

Zeitschrift: Vermessung, Photogrammetrie, Kulturtechnik : VPK = Mensuration, photogrammétrie, génie rural

Herausgeber: Schweizerischer Verein für Vermessung und Kulturtechnik (SVVK) = Société suisse des mensurations et améliorations foncières (SSMAF)

Band: 88 (1990)

Heft: 12: Vermessung und Eisenbahn = Mensuration et chemin de fer = Misurazione e ferrovia

Artikel: Das neue Gleisversicherungssystem der SBB

Autor: Eisenegger, S.

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-234372>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 13.01.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Das neue Gleisversicherungssystem der SBB

St. Eisenegger

Für den Bau und Unterhalt der Gleisanlagen ist entlang des Trassees ein Rückversicherungssystem notwendig, von dem aus jederzeit die theoretische Gleislage kontrolliert und rekonstruiert werden kann. Die SBB haben 1987 beschlossen, dieses neue Gleisversicherungssystem in den nächsten 10 Jahren über ihr ganzes Netz von 3000 km einzuführen. Neben wirtschaftlichen Vorteilen sind damit die Voraussetzungen für eine qualitativ gute Gleislage auch im oberen Geschwindigkeitsbereich gegeben.

Pour la pose et la maintenance de la voie ferrée il est nécessaire de disposer, le long du tracé, d'un système de points de référence permettant, en tout temps, le contrôle de la situation de la voie et le rétablissement de sa position exacte. En 1987 les CFF ont décidé d'introduire un nouveau système de repérage sur tout leur réseau de 3000 km, à réaliser les dix prochaines années. En plus des avantages financiers, les conditions pour une bonne qualité de l'assiette des voies, également dans le domaine des grandes vitesses, sont avec cela données.

1. Einleitung

Die Fahrstrasse der Eisenbahn ist das Gleis. Die Trassierung der Gleise ist im Wesentlichen eine Funktion von

- Ausbaugeschwindigkeit
- Komfort (gewählter)
- Entgleisungssicherheit
- Nutzungsart (Personenverkehr, Güterverkehr)
- Topographie und bauliche Gegebenheiten.

Bei einer gegebenen Nutzungsart lassen sich die geometrischen Grössen für die Liniendurchführungswahl mit den Formeln der Fahrdynamik herleiten (siehe Artikel «Trassierung von Gleisanlagen»).

Mit diesen Grundlagen werden Gleisgeometrien berechnet und auf das Bahntrasse übertragen. Das Gleis mit den beiden auf Schwellen befestigten Schienensträngen folgt dieser Geometrie, eingebettet im Schotter. Betrieb und Umwelteinflüsse deformieren dieses Gleis im Laufe der Zeit aus der theoretischen Soll-Lage. Die vor allem in Abschnitten mit wechselnder Krümmung auftretenden Lagefehler beeinträchtigen im höheren Geschwindigkeitsbereich bereits in der gemessenen Grössenordnung von 25–30 mm sehr nachteilig das dynamische Verhalten der Fahrzeuge und mindern gleichzeitig die Stabilität des lückenlos verschweissten Gleises.

Mit steigender Geschwindigkeit gewinnt ebenfalls die Genauigkeit der Höhenlage des Gleises an Bedeutung. Langwellige, periodisch auftretende Abweichungen vom theoretischen Längenprofil, die mit heutigen Mitteln nur schwer zu erfassen sind, können je nach Fahrzeugtyp zu unzumutbaren Aufschaukelungen bzw. zu Sicherheitseinschränkenden Radentlastun-

gen führen und müssen in schnellbefahrenen Gleisen vermieden werden.

Damit der Fahrkomfort und die Betriebssicherheit, aber auch ein minimaler Verschleiss der Gleisanlagen gewährleistet ist, müssen die Gleise periodisch neu gerichtet werden. Dazu ist eine permanente Rückversicherung der Gleisgeometrie auf dem Trassee notwendig.

2. Bisheriges Verfahren

Auf dem Netz der SBB besteht heute grösstenteils eine Gleisversicherung nach dem System Hallade. Diese Methode er-

möglicht es, über Pfeilhöhenmessung entlang eines bereits liegenden Gleises Glättungen der Gleisgeometrie auszuführen. Die Pfeilhöhenmessung erfolgt über Sehnen von 20 m Länge. Bei der halbgraphischen Auswertung werden durch zweifache numerische Integration der Differenzen zwischen den Pfeilhöhen der Ist-Lage und des Projektes die am Gleis vorzunehmenden Verschiebungen gerechnet (Abb. 1).

Das Projekt wird anschliessend mit einbetonierten Schienensockeln im Abstand von 10–50 m entlang des Gleises rückversichert. Die Gleisgeometrie wird in Lage, Höhe und Überhöhung in einem Gleisversicherungsprotokoll festgehalten.

Mit dieser Methode werden gute Resultate bezüglich Kontinuität und relativer Lage erreicht, die den Anforderungen für Geschwindigkeiten bis ca. 120 km/h genügen. Mit der Weiterentwicklung des Messsystems und der Steuerung der Gleisbaumaschinen ergab sich die Möglichkeit, diesen Ausgleich direkt auf der Maschine auszuführen. Zusätzlich führte die starke Mechanisierung im Gleisbau dazu, dass die Gleisversicherungspunkte häufig beschädigt und in ihrer Lage verändert wurden. Neben der Anforderung einer guten relativen Lage des Gleises wird die Einhaltung der absoluten Lage des Gleises gegenüber Zwangspunkten wie Perronkanten, Tunnelwände etc. immer bedeutungsvoller. Diese Randbedingungen führten bei den SBB zur Entwicklung eines neuen Gleisversicherungssystems.

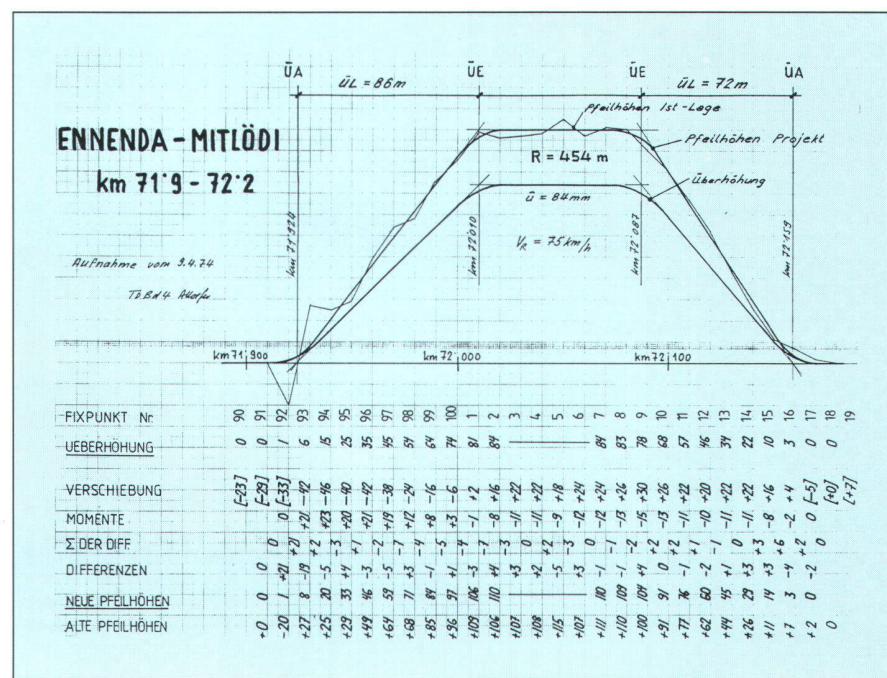


Abb. 1: Halbgraphische Auswertung der Pfeilhöhenmessung nach dem System Hallade.

3. Anforderungen an das neue Gleisversicherungssystem

Ein neues Gleisversicherungssystem muss die folgenden Anforderungen abdecken:

- eindeutige Umsetzung einer gerechneten Gleisgeometrie in Lage, Höhe und Überhöhung auf das Bahntrasse
- automatische Übertragung dieser Gleisgeometrie von der Berechnung über die Gleisversicherung auf die Gleisbaumaschinen
- Möglichkeit der Gleiskontrolle durch das Aussenpersonal alle 5 Meter entlang der Strecke
- Grundlage für die Absteckung von Gleis- und Weichenanlagen zum Einbau
- Wirtschaftlichkeit
- Stabilität der Gleisversicherung und einfache Möglichkeiten zu deren Kontrolle von ausserhalb des Gleises
- rasche netzweite Realisierung
- System, das auf die zu erwartenden technischen Entwicklungen der Vermessungstechnik und der Maschinensteuerung angepasst werden kann.

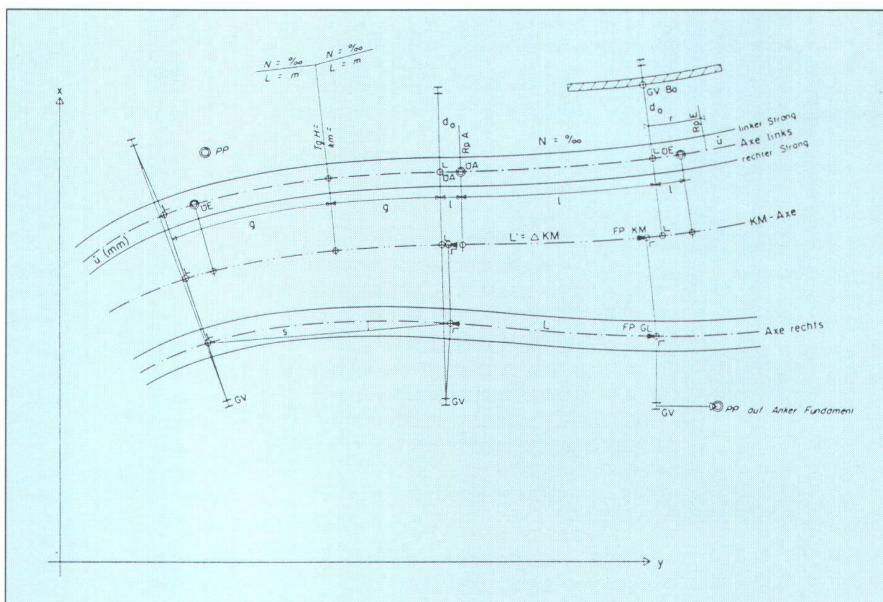


Abb. 2: Konzept der neuen Gleisversicherung.

Punkte auf den Gleisachsen erhalten durch die Projektion auf die Kilometrierungsaxe Kilometrierungswerte zugeordnet. Sämtliche Hauptpunkte der Gleisgeometrie werden auf die Fußpunkte der Gleisversicherungspunkte in der Gleisaxe vermasst (Abb. 2).

4. Konzept des neuen Gleisversicherungssystems

Im Landeskoordinatensystem (Y, X, H) werden mit der Projektierung die wesentlichen Elemente definiert:

Gleisaxe

Horizontalaxe	Gerade Klothoide Kreis
Vertikalaxe	Gerade Kreis (Ausrundung)
Querneigung	konstante Überhöhung lineare Rampe

Kilometrierungsaxe

Als Horizontalaxe	Gerade Klothoide Kreis
mit Kilometrierungswert	

Für mehrgleisige Strecken gibt es nur eine Kilometrierungsaxe.

Gleisversicherungspunkte

Als Fixpunkte an Fahrleitungsmaßen, Kunstbauten oder als spezielle Tiefpunkte.

4.1 Materialisierung

Da sowohl für die Vermessungstechnische Aufnahme der Gleisversicherungsbolzen, wie auch für die Abnahme der Soll-Gleislage durch die Laser-Steuerung mit elektro-optischer Distanzmessung gearbeitet wird, sind die Bolzen so konstruiert, dass die Reflektoren direkt aufgesetzt werden können. Der theoretische, koordinatenmässig definierte Punkt liegt deshalb nicht auf der vorderen OK des Bolzens, sondern im Zentrum des Reflektors. Diese Differenz wurde bei der Konstruktion aller Messhilfsmittel für den Bahndienst berücksichtigt.

Der Längsabstand der Versicherung entspricht dem Abstand der Masten und ist unabhängig von den Gleisgeometrie-Wechseln. Allerdings ergänzen sich die beiden Systeme zweckmässigerweise, indem der Mastabstand in Kurven mit abnehmendem Radius geringer wird. Entlang Perronkanten, Kunstbauten und Tunnelwänden wird die Gleisversicherung an diese Bauten versetzt. Für rauhe Tunnelwände (Bossen) bzw. nicht gewährleistete direkte Lasersehnen auf der Kurveninnenseite von Mauern etc. wurde ein Verlängerungsstück entwickelt. Es trägt den Bolzen als Bezugspunkt und wird an einer am Bauwerk befestigten Platte eingehängt (Abb. 3).

Besondere Probleme ergeben sich auch in den Weichenzonen und im Aufsprungsbereich zwischen den äussersten Weichen einer Station und der Perronan-



Abb. 3: Platte mit eingehängtem Verlängerungsstück. Die Verlegung des Bolzens als Bezugspunkt ermöglicht die Sichtverbindung zum nächsten Bolzen bei rauen Tunnelwänden oder Einkräpfungen.

lage. In diesen Zonen kann pro Mastseite mehr als 1 Gleis vorhanden sein. Da jedes Hauptgleis für sich mit einem Maximalmass von 4,8 m seitlich versichert werden soll und die Weichen einer ausgesprochen guten Versicherung bedürfen, müssen zur Lösung sogenannte Tiefpunkte (Abb. 4) plaziert werden. Diese bestehen aus einer in einem Betonfundament versetzten Auflageplatte, die mittels Zementrohr und Deckel vor Beeinträchtigungen wie Schienen- und Schwellenablösung, Grabarbeiten, Gleis- und Weichenumbauten sowie den vibrierenden Meisseln der Stopfmaschinen geschützt sein sollen. Zur Herstellung der Messbereitschaft wird ein Adapter-Rohr mit dem Bezugsbolzen zwangszenstriert auf die Auflageplatte geschraubt.

Die Versicherungspunkte werden durch Projektion den Gleisachsen zugeordnet. Die

Partie rédactionnelle



Abb. 4: Tiefpunktgestell mit eingerichtetem Laser für den manuellen Gleisunterhalt.

Das Plazieren solcher Punkte ist sowohl in der Disposition wie in der örtlichen Ausführung anspruchsvoll.

4.2 Instrumentarium

Es soll unterschieden werden zwischen dem Instrumentarium

- der Vermessung
- des manuellen Gleisunterhalts durch die sogenannten Bahndienst-Rotten
- des maschinellen Gleisunterhalts mittels grosser Richt-, Nivellier- und Stopfmaschinen.

4.2.1 Vermessung

Der Vermessungsdienst ist für die Grundlagenvermessung und die erstmalige Aufnahme der Bolzen sowie die spätere Nachführung verantwortlich. Als Instrumente drängen sich automatisch registrierende Theodolite mit elektronischer Datenübertragung auf. Sie sollen eine Winkelmessgenauigkeit von mindestens $\pm 0,5 \text{ mgon}$ erreichen.

Die auf dem Markt erhältlichen Kugel-Reflektoren der Firma Wild können direkt auf den Bolzen gesteckt werden. Anpassungen waren bei den «senkrecht» stehenden Reflektoren nötig (Abb. 5). Den Messequipen werden angepasste Reflektoren der Marken Kern und Wild zur Verfügung gestellt.

Im weiteren wurde ein Verlängerungsstück entwickelt, das mehrheitlich für die Aufnahme der Versicherungsbolzen entlang

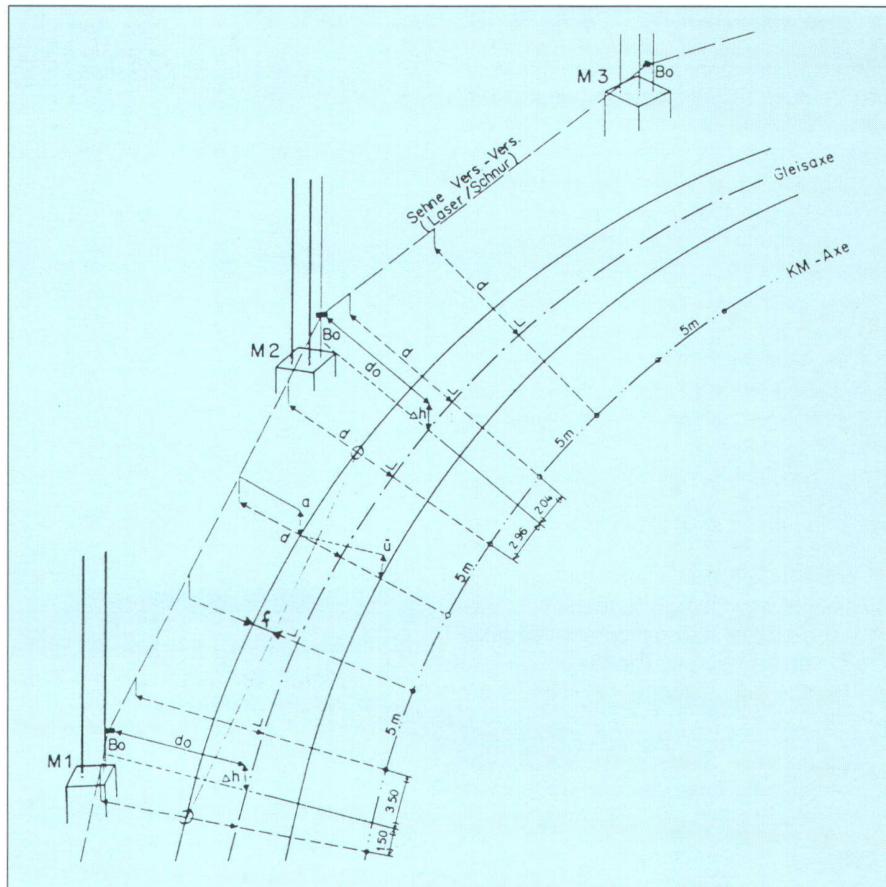


Abb. 7: Transformation der Gleispunkte im Längsabstand von 5 m auf die direkte Sehne zwischen zwei benachbarten Versicherungsbolzen.



Abb. 5: Wildreflektoren (Typ GPH1) können direkt an den Bolzen gesteckt werden. Für Prismen, die zur Messung senkrecht stehen müssen, sind Haltebügel entwickelt worden.



Abb. 6: Bei verdeckten Bolzen wird die «Perronhalterung» eingesetzt. Die Genauigkeit der Dosenlibelle von $10-15'$ ermöglicht eine millimetergenaue Höhenverlegung des Bezugspunktes.

den Perronkanten benötigt wird. Die Bolzen sind 10–15 cm unterhalb der Kante angebracht und können somit von der Mitte des Perrons nicht eingesehen werden. Die «Perronhalterung» ermöglicht eine um ca. 30 cm (je nach Prismatyp) höhenversetzte Anzielung des Versicherungsbolzens (Abb. 6).

4.2.2 Manueller Gleisunterhalt

Die Bahndienst-Rotten sind für die Offenhaltung und die Lichtraumprofil-Freiheit der Gleise sowie die Gewährleistung des Bahnbetriebes zuständig. Für den Kleinunterhalt und die Kontrolle der Gleise sind sie jederzeit auf relativ detaillierte Angaben bezüglich der Gleislage angewiesen. So legte man in einem Grundsatzscheid fest, dass auf Doppelspurstrecken jedes Gleis für sich versichert wird, obwohl für die grossen Gleisbaumaschinen eine einseitige Versicherung genügte. Im weiteren werden die Gleispunkte im Längsabstand von 5 m auf die direkte Sehne zwischen zwei benachbarten Versicherungspunkten transformiert (Abb. 7).

Mit der Einführung der neuen Gleisversicherung ist der Bahndienst mit folgendem Instrumentarium ausgerüstet worden:

- eine Messlehre mit Steckzapfen und Schienenaufsatztück zur direkten Messung Bolzen–Gleis bzw. Sehne–Gleis bei den 5-m-Punkten
- Ein HeNe-Laser mit Zielfernrohr zur Erzeugung der Sehne Bolzen–Bolzen längs dem Gleis
- die zum Laser gehörende Zieltafel.

Bei einem Versagen obengenannter Messmittel kann auf Hilfsmaterial ausgewichen werden:

- Ein Anschlagstück zum Aufsetzen einer Messlatte direkt beim Bolzen bzw. zum Spannen einer Schnur als Ersatz für die Lasersehne.

Wichtig für den manuellen Gleisunterhalt ist die Tatsache, dass sich die Messinstalation nicht im Gleis, sondern seitlich ausserhalb befindet.

Der Laser kann direkt an einem Versicherungsbolzen montiert werden (Abb. 8). Mit dem Zielfernrohr wird die am nächsten Bolzen befestigte Zieltafel anvisiert und die Sehne sichtbar gemacht. Die Sollwerte für Abstand, Höhe und Überhöhung bei den 5-m-Punkten, oder bei den Bolzen direkt, können dem graphischen Gleisversicherungsprotokoll entnommen werden (Abb. 13).

4.2.3 Maschinelle Gleisbearbeitung

Grosse automatische Gleisbaumaschinen für gleichzeitiges Richten, Nivellieren und Stopfen der Marken Matisa und Plasser & Theurer führen diese Arbeiten aus. Sie sind nicht im Eigentum der SBB. Im Jahre 1986 wurde erstmals eine Maschine der Firma Scheuchzer mit dem neuen Laser-

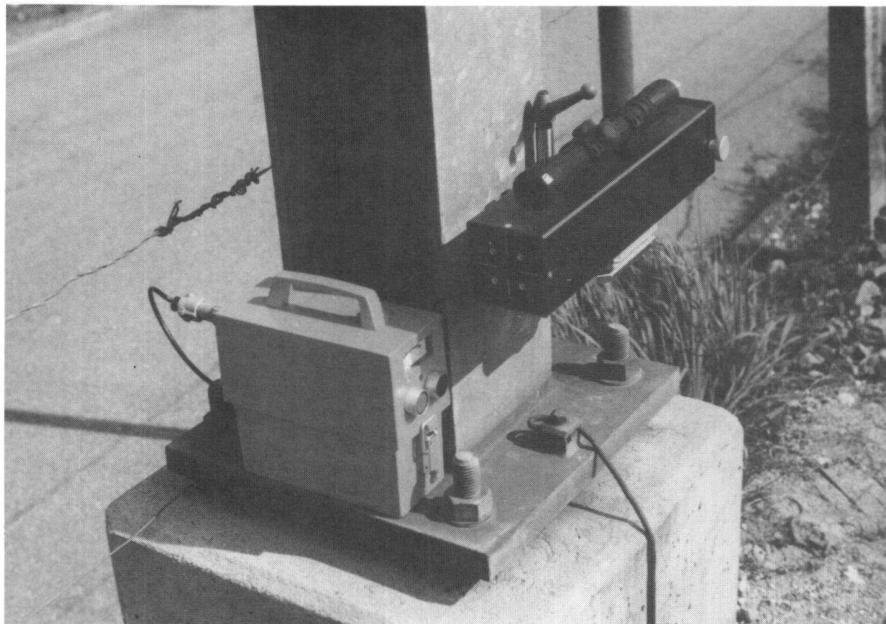


Abb. 8: HeNe-Laser mit Zielfernrohr und Batterie an einem Mastbolzen montiert zur Erzeugung der Sehne Bolzen–Bolzen. Die Ausgangsleistung beträgt 2 mW und der Strahlendurchmesser 10 mm auf 50 m.



Abb. 9: Messlehre für die Lage- und Höhenkontrolle der Gleise bei den Bolzen oder den 5-m-Punkten durch das Bahndienstpersonal.

system ausgerüstet. Bis heute ist die Anzahl auf sechs Maschinen angestiegen. Sie sind mit folgenden, zusätzlichen Elementen versehen worden:

- einem von der Richtmaschine aus gesteuerten Lasersender, der zusammen mit dem Distanzmesser auf einem Vorwagen montiert ist
- einem der Stopfmaschine vorlaufenden Messwagen mit Laser-Empfänger für das Nivellieren und Richten

– einem Computer für die Berechnung der Verschiebungen und für die Steuerung der Maschine

- einem Steuerpult mit Bildschirm, welches erlaubt, die Arbeit der Messvorrichtung und der Maschine zu überwachen, und wenn notwendig Korrekturen an der Gleislage auszuführen.

Durch den technischen Fortschritt sind pro Nachtschicht bis 1500 m Bearbeitungslänge möglich.

Partie rédactionnelle



Abb. 10: Automatische Richt-, Nivellier- und Stopfmaschine ausgerüstet mit dem neuen Lasersystem. Mit dem Distanzmesser im Vordergrund wird die Horizontaldistanz und die Höhendifferenz zum Gleisversicherungspunkt gemessen. Der Bordcomputer ermittelt durch den Vergleich der Ist-Werte mit den Soll-Werten die effektive Schiebung bzw. Hebung in diesem Punkt.

Mit dem Computer der Laser-Steuerung wird die Gleisgeometrie in ein relatives Messsystem mit der Sehne zwischen FP_A (Anfangspunkt) und FP_E (Endpunkt) als Basis transformiert (Abb. 11).

Bei Beginn der Arbeiten werden Laser und Empfänger bei Gleisversicherungspunkten aufgestellt. Mittels Messung der Distanzen (do_A , bzw. do_E) und den Höhendifferenzen (ΔH_A bzw. ΔH_E) zum Versicherungspunkt erhält der Computer die aktuelle Lage der Lasersehne im Bezugssystem. Die Länge der Sehne s ist abhängig von

- der Gleisgeometrie
- der maximalen praktischen Messlänge (Laser)
- und den zur Verfügung stehenden Versicherungspunkten.

Die Länge von s liegt zwischen 40 und 180 Metern.

Durch laufende Messung der bearbeiteten Länge L kann in jedem Punkt P (Lage des Laser-Empfängers) der Soll-Abstand q_s bzw. h_s zwischen Sehne und Soll-Geome-

trie berechnet werden. Der Vergleich mit dem gemessenen Wert q_i bzw. h_i ergibt die in diesem Punkte notwendige Schiebung dq bzw. die Hebung dh .

Diese Zentrierung erfolgt bei jedem Arbeitsschritt neu, d.h. nach Bearbeitung jeder Schwelle. Ein elektronisches Pendel ermittelt die Überhöhung während dem Messen.

Praktische Erfahrungen zeigen, dass mit diesem System Gleislagegenauigkeiten (quer) von 2–3 mm bezüglich den Gleisversicherungspunkten erreicht werden.

Die Laser-Steuerung benötigt sämtliche Angaben betreffend Gleisgeometrie in Lage, Höhe und Überhöhung. Diese werden vom Vermessungsdienst per Diskette geliefert und direkt auf den Computer der Maschine übertragen.

4.3 Organisation der Einführung

4.3.1 Generelles

Mit Beschluss vom 24. Februar 1987 stimmte die Generaldirektion der SBB der netzweiten Einführung eines neuen Gleisversicherungssystems innerhalb von zehn Jahren zu. Das Projekt unterliegt der Projektüberwachung durch die Unterabteilung Fahrbahn der Generaldirektion SBB und zwar in Bezug auf Detailplanung, Mittelbeschaffung und Überwachung der Kosten. Für das Projekt wurden Gesamtkosten von insgesamt 18 Mio. Fr. geschätzt. Während der Einführungszeit können aber durch den Wegfall der bisherigen Aufwendungen der Hallade-Versicherung rund 10 Mio. Fr. eingespart werden, sodass während dieser Zeit mit Mehrkosten von 8 Mio. Fr. gerechnet werden muss. Das Projekt ist dennoch wirtschaftlich, weil diese Mehrkosten in wenigen Jahren amortisiert sein werden.

Die Aufwendungen für die Einführung fallen vor allem beim Vermessungsdienst an. Für die Realisierung des Projektes wurde jeder Kreis mit zwei Vermessungsingenieuren HTL verstärkt.

Zu bearbeitende Strecken (Stand 31.12.89):

(siehe Kasten Seite 691)

Für die Abschätzung des Arbeitsaufwandes wird der Aufwand für die Bearbeitung einer Einspurstrecke zu 75% des Aufwandes für eine Doppelspurstrecke angenommen. Im folgenden wird deshalb für das ganze Netz die Bearbeitung von 2615 km Doppelspur zu Grunde gelegt. Somit sind von jedem Kreis rund 90 km pro Jahr zu realisieren.

4.3.2 Etappierung

Sämtliche Hauptgleise des SBB-Netzes werden jährlich mit dem Gleismesswagen abgefahrene, der Zustand der Gleise aufgezeichnet und benotet. Aufgrund einer Analyse entsteht das Mehrjahresprogramm für Unterhalt bzw. Totalumbau. Einen ebenfalls zu berücksichtigenden Parame-

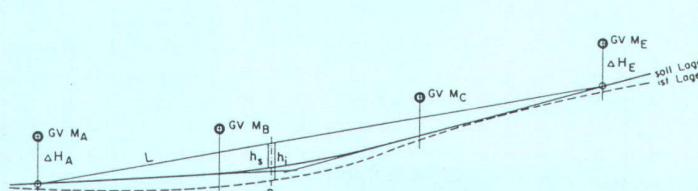
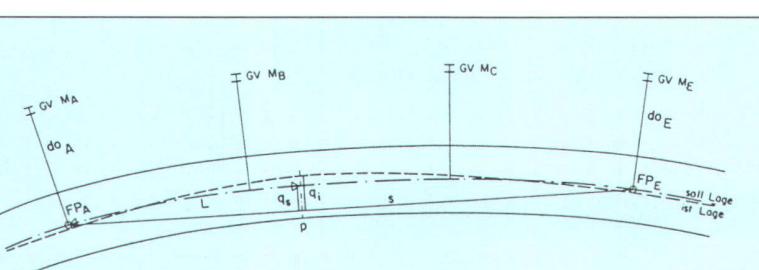


Abb. 11: Gleisgeometrie im relativen Messsystem.

Kreis	Linienlänge km	davon mehrspurig km	Hauptgleislänge km
I Lausanne	955	536	1491
II Luzern	958	540	1498
III Zürich	1074	419	1493
SBB total	2987	1495	4482

ter bildet das Umbau- und Erneuerungsprogramm des Fahrleitungsdienstes. Die Prioritätsliste für die Etappierung der Gleisversicherungsarbeiten umfasst folgende Kriterien:

1. Priorität: Totalumbauten auf Hauptlinien
2. Priorität: Hauptlinien und grosse Streckenumbauten
3. Priorität: organisatorische und qualitative Kriterien.

5. Bearbeitung durch den Vermessungsdienst

Die zeitintensivsten und anspruchsvollsten Aufgaben bei der Realisierung fallen hier an.

Die vermessungstechnischen Arbeiten bestehen aus:

- Festlegen der Versicherungsstandorte*
 - Netzdisposition*
 - Nivellement*
 - Grundlagenvermessung*
 - Aufnahme der Gleisversicherungsbolzen, der bestehenden Gleislage und -höhe sowie der Zwangspunkte der Gleisgeometrie (Brücken, Perronkanten, Rampen usw.)*
 - Netzberechnung
 - Erfassen, Berechnen und Optimieren der Gleis- und Weichengeometrie und Verbesserung der Fahrdynamik
 - Berechnen der Kilometrierung, Erstellung des Versicherungsprotokolls.
- (* Ausführung im allgemeinen durch Privatbüros)

5.1 Netzdisposition

Es wird angestrebt, das Fixpunktnett bestmöglich ins örtliche Vermessungsnetz der amtlichen Vermessung zu integrieren. Die Messdisposition wird deshalb auf einen Netzausgleich ausgerichtet, um die Nachbarschaftstreue für allfällige zukünftige Bauwerke auf und neben dem Bahngebiet zu gewährleisten.

In der Berechnung werden nicht nur alle Lagefixpunkte sondern gleichzeitig auch die Gleisversicherungspunkte als Neupunkte ausgeglichen. Damit kann die Genauigkeit und auch die Zuverlässigkeit massgebend gesteigert werden.

In Zukunft wird also jeder Gleisversicherungspunkt, mindestens aus Sicht der SBB, die Anforderungen eines Lagefixpunktes erfüllen.

Für spätere Arbeiten bietet sich die Methode der freien Stationierung an, ja drängt sich auf. So ist auch zu verstehen, dass zusätzliche, für die Detailaufnahme benötigte Lagefixpunkte nicht mehr dauerhaft versichert werden.

5.2 Nivellement

Als Ausgangspunkte für die Höhenbestimmung dienen die eidgenössischen, kantonalen oder kommunalen Höhenfixpunkte. Durch ein technisches Streckennivellement werden die Höhen aller stationierten Lagefixpunkte bestimmt. Bei fehlenden Anschlusshöhen bzw. Zwischenhöhen werden alle 1–2 km neue SBB-Nivellementpunkte an geeigneten Objekten geschaffen.

In vielen Fällen reicht ein einfaches Nivellement aus. Eine Kontrolle ergibt sich bei der Netzberechnung durch den Vergleich mit den trigonometrischen Höhenaufnahmen. Bei einem Doppelnivellement wird eine Genauigkeitsanforderung von $\pm 3 \text{ mm/km}$ verlangt. Die Arbeiten werden in einem technischen Bericht zusammengefasst. Von allen verwendeten oder neuen Höhenfixpunkten wird ein Versicherungsprotokoll erstellt.

5.3 Grundlagen- und Detailvermessung

Basis der Grundlagenvermessung ist die Landestriangulation IV. Ordnung. Der Einbezug und die Verknüpfung von Triangulationspunkten, welche ursprünglich in verschiedenen Triangulationsoperaten bestimmt wurden, können Zwänge zum Vorschein bringen und müssen aus Sicht SBB analysiert und gewichtet werden. In Gemeinden mit neuerer Grundbuchvermessung kann direkt im Polygonnetz der Gemeinde gearbeitet oder daran angeschlossen werden.

Die Detailaufnahme erfolgt grundsätzlich nach der Polaraufnahmemethode. Die Gleisversicherungsbolzen sind doppelt trigonometrisch von verschiedenen Stationen aufzunehmen. Gleichzeitig werden auch die bestehenden Gleisachsen und eventuelle Zwangspunkte einfach polar aufgenommen. Zur Verbesserung der

Nachbargenauigkeit und zu späteren Kontrollzwecken sind die Spannmasse zwischen vis-à-vis liegenden Versicherungsbolzen direkt (d.h. schräg) zu messen. Sie werden in die Berechnung miteingeführt.

5.4 Netzberechnung

Bei automatisch registrierten Messungen erfolgt der Transfer via Datenträger auf den PC. Nach den notwendigen Umformierungen werden die Messungen mittels eines SBB-eigenen Koax-Kabels auf die zentrale Rechenanlage (Host) übertragen. Der Netzausgleich und die Berechnung der Detailpunkte erfolgt interaktiv auf dem Grossrechner mit dem neu installierten Ausgleichungsprogramm ASTAN/OP-TUN der Universität Stuttgart. Es ergänzt das LTOP-Programm und erlaubt eine Netzberechnung mit bis zu 1000 Neupunkten. Diese Dimensionsgrösse wird mit dem Einbezug aller Versicherungsbolzen in die Ausgleichung benötigt. Als Toleranzwerte für die Auswertung der Gleisversicherungspunkte gelten:

- der Vergleich der gerechneten mit den gemessenen Spannmassen $\leq 10 \text{ mm}$
- die Koordinatendifferenz quer zu den Gleisen muss $< 5 \text{ mm}$ sein.

5.5 Gleisberechnungen

Grundsätzlich sollen bei der Berechnung der Gleisachsen fahrdynamische Verbesserungen oder Geschwindigkeitserhöhungen überprüft werden oder können sogar gefordert sein.

Strecken und kleinere Stationen sind bis anhin nicht vom Vermessungsdienst bearbeitet worden. Es liegen keine koordinatenmäßig berechneten Axen vor. Hier kann sich die Optimierung der Gleisaxe als anspruchsvoll erweisen, da gleichzeitig der Abstand zu den Zwangspunkten eingehalten oder sogar verbessert werden muss.

Eine immer grössere Belastung des Gleiskörpers durch schwereres Rollmaterial und Mehrverkehr bedingen vielfach den Einbau von Betonschwellen oder ein stärkeres Schienenprofil. Eventuell gibt auch ein geotechnischer Bericht über eine notwendige Verstärkung des Schotterbettes Auskunft. All diese Massnahmen erfordern eine Abänderung des bestehenden Längenprofils.

Die Axberechnungen erhalten somit den Status eines Projektes, in welchem verschiedene Fachdienste integriert sind. Über die generelle Vorgehensweise bei Axberechnungen wird im Beitrag «Trassierung von Gleisanlagen» näher eingegangen. Für die Gleis- und Weichenberechnungen stehen den Geometerbüros das Programm Paket GEOGDV auf dem Host, sowie neuerdings auch PC-Programme zur Verfügung. Für die Berechnung des Längenprofils, sowie der Überhöhung wurden neue Module von der Universität Stutt-

Partie rédactionnelle

gart entwickelt. Die Berechnung der Protokolldaten erfolgt ausschliesslich auf dem Host mit dem ebenfalls neuen Modul GLSVER.

Die ganze Datenverwaltung und Datensicherung wird über den Zentralrechner in Bern geregelt. Die gerechneten Elemente werden später in das Gleisnetz der Datenbank fester Anlagen (DfA) übernommen.

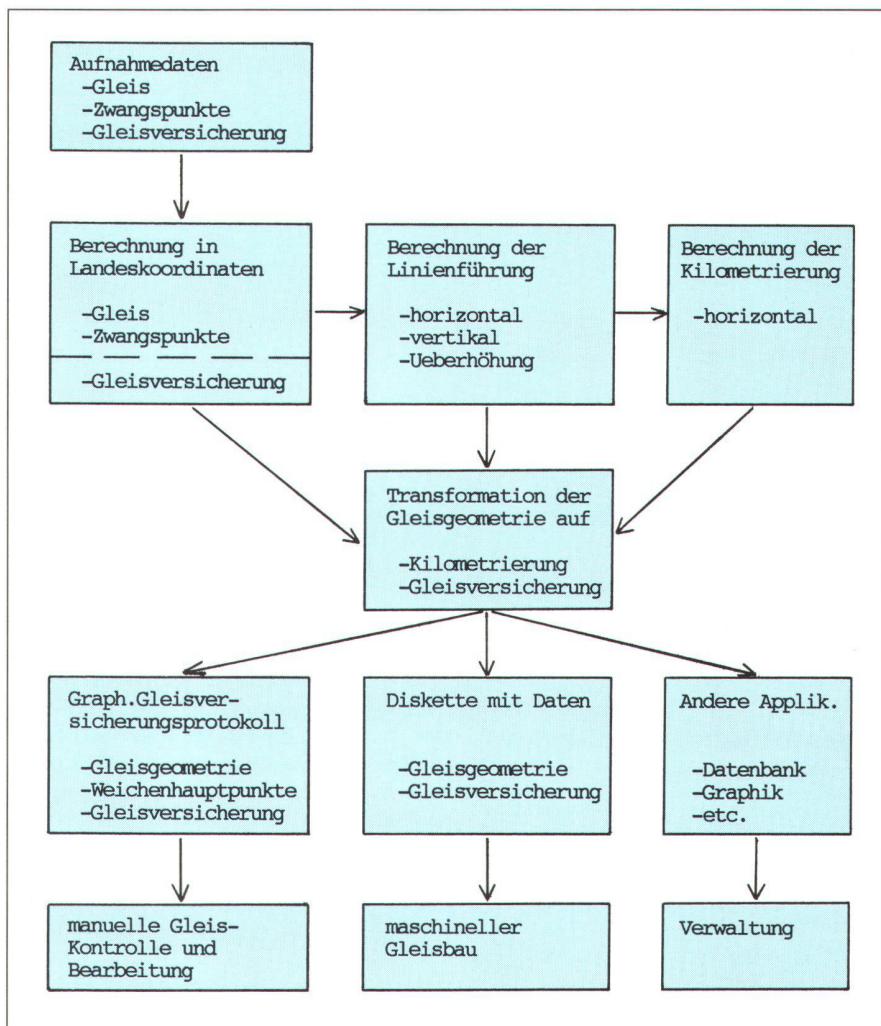
Datenfluss

5.6 Erstellen des Versicherungsprotokolls

Für die Protokolldatenberechnung mit dem Programm GLSVER müssen folgende Daten abgerufen werden:

- Elemente der Kilometrierungselemente
- Elemente der Linienführung
- Elemente des Längenprofils
- Elemente der Überhöhung
- Die Versicherungspunkte
- Die Weichenhauptpunkte.

Das File mit den Protokolldaten wird vom Host via Datenleitung auf den PC transferiert. Hier werden die restlichen Daten, wie beispielsweise die Vermassungen berechnet und das Input-File (DXF-File) für das AUTOCAD-Programm erzeugt. Das AUTOCAD wird anschliessend automatisch gestartet. Abschliessend wird das Gleisversicherungsprotokoll mit einem Rollenplotter auf Transparentfolie gezeichnet.



Datenfluss der Gleisberechnung.



Abb. 12: Gleisrichtmaschine mit Messwagen und Steuerpult im Kommandoraum.

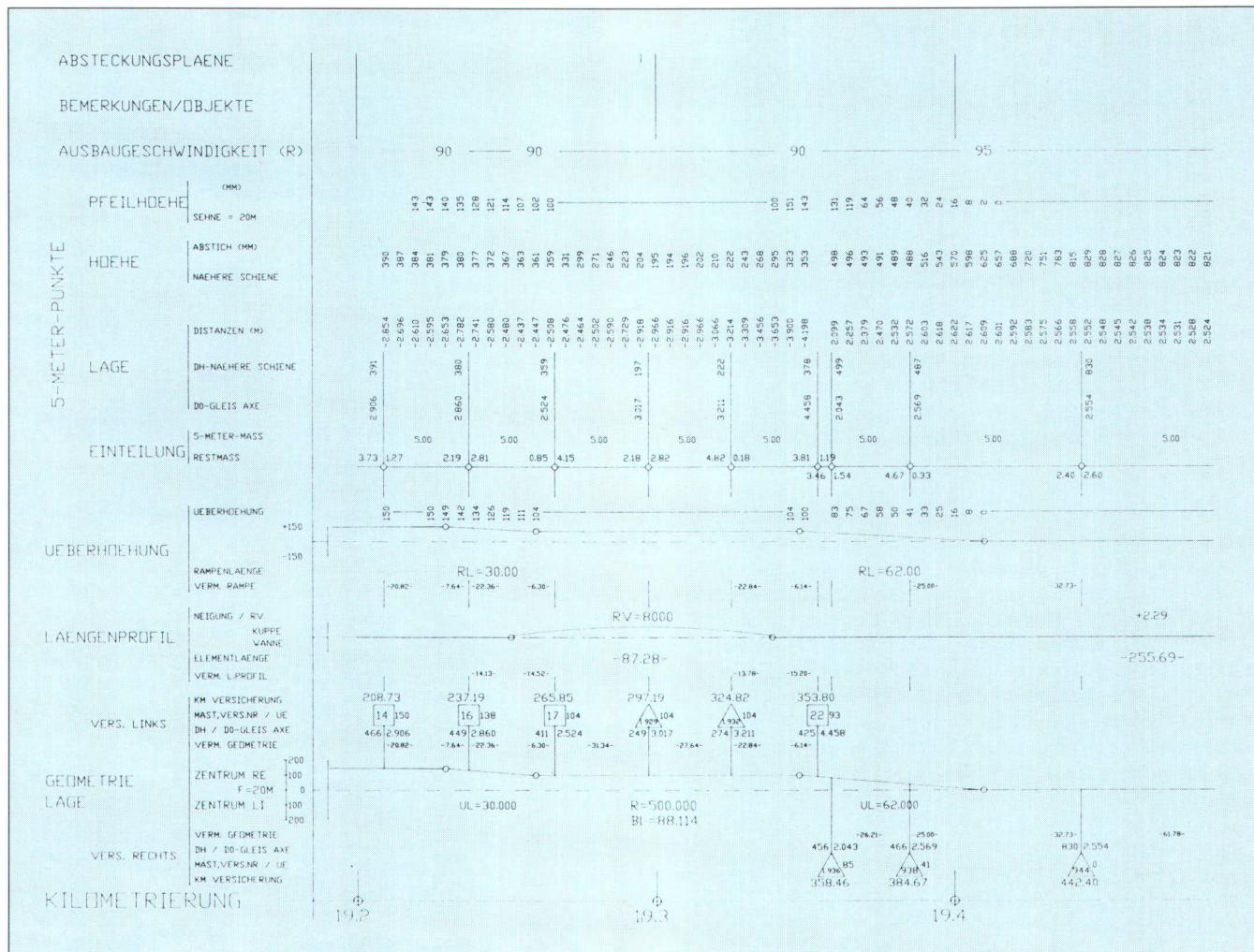


Abb. 13: Ausschnitt aus einem Gleisversicherungsprotokoll. Beim Kilometer 19.354 wechselt die Versicherung von der linken auf die rechte Gleisseite. Symbole: □ = Mastbolzen, Δ = Tiefpunkt.

6. Erfahrungen

Die Erfahrung aus bisher 750 km versichertem Gleis zeigen, dass die unter Abschnitt 3 formulierten Anforderungen erfüllt werden konnten. Die in diesem Herbst durchgeföhrten Messwagenfahrten taxierten die mit dem neuen Gleisversicherungssystem umgebauten Gleise als sehr gut. In Zukunft wird es wichtig sein, dass die Visuren von Bolzen zu Bolzen auch gewährleistet bleiben und nicht mit späteren Einbauten unterbrochen werden. Für diese Massnahme ist die Mithilfe und das Verständnis aller Fachdienste der SBB nötig.

Die von der Universität Stuttgart neu entwickelte Software wurde ins bereits bestehende Programmsystem GEOGDV integriert und hat sich bewährt. Die Anpassung von Programmteilen, die ursprünglich für den Straßenbau entwickelt wurden, erwies sich als schwierig. Die Abänderungen waren bedingt durch die Tatsache, dass es keine vorhandenen Programme gibt, welche eine Angleichung an bestehende nicht koordinatenmässig definierte Gleise erlauben.

Ein grosser Vorteil bei Ax berechnungen ist die Dialogfreundlichkeit des PCs gegenüber dem schwerfälligeren Host. Die Pluspunkte des Zentralrechners liegen bei der

grösseren und schnelleren Rechenleistung bei Netzberechnungen und der Datenverwaltung und -sicherung.

Das neue Gleisversicherungssystem hat sowohl aus Sicht der Benutzerfreundlichkeit, wie auch der erwarteten Genauigkeit die Ansprüche erfüllt. Um dieses Ziel zu erreichen, war eine grosse Bereitschaft aller Beteiligten notwendig, sich der grossen Herausforderung zu stellen.

Adresse des Verfassers:
Stephan Eisenegger Ing. HTL/STV
Sektion Planung und Koordination
SBB-Bauabteilung 3
CH-8090 Zürich