

Rumen Dimitrov / André Thom / Doreen Wöhler

Vermessungstechnische Erfassung von Bahnübergängen

Einsatz eines terrestrischen 3D-Umgebungsfarblaserscanners

Hochgenaue Laserscanner wurden zuerst in der Industrie für die Erfassung von Oberflächen im Nahbereich verwendet. Später wurden in der Architektur für die Bereiche bis zu 30 m neue Wege beschritten und eine neue Generation von Laserscannern eingesetzt. Seit 2003 ist auf Grund der Entwicklung dieser Technologie der Einsatz auch für die Geodäsie bei der Eisenbahnvermessung interessant geworden. An Hand der Entwurfsvermessung eines Bahnüberganges (BÜ) soll diese Technologie hier beispielhaft vorgestellt werden.

Terrestrisches 3D-Farblaserscanning

Bei den topographischen Aufnahmen mit Laserscannern wird die Eigenschaft des Scanners ausgenutzt, die Messung objektiv durchzuführen. Das bedeutet, ohne den Einfluss von subjektiven Entscheidungen des Operators, alles in einem durch den Scannbereich definierten Umkreis zu erfassen.

Die messbare Entfernung ist unterschiedlich und abhängig von der Zielreflektivität und dem eingesetzten Scannertyp sowie von den Genauigkeitsvorgaben und der Höhenposition des Scanners. Der messbare Bereich ist vor allem durch die messbare Entfernung und die Abschattungsdichte definiert. Bei kompakten Objekten, wie in dem Fall von Bahnübergängen (Abb. 1), ist die Aufstellungsdichte des Scanners sehr groß. Um alle Bereiche ohne abgeschattete Lücken zu erfassen, bedarf es einer hohen Anzahl von Aufnahmestandpunkten. Hieraus definieren sich der Zeitaufwand und die Wirtschaftlichkeit des Verfahrens.

3D-Umgebungsfarblaserscanner LMS-Z420i

Das „ivd Ing.- und Vermessungsbüro Dimitrov, Schwerin“ (ivd schwerin) hat sich im Jahr 2003 für den Scanner Z420i der Firma Riegel aus Österreich (Abb. 2) entschieden. Dabei hat nicht nur die technische Überlegenheit dieses Scanners gegenüber Anderen eine große Rolle gespielt, sondern auch die seltene Möglichkeit, durch die enge Zusammenarbeit des Scannerherstellers mit dem ivd schwerin,

effektiv Einfluss auf die Weiterentwicklung nehmen zu können. Die technischen Daten des Scanners können auf der Internetseite des Herstellers eingesehen werden (www.riegl.com).

Warum Laserscanner und Anwendungsgebiete?

Durch die rasante Entwicklung bei den Messtechnologien und Messgeräten, z. B. Einmanntotalstationen, ergeben sich viele Fragen. In welche Richtung wird sich die Vermessung entwickeln, werden wir mit unserem Beruf noch gebraucht oder werden andere Berufe die klassischen Gebiete der Geodäsie auf Grund der Entwicklung der Technik besetzen?! Fragen über Fragen. Die Lücke zwischen dem Himmel (Airborne Laserscanning) und der Erde (Aufnahmen mit der Totalstation) wird durch das terrestrische Laserscanning ergänzt, z.T. auch geschlossen (Abb. 3). Die Anwendungsgebiete sind unzählig:

- Machbarkeitsstudien / Visualisierung,
- Beweissicherung / Unfalldokumentation,
- Lärmschutz / Lichttraum,
- Eisenbahnvermessung / Gleisgeometrie,
- Brücken / Tunnel,
- Bahnhöfe / Bahnübergänge,
- Architekturvermessung,
- Landschaftspflege,
- Archäologie / Denkmalpflege,
- Längs- und Querprofile.

Koordinatensystem, Messung, Orientierung, Datenregistrierung, Farbuweisung und Bearbeitung der Daten

Messung mit dem Scanner:

- Lokales Koordinatensystem (KS) / Nullpunkt Scanner.

Orientierung im absoluten System z.B. in 42/83:

- Wenn horizontiert, GPS-Messung und Passpunkt,
- wenn freie Aufstellung – Orientierung über Passpunkte, z.B. über die permanente Vermarkung.

Farbuweisung:

- Die Scanpunkte beinhalten Werte X,Y,Z und Intensitätswert.

Der Fotoapparat wird über die Passpunkte kalibriert und in dem System des Scanners orientiert:

- Jedem Scanpunkt wird ein RGB-Farbwert aus dem Foto zugewiesen,
- es entsteht eine Farbpunktewolke / fast fotorealistisch.

Bearbeitung der Daten:

- Erfolgt in unterschiedlicher Umgebung (eigene Software unter AutoCAD, MicroStation usw.),
- es wird entweder die Punktewolke direkt bearbeitet oder die Punktewolke und die Fotos gemeinsam, abhängig von der Größe der Datenmenge,
- mögliche Genauigkeiten
 - 5 mm bei Einzelmessung und guten äußeren Bedingungen oder
 - 2 mm über die ausgeglichene Fläche.

Die Autoren

Dipl.-Ing. Rumen Dimitrov, ivd Ing.- und Vermessungsbüro Dimitrov, Geschäftsführer, r.dimitrov@ivd-schwerin.de
 Dipl.-Ing. André Thom, ivd, Projektleiter, a.thom@ivd-schwerin.de
 Dipl.-Ing. Doreen Wöhler, ivd, Projektleiterin, d.woehler@ivd-schwerin.de



Abb. 1: BÜ Str. 6932



Abb. 2: 3D-Farblaserscanner der Fa. Rieg



Abb. 3: Vermessung eines Bahnübergangs mit dem Scanner auf dem Autodach



Abb. 4: 360°-Panoramascan – Darstellung der gemessenen Punkte als 3D-Modell nach Intensitätswerten (2 Mio. gemessene Punkte, bei Entfernungen zu der Topographie von bis zu 30 m vollkommen ausreichend)



Abb. 5: 360°-Panoramafoto (dient durch die hohe Auflösung auch als fotografische Beweissicherung)

Genauigkeitsbetrachtung nach IVD

Sie werden sich fragen, warum nach IVD schwerin? Es gibt Vorschriften, die einzuhalten sind. Die Angaben und Anforderungen des Auftraggebers sind in die Praxis umzusetzen. Und zwar so, dass die Qualität, die Termine und die Quantität der Daten stimmen und auch für den Auftragnehmer alles wirtschaftlich sinnvoll abläuft. Aus diesem Grund haben wir unsere Genauigkeitsdefinitionen im Bereich Laserscanning intern definiert und uns nicht nur auf die Definitionen aus Büchern verlassen, sondern die Erfahrung aus der Praxis mit einbezogen. Die Genauigkeit ist nach IVD abhängig von:

- Gerätefehlern allgemein (Scanner und Fotoapparat),
- Fehlern durch äußere Einflüsse, objektive und subjektive wie Lichtverhältnisse (z.B. Sonneneinstrahlung), Temperatur, Oberflächeneigenschaften, Lage des Scanners,
- Höhe des Scanners, Einfallwinkel des Laserstrahls usw. und
- Fehlern, verursacht durch die Wahl der Auswertemethoden.

Die Genauigkeitsdefinition gemäß IVD schwerin ist ganz einfach darzustellen. In Abhängigkeit von der gesuchten Darstellungstiefe (Detailtreue) wird über Tabellen die Scanauflösung definiert. Damit ist zuerst auch alles getan, was man vor Ort

erreichen kann. Die Genauigkeit der Einzelmessung wird von den Herstellern zu Bedingungen vorgegeben, die im Außendienst selten vorkommen werden. Die Verknüpfung der einzelnen Standpunkte zueinander erfolgt über Blockausgleichung. Die Genauigkeitssteigerung bei den Ergebnissen ist nur durch die richtige Auswahl der Auswertemethoden und Software zu beeinflussen. Sind hohe Genauigkeiten gefordert, so werden diese erst bei der Auswertung erreicht. Dies geschieht mittels Bildung von Flächen bei Ebenen oder über Flächenfunktionen bei Raumflächen. Über entsprechende Flächenschnitte erfolgt dann eine hochgenaue Kantenfindung. Man kann auch lokal die Scanpunkte auf eine Ebene

Hochwertige Stahlbetonfertigteile für den Gleisbau

Fertigteile für Signaltechnik

Gleisüberwege mit Gleiseindeckung GP

Gleisüberweg mit Gleistragplatten System RAILBETON

70 Jahre Erfahrung in Entwicklung, Planung, Fertigung

Fordern Sie unseren Technischen Produktkatalog mit dem kompletten Sortiment für die Bahnen an.

RAILBETON Leonhardt & Haas KG
Fischweg 27 • D-09114 Chemnitz
Telefon 0371 4725-0 • Fax 0371 4725-100
Info@RAILBETON.de • www.RAILBETON.de

LEONHARDT & HAAS KG
BETONWERKE CHEMNITZ

- Rahmenvertragspartner der DB AG (Q1-, L1-Lieferant)
- EBA-Zulassungen
- zertifiziert nach DIN EN ISO 9001:2000



Abb. 6: Eingefärbte 3D-Punktwolke (insg. 8 Millionen gemessene Punkte)

projizieren und die Kante durch Geraden- ausgleich definieren. Durch die große statistische Sicherheit der gewonnenen Vektordaten ist die Genauigkeit sehr hoch, also der Unterschied zwischen dem Bestand und den konstruierten Elementen sehr gering. Der größte Unterschied zwischen normalen punktuellen Messungen und Scandaten in Form von Punktwolken ist die große Menge an Daten, die beim Scannen gesammelt werden. Beim Einsatz der Scannertechnologie können die gesuchten Lösungen nicht vor Ort während der Aufnahme realisiert werden, sondern erst im Büro mittels geeigneter Software anhand der verknüpften Gesamtpunktwolke. An dieser Stelle ist ein Hinweis an viele Auftraggeber zu richten: Milliarden von gemessenen Punkten bringen nicht unbedingt mehr Genauigkeit und eine hohe Genauigkeit von Einzelmessungen lässt noch keine Aussage über die Genauigkeit der Bearbeitung, also der zu erwartenden Qualität der Unterlagen zu. – Manchmal sind weniger Daten mehr Wert.

Von der Messung zur farbigen Punktwolke

1. Schritt

Schaffung eines Grundlagentznetzes außerhalb des BÜs (wichtig für spätere Absteckarbeiten nach der Planung).



Abb. 7: Eingefärbte 3D-Punktwolke / 3D Ansicht (insg. 8 Millionen gemessene Punkte)

2. Schritt

Rundumscan auf jedem Standpunkt (Abb. 4), hier sechs Standpunkte, ohne Sicherungsposten, da die Aufnahme von außerhalb des Gefahrenbereiches stattfindet (Spareffekt).

3. Schritt

360° Panoramafoto – Verband aus sieben Einzelfotos (Abb. 5), Aufnahme mit kalibrierter Digitalkamera (6 Mio. Pixel).

4. Schritt

Einfärbung der Punktwolke mit echten Farben aus den Fotos (Abb. 6), bessere Orientierung in dem 3D-Modell (Abb. 7).

5. Schritt

- Überführung der Scans in das Koordinatensystem über eine Blockausgleichung,
- Orientierung über Passpunkte oder Orientierung über die permanente Vermarkung.
- Hier werden die einzelnen Scanpositionen ähnlich wie in der Photogrammetrie über eine Blockausgleichung zusammengeführt und anschließend ins amtliche Koordinatensystem transformiert.

Die Genauigkeit der gemessenen dreidimensionalen Daten liegt entsprechend den Anforderungen bei bis zu $\pm 5\text{mm}$ und wird hauptsächlich von dem vorhandenen Grundlagentznetzes bestimmt.

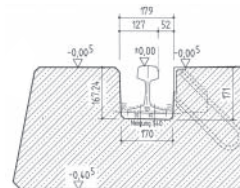
6. Schritt

Verarbeitung der gewonnenen Daten / Ergebnisse:

- Grundlagen kontrolliert und ergänzt (Abb. 8), Lage im Lagebezugssystem auf Basis des Krassowski-Ellipsoids (GK 42/83), Höhe im staatlichen Nivellementnetz von 1976 (HN76) bzw. Deutschen Haupthöhennetz 1992 (DHHN92). Alle Werte können jederzeit in das Bezugssystem der DB AG „DB_REF“ transformiert werden.
- Lage- und Höhenplan erstellt (Abb. 9), 3D-Vektoren – Lage GK 42/83, Höhe HN76 bzw. DHHN92.
- Querprofile erstellt (Abb. 10), Lage GK 42/83, Höhe HN76 bzw. DHHN92.
- Bauliche Anlagen – Masten, Geländer.
- Daten für die Straßengeometrie (Abb. 11), ASCII.

leise . wartungsfrei . wirtschaftlich . hochbelastbar

stelfundo[®]
Bahnübergang- und
Gleistragplattensystem



www.stelfundo.de

edilon)(sedra

edilon)(sedra GmbH
Joergstraße 23
80689 München
Tel.: 089 / 89 28 64-0
Fax: 089 / 89 28 64-20
e-mail: muenchen@edilonsedra.com
web: www.edilonsedra.com

Stelcon[®]
MEHR ALS BETON

BTE Stelcon Deutschland GmbH
Philippsburger Straße 4
76726 Germersheim
Tel.: 07274 / 70 28-0
Fax: 07274 / 70 28-129
e-mail: info@stelcon.de
web: www.stelcon.de

TP1_ScanPac16 (mmcs)

Corresponding points: 7 Avg. radial deviation (m): 0.0029
 Avg. theta deviation (m): 0.0071
 Avg. phi deviation (m): 0.0032
 Standard deviation (m): 0.0042

Name	Link	Ref.	RefType	Size	Pixels	Intens.	X	Y	Z	Range	θ	φ	ΔX	ΔY	ΔZ	ΔR	Δθ	Δφ
PN3	3	0	Cylinder_big	0.009	4730	0.629	7.485	-8.398	-0.514	11.261	92.617	311.710	0.002	0.001	0.002	0.000	-0.002	0.002
PN4	4	1	Cylinder_small	0.051	112	0.806	31.811	-38.817	-0.868	50.866	30.755	309.197	-0.004	0.000	0.000	-0.002	0.000	-0.003
PN5	5	1	Cylinder_big	0.008	347	0.845	-35.424	0.540	-0.309	36.430	30.611	175.141	0.005	-0.002	-0.002	-0.005	0.002	0.002
PN14	14	0	Cylinder_big	0.100	247	0.527	-75.378	-12.472	1.175	77.399	89.130	189.274	0.005	-0.003	0.001	-0.004	-0.001	0.004
PN18	18	0	Cylinder_small	0.048	230	0.845	-19.894	29.290	1.809	35.332	87.300	123.916	0.000	-0.001	-0.001	-0.001	0.001	0.000
PN22	22	1	RIEGL_Plat_Scm	0.049	902	0.430	4.372	16.671	3.320	17.951	79.099	75.304	0.004	0.002	0.002	0.004	-0.002	-0.003
PN110	110	0	Cylinder_big	0.101	262	0.551	54.195	-19.712	6.205	61.635	64.222	332.082	-0.012	0.002	-0.002	-0.012	0.001	-0.004

Info: (km) 0 9 tracks, 0 signal

TP1_ScanPac17 (mmcs)

Corresponding points: 8 Avg. radial deviation (m): 0.0020
 Avg. theta deviation (m): 0.0071
 Avg. phi deviation (m): 0.0032
 Standard deviation (m): 0.0035

Name	Link	Ref.	RefType	Size	Pixels	Intens.	X	Y	Z	Range	θ	φ	ΔX	ΔY	ΔZ	ΔR	Δθ	Δφ
PN3	3	0	Cylinder_big	0.101	480	0.555	-63.455	-22.779	-0.562	60.114	50.949	203.800	0.007	0.001	0.005	-0.005	-0.005	0.004
PN5	5	1	Cylinder_big	0.095	2500	0.599	-9.333	-14.984	-0.737	17.677	50.399	238.100	-0.002	0.002	0.003	-0.003	-0.003	0.001
PN14	14	1	Cylinder_big	0.097	3477	0.711	23.824	11.780	1.189	25.914	37.527	57.216	0.002	0.004	-0.004	0.004	-0.004	0.002
PN15	15	1	RIEGL_Plat_Scm	0.051	512	0.587	21.117	16.334	2.362	26.802	84.945	37.725	-0.005	-0.003	0.000	-0.005	-0.001	0.001
PN18	18	0	Cylinder_small	0.045	99	0.606	-14.361	-47.881	0.900	49.996	88.969	263.304	-0.007	0.009	0.000	-0.006	0.000	-0.010
PN20	20	0	Cylinder_big	0.101	374	0.599	-45.383	-41.660	1.563	61.625	88.547	222.551	0.006	0.004	-0.004	-0.009	0.004	0.003
PN103	103	0	Cylinder_big	0.123	183	0.481	104.3	-21.082	5.759	100.637	36.929	191.425	0.004	-0.002	-0.002	-0.003	-0.001	0.003
PN104	104	1	Cylinder_big	0.097	1410	0.711	18.050	-18.746	1.059	20.096	95.915	313.935	-0.008	-0.009	0.001	0.001	-0.001	-0.011

Info: (km) 0 9 tracks, 0 signal

Abb. 8: Nachweis der Genauigkeit



Abb. 9: Ansicht des Bereiches, erfasst mittels 3D-Farblaserscanning

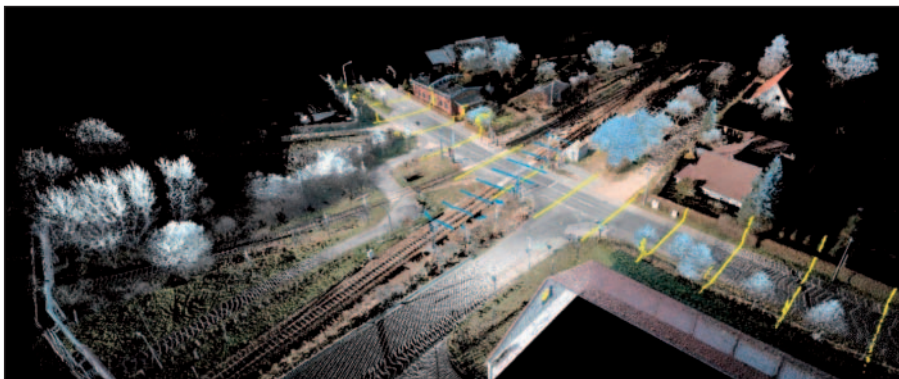


Abb. 10: Lage der erzeugten Querprofile als 3D-Ansicht der Punktwolke

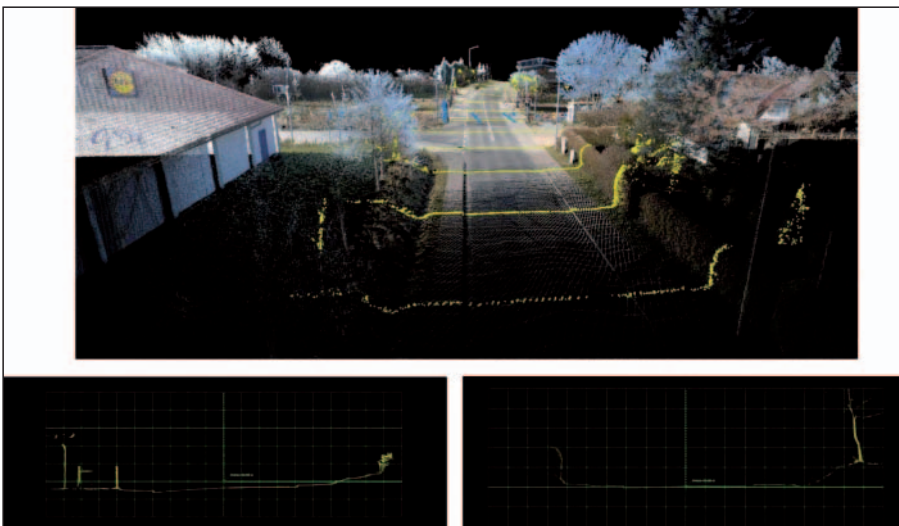


Abb. 11: Daten für die Straßengeometrie, die baulichen Anlagen, den Lärmschutz, die Umwelt

- Daten für die Ist-Gleislage.
- Daten für die Durchfahrthöhen.
- Daten für Lärmschutzberechnungen (Fassaden, Dächer, Fensteröffnungen).
- Daten für die Umwelt.
- Daten für die Beweissicherung usw.

Verwendung von Vermessungsdaten aus 3D-Farblaserscanning

Die Daten werden in absoluten Koordinaten geliefert – Lage GK 42/83, Höhe HN76 bzw. DHHN92. Diese Tatsache erlaubt, die Scandaten mit anderen Daten, wie Gleisnetzdaten, DB-GIS, Leitungsbestand der kommunalen Versorger, Katasterdaten usw. zu ergänzen bzw. zu vermischen. Des Weiteren ist eine geometrische Beweissicherung durchgeführt worden, da pro 5 cm² ein Punkt dreidimensional aufgemessen worden ist. Visualisierungen der Punktwolken mit Bestandsdaten als Film oder zu einem späteren Zeitpunkt mit zusätzlichen dreidimensionalen Planungsdaten sind die beliebtesten Nebenprodukte bei der Nutzung der Laserscantechnologie. Erweiterungs-messungen oder das Messen zusätzlicher Querprofile sind dann tabu. Man gewinnt einfach aus den vorliegenden Punktwolken ohne großen Zeitaufwand die zusätzlichen Daten. Nicht zuletzt werden die Kosten für Sicherungsleistungen eingespart.

Durch die Erfahrung des ivd schwerin im Umgang mit der Scantechnologie seit Herbst 2003 sind die Kosten für die Durchführung der Entwurfsvermessung mittels Laserscanning ≅ denen der herkömmlichen Tachymetrie. Dieses gilt vor allem bei der Beauftragung von mehreren Bahnübergängen gleichzeitig. Es wurden bis jetzt ca. 40 BÜ in verschiedenen Regionen aufgemessen, ausgewertet und den Planern die Vektordaten für die weitere Nutzung bereitgestellt. Die Anwendung der neuen Technologie eröffnet den Auftraggebern neue Möglichkeiten bei der Verwendung der gewonnenen Daten. Als Vorgaben reichen die Genauigkeitsangaben und Angaben über den zu erfassenden Bereich. Es wird alles eingescannt und das Produkt ermöglicht eine vielfältige Nutzung wie

- Schnittbildung durch die Punktwolke mit beliebiger Schichtdicke zwecks durchgängiger Betrachtung des Gelände- bzw. Straßenverlaufs,
- komplette Darstellung des lichten Raumes mit allen Höhen,
- Trauf-/ Firsthöhen,
- Geländer-/ Mauerhöhen,
- Freileitungen,
- Straßenbeleuchtung,
- Bäume,
- Bewuchs,
- Daten für die Lärmschutzberechnungen u.v.m.

Zusammenfassung

Das Laserscanning als Verfahren ist im Vormarsch. Fälschlicherweise wird versucht, es als Allheilmittel zu verkaufen. Die Geräte sind immer noch sehr teuer – um die 100 000 EUR – und die Investitionen müssen sich amortisieren. Dazu kommen die Auswertprogramme, die für den Bereich der Ingenieurgeodäsie, speziell für langgestreckte Objekte noch nicht vorhanden bzw. zu optimieren sind. Das Verfahren ist eine sehr gute Ergänzung zu anderen Erfassungsmethoden. Es ist eine fortschrittliche Technologie, deren Vorteile nur dann zur Geltung kommen, wenn bei der Arbeit „altbewährtes Vermessendenken“ mit einfließt. Sprich: Grundlagen, Genauigkeiten der Messung, Aufteilung der Passpunkte usw.

Speziell bei der Eisenbahnvermessung gibt es bereits zahlreiche Versuche, diese neue Messmethode wirtschaftlich zu nutzen. Durch die interne Aufspaltung der DB in viele AG, verpuffen jedoch leider die Vorteile der Erfassung des Bestandes mittels Laserscanner. Die erfassten Daten könnten in vielen Bereichen der DB AG genutzt werden. Die große Frage ist, wer zuerst die Scanaufnahme als Gesamtprodukt

finanziert. Die Bahnen müssen optimiert wirtschaften. Es wäre also sinnvoll, wenn der Einkauf der Leistung als Gesamtprodukt stattfände und die mit dem Scanner erzeugten Daten von vielen genutzt würden.

An dieser Stelle ist es angebracht, auch eine Bitte an die Verantwortlichen für die Vorschriften zu richten:

Bitte, regeln Sie nicht alles gleich bis ins Detail. Die Entwicklung von Anwendung der Scantechnologie ist zur Zeit in vollem Gange. Schreiben Sie keine Software fest (in einigen Bereichen bereits geschehen); – so werden Innovationen im Keim erstickt. Die Auftragnehmer handeln verantwortlich und haben nicht vor, ihre Haftpflichtversicherung in Anspruch zu nehmen. Aber um Mut zu Entscheidungen zu entwickeln und zu pflegen, brauchen wir das Vertrauen der Auftraggeber und freie Spielräume. Den Rest wird der freie Markt regeln.

Literatur

[1] Vortrag R. Dimitrov, Seminar „Gleisbau 2005 - Planung und Vermessung“ des Bildungswerkes VDV-11.-12. März, Berlin

[2] Diplomarbeit D. Wöhler, „Generierung von Quer-

profilen aus terrestrischen Laserscannerdaten“, TU Berlin, Juni 2005

[3] Daten über den ScannerZ420i, Homepage der Firma Riegl, Österreich, www.riegl.com

Summary / Résumé

■ Surveying of level crossings

High-precision laser scanners were first used in industry for close-up measurement of surfaces. Later, a new generation of laser scanners saw them also used in architecture for distances up to 30 metres. Based on the development of this technology, since 2003 it has also been an option in geodesic applications for railway surveying. The article describes the design measurement of a level crossing as an example of the use of this technology.

■ Relevé topographique des passages à niveau

Des scanners à laser très précis ont été utilisés d'abord dans l'industrie pour la saisie de données des surfaces de proximité. Plus tard, de nouveaux procédés ont été mis en œuvre par l'architecture pour des distances jusqu'à 30 m et une nouvelle génération de scanners à laser a vu le jour. Depuis 2003, le développement de cette technologie a rendu son utilisation aussi intéressante pour la géodésie lors de la topographie ferroviaire. Cette technologie est présentée ici, à titre d'exemple, pour un relevé expérimental d'un passage à niveau.



GEFCON®
POLYMERBETON

SCHIENE + STRASSE = **BODAN**

Normalspur, alle Schmalspuren, alle Breitspuren,
alle Schwellen, alle Vignolschienen, alle Situationen,
alle Schienenbefestigungen

BODAN®

GLEISEINDECKUNGSSYSTEME
LEVEL - CROSSING - SYSTEMS

GF-OBJEKT

Kleinhochbauten
Stationsbauten
Bahnsteige
Schallschutzbauten





GMUNDNER FERTIGTEILE

Gmundner Fertigteile Ges.m.b.H. & Co. KG
AUSTRIA, 4694 Ohlsdorf, Unterthalhamstraße 1
Tel.: +43 (0) 7612/63 065-0, Fax-DW: -31
E-Mail: gf.bodan@gmundner-ft.at
www.gmundner-ft.at • www.bodan.at

