



DAS NEUE MONITORINGSYSTEM überwacht die Bauzustände und schlägt Alarm, wenn Deformationen detektiert werden. In der Phase der Erprobung bei der DB AG bewachte es beispielsweise ...



... SCHIENENFAHRWEGE, Hilfsbrücken und deren Hinterfüllbereiche sowie Baubehelfskomponenten. Das Verfahren kann aber auch beim im Bestand angewendet werden.

## Wachsames Warnsystem

Ein neues Verfahren und Überwachungssystem bei kritischen Bauzuständen und Bauobjekten im Bestand

Weil die Verantwortung für Bauprojekte mehr und mehr auf eine Gewährleistungsverantwortung verlagert, also privatisiert wird, müssen die Ingenieure immer genauer auf jene haftungsrechtlichen Fallen achten, die ihnen dadurch gestellt werden. Das gilt vor allem beim Bauen im Bestand, bei dem kritische signifikante Deformationen durch reine Inaugenscheinnahme nicht immer erkannt werden können, aber rechtzeitig und exakt erkannt werden müssten. Hier kann ein neues Monitoring-Verfahren helfen, das Karlsruher Ingenieure entwickelt haben. Es wurde mit einem Europäischen Patent ausgestattet und bei der Bahn an Schienenfahrwegen und Hilfsbrücken mit großem Erfolg angewendet. Nun kann es seinen Weg in die normale Baupraxis einschlagen, weswegen es hier am Beispiel seiner praktischen Erprobung bei der Bahn beschrieben wird.

**Baldur Rögner**

Die Sichtkontrolle einzelner Bausysteme beziehungsweise ihrer strukturellen Teilsysteme während der Bauzeit gehört zur Grundaufgabe einer jeden Baudurchführung oder auch danach zur Regelbegutachtung des Baubestandes. Der anlagenverantwortliche Bauherr delegiert diese Aufgabe meist an die Bauleitung des Bauunternehmers oder wird im Rahmen einer Bauüberwachung selbst tätig.

Das sogenannte Monitoring als messtechnisches Erfassen möglicher Deformationen

wird bisher händisch beziehungsweise elektronisch durchgeführt und häufig ausschließlich von der Bauleitung ausgewertet. Die Vorgaben der Messwerte basieren meist auf empirisch ermittelten Richtwerten ohne Vorgabe von Messintervall und Messtoleranzen gemäß den Berechnungsvorgaben in den Bauplänen oder einschlägigen Vorberechnungen. Eine permanente Messung möglicher Deformationen, das heißt, auch dann, wenn die Baustelle nicht besetzt ist, findet in der Regel nicht statt.

In letzter Zeit haben spektakuläre Havarien auf Baustellen gezeigt, dass durch Inter-

aktionen vom Baugrund über die Baubehelfe bis zum Umfeld der Bebauung einschließlich der mitwirkenden Teilsysteme und angrenzenden Bauobjekten im Bestand kritische Deformationen mit signifikanter Größe nicht rechtzeitig erkannt werden konnten.

### Bauzustandskontrolle mit Frühwarnsystem

Karlsruher Ingenieure haben für die kontinuierliche Überwachung ein Verfahren und Überwachungssystem zur Betriebsführung von Schienenfahrwegen entwickelt, das bei der Deutschen Bahn (DB) in einigen Pilotanwendungen seine Nützlichkeit schon unter Beweis gestellt hat. Das Verfahren und Überwachungssystem beginnt bereits mit der Vorgabe der Richt-, beziehungsweise der Grenzwerte für die Vermessung (Monitoring), was nachfolgend auch beschrieben wird. Es kann ein Europäisches Patent vorweisen (EP 2 022 698) und kann auch auf andere Bauzustände übertragen werden, zum Beispiel auf den Bauzustand von Hilfsbrücken, auf den Baugrubenverbau oder auf Baufelder mit Fahrleitungsmasten.

Während der Baudurchführung ergibt sich



**Baldur Rögner**

Dipl.-Ing. (FH); Studium des Bauingenieurwesens an der jetzigen Fachhochschule Karlsruhe; von 1965 bis 1998 als Brückenbau- und Baugrunderingenieur in verschiedenen zuletzt leitenden Positionen bei der Deutschen Bahn tätig; heute Berater mehrerer Ingenieurbüros und der DB AG.  
broegener@gmx.de

durch Interaktionen und die interdisziplinären Zusammenhänge in den jeweiligen Tragwerksebenen vom Baugrund bis zur Schiene eine Monokausalität, die von einer Bauzustandskontrolle mit Risikobetrachtung (stark

vereinfachter Risikoanalyse) beziehungsweise einem baustellengerechten Risikomanagement begleitet werden sollte. Bisher wurden die Deformationsmessungen (Deformationsmonitoring) durch eine Vermessungsfir-

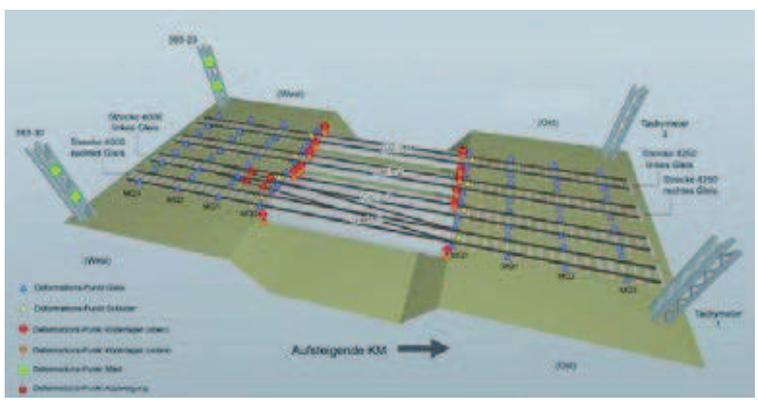
ma ausgeführt. Monitoring ist bisher nur ein Überbegriff für alle Arten des unmittelbaren systematischen messtechnischen Erfassens, Beobachtens oder Überwachsens eines Vorgangs oder Prozesses mittels technischer Hilfsmittel oder anderen Beobachtungssystemen, das heißt, im Grundsatz nur eine Datenerfassung von Deformationen als Sonder- typ des Protokollierens.

Aus den Bahnrichtlinien werden empfohlene Verformungsrichtwerte vorgegeben, oder auch in der Spezifizierung auf Erfahrungswerte zurückgegriffen. Für das Messsystem, das Messintervall und die Messtoleranzen gibt es keine konkreten Regelungen beziehungsweise Vorgaben.

**Verfahren und Überwachungssystem zur Betriebsführung von Schienenfahrwegen (EP)**



NICHT NUR BEI SCHIENENFAHRWEGEN, kann das neue Monitoringsystem angewendet werden, sondern auch beim Bauen im Bestand



**DIE POSITION DER MESSSTELLEN** des neuen Monitoring-Verfahrens werden vom Fachkoordinator im Abstimmung mit dem Vermessungsingenieur festgelegt

Zur Schadensvorsorge erfolgt eine rechtzeitige Frühwarnung über einer Alarmierungskette. Zukunftsorientiert sollen möglichst mit automatischer Rückkopplung und Regelung die Teilsysteme anpasst werden. Bei sicherer Anwendung und Vernetzung ist auch eine unmittelbare, automatische Leit- und Sicherungstechnik (LST).

Eine tatsächlich unzulässige Gleislage kann nicht ausreichend zeitnah nach Kontrolle und Auswertung der Messdaten durch den Bauüberwacher Bahn erbracht werden.

### Sicherheitskonzept mit Baustellenrisikomanagement und Betriebsführung

Zukünftig sollen unter Federführung eines Fachkoordinators die beteiligen Fachbereiche/Fachdienste vorausschauend ein Sicherheitskonzept möglichst schon in der Planungsphase für den jeweiligen Aufgabenbereich aufstellen. Mit interdisziplinärer Beteiligung der Fachbereiche werden Grenzwerte für die jeweilige Baustelle mit den spezifischen Teilsystemen und Gleislagertoleranzen festgelegt. Dazu werden alle sicherheitsrelevanten Infrastruktursysteme ganzheitliche berücksichtigt und nach vorausschauender, vereinfachter, interdisziplinären Risikoanalyse signifikante Warn- und Grenzwerte festgelegt.

Bei Bauzuständen wird in den jeweiligen sicherheitsrelevanten Tragsystemen von der Gründung bis zur Schienenoberkante, zum Beispiel Verbauten, Rückverankerungen, Hilfsbrücken, Hangsicherungen usw. gemessen.

Eine vom Vermessungsingenieur betreute EDV-gestützte Auswertungszentrale filtert die Flut von visualisierten Messdaten mit laufender Gegenkontrolle auf die vorher vom Fachkoordinator festgelegten, tolerablen Warn- bzw. Grenzwerte.

Das Fachkoordinator team unter Beteiligung der Fachbereiche beziehungsweise Fachdienste ist permanent mit dem möglichst vollautomatisch arbeitenden Mess- und Steuerungssystemen online verbunden und wertet die gefilterten Ergebnisse der Deformationsmessungen aus.

Bei Bedarf kann das Fachkoordinator team die vorher festgelegten Warn- und Grenzwerte an mögliche Veränderungen der Tragsysteme schnell anpassen. Bei komplexen Risiken aus den verschiedenen Fachbereichen wird damit die ganzheitliche Bauzustandskontrolle koordiniert.

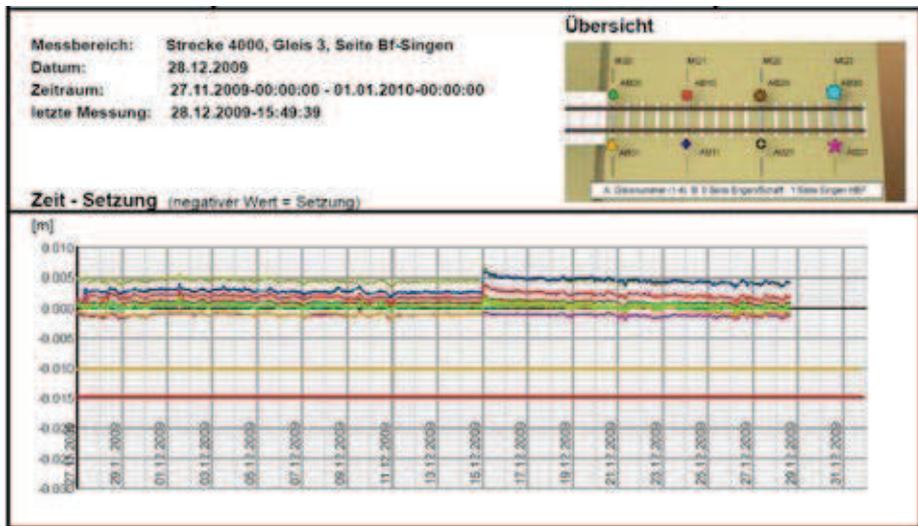
Nur die durch das Fachkoordinator team festgelegten Werte dürfen dann in Zusammenarbeit mit dem Vermessungsingenieur in der EDV verarbeiten werden. Bei signifikanter Änderung der inneren beziehungsweise äußeren Sicherheit des Schienen-Fahrweges erfolgt stufenweise eine automatische Alarmierung durch sichere Meldemittel.

### Pilotprojekte nach neuartigem Frühwarnsystem

In den Jahren 2007 bis 2010 wurden bei der DB AG Projektbau, Regionalbereich Südwest Karlsruhe vier Pilotprojekte mit Erfolg gefahren, signifikante Deformationen in ihrer Entwicklung rechtzeitig erkannt und damit mögliche Havarien rechtzeitig vvermieden. [1]. Bei Bauzuständen beziehungsweise bei Baubehelfen ergeben sich häufig unvorhergesehene, zum Teil intolerante Risiken. Nur das rechtzeitige Erkennen von signifikanten Deformationen im verhindert mögliche Gefährdungen.

Bei der allgemeinen Argumentation, dass nach Regelwerk gebaut werde, also nach den einschlägigen Normen und speziellen Richtlinien, wird übersehen, dass diese Regelwerke sich häufig in der Umgestaltung oder Anpassung der Normierung befinden und nicht den Stand der Technik wiedergeben oder eine explizite Risikoabschätzung bedürfen. *Stand der Technik ist (laut Wikipedia) der Entwicklungsstand fortschrittlicher Verfahren, Einrichtung oder Betriebsweisen, der die praktische Eignung einer Maßnahme ... (berücksichtigt).*

Besonders bei Bauzuständen mit der Unwägbarkeiten des Baugrundes und in der Folge möglichen Interaktionen der Teilsysteme und unterschiedlichsten Bauverfahren sollte daher der Stand der Technik mit dem Entwicklungsstand fortschrittlicher Verfahren, Einrichtungen oder Betriebsweisen gefordert werden, damit die praktische Eignung der Maßnahme im Hinblick auf die angestrebten Erreichung eines hohen Niveaus insgesamt gesichert wird.



DIE DEFORMATIONSMESSUNGEN werden vom Vermessungsingenieur visualisiert, die Grenzwerte vom Fachkoordinator festgelegt.

### Präqualifikation und Aufgaben des Fachkoordinators

Der Fachkoordinator soll sachkundiger Bauingenieur sein, möglichst Vertiefung im Konstruktiven Ingenieurbau haben und mit seinem Team fachübergreifend über Kenntnisse verfügen, zum Beispiel als Sachverständiger Prüfer.

Das Team muss in der Alarmbereitschaft die Rückkoppelung mit Ingenieuren der Fachbereiche herstellen, Kommentare zur Lage erstellen und die Dokumentation betreiben.



DIE ALARMIERUNGSKETTE mit Warn- und Grenzwerten

### Kosten- Nutzenanalyse und Zuordnung

Die Kosten für Vermessung einschließlich technischer Auswertung und permanenter Bauzustandskontrolle online mit Fachkoordinator und Alarmierungsteam, auch bei Nacht, liegen bei einjähriger Bauzeit bei ca. einem Prozent der Baukosten. Eine mögliche Havarie kostet ein Vielfaches.

Diese Überwachungskontrolle ist eine übergeordnete Bauleitungsfunktion im Zuge der Baudurchführung auf Weisung des Bauherrn. Die Kosten sind damit über die Bauleistung abzuwickeln. Diese Leistung ist kein Bauprodukt und kann als Kontrollmanagement sowohl vom Auftragnehmer als auch vom Auftraggeber unbefangen gemeinsam genutzt werden.

Ein beispielhaftes Leistungsverzeichnis wurde für die ganzheitliche Aufgabe entwickelt und kann beim Autor angefordert werden.

### Erkenntnisse und Empfehlungen

Die Durchführungsverantwortung des Staates wird zunehmend durch Gewährleistungsverantwortung ersetzt. Das entbindet den Staat aber nicht von seiner Aufsichtspflicht und damit der Weisungsbefugnis und Genehmigungspflicht bei sicher-

heitstechnisch wichtigen Betriebsprozessen.

Die Ausgewogenheit von Durchführungs- und Gewährleistungsverantwortung muss risikoabhängig hergestellt werden. Ein Konflikt zwischen wirtschaftlichen Zwängen und technischer Notwendigkeit sollte nicht im Vordergrund stehen, wenn die Sicherheit beim Bauen mit höchstem Risiko besonders bei Bauzuständen betroffen ist.

Heute kann man nicht mehr den althergebrachten Verfahrensweisen allein folgen. Der komplexe Baubetrieb bei modernstem Bauverfahren muss mit den augenblicklich besten Kontrollmethoden an einen höchst möglichen Sicherheitsstandard angepasst werden.

Die technischen Komponenten dafür werden ständig in Zusammenarbeit mit Forschung, Wissenschaft und Wirtschaft verbessert.

Die Europäische Patentschrift für das neue Verfahren kann unter [www.deutsches-ingenieurblatt.de](http://www.deutsches-ingenieurblatt.de) → **WebInfos** → **Suchwort: Patentschrift** eingesehen oder heruntergeladen werden.



► [broegener@kabelbw.de](mailto:broegener@kabelbw.de)

### Literatur

[1] Hellmich, M.: Bauzustandskontrolle, in: El- Der Eisenbahningenieur, Heft 03/2011