

Umstellung auf den neuen Bezugsrahmen LV95 bei der SBB

Autor(en): **Mautz, R. / Stuby, J.-J.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Geomatik Schweiz : Geoinformation und Landmanagement = Géomatique Suisse : géoinformation et gestion du territoire = Geomatica Svizzera : geoinformazione e gestione del territorio**

Band (Jahr): **112 (2014)**

Heft 3

PDF erstellt am: **21.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-389477>

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.

Umstellung auf den neuen Bezugsrahmen LV95 bei der SBB

Die SBB wird im Jahr 2016 den Bezugsrahmen auf LV95 wechseln. Wegen der hohen Genauigkeitsanforderung bezüglich der Gleisgeometrie kann die Transformation nicht analog der amtlichen Vermessung mit FINELTRA erfolgen. Die vorgesehene Lösung basiert auf eigenen Passpunkten entlang des Streckennetzes. Neben der datentechnischen Umstellung liegt die Herausforderung darin, die Transformation so zu optimieren, dass es ein möglichst geringes Mass an Nachtrassierungen bedarf.

R. Mautz, J.-J. Stuby

Gestützt auf das Geoinformationsgesetz (GeolG) und die dazugehörigen Ausführungsverordnungen vom 1. Juli 2008 führt der Bund die neuen Landeskoordinaten (LV95) basierend auf den neuen Lagebezugsrahmen LV95 für die ganze Schweiz ein. Auch die Kantone und Gemeinden sind demnach dazu verpflichtet, alle Geobasisdaten der amtlichen Vermessung sukzessive und bis spätestens 2016 in den Bezugsrahmen LV95 zu überführen. Da die Stützpunkte des neuen Bezugsrahmens LV95 ein auf Satellitenvermessung basierendes Grundlagennetz bilden, gilt der neue Bezugsrahmen als spannungsfrei, d.h. es existieren nicht mehr die historisch bedingten, sehr inhomogenen Netzverzerrungen wie im alten Bezugsrahmen LV03.

Die Schweizerischen Bundesbahnen (SBB) unterliegen zwar nicht dem GeolG, sie waren aber in die Vernehmlassung dieses Gesetzes involviert und haben ihre Zustimmung dazu gegeben. Aufgrund einer firmeninternen Studie haben sich die SBB dafür ausgesprochen, das Bezugssystem für ihre raumbezogenen Daten ebenfalls dem neuen Standard anzupassen. Ausschlaggebend für diesen Entscheid waren mehrere Gründe. Ohne die Umstellung wäre der Datenaustausch nach dem Jahr 2016 zwischen den SBB und der Amtlichen Vermessung erschwert und mit finanziellem Aufwand verbunden. Ferner kann nach Umstellung des Bezugsrah-

mens auf LV95 der Positionierungsdienst swipos für cm-genaue Anwendungen mit GNSS (Globale Navigationssatellitensysteme) genutzt werden, ohne dass vorgängig eine lokale Einpassung erforderlich ist. Darüber hinaus gewährt der neue Bezugsrahmen durch die Einbindung in das europäische Bezugssystem European Terrestrial Reference System 1989 (ETRS89) einen spannungsfreien Anschluss an die Nachbarländer der Schweiz. Das Herz aller Daten der SBB-Infrastruktur bildet die Datenbank fester Anlagen (DfA) als das grösste Geografische Informationssystem (GIS) der Schweiz. Bislang sind alle geografisch orientierten Daten der DfA im Lagebezugsrahmen LV03 abgebildet. Die Daten werden in verschiedenen Fachdiensten (z.B. Geomatik, Fahr-

bahn, Trassenbau, Fahrstrom, Signalanlagen, Architektur etc.) erarbeitet und gepflegt. Mittels übergreifenden Anwendungen – im Folgenden Umsysteme genannt – lassen sich die Raum- und Sachdaten visualisieren, importieren oder exportieren. Insgesamt wurden 75 Umsysteme identifiziert, die Landeskoordinaten verwenden und mit unterschiedlichen Schnittstellen miteinander verknüpft sind (Abb. 1). Für die Umstellung ebenfalls zu berücksichtigen sind über 2000 laufende Projekte bei denen georeferenzierte CAD-Dateien auch ausserhalb des Systems DfA verwaltet werden sowie der Datenaustausch mit externen Organisationen wie beispielsweise der amtlichen Vermessung, Ingenieurbüros oder «konzessionierten Transportunternehmen» (KTU). Aufgrund der grossen Herausforderungen in der Informatik ist der «Bezugsrahmenwechsel LV95» der SBB als Informatik-Projekt ins Leben gerufen worden, wobei die Geomatik lediglich den Stellenwert eines Teilprojekts einnimmt. Für die Informatik ist vor allem die zusätzliche Stelle vor dem Komma der neuen Koordinatenwerte von Relevanz. Im Folgenden wird jedoch auf die Informatik nicht mehr eingegangen und auf die geodätischen Aspekte des Bezugsrahmenwechsels fokussiert. Aus verschiedenen Gründen kann der Bezugsrahmenwechsel der SBB nicht analog zu



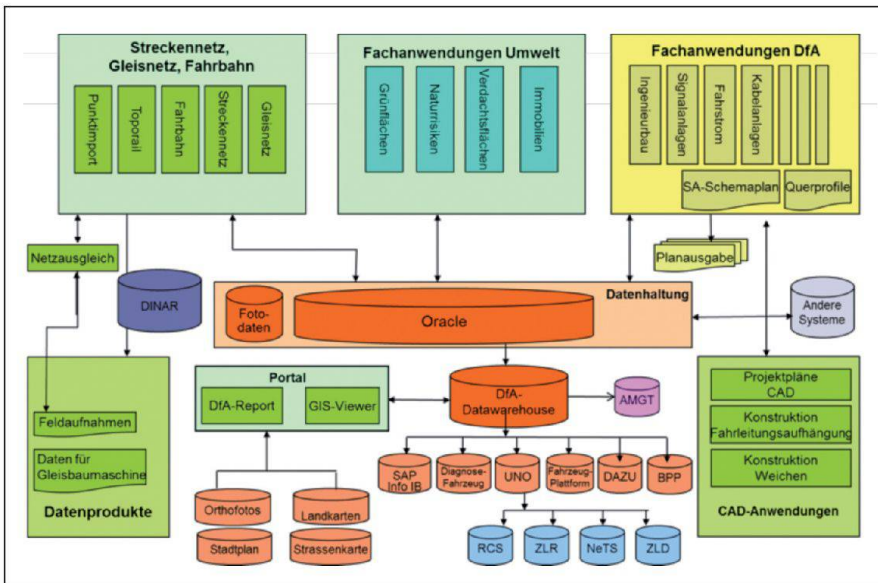


Abb. 1: Vereinfachte schematische Darstellung der betroffenen Umsysteme.

der Vorgehensweise der Kantone für die amtliche Vermessung erfolgen.

Denn je höher die Ansprüche an die Genauigkeit der Daten, desto gravierender sind die Auswirkungen des Bezugsrahmenwechsels und umso grösser ist der zu betreibende Aufwand bei der Umstellung. Die SBB besitzt ein schweizweites, auf Landeskoordinaten basierendes Vermessungsnetz entlang aller Gleise auf der höchsten Präzisionsstufe von wenigen Millimetern Lagegenauigkeit. Seit 1987 stützt sich das Fixpunktnetz der SBB auf die eidgenössische Landesvermessung LV03. Jedoch wurden bereits gewisse Spannungen des LV03-Netzes im SBB-Fixpunktnetz eliminiert, sodass der aktuelle Bezugsrahmen der SBB ein verbessertes, so genanntes SBB03-System bildet. Für den Bezugsrahmenwechsel wiederum ist diese Tatsache insofern gravierend, als dass die Transformation mit dem sonst üblichen FINELTRA (Finite Elemente Transformation) Datensatz für die Überführung des SBB-Netzes eine Überparametrisierung bedeuteten würde.

Nichtsdestotrotz wurde untersucht, ob die FINELTRA Transformation mit Basis der Nationalen Dreiecksvermessung CHENxy06 verwendet werden kann, um die Gleisanlagen von LV03 nach LV95 zu überführen. Die Analyse der Transformation ergab, dass die daraus resultierenden

Deformationen des Gleisnetzes ausserhalb der SBB Toleranzen liegen. Die erforderlichen Toleranzen sind in Tabelle 1 aufgeführt.

Auch eine Transformation mit FINELTRA-LV (Landesvermessung) kommt für die SBB ebenfalls nicht in Frage. Die durch die Transformation entstehenden Verzerrungen sind zwar bedeutend geringer als bei CHENyx06, aber wegen der geringen Transformationsgenauigkeit entstehen Abweichungen in der Absolutlage von bis zu 1–2 dm, die als nicht tolerabel angesehen werden.

Lösungsweg der SBB

Die SBB hat eine neue Transformationslösung namens SwissRailTra95 entwickelt, die die Millimeter-Genauigkeit der Gleisgeometrie bewahrt, ohne dass die

Trassierung neu gerechnet werden muss. Die Transformation kann damit automatisiert erfolgen. Die spezielle Lösung berücksichtigt, dass die Transformation lediglich entlang des SBB-Streckennetzes aber nicht flächendeckend definiert sein muss.

Die Lösung sieht vor, dass entlang des gesamten SBB-Streckennetzes in Abständen von 700 m neue Passpunkte festgelegt werden. Die Bestimmung der Passpunkte erfolgt in den neuen Landeskoordinaten LV95 durch GNSS-Messungen auf $\sigma = 1$ cm. Parallel dazu werden die Koordinaten der Passpunkte auf $\sigma = 1$ cm im SBB03-Netz bestimmt. Dies erfolgt mit Hilfe von Freien Stationierungen einer Totalstation durch Anzielung von 4–6 benachbarten SBB-Fixpunkten.

Anhand der beiden Koordinatensätze (LV95 und SBB03) für die Passpunkte lassen sich die lokalen Verzerrungen des SBB03-Netzes empirisch quantifizieren, z.B. durch eine Helmert-Transformation. Der optimale Abstand der Passpunkte für die Transformation ist direkt abhängig von den lokalen Verzerrungen des Bezugsrahmens SBB03.

Zur Definition der Transformationsparameter SwissRailTra95 werden im Abstand von 150 m entlang der Kilometerachsen nicht vermarktete Hilfspunkte im SBB03-System erzeugt. Die Berechnung der LV95 Koordinaten dieser Punkte erfolgt linear zwischen zwei benachbarten Passpunkten mit einer Helmert-Transformation (XY-Translation, 1 Rotation, 1 Massstab). Auf der so entstandenen polygonalen Linie entstehen Winkelabweichungen an den Passpunkten zwischen zwei Helmert-Transformationen (Abb. 2). Diese Win-

Abweichung	Wert	Begründung
Absolutlage	< 10 mm	Entspricht GPS-RTK-Genauigkeit und ist Projektziel
Querrichtung	< 1.5 mm / 100 m	Entspricht der im Feld mit Totalstation erreichten Genauigkeit; bei grösseren Abweichungen müsste die Trassierung neu berechnet werden.
Längsrichtung	–	Entlang der Strecke ist der Einfluss auf die Trassierung geringer als in Querrichtung

Tab. 1: Toleranzen / Grenzwerte der SBB für die Transformation des Gleisnetzes.

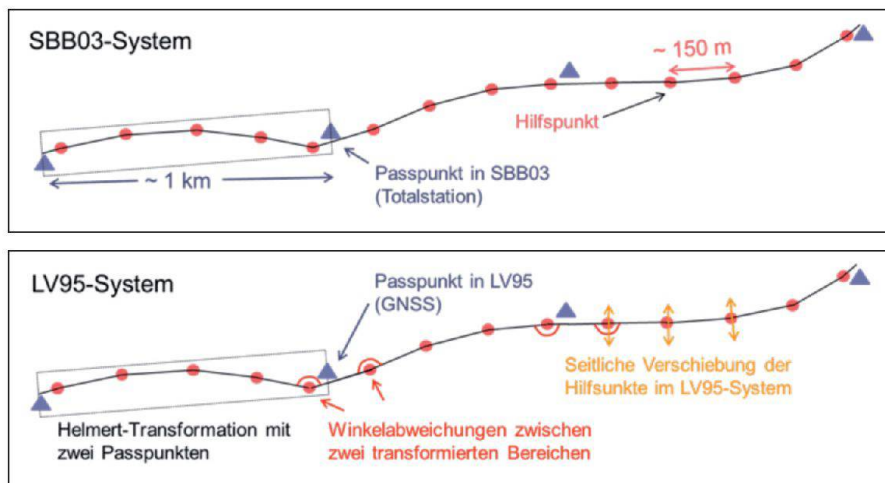


Abb. 2: Schematische Darstellung für die Transformation der Gleise mit Swiss-RailTra95.

kelabweichungen überschreiten in der Regel die Toleranzen. Mit Hilfe einer seitlichen Verschiebung der Hilfspunkte von wenigen Millimetern im LV95-System lassen sich jedoch die Abweichungen verteilen. Bei dieser Verschiebung handelt es sich um eine Optimierungsaufgabe, bei der es darum geht, alle Toleranzen gemäss Tabelle 1 einzuhalten. Dank einer Softwarelösung der SBB-Geomatik in Lausanne, die auf der Methode der kleinsten Quadrate basiert, wird diese Optimierung automatisch durchgeführt.

Die Abweichungen in Längsrichtung können nur sehr bedingt und lokal korrigiert werden, ihr Einfluss auf die Qualität des Ergebnisses ist von geringerer Bedeutung. Die Differenzen zwischen den modifizierten LV95-Koordinaten der Hilfspunkte und den SBB03-Koordinaten sind die Parameter der Transformation. Alle anderen Punkte in der Umgebung entlang und seitlich der Kilometerachse werden linear zwischen den Hilfspunkten interpoliert. Eine Ausnahme bilden Bereiche von Weichenanlagen bzw. Bahnhöfen, die jeweils als ganzer Block mit dem Massstab 1 transformiert werden, d.h. sie bleiben bei

lediglich einer XY-Translation und einer Rotation unverzerrt. Die unverzerrte Überführung von Weichen und Bahnhöfen ist notwendig, da Weichen als feste Bauteile nicht rechnerisch verändert werden dürfen. Ferner wäre die Neuberechnung der Weichenanlagen mit grossem Aufwand verbunden. An den Grenzen dieser Blöcke treten unter Umständen grössere Zwänge auf, die wiederum verteilt werden müssen.

Mit Hilfe dieser Transformationsmethode können die Gleisgeometrie, die Gleisversicherungspunkte sowie die gesamten graphischen und numerischen Daten der DfA und der Umsysteme automatisiert nach LV95 überführt und migriert werden. Die Trassierungselemente werden dabei in ihrer Länge angepasst, die Radien von Kreisbögen und die Endradien von Klothoiden bleiben jedoch unverändert. Anhand einer Studie geht hervor, dass dieser Lösungsvorschlag die Toleranzen weitgehend erfüllen wird. Nur bei etwa 1% der Gebiete wird voraussichtlich eine Nachbearbeitung in Form einer Neuberechnung der Gleisgeometrie notwendig sein.

Der Zeitplan sieht vor, dass die Umstellung auf LV95 an einem Stichtag im Sommer 2016 erfolgt. Dies wird seitens der SBB als der ideale Umstellzeitpunkt angesehen, da im Jahr 2016 die grosse Mehrheit der Kantone den neuen Bezugsrahmen einführt. Das Projekt Bezugsrahmenwechsel der SBB wurde bereits am 1. Dezember 2013 gestartet, um der externen Vergabe der Vermessungsarbeiten und der damit verbundenen öffentlichen Ausschreibung für die Messkampagne terminlich gerecht zu werden. Denn erst nach Abschluss und Auswertung aller Feldmessungen können die Transformationsparameter berechnet und die Daten migriert werden.

Auch die BLS AG beteiligt sich als grösste Privatbahn der Schweiz an dem Projekt, um gemeinsam mit den SBB den Bezugsrahmenwechsel durchzuführen.

Das Projektteam Bezugsrahmenwechsel ist der Überzeugung, dass die neue Transformationsmethode SwissRailTra95 es ermöglicht, die hohe relative Genauigkeit des SBB Netzes (im Millimeterbereich) beizubehalten und gleichzeitig eine gute Integration in LV95 zu garantieren (bei maximalen Abweichungen von 2–3 cm).

Rainer Mautz
 Projektleiter Geomatik
 SBB AG
 Infrastruktur Projekte Region Ost
 Fahrbahn Geomatik
 Vulkanplatz 11, Postfach
 CH-8048 Zürich
 rainer.mautz@sbb.ch

Jean-Jacques Stuby
 Chemins de fer fédéraux suisses CFF
 Av. de la Gare 41, 1003 Lausanne
 jean-jacques.stuby@sbb.ch