen. Durch zuverlässige Analyseverfahren werden Schäden erkannt und deren Ursachen bestimmt. Die Ergebnisse bilden die Grundlage für zu ergreifende Instandsetzungsmaßnahmen.

Im Verbundprojekt ILCOM soll das Verfahren der bildgebenden Laseranalyse von Elementverteilungen auf Baustoffoberflächen anhand von Demonstratoren in Labor- und Feldtests entwickelt und erprobt werden. Dabei kommt die Laser-induzierte Breakdown Spektroskopie (LIBS) zum Einsatz, um erstmals die Möglichkeit einer schnellen, simultanen, bis zur Mikrostruktur aufgelösten, zweidimensionalen Ermittlung von Elementgehalten von Baustoffen zu bieten.

Gegenüber den klassischen Verfahren bietet dieser Verfahrensansatz folgende Vorteile:

- keine aufwändige Probenaufbereitung durch direkte Messung an der Baustoffoberfläche,
- Ermittlung einer Vielzahl von Elementgehalten in einem Messvorgang,
- Erfassung der Elementgehalte auf einem wesentlich engeren Messrastraster,
- bildgebende Darstellung der Elementgehalte der untersuchten Baustoffoberfläche.

Bei der LIBS-Analyse wird an jedem Messpunkt eine mikroskopische Materialmenge verdampft und zu elementspezifischer Strahlungsemission angeregt. Auf diese Weise können in kurzer Zeit „Elementlandkarten“ als Bilder erstellt werden, in denen die örtliche Verteilung und die Konzentrationen in den Elementen dargestellt sind.

Barg Baustofflabor Berlin BARG Betontechnik GmbH
 Dr.-Ing. Mario Friedmann
 Posdamer Str. 23/24
 14163 Berlin
 Tel.: 030 80192-0
 Fax: 030 8021177
 E-Mail: friedmann@barg-baustofflabor.de
 www.barg-betontechnik.de

Branche: Prüfung von Güte und Eigenschaften von Beton und anderen Baustoffen, Erstellung von Gutachten
Projektschwerpunkte: Anforderungsanalyse, Proben- und Referenzanalysen, Probenahme, Erprobung in Feldversuchen, Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen

Biffinger Berger AG

Dip.-Ing. Jürgen Krahms
 Carl-Reiß-Platz 1-5
 68165 Mannheim
 Tel.: 0621 459-2764
 Fax: 0621 459-2867
 E-Mail: juergen_krahms@biffinger.de
 www.biffinger.de

Branche: Bauunternehmung
Projektschwerpunkte: Datenbank, Kalibrierung, Anforderungen an Demonstrator II, Erprobung des Demonstrators II in Feldversuchen

Tel.: 02821 97708-0
 Fax: 02821 97708-10
 E-Mail: jzech@quantron.info
 www.quantron.info
Branche: Entwicklung, Herstellung und Vertrieb von Analysegeräten aller Art
Projektschwerpunkte: Spektrometer, Schnittstellen zur Signal Elektronik und Integration in die Demonstratoren, Auslegung und Charakterisierung IR-empfindlicher Channeltrons

NOKRA Optische Prüftechnik und Automation GmbH

Dipl.-Ing. Michael Krauhausen
 Max-Planck-Str. 12
 52499 Baesweiler
 Tel.: 02401 6077-0
 Fax: 02401 6077-11
 E-Mail: mkrauhausen@nokra.de
 www.nokra.de

Branche: Optische Mess- und Prüfanlagen
Projektschwerpunkte: Ansteuerung der Komponenten, Bedienung, Struktur Datenbank, Integration der Komponenten

Spacht, Kalleja + Partner GmbH, Ingenieurbüro für Bauwesen

Dipl.-Ing. André Molkenthin
 Reuchlinstr. 10-11
 10553 Berlin
 Tel.: 030 349772-0
 Fax: 030 349772-66
 E-Mail: molkenthin@skp-ingenieure.com
 www.skp-ingenieure.com

Branche: Beratende Ingenieure für das Bauwesen
Projektschwerpunkte: Anforderungsanalyse, Probenahme, Auslegung des Demonstrators II, Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen

Ein Förderprogramm des



VDI VDE IT
 Rheinstraße 10B, 14513 Teltow
 www.vdvde-it.de/innoNet

Kontakt

Tel.: 03328 435-136
 Fax: 03328 435-189
 inno.eto@vdvde-it.de

Anhang 1: Projektbeschreibung ILCOM (2)

von den Projektpartnern in das Konsortium eingebracht
Fachwissen auf den relevanten Teilgebieten ergänzt sich
und ist die Voraussetzung für die erfolgreiche Durchfüh-
rung des Vorhabens.

Von den Forschungspartnern werden die grundlegenden
Untersuchungen zur Realisierung des Verfahrens und zur
Optimierung der Verfahrensparameter durchgeführt. Ge-
meinsam mit den Projektpartnern aus der Industrie wird
hierzu – basierend auf einer Anforderungsanalyse – ein De-
monstrator I aufgebaut, der in einem ersten Schritt unter
Laborbedingungen getestet wird. Demonstrator I soll dazu
dienen, die Verfahrensparameter zu evaluieren, um mit
den gewonnenen Erkenntnissen die Rahmenbedingungen
für den Demonstrator II festlegen zu können. Demonstra-
tor II soll unter praxisrelevanten Bedingungen vor Ort ein-
gesetzt werden und muss deshalb besonderen Anforder-

ungen, was die Kompaktheit, Robustheit und Portabilität
anbelangt, genügen. Mit dem Demonstrator II soll an-
schließend die Tauglichkeit und die Wirtschaftlichkeit des
in diesem Vorhaben untersuchten Ansatzes zur schnellen
Baustoffanalyse validiert werden.

Im Projekt wird durch die Zusammenführung von For-
schungseinrichtungen, Geräteentwicklern und Endanwen-
dern ein Netzwerk gebildet, um eine neuartige Analysetech-
nik im Bauwesen einzuführen. Durch die enge Zusammen-
arbeit der Industriepartner mit den Forschungseinrich-
tungen wird ein kontinuierlicher Know-how-Transfer ermög-
licht und in Synergie eine neue Technik entwickelt. Der pro-
jektbegleitende Anwenderkreis sorgt während der gesamt-
ten Entwicklung für eine Ausrichtung an den Erfordernissen
der Baupraxis.

Die Perspektiven

Die Forschungsergebnisse des Gemeinschaftsprojektes wer-
den in vorhandene Entwicklungs- und Produktionslinien,
sowie das Dienstleistungsangebot der beteiligten Unter-
nehmen integriert. Ziel des Projektes ist es, mit der neu ent-
wickelten Technologie den Unternehmen die Ausgangs-
basis für neue Produkte und damit eine Markterweiterung
zu schaffen.

Das Verfahrenskonzept ist bewusst modular ausgelegt, so
dass für die einzelnen Module ein direkter Marktzugang er-
möglichst wird. Somit werden neben unmittelbaren Anwen-
dungen des Verfahrens in der Baustoffbranche auch neue
und weiterentwickelte Produkte in den Branchen Laserent-
wicklung, Mechatronik, Spektrometrie, Baustoffanalytik so-
wie Mess- und Sensortechnik verfügbar sein.

Das Projekt im Überblick

Bildgebende Laseranalyse von Elementverteilungen
von Baustoffen (ILCOM – Imaging Laser analysis of
Construction Materials)

Technologiefeld / Branche: Lasergestützte Analyse
von Baustoffen

Laufzeit: 01.01.2005 bis 31.12.2007

Projektkosten: 1.318.166 Euro

Fordersumme: 759.666 Euro

Projektpartner Forschung:

Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung

(Kordinator)

Dipl.-Phys. Gerd Wilsch

Fachgruppe IV/4

Unter den Eichen 87

12205 Berlin

Tel.: 030 8104-3258

Fax: 030 8104-1447

E-Mail: gerd.wilsch@bam.de

www.bam.de/fg-44.htm

Projektschwerpunkte:

Bildgebende Laseranalyse von
Betonproben unter Vor-Ort Bedingungen, Aufbau des
Demonstrators II, Auswertverfahren und Referenzproben

Fraunhofer-Institut für Lasertechnik

Fraunhofer Gesellschaft, FHG

Dr. Volker Sturm

Sternbachstraße 15

52074 Aachen

Tel.: 0241 8906-124

Fax: 0241 8906-121

E-Mail: volker.sturm@ilt.fraunhofer.de

www.ilt.fraunhofer.de

Projektschwerpunkte: Untersuchung von Verfahren und
optischen Komponenten für die bildgebende Laseranalyse
von Elementverteilungen in Baustoffen

Institut für Bauforschung RWTH Aachen

Prof. Dr.-Ing. Michael Raupach

Schinkelstr. 3

52062 Aachen

Tel.: 0241 80-95104

Fax: 0241 80-92139

E-Mail: raupach@ibac.rwth-aachen.de

www.ibac.rwth-aachen.de

Projektschwerpunkte: Kalibrierverfahren für die
bildgebende Laseranalyse von Betonproben und
Erprobung der Demonstratoren I und II

Projektpartner Industrie:

Photon Energy AWL GmbH

Dr. Hans Amler

Braunleinsberg 10

91242 Ottensoos

Tel.: 09123 99034-0

Fax: 09123 99034-22

E-Mail: amler@photon-energy.de

www.photon-energy.de

Branche: Entwicklung, Fertigung und Vertrieb von
Laserstrahlquellen

Projektschwerpunkte: Laserstrahlquelle, Erzeugung
von Pulsfolgen, Synchronisation mit Signaldetektion

Feinmess Dresden GmbH

Dipl.-Ing. Mark Böttger

Fritz-Schreier-Str. 32

01259 Dresden

Tel.: 0351 88585-22

Fax: 0351 88585-25

E-Mail: boettiger@feinmess.de

www.feinmess.de

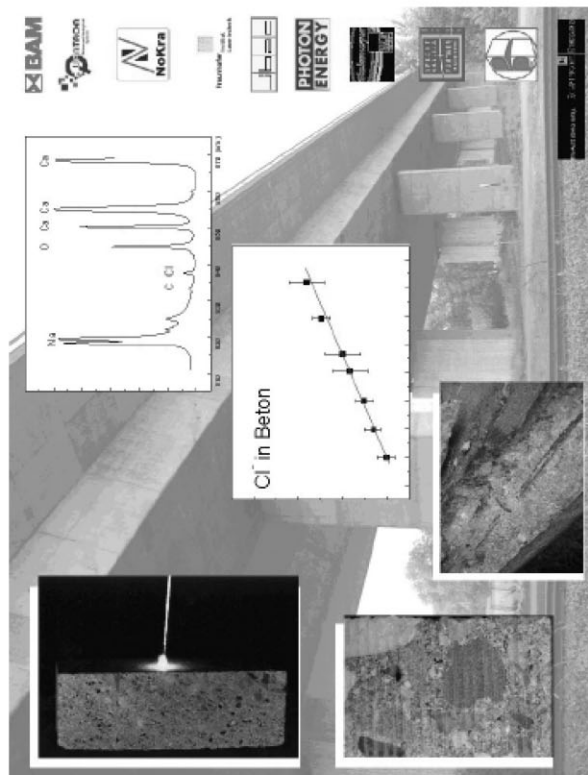
Branche: Spezialanbieter mechatronischer Systeme
Projektschwerpunkte: Verfahrsachsen, Tauglichkeit
bzgl. Spulgasen und Stäuben, Zuordnung Wegsignale
zu spektroskopischen Signalen

Quantron GmbH

Jürgen Zech

Tiergartenstraße 64

47533 Kleve



Prüfobjekt, Messung, Ergebnis und die am Projekt beteiligten Partner.

Anhang 2: Projektbeschreibung BETOSCAN (1)



Ultraschallsensarray auf einem Referenzkörper mit Spannkanal (BAW)

Parkdeck Multisensorik – selbst fahrendes Scannersystem für Betonflächendiagnosen (BETOSCAN)

Das Projekt

Das Ziel des Projektes ist die Entwicklung einer Prüfplattform zur Schadensdiagnose auf ebenen Betonflächen, wie z. B. Parkdecks. Das zu entwickelnde Prüf- und Bewertungssystem soll die Anforderung erfüllen, ca. 400 m² Parkdeck pro Tag in hoher Flächenmessdichte zu untersuchen und die Ergebnisse der Aus- und Bewertungsverfahren zu dokumentieren. Es soll von einer Person bedient und überwacht werden können. Hierzu werden bereits erprobte und auch neu entwickelte Sensoren und Verfahren zum Einsatz kommen, die entsprechend der jeweiligen Fragestellung automatische Prüfungen durchführen und die Messergebnisse in einer integrierten Datenbank verwalten. Da die Informationsakquisition auf der Nutzung unabhängiger Verfahren beruht, wird hier ein erheblicher Interpretationsgewinn durch Informationskombination erreicht.

Die Anwendungsmöglichkeiten des Systems sind die Schadensdiagnose und die Qualitätssicherung. Die Plattform bietet die Möglichkeit, ein Schadenskataster über große Flächen aufzunehmen, wobei der Umfang der Untersuchungen durch den jeweiligen Anwendungsfall definiert werden kann, oder im Maximalfall durch den Einsatz aller verfügbaren Messverfahren bestimmt wird. Die Ergebnisse der Untersuchungen können durch die Integration weiterer Daten (Bilder, Pläne, vorhandene Diagnosen) ergänzt werden. Die Datenverwaltung erfolgt in einer anwendungsspezifischen Datenbank. Durch die Automatisierung wird eine große Flächenabdeckung bei gleichzeitig hoher Ortsauflösung erreicht, die beim manuellen Einsatz der Verfahren oder der punktuellen Untersuchung nicht gegeben ist. Somit sind für den sachkundigen Planer eine Eindringung der Schadstelle und die Ermittlung des Schadensumfanges zuverlässig möglich. Das System bietet dem Bauwerksentwerfer eine sichere Planungsgrundlage des Instandsetzungsaufwandes und ermöglicht Kosteneffizienz bei Bau- und Sanierungsmaßnahmen durch systematische Eingrenzung geschädigter Bereiche.

Eine weitere Aufgabe ist die Überprüfung und Dokumentation der Qualität nach erfolgten Instandsetzungsmaßnahmen bzw. nach der Neukonstruktion. Das System liefert dem Anwender Zustandsdiagnosen, die im Rahmen einer Qualitätssicherung nach Sanierung / Neubau auf den Erfolg

der Maßnahme bzw. auf die fachgerechte Ausführung schließen lassen. Durch die große Flächenabdeckung kann abgeschätzt werden, ob alle behandelten Flächen die Qualitätsanforderungen erfüllen oder ob es Bedarf für eine Nachbehandlung gibt.

Es gibt gegenwärtig viele Untersuchungsverfahren, mit denen eine Diagnose von Schäden an Parkhausdecks möglich ist. Die meisten dieser Verfahren werden jedoch nur punktuell, begrenzt eingesetzt, da die Prüfdurchführung aufwändig und teuer ist. Da keine gesetzliche Verpflichtung besteht, Parkhäuser regelmäßig und vorbeugend zu überprüfen, werden Untersuchungen in der Regel erst nach dem Auftreten erkennbarer Schäden an der Oberfläche geplant. Hier obliegt es dem Fachingenieur, gefährdete Bereiche zu erkennen und einzugrenzen und somit eine örtlich eingeschränkte Vorauswahl von Untersuchungsfeldern zu treffen.

Es besteht daher ein großer Bedarf, Parkhausdecks großflächig sowie gleichzeitig kosten- und zeiteffizient zu untersuchen, um Folgeschäden rechtzeitig zu erkennen und diese durch frühzeitige Reparaturmaßnahmen zu vermeiden. Es ist nicht möglich, Punktmessverfahren manuell auf großen Flächen anzuwenden, da der Zeitaufwand für die Durchführung wirtschaftlich nicht vertretbar ist. Nur die gleichzeitige automatisierte Anwendung mehrerer Verfahren kann hier zu nutzbaren Ergebnissen führen. Die Entwicklung der Diagnoseverfahren hat in den letzten Jahren große Fortschritte gemacht. Moderne Rechner- und innovative Sensoren und die weitere Miniaturisierung von Modulen und Komponenten bietet die Möglichkeit der räumlichen Integration verschiedener Verfahren in einem Prüfsystem. Im Rahmen einer fortschrittlichen Multisensorik, sollen alle Sensormodule eingesetzt werden können, deren Ziel der Lösung der anliegenden ausbaupfezifischen Fragestellungen sinnvoll ist.

© VDW-IT 150/09/04/2

CITeC Concrete Improvement Technologies GmbH
 Dr. Ulrich Schneck
 Dresdner Straße 42
 01462 Cosselbaude
 Tel.: 0351 43601-30
 Fax: 0351 43601-34
 E-Mail: ulrich.schneck@citec-online.com
 www.citec-online.com
Branche:
 Bauwerksdiagnose

Projektschwerpunkte:
 Elektrochemische Methoden, Softwareentwicklung für bildgebende Ergebnisdarstellung

Germann Instruments, In-Situ Test Systems
 Claus Germann
 Emdrupvej 102
 2400 Copenhagen / Dänemark
 Tel.: +45 39 677-11
 Fax: +45 39 677-167
 E-Mail: germann@post6.tele.dk
Branche:
 Bauwerksdiagnose

Projektschwerpunkte:
 Bewertung und Systemtest, Entwicklung von Dienstleistungen

Acoustic Control Systems Ltd.
 Dr. Andrey A. Samokrutov
 St. Usachev a 35 Build. 1
 119048 Moskau / Russland
 Tel.: +7 95 245-5656
 Fax: +7 95 245-8888
 E-Mail: secretary@acsys.ru
 www.acsys.ru
Branche:
 Akustische Messtechnik

Projektschwerpunkte:
 Entwicklung und Herstellung geeigneter Ultraschallprüfköpfe

Arxes Information Design Berlin GmbH
 Ralf Schallert
 Maxstraße 3a
 13347 Berlin
 Tel.: 030 46063-465
 Fax: 030 46063-299
 E-Mail: ralf.schallert@arxes-berlin.de
 www.arxes-berlin.de
Branche:
 IT/Dienstleistungen

Projektschwerpunkte:
 IT-Lösung zur Datenerfassung und Systemautomation

IGF Ingenieur-Gesellschaft für Bauwerksinstandsetzung GmbH
 Dipl.-Ing. Susanne Gieler-Breißner
 Küblerstraße 7
 73079 Sülben
 Tel.: 07162 93310-0
 Fax: 07162 93310-20
 E-Mail: gieler-bressner@igf-beton.de
 www.igf-beton.de
Branche:
 Ingenieurbüro für Bauwerksinstandsetzung

Projektschwerpunkte:
 Anforderungsanalyse, Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen, Bereitstellung und Untersuchung von Referenzobjekten

Sika Deutschland GmbH
 Andreas Kraus
 Kornwestheimer Straße 103-107
 70439 Stuttgart
 Tel.: 0711 8009-0
 Fax: 0711 8009-321
 E-Mail: kraus.andreas@de.sika.com
 www.sika.com
Branche:
 Bauchemie

Projektschwerpunkte:
 Anforderungsanalyse, Qualitätssicherung, Bereitstellung von Referenzmaterialien

Ein Förderprogramm des

 Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie
Projekträger
VDI VDE IT
 Steinplatz 1, 10623 Berlin
 www.vdi-vde-t.de/innonet
Kontakt
 Tel.: 030 310078-136
 Fax: 030 310078-189
 InnoNet@vdi-vde-t.de

Anhang 2: Projektbeschreibung BETOSCAN (2)

Fraunhofer-Institut für Zerstörungsfreie Prüfverfahren (FHG-IZFP)

Dr. rer. nat. Dr.-Ing. e.h. Gerd Dobmann
Universität des Saarlandes, Universität, Geb. 37
66123 Saarbrücken
Tel.: 0681 9302-3855
Fax: 0681 9302-5933
E-Mail: dobmann@izfp.fhg.de
www.izfp.fhg.de

Projektschwerpunkte:
numerische Simulation und Auswertung, Realisierung der Prüfsysteme, Prototypenbau

Institut für Bauforschung (IBAC) der RWTH Aachen

Prof. Dr.-Ing. Michael Raupach
Schinkelstraße 3
52062 Aachen
Tel.: 0241 80-95104
Fax: 0241 80-92139
E-Mail: raupach@bac.rwth-aachen.de
www.bac.rwth-aachen.de

Projektschwerpunkte:
Schadens- und Bauzustandsanalyse hinsichtlich Bewehrungskorrosion, Entwicklung von Methoden zur Bewertung und Instandsetzung von Betonbauteilen

Projektpartner Industrie

Specht, Kalleja + Partner GmbH, Ingenieurbüro für Bauwesen (SKP)

Dipl.-Ing. André Molkenthin
Reuchlinstraße 10-11
10553 Berlin
Tel.: 030 349772-0
Fax: 030 349772-66
E-Mail: molkenthin@skp-ingenieure.com
www.skp-ingenieure.com

Branche:

Beratende Ingenieure für das Bauwesen

Projektschwerpunkte:

Anforderungsanalyse, Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen, Bereitstellung und Umiersuchung von Referenzobjekten

GPS GmbH, Abteilung Robotics Neobotix

Dr.-Ing. Oliver Barth
Nobelstraße 12
70569 Stuttgart
Tel.: 0711 687031-50
Fax: 0711 687031-55
E-Mail: barth@neobotix.de
www.neobotix.de

Branche:

Industriearbeitung

Projektschwerpunkte:

Entwicklung, Anpassung und Herstellung der Roboterplattform

gibt Anforderungen an das System und beurteilt die im Verlauf des Projektes erzielten Teilergebnisse und Meilensteine. Der Kreis wird sich aus Parkhausbetreibern, Ingenieurbüros, Sachverständigen, Ingenieuren und Wissenschaftlern zusammensetzen, wobei das Hauptaugenmerk auf der Nutzbarkeit der Ergebnisse in der Anwendung und in der Wirtschaftlichkeit (Kosten/Nutzen-Abschätzung) liegt.

Das Transferkonzept innerhalb des Projektes zeichnet sich durch eine sichtbare, starke Transparenz aus. Durch intensive, teilweise langjährige persönliche Kontakte der beteiligten Verbundpartner untereinander hat sich eine sehr zuverlässige Kommunikation etabliert. Die vorgesehenen Projekt-treffen und die Verfolgung der Meilensteinplanung dienen der Überwachung des technischen Fortschritts, so dass jeder Verbundpartner jederzeit über den gegenwärtigen Stand informiert wird. Die regulären Treffen werden zum Anlass genommen, eine Ergebnisverantwortung abzustimmen. Die Partner verständigen sich regelmäßig über publizierbare, nicht geheime Ergebnisse, die dann ohne Einschränkungen verbreitet werden können. Neben regelmäßigen Publikationen, die vor allem von den Forschungseinrichtungen übernommen werden, demonstriert auch die Einrichtung einer eigenen Webseite den Fortschritt des Projektes nach außen. Weiterhin ist geplant, öffentliche Vortragsreisen im Rahmen von Workshops durchzuführen um zusammen mit den Publikationen eine marktfördernde Aufmerksamkeit für das Projekt zu erreichen. Durch die Mitarbeit verschiedener Partner in nationalen und internationalen Gremien sind weitere Netzwerkkonstellationen für eine zügige Verbreitung der neuen Erkenntnisse realisierbar und damit verbunden ist eine rasche Erschließung großer Märkte gegeben.

Das Projekt im Überblick

Parkdeck Multisensorik – selbst fahrendes Scannersystem für Betonflächenanalysen (BETOSCAN)

Technologiefeld / Branche: Zerstörungsfreie Prüfungen im Bauwesen, Qualitätssicherung von Instandsetzungsmaßnahmen, Geräteentwicklung, Automatisierung von Prüfsystemen

Laufzeit: 01.01.2007 bis 31.12.2009

Projektkosten: 788.545 Euro

Förderungssumme: 602.688 Euro

Projektpartner Forschung

Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM), Fachgruppe VIII.2

(Koordinator)
Dr. Herbert Wiggenhauser
Unter den Eichen 87
12200 Berlin
Tel.: 030 8104-3258
Fax: 030 8104-1447

E-Mail: herbert.wiggenhauser@bam.de
www.bam.de/fg-82.htm

Projektschwerpunkte:

Projektkoordinator, Entwicklung und Implementierung von Sensoren für automatisierte Messungen, Systemtest

Bereich der Betoninstandsetzung, die heute mit konventionellen Verfahren arbeiten. In Deutschland sind in diesem Bereich mehrere Hundert private und öffentliche Einrichtungen tätig. Es besteht ein großer Bedarf, Betonflächen wie z. B. Parkhausdecks großflächig, kosten- und zeiteffizient zu untersuchen, um Folgeschäden zu erkennen und zu vermeiden. Da herkömmliche Prüfungen zeitaufwendig und teuer sind, kann eine Automatisierung für Kosteneinsparung sorgen.

Der Einsatz des Prüfsystems ermöglicht die umfassende Schadensdiagnose als Basis für ein erfolgreiches Sanierungskonzept. Durch eine umfassende on-line-Überwachung von Baumaßnahmen wird die Qualitätssicherung erst gewährleistet. Untersuchungen als Dienstleistung können vermarktet werden. Weitere wirtschaftliche Ziele liegen in der Weiterentwicklung der bereits im Konsortium vorhandenen Geräte, sowie die Ausstattung und Zulieferung von Systemkomponenten für das geplante Diagnosesystem. Es ist abzusehen, dass weitere Produktentwicklungen angestoßen werden, die sich jedoch zum gegenwärtigen Zeitpunkt nicht genau spezifizieren lassen. Als Marktsegment ist auch der Verkauf von Systemen zur zerstörungsfreien Prüfung von Baukonstruktionen mittels automatisierter Prüfverfahren zu nennen. Hierbei wird besonders die Automatisierung und Kombination solcher Verfahren als Innovation hervorgehoben, da dies als Fortschritt gegenüber der manuellen Einzelprüfung anzusehen ist.

Auch die Qualitätsprüfung und -dokumentation nach erfolgten Instandsetzungsmaßnahmen bzw. nach der Neukonstruktion ist ein wichtiges Projektziel. Das entwickelte Diagnosesystem kann dem Anwender Zustandsdiagnosen liefern, die im Rahmen einer Qualitätssicherung nach Sanierung / Neubau auf den Erfolg der Maßnahme bzw. auf die fachgerechte Ausführung schließen lassen.

Durch die vollflächige Zustandsermittlung ergeben sich wesentliche neue Möglichkeiten der Beurteilung des Bauwerkszustandes sowie der Festlegung wirtschaftlich und technisch sinnvoller Instandsetzungsmaßnahmen im Vergleich zur derzeitigen Untersuchungspraxis durch vereinzelte stichprobenartige Untersuchungen mit ausgewählten Verfahren.

Das Netzwerk bietet die Chance der interdisziplinären Zusammenarbeit in einem Bereich, der mit guten Marktchancen und einem großen Zuwachs an Know-how die Basis für zukünftige Initiativen legt. Insbesondere die Verbundpartner, die bisher wenig oder keinen Zugang zum Bereich Bauwerksdiagnose hatten, können sich durch das Projekt neue Tätigkeitsfelder schaffen. Andererseits bringen die Gerätehersteller, die Ingenieurbüros und die Softwareexperten neue Sichtweisen in das Projekt ein, so dass schon der gegenseitige Wissenstransfer als herausragendes Projektergebnis angesehen werden kann.

Ein wichtiges Instrument für die Beurteilung der Projektergebnisse ist die Mitwirkung eines Anwenderkreises, der das Projekt begleitet und das Konsortium berät. Der Anwenderkreis wird regelmäßig über den Stand der Arbeiten informiert und auch in die Entwicklungen eingebunden. Er

Die Kooperation

Die Partnerstruktur hat sich vor allem aus langjährigen Kooperationen zwischen den Forschungseinrichtungen und den beteiligten Unternehmen ergeben. Da die Forschungsinstitute in teils unterschiedlichen, teils aber auch überlappenden Arbeitsgebieten tätig sind, wird durch die Partnerstruktur ein sehr großer Bereich an Technologiefeldern abgedeckt.

Für die Entwicklung der Plattform zum serienreifen Gerät werden übergeordnete Arbeitsschritte gebildet, die jedes für sich eine abgeschlossene Einheit bilden. Die verschiedenen methodischen Ansätze fließen jeweils in die Teilvorhaben „Plattform“, „Sensorik“ und „Integration“ ein, die von den drei Forschungsinstituten geleitet werden. Eine Erprobungsphase schließt sich dann bis hin zur Entwicklung einer modularen Prüfplattform für die Schadenserkennung und Qualitätssicherung bei Betonflächen an. Hierbei wird durch die Mit- und Zuarbeit der Verbundpartner das Erfahrungspotenzial der Partner in ihren jeweiligen Arbeitsfeldern genutzt. Innerhalb der Arbeitspakete wird auf bereits bestehende Einzelkomponenten zurückgegriffen, die im Projekt weiterentwickelt, erprobt und miteinander vernetzt werden. Jede der Einzelkomponenten (navigierbare Plattform, Sensoren und Verfahren, Datenbank und Steuerung) ist in umfangreichen Anwendungen erprobt und hat sich bewährt, so dass die Erfolgsaussichten einer solchen Entwicklung sehr groß sind.

Das Konsortium besteht aus drei Forschungseinrichtungen und sieben Klein- und mittelständischen Unternehmen (KMU) bzw. Ingenieurgesellschaften und einem Industriepartner. Somit beinhaltet das Projekt sowohl Forschungs-, Anwender- als auch Applikationsarbeiten. Die beteiligten Forschungsinstitute BAM, IBAC und Fraunhofer-IZFP erarbeiten die methodischen und applikationsspezifischen Grundlagen in Bezug auf die Messmethodik, die Sensorik, das Design der Mess- und Prüftechnik und die Integration der Module und Komponenten in einen Mess- und Prüf-demonstrator. Die KMU setzen sich aus Entwicklern und Anbietern von Prüf- und Diagnoseverfahren, aus Ingenieur- und Sachverständigenbüros und Software spezialisten zusammen und bilden damit die Basis für eine Praxisumsatzung, denn nur an der tatsächlichen Anwendbarkeit im Bauwesen lässt sich der Erfolg dieses neuartigen Diagnosesystems messen und bewerten.

Zusammen mit den beiden internationalen Partnern (aus Dänemark und Russland) weist der Verbund die Motivation für die geplante europaweite Vermarktung auf. Beide Partner spielen eine Schlüsselrolle für die Verbreitung der Projektergebnisse über deutsche Landesgrenzen hinaus.

Die Perspektiven

Ein selbst fahrendes System zur Schadenskartierung von flächhaften Betonstrukturen wie Parkhäusern, Brücken, Industriefußböden, wird auf sehr großes Interesse stoßen. Anwender des fahrbaren Diagnosegerätes sind vor allem die Prüfinstitute und Firmen sowie große Ingenieurbüros im