

Ausgewählte Fallbeispiele zur Untersuchung von Spannbeton

Claus FLOHRER, HOCHTIEF Construction AG, Mörfelden-Walldorf

Kurzfassung. Neben zerstörungsfreien Prüfverfahren zur Untersuchung des Betons oder der schlaffen Bewehrung kommt bei Spannbetonbauteilen der Überprüfung der Spannstähle besondere Bedeutung zu. Außer der Ortung der Spannglieder und der Beurteilung des Verpresszustands der Hüllrohre bei nachträglich vorgespannten Bauteilen ist insbesondere die Beurteilung der Spannstähle bezüglich vorhandener Risse oder starker Korrosionsnarben von großem Interesse.

Es wird über den Entwicklungs- und Anwendungsstand bei dem Remanenzmagnetfeld-Verfahren (magnetisches Streufeldverfahren) berichtet und Beispiele für die Untersuchung von Spannbetonbauteilen mit dem Verfahren beschrieben.

1. Einführung

Für Spannbetonbauwerke im Bestand besteht zunehmend Bedarf bezüglich einer systematischen Bewertung der Dauerhaftigkeit. Betroffen sind Bauwerke und Bauteile, die vor 1975 hergestellt wurden, bei denen vergüteter Spannstahl mit der Festigkeit 145/160 N/qmm eingebaut wurde, der bis zum Jahre 1965 unter dem Namen "Sigma Oval" und "Neptun N40" verbaut wurde. In der Mitteilung des Instituts für Bautechnik vom 10.08.1992 wird angeraten, bei Umbaumaßnahmen oder Nutzungsänderungen an Spannbetonkonstruktionen eine Untersuchung auf Spannstahlbrüche durchzuführen. Die Untersuchungen haben zum Ziel, mögliche Spannstahlbrüche und daraus resultierende Risiken frühzeitig zu erkennen und Hinweise auf möglicherweise weitere Risiken einzugrenzen.

An Spannbetonwerken mit nachträglichem Verbund kann es unter ungünstigen Bedingungen, wie z. B. Korrosion des Spannstahls vor dem Verpressen oder unzureichende Verpressung der Hüllrohre, zu einer Schädigung der Spanndrähte durch wasserstoffinduzierte Spannungsrissskorrosion oder zu Lochfraßkorrosion infolge einwirkender Chloride kommen, die normalerweise von der Betonoberfläche nicht erkannt werden kann. Im schlimmsten Fall ist ein Versagen des gesamten Bauteils ohne Vorankündigung möglich, da Risse in den Spanndrähten die Folge der Korrosionsmechanismen sind. Um ein solches Szenario zu vermeiden, ist eine zerstörungsfreie Feststellung von Spanndrahtbrüchen zur Bewertung der Dauerhaftigkeit auch bei diesen Bauteilen und Bauwerken erforderlich.

2. Physikalisches Prinzip des Remanenzmagnetfeld-Verfahrens

Das Verfahren der magnetischen Spanndrahtbruchortung beruht auf dem Effekt, dass sich an der Bruchstelle eines magnetisierten Stabes ein Dipol ausbildet. Das magnetische Streufeld an der Bruchstelle eines magnetisierten Spanndrahts gleicht dem an der Bruchstelle eines Stabmagneten (Abb. 1). Betrachtet man die transversale Komponente der magnetischen Flussdichte (orthogonal zum Spannglied gerichtet) an der Betonoberfläche, so zeigt

sich an Bruchstellen einzelner Spanndrähte eines Spannglieds ein charakteristisches Bruchsignal.

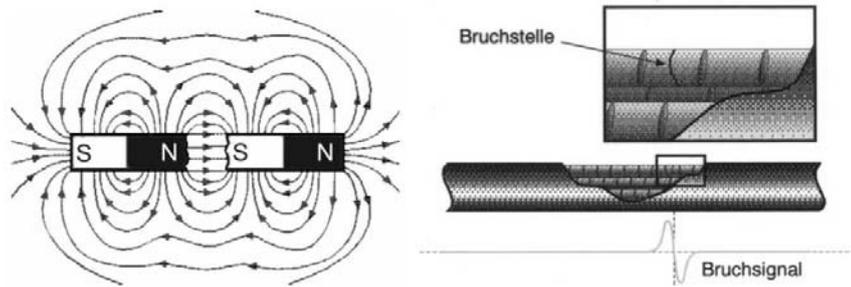


Abb. 1: Von einem magnetisierten Spanndraht geht ein magnetisches Feld aus, das dem eines Stabmagneten gleicht. An einer Bruchstelle formt sich ein zusätzliches Polpaar (Dipol), das ein magnetisches Streufeld hervorruft (links). Die transversale Komponente des Streufelds an einem Spanndrahtbruch zeigt die rechte Abb. Von diesem Bruchsignal wird auf Bruchstellen geschlossen (aus [7]).

3. Die Entwicklung des magnetischen Streufeldverfahrens für Massivbauwerke

Das magnetische Streufeldverfahren ist in der Werkstoffprüfung seit langem bekannt und wissenschaftlich genutzt. Ende der Achtzigerjahre wurde das magnetische Streufeldverfahren (Remanenzmagnetfeld-Verfahren) im Bauwesen speziell für die Beurteilung der Standicherheit von bayerischen Viehstalldecken entwickelt und zwischenzeitlich über 20 Jahre erfolgreich eingesetzt. Dabei galt es, Spannstahtbrüche in Spannbetonträgern mit kleinen Querschnitten und geringer Betondeckung so sicher zu orten, dass auch bei geringem Abstand der Bruchufer eine Beurteilung möglich war [1].

In der Folgezeit erfolgte eine Weiterentwicklung des Remanenzmagnetfeld-Verfahrens für die Anwendung auf Spannbeton mit nachträglichem Verbund sowie die Anwendung in Bauteilen mit deutlich größerer Betondeckung und mehrlagiger Spanndrahtbewehrung [2, 3]. Seit Mitte der Neunzigerjahre kann das Verfahren auf praktisch alle Spannbetonbauteile bei verschiedenen Randbedingungen angewandt werden.

Der Messablauf ist unabhängig von der Art des untersuchten Bauteils stets gleich. Das Spannglied wird zunächst remanent aufmagnetisiert. Bei Spanngliedern im nachträglichen Verbund oder mehrlagiger Spanndrahtbewehrung kann dies ein mehrfaches Überfahren mit einem elektromagnetischen Jochmagneten entlang des Spanngliedverlaufs bedeuten, bis hin zu einer speziellen Magnetisierung der näher an der Oberfläche liegenden schlaffen Bewehrung. Nach den einzelnen Magnetisierungsschritten wird die magnetische Flussdichte mit magnetischen Sensoren (z. B. Hallsonden) entlang des Spannglieds gemessen. Die Magnetisierung und die Erfassung des remanenten Magnetfelds erfolgt im Regelfall mit schienengeführten Prüfköpfen, in denen die Magnetisier- und Messeinheit eingebaut sind.

Die Vorgehensweise hat sich für die Anwendung unterschiedlich geometrisch geformter Bauteile, wie Spannbetondeckenträger, Spannbetonhohldielen, vorgespannten Dachbindern, vorgespannten Brückenträgern bis hin zu mehrfach gekrümmten Dachbindern (HP-Schalen) bis heute bewährt und das zerstörungsfreie Prüfverfahren wird regelmäßig eingesetzt.

Auch für die Prüfung von Querspanngliedern in Brückenfahrbahnplatten besteht Bedarf. Bei der Bewertung und Instandsetzung von Brückenbauwerken wurde festgestellt, dass insbesondere die Querspannglieder wegen ihrer Lage nahe der Fahrbahnoberfläche durch möglichen Chlorideintrag bei defekter Bauwerksabdichtung besonders gefährdet sind. Weiterhin wurde erkannt, dass es häufig zu Verpressfehlern bei den Querspannglie-

dern kam, da diese meistens in einen kleinen Hüllrohren (Durchmesser 35 mm) bei hoher Spanndrahtanzahl eingebaut wurden.

Die Messung einzelner Querspannglieder ist aufwendig, da zunächst die Querspannglieder mit Radar geortet und anschließend die oben beschriebene Remanenzmagnetfeldmessung durchgeführt werden muss. Dabei muss nicht zwingend ein Schienensystem eingesetzt werden, dennoch ist zur Messung ein Freilegen der Betonoberfläche durch Rückbau der Fahrbahnbeläge erforderlich.

Dieser Messvorgang ist zeitaufwendig und lässt sich beispielsweise durch den Einsatz eines größeren Magneten und den Einsatz von magnetischen Sensoren, die größere Flächen erfassen, beschleunigen. An der TU Berlin, Fachgebiet Baustoffe und Baustoffprüfung, wurde in den vergangenen Jahren ein Brückeninspektionsgerät für die Überprüfung der Querspannglieder mit dem Remanenzmagnetfeld-Verfahren entwickelt, das zwischenzeitlich bereits im Praxiseinsatz ist [4].

Mit einem elektromagnetischen Jochmagnet mit einem Jochabstand von 3,50 m werden die Querspannglieder auf einer Fahrspurbreite z.B. einer Autobahnbrücke beim Überfahren in Fahrtrichtung magnetisiert. Der Magnetwagen fährt dabei in einer kontinuierlichen Geschwindigkeit, die zwischen 1 bis 5 km/h wählbar ist. Mit einem Nachläufer, der an der Magnetisiereinheit hängt, wird das zuvor eingeprägte Magnetfeld erfasst. Um das Feld mit wenigen Sensoren erfassen zu können, wurde dazu vom IZFP Saarbrücken ein Rotationssensor entwickelt, der bei kontinuierlicher Vorwärtsbewegung das komplette Magnetfeld der gesamten Spurbreite erfasst [5]. Die Magnetisierungs- und Messgeschwindigkeit beträgt unter Praxisbedingungen derzeit ca. 200 - 300 m/h, wobei die magnetische Flussdichte an der Betonoberfläche der Brückenplatte in einem Raster von weniger als 1 cm x 1cm gescannt wird. Bei einem Spanngliedabstand von beispielsweise 50 cm können also bis zu 600 Spanngliedabschnitte in einer Stunde messtechnisch erfasst werden. Neben möglichen Bruchsignalen von Spanndrahtbrüchen der Spannglieder wird auch die Lage der Spannglieder aus den aufgenommenen Messdaten erhalten.

Parallel zur Entwicklung des Remanenzverfahrens erfolgte eine Entwicklung und Anwendung eines magnetischen Prüfverfahrens, das anstelle der Bruchortung am remanent aufmagnetisierten Spannstahl die Spanndrahtbrüche im aktiven angewandten Magnetfeld lokalisiert [6].

4. Anwendungsbeispiele

4.1. Spannbeton im direkten Verbund

Außer den bereits genannten Untersuchungen an den Viehstalldecken [1] wurden in der Vergangenheit viele vergleichbare Bauteile in anderen Umgebungsbedingungen untersucht. Weiterhin wurde das Prüfverfahren zur Untersuchung von Spannbetonhohldielen, Spannbetonträgern in Industriehallen und Spannbeton-Dachbindern mit mehrlagiger Spanndrahtanordnung im unteren Flansch sowie in HP-Schalen untersucht. Einige der untersuchten Bauteile werden im Folgenden näher beschrieben.

4.1.1 Untersuchung von Spannbeton-Hohldielen

Häufig wird bei Umbauarbeiten von Gebäuden im Bestand nicht ausreichend deutlich darauf hingewiesen, dass an Spannbetonbauteilen nicht beliebige Bohrarbeiten durchgeführt werden dürfen. So sollten in einer Kindertagesstätte im Bereich einer abgehängten Decke neue Durchbrüche in der Decke aus Spannbetonhohldielen (Abb. 2) geschaffen werden. Beim Öffnen der abgehängten Decke stellte man fest, dass die Bohrungen zur Fixierung der

abgehängten Decke z.T. in Bereichen eingebracht wurden, in denen möglicherweise Spannfitzen der Spannbetonhohldielen liegen (Abb. 3). Weiterhin waren in anderen Deckenbereichen Sportgeräte an der Decke verankert. Der Tragwerksplaner empfahl dem Bauherrn die Überprüfung der Decken mit dem Remanenz-Verfahren.

In ausgewählten Räumen der Kindertagesstätte wurden daraufhin die Spannbetonhohldielen untersucht. Dazu wurde das Schienensystem jeweils nach einer Messung so versetzt, dass alle Spanndrähte in den Einflussbereich des Magneten und der im Messwagen eingebauten Sensoren gelangten und somit eine 100%-Prüfung sichergestellt werden konnte (Abb. 4). Ergänzend wurde eine Spannsteelprobe entnommen und bezüglich des Risikos einer Spannungsrissskorrosion analysiert. Ebenso wurde mit dem Betondeckungsmessgerät Lithoscope 90 in Teilbereichen die Lage der Spanndrähte geortet, um die Gleichmäßigkeit der Spanndrahtlage in die Bewertung einbeziehen zu können.

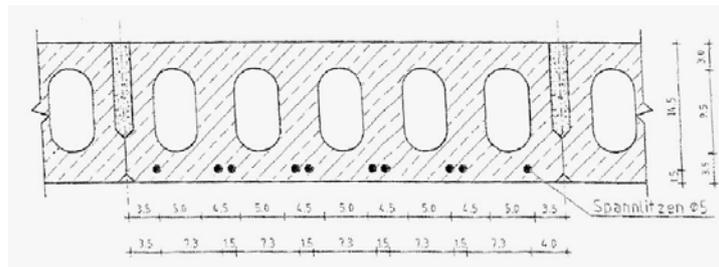


Abb. 2: Schnitt durch die Spannbetonhohldiele



Abb. 3: Untersicht der Decke aus Spannbetonhohldielen mit eingebohrten Dübeln



Abb. 4: Schienensystem zur Prüfung von Spanndrähten im Verbund unter den Spannbetonhohldielen im Bereich der demontierten abgehängten Decke.

Das Ergebnis der Untersuchungen zeigte, dass keine Spanndrahtbrüche vorlagen. Durch die Kenntnis der Lage der Bewehrung konnte zusätzlich das Risiko, dass Spanndrähte beim Bohren verletzt wurden, bewertet werden.

4.1.2 Überprüfung von Spannbetonträgern und Spannbeton-Dachbindern in einer Industriehalle

In einer Industriehalle waren Spannbetonbinder und vorgespannte Dachbinder mit Spanndrähten aus „Sigma-Oval“ eingebaut. Die Umgebungsbedingungen waren aus der bekannten Nutzung nicht korrosionsgefährdend. Die Zugänglichkeit der Spannbetonbinder in der Halle war nur an wenigen Stellen mit geringem Umbauaufwand möglich, an den übrigen Bindern waren Rohrleitungen und sonstige technische Gebäudeausrüstung an Halfenschienen befestigt oder Anlagen unterbaut. Der Eigentümer bestand dennoch nach Rücksprache mit dem beratenden Tragwerksplaner auf einer Beurteilung der eingebauten Spannbetonbinder. Dem Bauherrn wurde ein Konzept für eine erste Stichprobenprüfung erarbeitet. Falls Spanndrahtbrüche erkannt werden, sollte der Umfang, in Abhängigkeit des Ergebnisses erweitert werden.

Für die Überprüfung wurde das Remanenzmagnetfeld-Verfahren mit dem geradlinigen Schienensystem eingesetzt. Die Magnetisierung erreichte die unteren 3 Spanndrahtreihen, was zur ersten Beurteilung ausreichend war, da eine Beurteilung des grundsätzlichen Risikos damit möglich ist.

Abb. 5 zeigt die eingeengte Zugänglichkeit zwischen den Ausrüstungsgegenständen der Industriehalle und den angrenzenden Bauteilen mit dem untergespannten Schienensystem.

Die Untersuchung der Dachbinder erfolgte von der Kranbahn aus (Abb. 6). Das Schienensystem wurde auf der Kranbahn abgestützt, die zuvor für die Untersuchung vorbereitet wurde. Das Schienensystem wurde gegen die Untersicht des Spannbetonbinders verspannt und zur Überprüfung der gesamten Breite des Flansches einmal seitlich versetzt (Abb. 7).



Abb. 5: Eingeengte Zugänglichkeit durch die Ausrüstungsgegenstände der Industriehalle und die angrenzenden Bauteile; untergespanntes Schienensystem.



Abb. 6: Magnetfeldmessung am Dachbinder von der Kranbahn aus



Abb. 7: Schienensystem mit Magnet- und Sensorwagen

Die Untersuchung als Stichprobenprüfung zeigte, dass keine Spanndrahtbrüche vorhanden waren. Wegen der schwierigen Zugänglichkeit und den derzeit nicht vorliegenden

korrosiven Umgebungsbedingungen wurde eine weitere Untersuchung zurückgestellt bis eine evtl. Umnutzung der Halle erfolgt.

4.1.3 Beurteilung von Spannbetonbindern in einem Schwimmbad

Im Zuge der Modernisierung eines Hallenschwimmbades sollte auch die abgehängte Decke unter den Spannbeton-Dachbindern erneuert werden. Dazu wurde auf der gesamten Hallenfläche ein Gerüst eingebaut, das die Zugänglichkeit zu den Spannbeton-Dachbindern ermöglichte. Bei der Demontage der abgehängten Decke wurde festgestellt, dass einige Dachbinder an der Untersicht Kiesnester und Hohlstellen aufweisen. Nach Entfernen des nicht verdichteten Betons zeigte sich, dass der im Spannbett vorgespannte Spannstahl keinen Korrosionsschutz durch den umgebenden Beton aufwies (Abb. 8). Als Spannstahl wurden 7-drahtige Litzen verwendet. Bei der Herstellung der Spannbetonbinder wurden als Schalungsanker Kunststoffrohre verwendet, die z.T. an dem Spannstahl anlagen. Durch das Ziehen der Rohre während der Herstellung des Binders verblieb ein Hohlraum, in dem der Spannstahl möglicherweise an einigen Stellen frei liegt.



Abb. 8: Im Bereich eines Kiesnestes freiliegender Spannstahl (7-drahtige Litze), korrodiert

Zur Bewertung der Standsicherheit wurden gemeinsam mit der TU Berlin das Remanenzmagnetfeld-Messungen durchgeführt (Abb. 9). Ergänzend wurden zur Bewertung der Dauerhaftigkeit Stahlproben entnommen (Abb. 10) und chemisch analysiert, der Chloridgehalt des Betons ermittelt, die Spannbetonbinder mit dem Ultraschallecho-Verfahren auf Hohlstellen überprüft und alle zugänglichen Schalungsanker mit dem Videoendoskop untersucht (Abb. 11, 12).



Abb. 9: Untersuchung der Spannbeton-Dachbinder mit dem Magnetfeldverfahren



Abb.10: Entnahme der Spannstahlprobe zur Bestimmung der mechanischen und chemischen Eigenschaften



Abb.11: Videoendoskopie der Schalungsankerlöcher



Abb.12: Korrosion an den Spanndrähten in den Schalungsankerlöchern, die nicht vermörtelt waren.

Bei der Überprüfung mit dem Remanenzmagnetfeld-Verfahren wurde nachgewiesen, dass keine Spanndrahtbrüche vorliegen. Der Stahl weist als kaltgezogener Stahl kein hohes Risiko für Spannungsrisskorrosion auf. Der an den Schalungsankern freiliegende Spannstahl ist korrodiert, jedoch nicht gerissen. Alle Ankerlöcher der Schalungsanker und Hohlstellen wurden mit zementgebundenen Mörteln instandgesetzt.

4.1.4 Untersuchung von Spanndrähten aus Sigma oval in HP-Schalen

Aus früheren Unterlagen war bekannt, dass mehrfach gekrümmte vorgespannte Dachschalenelemente (HP-Schalen) in den Jahren um 1965 zum Teil unter Verwendung von „Sigma-Oval“ produziert wurden. Die Dachschalenelemente wurden am Bauwerk zu einer Sheddach-Konstruktion zusammengesetzt (Abb. 13). Von der Bauaufsicht wurde deshalb angeordnet, an 3 Bauwerken mit HP-Dachschalen den Nachweis zu führen, dass kein Risiko vorliegt, obwohl diese Bauwerke derzeit nicht umgenutzt werden. HP-Schalen sind als hyperbolische Paraboloidschalen mehrfach gekrümmt und überkreuz so vorgespannt, dass die Spanndrähte einen geradlinigen Verlauf haben (Abb. 14). Die Einzelschalen konnten deshalb im Spannbett hergestellt werden. Ebenso ist es deshalb möglich, die Schalen mit dem Remanenzmagnetfeld-Verfahren zu messen, da die Betondeckung des Spannstahls gering ist.

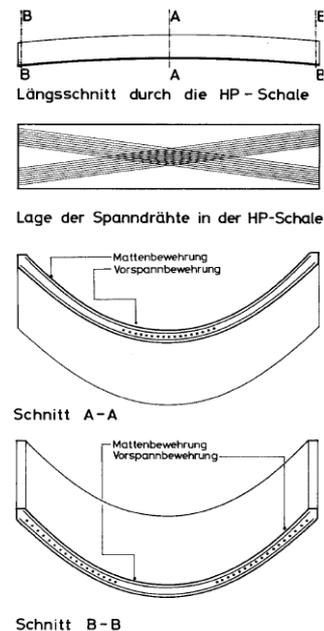


Abb. 13 und 14: HP-Schalen als Shed-Dachkonstruktion und Schnitt durch eine vorgespannte HP-Schale

An den 3 Bauwerken wurden zunächst jeweils an Einzelstellen Spanndrähte freigelegt und der Durchmesser und die Geometrie bestimmt. Dabei zeigte sich, dass nur in einem der 3 Bauwerke „Sigma-Oval“ eingebaut war. Da an dem Objekt keine Nutzungsänderung ansteht und keine korrosiven Umgebungsbedingungen vorliegen, wurde gemeinsam vereinbart, an Stichproben einzelne ausgewählte Schalen mit dem Magnetfeld-Verfahren zu prüfen.

Von Scherenhubbühnen aus wurde das Schienensystem gegen die Untersicht der HP-Schalen gepresst und der bereits beschriebene Magnetisier- und Messvorgang durchgeführt (Abb. 15). Das Schienensystem musste in Teilbereichen der gekrümmten Oberfläche angepasst werden (Abb. 16). Insgesamt wurden 5 HP-Schalen geprüft. Die Auswertung ergab, dass keine Spanndrahtbrüche vorliegen.



Abb. 15: Schienensystem zur Messung von 2 Scherhubbühnen gegen die HP-Schale verspannt



Abb. 16: Schienensystem in Teilbereichen an die gekrümmten Oberfläche angepasst

4.2 Untersuchungen an Spannbetonbauteilen mit nachträglichem Verbund

4.2.1. Spannstahlbruchortung an der Husberg Brücke Werdohl (TU Berlin)

Die Husberg Brücke in Werdohl ist eine einspurige Spannbetonbrücke aus den 50-iger Jahren (Abb.17). Infolge Bewegungen des Erdhanges an der Brücke kam es zu Rissbildungen an den Widerlagern. Infolgedessen wurde die Brücke in Ihrer Verkehrslast beschränkt und nach starken weiteren Setzungen sogar gesperrt.



Abb. 17: Husberg Brücke in Werdohl

Für die Sanierungsplanung der Widerlager war es von entscheidender Bedeutung, ob die Brückenkonstruktion Schäden aufweist und diese auch instandgesetzt werden müssen. In Zusammenarbeit mit der Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung in Berlin, wurde die Brückenkonstruktion auf Schäden untersucht. Mit Hilfe des Kleinmagneten wurde entlang der Längsspannbewehrung diese auf mögliche Bruchstellen untersucht (Abb. 18).

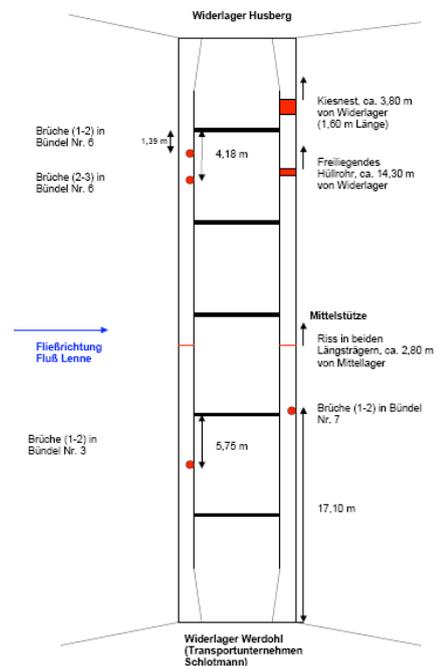


Abb. 18: Abgehängtes, dem Spanngliedverlauf folgendes Schienensystem zur Untersuchung der Längsspannbewehrung mit dem Remanenzmagnetfeld-Verfahren

Abb. 19: Schadenskatierung der Brücke nach eingehender Untersuchung

Nach eingehender Untersuchung der Konstruktion wurden Schäden dokumentiert (Abb. 19) und ein Tragwerksplaner konnte die verbleibende Sicherheit der Konstruktion sowie nötige Instandsetzungsmaßnahmen abschätzen.

4.2.2 Bodrog-Brücke in Ungarn

Während der Instandsetzung der Bodrog-Brücke in Ungarn wurde nach Einrüstung der Untersicht der Brücke festgestellt, dass Längsspannglieder in einem Teilbereich unter der Kappe freiliegen, die Hüllrohre unvollständig verpresst sind und die Spanndrähte vollständig abkorrodiert waren (Abb. 20). Die Bodrog-Brücke besteht aus einem längs und quer vorgespannten Plattenbalken, der an einem Stahlbetonbogen über Zugstreben aufgehängt ist (Abb. 21). Die 3-feldrige Brücke ist ca. 300 m lang und wurde 1970 erstellt. Die Brücke war im Fahrbahnbereich von Beginn an abgedichtet, die Kappen waren nicht abgedichtet, in den Kappen verlaufen in Rohren verlegte Kabel.



Abb. 20: Längsspannglied in einem Teilbereich unter der Kappe freiliegend, Hüllrohre unvollständig verpresst, Spanndrähte vollständig durchkorrodiert



Abb. 21: Bodrog-Brücke

Neben den vollständig durchkorrodierten Spanndrähten im Kappenbereich konnten auch im Fahrbahnbereich an der Untersicht freiliegende, nicht verpresste Spannglieder erkannt werden, die jedoch lediglich Flugrost aufweisen und nach dem Strahlen sich nahezu ungeschädigt zeigten (Abb. 22). Ursache dafür ist die fehlende Feuchtigkeit an der Brückenuntersicht in Brückenmitte.



Abb. 22: Freiliegende, nicht verpresste Spannglieder die jedoch lediglich Flugrost aufweisen und nach dem Strahlen nahezu ungeschädigt sind

Zur Beurteilung der Fortführung der Instandsetzungsmöglichkeiten wurde die Brücke an der Untersicht sowohl durch zerstörungsfreie Prüfung wie auch durch Bohrkernentnahmen und Chloridanalysen geprüft. Zur Beurteilung des Zustands der Spannglieder wurden zunächst alle durch das Magnetfeld-Verfahren zugänglichen Längs- und Querspannglieder für die Untersuchung bestimmt, die Lage der Spannglieder mit Radar geortet und mit dem Magnetfeldverfahren in ihrer vollen Länge untersucht. Dazu wurde ein 30 m langes Schienensystem verwendet (Abb. 23). Die so überprüften Spannglieder wurden an den Tiefpunkten angebohrt und der Verpresszustand sowie der Korrosionszustand endoskopisch visuell beurteilt. Zusätzlich wurden Potentialmessungen im Bereich der Kappen insbesondere entlang der Spannglieder durchgeführt. An typischen Bruchsignalen wurden die Spannglieder freigelegt und der Zustand der Spanndrähte visuell beurteilt (Abb. 24)

Das Ergebnis der zerstörungsfreien und materialtechnischen Untersuchungen sowie der statischen Nachrechnung ergab, dass nur wenige Längsspannglieder im Kappenreich als ausgefallen zu betrachten sind und die Brücke ohne nennenswerte Verstärkungsmaßnahmen wegen der damaligen statischen Überdimensionierung nach wie vor standsicher ist und weiter instandgesetzt werden konnte.



Abb. 23: 30 m langes Schienensystem für die Prüfung der Längsspannglieder mit dem Magnetfeld-Verfahren

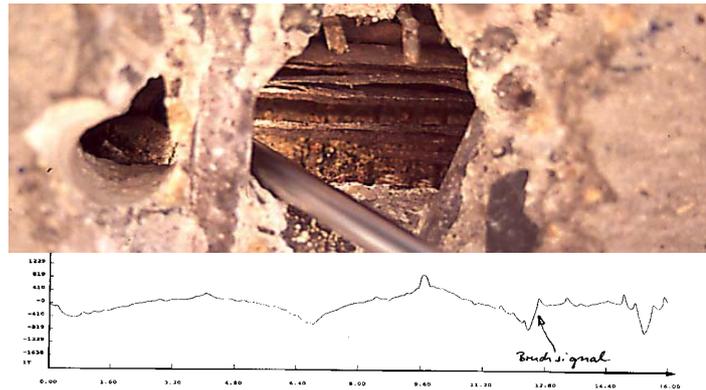


Abb. 24: Messsignal an einer Bruchstelle und Einblick in das nicht verpresste Spannglied nach Öffnen der Bruchsignalstelle

4.2.3 Untersuchung der Querspannglieder an Brücken im Zuge der A45/A7

An insgesamt 6 Autobahnbrücken wurden 2008/2009 mit dem von der TU Berlin entwickelten Magnetfeldscanner Untersuchungen zur Feststellung von möglichen Spannstahlbrüchen von Querspanngliedern durchgeführt. 5 der Brücken (jeweils ca. 300 m Länge) waren im Betrieb, so dass die Messungen auf den Fahrbahnbelägen erfolgen mussten. Es wurden jeweils die Standspur und die 1. Fahrspur untersucht. Eine Messung auf der Überholspur war aus Gründen der Verkehrssicherung nicht möglich. Zur Untersuchung wurden jeweils 2 Spuren gesperrt.

Eine ca. 800 m lange Brücke wurde gerade instandgesetzt, dazu war der Fahrbahnbelag entfernt und die EP-Grundierung von der Oberfläche der Fahrbahntafel abgefräst. 2 Spuren der ca. 800 m langen Brücke wurden untersucht.

Zur Messung wurde der Scanner (Magnetisierung und Messeinheit) zur jeweiligen Brücke transportiert, montiert und für die Messung vorbereitet (Abb. 25). Magnetisier- und Messvorgang werden dann je Spur und je Fahrtrichtung in einer Überfahrt mit einer Geschwindigkeit von ca. 200 m/h abgewickelt (Abb. 26). Die Messdatenerfassung erfolgte zur Datensicherung in einzelnen Teilabschnitten von ca. 50 m. Die Grobauswertung kann vor Ort zur Erkennung von starken Bruchsignalen genutzt werden. Nach der Feinauswertung sind aus den aufgenommenen Magnetfeldern die Lage der Spannglieder sowie die Bruchstellen der Spanndrähte der Querspannglieder zu entnehmen (Abb. 27).



Abb. 25: Aufbau des Messsystems (Magnetisiereinheit mit Spulen und Rotationssensor) und Vorbereitung der Messung



Abb. 26: Durchführung der Remanenzmagnetfeldmessung an der Lützelbachtalbrücke (Messung unter laufendem Betrieb auf dem Fahrbelag)

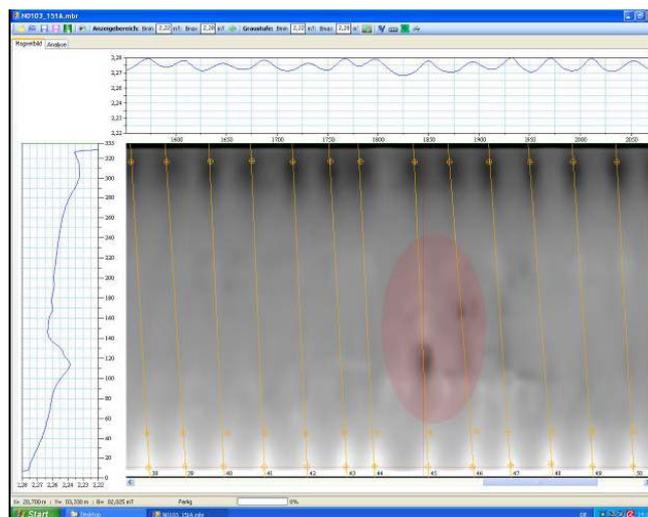


Abb. 27: Gescanntes Magnetfeld mit Lage der Spannglieder sowie die Bruchstellen der Spanndrähte der Querspannglieder

Das Verfahren mit dem Flächenscanner wurde zwischenzeitlich auch erfolgreich in den USA an einer Brücke und einem Parkhaus angewendet [7].

5. Zusammenfassung

Das von HOCHTIEF entwickelte Remanenzmagnetfeld-Verfahren hat sich zur Lokalisierung von Spanndrahtbrüchen in im Spannbett und nachträglich vorgespannten Spannbetonbauteilen seit 20 Jahren bewährt. Das anfänglich nur bei Spannbeton im sofortigen Verbund gefragte Messverfahren wurde kontinuierlich weiterentwickelt und wird in der Praxis für vorgespannte Bauteile, wie Spannbetonhohldielen, Spannbetonträger, Dachbinde und Brücken regelmäßig eingesetzt. Das Verfahren hat durch die Entwicklung an der

TU Berlin zum flächenscannenden Verfahren entscheidende Impulse für die großflächige Anwendung zur Untersuchung von Verkehrsbauwerken, wie Brücken und Parkhäuser erfahren. Messungen an Brücken unter laufendem Betrieb zeigen, dass die Untersuchung der Spannglieder auch von der befahrenen Oberfläche erfolgen kann, ohne den Fahrbelag zu entfernen.

Die entscheidenden Impulse gingen von Prof. Bernd Hillemeier aus, dem dieser Beitrag gewidmet ist.

Referenzen

- [1] Flohrer, C. (1990), Zerstörungsfreie Ortung von Spanndrahtbrüchen in Spannbeton-Deckenträgern, VDI-Berichte 1990, S. 425-433
- [2] Scheel, H.; Hillemeier, B., (1995), The Capacity of the Remanent Magnetism Method to Detect Fractures of Steel in Tendons Embedded in Prestressed Concrete, Vol. 1 of the International Symposium
- [3] Scheel, H., (1997), Spannstahlbruchortung an Spannbetonbauteilen mit nachträglichem Verbund unter Ausnutzung des Remanenzmagnetismus, Dissertation, Technische Universität Berlin
- [4] Scheel, H. (2006), Schnelle Spanndrahtbruchortung in Querspanngliedern von Brückenplatten, Fachtagung Bauwerksdiagnose 2006, Berichtsband BB 100-CD
- [5] K. Szielasko, A. Kloster, G. D Dobmann, H. Scheel, B. Hillemeier (2006), High-Speed, High-Resolution Magnetic Flux Leakage Inspection of Large Flat Surfaces, European Conference on Nondestructive Testing 2006
- [6] Sawade, G. et al. (1995), Signal Analysis Methods for the Remote Magnetic Examination of Prestressed Elements, Vol. 2 of the International Symposium Non-Destructive Testing in Civil Engineering (NDT-CE). Ed. by G. Schickert, H. Wiggenhauser, Deutsche Gesellschaft für zerstörungsfreie Prüfung e. V., p. 1077 - 1084– 218
- [7] Walther, A. (2009), Schnelle zerstörungsfreie Ortung von Spannstahlrissen in Querspanngliedern von Spannbetonbrücken; Zielorientierte Bauwerksuntersuchungen mit neueren zerstörungsfreien Prüfverfahren; Bau und Wissen Wildeg, Schweiz