



Nach 57 Kilometern mussten sich die beiden Enden des Gotthard-Tunnels mit einer maximalen Abweichung von zehn Zentimetern treffen.

## Mit Netz und doppeltem Boden

Jedes Bauprojekt beginnt mit der Vermessung – das ist auch heute noch so. Doch die Geodäsie wird digital: häufig ergänzen moderne Methoden die klassische terrestrische Vermessung. Globale Positionierungssysteme, virtuelle Referenznetze und Laserscans bereiten heute den Weg zu einer präzisen und zuverlässigen Ingenieurvermessung.

Die Brückeneinweihung in Laufenburg fiel fast ins Wasser: Im deutsch-schweizerischen Grenzort hatten die Bauer der Hochrheintalbrücke vor knapp drei Jahren die unterschiedlichen Höhenbezugssysteme der beiden Länder falsch berechnet. Deutschland richtet sich in seinen Höhenangaben zu Metern über dem Meeresspiegel nach dem so genannten Amsterdamer Pegel. Die Schweiz orientiert sich hingegen am Bezugspunkt Genfer See. Damit lag die Schweiz vermessungstechnisch gesehen 27 Zentimeter tiefer als die Europäische Union. Dies war auch dem schweizerischen Ingenieurbüro Heinzelmann geläufig. Doch wegen einer Verwechslung der mathematischen Vorzeichen senkte es den Brückenteil auf der schweizerischen Seite um weitere 27 Zentimeter ab, statt ihn anzuheben. Auf den letzten 35 von 225 Brückenmetern wurde die Fehlkalkulation sichtbar: Die Straße auf deutscher Seite musste mehr als einen halben Meter herabgesetzt werden.

Die viel zitierte Panne in Laufenburg zeigt nicht nur, wie präzise in der Ingenieurvermessung gearbeitet werden muss, sondern auch, dass uneinheitliche Bezugs- und Referenzsysteme zu Recht der Schrecken der Vermesser sind. Doch selbst wenn die offiziell genutzten Referenzsysteme identisch sind, garantiert dies nicht eine einheitliche Datenführung. Die Vermessungsabteilung der Deutschen Bahn stand beispielsweise bei der bundesweiten Zusammenlegung der Gleisinfrastruktur vor dem Problem, dass ihre Gleise an den Grenzen der Bundesländer laut Koordinaten um zwanzig Zentimeter versetzt zueinander endeten. „Die Koordinatennetze sind zum großen Teil vor mehr als hundert Jahren aus Flickenteppichen der Vielstaaterei entstanden und im Laufe der Jahre puzzleartig zusammengefügt worden“, erklärt Bodo Lahr von der DB Netz, wie es zu diesen Insellösungen kam. Gleistrassen wurden mit trigonometrischen Verfahren vermessen, berechnet und abgesteckt.

Die Deutsche Bahn behalf sich, indem sie ihr eigenes trassennahes Referenznetzpunktfeld und das bundesweit einheitliche Bezugssystem DB-Ref aufbaute. Schließlich kommt es bei der Bahn auf Millimetergenauigkeit in der Vermessung an, wenn Züge mit 300 Stundenkilometern auf den Schienen fahren sollen. Um die alten Gebrauchskoordinaten in ein homogenes Bezugssystem zu überführen, setzt die Bahn das Transformationsmodul GNTrans



Gute Referenz: Die Bahn besitzt ihr eigenes System zur präzisen Gleisvermessung.

ein. Das von der Gesellschaft für satellitengestützte geodätische und navigatorische Technologien (Geo++) entwickelte Modul ermöglicht eine nachbarschaftstreu Transformation zwischen den Landessystemen, dem ETRF89 (European Terrestrial Reference Frame von 1989) und dem DB-Ref. Dazu musste ein repräsentativer Satz identischer Punkte mit Koordinaten im Ursprungs- und Zielsystem erfasst werden.

Das DB-Ref ist heute bei der Bahn als ausschließliche Koordinatengrundlage vorgeschrieben. „Die Messsensor-Unabhängigkeit des Bezugssystems DB-Ref ermöglicht es, GPS- und Tachymetermessungen miteinander zu verknüpfen, wenn die Rahmenbedingungen dies erfordern“,

erläutert Lahr. Dies wird notwendig, wenn GPS-Signale in Tunneln oder Waldgebieten abgeschattet werden.

Eine Erfassung der Daten von Tunneln, Brücken oder auch Gleisen im Vorbeifahren wird durch bewegliche Messsysteme wie Moses von IB&T möglich. Hier wird auf eine Kombination aus GPS und Laserscannern zurückgegriffen, so dass die erfassten Objektgeometrien anhand ihrer Koordinaten verortet werden können. So können Gleiszustände und Spurweiten dokumentiert werden. Für die Aufnahme der Durchfahrtshöhen und Lichtraumprofile von Tunneln werden mit Moses während der Fahrt vollständige Durchfahrtsprofile vom Laserscanner erfasst – pro Sekunde werden auf diese Weise rund

Wo Züge mit 300 Stundenkilometern fahren, müssen Gleise millimetergenau verlegt sein.



### Umkreissuche

Limez, der Lichtraummesszug der deutschen Bahn, erfasst mit einem Laserscanner bei einer Geschwindigkeit von 100 Stundenkilometer alle Daten rund ums Gleis. Ist der Lichtraum für eine Durchfahrt oder einen Sondertransport zu klein, rücken Servicemitarbeiter mit der Kettensäge an, um der Bahn mehr Platz einzuräumen.

14.000 Koordinaten berechnet. Anhand der Messdaten der Laserscanner lassen sich Oberflächenstrukturen, Wegverläufe und der Zustand von Tunnelwänden bestimmen. Mit der Bilddokumentation durch georeferenzierte Videos werden so auch 3D-Gleisgeometrien bestimmt und die Gleismöblierung digitalisiert.

**Kinematische Messtechnologie** wird deshalb auch rund um Gleisanlagen eingesetzt, um Sicherheitsabstände zu kontrollieren. Denn wächst ein Baum zu nah an das Gleis heran, droht Gefahr. Um Unfälle zu verhindern, werden die Abstände zum befahrenen Gleis, das so genannte Lichtraumprofil, regelmäßig überprüft. Die Lichtraumprofile werden durch spezielle Messwagen der Bahn kontrolliert, die über die Schienennetze rollen. Die ursprünglich eingesetzten Videokameras durften jedoch nur langsam über die Schienen gefahren werden, um genaue Bilder zu erhalten. Die

Messwagen, die nicht schneller als 20 Stundenkilometer fahren konnten, behinderten den Bahnverkehr.

Der neueste Lichtraummesszug Limez III der Deutschen Bahn kann heute bei einer Geschwindigkeit von 100 Stundenkilometern alle notwendigen Daten aus einem zuvor definierten Raum rund um den Zug aufnehmen. Er erfasst alle Objekte, die in einem bestimmten Radius um das befahrene Gleis liegen. Damit sollen Engstellen dokumentiert werden. Limez wurde von den Firmen Metro-nom Automation, Geo++ und Allsat in einem Gemeinschaftsprojekt entwickelt. Der Lichtraummesszug kombiniert stereoskopische Videoaufnahmen, 2D-Rotationsscanner sowie 2D-Flächenscanner. Die seitlich angebrachten Laserscanner messen bis zu 1800 Abstandsprofile pro Sekunde mit je 3600 Pixeln und einer Genauigkeit im zehn Millimeter-Bereich. Diese Messdaten des Lichtraums werden um Daten

des inertialen Navigationssystem siNav-RQH-Rail von iMAR erweitert. Um die Positionsgenauigkeit zu verbessern, werden beim Referenzdienst der Eon Ruhrgas Ascos Korrekturdaten für das Globale Navigationssatellitensystem GPS angefordert. Im Post-Processing werden diese Korrekturdaten (Differential GPS) nach der Aufnahme einer Strecke von bis zu 500 Kilometern mit den Messwerten zum Lichtraum zusammengeführt. So erhält die Deutsche Bahn bei der Nachbearbeitung im Büro aktuelle Werte für Gleiskoordinaten, die exakt verortet sind. Anhand dieser Werte soll der lichte Raum bestimmt werden können, wenn es auf der Schiene mal eng werden könnte – beispielsweise beim Transport von Schrägblechen, Transformatoren oder Panzern. Ein flexibler, schneller Einsatz ist mit dem großen Lichtraummesszug allerdings nicht möglich. Diese Marktlücke schließen kleine, zusammenklappbare Messsysteme. „Die Messwagen lassen sich platzsparend zusammenlegen, leicht vor Ort bringen, schnell auf die Schienen stellen und startklar machen“, fasst Marc Amsler von Terra Vermessungen die Vorteile seines swiss trolleys zusammen. Die Firma intermetric hat einen ähnlichen modularen Gleismesswagen gebaut. Das Multisensor-Messsystem vereint Tachymeterdaten mit GPS und Laserinformationen. Der intermetric Gleismesswagen soll alle Gleisgeometrieparameter wie Gleislage, Höhe oder Spurweite erfassen und digital dokumentieren. Dazu kann der Gleiswagen mit GPS-Empfängern, Tachymetern oder Totalstationen aufgerüstet werden. Laut intermetric kann ein auf dem Messwagen montierter GPS-Rover die Gleisaufnahme auch direkt im Bezugssystem der Bahn DB-Ref vornehmen.

**Messfehler sind verhängnisvoll**, vor allem, wenn Gleise in lichter Höhe über eine Brücke verlaufen. Hier sind exakte Messungen gefragt. Im Auftrag der DB Netz hat das Ingenieurbüro Krebs und Kiefer aus Karlsruhe im vergangenen Jahr die Planung und Bauüberwachung der Sanierung mehrerer Stahlbrücken zwischen Karlsruhe und Durlach übernommen. Die Bauwerksbestandspläne, die das Ingenieurbüro erhielt, stammten jedoch aus der Zeit des frühen 20. Jahrhunderts. „Hier passten zwar die Grunddaten und die Achsmaße, aber die sonstige Bauausführung wich vom Plan ab“, erinnert sich Günter Keller, zuständiger Vermessungsingenieur von Krebs und Kiefer. Insbesondere für die Erneuerung

der Brückenschwellen war deshalb eine detaillierte Bestandsaufnahme der Tragkonstruktion nach Lage und Höhe notwendig. Als Grundlage für die Aufnahme konnte das vorhandene Festpunktnetz der DB in Gauß-Krüger-Koordinaten, bestehend aus Polygon-, Höhenfest- und Gleisvermarkungspunkten verwendet werden. Gleisvermarkungspunkte befinden sich an den Fahrleitungsmasten, die entlang der Bahnstrecke stehen.

DB-Ref, das neue Festpunktnetz der DB, gab es in diesem Bereich noch nicht. „Die für Gleisvermessung erforderliche Messgenauigkeit im Millimeterbereich kann – gerade bei der Höhe – mit GPS nicht erreicht werden“, erklärt der Vermessungsingenieur. Eine Aufnahme mit Laserscannern kam nicht in Frage, da der überwiegende Teil der aufzunehmenden Bauwerkskonstruktion durch Abdeckbleche verdeckt und somit nicht frei zugänglich war. Deshalb wurden an den Stahlbrücken der Leica Tachymeter TCRA 112 plus sowie das digitale Nivellier DiNi 12 von Trimble eingesetzt.

Erschwert wurde der Arbeitsfluss dadurch, dass zu den Messungen jeweils ein Gleis temporär gesperrt werden musste, der Zugbetrieb aber aufrecht erhalten blieb. „Nach jeder Zugdurchfahrt mussten wir überprüfen, ob die Messinstrumente noch auf dem richtigen Platz standen und die Orientierung sowie die Horizontierung noch stimmten“, sagt Keller. Bei der Massenaufnahme wurden pro Gleis etwa 100 Schwellen vermessen. Die bei den Messungen aufgenommenen Rohdaten aus Koordinaten und Höhenangaben wurden dann für die Auswertung in ein CAD-System überführt. Hiermit wurden dann für jede Schwellenstation Abstandsmaße zur Soll-Gleisachse und Gleisgradienten ermittelt.

**Für schwer zugängliches Gelände** hält mit dem Fortschritt der digitalen Messtechnik auch die Airborne-Vermessung Einzug. Moderne Laserscanner zeichnen schnell und präzise Abbildungen des Untergrunds auf. Der Blick aus der Luft ist vor allem bei Energieversorgern beliebt. Bei der Fernerkundungsmethode Airborne Laser-scanning liefert ein Infrarotlaser, der den Boden abtastet, eine dichte 3D-Punkt-wolke (vier Punkte pro Quadratmeter) der aufgenommenen Geländeoberfläche. Der Scanner kann die zurückgeworfenen Signalechos mit einer Genauigkeit von bis zu 20 Millimetern erfassen. Computerpro-

gramme verarbeiten diese Rohdaten mit Positionsbestimmungen durch das Globale Positionierungssystem (GPS) zu digitalen Gelände- oder Oberflächenmodellen.

Der Stromversorger Eon Netz setzt Airborne Laserscanning ein, um mit einem Laserstrahl vom Hubschrauber aus Stromleitungen zu erfassen. Bei der Neuplanung von Leitungstrassen werden Korridore mit einer Breite von 400 Metern abgeflogen. Am Computer werden die Masten virtuell in die aus den Scandaten generierte digitale Landschaft eingefügt. Eon Netz setzt das Verfahren aber vor allem zur Erfassung der bereits vorhandenen Leitungen ein. Während er das Leitungsnetz überfliegt, zeichnet der Hubschrauber Gelände- und Positionsdaten auf, die mit GPS ermittelt werden. Dieses Verfahren nimmt die Objekte mit einer Punktgenauigkeit im Subdezimeterbereich auf. Dabei werden nicht nur die Leitungsmasten verortet, sondern auch der Durchhang der Leitung und

die Vegetation in unmittelbarer Nähe der Leitungen dokumentiert. Wolfgang Dee, Projektleiter im Betriebszentrum Lehrte der Eon Netz, fasst die Entwicklung in der Vermessung zusammen: „Generell haben sich die Grundsätze der Vermessung geändert. Früher wurde nur das Nötige vermessen – jetzt scannt man einfach alles und sucht sich das Relevante heraus.“

**In den Schweizer Alpen** stehen Vermessern beim Einmessen der Hochspannungsmasten vor größeren Problemen: Hier befinden sich Leitungsnetze mitten in den Bergen. Da die Masten schwer zugänglich sind, hat die Nordschweizerische Kraftwerke (NOK) beschlossen, die Befliegung mit einem Helikopter zur Datenaufnahme zu testen. Die von der NOK betriebene Transportleitung von Bonaduz nach Breite verläuft durch Wald und Gebirge, so dass der Leiter der Vermessungsabteilung bei NOK, Urs Federer, eine terrestrische

**Hoch hinaus:** Die Messdatenaufnahme auf Brücken kann zum Balanceakt werden.



## Der Laserscanner verrät, wie stark sich Tunnelwände im Laufe der Zeit verformen.

Messung von vornherein ausschloss. An 40 ihrer rund 400 Gittermasten wollte das Versorgungsunternehmen testen, ob mit einer Helikoptermessung per differenziellem GPS eine Lagegenauigkeit im Submeterbereich erreicht werden kann. Für den Vermessungs-Testflug wurde dem Helikopter ein Topcon Hiper-Empfänger für GPS und Glonass-Signale an die rechte Kufe geschraubt. Um den Standort eines Hochspannungsmastes zu ermitteln, musste der Empfänger möglichst senkrecht in zwei Metern über der Mastspitze in Position gehalten werden. Die Messung der Signallaufzeiten zu Satelliten des Globalen Positionierungssystems Navstar und des russischen Glonass wurde mit Korrekturdaten aus virtuellen Referenzstationen präzisiert. Federer war mit dem Messergebnis zufrieden: „Von 40 aufgenommenen Masten, die über 22 Kilometer verteilt standen, konnte die Hälfte mit einer Lagegenauigkeit von einem halben Meter oder besser eingemessen werden.“ In zehn Prozent der Messungen konnte eine Position im Submeterbereich hingegen nicht erreicht werden. „Einzelne terrestrische Nachmessungen sind infolge der schwierigen Topografie unerlässlich“, sagt Federer. Im Vergleich zu frei liegenden Stromleitungen erscheint die Vermessung bei Telekommunikations-, Gas- und Wasserleitungen umständlich. Hier ist eine Erfassung der Rohre und Kabel gleich beim Verlegen notwendig. Die Telekom muss über ihr Kabelnetz Buch führen und Pläne vorlegen können, in denen der Kabelverlauf

mit einer Genauigkeit von 15 Zentimetern ausgewiesen ist. Die Telekom stieg 2001 von der Tachymetervermessung auf den GPS-fähigen Rover RTK 5800 von Trimble um. Da die Positionsermittlung über das Globale Positionierungssystem nur eine Genauigkeit von rund einem Meter erreichen kann, musste die Telekom mit differenziellem GPS arbeiten. Hier diente anfangs ein zweiter Empfänger, der auf einem Punkt mit exakt vermessenen Koordinaten platziert wurde, als mobile Vergleichs- und Referenzstation. Heute wird der Satellitenpositionierungsdienst der deutschen Landesvermessung (Sapos) eingesetzt, der über seine vernetzten Referenzstationen Korrekturdaten für GPS-Empfänger bereitstellt. Der hochpräzise Echtzeitpositionierungsservice (Heps) sendet den Telekom-Vermessern Korrekturdaten zu, mit denen eine Lagegenauigkeit von zwei Zentimetern erreicht wird. Der Einmesser der Telekom muss die neu verlegte Leitung mit seinem GPS-Rover nur noch abschreiten und erfasst automatisch in regelmäßigen Abständen die Koordinaten der Trasse.

**Auch eine Etage tiefer**, beim Tunnelbau, ist die Ingenieurvermessung notwendig. In Stuttgart stand zur Fußball-Weltmeisterschaft die teilweise Überdeckung der Bundesstraße 14, die durch das Zentrum der Landeshauptstadt führt, auf dem Plan. Zur Bestandsaufnahme rückte das zuständige Vermessungsbüro Hils mit einem 3D-Scanner von Leica Geosystems an.

Der High-Definition-Scanner nahm die Tunneleingänge räumlich auf. Das dichte Raster aus Millionen von Messpunkten (Punktwolke) sollte Architekten und Planern eine präzise Maßübertragung in ihre Entwurfs- und Ausführungspläne ermöglichen. Eventuell auftretende Setzungsrisse und Schäden an bestehenden Bauteilen könnten durch die Laserscans dokumentiert werden. Auch für die hochsensiblen Messungen im Bereich der unterirdischen Straßenbahntrassen in Stuttgart wurde diese Messmethode eingesetzt.

Auch in Tunneln, die der Mensch nach Möglichkeit meidet, werden Tachymetrie und Lasertechnik verwendet. Im Lochwiesbachstollen, einem 500 Meter langen Abwasserstollen in Sulzbach, nahm das Ingenieurbüro Werny für den Entsorgungverband Saar eine Komplettaufnahme vor. Da seine Punktwolke eine Auflösung von einem Punkt pro zehn Zentimetern erreicht, wird hier der Faro-Laserscanner LS 880 eingesetzt, der die Stollenwände auf Veränderungen hin überprüft. Anhand von farbcodierten Bildern und Videoflügen kann das Vermessungsbüro dem Auftraggeber zeigen, ob es durch Bergesenkungen zu Veränderungen des Tunnels gekommen ist. Die Passpunkte bleiben für die nächste vergleichende Messung an der Stollenwand hängen.

Wie präzise Messungen unter der Erdoberfläche manchmal sein müssen, wurde während des Baus des 57 Kilometer langen Gotthard Basistunnels durch die Firma AlpTransit Gotthard deutlich. Beim Tunneldurchbruch war eine maximale Abweichung von zehn Zentimetern gefordert. Darüber hinaus müssen die Vermessungsingenieure mit einer gewissen Eigendynamik des Tunnels zurecht kommen, da die

ser sich im Laufe der Zeit verformt. Im Fall des Gotthard-Basistunnels wirkt sich die regional unterschiedlich schnelle Hebung der Alpen auf das Bauwerk aus. Damit Abweichungen von der prognostizierten Deformation möglichst früh erkannt werden, wird der Tunnel laufend überwacht.

**Dieses geodätische Monitoring** ist als Teil des Risikomanagements vor allem in Alpennähe wichtig, wo sich die Erdoberfläche häufig bewegt. Hier werden sensible Gebäude in regelmäßigen Abständen überwacht. Die Kontrollen von Ingenieurbauten sind dabei gesetzlich vorgeschrieben und sollen die Funktions- und Standsicherheit von Gebäuden oder Brücken garantieren. Deformationsanalysen oder Setzungs-messungen sollen helfen, drohende Gefahren rechtzeitig zu erkennen. Denn große Bauwerke sind nicht statisch: Sie sind immer in Bewegung, verschieben sich und reagieren auf äußere Einflüsse wie Temperaturen, Druck oder Vibrationen. Moderne Messtechnik wie ein Fissurometer macht diese minimalen Verschiebungen sichtbar. Damit ein Staudamm nicht bricht, werden seine Verformungen durch Vermesser überwacht.

Besonders interessant ist das Monitoring für risikoreiche oder historische Bauwerke. So gab ein Erdbeben der Stärke 4,9 im Januar 2000 mit Epizentrum im Rhein-Sieg-Kreis nicht nur den Ausschlag für das Landesvermessungsamt Nordrhein-Westfalen, die exakte Position seiner Sapos-Referenzstationen zu überprüfen. Auch die Sternspitze des Dachreiters des Kölner Doms wurde kontrolliert. Hierbei stellte sich heraus, dass ein Erdbeben die gotische Kathedrale nicht erschüttern konnte: Der Dom war weiterhin lage- und höhenstabil. Anders ist die Situation in Braunschweig, wo die 1904 errichtete Fallersleber-Tor-Brücke seit acht Jahren kontinuierlich überwacht wird. Ein automatisierter, reflektorlos messender Tachymeter nimmt dort bei drei Messungen täglich 180 Messpunkte auf, um zu dokumentieren, wie sich das Bauwerk und die sieben Zentimeter langen Risse im Widerlager (Bauteile, die vertikale Kräfte der Brücke in den Baugrund leiten) entwickeln.

Einen Schritt zurück müssen hingegen die Vermesser der 260 Meter langen und 73 Meter hohen Obertalsperre im Harz treten, um einen Gesamteindruck zu erhalten. Die Talsperre wird mit terrestrischem Laser-scanning überwacht. Für die rasterförmige Abtastung des Objektes wird der Laser-

scanner GX 3D von Trimble verwendet. Die Beobachtung der mit einem geodätischen Punktefeld ausgestatteten Talsperre soll zeigen, ob sich Verformungen an der Bogenmauer nachweisen lassen. Diese Deformationsanalyse lässt sich durch Differenzbildung unterschiedlicher Epochen beschreiben: Die Werte zweier Messzeitpunkte werden auf ihre Abweichungen voneinander untersucht. Das geodätische Bezugssystem dient dazu, die Punktwolken in einem stabilen räumlichen Referenzrahmen abzubilden. Aus der durch den Scanner entstandenen Punktwolke können dann einzelne Objekte samt ihrer Koordinaten selektiert und analysiert werden.

**Hochhäuser zählen** zu den Gebäuden, die zwar nicht aufgrund ihrer Bausubstanz, wohl aber aufgrund ihrer Architektur besonders anfällig für Deformationen sind. Der 154 Meter hohe Skyper-Wolkenkratzer im Frankfurter Bankenviertel wird nach gesetzlichen Vorgaben regelmäßig kontrolliert. Die Firma GS Ingenieurvermessung, die den Skyper von der Baugrube an

betreut hat, fährt einmal im Jahr mit zwei Vermessern nach Frankfurt, um Deformationsanalysen vorzunehmen. Dabei werden mit einem Digitalnivellier 20 feste Punkte, die mit Reflexfolien gekennzeichnet sind, nachgemessen. „Unsere Giebelbeobachtungen sind prophylaktisch“, sagt Jochen Schulz, Geschäftsführer der GS Ingenieurvermessung, und ergänzt: „Wir überprüfen, ob der Neigungswinkel des Gebäudes noch stimmt.“ So werden vor allem sehr hohe Bauten wie Hochhäuser, Türme und Schornsteine überwacht. Dabei gibt es zuvor definierte Toleranzwerte zu den Schwankungen, die ein Gebäude problemlos überstehen kann, den so genannten stabilen Bereich. Denn dynamische Bauwerksverformungen dienen zur Entlastung des Gebäudes vor Windlast. Um die Amplitude (Schwingungsweite) zu messen, wird ein Prisma an der Spitze des Gebäudes installiert und von unten mit einem Tachymeter angepeilt. So kann dokumentiert werden, ob das Bauwerk stärker schwankt, als die Statiker ihm zugestehen. (bk)



### Der Berg lebt

Ob durch Erdbeben, Senkungen oder Verschiebungen – Tunnel haben oft ein dynamisches Eigenleben. Um Veränderungen kontinuierlich im Blick zu haben, werden Tachymeter und Scanner eingesetzt.



### Auf der sicheren Seite

Staudämme, Talsperren und Brücken gelten als sicherheitskritische Bauwerke. Deshalb werden sie mit allen Mitteln der Ingenieurvermessung rund um die Uhr beobachtet.

