

Vom Bildschirm zum Schotterbett: die absolute Positionierung der Gleistrassierung bei den SBB

Autor(en): **Güldenapfel, Peter**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Tec21**

Band (Jahr): **130 (2004)**

Heft 12: **Eisenbahntrassees**

PDF erstellt am: **26.04.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-108372>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Vom Bildschirm zum Schotterbett

Die absolute Positionierung der Gleistrassierung bei den SBB

Hohe Geschwindigkeit und Fahrkomfort bei Eisenbahnen hängen nicht nur von High-Tech-Rollmaterial ab. Entscheidend für die optimale Leistungsfähigkeit der Bahn sind auch die Qualität des Trassees und insbesondere die Präzision der Gleislage. Im Schatten der grossen und kontroversen Infrastrukturvorhaben haben die SBB in den letzten 15 Jahren im Bereich der Trasseevermessung und -berechnung konsequent einen grundlegenden Systemwechsel vollzogen, der Qualität, Effizienz und Sicherheit der Eisenbahn nachhaltig verbessert.

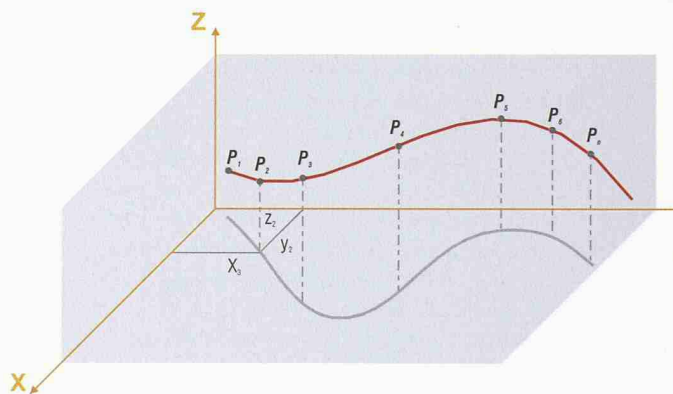
1987 genehmigten die SBB das Projekt zur Einführung eines neuen, auf Landeskoordinaten basierenden Gleisversicherungssystems. Dieses absolute System ersetzt die traditionelle, relative «Hallade»-Methode, die nicht auf ein übergeordnetes Bezugsnetz zurückgreifen konnte. Der Systemwechsel mit dem Ziel, jederzeit die absolute Gleislage rekonstruieren zu können, war bis 1995 auf dem gesamten Streckennetz der SBB abgeschlossen. Aus heutiger Sicht hat sich die zukunftsgerichtete Investition mehrfach bezahlt gemacht.

Das Konzept der absoluten Gleislage

Das System der absoluten Gleislage ist aus verschiedenen Elementen aufgebaut. Eine Grundlage ist die eindeutige Beschreibung der aufgrund der topografischen und betrieblichen Bedingungen in einem georeferenzierten Koordinatensystem (X, Y, Z) berechneten Gleisgeometrie (Bild 1). Das Trasse mit der berechneten Gleisgeometrie verläuft innerhalb eines Fixpunktnetzes (Versicherungspunkte siehe Bild 2), das ebenfalls in einem georeferenzierten Koordinatensystem (X, Y, Z) definiert ist.

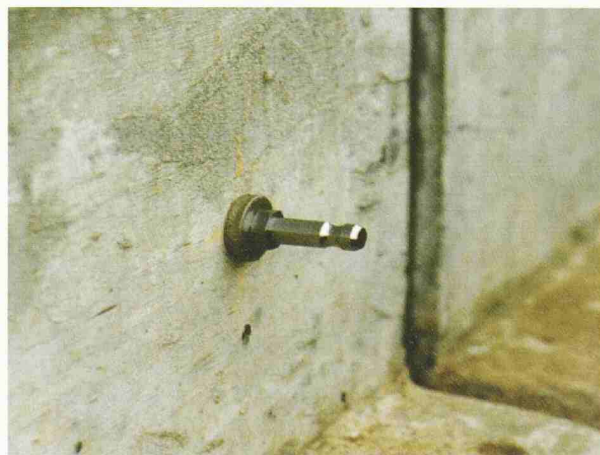
Zwischen den Trassierungselementen (berechnete Gleisgeometrie) und der Gleisversicherung bestehen eindeutige Beziehungen. Die Gleisversicherungspunkte werden in der Regel an Fahrleitungsmasten fixiert. Wenn die Verhältnisse es erfordern, sind auch weitere Möglichkeiten vorgesehen, z.B. Befestigung an Perronkanten oder an Tunnelwänden. Die Gleisachse wird definiert durch den horizontalen und den vertikalen Abstand bezüglich des Versicherungspunktes mit Berücksichtigung der Gleisüberhöhung in Kurven (Bild 3).

Die SBB arbeiten mit der Kilometerachse, der horizontalen und der vertikalen Trassierung als Geometrie-elementen (Definitionen der Elemente siehe Kasten auf Seite 7). Die Definition der Elemente der horizontalen Linienführung sind mit derjenigen der Kilometerachse



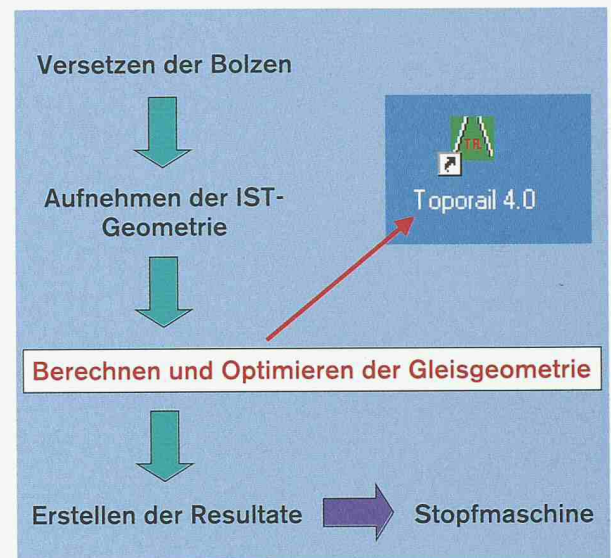
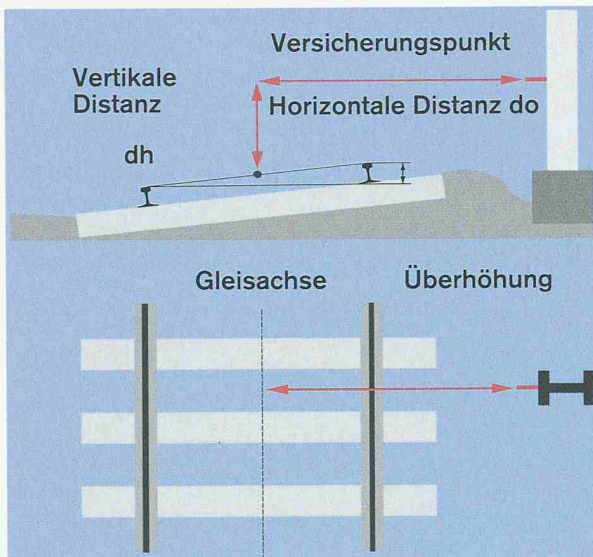
1

Schematische Darstellung der Beschreibung der Gleisgeometrie ($P_1 - P_n$) in einem georeferenzierten Koordinatensystem (X, Y, Z) mit den Landeskoordinaten als Basis (Bilder: SBB)



2

Einer von etwa 124 000 Gleisversicherungspunkten (Bolzen) des SBB-Netzes, hier an einer Perronkante befestigt



identisch. In einer Doppelspur befindet sich die Kilometerachse in der Mitte der beiden Gleisachsen. Bei einer Einspurstrecke sind die horizontale Linienführung und die Kilometerachse identisch. Das letzte wichtige Element ist die Überhöhung, die an die horizontale Geometrie angepasst wird. Die lineare Rampe in Millimeter folgt in der Regel der Klothoide der horizontalen Achse.

Der Fortschritt, den die exakte Beschreibung der Gleislage an jedem beliebigen Punkt einer Strecke bedeutet, wird deutlich, wenn man sich das traditionelle Vorgehen in Erinnerung ruft: Die Gleislage wurde relativ mittels Pfeilhöhenmessung über eine Sehne von 20m ausgewertet und geglättet. Das hatte unter anderem zur Folge, dass sich Fehler über längere Streckenabschnitte fortpflanzen und verstärken konnten, bis sie erkannt und behoben wurden.

Arbeitsablauf – Umsetzung des Systemwechsels

Als erster Schritt des Systemwechsels (Bild 4) werden die Gleisversicherungsbolzen befestigt. Anschließend erfolgen (in der Regel durch beauftragte Geomatikbüros) die Aufnahmen der existierenden Gleisgeometrie und des neuen Gleisversicherungsnetzes. Als Resultat erhält man georeferenzierte Koordinatenfiles der aufgenommenen Gleise und Fixpunkte.

Aus den aufgenommenen Punkten wird in einem nächsten Schritt die Trassierung nach der Methode der kleinsten Quadrate berechnet und optimiert.

Die definitive Position des Gleises auf dem Trasse wird durch die numerisch gesteuerten Stopfmaschinen festgelegt (Bilder 5, 6 und 7). Die Steuerung dieser Gleisbaumaschinen erfolgt durch Datensätze, welche die Informationen der berechneten Gleisgeometrie und der Versicherungspunkte für den bearbeiteten Streckenabschnitt enthalten. Die Maschinen orientieren sich an den Fixpunkten, so dass keine externe Vermessung erforderlich ist. Sämtliche Trassierungsberechnungen von

3

Schematische Darstellung der Beziehung zwischen den Trassierungselementen und der Gleisversicherung. Die Gleisachse wird durch den horizontalen und den vertikalen Abstand zum Versicherungspunkt mit Berücksichtigung der Überhöhung definiert

4

Schematischer Arbeitsablauf für die erstmalige Trassierung eines Streckenabschnitts mit dem Konzept der absoluten Gleislage (Systemwechsel)

Elemente der horizontalen Trassierung und der Kilometerachsen

Gerade definiert durch Koordinaten (X,Y), Azimut beim Elementanfang und seine Länge

Kreisbogen definiert durch Koordinaten (X,Y), Azimut beim Elementanfang, den Radius und seine Länge

Übergangsbogen (bei den SBB eine Klothoide), definiert durch Koordinaten (X,Y), Azimut beim Elementanfang, den Radius zu Beginn und am Ende des Elementes und seine Länge

Ein *Kilometerwert* gehört ebenfalls noch zur Kilometerachse.

Elemente der vertikalen Trassierung

Gerade definiert durch Meereshöhe, Neigung in ‰ und Elementlänge

Kreis definiert durch Meereshöhe und Neigung in ‰ am Elementanfang, Radius und Länge



5

Universal-Gleisstopfmaschine Matisa R 66 U

6 + 7

Details Stopfaggregate (Bilder: Aldo Rota/Red.)



den Feldaufnahmen bis zur Erstellung der Files für die Steuerung der Stopfmaschine werden mit dem EDV-Tool Toporail ausgeführt (Bilder 8 und 9). Bei den SBB arbeiten über 100 Personen aus Projektierung, Ausführung und Unterhalt mit diesem von Informatik- und Trassierungsspezialisten gemeinsam entwickelten Tool.

Der aktuelle Stand bei den SBB

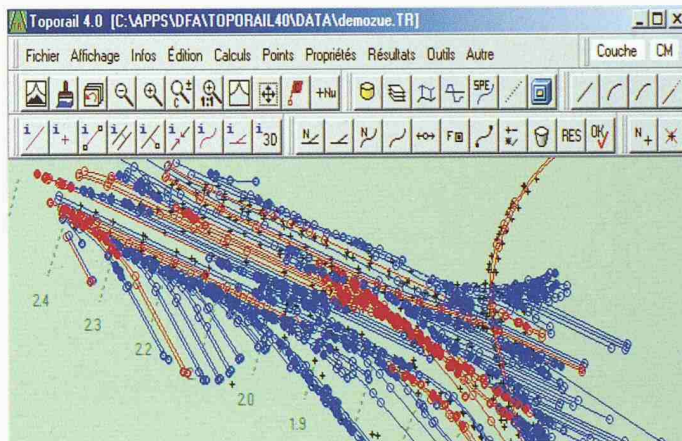
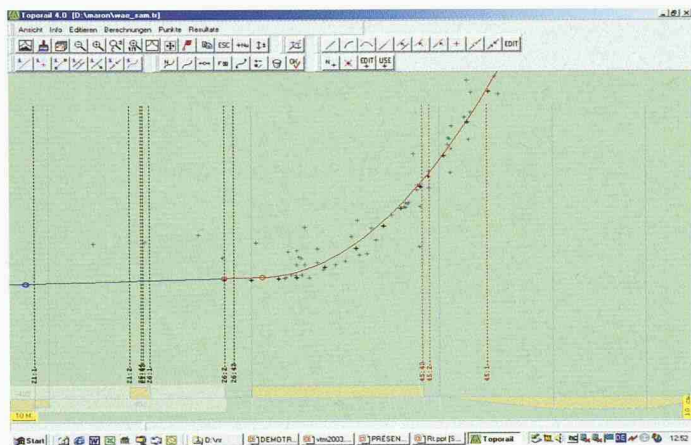
Die durchgeführten Arbeiten garantieren die Reproduktion der projektierten und optimierten Linienführung in absoluten Koordinaten auf dem gesamten SBB-Netz (siehe Kasten auf Seite 9). Alle horizontalen Gleisachsen im SBB-Gleisnetz und das Längenprofil der Hauptgleise sind in Landeskoordinaten gerechnet. Sämtliche Informationen über die Trassierung sind mit ihren Koordinaten im GIS «Datenbank feste Anlagen (DfA)» gespeichert.

Wesentliche Fortschritte gegenüber der alten Methode sind aus technischer Sicht die einheitlichen Grundlagen auf dem ganzen Netz der SBB, die längerfristige Zuverlässigkeit des Gleisversicherungssystems und die einfache Reproduktion der Trassierung. Das zu Grunde liegende neue EDV-Tool ist mit verschiedenen Informatiktools kompatibel und unterstützt die Integration der Resultate in die Datenbank GIS SBB.

Bei Neubau, Erneuerung und Korrektur von Trassees wirkt sich die Automatisierung der Steuerung der Gleisbaumaschinen und der Arbeitsabläufe unmittelbar im Arbeitsprozess aus. Während beim alten System die Ergebnisse der relativen Messungen fortlaufend manuell in die Maschinensteuerung eingegeben werden mussten, können heute die Datensätze im Büro erstellt und auf der Baustelle eingelesen werden.

Eine positive Bilanz

Aus der Optimierung des Trassees resultiert eine verbesserte Gleislagequalität, die sich unmittelbar und



spürbar als erhöhter Reisekomfort auswirkt. Die bessere Ausnutzung der Toleranzen des Lichtraumprofils und der Fahrdynamik ermöglicht höhere Geschwindigkeiten und dadurch eine Erhöhung der Trassekapazitäten. Da keine Vermessungsarbeiten vor und nach der Gleisbaumaschine mehr erforderlich sind, reduziert sich die Gleisbelegung für den Unterhalt.

Insgesamt verringern sich die Unterhaltskosten dank Automatisierung und Rationalisierung der Mittel und Prozesse und der einfachen Reproduktion der optimalen Gleisgeometrie. Durch die verbesserte Gleislage wurden die langweiligen Fehler eliminiert, was eine optimale Verteilung der Kräfte in den Schienen der verschweissten Gleise sowie eine Verbesserung des Verschleissverhaltens ergab. Die Unterhaltsintervalle der Gleise können deshalb verlängert werden, was letztendlich auch zur Erhöhung der Verfügbarkeit beiträgt.

Gegenwärtig wird das Streckennetz der SBB einmal jährlich, besonders beanspruchte Abschnitte auch häufiger, mit Messwagen kontrolliert. Anhand der Befunde dieser Messfahrten wird die jährliche Planung des Unterhalts des Streckennetzes und, bei Erreichen der Lebensdauer, die Erneuerung einzelner Abschnitte festgelegt.

Aufgrund der bisherigen Erfahrungen ist das SBB-System der absoluten Gleislage von verschiedenen Privatbahnen in der Schweiz übernommen worden. Gegenwärtig wird es auf den TGV-Linien der französischen Bahngesellschaft SNCF eingeführt, was auf das Potenzial dieser Entwicklung hinweist.

Peter Güldenapfel, dipl. Bauing. ETHZ / SIA
Leiter Fahrbahn
Schweizerische Bundesbahnen SBB
Infrastruktur, Fahrbahn
Schanzenstrasse 5
3000 Bern
peter.gueldenapfel@sbb.ch

8

Darstellung der Elemente einer Kilometerachse (Gerade, Übergangsklothoide und Kreisbogen, von links) im Trassierungsberechnungstool Toporail (Bild: SBB)

9

Benutzeroberfläche des von den SBB entwickelten Trassierungsberechnungstools (Bild: SBB)

Kennwerte des SBB-Netzes

3130 km	Netzlänge der SBB
124 000	Gleisversicherungspunkte (1 Punkt alle 25 m)
85 40 km	horizontale Gleisachsen in der DfA (GIS SBB) (DfA: Datenbank feste Anlagen)
7300 km	Achsen 3D in der DfA
16 000	Weichen

Die Differenz zwischen den 8540 km für die horizontalen Gleisachsen und den 7300 km für die 3D-Achsen rührt daher, dass in einzelnen Nebengleisen das Längenprofil und die Überhöhung noch nicht vollständig erfasst worden sind.