Baubegleitendes Festpunktfeld bei der Einrichtung und Kontrolle der Festen Fahrbahn

Matthias Dünisch,
Heiner Kuhlmann,
Wolfgang Möhlenbrink

Bei der Herstellung von Verkehrswegen erfolgt die Absteckung mit Hilfe eines baubegleitenden Festpunktfeldes. Bei Schienenwegen in Deutschland ist es die sogenannte Gleisvermarkung. Dieses Festpunktfeld hat einige Nachteile, die hier aufgezeigt werden. Es wird ein Vorschlag für ein an den Bauprozeß angepaßtes Festpunktfeld höherer Qualität gemacht.

1 Einleitung

Bei der Herstellung von Schienenwegen kommt neben dem herkömmlichen Schotteroberbau vermehrt die Bauart Feste Fahrbahn zum Einsatz. Dabei wird der Schotter durch lagebeständige Materialien wie Beton oder Asphalt ersetzt. Die Nachteile der Schotterstrecke sind vor allem darin zu sehen, daß es bei hohen Fahrgeschwindigkeiten zu Kornumlagerungen und teilweise zu einer Zerstörung des Schotters kommt. Dadurch ergeben sich Lageänderungen der Schiene, wodurch es zu schlechtem Fahrkomfort und hohem Verschleiß kommt. Der resultierende Instandhaltungsaufwand ist daher beträchtlich.

Dieser Nachteil wird bei der Festen Fahrbahn vermieden, allerdings entsteht bei der Herstellung ein Mehraufwand von 40–50 %. Diese Mehrkosten werden durch die geringeren Instandhaltungskosten deutlich kompensiert [Darr, Fiebig 1999]. Beim Schotter ist es durch Stopfmaschinen o. ä. möglich, die Gleislage nach dem Einbau zu ändern. Aufgrund der Bauart der Festen Fahrbahn sind die Korrekturmöglichkeiten hier deutlich geringer und nur im Rahmen der Schienenbefestigung möglich, so daß das Gleis bei der Herstellung lage- und höhenrichtig eingebaut werden muß. Dadurch gewinnt die baubegleitende Absteckung wegen der geforderten Genauigkeiten an Bedeutung.

Im August dieses Jahres begann das Verlegen der Gleise bei der Neubaustrecke Köln–Rhein-Main, wobei die Feste Fahrbahn auf ca. 250 km im zweigleisigen Ausbau zur Anwendung kommt. Der überwiegende Teil wird dabei in der sogenannten Bauart Rheda hergestellt (vgl. Abb. 1).

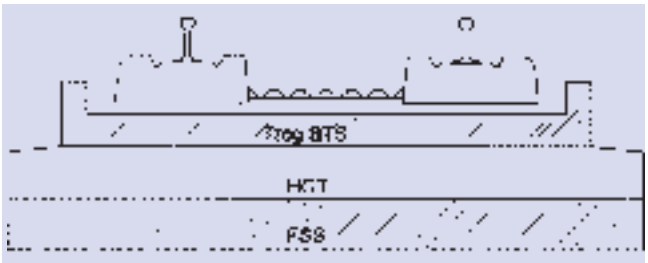

Abb. 1: Tragschichtaufbau bei Bauart Rheda

Der Tragschichtaufbau besteht dabei aus einer Frostschutzschicht (FSS), einer hydraulisch gebundenen Tragschicht (HGT) und einer Betontragschicht (BTS). Der vormontierte Gleisrost (Schienen und Schwellen) wird in dem Betontrog mit Hilfe von Spindeln oder ähnlichen Justiereinrichtungen ausgerichtet, so daß eine ausreichende Gleislage erreicht ist. Anschließend wird der Gleisrost durch Füllbeton mit dem Trog verbunden und fixiert.

Bei der Einrichtung des Gleises hat sich der Einsatz eines Tachymeters in Verbindung mit einem Gleismeßwagen bewährt [Amrhein, Gerth 1999]. Das Tachymeter bestimmt dabei die Position eines Reflektors am Wagen. Der Wagen verfügt außerdem über einen Querneigungsgeber und einen Spurweitenmesser, so daß die Gleisgeometrie vollständig bestimmt ist. Dieses oder ähnliche Verfahren der Gleiseinrichtung werden voraussichtlich auf der gesamten Neubaustrecke zum Einsatz kommen. Es werden ausschließlich zielverfolgende Tachymeter höchster Genauigkeit eingesetzt. Die maximale Zielweite beträgt ca. 70 m. Mit der geschilderten Anordnung wird eine hohe Genauigkeit erreicht.

Das Tachymeter wird dabei über der Schiene aufgebaut, über der auch der Reflektor sitzt. Daher geht

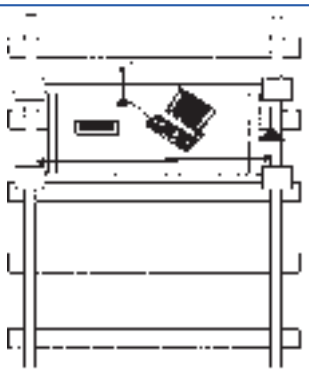

Abb. 2a: Tachymeter mit Gleismeßwagen

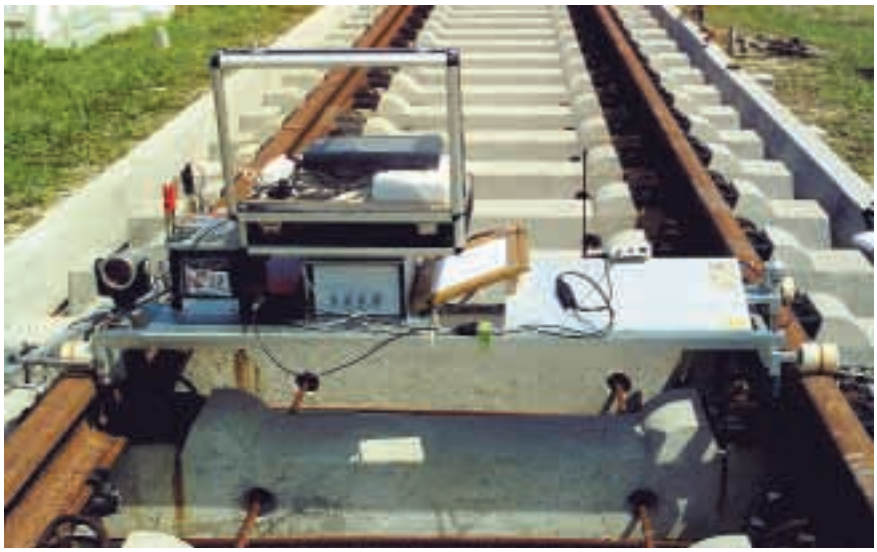

Abb. 2b: Bild des Gleismeßwagens

die Unsicherheit der Streckenmessung, die in diesem Entfernungsbereich größer ist als die Unsicherheit der Richtungsmessung, nicht in die Bestimmung der Querkomponenten ein. Diese Anordnung entspricht einem Alignementprinzip, das schon seit vielen Jahrzehnten im Gleisbau eingesetzt wird. Im Gegensatz zu einer mechanisch realisierten Sehne werden die Abstände zu der Sehne hier mit Hilfe des Teilkreises bestimmt. Wesentliche Komponenten des in Abb. 2b dargestellten Gleismeßwagens wurden bei der Firma Sinning Vermessungsbedarf GmbH, Wiesentheid, beschafft.

Schwerpunkt dieses Beitrages soll die Bestimmung der Standpunktkoordinaten und der Orientierung des Tachymeters sein.

2 Anforderungen an die Gleisgeometrie

Die Anforderungen an die Lage und die Form des Schienenweges ergeben sich aus den Abständen zu Nachbarobjekten und aus der Fahrdynamik [IAGB 2000, KLOTH-HENKEL 1999]. Bei den Relationen zu den Nachbarobjekten wurde ein Genauigkeitsmaß für die Lage des Gleiskörpers im Raum (äußere Geometrie) festgelegt, das relativ zum benachbarten Festpunktfeld überprüft wird: Erlaubt ist eine maximale Abweichungen von 10 mm von der Sollhöhe und von der Sollage.

Die Fahrdynamik wird ausschließlich durch die Form, d. h. durch die innere Geometrie des Fahrweges beeinflußt. Ein hinreichend glatter Gleisverlauf wird dabei durch die Einhaltung relativer Genauigkeitsmaße gewährleistet. Es sind folgende Abmaße zugelassen:

- Für die Spurweite: 2 mm bezogen auf die Spurweite von 1,436 m
- Für die Überhöhung: 2 mm bezogen auf die Sollüberhöhung
- Für die Längshöhe und die Richtung: Abweichung des Istpfeilhöhenunterschiedes zweier benachbarter Nachweispunkte vom Sollpfeilhöhenunterschied: 2 mm für Punkte im Abstand von 5 m, 10 mm für Punkte im Abstand von 150 m

Aufgrund des Bauverfahrens sind die geometrischen Änderungen des Gleises nach dem Einrichten und Vergießen so gering, daß das Toleranzfeld zum großen Teil von der Vermessung ausgeschöpft werden kann. Es sind lediglich Verformungen des Gleisrostes durch Temperaturänderungen zwischen Einrichten und Aushärten des Betons sowie die Fertigungstoleranzen der Schienen zu berücksichtigen. Diese spielen beim Einsatz sogenannter Montageschienen eine Rolle, die vor Inbetriebnahme des Gleises gegen die Fahrschienen getauscht werden. Somit lassen sich aus den angegebenen zulässigen Abweichungen Standardabweichungen berechnen, wobei aufgrund der großen Anzahl der abzusteckenden Punkte und des hohen Nachbearbeitungsaufwandes bei ungenügenden Einrichtungen eine Sicherheitswahrscheinlichkeit S = 99,7% angesetzt wird. Es ergeben sich dabei insbesondere für die Querkomponenten für die äußere Geometrie $\sigma_q < 3$ mm und unter Beachtung des Kriteriums von 2 mm/5 m für die innere Geometrie $\sigma_{\Delta q} < 0{,}6$ mm. In diesen Standardabweichungen sind neben der Meßgenauigkeit des Tachymeters beispielsweise noch die Unsicherheit der Schienenadaption durch den Meßwagen und die Refraktion enthalten. Bei der äußeren Geometrie ist dabei auch die Unsicherheit des Standpunktes (Position und Orientierung) zu berücksichtigen.

Die innere Geometrie ist von der Unsicherheit des Standpunktes unbeeinflußt, solange kein Standpunktwechsel stattfindet. Dieses ist jedoch wegen der maximalen Zielweite ca. 14mal pro Kilometer notwendig (vgl. Abb. 3).

Der Punkt P ist der letzte Gleispunkt, der vom Standpunkt 1 aus eingerichtet wird. Das Instrument wechselt dann auf Standpunkt 2 und wird neu stationiert. Aufgrund zufälliger Meßabweichungen und von

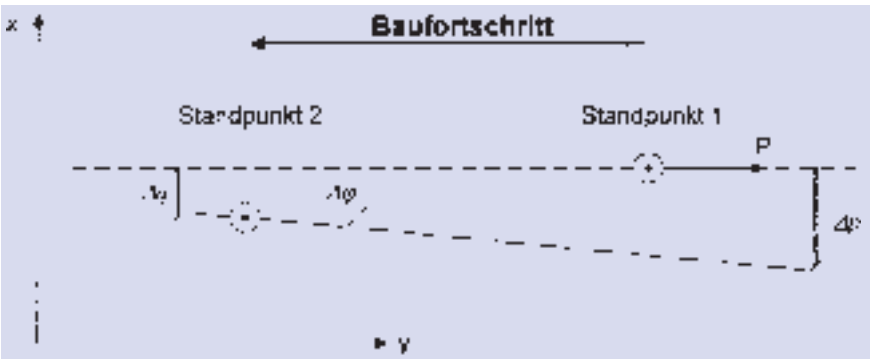

Abb. 3: Standpunktwechsel

Koordinatenabweichungen der Anschlußpunkte tritt eine relative Querabweichung Δq und eine relative Orientierungsabweichung $\Delta\varphi$ auf. Dieses hat am Punkt P oder an dem 5 m weiter liegenden Punkt eine Querabweichung Δp zur Folge. Diese Abweichung darf die zulässigen Werte nicht überschreiten.

3 Bisheriges Festpunktfeld, Gleisvermarkungspunkte

Die Bestimmung der Position und der Orientierung des Tachymeters erfolgte bisher durch freie Stationierung in bezug auf das baubegleitende Festpunktfeld. Die Nachteile dieses Vorgehens sollen nachfolgend charakterisiert werden. Das Festpunktfeld besteht aus sogenannten Gleisvermarkungspunkten (GVP). Dieses sind Bolzen, die an den Fahrleitungsmasten beiderseits der Strecken angebracht sind und mit speziellen Reflektoren signalisiert werden. Der Abstand der Masten beträgt ca. 60–70 m entlang der Strecke.

Die Bestimmung der GVP-Koordinaten erfolgt nach Einbringen der Fahrleitungsmasten zu Beginn der Baumaßnahme, da diese Punkte bereits für den Einbau von Frostschutzschicht, Tragschicht und Trog verwendet werden. Die Koordinatenbestimmung erfolgt mit Polygonzug durch mehrfaches polares Anhängen von den Brechpunkten aus. Als Genauigkeiten sind für die Lage ein Helmertscher Punktfehler von σ_p = 5 mm und für die Höhe eine Standardabweichung von σ_h = 1 mm gefordert [Richtlinie 883]. Nach der Koordinatenbestimmung der GVP sind Veränderungen der Punkte infolge von Kippungen der Masten nicht auszuschließen, insbesondere da der Erdbau erst kurz davor abgeschlossen ist. Die Koordinaten einzelner oder mehrerer GVP entsprechen zum Zeitpunkt der Gleiseinrichtung daher nicht mehr den geforderten Genauigkeiten. Um diesem Umstand Rechnung zu tragen,

Abb. 4: Signalisierter Gleisvermarkungspunkt (GVP)

ist durch die Deutsche Bahn vorgeschrieben, bei einer freien Stationierung 8–12 GVP als Anschlußpunkte zu verwenden. Die angestrebte Genauigkeit beträgt dabei für die Lage σ_p = 1 mm. Diese Forderung ist jedoch mit den zuvor angegebenen Genauigkeiten der GVP kaum unvereinbar, wie sich durch Fehlerfortpflanzung nachweisen läßt. In der folgenden Abbildung ist die Standardabweichung der Standpunktkoordinate quer zur Trasse in Abhängigkeit der Anzahl der Anschlußpunkte mit σ_p = 5 mm dargestellt.

Wie im vorherigen Abschnitt erläu-

tert wurde, spielt bei der Einhaltung der Genauigkeit insbesondere die relative Lage zweier aufeinanderfolgender Standpunkte eine Rolle (vgl. Abb. 3). Die Koordinatendifferenz $\Delta x = x_2 - x_1$ ist dabei für Δq und über ihren Einfluß auf den Richtungswinkel auch für Δp maßgebend.

Für die Fehlerfortpflanzung ist anzusetzen

$$\Delta x = x_1 - x_2 \quad \text{mit } \Sigma_{xx} = \\ = \begin{vmatrix} \sigma_1^2 & \rho \cdot \sigma_1 \cdot \sigma_2 \\ \rho \cdot \sigma_2 \cdot \sigma_1 & \sigma_2^2 \end{vmatrix}. \qquad (1)$$

Da alle Standpunkte aufgrund der identischen Konfiguration gleich genau bestimmt werden, gilt

$$\sigma_1 = \sigma_2 = \sigma_x . \qquad (2)$$

Daraus ergibt sich

$$\sigma_{\Delta x}^2 = (1-\rho) \cdot 2 \cdot \sigma_x^2 . \qquad (3)$$

Bei der freien Stationierung über 8–12 Anschlußpunkte ergibt sich bei aufeinanderfolgenden Standpunkten aufgrund mehrerer identischer Anschlußpunkte ρ = 0,8 (vgl. Abb. 6). Die Standardabweichung der Koordinaten ergibt sich bei σ_{GVP} = 5 mm zu σ_x = 1,3 mm. Daher erhält man $\sigma_{\Delta x}$ = 0,8 mm. Wie man sieht, ist damit unter zusätzlicher Berücksichtigung der Unsicherheit der Orientierung und Messung zum Objektpunkt das Relativkriterium von 2 mm/5 m bei einem Standpunktwechsel nur schwer einzuhalten.

In der obigen Abbildung ist die Abnahme der Korrelation benachbarter Standpunkte bei einer Abnahme identischer Anschlußpunkte zu erkennen. Aufgrund des vorgegebenen Abstandes der Standpunkte im GVP-Raster ergibt sich die Anzahl der identischen Anschlußpunkte als Anzahl der Anschlußpunkte minus zwei.

Wird das Instrument auf einem Stativ aufgebaut, kommt es im Laufe der Zeit infolge äußerer Einflüsse zu unvermeidbaren Änderungen der Position und vor allem der Orientierung (Momente durch motorisierte Tachymeter erzeugen Pfeilerdrehung). Eine nachträgliche Korrektur ist nicht möglich, da es sich bei der Absteckung um einen Echtzeitprozeß handelt. Ist der zeitliche Ablauf der Gleiseinrichtung infolge von Störungen des Bauablaufes unterbrochen, ist die Stationierung zu wiederholen. Es ergeben sich dann andere Parameter für Position und Orientierung im Bereich weniger Millimeter, so daß die dann abgesteckten Gleispunkte nicht tolerierbar mit der vorherigen Absteckung übereinstimmen. Konsequenz sind Mehrfachabsteckungen mit lokaler Anpassung der Gleisgeometrie an die vorhandenen Abweichungen, die nur schwer programmgesteuert erfolgen können.

Dabei ist anzumerken, daß es sich bei der Einrichtung des Gleises um einen zeitkritischen Prozeß handelt, da alle Temperaturänderungen zwischen dem Einrichten des Gleises und dem Betonieren zu Längenänderungen der Schiene und daher zu Zwängungen im Gleisrost führen. Diese äußern sich zum Teil in Querverschiebungen. Bei dem aktuellen Projekt Köln–Rhein-Main ist dieser Punkt besonders zu beachten, da ein Teil des Einbaus im Sommer stattfindet.

Zum zeitlichen Ablauf ist des weiteren anzumerken, daß eine maximale Einrichtleistung von 700–800 m pro Tag angestrebt wird. Daher ist bei den maximalen Einrichtweiten von ca. 60 m pro Standpunkt mindestens alle 30 Minuten ein Standpunktwechsel notwendig. Hinzu kommen noch zusätzliche Standpunktwechsel zur Kontrolle bereits verlegter und betonierter Abschnitte. Bei jedem Wechsel sind 8–12 GVP-Reflektoren ggf. umzustecken, mindestens neu auszurichten. Der Aufwand innerhalb des geringen zeitlichen Rahmens ist erheblich.

Zusammenfassend lassen sich folgende Schwachpunkte des bisherigen Festpunktfeldes mit der Standpunktbestimmung durch freie Stationierung auf einem Stativ feststellen:

- Stabilität der Fahrleitungsmasten und damit Genauigkeit der Festpunktkoordinaten
- Unzureichende Relativgenauigkeit bei Standpunktwechsel
- Stabilität der Stativaufstellung
- Signalisierungsaufwand der 8–12 GVP, Zeitverlust

4 Problemspezifisches Festpunktfeld

Im folgenden soll ein an das Problem angepaßtes Festpunktfeld vorgestellt werden, das die o. g.

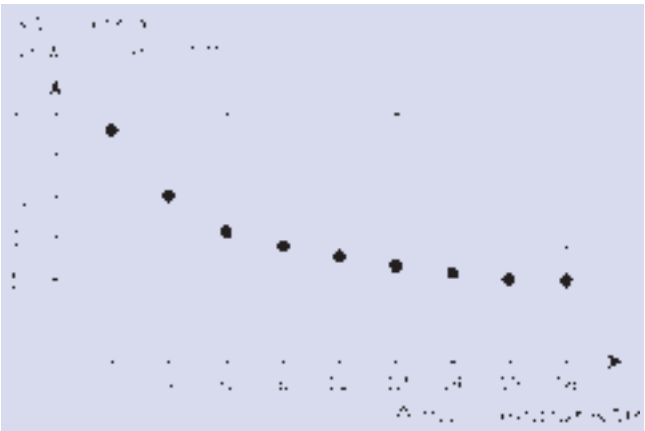

Abb. 5: Genauigkeit des Standpunktes bei freier Stationierung

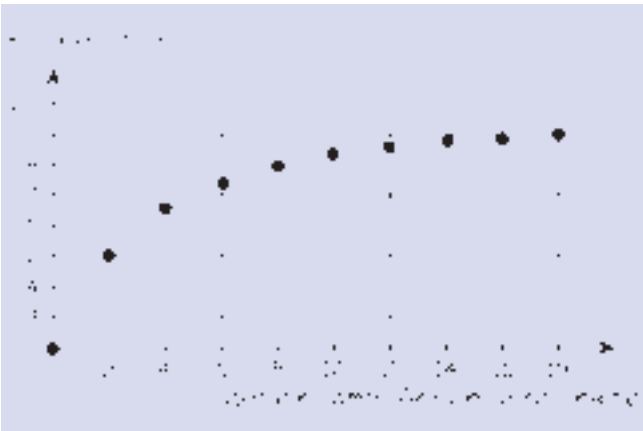

Abb. 6: Korrelation zwischen aufeinanderfolgenden Standpunkten als Funktion der identischen Anschlußpunkte

Schwachpunkte des bisher verwendeten GVP-Feldes kompensiert.

4.1 Vermarkung und Signalisierung

Aus den vorgegebenen zulässigen Toleranzen für den Herstellungsprozeß und der Entscheidung für den Einsatz eines motorisierten Präzisionstachymeters für den Absteckungsprozeß ergeben sich die folgenden Anforderungen hinsichtlich der Vermarkung.

- Die Vermarkung muß eine höhere zeitliche Stabilität als die derzeitige an den Fahrleitungsmasten genutzte Bolzenvermarkung besitzen.
- Der Aufwand für die Signalisierung der Anschlußpunkte muß deutlich reduziert werden.
- Es muß eine reproduzierbare Aufstellung in kurzer Zeit in Lage und Höhe möglich sein.
- Die Instrumentenstandpunkte dürfen nicht mit einem Stativ adaptiert werden (stabile Aufstellung, keine Pfeilerdrehung).
- Die Standpunktdichte muß wegen der Beschränkung der Zielweite etwa der des GVP-Feldes entsprechen.
- Die Aufstellung darf wegen der Refraktion nicht zu niedrig sein.

Der Nachteil der Signalisierung an den Fahrleitungsmasten liegt vor allem darin begründet, daß selbst geringfügige unregelmäßige Setzungen im Fundament durch die Hebelwirkung zu deutlichen Änderungen im GVP führen. Eine Verbesserung bringt deshalb eine niedrigere Vermarkung auf einer größeren Auflagefläche. Der Trog, die BTS oder aber bereits die HGT bieten diese Voraussetzungen. Darüber hinaus sind beide Bestandteil des Bauwerkes selbst. Eine Änderung der Lage oder Höhe infolge einer Setzung beeinträchtigt die Nachbarschaft von Bauwerk und Festpunktfeld daher nicht. Diese Eigenschaft kann auch für die Beweissicherung hinsichtlich etwaiger Setzungsbewegungen genutzt werden.

Die Stationierung im GVP-Feld beinhaltet auch immer die Bestimmung der Koordinaten des Standpunktes. Um die geforderte Genauigkeit und Zuverlässigkeit zu erreichen, ist eine relativ große Anzahl von Anschlußmessungen notwendig. Soll der Aufwand für die Signalisierung minimiert werden, müssen die Vermarkungen sowohl die Nutzung als Tachymeterstandpunkt als auch als Anschlußpunkt zulassen. Eine Lage außerhalb des Füllbereiches am Trog, also auf der Trogwange, erfüllt diese Forderung. Ein solches Festpunktfeld steht nach dem Verfüllen des Troges noch im vollen Umfang zur Verfügung.

Der Einsatz einer Zwangszentrierung minimiert den Aufwand zusätzlich. Diese ist durch eine Gewindehülse M12 aus Messing realisiert, die in die Trogwange eingeklebt wird. Eine eigens entwickelte Stativsäule wird mit einer Dreipunktauflage in der Hülse gegen die Trogwange verschraubt. In einem kurzen Abstand über dieser Dreipunktauflage befindet sich ein Kugelgelenk, in dem die Punktdefinition realisiert ist. Dadurch wirken sich Höhenabweichungen in der Auflage nicht in der Lage aus. Außerdem ist das Kugelgelenk zur Horizontierung bei der maximalen Querneigung von 10° notwendig. Die darüber stehende Säule wird über der Kugel mit drei Spindeln horizontiert. An der Oberseite befindet sich eine Zwangszentrierung mit dem System Leica. Die Stativsäule kann innerhalb einer Minute aufgestellt und horizontiert werden. Die Höhe der Kippachse über der Vermarkung beträgt einen Meter. Sie ist somit auch bei der Bauart ohne Trog direkt auf der HGT einsetzbar. Die damit erzielte reproduzierbare Standpunktaufstellung für Lage unter Höhe beträgt $\sigma_{Aufst} = 0{,}1$ mm. Die Säule wurde nach Angaben der Autoren von der Firma Werner Bämpfer Feinmechanik, Hannover, hergestellt.

4.2 Bestimmung des Festpunktfeldes

Aufgrund der Genauigkeitsanforderungen beträgt die maximale Zielweite beim Einsatz eines Präzisionstachymeters ca. 75 m. Um das oben beschriebene Alignementprinzip zu wahren, sind für beide Gleise jeweils eigene Standpunkte zu verwenden. Das problemspezifische Festpunktfeld ist deshalb entsprechend dem GVP-Feld angeordnet. Es ergeben sich daher Punktabstände in Längsrichtung von ca. 75 m und in Querrichtung ca. 5 m. Für einen Kilometer Streckenabschnitt ergeben sich somit ca. 30 Punkte, die koordiniert werden müssen.

Bei einer Koordinatenbestimmung im Rahmen einer Netzmessung müssen der Standpunkt und alle Zielpunkte mit einer Stativsäule ausgerüstet werden. Für einen steifen Netzverbund und um langperiodischen Fehlern im Gleis entgegenzuwirken, müssen lange Zielweiten gewählt werden. Dieses bedeutet bei einem einstufigen Netzaufbau eine hohe Anzahl von Stativsäulen. Als wirtschaftlicher Kompromiß ergibt sich ein zweistufiger Aufbau der Netzauswertung.

In der ersten Stufe wird nur jeder zweite Punkt endgültig im Rahmen einer Netzmessung mit hinreichender Genauigkeit und Zuverlässigkeit bestimmt. Die Anzahl der notwendigen Stativsäulen für die Netzmessung reduziert sich somit auf 6 Stück und die Zahl der Anschlußmessungen auf 5 Zielpunkte. Für die anderen Punkte erhält man zunächst nur unkontrollierte Koordinaten und Höhen aufgrund einer Polarbestimmung. Die Zahl der Standpunkte pro Kilometer reduziert sich somit auf die Hälfte. In der zweiten Stufe werden die noch nicht endgültig bestimmten Punkte koordiniert. Diese Netzverdichtung erfolgt dann in einer optimalen geometrischen Anordnung für die Quer- und Höhenkomponente. Für die Querkomponente ergibt sich die fehlertheoretisch sehr günstige geometrische Anordnung wie beim Einfluchten in eine Gerade. Die Festlegung der Höhenkomponente erfolgt mittels trigonometrischer Höhenübertragung von dem nur ca. 5 m entfernten Netzpunkt aus der 1. Stufe. Mit bereits 3 Anschlußmessungen und der vorläufigen Koordinierung aus der 1. Stufe der Netzmessung werden die Punkte in der 2. Stufe mit annähernd gleicher Genauigkeit zuverlässig eingeschaltet. Diese 2. Stufe kann im Rahmen der notwendigen Stationierung während der

Abb. 7: Stativsäule im Trog

Gleiseinrichtung oder aber zeitlich entkoppelt im Rahmen einer Verdichtungsmessung vorab durchgeführt werden.

Vergleicht man die erreichbaren Genauigkeiten mit denen bei der Verwendung der freien Stationierung, so erhält man für die Einzelpunkte σ_x = 0,5 mm. Darüber hinaus nimmt die Korrelation aufeinanderfolgender Standpunkte deutlich zu, der Korrelationskoeffizient beträgt ρ = 0,95. Über Gl. 3 ergibt sich $\sigma_{\Delta x}$ = 0,16 mm, eine Genauigkeitssteigerung um den Faktor 5. Eine individuelle Anpassung in den Übergängen aufeinanderfolgender Standpunkte ist nicht mehr notwendig.

Die Festlegung des Datums erfolgt über die bereits vorhandenen GVP, die als Polarpunkte zusätzlich gemessen werden, wobei hierzu auch andere Anschlußpunkte in deutlich geringerer Anzahl verwendet werden könnten. Mittels GPS könnte beispielsweise das System der Landesvermessung sehr wirtschaftlich und mit einer für die Datumsfestlegung ausreichenden Genauigkeit und Dichte in Trassennähe übertragen werden. Das Vorhandensein eines GVP-Feldes ist somit keine Voraussetzung für diese Meßanordnung, vielmehr könnte das GVP-Feld als Nebenprodukt mitbestimmt werden, falls es für andere Zwecke benötigt wird.

Die Messung des problemspezifischen Festpunktfeldes erweist sich bei der Verwendung programmierbarer Tachymeter als sehr automationsfreundlich. Die Vermarkung erfolgt immer in einer bekannten Stationierung entlang des Gleises. Unter Zuhilfenahme des projektierten Trassenverlaufs lassen sich somit alle Netzpunkte mit einer für eine automatisierte Anzielung ausreichenden Näherung vorab koordinieren. Die Datumspunkte besitzen bereits Koordinaten.

4.3 Bewertung des problemspezifischen Festpunktfeldes

Wie gezeigt wurde, bietet das angepaßte Festpunktfeld eine deutlich genauere und zuverlässigere Art der Stationierung des Tachymeters im Festpunktfeld, wodurch die erreichbare Qualität der Absteckung deutlich zunimmt. Daneben ergeben sich weitere Vorteile:

- Der durch die Netzmessung erreichte hohe Korrelationskoeffizient aufeinanderfolgender Standpunkte eliminiert Unstetigkeiten an den Übergängen und macht eine gesonderte Anpassung überflüssig.
- Die zeitliche Entkopplung der Netzmessung und die daraus resultierende Reduzierung der notwendigen Anschlußmessungen ermöglicht einen zeitlich kontinuierlichen Ablauf der Gleiseinrichtung und somit höhere Tagesleistungen. Die Zuverlässigkeit jeder einzelnen Aufstellung ist dabei dennoch sichergestellt.
- Die Meßanordnung erlaubt die Erfassung der Refraktion, deren Einflüsse beim Einbau in den Sommermonaten u. U. beträchtlich sind.
- Der Einsatz der Stativsäule sichert eine hohe zeitliche Stabilität der Aufstellung.
- Für eine spätere Kontroll- oder Abnahmemessung können im Rahmen der Zentriergenauigkeit identische Instrumentenstandpunkte verwendet werden. Eine erneute Bestimmung der Standpunktkoordinaten durch freie Stationierung entfällt.
- Etwaige Bewegungen im Bauwerksuntergrund beeinflussen die Nachbarschaft von Bauwerk und Festpunktfeld nicht. Die Absteckung ist somit zu einem hohen Grad reproduzierbar, was im Falle einer Beweislast erhebliche Vorteile bietet. Bei der angesprochenen Neubaustrecke liegen zwischen dem Einbau und der Abnahme zum Teil mehrere Monate. Anhand der eingebrachten Vermarkungen am Bauwerk mit ihrem eindeutigen Bezug können daher auch Bewegungen des Bauwerks selbst nachvollzogen werden. Setzungsbewegungen können beispielsweise durch einfache Höhenübertragung zwischen den Standpunkten bestimmt werden.

Die Vorteile der dargestellten Netzanordnung lassen bei den Autoren die Frage aufkommen, ob das GVP-Feld in der derzeitigen Form tatsächlich noch notwendig ist. Bei der Bauart Feste Fahrbahn sind erst nach mehreren Jahrzehnten

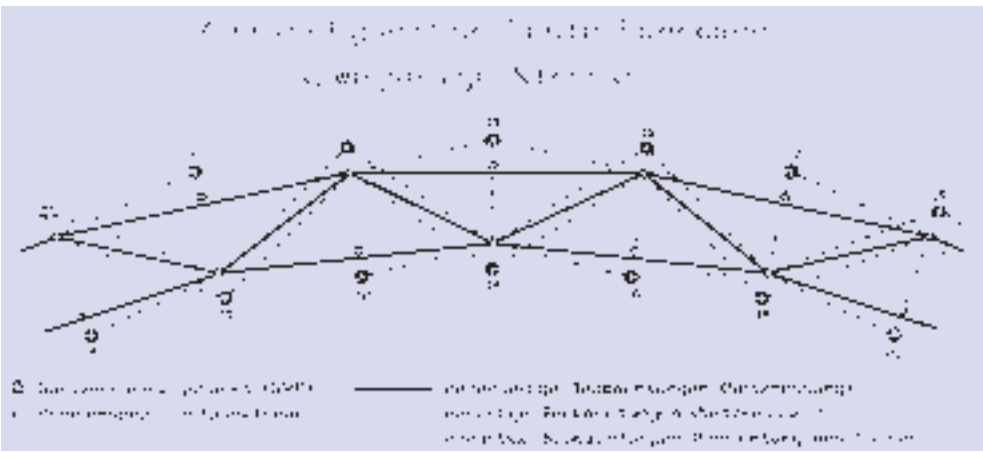

Abb. 8: Zweistufiger Netzaufbau

größere Unterhaltsarbeiten notwendig [DARR, FIEBIG 1999], die ein Festpunktfeld erfordern könnten. Dabei sind die Tragschichten der Fahrbahn langzeitstabiler als die GVP. Der Einbau von FSS, HGT und Trog erfolgt bei der Neubaustrecke bereits durch GPS- oder tachymetergesteuerte Baumaschinen. Dieser Trend wird sich bei künftigen Baumaßnahmen verstärken. Diese Systeme zum Einbau der Tragschichten benötigen weder die hohe Punktdichte noch die Genauigkeit des vorliegenden GVP-Feldes.

Die Nachteile des hier vorgestellten Festpunktfeldes liegen in der manuellen Herstellung der Säulen sowie in der eingeschränkten Flexibilität der Aufstellung, die an die Vermarkungen gebunden ist. Dadurch kann u. U. nicht auf baubetriebliche Behinderungen reagiert werden. Allerdings ist durch die vordefinierten Standpunkte eine hohe Automatisierung möglich. Außerdem bleibt die Möglichkeit der freien Stationierung stets erhalten.

Dieses Konzept kommt bei der Neubaustrecke Köln–Rhein-Main zum Einsatz. Es ist Teil eines Entwicklungsauftrages zwischen dem Institut für Anwendungen der Geodäsie im Bauwesen und der Firma Bahnbau Wels GmbH, Österreich, die große Abschnitte der Gleiseinrichtung vornimmt.

Literatur

AMRHEIN, M.; GERTH, M.: Qualifizierte Vermessung für Feste Fahrbahnen. Der Eisenbahningenieur, Heft 5, S. 24–27, Tetzlaff Verlag, Hamburg, 1999.

DARR, E.; FIEBIG, W.: Feste Fahrbahn: Konstruktion, Bauarten, Systemvergleich Feste Fahrbahn – Schotteroberbau. Tetzlaff Verlag, Hamburg, 1999.

IAGB: Institut für Anwendungen der Geodäsie im Bauwesen, Universität Stuttgart: Kommentar zur Abnahme und Vermessung der Festen Fahrbahn. Wird veröffentlicht in: Deutsche Bahn: Anforderungskatalog der Festen Fahrbahn.

KLOTH-HENKEL, G.: Gleisgeometrische Anforderungen an die Feste Fahrbahn. Der Eisenbahningenieur, Heft 11, S. 54–59, Tetzlaff Verlag, Hamburg, 1999.

Richtlinie 883: Deutsche Bahn: Richtlinie 883: Gleis- und Bauvermessung. Modul 883.0031, Anhang 1: Fahrbahnen abstecken.

Anschrift der Autoren:
Dipl.-Ing. MATTHIAS DÜNISCH,
Dr.-Ing. HEINER KUHLMANN,
Prof. Dr.-Ing. WOLFGANG MÖHLENBRINK, Institut für Anwendungen der Geodäsie im Bauwesen,
Universität Stuttgart,
Geschwister-Scholl-Straße 24D,
70174 Stuttgart,
E-Mail: Heiner.Kuhlmann@iagb.uni-stuttgart.de, Matthias.Duenisch@iagb.uni-stuttgart.de, Wolfgang.Moehlenbrink@iagb.uni-stuttgart.de

Zusammenfassung

Bei der Absteckung der Gleisgeometrie der Festen Fahrbahn (die Schwellen liegen im Betonbett) hat sich der Einsatz eines Tachymeters bewährt. Wird der Stativstandpunkt über freie Stationierung zu den Gleisvermarkungspunkten (Bolzen an den Fahrleitungsmasten) bestimmt, bringt dieses Nachteile hinsichtlich der Genauigkeit, der Stabilität und des zeitlichen Aufwandes mit sich. Diese Nachteile werden beim Einsatz von Vermarkungen im Bauwerk selbst, einer Signalisierung durch zwangszentrische Säulen und eine geeignete Netzanlage vermieden.

Abstract

In slab track technology the ground plates are fixed in concrete. Tacheometers are useful for setting out the track geometry. Track benchmarks are pins in the poles for power supply. If you use free stationing for the estimation of the coordinates of the tacheometer on a tripod, some disadvantages will arise regarding accuracy, stability and expenditure of time. These disadvantages can be avoided if your benchmarks are fixed in the slab track, self centering mobile pillars are used for instruments and targets as well as an appropriate network design.

ABONNIEREN STATT KOPIEREN

Zeitschriften-Beiträge sind mit Sachverstand und Sorgfalt aus dem großen Berg von Informationen ausgewählt, geschrieben, zusammengestellt . . .
. . . ergeben zielgerechte Informationen: Erfahrungen, die man kaufen kann. Denn uns liegt daran, daß Sie als Leser mit erweitertem Wissen und vermehrten Einsichten gut gerüstet sind.

Dies ist in Gefahr, wenn Zeitschriftenaufsätze kopiert werden!