

Tunnel Cochem: Eine knappe Angelegenheit

von Gerhard Weithe

Der Kaiser-Wilhelm-Tunnel, der seit 130 Jahren Züge mitten unter dem historischen Städtchen Cochem an der Mosel hindurchführt, wird saniert. Gleichzeitig wird eine zweite Tunnelröhre mit 4.242 Metern Länge gebaut, die im Jahr 2016 für den Bahnverkehr geöffnet werden soll. Das rund 200 Millionen Euro teure Tunnelbauprojekt der Deutschen Bahn dient dem Ausbau der Bahnstrecke Koblenz/Trier sowie der Anpassung an neue Sicherheitsstandards. Aufgrund der kritischen geologischen Situation wurde ein automatisiertes Überwachungskonzept entwickelt, das die Messdaten in Echtzeit bis zum Schildfahrer der Tunnelvortriebsmaschine übermittelte.

Die Bodenverhältnisse teilten die Vortriebsstrecke in einen ca. 3.750 Meter langen Abschnitt mit Sand- und Tonstein, sowie einen Lockergesteinsbereich mit rund 500 Metern Länge, der im geschlossenen Erd-druck-Modus der Tunnelvortriebsmaschine (TVM) vortrieben wurde und dabei zahlreiche Gebäude und Straßen unterquerte. Die Tunnelvortriebsarbeiten begannen am relativ günstig gelegenen Südportal, in einem nur dünn besiedelten Seitental der Mosel. Hier waren die Beeinträchtigungen der Anwohner durch

die Vortriebsarbeiten mit einer TVM mit einem Ausbruchsdurchmesser von 10,12 Meter relativ gering. Anders im Norden auf der Cochemer Seite, wo der Tunnel direkt unter dem Cochemer Stadtgebiet verläuft und in der Innenstadt endet.

Automatisierte permanente Deformationsmessungen

Die Unterfahrung der Oberstadt Cochem mit kritischer Bebauung erforderte gezielte Bodenverbesserungsmaßnahmen und vorlaufende Hebungsinjektionen in Verbindung mit einem aufwändigen Messprogramm. Trotz Permanentüberwachung mit zahlreichen Sensoren galt die Unterfahrung mit nur drei Metern Überdeckung bei vier Gebäuden als äußerst heikel, weitere 50 Gebäude lagen im Einflussbereich der Tunnelbauarbeiten.

Um Gebäudeschäden frühzeitig zu erkennen, wurden alle Messpunkte rund um die Uhr auf mögliche Baugrundbewegungen überwacht. Parallel hierzu erfassen hochgenaue hydrostatische Drucksensoren in den kritischen Gebäuden Deformationen im Submillimeterbereich. In der kritischen Phase mit minimalster Überlagerung wurden diese Messdaten an einen oberirdischen Steuerstand gesandt, und von diesem laufend in ein Informationssystem eingepflegt. Vom Injektionsschacht aus konnten bei Bedarf zeitnah



gezielte Hebungsinjektionen unter den Gebäuden ausgeführt werden.

Um den speziellen Anforderungen an die Überwachung gerecht zu werden, entwickelte die Abteilung Messtechnik der Baufirma Alpine BeMo Tunneling GmbH (ABT) mit der Bruchsaler VMT GmbH, einem langjährigen Partner von Leica Geosystems, ein umfangreiches und modulares Mess- und Systemkonzept. Dieses ermöglichte ein automatisiertes Deformations-Monitoring mit Echtzeit-Datentransfer bis zum Schildfahrer im Steuerstand der Tunnelvortriebsmaschine.

Systemeigenschaften und Komponenten

Das oberirdische automatische Deformationsmonitoring in der Cochemer Oberstadt bestand aus einem modularen Systemaufbau. Es wurden mehr als 150 Prismen installiert, die vortriebsabhängig mit bis zu neun Leica TS30 Totalstationen beobachtet wurden. Um die Genauigkeit und Zuverlässigkeit der Ergebnisse weiter zu steigern, wurden zusätzlich satelliten-gestützt Basislinien mit GNSS-Sensoren gemessen, prozessiert und gemeinsam mit den terrestrischen Messungen in der VMT TUNIS Deformation Software mit Real-Time-Netzausgleichung ausgewertet. Die Bewegungen im Untergrund wurden zusätzlich mit insgesamt drei Extensometern erfasst.

Die Visualisierung der Ergebnisse im gesamten Baustellennetzwerk und in die TVM erfolgte über eine gesicherte Internet-Datenkommunikation mit dem Informatiessystem IRIS (Integrated Risk and Information System) von VMT. Dieses garantierte eine lückenlose Überwachung der Objektpunkte in Echtzeit mit automatischer Benachrichtigung. Sobald die vorab definierten Grenzwerte überschritten wurden, wurden die Projektverantwortlichen informiert.

Unterfahrung der Oberstadt Cochem

Die detaillierte Planung der oberirdischen Messtechnik begann bereits im Dezember 2010 mit dem Entwurf eines umfangreichen Messprogramms. Das Konzept beinhaltete, dass alle Gebäude im Unterfahrunskorridor von 30 Metern Breite in die Permanentbeobachtung einbezogen wurden. Hierbei fiel die Wahl der Sensoren auf die hochgenauen TS30 Totalstation von Leica Geosystems, da nur diese im Hinblick auf die geforderte Genauigkeit der Messergebnisse und die zu messenden Distanzen den Projektanforderungen entsprachen.

Die technische Ausrüstung zur Installation der Systemkomponenten übernahm die Firma Goecke GmbH aus Schwelm, langjähriger Vertriebspartner von Leica Geosystems. Sie schützte die Instrumente mit speziellen Konsolen und Kunststoffverkleidungen ein-





■ Der Tunnel unterquert zahlreiche Häuser im Stadtgebiet von Cochem, teilweise mit nur drei Metern Überdeckung.

schließlich Überdachung kostengünstig vor Wettereinflüssen und Vandalismus.

Über eine spezielle WLAN-Technik wurden die Messdaten der Tachymeter und der Meteosensoren permanent über Access Points an sogenannte «Meshnodes» übertragen, die in der Lage sind, sich intelligent zu vernetzen und somit den eventuellen Ausfall eines Knotens zu überbrücken.

Besonderer Wert wurde auf geeignete Backup-Systeme bei eventuellem Ausfall von Komponenten gelegt. Beispielsweise hätte das System bei DSL-Ausfall auch über einen UMTS-Router betrieben werden können. Allerdings wurden die Reservekomponenten bei der Unterfahrung nicht benötigt.

Mehrere Wochen war ein Team aus Vermessern, Elektrikern, Bauarbeitern und IT-Spezialisten vor Ort mit der Errichtung des ausgedehnten Monitoring-Systems beschäftigt. Bevor die herannahende Tunnelvortriebsmaschine die Siedlung erreichte, wurde das System in Betrieb genommen und zunächst getestet.

Mit Beginn der Unterfahrung im Oktober 2011 wurden kleinere Störungen behoben, und das Monitoringssystem mit hoher Zuverlässigkeit und Genauigkeit in Betrieb genommen.

Monitoring unterstützte maßgeblich den Erfolg dieses Projektes

Da bei maschinellen Vortriebsarbeiten im Gegensatz zum konventionellen Tunnelbau weniger Möglichkeiten zur Messung der untertägigen Verformungen bestehen, kam dem Deformationsmonitoring an der Infrastruktur bei diesem Projekt eine besonders hohe Bedeutung zu.

Über das Informationssystem IRIS von VMT hatten die Projektbeteiligten jederzeit Zugang zu aktuellen Messdaten. Ein Bildschirm im Steuerstand der Vortriebsmaschine zeigte in Echtzeit die momentane Maschinenposition im Satellitenfoto und sämtliche Sensoren an der Oberfläche mit den aktuellen Messergebnissen.

Auch im kritischen Bereich ging die Berechnung der Planer auf: die prognostizierte und ausgeführte Vorhebung der Gebäude entsprach fast genau den Gebäudesetzungen durch den Tunnelvortrieb.

Am 7. November 2011 schlug die Tunnelvortriebsmaschine nahe dem Stadtzentrum von Cochem präzise durch die Anschlagwand. Ohne den hohen Stand der Messtechnologie mit hochpräzisen Instrumenten und dem zuverlässigen Betrieb eines automatisierten Deformationsmonitorings hätte dieses anspruchsvolle Projekt so nicht realisiert werden können. ■

Über den Autor: Gerhard Weithe ist Dipl.-Ing. für Vermessung und verantwortlich für die Abteilung Messtechnik bei der ausführenden Baufirma Alpine BeMo Tunneling GmbH (ABT).

gerhard.weithe@alpine-bemo.com



■ Aktuelle Messdaten direkt im TVM-Steuerstand.