

Bauwerkserhaltung in Bundesfernstraßen unter Nutzung von ZfP-Verfahren

Dipl.-Ing. Wolf-Dieter FRIEBEL
Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, Bonn

Kurzfassung. Die Bauwerkserhaltung und dabei insbesondere die Bauwerksprüfung nach DIN 1076 stellt eine wichtige Zukunftsaufgabe zur Bewahrung des älter werdenden Bauwerksbestandes in Bundesfernstraßen dar. Dies gilt insbesondere, da die Brückenbauwerke eine immer stärkere Belastung erfahren, die diese an die Grenze ihrer zum Zeitpunkt des Baus ermittelten Tragfähigkeit bringen. Die Bedeutung der qualifizierten Bauwerksprüfung unter Nutzung von zerstörungsfreien Prüfverfahren nimmt dabei zu, um jederzeit sicher Auskunft über den Zustand der Bauwerke geben zu können. Eine gute Ausbildung der Ingenieure der Bauwerksprüfung ist dabei von grundlegender Bedeutung.

1. Brückenbestand

Im Netz der Bundesfernstraßen gibt es aktuell 38.904 Brücken bzw. 50.506 Teilbauwerke, mit einer Fläche von 29,8 Mio. m² und einer Gesamtlänge von 2.074 km, was aneinandergereiht etwa der Entfernung von Flensburg bis Neapel entspricht. Das Anlagevermögen dieser Brücken beträgt rd. 50 Mrd. €

Bezogen auf die Brückenfläche bestehen 88 % der Brücken aus Beton- und Spannbeton und jeweils 6 % aus Stahl- und aus Stahlverbundkonstruktionen.

Entsprechend der wirtschaftlichen Entwicklung Deutschlands nach dem 2. Weltkrieg wurden die meisten Brücken im Westen des Landes in den Jahren 1960 - 1985 gebaut, während im Ostteil Neubaumaßnahmen in größerem Umfang erst nach der Wiedervereinigung realisiert wurden. Das durchschnittliche Alter der Brücken in den alten Bundesländern beträgt entsprechend dieser Entwicklung rd. 30 - 50 Jahre (**Bild 1**). Dies bedeutet, dass nun in größerem Umfang Grundinstandsetzungen und Ertüchtigungen der Bauwerke anstehen.

Für die Funktion der Brücken im Straßennetz ist neben dem Zustand auch eine ausreichende Tragfähigkeit der Konstruktion von entscheidender Bedeutung. Zwar wurden im Laufe der Jahre die Bemessungslasten für neue Brücken immer wieder der Verkehrsentwicklung und den steigenden zulässigen Gesamtgewichten von Lkws angepasst, notwendige Verstärkungen älterer Brücken sind jedoch nur begrenzt und oft nur mit großem technischen und finanziellen Aufwand möglich.

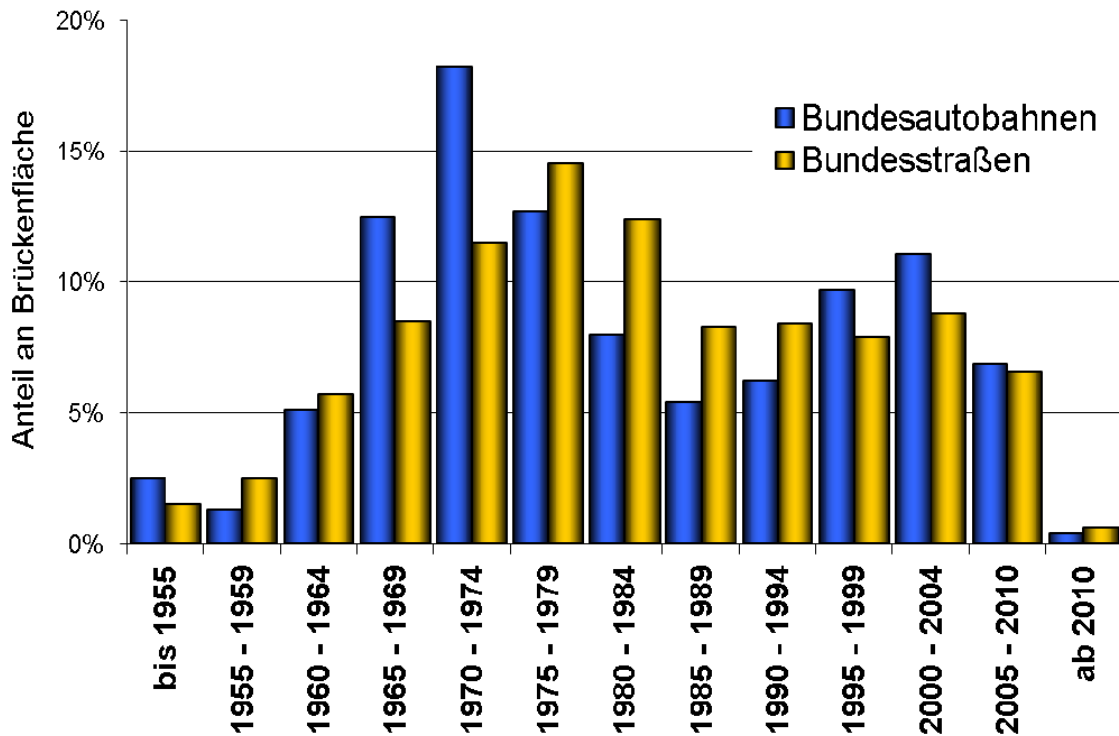


Bild 1: Altersstruktur nach Brückenflächen der Teilbauwerke [%] (Stand: 01.09.2011)

Sorgen bereiten den verantwortlichen Baulastträgern neben der überproportionalen Zunahme des Güterverkehrs auf den Straßen vor allem die häufig festzustellenden Überladungen von Lkw's und die stark ansteigende Zahl der genehmigten Schwerlasttransporte. Aktuell vom Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung veranlasste Verkehrsmessungen und Nachrechnungen haben ergeben, dass ältere Bauwerke im Zuge von hoch belasteten Autobahnen und Bundesstraßen bereits den heute vorhandenen Verkehr nur noch eine begrenzte Zeit aufnehmen können, wodurch die vorgesehene Nutzungsdauer der Bauwerke in vielen Fällen nicht mehr erreicht wird. Bisher vorhandene Tragfähigkeitsreserven sind inzwischen zunehmend durch den extrem steigenden Güterverkehr und den damit sich verschlechternden Bauwerkszustand aufgebraucht. Dies betrifft insbesondere viele große Talbrücken der Nachkriegsautobahnen, die vor 1985 gebaut wurden.

Im Hinblick auf die nach neuesten Verkehrsprognosen erwartete weitere Zunahme des Güterverkehrs besteht hier dringender Handlungsbedarf, um diese Bauwerke in absehbarer Zeit zu verstärken oder durch Neubauten zu ersetzen.

2. Brückenzustand

Nach der Norm DIN 1076 "Ingenieurbauwerke im Zuge von Straßen und Wegen – Überwachung und Prüfung" [1] werden alle Brücken im Abstand von 3 Jahren einer einfachen Prüfung und im Abstand von 6 Jahren einer umfangreichen Hauptprüfung unterzogen. Diese Prüfungen werden von besonders qualifizierten und erfahrenen Bauwerksprüfingenieuren der Straßenbauverwaltung oder von ausgewählten externen Ingenieuren durchgeführt.

Nach der bundeseinheitlich anzuwendenden "Richtlinie zur einheitlichen Erfassung, Bewertung, Aufzeichnung und Auswertung der Bauwerksprüfung nach DIN 1076" (RI-EBW-PRÜF) [2] und dem dazugehörigen Programmsystem "Straßeninformationsbank, Teilsystem Bauwerksdaten" (SIB-Bauwerke) [3] werden die Schäden mit Zustandsnoten 1 - 4 getrennt nach den Kriterien Standsicherheit, Verkehrssicherheit und Dauerhaftigkeit bewertet. Das Programm errechnet anschließend aus der Summe der Einzelschäden unter Berücksichtigung des Schadensumfangs eine Gesamtzustandsnote für das untersuchte Bauwerk oder Teilbauwerk. Über das Ergebnis der Prüfung wird jeweils ein Prüfbericht angefertigt, der dem für jedes Bauwerk angelegten Bauwerksbuch beigelegt wird. Das Bauwerksbuch enthält die wichtigsten Bauwerksdaten des Bauwerks und bildet mit den Zustandsdaten der Prüfberichte eine wesentliche Grundlage für die weitere Erhaltungsplanung.

Die Zustandsnoten werden jährlich von der Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt) im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung ausgewertet und im Straßenbaubericht veröffentlicht. Die Entwicklung der Zustandsnoten für Bundesfernstraßen im Zeitraum 1998 bis 2010 ist in **Bild 2** dargestellt.

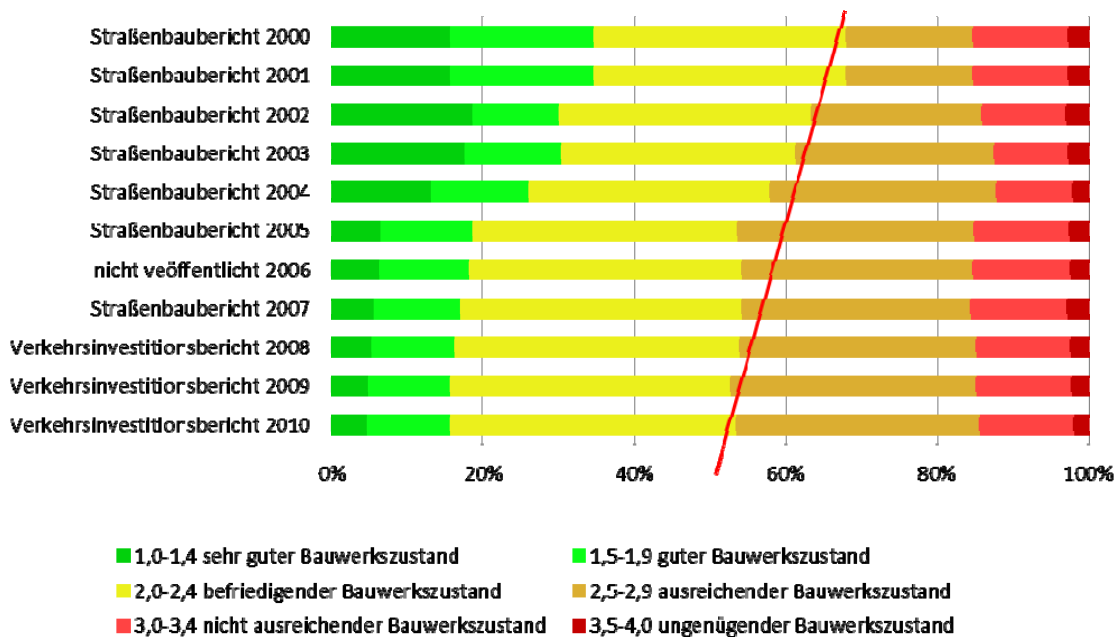


Bild 2: Brücken der Bundesfernstraßen Zustandsnoten nach Brückenflächen [%] (Stand 01.03.2010),

Die weitere Zunahme der Bauwerke mit Zustandsnoten >2,0 und >2,5 zeigt, dass aufgrund des Alters und der erhöhten Beanspruchung der Bauwerke verstärkt Schäden auftreten und die erforderlichen Erhaltungsmaßnahmen nicht weiter aufgeschoben werden können. Um hier eine weitere Verschlechterung des Zustands und evtl. damit verbundene Verkehrsbeschränkungen zu vermeiden, müssen daher in den nächsten Jahren erhebliche Finanzmittel in die Erhaltung der Bauwerke investiert werden.

Zustandsnoten dienen den verantwortlichen Baulasträgern in erster Linie als Entscheidungshilfe zur Planung von Erhaltungsmaßnahmen. Sie geben keine direkten Hinweise auf den Umfang oder gar die Kosten der zu treffenden Maßnahmen. So können schon Schäden geringeren Umfangs, die die Verkehrssicherheit beeinträchtigen, zu einer Gesamtzustandsnote >3,0 führen und zeigen damit den dringenden Handlungsbedarf auf. Besteht hierdurch eine direkte Gefahr für die Verkehrsteilnehmer, dann sind

selbstverständlich entsprechende Maßnahmen zur Beseitigung der Schäden oder notwendige Verkehrsbeschränkungen unverzüglich zu veranlassen.

Größere Instandsetzungs- oder Verstärkungsmaßnahmen erfordern bei Brücken immer eine längere Vorbereitungszeit und sind rechtzeitig zu planen.

3. Strategie zur Ertüchtigung der Bauwerke

Neben den sich aufgrund des Zustandes der Bauwerke notwendigen Erhaltungsmaßnahmen ist es erforderlich, den Bauwerksbestand hinsichtlich der künftigen Verkehrsentwicklung so zu ertüchtigen, dass der heutige und künftige Verkehr jederzeit schadlos aufgenommen werden kann.

Um eine Strategie zur zeitlich absehbaren Ertüchtigung insbesondere der älteren Brückenbauwerke zu erarbeiten, war es zunächst notwendig, eine Analyse des Bestandes vorzunehmen und die Anforderungen an eine zukunftsfähige Infrastruktur zu formulieren. Nachdem auf Grund der Vergleichsrechnungen aus den Forschungsvorhaben und ersten Auswertungen der Bauwerksdatenbank bei der BAST deutlich wurde, dass ein erheblicher Teil des Brückenbestandes künftig nicht mehr ausreichend den Anforderungen aus dem weiter zunehmenden Güterverkehr entsprechen wird, wurden kritische Bauwerke in einer bundesweiten Erhebung identifiziert. Hierzu hat die BAST eine Bewertungsmatrix erarbeitet, in der alle wesentlichen Bewertungskriterien enthalten sind. Die Erhebung erfolgte durch die Straßenbauverwaltungen der Länder über die vorhandenen Bauwerksdatenbanken. Die Ergebnisse liegen mittlerweile vor und sind von der BAST zentral ausgewertet und zu Länderlisten, die die Priorität für eine Nachrechnung der Bauwerke angeben, zusammengefasst worden.

Parallel wurde die Richtlinie zur Nachrechnung der Brücken im Bestand [4] erarbeitet, die in einem ersten Entwurf seit Mai 2011 zur Verfügung steht. Zur Zeit erfolgt bei den Ländern die Nachrechnung und Bewertung der Bauwerke, bei der objektbezogen konkrete Maßnahmen festgelegt werden (Instandsetzung, Verstärkung oder Ersatzneubau). Hierbei ist es erforderlich sich einen genauen Überblick über den Zustand der Bauwerke zu verschaffen.

Auf Grund der Bewertungen soll dann schließlich ein nach Dringlichkeiten abgestuftes Ertüchtigungsprogramm erstellt werden, um die notwendigen Maßnahmen in absehbarer Zeit realisieren zu können.

4. Ingenieure der Bauwerksprüfung nach DIN 1076

Die regelmäßigen Bauwerksprüfungen nach DIN 1076 erhalten bei der Umsetzung dieser strategischen Überlegungen eine neue und zentrale Bedeutung, denn sie bilden mit den ausführlichen Prüfberichten eine wesentliche Grundlage für die Bewertung der Brücken. Eine ausreichende Qualifizierung und Erfahrung der Bauwerksprüfungingenieure ist daher für diese verantwortungsvolle Aufgabe zwingend erforderlich.

Aufgrund des stetigen Personalabbaus in vielen öffentlichen Verwaltungen werden in den letzten Jahren neben den verwaltungseigenen Fachleuten zunehmend auch qualifizierte Ingenieurbüros für die Bauwerksprüfungen eingesetzt. Für die Bauherren ist es dabei natürlich sehr wichtig, dass hierfür nur erfahrene und geschulte Bauwerksprüfungingenieure eingesetzt werden.

Seit 2005 werden daher einwöchige Lehrgänge zur Unterstützung der Ausbildung der Ingenieure der Bauwerksprüfung angeboten. Um die Lehrgänge und weitere Angebote auf Dauer zu sichern, wurde schließlich nach umfangreicher Vorarbeit im Januar 2008 von

dem BMVBS, den Straßenbauverwaltungen der Länder und den Länderingenieurkammern der „Verein zur Förderung der Qualitätssicherung und Zertifizierung der Aus- und Fortbildung von Ingenieurinnen und Ingenieuren der Bauwerksprüfung“ - kurz VFIB [5] - gegründet.

Im besonderen Fokus des Vereins stehen dabei die 5-tägigen „Lehrgänge für Ingenieure der Bauwerksprüfung“, die an vier Standorten in Deutschland durchgeführt werden. Durch den Verein und durch den ihn begleitenden Beirat werden die Lehrgangsinhalte koordiniert und nach bundeseinheitlichem Standard fachlich überwacht. So ist sichergestellt, dass an allen Standorten die gleichen Inhalte durch fachlich qualifizierte Referenten gelehrt werden.

Von einigen Ausbildungsstandorten werden inzwischen zusätzliche Lehrgänge zu Spezialthemen angeboten. Am 02. Und 03.11.2011 fand bei der BAST ein Pilotlehrgang mit dem Titel „Moderne Prüfverfahren bei der Bauwerksdiagnose“ zum Einsatz von Zerstörungsfreien Prüfverfahren (ZfP) statt, der künftig an den Ausbildungsstandorten des VFIB angeboten werden soll. Ziel Dieser Lehrgang soll Ingenieurinnen und Ingenieuren der Bauwerksprüfung die Möglichkeiten und Grenzen moderner zerstörungsfreier Prüfverfahren näherbringen, um damit zukünftig die regulär stattfindenden Bauwerksprüfungen nach DIN 1076 unterstützen zu können.

5. Zerstörungsfreie Prüfverfahren

Zerstörungsfreie Prüfverfahren werden bei der Bauwerkserstellung, der Bauwerksprüfung oder der anschließenden Objektspezifischen Schadensanalyse (OSA) [6] immer häufiger eingesetzt.

In dem aktuellen Entwurf der RI-EBW-PRÜF ist formuliert, dass für spezielle Bauwerke oder Bauwerksteile ein „Prüfhandbuch“ aufzustellen ist. Hierin werden dann die möglichen ZfP-Verfahren und die Einsatzzeitpunkte bei der Bauwerksprüfung beschrieben. In Abbildung 3 ist die Prüfmatrix für die Brückenseile eines Bauwerkes dargestellt.

Über den weiteren Einsatz von ZfP-Verfahren bei der Bauwerksprüfung und –erhaltung folgen einige Beispiele:

5.1 Impakt-Echo-Verfahren

Nach der Herstellung der Innenschale von Tunneln wird seit mehreren Jahren die Dicke der Schale mittels des Impakt- oder des Ultraschall-Echo-Verfahrens erfolgreich geprüft. Hierdurch soll bei Minderdicken freiliegende Bewehrung vermieden werden, die zu der Zerstörung der Abdichtung führen kann. Die Regelungen hierzu sind in der Richtlinie zur zerstörungsfreien Prüfung von Tunnelinnenschalen als Anhang A zum Teil 5, Abschnitt 1 der „Zusätzlichen Technischen Vertragsbedingungen und Richtlinien (ZTV-ING)“ enthalten. Dieses Vorgehen hat sich bewährt und zu einer deutlichen Qualitätsverbesserung bei der Herstellung von Tunnelinnenschalen geführt.

5.2 Prüfung von seilverspannten Brücken

Die Seilprüfung von seilverspannten Hänge- und Schrägseilbrücken erfolgte bisher unter Einsatz des bundeseigenen Brückenseilbesichtigungsgerätes (BSG). Dieses Verfahren ist sehr zeitaufwändig und teuer. Daher wurde im Rahmen einer notwendigen Erneuerung des BSG geprüft, ob die seilverspannten Brücken zukünftig von Hubsteigern aus geprüft werden können. Dies ist mit den heutigen Hubsteigern bis zu Höhen von 100 m mit

wenigen Ausnahmen möglich. So ist eine deutlich wirtschaftlichere handnahe Prüfung der Seile möglich.

| Anlage x zum Prüfhandbuch: Prüfmatrix für die Schrägeile der ... | | | | | | | | | |
|--|----------|--|--|--------------------|---------------------------|---------------------------|-------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------|
| lfd. Nr. | Personal | Prüfungskategorie/Prüfungszeitraum | | | lfd. Beobacht./Besichtig. | Einfache Prüfung 3 Jahre | Hauptprüfung (HP) 6 Jahre | Erweiterte HP einmal n. 24 Jahren | Fachspezifi. OSA ⁴⁾ |
| | | Prüfverfahren | Prüfmittel | Zugangstechnik | | | | | |
| 1 | B | Visuelle Prüfung der Schrägeile (freie Länge) | optische Überwachung im laufenden Betrieb (Fenstglas) | | alle Seile | alle Seile | alle Seile | alle Seile | ✓ |
| 2 | B | Visuelle Prüfung von Seilschwingungen | optische Überwachung im laufenden Betrieb (Fenstglas) | | alle Seile ⁴⁾ | | | | ✓ |
| 3 | B | Besichtigung der Anker und HDPE-Rohre am Überbau und Pylon | optische Prüfung, Werkzeug | Besichtigungsgerät | | 8 Seilköpfe nur b. 1. EP | alle Seilköpfe | alle Seilköpfe | ✓ |
| 4 | B | Visuelle Prüfung der Dämpfer auf Dichtigkeit | optische Prüfung, Werkzeug | | | alle Dämpfer | alle Dämpfer | alle Dämpfer | ✓ |
| 5 | B | Kondenzwasserprüfung durch Entwässerungsrohr | Endoskop, Werkzeug | Besichtigungsgerät | | alle Seilköpfe | alle Seilköpfe | alle Seilköpfe | ✓ |
| 6 | F | Dämpferanschluss (PE-Einlage) | Werkzeug | Besichtigungsgerät | | 1 Seil Ost 1 Seil West | 1 Seil Ost 1 Seil West | 1 Seil Ost 1 Seil West | ✓ |
| 7 | F | Gradientenvermessung des Überbaus gem. Messprogramm | geodätische Messung | | | Überbau ³⁾ | Überbau ³⁾ | Überbau ³⁾ | ✓ |
| 8 | B/F | Handnahe Prüfung HDPE-Hüllrohr/alternativ Kamerabefahrung | Befahreinheit mit Kamera | Besichtigungsgerät | | 4 Seile ³⁾ | 4 Seile ³⁾ | 4 Seile ³⁾ | ✓ |
| 9 | F | Seilkraftbestimmung mit Frequenzmessung | Frequenzmessgerät | | | alle Seile ²⁾ | alle Seile ²⁾ | alle Seile ²⁾ | ✓ |
| 10 | F | Magnetinduktive seilprüfung (selbstfahrend) | Messkopf mit Erregerspule | Besichtigungsgerät | | | Seil X | Seil X | ✓ |
| 11 | F | Ultraschalltest Seilverankerung | Ultraschallprüfkopf für Messung an Einzeldrähten | | | | Seil X | Seil X | ✓ |
| 12 | F | Uftoff-Tests: alle Litzen der unteren Seilverankerung | Monopresse, Hydraulikpumpe, Werkzeug, Korrosionsschutzmasse | Hebebühne | | | Seil X | Seil X | ✓ |
| 13 | B | Endoskopische Überprüfung der Bauteile im Bündelungselement | Endoskop, Werkzeug | Hebebühne | | | 1 Bündelungselem. | 1 Bündelungselem. | ✓ |
| 14 | F | Litzenaustausch nach Ausbau der Bündelungselemente, Elastomere | Monopresse, Hydraulikpumpe, Werkzeug, Korrosionsschutzmasse, Zementverpressung | Hebebühne | | | 1 ausgewählte Litze im Seil X | 1 ausgewählte Litze im Seil X | ✓ |

Bild 3: Prüfmatrix im Prüfhandbuch nach RI-EBW-PRÜF

Weiterhin ist künftig der Einsatz automatisierten ZfP-Verfahren möglich. Dies sind im Falle der Brückenseile Befahrergeräte die die Oberfläche der Seile hochauflösend optisch aufnehmen. Über einen Monitor erfolgt die Auswertung, wobei bei einem festgestellten Schaden eine handnahe Prüfung durch den Bauwerksprüfingenieur erfolgt. Die Befahrergeräte können auch weitere Geräte und Werkzeuge zur Messung des Korrosionsschutzes sowie zur Durchführung einer magnetinduktiven Prüfung oder anderer Verfahren mitführen.

Die Zulassung dieser Verfahren wird künftig in die RI-EBW-PRÜF aufgenommen.

5.3 Radarmessungen

Radar und Lasermessung werden im Rahmen der Objektspezifischen Schadensanalyse zur großflächigen Voruntersuchung von Bauwerksflächen und Baukörpern eingesetzt.

5.4 Elektrochemische Potentialmessung

Bei vielen Bauwerken wird zur Ermittlung von Bewehrungsstahlkorrosion in Stahlbetonbauwerken die Potentialfeldmessung eingesetzt. Dies wurde zum Beispiel bei vielen geschädigten Bauwerken der A 45 zwischen der LGr. NRW/He und dem Gambacher Kreuz und der A 7 in Hessen durchgeführt um einen Überblick über den Schädigungsgrad der Bewehrung zu erlangen.

Einen umfassenden Überblick über zerstörungsfreie bzw. zerstörungsarme Prüfverfahren bietet das durch die Bundesanstalt für Materialprüfung bearbeitete und bereitgestellte ZfPBau-Kompodium, welches auf der Internetseite www.bam.de zur Verfügung steht.

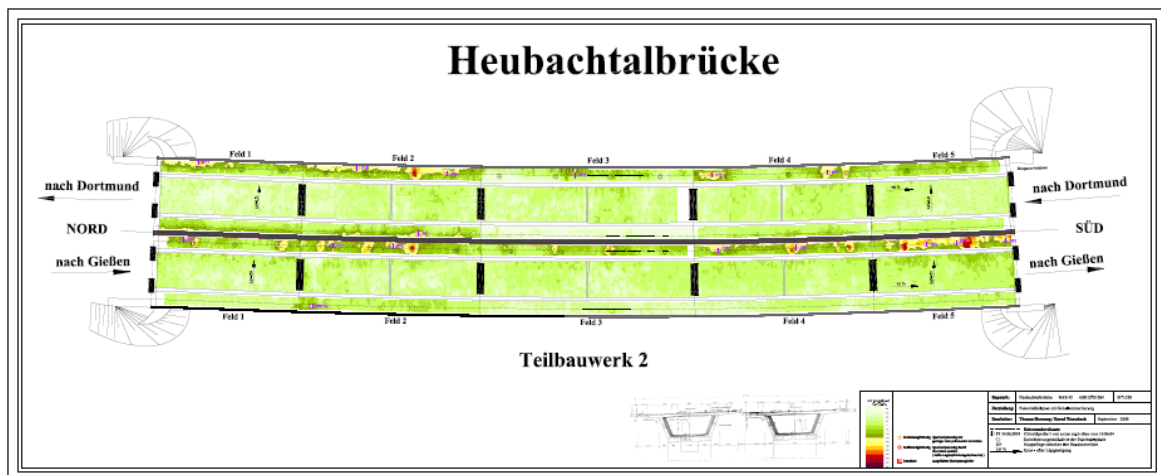


Bild 4: Potentialfeldmessung an einem Überbau

5.5 Aufnahme eines Bauwerkes

Wenn in besonderen Fällen keine Informationen zur Bewehrung eines Bauwerkes vorliegen, so können zerstörungsfreie Prüfverfahren eingesetzt werden, um die Lage und den Umfang der Spannbewehrung und der schlaffen Bewehrung zu orten. So kann die Grundlage für die Nachrechnung von Bauwerken nach der Nachrechnungsrichtlinie geschaffen werden. Ein Pilotprojekt ist zur Zeit in Vorbereitung.

6. Zusammenfassung

Der Bauwerksbestand in Bundesfernstraßen muss in den nächsten Jahren durch Verstärkungsmaßnahmen sowie durch Ersatzneubauten für die schadlose Aufnahme des künftigen Verkehrs ertüchtigt werden. Hierbei ist es notwendig, dass qualifizierte Ingenieure der Bauwerksprüfung Auskunft über den Zustand der Bauwerke geben können. Die zerstörungsfreien Prüfverfahren sind dabei ein wichtiges Hilfsmittel.

Quellenangabe:

- [1] DIN 1076 – Ingenieurbauwerke im Zuge von Straßen und Wegen; Überwachung und Prüfung, Ausgabe November 1999, Beuth Verlag Berlin
- [2] Richtlinie zur einheitlichen Erfassung, Bewertung, Aufzeichnung und Auswertung von Ergebnissen der Bauwerksprüfungen nach DIN 1076, RI-EBW-PRÜF, BMVBW 2008 (download unter www.sib-bauwerke.de)
- [3] Programmsystem SIB-Bauwerke - DV-Programm zur Erfassung, Speicherung und Auswertung von Bauwerksdaten nach ASB-ING, Ingenieurbüro (WPM- Ingenieure, 66540 Neunkirchen, im Auftrag der Bundesanstalt für Straßenwesen
- [4] Richtlinie zur Nachrechnung der Brücken im Bestand
- [5] Verein zur Förderung der Qualitätssicherung und Zertifizierung der Aus- und Fortbildung von Ingenieurinnen und Ingenieuren der Bauwerksprüfung, VFIB (www.vfib-ev.de)
- [6] Leitfaden Objektbezogene Schadensanalyse, OSA, BASt 2004 (download unter www.bast.de)