



Die Lagerung der Gleisvermessungen der ÖBB

Thomas Weinold und Albert Grimm-Pitzinger, Innsbruck

Kurzfassung

Die Definition von Koordinatensystemen sowie die Transformation zwischen diesen Systemen ist eine der zentralen Aufgaben der Geodäsie. Selten wird dies so deutlich wie im Fall der unterschiedlichen Vermessungsmethoden der ÖBB (Österreichische Bundesbahnen) zur Bestimmung der Gleisgeometrie. Die Messsysteme verwenden nicht nur – aufgrund ihrer Verschiedenartigkeit – unterschiedliche Koordinatensysteme, sondern lagern diese auch noch unterschiedlich. Die Vergleichbarkeit der Ergebnisse ist damit eingeschränkt.

Es folgt eine stark verkürzte Beschreibung der Messsysteme, der damit verknüpften Koordinatensysteme und deren Datumsgebung.

Schlüsselwörter: Eisenbahnvermessung, Gleisvormessung, Pfeilhöhe, Sehnenvormessung

Abstract

The definition of coordinate-systems and the transformation between them is one of the central tasks of geodesy. Rarely this meets so clearly as in the case of the different methods of measuring the rail-geometry by the ÖBB.

The measurements systems use not only - because of their diversity - different coordinate systems, but also strongly divergent ways of defining the datum. The comparability of the results is therefore limited.

Below a much shortened description of the measurement systems, the associated coordinate systems and their definition of datum is given.

Keywords: Railway measurement, pre-rail measurement, camber, chord measurement

1. Messsysteme bei den ÖBB

Wir möchten uns hier nur auf den Bereich Bahnbau – Gleiserhaltung konzentrieren; andere Bereiche der ÖBB, in denen auch ge- oder vermessen wird, werden nicht behandelt.

1.1 Sehnmethoden

1.1.1 Kurz- oder Wandersehne

1.1.1.1 Verfahrensbeschreibung

Hier wird eine Sehne mit konstanter Länge an das Gleis angelegt, der Abstand in der Sehnmitte zum Gleis wird gemessen und als Pfeilhöhe bezeichnet. Dieser Wert ist in Näherung gleich der Krümmung des Gleises bzw. umgekehrt proportional zum Gleisradius. Stellt man das Gleis in einem Krümmungsdiagramm dar, können hier die Messwerte direkt eingetragen und Berechnungen durchgeführt werden. Dieser Vorteil und die einfache Messmethode haben zur langen Verwendung dieser Methode beigetragen.

$$f \approx \frac{s^2}{8R} = \frac{s^2}{8} \cdot k$$

f ... gemessene Pfeilhöhe

s ... Sehnlänge

R, k ... Radius bzw. Krümmung des Gleises an der Messstelle

1.1.1.2 Lagerung

Bei dieser Art der Messung kann nicht wirklich von Lagerung gesprochen werden. Die Messungen sind voneinander unabhängig. Die Anschreibung der Sehnendpunkte erfolgt mit einem Maßband, ausgehend von einem kilometerlich bekannten Punkt. Die Messungen werden also „nur“ bekannten Gleisstationen zugeordnet.

1.1.2 Optische Langsehne

1.1.2.1 Verfahrensbeschreibung

Die Fehleranfälligkeit der Wandersehenmethode hat schon Mitte letzten Jahrhunderts zur Erweiterung dieser Methode zur Langsehenmessung geführt. Hier wird eine Sehne optisch aufgespannt (z.B. durch einen Bautheodolit) und die Messwerte an regelmäßigen Abständen zwischen Gleis und Sehne an liegenden Messlatten abgelesen.

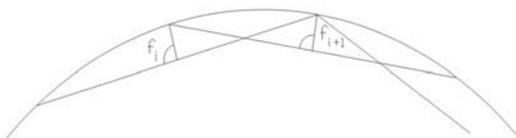


Abb. 1: Prinzip der Wandersehnenaufnahme

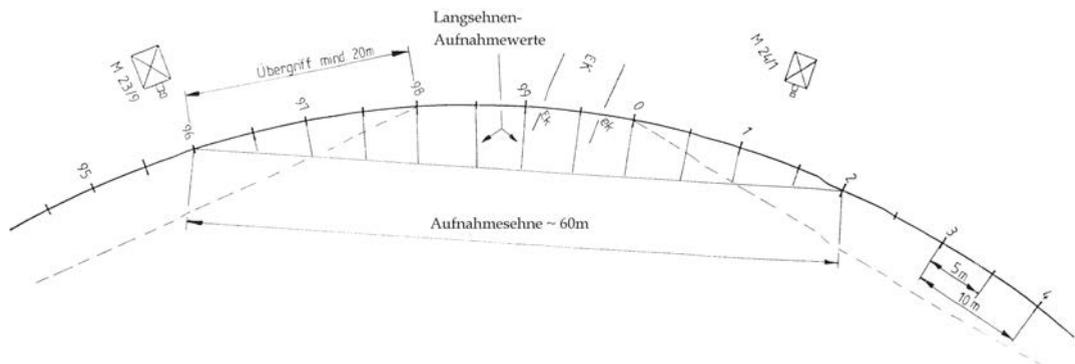


Abb. 2: Prinzip der optischen Langsehnenaufnahme

Aus drei solcherart gemessenen Langsehnenwerten kann (in erster Näherung) auf einfache Weise wieder eine Pfeilhöhe gerechnet werden:

$$f_i = l_i - \frac{l_{i-1} + l_{i+1}}{2}$$

l_i ... gemessener Langsehnenwert an Stelle i

1.1.2.2 Lagerung

Die Lagerung dieser Messungen erfolgt auf die Sehnenendpunkte. Die Messlatte wird am Beginn üblicherweise 60 m entfernt vom Messgerät am Gleis positioniert. Auch hier wird eine durchgehende Anschreibung der 5m-Punkte am Gleis vorausgesetzt. Alle Messungen beziehen sich also eigentlich auf diese Langsehne und sind deshalb in strengem Sinn nicht unabhängig. Die berechneten Pfeilhöhen sind - wie aus der Formel leicht erkennbar ist - linear auch von den Nachbarpunkten abhängig.

Da an Sehnenanfangs und -endpunkt keine Pfeilhöhe gerechnet werden kann (siehe Formel), wird hier mit einem sogenannten Übergriff gemessen, der eingeschränkt auch eine Kontrolle der Messungen erlaubt.

1.1.3 EM-SAT

1.1.3.1 Verfahrensbeschreibung

Die oben beschriebene Methode einer Langsehnenmessung wird leicht abgewandelt auch in verschiedenen modernen Messsystemen angewandt. Die Firma Plasser & Theurer (Linz) hat ein schienengebundenes Messfahrzeug auf dieser Basis entwickelt, den EM-SAT 120. Der sogenannte Satellit spannt hier eine Sehne auf, indem ein Richtlaser auf eine photoelektrische Platte, die auf dem EM120 montiert ist, ausgerichtet wird. Danach bewegt sich der EM auf den

Satelliten zu und die jeweilige Position auf der Platte wird gemessen. Erreicht der EM120 die Position des nächsten Mastens, wird der Satellit umgestellt, das heißt er wird ein paar Meter hinter den nächsten Mast gefahren und die Sehne wird wieder eingerichtet (siehe Abbildung 4).



Abb. 3: EM-SAT 120; links in gelb der sogenannte Satellit

Die Messung erfolgt beim EM-SAT im kontinuierlichen Modus und die Messwerte werden dann auf die gewünschten Punktabstände „gemittelt“. Das Ergebnis einer Messfahrt sind aber im Gegensatz zu den oben beschriebenen Verfahren nicht Pfeilhöhen, sondern bereits Gleisverschiebungen, also die Differenzen zwischen Ist- und Sollpfeilhöhen an der jeweiligen Messposition. Dazu ist zweierlei notwendig: erstens die Kenntnis der Geometrie der Sollstrecke, also Bogen- und Längshöhenverzeichnis und zweitens die Kenntnis über eine seitliche Verschiebung der Anschlusspunkte. Hier werden im Vorfeld mit dem Festpunktmessgerät die Abstände der Mastbolzen vom Gleis gemessen.

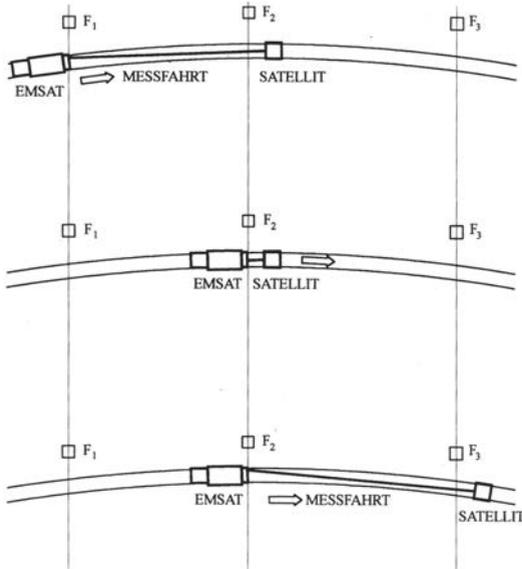


Abb. 4: Messprinzip des EM-SAT 120 (F_1 ... Mastbolzen)

Eine neue Entwicklung ist die Positionierung des Festpunktmessgeräts direkt auf dem EM120 (siehe Abbildung 5).



Abb. 5: Festpunktmessgerät auf EM-SAT 120

1.1.3.2 Lagerung

Die Lagerung aller Messungen erfolgt also auf die benachbarten Mastbolzen. Jeweils von Mast zu Mast wird hier ein neues Koordinatensystem aufgebaut. Die Unversehrtheit der Position der Mastbolzen ist Voraussetzung für diese Art der Messung.

1.1.4 Tachymetrische Langsehnenverfahren

1.1.4.1 Verfahrensbeschreibung

Verschiedene Hersteller haben auf Basis der Langsehnenmessung eigene Systeme entwi-

ckelt bzw. auf den Markt gebracht. Im geographischen Umfeld sind dies zum Beispiel

- Firma Amberg, System *Tamping VMS* (bei den ÖBB in der Erprobungsphase)
- Firma Sinning, System *GEDO CE* mit der Software *GEDO VorSys*
- Firma Rhomberg, System *Versinus D*

Dabei wird ein Tachymeter auf einem Gleismesswagen montiert und ein Vermessungsprisma auf einem zweiten Gleismesswagen. Der Tachymeter misst die Normalabstände zweier benachbarter Mastbolzen zum Gleis um sich zu positionieren. Danach wird das Prisma auf dem sich auf dem Gleis bewegendem Wagen eingemessen.



Abb. 6: Amberg Tamping VMS; Gleismesswagen mit Prisma bzw. Tachymeter

1.1.4.2 Lagerung

Auch hier erfolgt eine Lagerung durch zwei Festpunkte (Mastbolzen). Sind die Koordinaten der Mastbolzen bekannt und die Geometrie auch koordinativ vorhanden, kann aus der Ablotung der gemessenen Koordinaten auf die Solltrasse die Gleisverschiebung berechnet werden.

1.2 Koordinative Messverfahren

1.2.1 Messverfahren für den Bahnbau

1.2.1.1 Verfahrensbeschreibung

Eine Abwandlung der unter 1.1.4 beschriebenen Verfahren ist von den gleichen Firmen im Programm.

- Firma Amberg, System *GRP x000* (bei den ÖBB im Einsatz)
- Firma Sinning, System *GEDO CE*
- Firma Rhomberg, System *Versinus T*

Hier wird der Tachymeter abseits des Gleises im ungestörten Bereich (sofern das im Bahnbau auf befahrenen Strecken überhaupt möglich ist)

aufgestellt, wenn möglich auf Messpfeilern. Die Positionierung des Tachymeters erfolgt über eine „klassische“ freie Stationierung zu koordinativ bekannten Mastbolzen. Danach wird das Messprisma auf dem Gleismesswagen eingemessen. Die Steuerung erfolgt – wie auch schon bei den oben beschriebenen Varianten – über einen Feldkontroller am Messwagen, auf dem sich das Messprisma befindet. Auch hier kann aus der gemessenen Position und einer Ablotung auf das koordinativ bekannte Sollgleis die Gleisverschiebung berechnet werden.



Abb. 7: Sinning Gedo CE; Gleismesswagen mit Prisma (rechts am Wagen) und Feldkontroller

1.2.1.2 Lagerung

Hier erfolgt die Lagerung erstmals kontrolliert (falls für die freie Stationierung mehr als zwei Gleisvermarkungspunkte verwendet werden ©)! Da bei jeder Aufstellung verschiedene Festpunkte verwendet werden, die nicht absolut fehlerfrei bestimmt wurden bzw. seit der letzten Vermessung ihre Position verändert haben können, ist hier mit Spannungen im Übergangsbereich zweier Tachymeterstandpunkte zu rechnen.

Bei einer überbestimmten dreidimensionalen freien Stationierung kommt hier erschwerend die ungünstige Verteilung der Anschlusspunkte hinzu, die entlang der Bahnstrecke quasi aufgefädelt sind.

1.2.2 GPS

Satellitengestützte Verfahren zur Positionierung werden zum Beispiel bei EM80 oder EM250 verwendet. Dies sind Messfahrzeuge (der EM80 ist selbstfahrend, der EM250 ein umgebauter Wagon), die hauptsächlich für laufende, planmä-

ßige Inspektionsmessungen eingesetzt werden. Das Ergebnis dieser Messfahrten geht in den Instandhaltungsplan ein bzw. kann bei schweren Mängeln auch Sofortmaßnahmen erzwingen (Geschwindigkeitsreduktion oder Gleissperre).



Abb. 8: EM 250 hinter Taurus



Abb. 9: EM 80

1.2.2.1 Lagerung

Die Positionierung der Messungen erfolgt mit GNSS. Zur Verbesserung der Einzelmessungen wird der von den ÖBB mitinitiierte bzw. -betriebene dGPS-Dienst EPOSA verwendet. Die Georeferenzierung dieses Dienstes erfolgt im System WGS84/ITRF bzw. durch Transformationsparameter im österreichischen Gebrauchskoordinationssystem MGI.

2. Koordinatensysteme im Längsprofil - Achsdarstellung

Hier wird die Strecke abgewickelt und alle Objekte mit Abszisse (abgelotete Position im Längsprofil) und Ordinate (rechtwinkliger Abstand von der Abszisse) dargestellt. Alle Ordinaten sind rechtwinklig auf die Abszisse, aber sie sind (in der Natur) nicht parallel zueinander.

Je nach Anwendungsfall unterscheidet man hier noch die

- Bahnachse, als Mittellinie der Gleisachsen bei mehrgleisigen Strecken
- Gleisachse, als Mittellinie der Schienen
- Fahrkante. Diese ist als einzige Bezugslinie in der Natur vorhanden. Sie ist als Innenkante der

Außenschiene definiert und wechselt deshalb zwischen Links- und Rechtsbogen jeweils den Schienenstrang.

Kommt es im Rahmen von Umbaumaßnahmen zu Streckenlängenänderungen, führt dies manchmal zu Fehlerprofilen. Die entlang der Bahnstrecke befindlichen Infrastrukturen werden meist in einem Achssystem angeschrieben. Auch werden diverse Bahnanlagen durch Bescheide genehmigt, in denen diese Bahnkilometer als Bezug verwendet werden. Um nicht jedes Mal diese Anlagen neu einmessen zu müssen bzw. die Bescheide neu auszustellen, werden an geeigneten Stellen (meist an der Position eines Mastbolzens) Fehlkilometer definiert, die die Längenänderung abfangen. Im Bereich dieser Fehlkilometer „fehlt“ also bei positivem Fehlkilometer ein Stück Gleis, bzw. ist bei negativem Fehlkilometer ein Stück Gleis „doppelt vorhanden“.



Abb. 10: Fehlkilometer/Fehlerprofil in Bahnhof Jenbach

Bildnachweis

- Eigengrafiken
- Fotos von Testmessungen im Auftrag der ÖBB
- Grafiken und Bilder von Werbematerialien der angesprochenen Systeme
- Abbildung 5: Fa. Plasser & Theurer

Anschrift der Autoren

Dr. Thomas Weinold, Universität Innsbruck, Arbeitsbereich für Vermessung und Geoinformation, Technikerstr. 13, A-6020 Innsbruck.

E-Mail: thomas.weinold@uibk.ac.at

Ao. Prof. Dr. Albert Grimm-Pitzinger, Universität Innsbruck, Arbeitsbereich für Vermessung und Geoinformation, Technikerstr. 13, A-6020 Innsbruck.

E-Mail: albert.grimm@uibk.ac.at