

Entwicklung eines Verfahrens für die Lichtraumvermessung bei Gleisen mit der Trimble VX Spatial Station

M. Möser, M. Kolb, S. Müller

Mit der Trimble VX Spatial Station wird in der Eisenbahnvermessung eine Totalstation eingesetzt, die neben der Lageplanherstellung bzw. Bestandsaufnahme eine gleichzeitige Lichtraumprofilierung ermöglicht. Mit der integrierten Video- und Scanningfunktion können die Lichtraumdaten der Engstelle im Bild ausgewertet und gleichzeitig in einer Datenbank gespeichert werden.

1 Einleitung

Die Deutsche Bahn Netz AG ist verantwortlich für einen sicheren und zuverlässigen Bahnbetrieb. In ihrem Zuständigkeitsbereich liegen der Ausbau und die Instandhaltung der Schieneninfrastruktur. Damit verbunden ist die dreidimensionale Vermessung der Trassen einschließlich aller relevanten Einrichtungen am Gleis. Um die Kompatibilität und Qualität dieser Infrastrukturdaten zu gewährleisten, wird im Rahmen des geographischen Informationssystems der Deutschen Bahn AG (DB-GIS) ein homogenes Datenmodell geschaffen. In entsprechenden Regelwerken werden hierfür die Strukturen, Inhalte und Erfassungsmethoden definiert [1]. Darin enthalten ist auch die Erfassung von Lichtraumdaten, die u.a. für Zugfahrten eine sicherheitsrelevante Bedeutung hat. Die Lichtraumdaten werden in einem vom DB-GIS unabhängigen Datenbanksystem – der Lichtraum-Datenbank (LIRA) – erfasst [2]. Für die Lichtraumprofilierung werden in der DB Richtlinie 883.0026 die Grundsätze und technischen Vorgaben zum Aufmessen von Lichtraumengstellen festgelegt [3]. In diesem Beitrag wird ein Lichtraummessverfahren mit der Trimble VX Spatial Station vorgestellt, mit dem z. B. die Bestandsaufnahme nach Um- oder Neubauten mit der Querprofilmessung des lichten Raumes verbunden werden kann. Die Trimble VX Spatial Station mit Video- und Scanningfunktion bietet dafür effiziente Voraussetzungen. Die Anwendung des Verfahrens wird an den Engstellen eines Güterbahnhofs gezeigt.

2 Lichtraumumgrenzung

Die Ausdehnung und Gestaltung des Bahnkörpers in Querrichtung wird als Querschnittsgestaltung bezeichnet [4]. Bei der Querschnittsgestaltung ergeben sich bauliche, betriebliche und arbeitssicherheitstechnische Anforderungen, um eine sichere Durchführung des Fahrbetriebes zu gewährleisten. Eine davon ist die Definition eines freizuhaltenden Raumes um die Achse des Gleises in Abhängigkeit von den Richtlinien der Eisen-, Bau- und Betriebsordnung. Der freizuhaltende Raum um die Achse eines Gleises wird als Lichtraum bezeichnet und durch eine Lichtraumumgrenzungslinie festgelegt. Diese Umgrenzungslinie ist eine Schnittebene normal zur Achse des Verkehrsweges und ist von Gegenständen freizuhalten. Wird der vorgeschriebene Lichtraum von festen Gegenständen eingeschränkt, werden diese Einragungen als Engstellen bezeichnet. Zu erfassen sind alle festen Gegenstände, die in den Raum für das Engstellenverzeichnis (Abb. 1) hineinragen. Als Bezugssystem wird ein örtliches, auf die Ist-Gleislage bezogenes Koordinatensystem mit der positiven x-Achse in Richtung der Kilometrierung, definiert (Abb. 2).

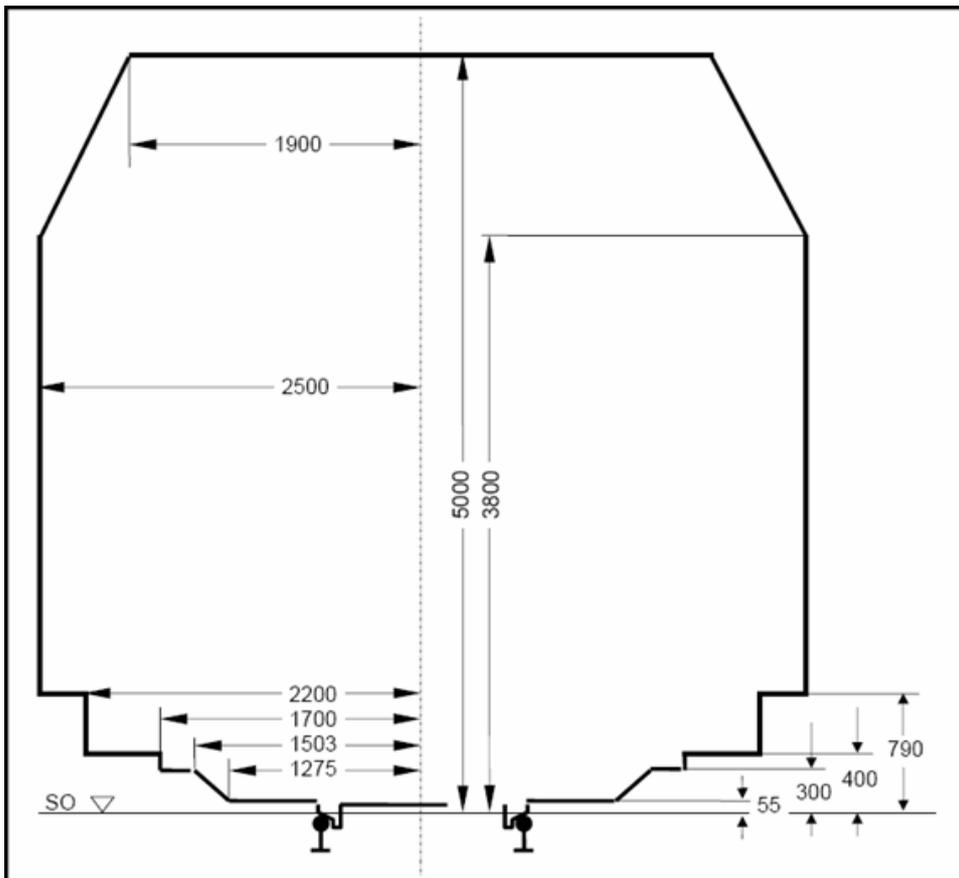


Abb. 1: Raum für das Engstellenverzeichnis [3]

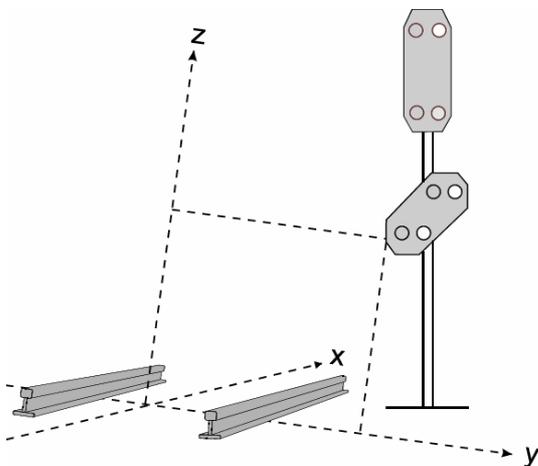


Abb. 2: Gleisbezogenes Koordinatensystem

Die geforderte Genauigkeit der Engstellen-Koordinaten y und z beträgt ± 7 mm (1σ). Die Positionierung entlang der Strecke (x -Koordinate) genügt auf 0,1 m. Der Gleisabstand ist mit ± 15 mm und die Überhöhung mit ± 2 mm zu ermitteln [3].

3 Messverfahren bei der DB Netz AG

Die Erfassung der Lichtraumengstellen bei der DB Netz AG kann mit Messverfahren durchgeführt werden, wenn sie die geforderte Messgenauigkeit, Datenkompatibilität und -qualität erfüllen [7]. Es wird unterschieden zwischen kinematischen Verfahren vorrangig zur Aufnahme von Engstellen der freien Strecke und statischen Messverfahren im Bereich von Bahnhofsgleisen. Die folgenden Verfahren sind als Messmittel der Eisenbahnvermessung geprüft und freigegeben.

3.1 Kinematischen Verfahren

Der Lichtraum-Messzug LIMEZ III ist mit zwei Laserscannern, vier Videokameras, zwei Weitsichtscannern, INS/GPS und einem Qdometer ausgerüstet und kann bei 100 km/h bis zu 1100 Profile pro Sekunde erfassen. Der Gleismesswagen TGS FX der Firma Amberg Technologies ist Bestandteil des Bahnvermessungssystems GRP System FX, das in Zusammenarbeit mit Leica Geosystems entwickelt wurde [5]. Das Messsystem Leica GRP 3000 dient der Erfassung von Gleisgeometrie- und Lichtraumdaten (Abb. 3). Mit einem Laserentfernungsmesser (Profilier) werden im 2D-Modus Stationierung, Spurweite und Überhöhung im Querprofil erfasst. Mit einer TPS Totalstation kann im 3D-Modus der Bezug zum trassennahen Polygonzug hergestellt werden.



Abb. 3: GRP System FX 3000

RAILLAKAI ist ein von der GI-CONSULT GmbH modular spurgebundenes Messsystem mit Tachymeter bzw. GPS, Quer- und Spurweitenmesser, einem Profils Scanner und optionalen Modulen [6].

3.2 Statische Messverfahren

Die statischen Messverfahren PELIM (Photogrammetrisches Einzelbild-Lichtraum-Messsystem) und SPLIM (Stereo-photogrammetrisches Lichtraum-Messsystem) wurden 1993 bzw. 2005 von der Geodigital GmbH speziell für die Lichtraumprofilierung entwickelt. Die Verfahren werden zur Erfassung ausgewählter Einzelprofile und Engstellen unter Nutzung analoger bzw. digitaler Kameras eingesetzt. Das PELIM nutzt dabei einen mit Passpunkten versehenen kalibrierten Messrahmen. Auf Grundlage der fünf Messmarken wird das Messbild entzerrt und der Maßstab bestimmt. Mit der Auswertesoftware LIMAUS werden im entzerrten Bild die Engstellen ausgewertet. Beim SPLIM werden zwei Digitalkameras auf einem Quersteg montiert (Abb. 4). Der kalibrierte horizontale Messrahmen besteht aus vier Messmarken, einer Röhrenlibelle und dem Überhöhungs- und Spurweitenmesser (Abb. 5). Die Engstellenkoordinaten werden durch Digitalisierung ermittelt und über eine ASCII-Schnittstelle in die Lichtraum-Datenbank übernommen.



Abb. 4: SPLIM – Kamerasystem

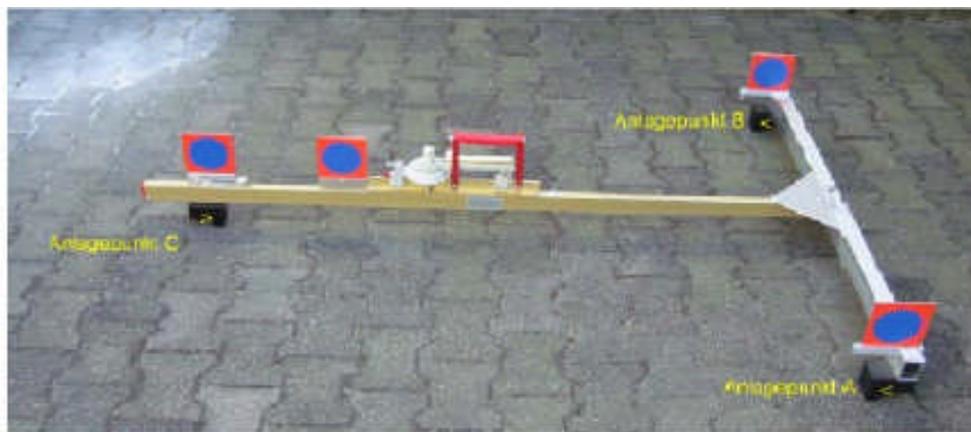


Abb. 5: Messrahmen

4 Lichtraumvermessung mit der Trimble VX Spatial Station

Die zeitnahe Bereitstellung der Lichtraumdaten nach Neu- und Umbauten und die Auswertung der Engstellenvermessung sind eine wesentliche Voraussetzung für einen zuverlässigen Bahnbetrieb. Mit der Trimble VX Spatial Station wird nun ein Lichtraum-Messverfahren entwickelt, das ähnlich den beiden statischen photogrammetrischen Methoden ist: Berechnung der Engstellenkoordinaten aus einem Messbild [8, 9]. Der Vorteil besteht jedoch darin, dass der Einsatz eines bisher notwendigen Messrahmens für die Realisierung der Lichtraumprofilebene entfällt und auch kein Gleismesswagen zum Transport der Sensoren und zur Realisierung des Koordinatensystems benötigt wird. Die Kombination aus Totalstation und digitaler Messkammer erlaubt zudem, die Lichtraumvermessung parallel zu konventionellen Messungen (z.B. Bestandsdokumentation, Gleislagekontrolle nach Umbauten) durchzuführen. Nach der DB Richtlinie 883.0050 bedürfen geodätische Messmittel keiner gesonderten Freigabe und sind generell zulässig, wenn sie die einzuhaltende Messunsicherheit für die Engstellenkoordinaten (± 7 mm) garantieren [7].



Abb. 6: Trimble VX Spatial Station und Trimble CU-Controller

Die Trimble VX Spatial Station verbindet die Komponenten einer Totalstation mit der Videofunktion (Messkammer) und dem 3D-Scanning. Über den TCU-Controller werden die Spatial Imaging Daten erfasst (Abb. 6). Es wird ein Messkonzept entwickelt, das für die Aufnahme in der Geraden und im Bogen angewandt werden kann. Der Abstand des Aufnahmesystems zur Gleisachse sollte mindestens 2,50 m betragen. Das gleisbezogene Koordinatensystem (Abb. 2) wird über zwei Bezugspunkte auf dem Gleis (rechte und linke Schiene) realisiert und mit einem Gleiswinkel und einer Zieltafel signalisiert (Abb. 7). Diese Bezugspunkte werden in die Radialebene des vermutlichen Engstellenobjektes mit reflektorloser Messung eingewiesen und mit der Overlay-Funktion in der TCU visualisiert (Abb. 8).



Abb. 7: Gleiswinkel mit Zieltafel

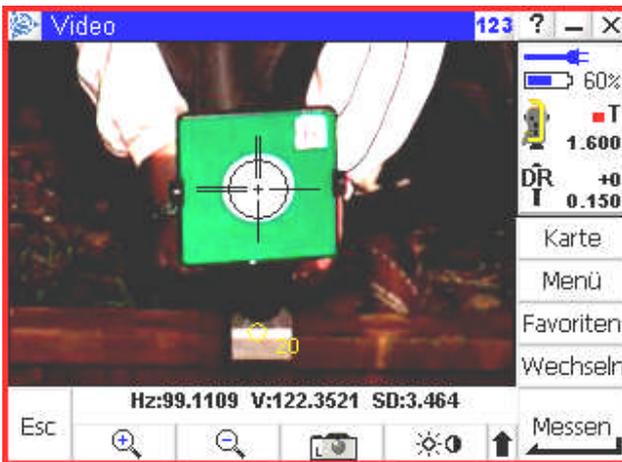


Abb. 8: Overlay-Funktion in der TCU

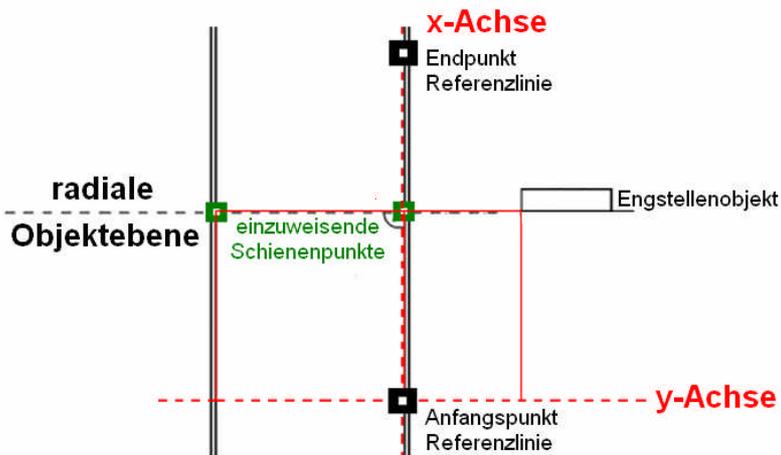


Abb. 9: Definition der Radialebene

Die Radialebene (Abb. 9) wird vertikal zur Verbindungslinie der zwei Schienenpunkte definiert und dient als Referenzebene für das Entzerrungsbild. Der Engstellenpunkt gehört nicht zur Definition der Entzerrungsebene, da dies zu einer Verkippung der Ebene führen kann. Die Aufnahme der Engstellensituation enthält folgende Schritte

- Freie Stationierung im übergeordneten System (DB_REF),
- Aufnahme des Bildverbandes der Gesamtsituation,
- Definition der Referenzlinie im TCU-Menü und Aufmessung,
- Zieltafeleinweisung im lokalen System (Referenzlinie),
- Detailbilder der Zieltafeln und Engstellensignalisierungen.

Der Bildverband dient zur Bemaßung der Engstellenpunkte und zur Herstellung des Hybridbildes, welches die Lichtraumsituation im Bezug zum Sollprofil nach der DB Richtlinie [3] aufzeigt. Prinzipiell ist die Dokumentation des Projektes über die Videofunktion des Instruments gegeben. Das zusätzliche Aufnahmeprotokoll (Feldbuch) VX-LIM dient der Qualitätssicherung des Messprozesses, u.a. der Dokumentation der x-Koordinate im lokalen System für eine sichere Einweisung der Zieltafeln. Des Weiteren müssen relevante Aufnahme- und Objektdaten registriert werden, die für die Schnittstellendatei der Engstelle benötigt werden. Mit der Bürosoftware Trimble RealWorks Survey wird nach einer Plausibilitätskontrolle (z. B. Zieltafelpunkte und Detailbilder müssen korrelieren) das Entzerrungsbild aus dem aufgenommen Bildverband berechnet. Im Entzerrungsbild (Abb. 10) werden mit dem Messwerkzeug der Abstand und die Koordinaten der beiden Zieltafeln und das Engstellenobjekt im Objektraum bestimmt und können damit in der stationsbasierten Ansicht überprüft werden.

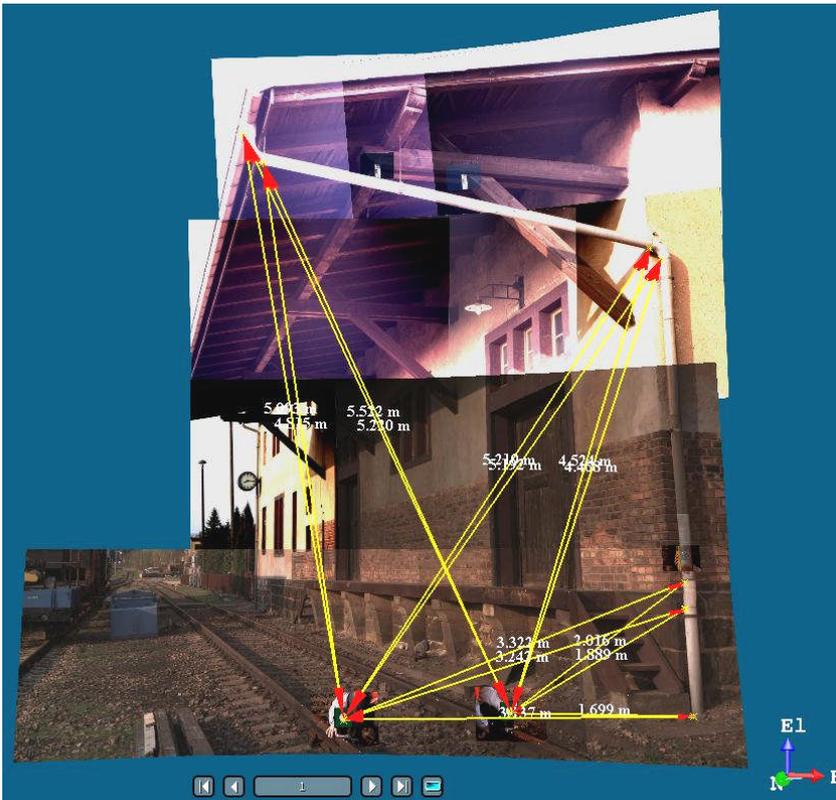


Abb. 10: Entzerrungsbild mit Bemaßungen im Objektraum

Diese direkt aus dem Bild ermittelten Daten sind die Grundlage für die Berechnung der Engstellenkoordinaten. Dazu werden die Bemaßungen als *.csv-Datei in eine Excel-Tabelle exportiert. Dort erfolgt die Engstellenanalyse nach folgenden Algorithmen (Tab. 1):

- Überprüfung der Bildmessung und der beiden Bemaßungen
- Koordinatenberechnung der Engstelle im übergeordneten System (*Objektmittel* und *Objektdifferenz*)
- Ermittlung der *Ist-Überhöhung* und *Ist-Spurweite*,
- Transformation in das gleisbezogene Koordinatensystem (*Lichtraumkoordinaten*),
- Vergleich mit dem Engstellenverzeichnis (*Profilabstand*, *Profilseite*),
- Transformation in das übergeordnete System (Gleisachse)

Tab. 1: Lichtraumdaten

Objektmittel Ho, Re, Hoehe [m]	Objektdifferenz dHo, dRe, dHöhe [m]	Überhöhung [mm]	Lichtraumkoordinaten X, Y, Z [m]
5044.244	0		0.001
1009.446	0.001		1.761
276.347	0	-7	1.096
5044.244	0		0.001
1010.03	-0.001		2.358
278.963	0.004	-7	3.709
5044.244	0		0
1088.331	0		0.666
280.432	0.001	-7	5.186

Profilabstand dY [m]	Profilseite re / li	Spurweite [mm]	Gleisachse Ho, Re, Höhe [m]
			5044.244

-0.739 rechts		1007.691
	1435	275.243
		5044.244
-0.142 rechts		1007.691
	1435	275.243
		5044.244
Über dem Engstellenprofil		1007.691
	1435	275.243

Die Lichtraumkoordinaten und der Profilabstand können nun mit dem Raum des Engstellenverzeichnisses (Abb. 1) verglichen werden. Für eine Beurteilung der Engstelle wird das Maß der Einragung oder der Vermerk „Über dem Engstellenprofil“ bzw. „Unter SO“ ausgegeben. Mit der Visualisierung des lichten Raumes in RealWorks Survey bietet die Trimble VX Spatial Station eine optimale Ergänzung der Messwerte mit den Bilddaten. Das Hybridbild der Engstellensituation ist ein Farbbild und kann als Screenshot oder hochauflösender Screenshot ausgegeben werden. Es stellt eine Zusammenführung des Bildverbandes, der Grenzlinie des lichten Raumes (Abb. 11), den Raum für das Engstellenverzeichnis und die Kilometrierungsrichtung dar. Die Hybridbilder sind nach DB Richtlinie in einem getrennten Verzeichnis als JPEG-Format zu liefern.

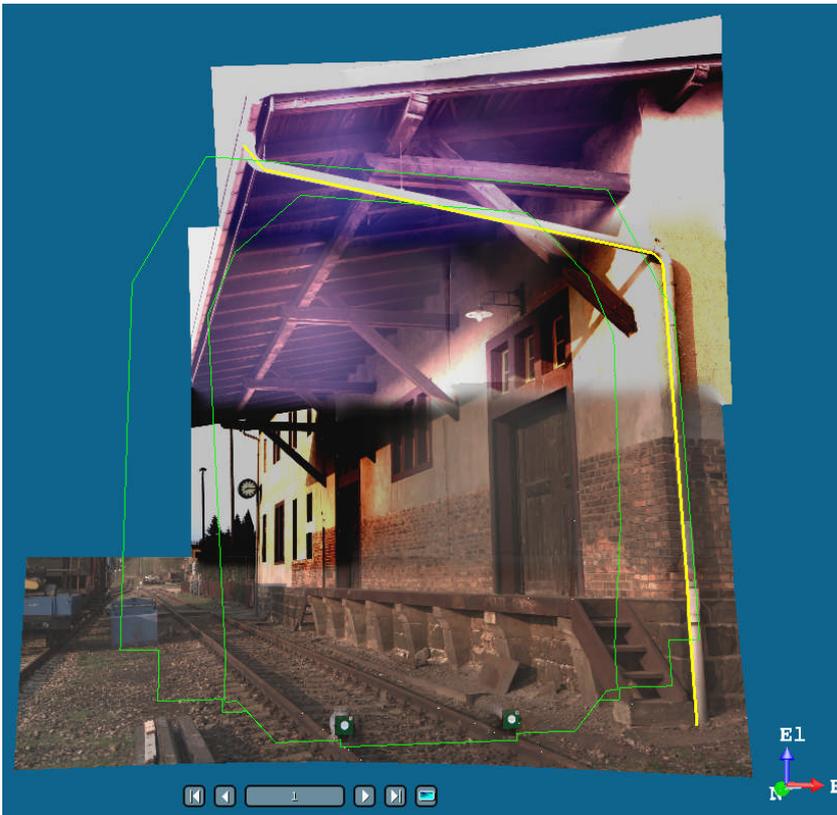


Abb. 11: Hybridbild der Engstellensituation und Grenzlinie

5 Zusammenfassung

- Die Trimble VX Spatial Station hat sich für die Lichtraumvermessung bewährt, weil
- der Messaufwand am Gleis und im Gefahrenbereich auf ein absolutes Minimum reduziert wird,
 - der Bezug zum Festpunktfeld und zum DB_REF realisiert wird,
 - kein Messrahmen benötigt wird,

- die Videofunktion den Feldriss ersetzt und
- die Daten in die Lichtraumdatenbank übergeben werden können.

Des Weiteren werden mit der RealWorks Survey Software das Hybridbild und über die Schnittstellendatei der Engstellenplot als Lichtraumprodukte zur Verfügung gestellt.

Literatur

- [1] Handbuch Eisenbahnvermessung 88301 (Stand 2007)
- [2] GLOWINSKI, D.: Das Netz-Infrastrukturdatenmanagement bei der neu organisierten DB Netz AG. Der Eisenbahningenieur, Heft 8/2001
- [3] DB Richtlinie 883.0026: Gleis- und Bauvermessung, Lichtraumengstellen aufmessen; Deutsche Bahn AG, Geschäftsbereich DB Netz AG, Frankfurt am Main (Stand 2007).
- [4] GÖBEL, C.; LIEBERENZ, K.: Handbuch Erdbauwerke der Bahnen. 1. Auflage; Eu-railpress Tetzlaff-Hestra GmbH & Co. KG, Hamburg 2004
- [5] Amberg Technologies: Automatisierte Gleisgeometrieerfassung. 6. ascos Anwender- und Kundentreffen 2008
- [6] ZEIDLER, T.: Geodätische Abnahmevermessungen für Gleisgeometrie und Lichtraum im Berliner Nord-Süd-Tunnel. VDV-Schriftenreihe Band 25: Aktueller Gleisbau, Verlag Chmielorz GmbH, Wiesbaden 2007
- [7] DB Richtlinie 883.0050: Gleis- und Bauvermessung, Prüfung, Freigabe und Einführung von Messmitteln der Eisenbahnvermessung; Deutsche Bahn AG, Geschäftsbereich DB Netz AG, Frankfurt am Main (Stand 2007).
- [8] MÜLLER, S.: Anwendungsbeispiele mit der Trimble VX Spatial Station. AVN Heft 1/2009, S. 27 - 35
- [9] KOLB, M.: Untersuchungen zu Verfahren der Lichtraummessung bei Gleisen mit der Trimble VX Spatial Station, Diplomarbeit, unveröff., TU Dresden 2009

Anschriften der Verfasser

Prof. Dr.-Ing. habil. Michael Möser, Technische Universität Dresden, Geodätisches Institut, 01062 Dresden, E-Mail: michael.moeser@tu-dresden.de
 Dipl.-Ing. Mandy Kolb, Technische Universität Dresden, Geodätisches Institut, 01062 Dresden, E-Mail: mandy.kolb@tu-dresden.de
 Dipl.-Ing. Sandro Müller, GeoSurvey GmbH, Trimble Center Ost, Lilienthalstraße 25, 12529 Schönefeld, E-Mail: sandro.mueller@geosurvey.de