

Paper-ID: VGI_198717



Das neue Gleis- und Lichtraum-Meßfahrzeug der österreichischen Bundesbahnen

G. Presle ¹, Peter Waldhäusl ², H. Mann ³

¹ *ÖBB-Generaldirektion, Elisabethstraße 18, 1010 Wien*

² *Technische Universität Wien, Institut für Photogrammetrie, Gußhausstraße 27-29, A-1040 Wien*

³ *Steinmüllergasse 10, 1070 Wien*

Österreichische Zeitschrift für Vermessungswesen und Photogrammetrie **75** (4), S. 208–218

1987

BibT_EX:

```
@ARTICLE{Presle_VGI_198717,  
Title = {Das neue Gleis- und Lichtraum-Me{\ss}fahrzeug der {\o}sterreichischen Bundesbahnen},  
Author = {Presle, G. and Waldh{"a}usl, Peter and Mann, H.},  
Journal = {{{\O}sterreichische Zeitschrift f{"u}r Vermessungswesen und Photogrammetrie},  
Pages = {208--218},  
Number = {4},  
Year = {1987},  
Volume = {75}  
}
```



Das neue Gleis- und Lichtraum-Meßfahrzeug der Österreichischen Bundesbahnen

Von G. Presle, P. Waldhäusl und H. Mann, Wien

Einleitung

Die Österreichischen Bundesbahnen verfügen über ein neues Gleis- und Lichtraum-Meßfahrzeug (Bild 1), das von der Firma Plasser und Theurer in Linz als Spezialkonstruktion des EM 80 (Plasser und Theurer Gleismeßtriebwagen für 80 km/h) gebaut und gemeinsam mit der Firma Norma, Optik, Elektronik und Meßtechnik, Wiener Neudorf, eingerichtet worden ist (6). Es dient einerseits dazu, die Gleisgeometrie während der Fahrt zu erfassen, andererseits, um den lichten Freiraum um das Fahrzeug in Tunnels, Bahnhöfen und auf freier Strecke zu messen und zu registrieren. Die Gleisgeometrie wird zur Kontrolle sowie zur Streckenerhaltung mit den modernen Oberbaumaschinen benötigt. Die Lichtraumprofile werden in einer eigenen Lichtraumdatenbank gesammelt und stehen dort zur Verfügung, wenn für Kunden der Bahn zu beurteilen ist, ob und zu welchen Bedingungen lademaßüberschreitende Sendungen transportiert werden können.



Bild 1: Das Gleis- und Lichtraum-Meßfahrzeug der ÖBB (1986)

Die Gleis- und Lichtraummeßdraisine kann am 19. 5. 1988 anlässlich des 3. Österreichischen Geodätentages in Linz bei Plasser und Theurer besichtigt werden.

1. Die Einrichtungen zur Messung der Gleisgeometrie

Die Eisenbahnstrecken werden je nach ihrem Rang ein- bis viermal jährlich auf die Einhaltung der zulässigen Gleislagetoleranzen überprüft (7). Die genaue Kenntnis der Gleisgeometrie ist außerdem Voraussetzung für den wirtschaftlichen Einsatz von computergesteuerten Oberbaumaschinen, ohne die es keine modernen Hochgeschwindigkeitsstrecken, keine moderne Bahn, gibt, da nur mit ihnen die Gleise hinreichend genau verlegt werden können.

Die für die Beurteilung der Gleisgeometrie notwendigen Daten werden unter ähnlichen Belastungsverhältnissen, wie sie beim Befahren der Gleise durch den Zug auftreten, gemessen. Die Meßdaten werden alle 25 cm, in Tunnels sogar alle 12,5 cm, erfaßt, im zentralen Computer (PERKIN-ELMER 3205, 25 MHz, 32 bit) weiterverarbeitet. Die Ergebnisse werden auf einem Meßschrieb graphisch ausgegeben:

- Spurweite,
- Pfeilhöhen (links und rechts),
- Überhöhung,
- Verwindungen (kurzperiodisch, Basis 5 m; langperiodisch, Basis 16 m),
- Längshöhen (links und rechts),
- Fahrgeschwindigkeit,
- Kilometrierung und
- Ereignismarkierung.

Das Gleismeßfahrzeug hat zwei belastete Hauptachsen mit 6 m Achsabstand. Symmetrisch dazu, d. h. zwischen ihnen und jeweils außen, sind drei Meßgestelle mit unbelasteten Teleskop-Meßachsen angebracht. Der Meßachsabstand beträgt 2×5 m. Horizontal und vertikal an die Schienen angepreßte Meßräder tasten die Gleislage mechanisch ab. Linear arbeitende Wegaufnehmer wandeln die Meßgrößen induktiv in elektrische Spannungen um, die dem Prozeßrechner zugeführt und von ihm sofort weiterverarbeitet werden.

Die Spurweitenmessung erfolgt mit Hilfe eines linearen Wegaufnehmers zwischen den beiden Achshälften einer Teleskopachse.

Die Pfeilhöhenmessung wird über die Basis von 10 m der äußeren Meßräder in Form einer Dreipunktmessung für jedes Gleis durchgeführt. Im Bezug auf den äußerst stabilen Fahrzeugrahmen werden die Querverschiebungen aller 6 Meßräder gemessen; der Computer berechnet daraus die Pfeilhöhe, d. h. die Querabweichung des jeweils mittleren Meßrades gegenüber der Sehne, die die beiden äußeren definieren.

Die Überhöhung der beiden Schienen wird über ein fliehkraftkompensiertes Meßkreisel-system, also mit Hilfe eines „künstlichen Horizontes“ über der einen der belasteten Laufachsen gemessen, wobei die Neigungsangaben des in der Kabine angebrachten Kreiselsystems noch um die mit Wegaufnehmern gemessenen Federwege der Achsenden korrigiert werden müssen.

Die Verwindungsmessung erfolgt über den Computer derart, daß die Höhenverschiebungen gegenüber dem Fahrzeugrahmen an der Stelle s mit jenen an der Stelle $s + \Delta s$, korrigiert um die kreiselkontrollierte Querlageveränderung des Bezugsrahmens, verglichen werden.

Bei den Längshöhen geht es darum, das Einsinken in Schiene und Schotterbett unter der mittleren Achse gegenüber den beiden äußeren Meßachsen nach Art einer vertikalen Pfeilhöhenmessung festzustellen.

Neben all diesen Daten werden auf dem Meßschrieb (Bild 2) noch gewisse Ereignisse markiert, wofür dem Fahrer der Meßdraisine eine Anzahl beschrifteter Tasten zur Verfügung steht, z. B. für „Brücke“, „Tunnel“, „Weiche“, etc. Wenn das photogrammetrische Lichtraummeßsystem ausgelöst wird oder das Laserprofilssystem zu messen beginnt oder mit der Messung endet, erfolgt ebenfalls automatisch eine entsprechende Markierung.

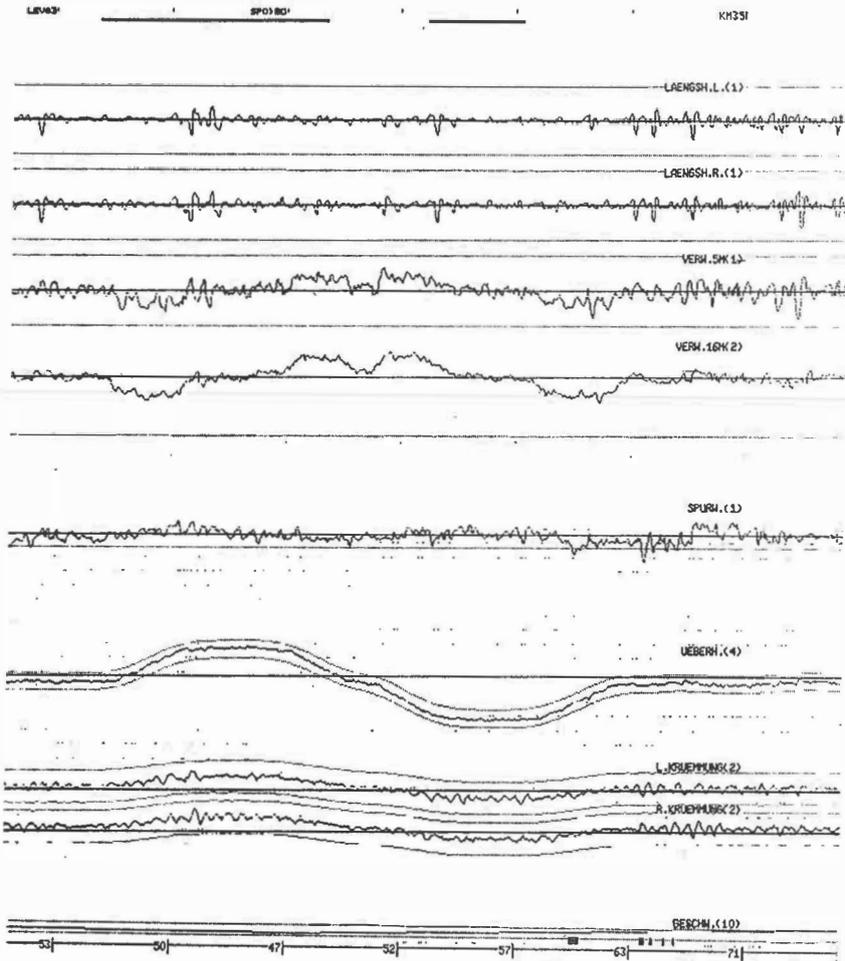


Bild 2: Meßschieb für Gleisgeometrie

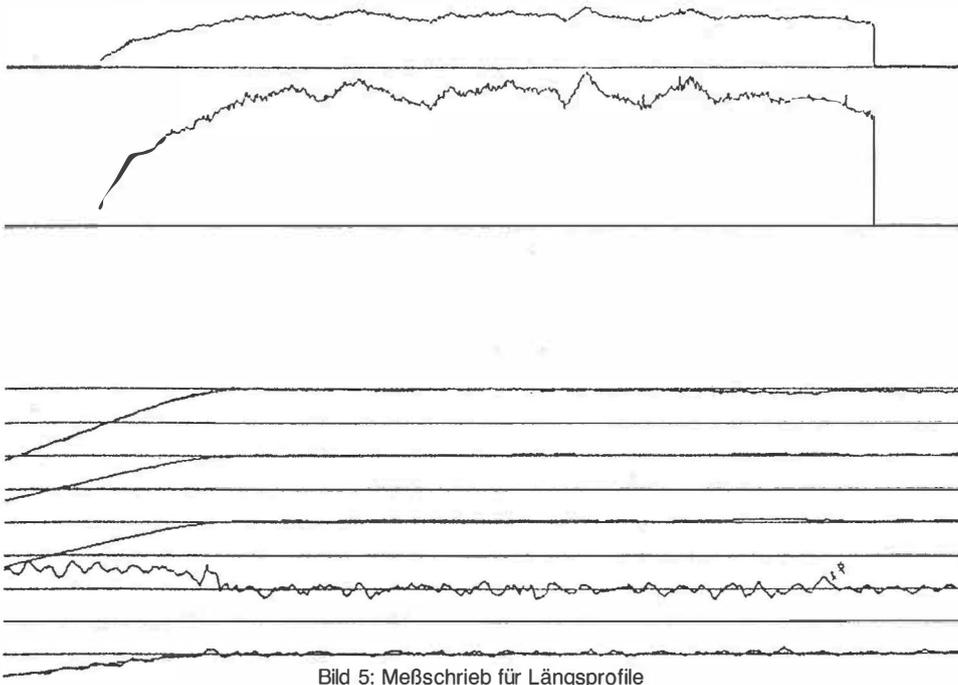
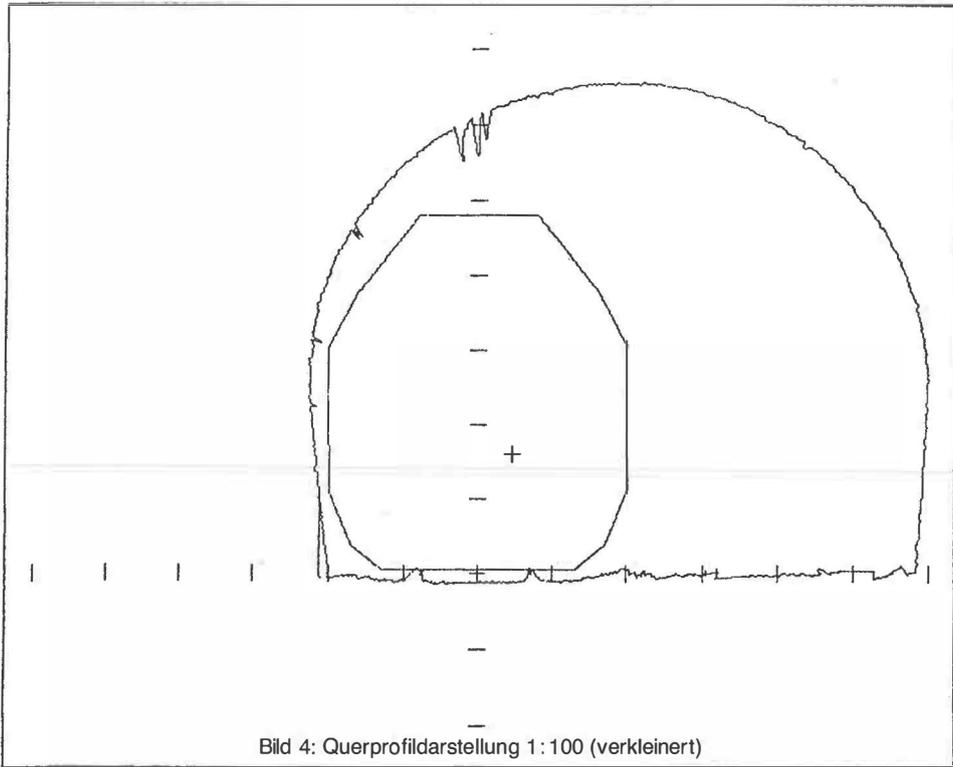
2. Die Einrichtungen zur Lichtraummessung

2.1 Lichtraummessung im Tunnel

Im Tunnel wird mit dem Impulslasersystem DM 900 der Firma Dr. J. Riegl, Horn, gearbeitet. Auf der rückwärtigen Meßachse der Meßdraisine ist ein wagenachsparell ausgerichtetes Tragbalken derart abgestützt, daß das Laserbezugssystem mechanisch auf die Meßachse und nicht auf das Fahrzeugtraggestell bezogen ist.



Bild 3: Das Impulslasersystem RIEGL DM 900 in Querprofil-Arbeitsstellung.



Ein computerkontrollierter Schrittmotor dreht das Meßsystem um die Tragbalkenachse, wobei bis zu 1000 Schritte pro Umdrehung angesteuert werden können. Für Querprofile mißt der Laser selbstkontrolliert die Entfernungen. Anschließend wird das Querprofil sofort in einem Meßschrieb 1:50, 1:100 oder 1:200 graphisch dargestellt. Eine Profilmessung dauert 1 bis 3 Minuten. Die Genauigkeit der Profilmessung liegt im cm-Bereich.

Für Längsprofile wird die Lasermeßrichtung mit dem Schrittmotor für eine bestimmte Meßrichtung eingestellt und bleibt dann konstant. Die Meßdraisine fährt damit den Tunnel mit z. B. 15 km/h ab, wobei alle 12,5 cm ein Längsprofilpunkt gleichzeitig mit der Gleisgeometrie aufgezeichnet werden kann (Bild 5). Für die Profilmessung muß der Tunnel natürlich längere Zeit für den Eisenbahnverkehr gesperrt werden.

2.2 Lichtraummessung außerhalb des Tunnels

Das Normquerprofil ist bei jedem Bahnkörper frei von Hindernissen. Die Industrie erzeugt jedoch auch Produkte, die die Normlademaße zum Teil erheblich überschreiten, wie etwa Großtransformatoren, Öllungen zur Zwischenspeicherung von Öl neben Bohrinseln, Dampfkessel, Brückenstahlträger oder Hochbaufertigteile (Bild 6).

In Österreich gibt es 60.000 bis 80.000 mögliche Hindernisse, die solchen Sondertransporten im Wege stehen; 20.000 davon werden allein im Wiener Streckenbereich vermutet. Sie werden in Zukunft photogrammetrisch erfaßt, durch Auswertung in einem analytischen Stereoauswertegerät vermessen und in eine Streckendatenbank eingegeben, die einmal auch alle anderen besonderen Streckenbeschränkungen, wie z. B. maximal zulässige Achslasten, enthalten soll.

Die Photogrammetrie dafür einzusetzen ist nicht neu. In Schweden und Dänemark gehört das zur Routine ((1) bis (5)). Dort wird eine Paßpunktfigur auf einem Vorlaufwaggon auf die Höhe des Hindernisses geschoben, anschließend werden Hindernis und Paßpunktfigur gemeinsam stereophotogrammetrisch aufgenommen. Damit werden die Profilkordinaten automatisch auf die Gleisachse bzw. auf die Quer-Tangentialebene über die Schienen bezogen. Die Strecken sind dabei relativ lange Zeit blockiert, sodaß diese Vorgangsweise in Österreich heute nicht mehr in Betracht kommt. Es wurde ein Verfahren angestrebt, das die photogrammetrische Aufnahme auch während der Fahrt, etwa bei 30–60 km/h, der durchschnittlichen Reisegeschwindigkeit von Personenzügen, erlaubt, sodaß das Meßfahrzeug hinter jedem Personenzug nachfahren kann, ohne einen Streckenabschnitt außergewöhnlich lange zu blockieren.

Die neue Lösung sieht eine Festbasis-Stereokamera vor, die während der Fahrt nach rückwärts fotografiert und ohne Paßpunktfigur auskommt. Das von der Firma Norma, Meßtechnik, Optik, Elektronik GmbH, Wiener Neudorf, durchorganisierte und durchkonstruierte Stereomeßkammersystem besteht aus einem äußerst massiv ausgeführten und stoß- und schwingungsgedämpft unter dem Draisinendach aufgehängten, 1940 mm langen Basisbalken, der die beiden Hasselblad-Meßkameras MK 70 mit Zeiss-Objektiven Planar ($f = 100$ mm) trägt (Bild 7). Die Kameras sind in 6 gon Konvergenzstellung montiert, sodaß in einer Aufnahmeentfernung von 20 m eine vollständige Überdeckung und damit eine optimale Bildfeldausnützung besteht. Der Entfernungseinstellung wurde für diese Aufnahmeentfernung fixiert. Die Meßoptik ist gegenüber der Außentemperatur durch Präzisionsplanplatten geschützt, durch sogenannte Abschlußgläser, die durch Preßluft beschlagsfrei gehalten werden. Für Fahrten ohne Photographie können die Luken mit preßluftbetriebenen Klappen verschlossen werden. Die Verzeichnung der Objektivs beträgt in den Bildecken etwa 0,03 mm. Sie kann bei der Auswertung rechnerisch kompensiert werden. Hinter der mit 25 Kreuzen ausgestatteten Reseauplatte jeder Meßkamera sitzt das Filmmagazin, das auf den Rand der netto 53 x 53 mm großen Aufnahmen computergesteuert eine Datenzeile aufbelichtet, aus der Streckennummer, Streckenabschnitt, Streckenrichtung, Datum und Profildnummer abgelesen werden können.

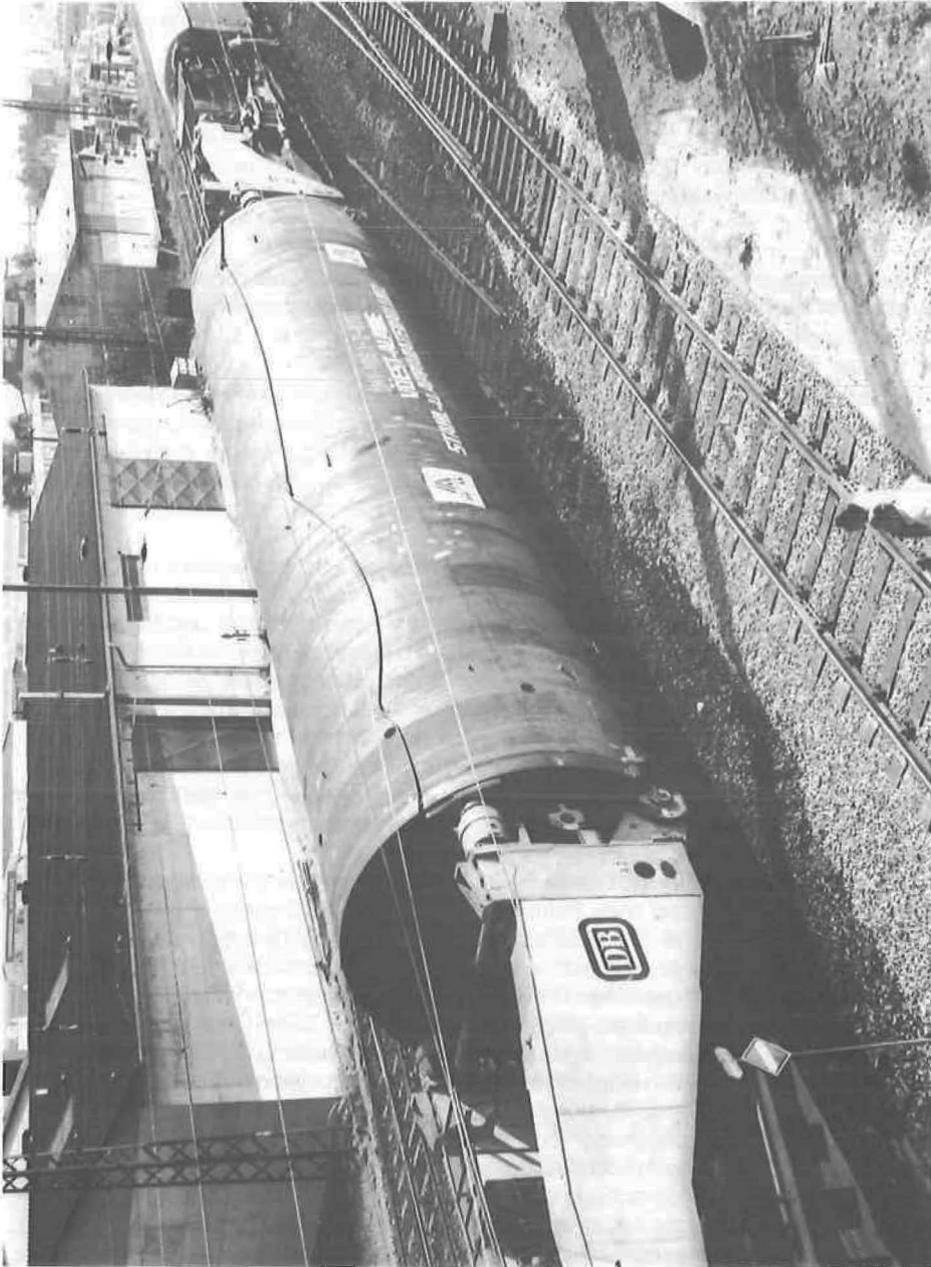


Bild 6: Sondertransport eines Chemie-Reaktors für die Öleentswefelung.

(ÖBB-Lichtbildstelle)

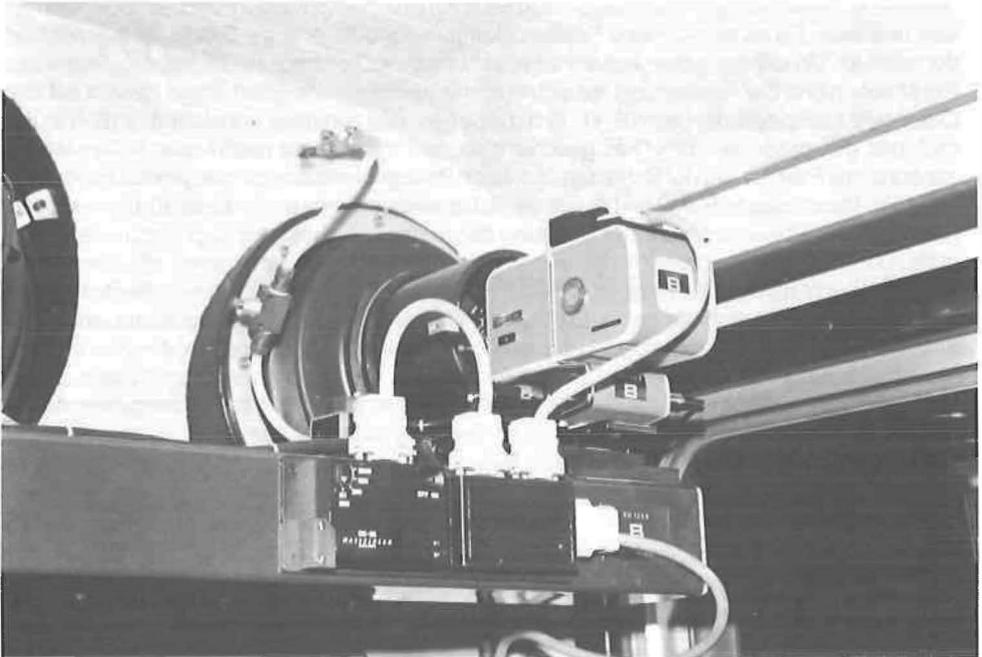


Bild 7: Hasselblad MK 70 auf dem Basisbalken in Arbeitsstellung

Die Belichtungsmessung erfolgt nicht vollautomatisch, da die mittenbetont arbeitenden Innenbelichtungsmesser hier nicht funktionieren. In den Bildmitten besteht ja nur eine große Leere. Die Objekte befinden sich irgendwo außen herum und bilden sich nur an den Bildrändern ab. Die Belichtung wird daher je nach Lichtverhältnissen manuell eingestellt; die Schatten werden durch ein Blitzgerät PRO-3 (von Prophoto, Stockholm) aufgehellt. Bei Abend- bzw. Nachtfahrten genügt deren Licht allein. Es reicht aus, um die Reseaukreuze auch bei Nacht und in der dunklen Bildmitte hinreichend zur Abbildung zu bringen. Die Blitzleistung beträgt 2400 Wattsekunden. Dies entspricht bei 21 DIN und 50°-Reflektor einer Leitzahl (Blendenzahl mal Entfernung in m) von 201.

Die Verschlüsse werden halbautomatisch ausgelöst. Während die Draisine an einem aufzunehmenden Hindernis vorbeifährt, löst der Meßwagenoperator einen Kontakt aus. Von dann an übernimmt der Computer die Kontrolle und löst die Kameras synchron aus, sobald sich das Hindernis 20 m hinter der Meßkammerbasis befindet. Der Blitz wird durch die eine der Kameras gesteuert. Die Compuerverschlüsse der beiden Kameras arbeiten bis zu $\frac{1}{125}$ s synchron. Kürzere Belichtungszeiten sind nur bei geeignetem Tageslicht möglich. Die Bewegungsunschärfe zufolge der Fahrgeschwindigkeit ist bis 60 km/h tolerierbar. Die Motorvibrationen sowie Schienenstöße können trotz der weitgehenden Dämpfung der ursprünglichen Stoßbeschleunigung (bis zu 3.0 g, jetzt nur noch 1.4 g!) noch Unschärfen verursachen; bisher waren aber alle Aufnahmen einwandfrei auswertbar.

Die Auswertung erfolgt an einem analytischen Auswertegerät Wild BC2, das durch einen Rechner Data-General DG 30 mit angeschlossener Magnetbandstation gesteuert wird.

Aufgrund des Datenbandes, das vom Meßdraisinencomputer beschrieben wird, werden im Auswertegerät die Nummern jener Bilder aufgerufen, die für den Streckenabschnitt an der Reihe sind. Gleichzeitig können bis zu neun Bildpaare eingelegt werden. Jedes Modell wird für sich orientiert. Da es sich um eine Festbasiskamera handelt, sind die Daten der inneren und der relativen Orientierung dem Auswertesystem bekannt. Die absolute Orientierung kennt das Gerät aber nicht. Die Auswertung hat sich auch für Aufnahmen in überhöhten Kurven auf das Querprofil-Koordinatensystem (R, H, T) zu beziehen, das zunächst unbekannt ist (Bild 8). Es muß erst gemessen werden. Dies geschieht so, daß man im nur relativ orientierten Modell zunächst die Fahrkanten der Schienen und einen Bezugspunkt des zu messenden Hindernisses mißt. Durch diesen Punkt und durch die Schienenquertangente in dieser Entfernung wird nun die (R, H)-Ebene definiert. Der Ursprung des Koordinatensystems liegt stets in der Gleismitte. Die Rechtsachse geht von dort aus und liegt in der Gleisquertangente, die Hochachse steht senkrecht darauf. Die Tiefachse bildet mit den beiden anderen Achsen ein Rechtssystem und liegt in der Gleisachstangente. Die Auswertung erfolgt nun so, daß zunächst ein vorher eingegebenes Begrenzungs-polygon für den Maximallichtraum mit der Meßmarke und mit steuerbarer Geschwindigkeit abgefahren werden kann. Der Auswerter erkennt dabei, ob ein Hindernis auszuwerten ist. Wenn nicht, kann er gleich zum nächsten Modell übergehen. Anderenfalls sind die in das Lichtraum-Grenzprofil hineinragenden Hindernisteile auszuwerten, zu klassifizieren und in einer Datenbank abzulegen.

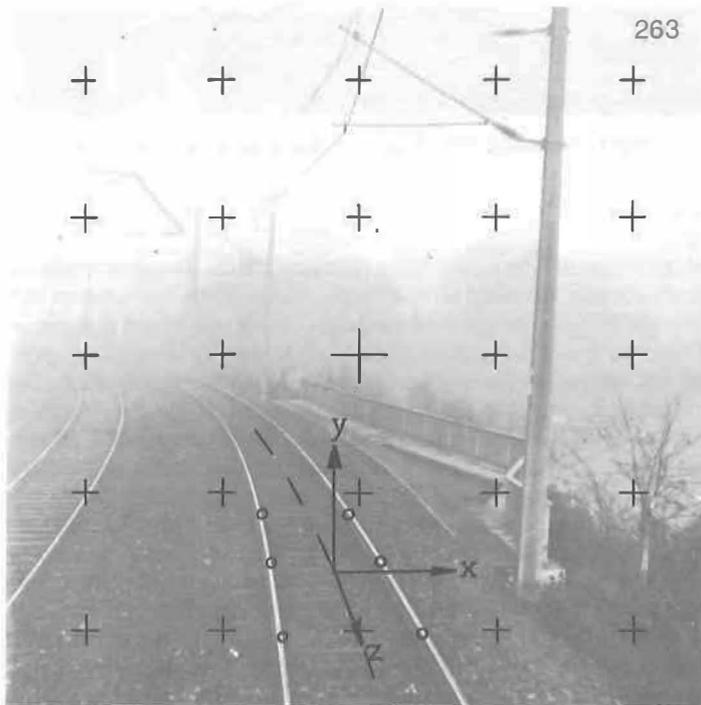


Bild 8: Das Standard-Koordinatensystem für die Querprofile.

Zur Überprüfung der Orientierungsparameter wurde ein Testfeld mit 26 millimetergenau eingemessenen Signalen an 10 Masten im Meßwagen-Heimatbahnhof Tulln eingerichtet (Bild 9). Dieses Testfeld wird vor und nach jeder Meßfahrt aufgenommen, sodaß niemals mehr als eine Meßfahrt unkontrolliert bleibt. Die bisherigen Auswertungen der Wiederholungsmessungen haben die Einhaltung der geforderten Toleranz von ± 2 cm in den Profilkordinaten R und H eindeutig nachgewiesen. Bisher sind auch noch nie Parallaxen aufgetreten, d. h., die Kameras waren stets eindeutig und gleichartig in den schwalbenschwanzartigen Kamerabefestigungen gelagert.

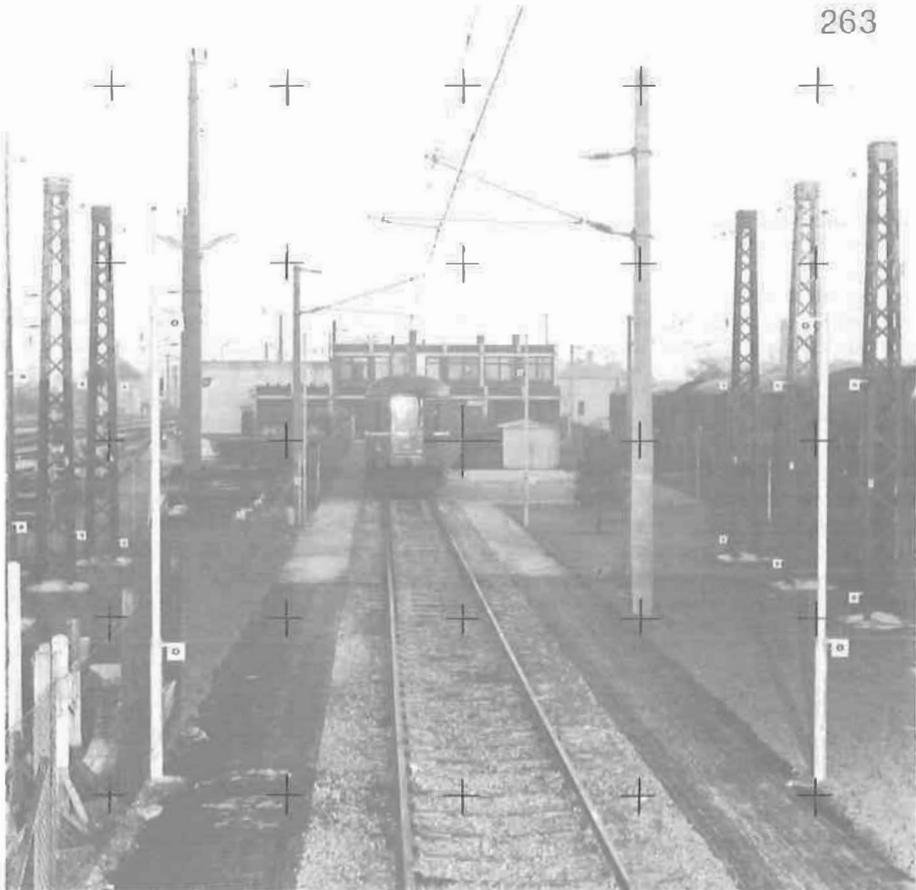


Bild 9: Das Testfeld zur Kontrolle der Orientierungsparameter

Das Meßteam der Österreichischen Bundesbahnen wurde im September 1987 eingeschult. Vor ihnen liegt eine Menge Arbeit. Wenn man durchschnittlich 6 Modelle pro Stunde auswertet, also nur 10 Minuten für ein Bildpaar braucht, dauert die Erstaufnahme der Profile 2000 Arbeitstage oder über 10 Mannjahre.

Zusammenfassung

Die Österreichischen Bundesbahnen haben mit der Linzer Firma Plasser und Theurer einen neuen Gleismeßwagen entwickelt, mit dessen Hilfe einerseits die Gleisgeometrie erfaßt werden kann, andererseits aber auch Lichtraummessungen möglich sind. Zur Gleisgeometrie gehören Spurweite, Pfeilhöhen (horizontal und vertikal), Überhöhungen, Verwindung sowie die Kilometrierung.

Für die Lichtraummessung sind zwei Systeme installiert. Das erste System dient zur Profilmessung in Tunnels und besteht im wesentlichen aus einem Impulslaser-Meßsystem DM 900 von der Firma Dr. J. Riegl, Horn. Die Längs- und Querprofilmessung werden im Detail beschrieben. Das zweite Lichtraummeßsystem basiert auf Photogrammetrie und ist für die Aufnahme von Hindernissen außerhalb der Tunnels vorgesehen. Seine Entwicklung wurde vom Institut für Photogrammetrie und Fernerkundung der TU Wien betreut. Die Organisation und Ausführung lag in den Händen der Firma Norma, Optik, Elektronik und Meßtechnik GmbH, Wiener Neudorf. Das photogrammetrische Aufnahmesystem besteht aus einer Festbasis-Stereomeßkamera mit 2 Hasselblad MK 70 in leichter Konvergenzstellung. Das System gestattet Aufnahmen nach rückwärts in freier Fahrt mit bis zu 60 km/h. Es ist kein Paßpunktswagen wie bei früheren Meßsystemen mitzuführen. Die Auswertung erfolgt an einem analytischen Auswertegerät Wild BC2. Das Auswerteprogramm ermöglicht eine wirtschaftliche Datenerfassung.

Die Hindernisse werden in einer Hindernisdatenbank verwaltet, die in Zukunft für Transporte mit Lademaßüberschreitungen abgefragt werden kann. Die Aufstellung dieser Datenbank ist im Hinblick auf ein modernisiertes Sondertransportwesen von großer Bedeutung.

Summary

The Austrian Federal Railways in cooperation with Plasser and Theurer, Linz, have developed a new rail measuring draine by which the rails' geometry as well as the free space around the rails may be measured. The parameters of the rails' geometry are: gauge, curvature and top level, cross level, twist, and milage.

For measurement of clearance two systems are installed. The first system is assigned to profiling in tunnels and consists mainly of an impulse laser measuring system DM 900 of the firm Dr. J. Riegl, Horn, Lower Austria. The longitudinal as well as the crossprofiling is described in detail. The second free space measuring system is a photogrammetrical one and serves for the survey of possible obstacles outside of tunnels. Its theoretical development has been done by the Institute of Photogrammetry and Remote Sensing of the Technical University Vienna, the practical development was in the hands of the firm Norma (Optics, Electronics and Measuring Techniques Ltd., Wiener Neudorf). The photogrammetric system consists of a 2 m fixed base stereo camera with two Hasselblad MK 70 in 6 degrees convergence position. The system allows for taking pictures backwards while travelling up to 60 km/h. No control profile trailer is needed as by previous free space measuring systems. Restitution is done by means of an analytical plotter Wild BC2. The software enables the operator to economically collect the digital data.

The obstacles will be managed by a proper data bank system which may be asked in the future in any case of transports of extra large cargoes. The erection of this data bank is of great importance for a modern management of over gauge loads.

Literatur

- [1] *Magnussen, M.; Björklund, P.; Torlegard, K.*: Technische Untersuchung von Transportwegen für Sendungen mit Lademaßüberschreitung bei den Schwedischen Staatsbahnen. Archiv für Eisenbahntechnik, Darmstadt 1975, Heft 30, S. 41—54.
- [2] *Torlegard, K.*: Free Space Determination for Large Railway Cargoes by Stereophotogrammetry. VIAK, Vällingby, 1976, 4 Seiten.
- [3] *VIAK AB Consulting Engineers*: Which Track for Extra Large Cargoes? Prospekt, VIAK, Vällingby 1976.
- [4] *Aaberg, O.*: Photo Trolley. Danish State Railways. Copenhagen, 1978, 14 Seiten.
- [5] *Danish State Railways*: Administration of Special Consignments (Out of Gauge Loads) with Computer. Copenhagen 1983. 23 Seiten.
- [6] *Plasser und Theurer*: EM 80. Firmenprospekt R3/D 683.
- [7] *Presle, G.*: Der Oberbaumeßwagen der Österreichischen Bundesbahnen. Eisenbahntechnik, 1983/4, S. 24—28.