

Datenmodell zur Planung von Stellwerken

Dipl.-Ing. Ulrich Maschek

Wissenschaftliche Arbeit zum Promotionsverfahren

Braunschweig, Dezember 2001

Vorwort

Mit dem Einzug der EDV in den Büroalltag wurde auch die Planung von Anlagen der Leit- und Sicherungstechnik nach und nach EDV-gestützt durchgeführt. Dabei wurden aber nur das Zeichenbrett und die Schreibmaschine durch den PC ersetzt, was im ersten Schritt auch richtig war. Form, Exaktheit und Reproduzierbarkeit der Planunterlagen wurden dadurch verbessert, doch stand jede Datei für sich und jeder Bearbeiter bevorzugte eigene Einstellungen und Formate, was bis heute Schwierigkeiten im elektronischen Datenaustausch mit sich bringt.

Durch die EDV-gestützte Bearbeitung ergab sich nun im zweiten Schritt die Möglichkeit, das – im gedruckten Plan zweifellos notwendige – hohe Maß an Redundanzen zu beseitigen. Nach vielen Jahren des EDV-Einsatzes ist dieser Schritt aber immer noch nicht erfolgt; ein Werkzeug welches nur die Grunddaten abspeichert und über Reports die notwendigen Planunterlagen erzeugt, gibt es nicht. Neben dem für eine Software sehr kleinen Anwenderkreis ist dafür sicherlich auch die Komplexität einer Anlage der Leit- und Sicherungstechnik verantwortlich. Ein Planungsingenieur benötigt einen großen Erfahrungsschatz, um eine Anlage vorschriftenkonform, den betrieblichen Anforderungen entsprechend und dennoch kostengünstig zu planen. Insbesondere die vielen Abhängigkeiten der planerischen Elemente untereinander sowie die vielfältigen Möglichkeiten der Anordnung verkomplizieren eine EDV-gerechte Abbildung der Denkweise des Planers.

In der vorliegenden Arbeit wird ein solches Datenmodell erarbeitet, welches den Kern einer Planungssoftware für den genannten Anwendungszweck bildet. Hierdurch erfolgt eine Sicherstellung der Konsistenz zwischen sicherungstechnischen Plänen und Tabellen mit- und untereinander. Außerdem können weitergehende Anwendungen implementiert werden, was große Rationalisierungseffekte für die Planung von Eisenbahnleit- und -sicherungstechnik erwarten lässt. Dabei werden aber nicht nur Planungsressourcen eingespart, es werden auch potenzielle Fehlerquellen von vornherein ausgeschlossen, was nicht zuletzt auch einen Beitrag zur Erhöhung der Sicherheit im Eisenbahnbetrieb darstellt.

Braunschweig, im August 2002

Prof. Dr.-Ing. Jörn Pachl

Inhaltsverzeichnis

1	Intention	5
2	Ausgangssituation.....	7
2.1	Entwicklung der Informationsmodelle.....	7
2.2	Informationsmodelle in der Eisenbahninfrastruktur- und insbesondere der LST-Planung	8
2.2.1	Analoge Modelle.....	8
2.2.2	Einfache digitale Modelle	8
2.2.3	Komplexe digitale Modelle.....	10
2.3	Heutige Praxis der LST-Planung	15
2.3.1	Planungsprozess	15
2.3.2	Datenschnittstelle zum Stellwerkslieferanten	19
2.3.3	Weitere EDV-Systeme	20
3	Neuer Ansatz für den Planungsprozess.....	21
3.1	Idee	21
3.1.1	Speicherung des sicherungstechnischen Tabellenwerks in einer Datenbank	21
3.1.2	Integration der geografischen Daten	21
3.1.3	Einbettung von Rechenoperationen zur Datengenerierung und Grenzwertüberwachung.....	22
3.1.4	Schaffung einer Datenschnittstelle zum Stellwerkslieferanten	22
3.2	Anforderungen.....	23
3.2.1	Allgemeines	23
3.2.2	Datenbank-Software	23
3.2.3	Erfassung der LST-Daten.....	24
3.2.4	Einbindung von Topologie und Topografie	24
3.2.5	Speicherung von Bauzuständen und Varianten.....	24
3.2.6	Ableitung weiterer Daten	25
3.3	Struktur der Datenbank.....	25
4	Festlegungen.....	26
4.1	Darstellung der Datenstrukturen.....	26
4.2	Bauzustände bzw. Varianten.....	27
5	Knoten-Kanten-Modell	29
5.1	Grundmodell der Geometrie (Topografie).....	30
5.1.1	Geometrischer Knoten	30
5.1.2	Geometrische Kante.....	30
5.1.3	Kilometerangaben im GeoKnoten.....	32
5.1.4	Trassierungselement	32
5.2	Strecke	32
5.3	Grundmodell der Topologie.....	33
5.3.1	Topologischer Knoten.....	33
5.3.2	Topologische Kante	33
5.4	Punktmodell.....	34
5.4.1	Allgemeines	34
5.4.2	Gleisbezogener Punkt	34
5.4.3	Streckenbezogener Punkt.....	35
5.5	Streckenverknüpfung	35
5.5.1	Definition	35
5.5.2	Echte Streckenverknüpfung	35
5.5.3	Unechte Streckenverknüpfung.....	36
5.5.4	Kilometrierungssprung.....	36
6	Datenmodell der LST-Daten	38
6.1	Struktur des Datenmodells.....	38
6.1.1	ESTW-Overhead.....	38
6.1.2	Stelleinheit	39

6.1.3	Sonstige LST-Elemente.....	40
6.2	Komplexe Beispiele von Stelleinheiten	41
6.2.1	Weiche/Kreuzung.....	41
6.2.2	Signal	44
6.2.3	Punktförmige Zugbeeinflussung (PZB)	46
6.2.4	Fahrstraße	47
6.2.5	Durchrutschweg und Gefahrpunktabstand	50
7	Datenmanipulationen mit den LST-Daten	52
7.1	Überwachung von Grenzwerten.....	52
7.1.1	Längenermittlung	52
7.1.2	Beispiel: Überwachung der Länge des Durchrutschweges	53
7.2	Generierung weiterer LST-Daten aus den vorhandenen Daten.....	54
7.2.1	Allgemeines.....	54
7.2.2	Beispiel: Ermittlung der Fahrstraßen und Generierung der „Signaltafel 2“	54
7.3	Plausibilitätskontrollen.....	55
8	Verwendungsmöglichkeiten der Daten	56
8.1	Papierschnittstelle	56
8.2	Verknüpfung mit ProSig	56
8.2.1	Dateneingabe.....	56
8.2.2	Geografische Datenausgabe	57
8.3	Datenschnittstelle zum Stellwerkslieferanten	58
8.4	Datenschnittstelle mit DB-GIS	58
8.5	Weitere Ausgaben.....	59
9	Zusammenfassung und Ausblick.....	60
	Literatur	61
	Anhang	63
I	Tabellennamen.....	65
II	Glossar	69
III	Ausführliche Darstellung des Datenmodells.....	71
IV	Beispiele für Planunterlagen	87

1 Intention

Die Planung von Anlagen der Eisenbahnleit- und -sicherungstechnik (LST) ist ein iterativer Prozess. Ständige Rückkopplungen zwischen Planprüfer, Auftraggeber und Planer prägen die Arbeit.

Das Ergebnis der Planungen besteht aus Lageplänen, Schemaplänen und sonstigen Planunterlagen, wobei Letztere sich hauptsächlich aus Tabellen, Berechnungen und verbalen Beschreibungen zusammensetzen. Ein Problem dabei ist die redundante Datenhaltung, da vielfach ein- und dasselbe Datum – notwendigerweise – in verschiedenen Planunterlagen dargestellt wird. Bei den recht häufig stattfindenden Änderungen im Planungsprozess müssen die Daten in allen Plänen des Projekts angepasst werden, was großer Sorgfalt bedarf. Werden die Änderungen nicht überall durchgeführt, sind die Planunterlagen inkonsistent und die Qualität der Projekte leidet. Außerdem kosten die Routinearbeiten und die Arbeiten zur Behebung der so entstandenen Flüchtigkeitsfehler wertvolle Zeit, die bei der Projektbearbeitung meist knapp ist. Einen Ausweg aus dieser Situation kann nur eine Datenhaltung schaffen, in der jedes Datum nur einmal vorhanden ist.

Erste Ansätze für eine zentrale Datenhaltung wurden bereits mit CAD-Systemen (z. B. ProSig auf AutoCAD) verwirklicht. Allerdings lassen sich damit nur wenige Pläne verknüpfen, da u. a. nicht alle Daten enthalten sind. Für die einheitliche Datenhaltung in den für die Planung verwendeten Tabellen gibt es bisher keine Werkzeuge. Teilweise werden zwar Daten aus ProSig in Tabellen importiert, jedoch ohne dynamische Verknüpfung und auch nur für einen Teil der insgesamt benötigten Daten.

Eine einheitliche Datenbasis für Pläne und Tabellen zu schaffen, ist Anliegen des in dieser Arbeit entwickelten Datenmodells. Aber nicht nur eine einheitliche Datenausgabe lässt sich aus der Datenbasis erzeugen. Auch die automatische Generierung von Daten sowie Plausibilitätskontrollen und die dynamische Überwachung von Grenzwerten – Aufgaben die der Planer bislang manuell vornehmen muss – werden dadurch möglich. Konsequenterweise angewendet, trägt dies, neben dem Rationalisierungseffekt, auch zur Vermeidung von Fehlern in der Planung bei und leistet dadurch einen Beitrag zur Erhöhung der Sicherheit im Eisenbahnbetrieb.

Mittlerweile bestimmt die EDV den Arbeitsalltag des Ingenieurs. Doch ein Werkzeug, welches die angesprochenen Probleme lösen könnte, existiert nicht. Warum? Mehrere Gründe sind dafür verantwortlich:

Die Materie der Planung von LST-Anlagen ist außerordentlich komplex und von vielfältigen Randbedingungen abhängig. Ein Planungsingenieur benötigt einen großen Erfahrungsschatz, um eine Anlage vorschriftenkonform, den betrieblichen Anforderungen entsprechend und dennoch kostengünstig zu planen. Insbesondere die vielen Abhängigkeiten der planerischen Elemente untereinander sowie die vielfältigen Möglichkeiten der Anordnung verkomplizieren eine EDV-gerechte Abbildung der Denkweise des Planers.

Der Markt für eine solche Software ist eng. Es beschäftigen sich nur eine überschaubare Anzahl von Planungsbüros der Infrastrukturbetreiber und unabhängige Ingenieurbüros mit der Planung von Stellwerken. Auch wenn im Moment der Bedarf an Planungsleistungen steigt, so reicht die Kapazität doch langfristig aus. Eine geringe Anzahl von verkauften Softwarelizenzen bedeutet einen hohen Preis für das Produkt, was ein Hindernis für dessen Einführung darstellt.

Die Planungskapazitäten sind zersplittert. Trotz der überschaubaren Anzahl von Planungsbüros hat der Markt eine erstaunliche Heterogenität der Ingenieurdienstleister herausgebildet. Dies führt dazu, dass jedes Planungsbüro seine eigene Vorgehensweise bevorzugt, die selten kompatibel zu anderen ist. Dies kann selbst innerhalb eines Unternehmens in Abhängigkeit vom Standort auftreten. So konnte sich ProSig zunächst kaum über die Grenzen der Entwicklungsfirma verbreiten. Der Standard für die Ergebnisse von Planungen war die Papierschnittstelle – auf welchem Weg man zu dem Papier gelangte, war nicht vorgeschrieben.

Mittlerweile wurde von der Deutschen Bahn, dem größten und bedeutendsten Auftraggeber für sicherungstechnische Planungsleistungen, ProSig zum Standard erhoben. Planungen sind nun mit diesem Werkzeug zu erstellen und im ProSig-Datenformat zu liefern. Die daraus resultierende Verbreitung von ProSig bietet nun auch die kaufmännische Basis für die Weiterentwicklung von ProSig zu einem umfassenden Planungswerkzeug.

2 Ausgangssituation

2.1 Entwicklung der Informationsmodelle

Schon immer wurde die reale Welt in Modellen abgebildet. Auch analoge Karten, Pläne und Listen stellen bereits abstrahierte Informationen dar und bilden **analoge Modelle**.

Mit steigender Verbreitung der EDV wurden und werden diese analogen Modelle durch Analog-Digital-Wandlung nach und nach in **einfache digitale Modelle** umgesetzt und in Text- und Grafik-Dateien abgelegt. Diese befinden sich auf unterschiedlichem Niveau. Im einfachsten Fall handelt es sich um Rasterdaten, die durch das Einscannen von analogen Plänen erzeugt wurden. Eine höhere Stufe bilden bereits Vektordaten oder Textdateien. Die höchste Stufe einfacher digitaler Modelle bilden Dateien, innerhalb derer bereits einfache Verknüpfungen bestehen (z. B. verschiedene Ansichten in einer CAD-Software) oder Rechenoperationen ausgeführt werden (z. B. in einer Tabellenkalkulation).

Die einfachen digitalen Modelle übertragen in der Mehrzahl jedoch lediglich Arbeitsabläufe und Datenstrukturen von der althergebrachten analogen in die digitale Form. Die Daten werden deshalb vielfach redundant vorgehalten, d. h. dieselbe Information wird mehrfach in unterschiedlichen Systemen oder Dateien gespeichert. Dadurch entsteht ein erhöhter Aufwand zur Pflege der Daten, sowie das Problem von Daten unterschiedlicher Aktualität. Ein Zusammenfügen oder eine Erweiterung dieser Modelle ist häufig nicht möglich. Für die Speicherung zusätzlicher, anders strukturierter Informationen müssen neue, zusätzlichen Modelle erstellt werden [JA97].

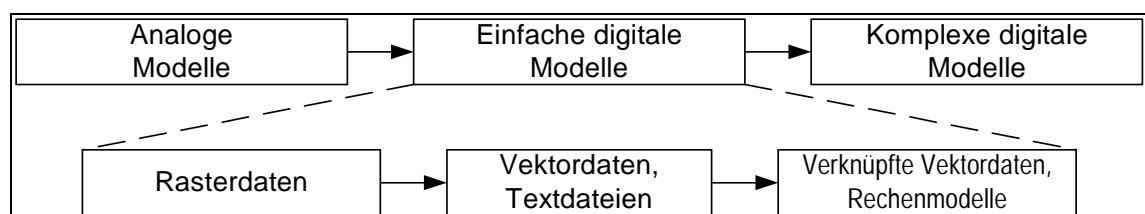


Bild 1: Allgemeine Entwicklung des Planwerks

Erst durch die Bildung **komplexer digitaler Modelle** kann die Redundanz weitgehend abgebaut und der Aufwand für Datenerfassung und -pflege minimiert werden. Gleichzeitig steigt aber die Komplexität der Daten. Kerngedanke dieser Modelle ist die Trennung von Daten und Ausgabeformat. Jedes Datum wird nur noch einmal gespeichert; Ausgabeformulare referenzieren auf dieses „Ur“-Datum.

2.2 Informationsmodelle in der Eisenbahninfrastruktur- und insbesondere der LST-Planung

2.2.1 Analoge Modelle

Bis zur Einführung der EDV wurden technische Pläne und Zeichnungen vorwiegend durch manuelle Zeichnungen erstellt und fortgeführt. Eine dezentrale Zeichnungsverwaltung mit handerstellten Planverzeichnissen sowie optische Reproduktionseinrichtungen, welche die Pläne auf analogem Weg vervielfältigten, bestimmten den Alltag.

In langjährigen Erfahrungen entstandene Vorschriften für Zeichnung, Vervielfältigung und Archivierung konnten zwar eine überschaubare Ordnung schaffen; die dem System innewohnenden Schwächen wie Datenredundanz, hoher Aufwand für Transport und Lagerung sowie Verschlechterung der Zeichnungsqualität bei der Reproduktion blieben jedoch erhalten.

2.2.2 Einfache digitale Modelle

2.2.2.1 Informationszentrum Plan (IZ-Plan)

Etwa 3,6 Millionen technische Pläne hat DB Netz, das Eisenbahninfrastrukturunternehmen der Deutschen Bahn, zu verwalten. Der nicht mehr zeitgemäße Zustand der manuellen Erstellung und Fortführung erforderte die Neuorganisation des Plan- und Zeichnungswesens [SRS96].

Dazu wurde ein zentrales Archiv mit dem Namen IZ-Plan (Informationszentrum Plan) erschaffen. Dieses digitale Archiv besteht aus planbeschreibenden Informationen (Metadaten) und den grafischen Darstellungen im Rasterformat (Nutzdaten), welche größtenteils durch das Einscannen analoger Pläne gewonnen wurden. Über das unternehmensweite Bürokommunikationssystem (BKU) haben die Mitarbeiter den direkten Zugriff auf dieses Archiv. Jeder Nutzer dieser Anbindung verfügt über folgende Standardfunktionen des EDM-Systems (Engineering Data Management):

1. Aufruf von Planverzeichnissen
2. Suche und Recherche von Plänen und Zeichnungen
3. Darstellung der Pläne und Zeichnungen auf dem Bildschirm (View)
4. Ausgabe auf Papier

5. Änderungen in der Plan- und Zeichnungsdokumentation kennzeichnen (Redlining), welche automatisch an die planverantwortliche Stelle weitergeleitet werden.

Das EDM-System schränkt jedoch den Plan-/Zeichnungszugriff auf die jeweiligen Nutzungsberechtigten ein [TB99].

Bei Neu- oder größeren Umbauten werden heute die Pläne von Anfang an digital mittels verschiedener CAD-Werkzeuge erstellt. Deshalb gilt es, eine klare Grenze zwischen der Fortführung im Vektorformat (CAD) einerseits und im Rasterformat (IZ-Plan) andererseits zu ziehen. Bereits bei der Erfassung der Metadaten wird durch den Eintrag in einem Datenbankfeld die Herkunft aus CAD dokumentiert und damit die spätere Bearbeitung mit einem pixelorientierten Editor ausgeschlossen. Die Originaldaten sind – sofern vorhanden – immer die Vektordaten des CAD-Systems und werden im originalen CAD-System verwaltet.

Für Pläne, für die es keine Originaldaten im CAD-Format gibt, sind im System einfache Editierwerkzeuge vorhanden. Damit erstellte Symbole und Vektoren werden in eigenen Zeichnungsebenen (Layer) der Rasterdatei überlagert und auch als Vektor gespeichert. Dies ist jedoch nur ein rationeller Ersatz des manuellen Zeichnens und kann ein CAD-System nicht ersetzen [ORS98].

Auch wenn die analogen Pläne digitalisiert sind und damit das einfachste digitale Modell darstellen, so ist deren „Eigenintelligenz“ der von analogen Modellen gleichzusetzen. Gleichwohl ergibt sich durch das Rasterformat die Möglichkeit die Speicherung auf elektronischen Medien und damit der Vorteil einer zeitgemäßen Verteilung und Archivierung sowie einer verlustfreien Vervielfältigung. IZ-Plan stellt ein Dokumenten-Managementsystem dar, welches Pläne in einfachsten (Rasterdaten) und einfachen (Vektordaten) digitalen Modellen verwaltet.

2.2.2.2 Planung der Leit- und Sicherungstechnik

Mit dem Einzug der EDV in den Büroalltag wurde auch die Planung von LST-Anlagen nach und nach EDV-gestützt durchgeführt. Dabei wurde zunächst nur das Zeichenbrett durch den Rechner ersetzt. In erster Linie wurde dadurch die Form und Exaktheit der Zeichnung verbessert, auch Änderungen ließen sich einfacher bewerkstelligen. Doch jede Zeichnung wird als einzelne Datei gespeichert, ohne Verknüpfungen mit anderen Daten. Außerdem liegt es im Ermessen des Bearbeiters, Namen für Zeichnungsebenen

(Layer) und Symbole zu vergeben, so dass sich die Bearbeitung durch verschiedene Stellen als schwierig darstellt.

Das auf AutoCAD basierende Softwaresystem ProSig entwickelte das einfache digitale Modell der Zeichnungsdatei weiter, indem mehrere voneinander abhängige Pläne, die den gleichen Maßstab besitzen, in einer Datei gespeichert werden. Es beinhaltet umfangreiche Funktionalitäten zur Unterstützung der Erstellung von Gleislageplänen, der Planung von Signalanlagen sowie der Konstruktion von Schema- und Kabelplänen. Die durch den Einsatz von ProSig erreichte Zeichnungsqualität hinsichtlich Ebenenstrukturierung und Hinterlegung planungsrelevanter Daten ermöglicht neben der Durchführung von Plausibilitätsprüfungen auch die Zeichnungsauswertung zur Erstellung von Mengengerüsten.

ProSig basiert auf den Vorschriften der Deutschen Bahn und wird parallel zu den dortigen Anpassungen und Veränderungen sowie durch Integration neuer Techniken und Darstellungsweisen permanent aktualisiert und weiterentwickelt. Das Softwaresystem befindet sich bei Ingenieurbüros, Industriebahnen, im Bereich der Forschung und Lehre sowie bei DB Netz im Einsatz, wo es 1998 als Standardsoftware zur Planung von Signalanlagen eingeführt wurde [IVV01].

2.2.3 Komplexe digitale Modelle

2.2.3.1 Verwaltung der Infrastrukturdaten bei der Deutschen Bahn

Die zunehmende Anzahl von Einzelinformationen zu einem Objekt auf der einen und die stetig steigende Verflechtung der Beziehungen dieser Objekte auf der anderen Seite erfordern einen effizienten und professionellen Umgang mit der Gesamtheit der Informationen. Je intensiver und spezialisierter dieser Aufgabe nachgegangen werden kann, um so effektiver können die Daten genutzt werden und um so größer ist der erzielbare Nutzen [GL99].

Allgemein sind Infrastrukturdaten Informationen, welche die ober- und unterirdische Netz-Infrastruktur grafisch und verbal beschreiben und Sachverhalte dazu aufzeigen. So definierte Infrastrukturdaten sind bei der DB Netz in vier Systemen abgelegt:

- SAP R2 – für buchhalterische Zwecke
- DaViT (**D**aten**v**erarbeitung im **T**rassenmanagement) – insbesondere zur Fahrplankonstruktion

- PRINZIP (**P**rojekt **I**nstandhaltung durch **z**entral gesteuerte **i**ntegrierte **P**rozesse)
– für Planung, Durchführung und Controlling der Instandhaltung
- DB-GIS (**D**eutsche **B**ahn-**G**eografisches **I**nformationssystem).

Gegenüber den ersten drei Systemen, die in erster Linie operative Systeme sind, nimmt das DB-GIS eine Sonderstellung ein. Es unterliegt gegenüber der Allgemeindefinition von Infrastrukturdaten drei Einschränkungen:

- Es sind Bestandsdaten, keine Zustands- und Betriebsdaten (in geringem Umfang auch historische und zukünftige Daten).
- Sie haben einen festen örtlichen Bezug.
- Sie sind allgemeingültig; sie werden für Planung, Bau, Betrieb und Instandhaltung benötigt.

Zur Erstellung und Pflege des DB-GIS wurde das Netz-Infrastrukturdatenmanagement der Deutschen Bahn gegründet [GL01]. Im Folgenden soll näher auf das DB-GIS eingegangen werden.

2.2.3.2 Geografisches Informationssystem der Deutschen Bahn (DB-GIS)

DB-GIS ist die Bezeichnung für ein bundesweit flächendeckendes Geographisches Informationssystem der Deutschen Bahn. Es wurde von 1995 bis 1998 zur Vorhaltung von Basisdaten des Fahrweges entwickelt. DB-GIS besteht im Kern aus einer Sachdatenbank (ORACLE) und einer Grafik-Datenbank mit Zeichnungsdateien im MicroStation-Format. Die Zeichnungsdateien bilden im wesentlichen den Inhalt der Bahnhofs- und Streckenpläne in digitaler Form ab. Die Festlegung auf das Koordinatensystem der Landesvermessung als Grundlagennetz erlaubt eine maßstabsgetreue und organisationsübergreifende Abbildung der Realität. Das Gleisnetz besitzt dabei einen herausragenden Stellenwert wegen seiner zentralen Bedeutung für die direkt und indirekt ableitbaren Produkte [CO98].

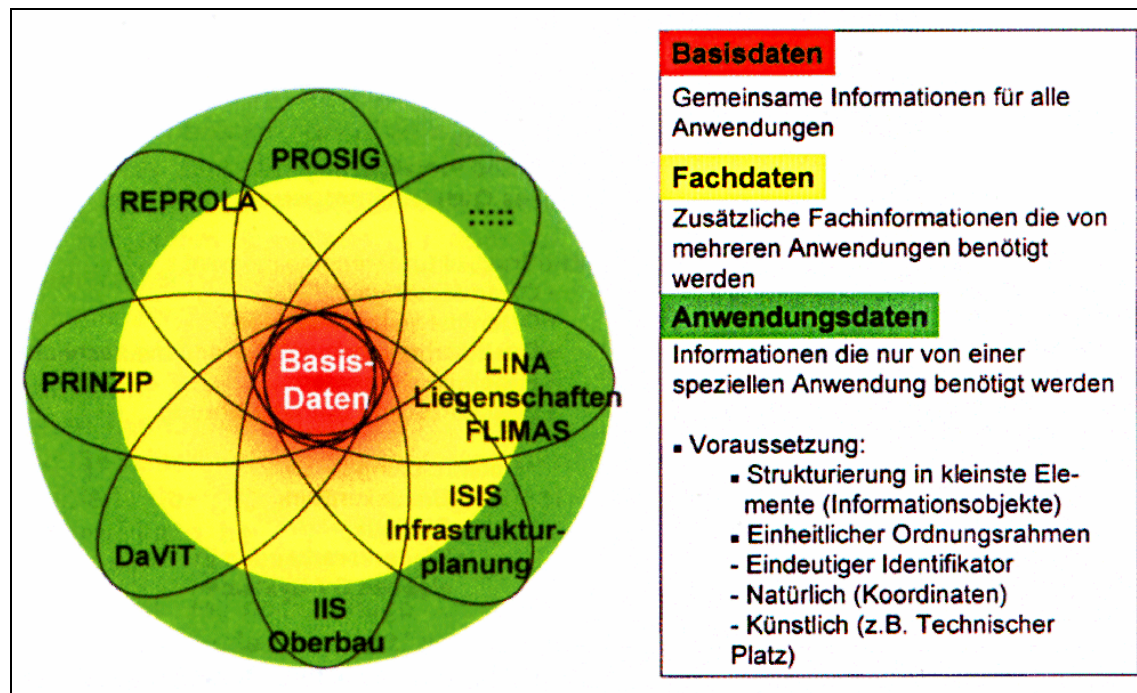


Bild 2: Systemarchitektur für Infrastrukturdaten bei DB Netz [GL01]

Basis für die Dokumentation der Infrastrukturdaten bilden sowohl der geografische als auch der streckenmäßige Bezug. Auf diesen Ordnungskriterien bauen die vom Netz-Infrastrukturdatenmanagement betriebenen Informationssysteme für Bahn-Geodaten auf:

- DB-Streckendaten
- Geografische Daten (Basisdaten und allgemeine Fachdaten)
- Gleisnetzdaten
- Lichtraumdaten.

Die Anwendung DB-Streckendaten (STREDA) bildet den Ordnungsrahmen für alle Strecken mit einheitlichen, organisationsunabhängigen Streckennummern auf der Basis der örtlichen Kilometrierung und bildet das Streckennetz mit seinen Verknüpfungen ab.

Der eigentliche Kern des DB-GIS besteht aus der bereits erwähnten Sachdatenbank und den Grafikdaten. Die interne Verknüpfungsmöglichkeit der Grafik- und Sachdaten sowie die Netzwerkfähigkeit des Systems werden im DB-GIS parallel genutzt. So werden z. B. Grundfunktionalitäten und -daten im Basissystem vorgehalten, während zusätzliche Funktionen und Daten in einer „Fachschaale“ abgelegt sind oder in separaten, eigenständigen Systemen und über Online-Zugriff ein Wechsel zwischen Sachdaten und Grafik ermöglicht wird [GL99].

Eine weitere Detaillierungsstufe des Streckennetzes wird im Baustein Gleisnetzdaten (GND) abgebildet. Gleisnetzdaten sind der exakte, digitale geometrische Nachweis aller Gleise. Die Gleisnetzdaten unterscheiden sich in geometrische und topologische Elemente.

Lichttraumdaten sind der Nachweis aller in einen fest definierten Raum um die Gleisachse hineinragenden Objekte in vertikalen Schnitten (Engstellenprofile) und – lagemäßig auf die Strecken bezogen – in Engstellenplänen [GL01].

Mit zunehmender Datenintegration steigt die wechselseitige Verfügbarkeit sämtlicher ortsbezogener Daten und damit die Zahl der Anwendungsmöglichkeiten stark an, während die Redundanz der Daten stark abnimmt. Dies bedeutet einerseits einen minimalen Aufwand für die Datenerfassung und -fortführung pro Anwender während andererseits aber die Komplexität der Daten zunimmt (Bild 3).

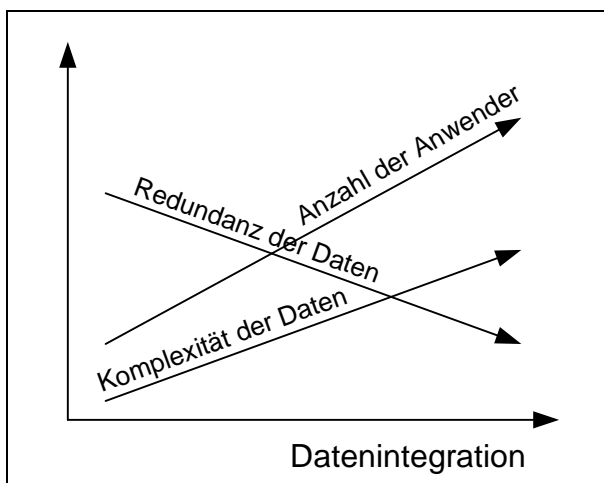


Bild 3: Folgen der Datenintegration [JA97]

Die Abbildung des umfassenden Datenmodells in GIS kann in unterschiedlichen Integrationsstufen realisiert werden. Von der Vorhaltung mehrerer, miteinander kompatibler GIS bis hin zu einem einzigen, allumfassenden System. Anzustreben ist ein möglichst integriertes System, weil dann der Nutzeffekt am größten ist. Da die Einführung solcher Systeme mit steigender Datenintegration jedoch wegen der Komplexität der Daten und der Vielzahl der Anwender immer schwerfälliger und langwieriger wird, muss bei der Umsetzung in die Praxis eine sinnvolle Grenze gesetzt werden [JA97].

DB-GIS ist bereits ein stark integriertes System. Es stellt Basis-Informationen und die sogenannten Fachdaten für alle Anwender zur Verfügung [JA97]. Anwendungsdaten, die außerhalb der Fachdaten liegen und nur der jeweilige Anwender braucht, müssen

nicht in DB-GIS integriert werden. Dafür stehen fachspezifische Programme zur Verfügung. Für die Leit- und Sicherungstechnik soll ProSig zukünftig diese Aufgabe übernehmen (Bild 2).

2.2.3.3 Betriebs- und Stellwerkssimulation (BEST)

Das System BEST (**B**etriebs- und **S**tellwerkssimulation), bei der Deutschen Bahn unter dem Namen SESAM bekannt, der Firma VST (Vossloh System Technik) besteht aus mehreren Programmteilen. Das Editierprogramm dient zur Erstellung und Änderung des Monitorbildes, zur Beschreibung der Topologie und zur Beschreibung des Stellwerkes. Dabei werden bereits einige Datenverknüpfungen, wie z. B. Fahrstraßensuche und Geschwindigkeitswahl in Abhängigkeit von der eingegebenen Infrastruktur, vorgenommen.

Das Simulatorprogramm arbeitet mit der Anlagendatei, welche durch den Editor erstellt wurde. Die Simulation wird zur Prüfung der Leistungsfähigkeit der Infrastruktur genutzt und zur Schulung von Fahrdienstleitern.

Das System ist vorrangig auf Simulation ausgerichtet. Die Erstellung der maßstäblichen sicherungstechnischen Lagepläne und deren Ableitungen erfolgt nach wie vor in herkömmlicher Weise auf CAD. Über eine Papierschnittstelle gelangen die Daten erst in das System. Mit diesen können zwar Bedienoberflächen gestaltet und Grunddaten für die Projektierung beim Stellwerkslieferanten erfasst und übergeben werden, jedoch umfassen diese nicht die Stellwerksdaten in der gesamten Tiefe. So konstatierte die ÖBB, dass der Schritt zu einem echten Planungseditor nur in Teilbereichen vollzogen ist [BPS01].

2.2.3.4 Die Methode GRACE

GRACE (**G**raphical **R**equirements, **A**nalysis and design method in a **C**ENELEC based **E**ngineering process) ist eine von Siemens speziell für die Eisenbahnsicherungstechnik entwickelte Methode zur formalisierten grafischen Darstellung von Kundenanforderungen. GRACE-Spezifikationen sind lesbar wie Relaisschaltungen, sie sind testbar in einer Simulationsumgebung und können maschinell weiterverarbeitet werden bis hin zur automatischen Codegenerierung. Die Methode GRACE wird durch verschiedene Tools technisch unterstützt [RP99].

GRACE dient hauptsächlich zur Unterstützung bei der Entwicklung von Stellwerkslogik beim Hersteller Siemens. Ähnlich wie bei BEST muss die Eisenbahninfrastruktur bereits geplant sein. In der Regel werden die in GRACE eingegebenen Infrastrukturdaten über eine Papierschnittstelle bereitgestellt.

2.3 Heutige Praxis der LST-Planung

2.3.1 Planungsprozess

Die Planung von LST-Anlagen geschieht heute weitgehend in einfachen digitalen Modellen, die die bisherige, analoge Vorgehensweise digital umsetzt. Trassierung, betriebliche Anforderungen und weitere Randbedingungen bilden das Fundament der Planung. In einem Lageplan vom Maßstab 1:1000 beginnt der Planer mit der Festlegung von Signalstandorten und Durchrutschwegen (siehe „Sicherungstechnischer Übersichtsplan“ und „Sicherungstechnischer Lageplan“ im Anhang IV). Darauf bauen alle weiteren Planungen auf, wie z. B. Gleisfreimeldeabschnitte, Fahrstraßen und Weichen, deren Eigenschaften in den Lageplänen, vor allem aber in den Planungstabellen erfasst werden [FN98], [LO98].

Am Beispiel eines Durchrutschweges soll ein typischer Planungsablauf verdeutlicht werden. Für das Ausfahrtsignal 21N2 (siehe „Sicherungstechnischer Lageplan“ im Anhang IV) soll ein Standort festgelegt werden. Betrieblich ist vorgegeben, dass Einfahrten auf das Signal 21N2 nicht die Einfahrten der Gegenrichtung (über Gleisabschnitt 2182 kommend) ausschließen dürfen. Deshalb muss der Durchrutschweg spätestens am Grenzzeichen der Weiche 2115 enden. Da auf das Signal 21N2 mit mehr als 60 km/h eingefahren wird, beträgt die Grundlänge des Durchrutschweges 200 m. Diese muss im vorliegenden Fall jedoch verlängert werden, da sich vor dem Signal ein Gefälle befindet. Aus den Berechnungsvorschriften [DB819] ergibt sich eine Solllänge von 300 m. Der Signalstandort muss sich also mindestens 300 m vor dem Grenzzeichen befinden. Der endgültige Standort ergibt sich aus der Örtlichkeit. So können Bahnsteige oder Oberleitungsmasten das Aufstellen am theoretisch berechneten Standort unmöglich machen. Dann muss der Standort des Signals an einen praktisch möglichen Ort verschoben werden unter der Bedingung, dass die Länge des Durchrutschweges mindestens eingehalten wird. Im vorliegenden Fall wurde ein Standort gewählt, der 311 m vor dem Grenzzeichen liegt.

Die Dokumentation dieser Überlegungen wird in der Gefahrpunkt- und Durchrutschwegtabelle vorgenommen (siehe Beispiel im Anhang IV). Dort wird für jeden Schutzabschnitt der Beginn (das Signal) und das Ende (der Gefahrpunkt) verzeichnet. Hinzu kommt die maßgebende Neigung als Nebenbedingung für Längenberechnung und die sich daraus ergebende Solllänge. Durch die Dokumentation der Istlänge kann sofort geprüft werden, ob diese mindestens der Solllänge entspricht. Außerdem werden eventuell im Durchrutschweg enthaltene, bewegliche Fahrwegelemente aufgeführt. Im vorliegenden Fall müssen die Weichen 2112a und 2112b in Rechtsstellung verschlossen sein.

Als weiteres Beispiel soll die Flankenschutztablette (siehe Beispiel im Anhang IV) dienen. Hier werden die Flankenschutzmaßnahmen für alle Weichen, Kreuzungen und Nahbedienbereiche dokumentiert. Es sei die Weiche 2111 beispielhaft herausgegriffen. Bei Fahrt über deren rechten Strang, der mit Höchstgeschwindigkeit befahren werden kann, ist vom Nachbarelement des linken Stranges der Flankenschutz zu fordern. Da das Nachbarelement aber ein Kreuzung ist, kann der Flankenschutz nur weitergegeben werden. Deswegen ist der Flankenschutz erforderlich, der bei einer Fahrt über den rechten Strang der Kreuzung 2112b gewährleistet wird. Welcher das ist, steht in der Zeile des Elements 2112b. Bei Fahrt über den linken Strang der Weiche 2111 ist das Flankenschutz bietende Nachbarelement des rechten Stranges die Weiche 2115. Diese jedoch ist eine Zwieschutzweiche. Welche Zwieschutzfallmaßnahme zum Tragen kommt, ist in der Zwieschutzweichentabelle (siehe Beispiel im Anhang IV) dokumentiert. Sie kann als untergeordnete Tabelle der Flankenschutztablette betrachtet werden.

Auf diese Weise werden die geografisch orientierten Pläne

- Sicherungstechnischer Übersichtsplan
- Sicherungstechnischer Lageplan
- Kabellageplan und
- Kabelübersichtsplan

sowie die Tabellen

- Gefahrpunkt- und Durchrutschwegtabelle
- Zugstraßentabelle
- Zusammengesetzte Zugstraßentabelle

- Flankenschutztafel
- Zwieschutzweichtafel
- Signaltafel, Teil 1
- Signaltafel, Teil 2
- Freimeldeabschnittstafel
- Nahbedienungstafel
- Gleismagnettafel und
- Erdungstafel Außenanlagen

mit Daten gefüllt. Weitere Pläne können projektspezifisch hinzukommen. Beispiele für die genannten Pläne einer LST-Planung finden sich im Anhang IV.

Im Planungsprozess kommt es immer wieder zu Rückkopplungen, die unter Umständen eine Veränderung am Anfang der Planungskette notwendig machen, was wiederum eine Änderung aller nachgeordneten Planungsschritte zur Folge hat. Je später im Planungsprozess solche Änderungen auftreten, desto komplizierter wird es, diese korrekt in alle Planunterlagen einzuarbeiten. Wird beispielsweise der Standort eines Hauptsignals verschoben, so ist u. a. zu prüfen, ob

- die Durchrutschwege noch die vorgeschriebene Mindestlänge haben
- sich die Grenze eines Gleisfreimeldeabschnittes im vorgeschriebenen Abstand hinter dem Signal befindet, um eine korrekte Löschung des Signalbegriffs zu gewährleisten
- sich der Abstand zum zugehörigen Vorsignal noch innerhalb der vorgeschriebenen Grenzen befindet
- (wenn das Hauptsignal auch eine Vorsignalfunktion besitzt) sich der Abstand zum nachfolgenden Hauptsignal innerhalb der vorgeschriebenen Grenzen befindet
- (wenn das Hauptsignal keine Vorsignalfunktion besitzt) sich der Abstand zum nachfolgenden Vorsignal innerhalb der vorgeschriebenen Grenzen befindet

Wird dann beispielsweise der Gefahrpunkt des Durchrutschweg verschoben, so muss wiederum geprüft werden, ob keine unerwünschten Fahrstraßenausschlüsse entstehen.

Ähnlich verhält es sich beim Entfall von Elementen. Wird beispielsweise eine Weiche ausgebaut, so kann das Auswirkungen auf folgende Planunterlagen haben: Sicherungstechnischer Übersichtsplan, Sicherungstechnischer Lageplan, Gefahrpunkt- und Durchrutschwegtabelle, Flankenschutztablette, Zwieschutzweichentabelle, Kabellageplan, Kabelübersichtsplan, Freimeldeabschnittstabelle, Nahbedienungstabelle und Erdungstabelle. Beispiele für Pläne und Tabellen befinden sich im Anhang.

Für die Erstellung von Lageplänen setzt sich ProSig (siehe 2.2.2.2) mehr und mehr durch. Durch seine vorgegebene Strukturierung der Zeichnungsebenen (Layer) und die vordefinierten Zeichnungssymbole (Blöcke) setzt ProSig einen Quasi-Standard. Unterprogramme nehmen dem Anwender Routinearbeit ab und Datenschnittstellen sorgen für einen Datenaustausch mit anderen EDV-Systemen, wie DB-GIS oder CARD/1. Voraussetzung für ein Einlesen von Daten ist natürlich, dass diese bereits digital vorliegen. Ist das nicht der Fall, bietet ProSig Unterstützung bei der Vektorisierung von Rasterdaten. Darunter leidet zwar die Genauigkeit, allerdings ist sie für sicherungstechnische Planungen ausreichend.

Diese Eigenschaften führen lediglich zu einer Verbesserung der Zeichnungserstellung und -fortführung. In gewissem Umfang lassen sich auch Plausibilitätsprüfungen durchführen, sowie Mengengerüste erstellen. Die in der ProSig-Datei enthaltenen Informationen reichen jedoch nicht aus, um die Planungstabellen vollständig mit Daten zu füllen. Deshalb werden die in ProSig enthaltenen Daten zunächst in eine Tabellenkalkulation überführt, in der dann die nicht in ProSig enthaltenen Daten manuell hinzugefügt werden. Dabei gibt es keine weitere Verbindung zwischen den beiden Datensätzen „Zeichnung“ und „Tabelle“. Ändern sich Daten in der Planung, so sind die Änderungen entweder in beiden nachzuführen oder es wird erneut aus ProSig eine Tabelle erzeugt, wobei dann jedoch erneut alle nicht in ProSig vorhandenen Daten manuell hinzuzufügen sind.

Auch zwischen den Daten innerhalb des Tabellenwerks existiert so gut wie keine Verknüpfung. Um der menschlichen Auffassungsgabe gerecht zu werden, ist es notwendig, ein Datum in mehreren Tabellen – und damit redundant – zu speichern. Deshalb ist bei Änderungen große Sorgfalt notwendig, um ein geändertes Datum an allen Stellen zu berücksichtigen. Wird dies auch nur an einer Stelle vergessen, sind die Planunterlagen inkonsistent und können im Extremfall sogar Fehler enthalten, die die Sicherheit des Eisenbahnbetriebs gefährden. In der Regel werden zwar Planungsfehler

bei der Prüfung durch Sachverständige des Eisenbahn-Bundesamtes gefunden, dennoch bleibt eine Restfehlerwahrscheinlichkeit. Oberstes Ziel einer sicherungstechnischen Planung ist die Fehlerfreiheit (durch Fehlerausschluss), womit ein Teil der systematischen Fehler einer solchen Anlage von vornherein vermieden werden kann [FP90].

Bisher kann ProSig nur Pläne gleichen Maßstabs (sicherungstechnischer Lageplan und Kabellageplan) in einer Datei verwalten und damit Redundanzfreiheit zwischen diesen schaffen. Eine Erzeugung von Plänen in anderem Maßstab (Isolierplan bzw. Schienenteilungsplan) ist zwar möglich, jedoch besteht zwischen dem Ausgangsplan und dem erzeugten Plan keine Verknüpfung, so dass sich Änderungen von gemeinsam enthaltenen Daten (z. B. Gleisachse) in einem Plan nicht auf den anderen auswirken.

Für Übersichtszwecke werden oft verzerrte Pläne benötigt. Diese haben beispielsweise einen Längenmaßstab von 1:5000 und einen Breitenmaßstab von 1:1000. Ein eindimensionales Stauchen der AutoCAD-Zeichnung führt nicht zum gewünschten Ziel, da dabei auch alle Symbole gestaucht werden. Dadurch werden die Symbole bis zur Unkenntlichkeit verzerrt und entsprechen außerdem nicht mehr den Normen. Hinzu kommt, dass sich ein Stauchen nur entlang einer geraden Achse durchführen lässt. Besser wäre es, wenn nur das Gleisnetz entlang der Kilometrierungsachse gestaucht werden würde. Bisher werden verzerrte Pläne parallel zum sicherungstechnischen Lageplan erstellt, wobei es auch hier keinerlei datentechnische Verknüpfungen gibt.

2.3.2 Datenschnittstelle zum Stellwerkslieferanten

Nachdem die LST-Planung beim Eisenbahninfrastrukturunternehmen oder bei dem mit der Planung beauftragten Dienstleister (Ingenieurbüro) abgeschlossen ist, folgt in der Regel die Beauftragung des Herstellers. Die dafür benötigten, umfangreichen Planunterlagen werden heute in Papierform übergeben, obwohl die Daten in der Regel nach der Planung digital vorliegen und für die Projektierung auch in digitaler Form benötigt werden [MM01].

Die Übergabe in den bestehenden, einfachen digitalen Modellen (Raster-, Vektor- und Textdaten) würde diesen Zustand nicht verbessern, da sie nicht EDV-gerecht strukturiert sind und keine einheitliche Schnittstelle besteht. Mit ProSig steht zwar eine einheitlich strukturierte Datenbasis zur Verfügung, sie umfasst jedoch noch nicht alle Daten. Gleichwohl könnten dadurch wesentliche Teile der Planung digital übergeben werden; eine derartige Schnittstelle existiert hier jedoch bisher auch nicht.

2.3.3 Weitere EDV-Systeme

Die erwähnten Systeme BEST und GRACE können die angesprochenen Probleme nicht lösen, da sie erst später im Planungsprozess ansetzen. Ihre Schwerpunkte liegen auch weniger in der LST-Planung, sondern in Simulation und Projektierung bzw. der Entwicklung von Stellwerkslogik. Gleichwohl wäre es möglich, bei Vorliegen von definierten Schnittstellen, Daten elektronisch einzulesen, anstatt über eine Papierschnittstelle zu gehen.

3 Neuer Ansatz für den Planungsprozess

3.1 Idee

Im vorangegangenen Kapitel wurde aufgezeigt, wie sich der Prozess der Planung von LST-Anlagen heute gestaltet. Um die vorhandenen Mängel abzustellen, wird für den Prozess ein grundsätzlich neuer Ansatz vorgeschlagen. Notwendig ist ein Vorgehen, das sämtliche Planungsdaten in einer geordneten und redundanzfreien Form zusammenstellt und verwaltet. Aus dem einheitlichen Datenpool sollen weitere Daten und alle Arten von Plänen generiert werden können sowie automatische Prüfungen möglich sein.

3.1.1 Speicherung des sicherungstechnischen Tabellenwerks in einer Datenbank

Neben verbalen Beschreibungen und geografisch orientierten Plänen ist eine große Anzahl von Tabellen Bestandteil einer LST-Planung. Unterschiedliche Elemente und Sachverhalte werden mit ihren Eigenschaften tabellarisch dokumentiert und dadurch für den Menschen überhaupt erst verständlich.

Dies bedingt jedoch, dass gleiche Daten an mehreren Stellen auftauchen. Spätestens an dieser Stelle ist die Vorteilhaftigkeit einer Datenbank zu erkennen. Sie trennt Daten und Ausgabeformat und ermöglicht eine redundanzfreie Speicherung. Die Redundanzfreiheit sorgt für konsistente Daten im Tabellenwerk, da sich die Änderung des „Ur“-Datums sofort auf alle Ausgabetafeln auswirkt.

Eine solche Datenbank stellt bereits ein komplexes digitales Modell dar. Sie erfasst zwar noch nicht alle LST-Daten, da sie nicht alle geografischen Daten berücksichtigt und auch die Geometrie der Zeichnungen nicht beinhaltet, würde aber für sich allein bereits einen Produktivitätsgewinn im Planungsprozess bedeuten, da Routinearbeiten des Planers entfallen und immer eine konsistente, elektronische Datenbasis besteht.

3.1.2 Integration der geografischen Daten

Für die Schaffung von Redundanzfreiheit in Zeichnungen **und** Tabellen ist die Integration geografischer Daten in das Datenmodell unumgänglich. Nicht nur die Daten für Tabellen lassen sich damit aus der Datenbank ableiten, sondern auch die Daten, aus denen die Zeichnung generiert wird. Damit besteht eine einheitliche Datenbasis für die gesamte LST-Planung. Die Funktion des CAD-Systems beschränkt sich auf eine Ein- und Ausgabeschnittstelle; eine Speicherung von Daten in einer separaten Zeichnungsda-

tei findet nur noch insofern statt, wie sie zur optimalen grafischen Darstellung notwendig ist.

Weiterhin werden erst mit der Einbindung geografischer Daten viele der im Folgenden beschriebenen Rechenoperationen möglich, da dafür die Kenntnis der Nachbarschaftsbeziehungen zwischen den Elementen und deren Standort notwendig ist.

3.1.3 Einbettung von Rechenoperationen zur Datengenerierung und Grenzwertüberwachung

Bei der LST-Planung besteht zwar ein gewisser Raum für Kreativität, die der Planer vor allem durch Erfahrung einbringen muss. Viele Daten jedoch lassen sich nur nach strengen Regeln aus den Grunddaten ableiten; dabei existiert kein Spielraum für den Planer. Solche Algorithmen lassen sich automatisieren, wenn die Grunddaten in geeigneter Form vorliegen. Durch die Datenbank ist diese Form vorhanden. So können z. B. alle Fahrstraßen einer Betriebsstelle und die dazugehörigen Signalbilder automatisch ermittelt werden, da alle Randbedingungen in der Datenbank erfasst sind.

Auch eine dynamische Überwachung während des Planungsprozesses ist möglich. So kann beispielsweise automatisch eine Warnung ausgegeben werden, wenn bestimmte Grenzwerte verletzt werden, wie z. B. die Unterschreitung des Mindestvorsignalabstandes.

Durch die Datenmanipulationen und -überwachungen wird nicht nur der Planer von Routinearbeit entlastet, auch die Exaktheit der Planung wird erhöht. Da beim neuen Vorgehen ein Teil der möglichen Fehler von vornherein ausgeschlossen ist, trägt die Anwendung des neuen Ansatzes auch zur Erhöhung der Sicherheit im Eisenbahnbetrieb bei.

3.1.4 Schaffung einer Datenschnittstelle zum Stellwerkslieferanten

Wie bereits beschrieben, werden die Planungsunterlagen an den Stellwerkslieferanten meist in Papierform übergeben. Alle Lieferanten, so auch die von Stellwerken, sind heute daran interessiert, Bestellungen in elektronischer Form zu bekommen, da die interne Verarbeitung ohnehin elektronisch erfolgt und die Wandlung von Papierdaten in elektronische Daten aufwändig ist und Fehlerquellen birgt. Im komplexen digitalen Modell „Stellwerksdatenbank“ sind nunmehr in geordneter Form alle notwendigen Daten enthalten, um die Schnittstelle digital zu gestalten.

3.2 Anforderungen

3.2.1 Allgemeines

Mit dem bisher in ProSig eingesetzten Prinzip der Datenhaltung innerhalb einzelner AutoCAD-Zeichnungsdateien in Form von erweiterten Elementdaten (EED) und Block-Attributen ist die Sicherstellung der Konsistenz zwischen einzelnen Zeichnungen (z. B. sicherungstechnischer Lageplan und sicherungstechnischer Übersichtsplan) sowie zwischen Zeichnungen und dem sicherungstechnischen Tabellenwerk nur schwer realisierbar. Durch die Nutzung einer Datenbank zur Datenhaltung und AutoCAD als Werkzeug zur Dateneingabe und Visualisierung kann dieses Problem gelöst werden.

Der Datenaustausch mit dem Datenbanksystem zum Bestandsdatensystem der DB Netz (DB-GIS) muss auch bei der Verwendung einer Datenbank innerhalb von ProSig möglich sein; vermutlich wird sich der Datenaustausch sogar einfacher gestalten, da die in der ProSig-Datenbank enthaltenen Informationen für den Austausch lediglich in das vom DB-GIS erwartete Format umgesetzt werden müssen. Jedoch muss das Datenmodell auch für sich allein funktionieren, da mit ProSig auch Schieneninfrastruktur außerhalb der DB geplant werden soll, z. B. für Werk-, Stadt- oder ausländische Bahnen.

Die Datenbank soll für ESTW-Planungen ausgelegt sein. Grundsätzlich ist damit auch die Planung von Stellwerken anderer Bauformen möglich; auf sie soll jedoch im Folgenden keine Rücksicht genommen werden. Unter Umständen sind dafür kleinere Anpassungsentwicklungen notwendig.

3.2.2 Datenbank-Software

ProSig wird in Windows-Umgebungen eingesetzt. Darauf ist bei der Auswahl der Datenbanksoftware Rücksicht zu nehmen. Außerdem benötigt die Datenbank eine gewisse Akzeptanz des Anwenders, um sich durchsetzen zu können. Ferner sollten die ggf. notwendigen Investitionskosten beim Kauf der Datenbank möglichst gering gehalten werden. Auf Windows-PC sind am ehesten die Office-Applikationen der Reihe Microsoft Office vorzufinden. Aus diesem Grund fiel die Entscheidung zugunsten der Datenbanksoftware Microsoft Access. Access ist eine relationale Datenbank, die sich in die Windows-Umgebung einpasst und für die beabsichtigten Zwecke eine ausreichende

Leistungsfähigkeit besitzt. Außerdem können Programme in Visual Basic für Datenmanipulationen verwendet werden.

3.2.3 Erfassung der LST-Daten

Alle LST-Daten eines Stellwerks im Detaillierungsgrad des PT 1 (Projekt Teil 1 bzw. Plan Teil 1) sollen in der Datenbank erfasst werden. Der PT 1 umfasst die Daten, die dem Stellwerkslieferanten übergeben werden.

3.2.4 Einbindung von Topologie und Topografie

Um Beziehungen zwischen den Elementen der LST herzustellen und Berechnungen sowie Datenmanipulationen vorzunehmen (z. B. bei der automatischen Fahrstraßensuche), können die Elemente nicht für sich allein stehen, sondern müssen in ein Ordnungsschema gebracht werden, welches die Nachbarschaftsbeziehungen beschreibt. In Eisenbahnnetzen dient dazu die Topologie des Gleisnetzes.

Da die Anforderung besteht, maßstäbliche Lagepläne erzeugen zu können, muss auch die maßstäbliche und lagerichtige Anordnung von Gleisen und sicherungstechnisch relevanten Elementen enthalten sein. Dies geschieht in der Topografie.

Bei der Modellierung der Topografie ist zu beachten, dass in vielen Fällen heute noch mit ProSig Lagepläne aus gescannten Papierplänen erzeugt werden. Auch nach einer Entzerrung können noch Längenabweichungen von mehr als einem Prozent bestehen. Deshalb sollen sich Längen- und Kilometerangaben von Elementen immer auf die nächstliegende Angabe auf der Kilometrierungsachse beziehen.

3.2.5 Speicherung von Bauzuständen und Varianten

Die Erstellung neuer LST-Anlagen sowie der Umbau erfolgt meist in mehreren Etappen, den Bauzuständen, die den Endzustand zum Ziel haben. Jeder dieser Zustände muss zunächst geplant werden. Da sich von einem Zustand zum anderen nicht alles ändert, würde bei der Speicherung der Planungen ein hohes Maß an Datenredundanz entstehen. Dem kann abgeholfen werden, wenn neben dem kompletten Ausgangszustand immer nur diejenigen Daten gespeichert werden, die sich im jeweiligen Zustand verändern. Gleiches gilt für die Planung von Varianten.

3.2.6 Ableitung weiterer Daten

Die Datenbank soll den Planer bei seiner Arbeit unterstützen und ihm Routinearbeit abnehmen. Deshalb muss sie auch solche Daten enthalten, die nicht unbedingt Bestandteil des PT 1 sind, sondern zur Unterstützung des Planungsprozesses dienen. So ist z. B. die Eigenschaft des Fahrstraßenzieles, ob dort eine Zug und/oder Rangierstraße endet, nicht direkt im PT 1 enthalten. Indirekt ist sie in den Fahrstraßentabellen enthalten. Da diese automatisch generiert werden sollen, ist die Speicherung der o. g. Eigenschaft notwendig.

3.3 Struktur der Datenbank

Die Darstellung von Topologie und Topografie, die die logische und räumliche Anordnung der Elemente beschreibt, erfolgt in einem Knoten-Kanten-Modell. Dabei werden Topografie und Topologie miteinander verknüpft sein. Es ist darauf zu achten, dass keine Datenredundanzen entstehen. Die Datenstrukturen, die sich hinter dem Knoten-Kanten-Modell verbergen, werden im Kapitel 5 erläutert.

Die Darstellung der LST-Daten soll in hierarchisch gegliederten Tabellen erfolgen. Hierzu ist es notwendig, den Aufbau eines Stellwerks in eine logische Datenstruktur zu überführen. Das LST-Datenmodell wird im Kapitel 6 beschrieben.

Zur örtlichen und logischen Zuordnung der LST-Daten ist eine Verknüpfung des LST-Datenmodells mit dem Knoten-Kanten-Modell notwendig. Im Vorgriff auf die folgenden Kapitel sei bereits genannt, dass die Verknüpfung der beiden Modelle – Knoten-Kanten-Modell und Datenmodell der LST-Daten – im wesentlichen über das Element PunktTopKante erfolgt, welches einen zentralen Aspekt im gesamten Datenmodell darstellt.

4 Festlegungen

4.1 Darstellung der Datenstrukturen

Zur Darstellung der Datenstrukturen wird das in der Datenbankpraxis weit verbreitete Entity-Relationship-Modell verwendet [SCH99]. Um die Übersichtlichkeit zu bewahren, wird die Darstellung etwas vereinfacht. Eine ausführliche Darstellung, die direkt aus der Datenbank erzeugt wurde, befindet sich im Anhang.

Unter einer **Entität** wird ein unterscheidbares Objekt (im Sinne der betrachteten Objekte in der Datenbank) verstanden. In einer relationalen Datenbank wird eine Entität durch eine **Tabelle** repräsentiert. Ein **Attribut** bzw. eine **Eigenschaft** ist ein Teil einer Entität, welches die Entität beschreibt [SCH99].

Jede Tabelle entspricht einer Entität, welche durch ein Rechteck mit dem Namen der Tabelle verdeutlicht wird. Die Beziehungen (Relationships) zwischen den Entitäten werden durch einen Strich kenntlich gemacht, der durch die Bezeichnung des Beziehungstyps unterbrochen ist. Dabei treten folgende Beziehungstypen auf:

Beziehung Beispiel in Bild 4

- 1:n Zu einem Element B gehören keine, ein oder mehrere Elemente D. Zu einem Element D gehört genau ein Element B.
- 2:n Zu einem Element C gehören keine, ein oder mehrere Elemente B. Zu einem Element B gehören genau zwei Elemente C.
- 1:c Zu einem Element A gehört kein oder ein Element B. Zu einem Element B gehört genau ein Element A.

Zur Abgrenzung der Betrachtungseinheiten im Datenmodell der LST-Daten (Kapitel 6) wird folgende Vereinbarung getroffen: Der gestrichelte Kasten stellt die Abgrenzung von Teilmodellen dar. Alles, was sich innerhalb des Kastens befindet, gehört nicht zur aktuellen Betrachtungseinheit und wird nur zum Verständnis der Zusammenhänge dargestellt. Im Beispiel von Bild 4 bedeutet das: Die Entität A gehört zu einer anderen Betrachtungseinheit. Nur die Beziehungen der Entität A, die zum Verständnis der aktuellen Betrachtungseinheit notwendig sind, werden dargestellt.

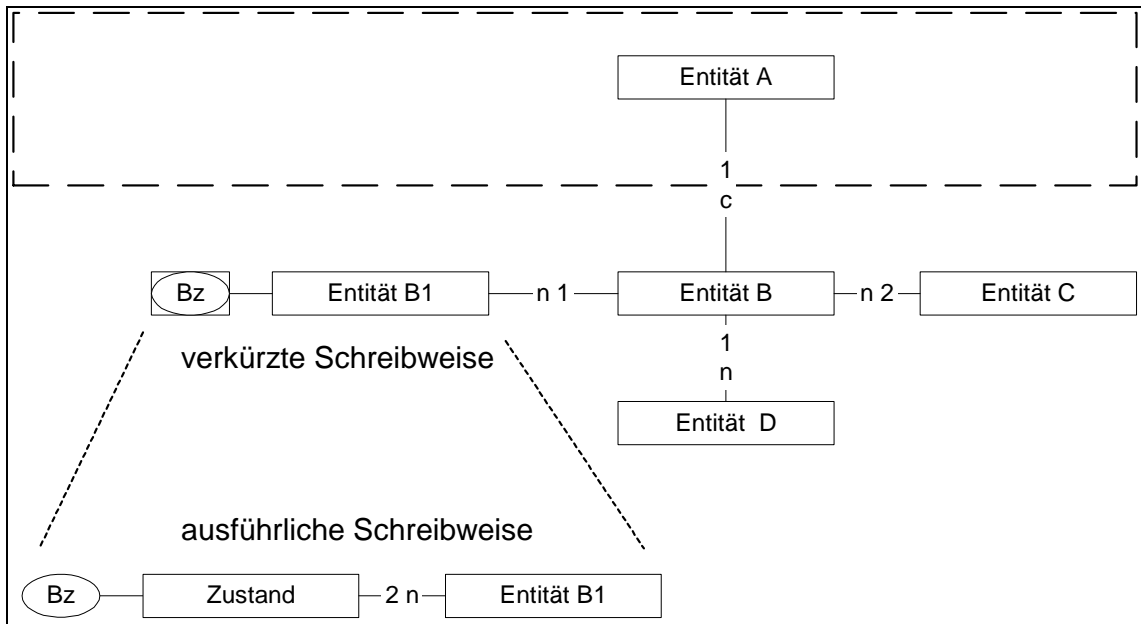


Bild 4: Benutzte Notation der Entity-Relationship-Modelle

Attribute werden gewöhnlich durch eine Ellipse abgebildet. Zur Wahrung der Übersichtlichkeit werden diese, mit Ausnahme der besonderen Schreibweise von Bauzuständen, nicht dargestellt. Aus gleichem Grund werden nicht projektspezifische Tabellen, die nur Grunddaten enthalten, ebenfalls nicht dargestellt. Sie können der ausführlichen Darstellung im Anhang entnommen werden.

Da die Beziehung von Elementen zu Bauzuständen sehr häufig auftritt, wird dafür eine verkürzte Schreibweise angewendet, welche ebenfalls in Bild 4 dargestellt ist. In der verbalen Beschreibung der folgenden Kapitel werden Tabellen durch eine besondere Schreibweise kenntlich gemacht.

4.2 Bauzustände bzw. Varianten

Die Berücksichtigung von Bauzuständen bzw. Varianten nimmt im Datenmodell breiten Raum ein und hat Auswirkungen auf die Datenstruktur. Wenn in der Dokumentation von Bauzuständen die Rede ist, so gilt dies für Varianten analog.

Grundsätzlich besteht das Problem, dass sich gewisse Eigenschaften eines physischen Elements von Zustand zu Zustand ändern können, die übrigen Eigenschaften dieses Elements jedoch unverändert bleiben. So kann z. B. von einem Bauzustand zu einem darauf folgenden Zustand der Standort eines Signals variieren, während alle anderen Eigenschaften des Signals erhalten bleiben. Weiterhin können Eigenschaften oder das

ganze Element mehrfach bei Zustandswechsel existent bzw. nicht existent werden, z. B. wenn in einem Bauzustand der Zusatzanzeiger eines Signals nicht benötigt wird. Aus diesem Grund werden aus Attributen Tabellen, in denen das Attribut bzw. das ganze physische Element mit den Zuständen verknüpft wird, in denen sie ihre Existenz beginnen bzw. beenden.

Grundsätzlich bekommt zunächst jedes Element einer solchen Tabelle als Beginn der Lebensdauer den Zustand „0“ und als Ende der Lebensdauer den Zustand „99“ zugewiesen. In Abhängigkeit von der Existenz können dann die einzelnen Zustände ausgewählt werden.

5 Knoten-Kanten-Modell

Beim Knoten-Kanten-Modell stehen zwei Aufgaben im Vordergrund:

- Geografische Abbildung der sicherungstechnisch relevanten Elemente
- Abbildung der Gleisgeometrie

Beiden Abbildungen ist gemein, dass die jeweiligen Elemente eindeutig einem bestimmten Gleis zugeordnet werden können, was in einem übergeordneten, topologischen Modell beschrieben werden kann.

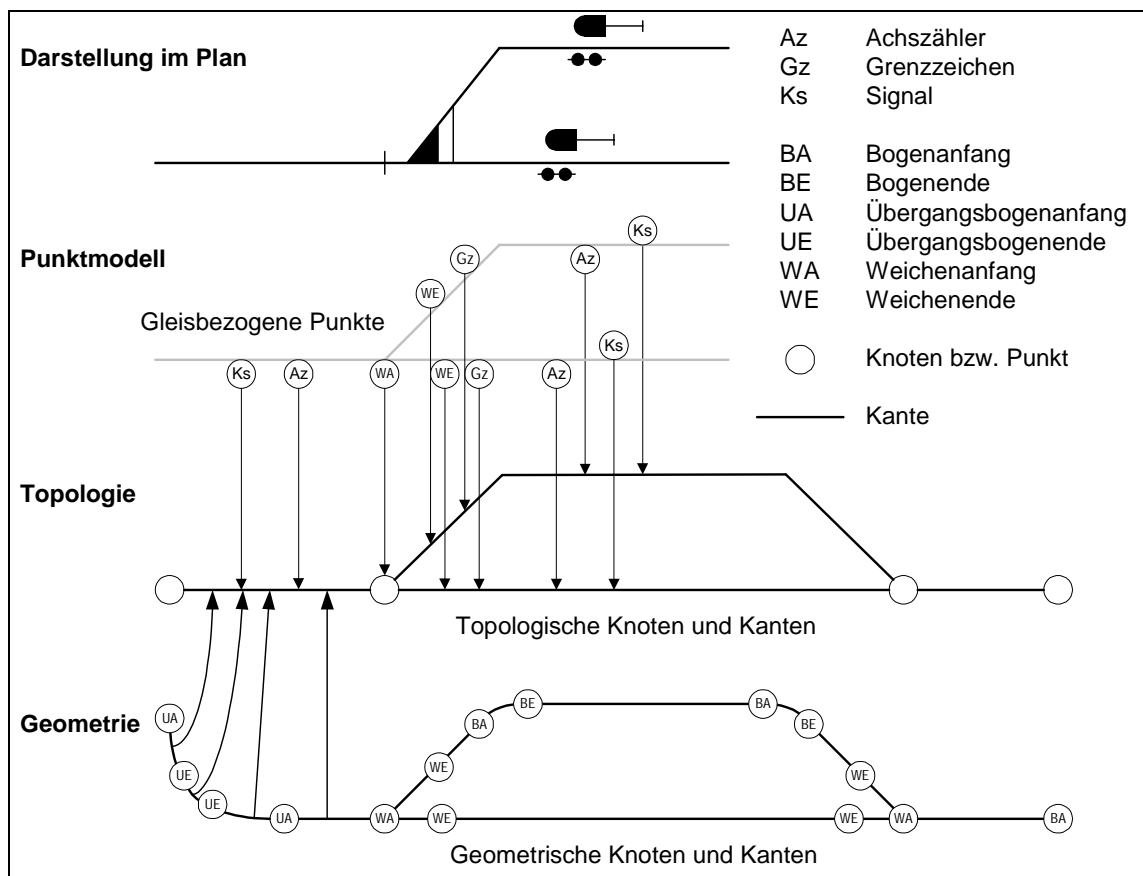


Bild 5: Zusammenhang der Teilmodelle (Zuordnung Geometrie – Topologie nur teilweise dargestellt)

Eine Vereinigung beider Abbildungen in einem Knoten-Kanten-Modell ist nicht möglich, da die wesentlichen Eigenschaften eines geometrischen Elements (z. B. Anfangs- und Endradius eines Übergangsbogens) als Kanteneigenschaft zu speichern ist. Diese Kante wäre aber bei der Vereinigung beider Abbildungen in einem Knoten-Kanten-Modell durch die Knoten der sicherungstechnischen Elemente vielfach unterbrochen. Das Problem wurde auch bei der Gestaltung des Datenmodells der Firma

Technet für das DB-GIS erkannt und durch die Trennung von Topologie und Topografie gelöst [BA97]. Ein ähnlicher Ansatz soll auch hier verfolgt werden.

Zur eindeutigen Bestimmung des Standorts infrastruktureller Elemente wird in vielen Fällen die Kilometrierung herangezogen. Eine Kilometerangabe ist die rechtwinklige bzw. radiale Projektion eines Punktes auf die Kilometrierungsachse [DB883]. Daraus ergibt sich die Notwendigkeit, die Streckenachse (= Kilometrierungsachse) mit ihrer Kilometrierung in das Modell aufzunehmen.

5.1 Grundmodell der Geometrie (Topografie)

Bedingt durch die Eigenschaften des Systems ProSig kann die Gleisgeometrie nicht wie in der Trassierung üblich abgebildet werden. So wird in der Trassierung eine Achse durch eine Weiche nicht unterbrochen. Bei einer einfachen Weiche geht die Achse ohne Unterbrechung durch das Stammgleis; am Weichenmittelpunkt beginnt die Achse des Zweiggleises. In ProSig hingegen bildet jede Weiche einen Block, an den die abgehenden Gleise nur unmittelbar am Weichenende bzw. -anfang angeschlossen sind. Dies stellt eine sehr hilfreiche Vereinfachung gegenüber dem Technet-Modell dar, da nun zwischen der geometrischen Kante (dem Trassierungselement) und der topologischen Kante keine m:n Beziehung mehr besteht.

5.1.1 Geometrischer Knoten

Die geometrischen Knoten `GeoKnoten`, als Anfangs- bzw. Endpunkt einer Geometrischen Kante, enthalten x- und y-Koordinaten. Sie bilden den einzigen örtlichen Bezug zur realen Welt und sind die Grundlage für das Knoten-Kanten-Modell.

5.1.2 Geometrische Kante

Geometrische Kanten `GeoKante` beschreiben die Geometrie der Gleis- und Kilometrierungsachsen. Sie beginnen und enden an je einem `GeoKnoten`, weshalb sich zwischen `GeoKnoten` und `GeoKante` eine 2:n Beziehung ergibt.

Folgende geometrische Elemente sind möglich:

- Gerade
- Kreisbogen
- Übergangsbogen.

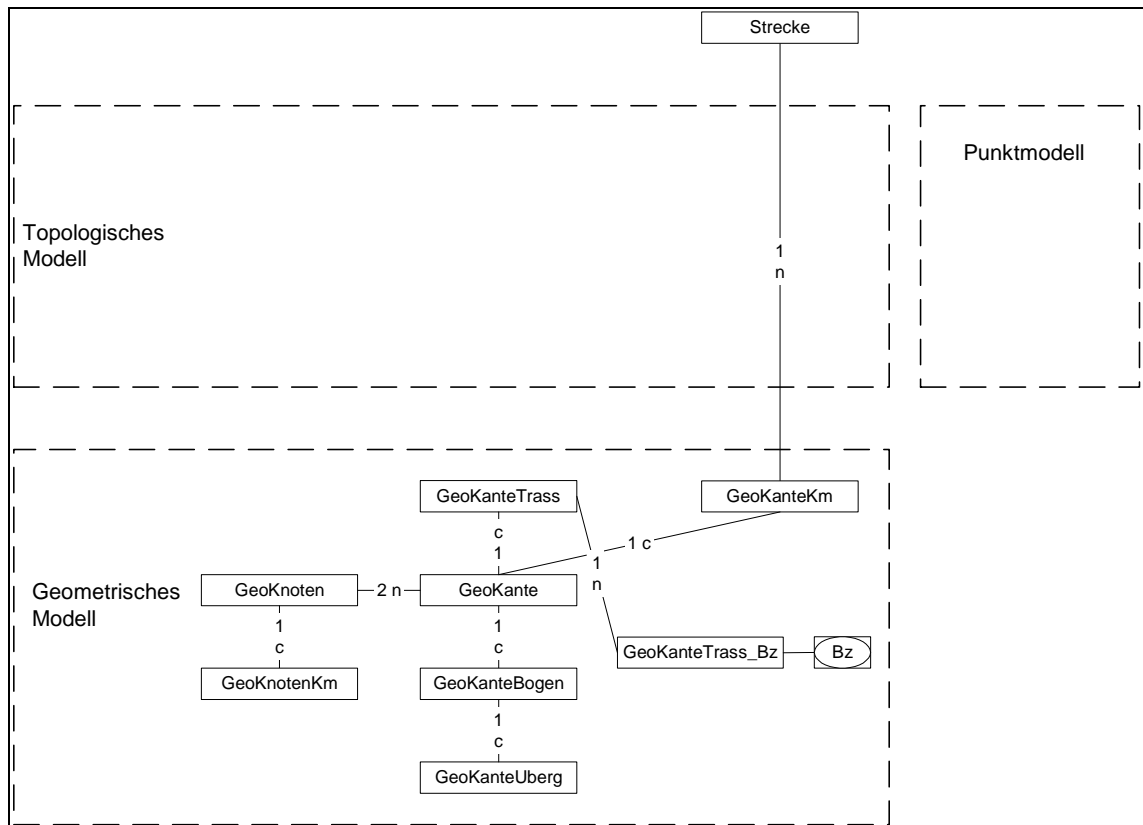


Bild 6: Geometrisches Grundmodell und Verknüpfung zur Strecke

Ist die Kante eine Gerade, so reicht für ihre vollständige Beschreibung die Angabe der sie begrenzenden Knoten aus. Für einen Kreisbogen müssen außerdem Radius, Bogensinn und Tangentenwinkel gespeichert werden, was in der Tabelle GeoKanteBogen geschieht. Ist die Kante ein Übergangsbogen, wird zusätzlich zu den Eigenschaften des Kreisbogens der Endradius und die Übergangsbogenform in der Tabelle GeoKanteUberg gespeichert. Der in GeoKanteBogen gespeicherte Radius gilt als Anfangsradius. Dadurch, dass die zusätzlichen Angaben zur GeoKante nur bei bestimmten geometrischen Elementen notwendig sind, ergibt sich die 1:c Beziehung zur jeweils untergeordneten Tabelle (Bild 6).

5.1.3 Kilometerangaben im GeoKnoten

Knoten, die auf der Kilometrierungsachse liegen, also ein geometrisches Element der Streckenachse begrenzen, enthalten als Spezialisierung die untergeordnete Tabelle `GeoKnotenKm`, in der der Streckenkilometer am Standort des Knotens abgespeichert wird (Bild 6).

Durch die Speicherung des Kilometers in jedem dieser Knoten ergibt sich eine gewisse Redundanz, da der Abstand von Knoten zu Knoten auch berechnet werden kann. Wegen der möglichen Ungenauigkeiten bei eingescannten Plänen soll jedoch der genaue Kilometer immer wieder gespeichert werden und Orts- bzw. Entfernungsangaben immer vom nächstliegenden Knoten aus `GeoKnotenKm` berechnet werden.

5.1.4 Trassierungselement

Das Trassierungselement `GeoKanteTrass` ist, wie das noch vorzustellende Kilometrierungselement `GeoKanteKm`, eine Spezialisierung der geometrischen Kante `GeoKante`. Fällt die Kilometrierungsachse, wie oftmals bei eingleisigen Strecken, mit einer Gleisachse zusammen, haben `GeoKanteKm` und `GeoKanteTrass` die gleiche `GeoKante` zur Grundlage.

Die Elemente eines Gleises können in verschiedenen Bauzuständen existent oder nicht existent sein. Die Information darüber wird in `GeoKanteTrass_Bz` abgespeichert (Bild 6).

Für die Darstellung von Weichen und Kreuzungen sind u. a. jeweils zwei (Weiche) bzw. vier (Kreuzung) `GeoKanteTrass` notwendig. Diese Kanten werden in der grafischen Ausgabe nicht dargestellt und sind nur logisch im Datenmodell der Geometrie vorhanden.

5.2 Strecke

Die Strecken der Deutschen Bahn sind im Streckenverzeichnis mit Namen und Nummer aufgeführt. Diese Angaben werden für die im Projekt beteiligten Strecken in der Tabelle `Strecke` übernommen.

Alle im DB-Streckenverzeichnis aufgeführten Strecken haben eine eigene Kilometrierung, die in Richtung der Namensnennung verläuft. Die Kilometrierung bildet die

Längenentwicklung einer Bahnstrecke ab und ermöglicht Ortsangaben entlang der Strecke [DB883].

Die Kilometrierungsachse wird aus Kilometrierungselementen `GeoKanteKm` zusammengesetzt. Zu einer Strecke gehören mehrere `GeoKanteKm` woraus sich eine 1:n Beziehung ergibt. Für Kilometrierungselemente sind prinzipiell die gleichen geometrischen Eigenschaften wie für die Elemente einer Gleisachse zugelassen. Deshalb basiert `GeoKanteKm` auf `GeoKante`, ist also, wie das bereits eingeführte Trassierungselement, eine Spezialisierung von `GeoKante` (Bild 6).

Handelt es sich um Infrastruktur ohne Streckennummer und Kilometrierungsachse (z. B. bei Werkbahnen), sind Nummer und/oder Kilometrierungsachse zunächst festzulegen, da sie für das Modell zwingend notwendig sind.

5.3 Grundmodell der Topologie

Das topologische Modell beschreibt das Gleisnetz auf abstrakter Ebene und dient hauptsächlich zur eindeutigen Identifizierung der Gleise, die als Kanten enthalten sind.

5.3.1 Topologischer Knoten

Der topologische Knoten `TopKnoten` ist eine Spezialisierung des geometrischen Knotens. Als `TopKnoten` sind ausschließlich Weichen, Kreuzungen, Gleis- und Streckenenden sowie Kilometrierungssprünge zugelassen.

5.3.2 Topologische Kante

Eine topologische Kanten `TopKante` wird von genau zwei topografischen Knoten `TopKnoten` begrenzt. Es ergibt sich eine 2:n Beziehung, da an einem Knoten mehrere Kanten anstoßen dürfen. Ein Element aus `TopKante` repräsentiert ein Gleis zwischen den als `TopKnoten` zugelassenen Elementen.

Ein Gleis `TopKante` besteht aus mehreren Trassierungselementen `GeoKanteTrass`. Dadurch ergibt sich zwischen `TopKante` und `GeoKanteTrass` eine 1:n Beziehung.

Jede topografische Kante ist genau einer Strecke zugeordnet, wodurch sich zwischen `Strecke` und `TopKante` eine 1:n Beziehung ergibt. Diese Zuordnung ist von großer Bedeutung, da nur so für ein Gleis eine eindeutige Kilometrierung erreicht werden kann. Im Attribut „RiKz“ (Richtungskennziffer) wird für jede topografische Kante gespeichert.

chert, ob es sich um eine eingleisige Strecke, das Richtungsgleis oder Gegenrichtungsgleis einer zweigleisigen Strecke oder um ein Bahnhofsgleis handelt.

Ein Gleis kann in verschiedenen Bauzuständen existent oder nicht existent sein. Die Information darüber wird in `TopKante_Bz` abgespeichert. Handelt es sich um ein Bahnhofsgleis, so kann in `TopKanteBfGINr` eine Gleisnummer bauzustandsvariabel gespeichert werden (Bild 7).

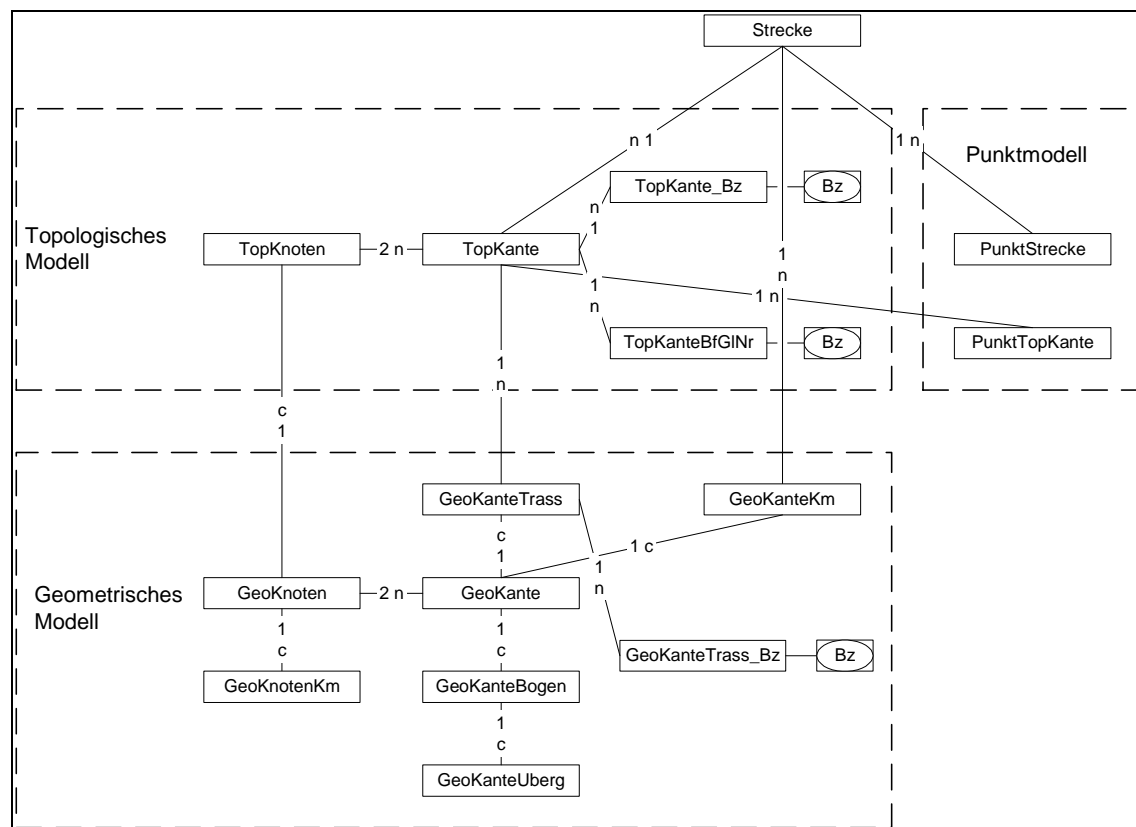


Bild 7: Topologisches Grundmodell und Punktmodell

5.4 Punktmodell

5.4.1 Allgemeines

Da die sicherungstechnisch relevanten Elemente kein eigenes Knoten-Kanten-Modell beschreiben, sondern sich auf das Knoten-Kanten-Modell der Topologie beziehen, sollen diese als Punkte und nicht als Knoten bezeichnet werden.

5.4.2 Gleisbezogener Punkt

Ein gleisbezogener Punkt `PunktTopKante` ist grundsätzlich einer topografischen Kante zugeordnet, womit eine eindeutige Zugehörigkeit zu einem Gleis erreicht wird und sich

zwischen `TopKante` und `PunktTopKante` eine 1:n Beziehung ergibt (Bild 7). Durch Angabe von Kilometrierung und Kilometrierungsrichtung wird die örtliche Lage des Punktes auf dem Gleis und die Ausrichtung des zugehörigen Elements in bzw. entgegen der Kilometrierungsrichtung genau bestimmt. Nur wenige Elemente sind richtungsunabhängig. In dem Fall hat die Ausrichtung keine Bedeutung.

5.4.3 Streckenbezogener Punkt

Ein streckenbezogener Punkt `PunktStrecke` gehört zu einer Strecke und hat ebenfalls eine Kilometerangabe (Bild 7). Weiterhin wird der Abstand zur Kilometrierungsachse angegeben, wodurch eine eindeutige örtliche Beschreibung gegeben ist. Der Abstand wird in Richtung der Kilometrierung links der Kilometrierungsachse negativ, rechts davon positiv angegeben.

Streckenbezogene Punkte sind nicht richtungsabhängig. Sie werden zur Beschreibung der Lage fester Anhaltspunkte benötigt, wie z. B. Mitte Empfangsgebäude oder ESTW-Standort.

5.5 Streckenverknüpfung

5.5.1 Definition

Strecken im Sinne des Streckenverzeichnisses der DB werden im vorliegenden Modell ebenfalls berücksichtigt. Die Kilometrierungsachse stellt den Streckenverlauf dar (siehe auch 5.2). Die Verknüpfung zweier Strecken, die an dem Knoten stattfindet, an dem zwei Kilometrierungsachsen zusammenstoßen, soll „**echte Streckenverknüpfung**“ genannt werden.

Jedes Gleis ist einer Strecke zugeordnet. Der Knoten, an dem zwei Gleise verknüpft werden, die zu unterschiedlichen Strecken gehören, soll „**unechte Streckenverknüpfung**“ genannt werden (Bild 8).

5.5.2 Echte Streckenverknüpfung

Anfangs- und Endpunkt der Kilometrierungsachse liegen im Bereich einer Bahnstelle (z. B. Bahnhof, Abzweig) und fallen überwiegend auf Weichenanfänge, Gleisanfänge oder -enden [PF97].

In der Tabelle **Streckenverkn** werden Informationen zur Verknüpfung von Strecken abgelegt. Darin werden die beiden zu verknüpfenden Strecken sowie die Kilometrierung der anstoßenden Strecke am Verknüpfungspunkt und die Kilometrierungsrichtung der beiden Strecken zueinander (gleiche Richtung oder entgegengesetzt) abgespeichert. Der Kilometer der durchgehenden Strecke wird nicht in der Tabelle abgelegt, sondern über eine 1:c Beziehung zum entsprechenden **GeoKnotenKm**, an dem die Verknüpfung stattfindet, bereitgestellt (Bild 9).

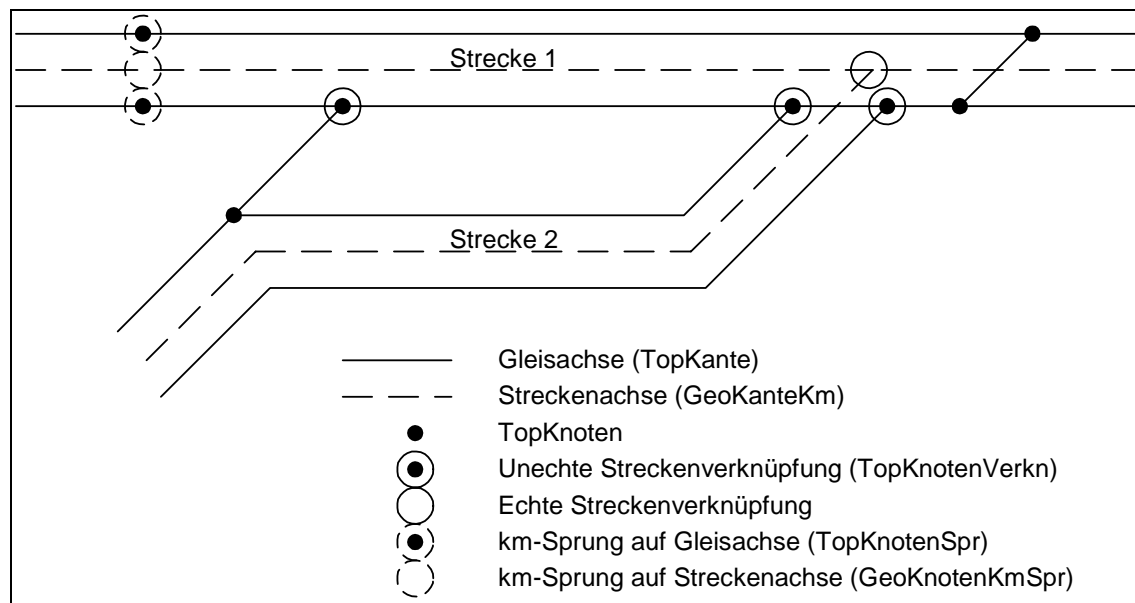


Bild 8: Streckenverknüpfung und Kilometrierungssprung

5.5.3 Unechte Streckenverknüpfung

Jedes Gleis ist einer Strecke zugeordnet. Werden an einem topografischen Knoten Gleise verknüpft, die zu unterschiedlichen Strecken gehören, wird der Kilometer des anstoßenden Gleises am Verknüpfungsknoten in der Tabelle **TopKnotenVerkn** abgelegt, welche eine Spezialisierung von **TopKnoten** ist (Bild 9). Liegen Gleis- und Streckenachse beider verknüpfter Strecken aufeinander, so liegen eine echte und eine unechte Streckenverknüpfung auf einem Punkt.

5.5.4 Kilometrierungssprung

Unterbrechungen in der Stetigkeit der Kilometrierungsachse werden als Kilometrierungssprünge bezeichnet. Sie entstehen durch Baumaßnahmen an der Trasse, wodurch die Strecke länger oder kürzer wird. Aber auch Festlegungsmethoden aus der Vergangenheit führen zu Kilometrierungssprüngen.

Ein Kilometrierungssprung wird als Punkt festgelegt, der einen ankommenden und einen abgehenden Kilometer hat. Dieser Punkt sollte nicht mit Trassenpunkten oder Punkten von Bauwerken oder sonstigen Anlagen zusammenfallen, weil deren Kilometerangabe dann zweideutig wäre. Als Kilometerangabe für den Kilometrierungssprung gilt immer der abgehende Kilometer [DB883].

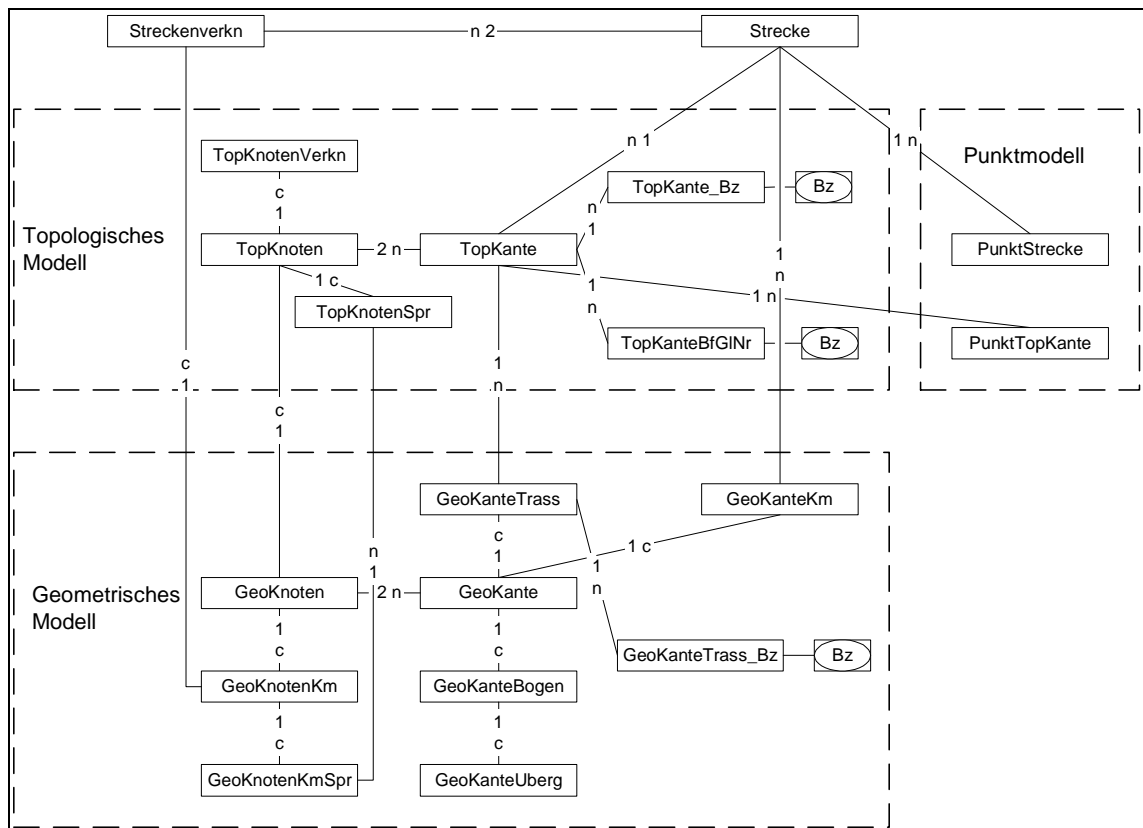


Bild 9: Vollständiges Datenmodell des Knoten-Kanten-Modells

Der Ort des Sprunges auf der Kilometrierungsachse wird durch einen geometrischen Knoten markiert (Bild 8). Das zugehörige Element aus **GeoKnotenKm** enthält den abgehenden Kilometer. Eine Spezialisierung von **GeoKnotenKm** ist **GeoKnotenKmSpr**. Hier wird die positive oder negative Differenz gespeichert.

Mit dem Sprung auf der Kilometrierungsachse ist auch ein Sprung auf der Gleisachse verbunden. Der Kilometer der ankommenden Kante wird in der Tabelle **TopKnotenSpr** gespeichert. Durch eine 1:n Beziehung zwischen **GeoKnotenKmSpr** und **TopKnotenSpr** sind alle relevanten Knoten eines Kilometrierungssprunges miteinander verknüpft (Bild 9).

6 Datenmodell der LST-Daten

6.1 Struktur des Datenmodells

6.1.1 ESTW-Overhead

Die oberste Instanz des Stellwerks ist die ESTW-Zentrale **ESTW_Z**. Der Zentrale untergeordnet sind die entlang der Strecke ausgelagerten, örtlichen Rechner im ESTW-A **ESTW_A**. Wird der ESTW-Zentrale eine Betriebszentrale übergeordnet, wird die Zentrale zur Unterzentrale. Dies hat auf das Datenmodell keinen Einfluss, da nur das Stellwerk und nicht die auf das Stellwerk einwirkenden Techniken modelliert werden sollen. Die Zugehörigkeit zu einer Betriebszentrale wird nur als Eigenschaft von **ESTW_Z** gespeichert.

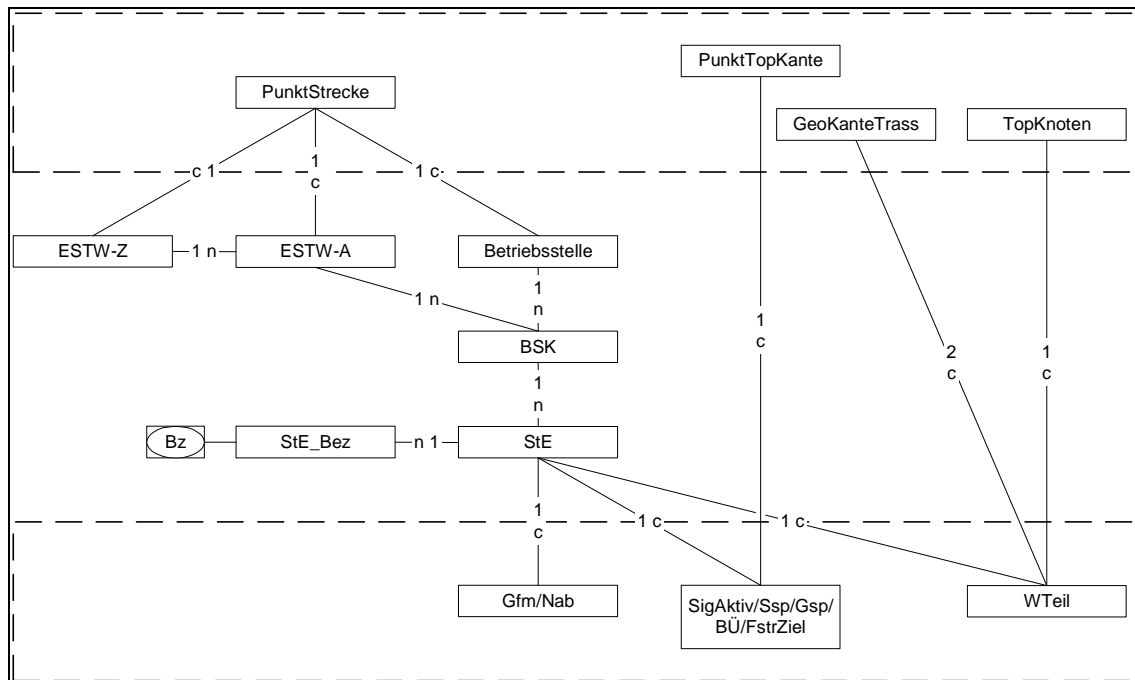


Bild 10: Teilmodell Overhead

Eine Betriebsstellenkennzahl **BSK** wird für jeweils eine Betriebsstelle vergeben. Ist die Betriebsstelle sehr groß, können auch mehrere Kennzahlen vergeben werden. Ein **ESTW_A** kann eine oder mehrere Betriebsstellen steuern. Auch hier gilt: Ist die Betriebsstelle sehr groß, können mehrere ESTW-A eine Betriebsstelle steuern. Die sich hieraus ergebende m:n Verknüpfung zwischen **ESTW_A** und **Betriebsstelle** lässt sich über **BSK** auflösen.

ESTW-Z, ESTW-A und Betriebsstelle bekommen ihren Bezug zur Örtlichkeit über einen Eintrag in der Tabelle **PunktStrecke**. Bei ESTW-Z und ESTW-A ist dieser Punkt am Hauptschacht der Kabeleinführung vorzusehen. Bei der Betriebsstelle ist nur der Kilometer anzugeben, an dem die Betriebsstelle offiziell liegt; der Abstand von der Kilometrierungsachse ist unerheblich.

6.1.2 Stelleinheit

Ein zentrales Element im Datenmodell ist die Entität Stelleinheit **StE**. Stelleinheiten sind zustandsvariable Elemente, die vom Stellwerk gesteuert werden und/oder deren Meldungen vom Stellwerk eingelesen werden. Sie sind in drei Ausprägungen enthalten.

Eine Stelleinheit mit punktuellm Bezug hat einen örtlichen Bezug, der über **PunktTopKante** hergestellt wird. Das betrifft die folgenden Elemente:

- Aktives Signal **SigAktiv**
- Schlüsselsperre **Ssp**
- Gleissperre **Gsp**
- Bahnübergang **Bue**
- Fahrstraßenziel **FstrZiel**

Eine Stelleinheit mit linien- bzw. flächenhaftem Bezug erstreckt sich über einen bestimmten Bereich. Die Grenzen werden teilweise zwar durch einen oder mehrere gleisbezogene Punkte **PunktTopKante** markiert, diese sind aber selbst keine Stelleinheiten. Das betrifft die Elemente

- Gleisfreimeldeabschnitt **Gfm**
- Nahstellbereich **Nab**

Eine Stelleinheit mit besonderem Bezug zum Knoten-Kanten-Modell ist das Element

- Weichenteil **WTeil**

Eine Weiche besteht aus einem Weichenteil, eine Kreuzungsweiche aus zwei Weichenteilen. Der örtliche Bezug wird mittelbar über den jeweiligen **TopKnoten** und die angrenzenden Trassierungskanten **GeoKanteTrass** hergestellt. Letztere sind notwendig, da bei einer Kreuzungsweiche zwei Elemente **WTeil** zu einem **TopKnoten** gehören.

Die Existenz der Stelleinheiten in den einzelnen Zuständen sowie ihr Name, der sich während verschiedener Zustände ebenfalls ändern kann, wird in der Tabelle StE_Bez abgespeichert.

Anhand der sehr einfachen Stelleinheit „Gleissperre“ (Bild 11) soll die grundsätzliche Struktur einer Stelleinheit gezeigt werden. Beispiele von komplexen Stelleinheiten finden sich in 6.2.

Eine Gleissperre Gsp ist an einen Punkt auf dem Gleis PunktTopKante gebunden und damit eine Stelleinheit mit punktuellm Bezug. Deswegen besitzt sie Beziehungen zu den übergeordneten Entitäten PunktTopKante und StE.

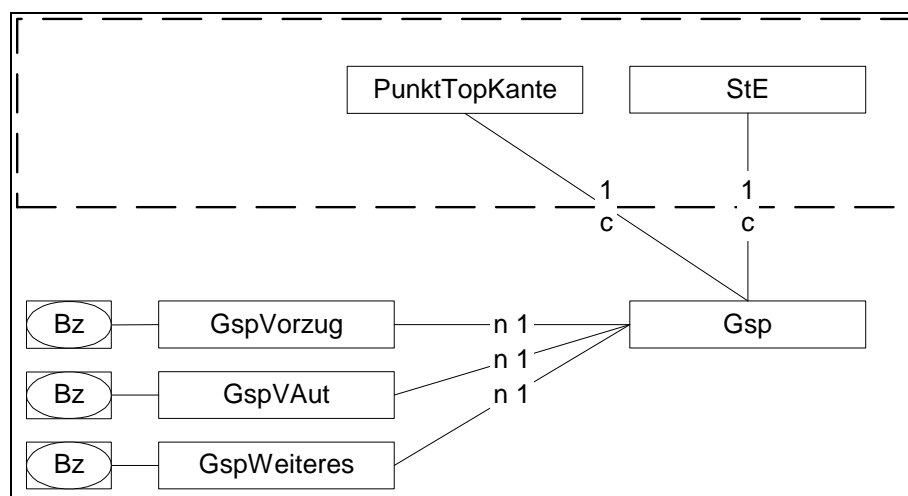


Bild 11: Datenmodell Gleissperre

Der Name und die zustandsvariable Existenz der Gleissperre müssen nicht mehr modelliert werden, da dieses bereits über die übergeordnete Entität StE geschieht. Nur die spezifischen Eigenschaften der Gleissperre müssen noch modelliert werden. Da sich diese während verschiedener Zustände ändern können, können sie nicht als Attribut der Entität „Gleissperre“ gespeichert werden. Vielmehr bilden sie eigene Entitäten, die der Gleissperre untergeordnet sind. In diesem Fall sind das:

<u>GspVorzug</u>	Vorzugslage (aufgelegt/abgelegt)
<u>GspVAut</u>	Automatisches Auflegen (ja/nein)
<u>GspWeiteres</u>	Weitere Angaben (Textfeld)

6.1.3 Sonstige LST-Elemente

Neben dem Overhead und den Stelleinheiten mit ihren untergeordneten Entitäten gibt es weitere LST-relevante Elemente, die für das Datenmodell benötigt werden. Dies sind

jene, die zwar einen örtlichen Bezug über **PunktTopKante** besitzen, aber selbst keine Stelleinheit oder nicht direkt mit einer Stelleinheit verbunden sind. Das betrifft die LST-Elemente Neigungswechsel **NW**, Geschwindigkeitswechsel **GW** und Geschwindigkeitsüberwachung für NeiTech-Züge **GNT** (Bild 12).

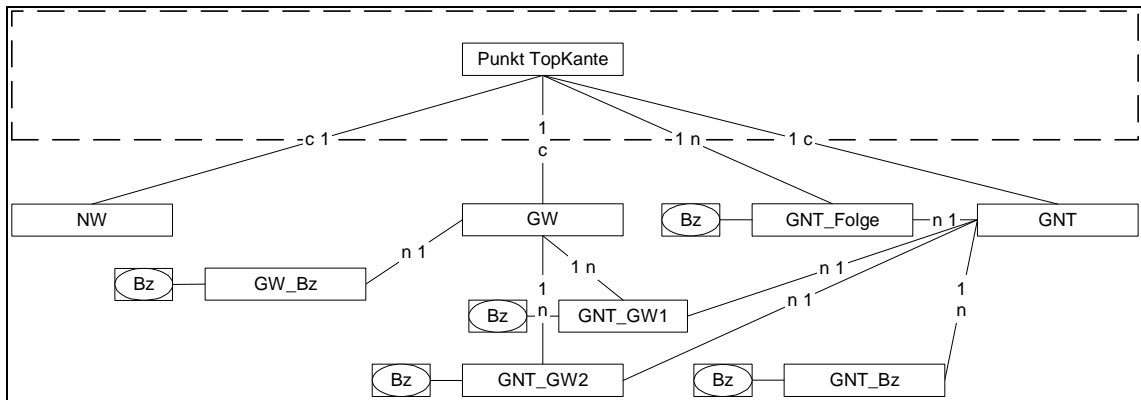


Bild 12: Datenmodell Neigungswechsel, Langsamfahrstelle und GNT

Bauzustandsvariable Eigenschaften:

GW_Bz	Bauzustandsbezogene Existenz des Geschwindigkeitswechsels
GNT_GW1	Geschwindigkeitswechsel 1 für den GNT-Datenpunkt
GNT_GW2	Geschwindigkeitswechsel 2 für den GNT-Datenpunkt
GNT_Folge	Folgepunkt des GNT-Datenpunktes
GNT_Bz	Bauzustandsbezogene Existenz des GNT-Datenpunktes

6.2 Komplexe Beispiele von Stelleinheiten

6.2.1 Weiche/Kreuzung

Eine Weiche oder Kreuzung wird in der Tabelle **W** abgebildet. Die untergeordneten Tabellen **WEinfach** und **WKreuz** sowie **WKreuzWeiche** beinhalten die geometrischen Angaben zum jeweiligen Element. Da sich diese ändern können, während die Verknüpfungen zur Stellwerkslogik erhalten bleiben (z. B. Einbau eines andere Weichentyps oder Umbau einer Kreuzungsweiche zur einfachen Weiche), sind **WEinfach** und **WKreuz** bauzustandsvariabel.

Bauzustandsvariable Eigenschaften von **W**:

W_Mittelw	Weiche ist eine Mittelweiche
------------------	------------------------------

<u>W_Isofall</u>	Isolierfall
<u>W_Beleucht</u>	Weichenlaterne mit Beleuchtung

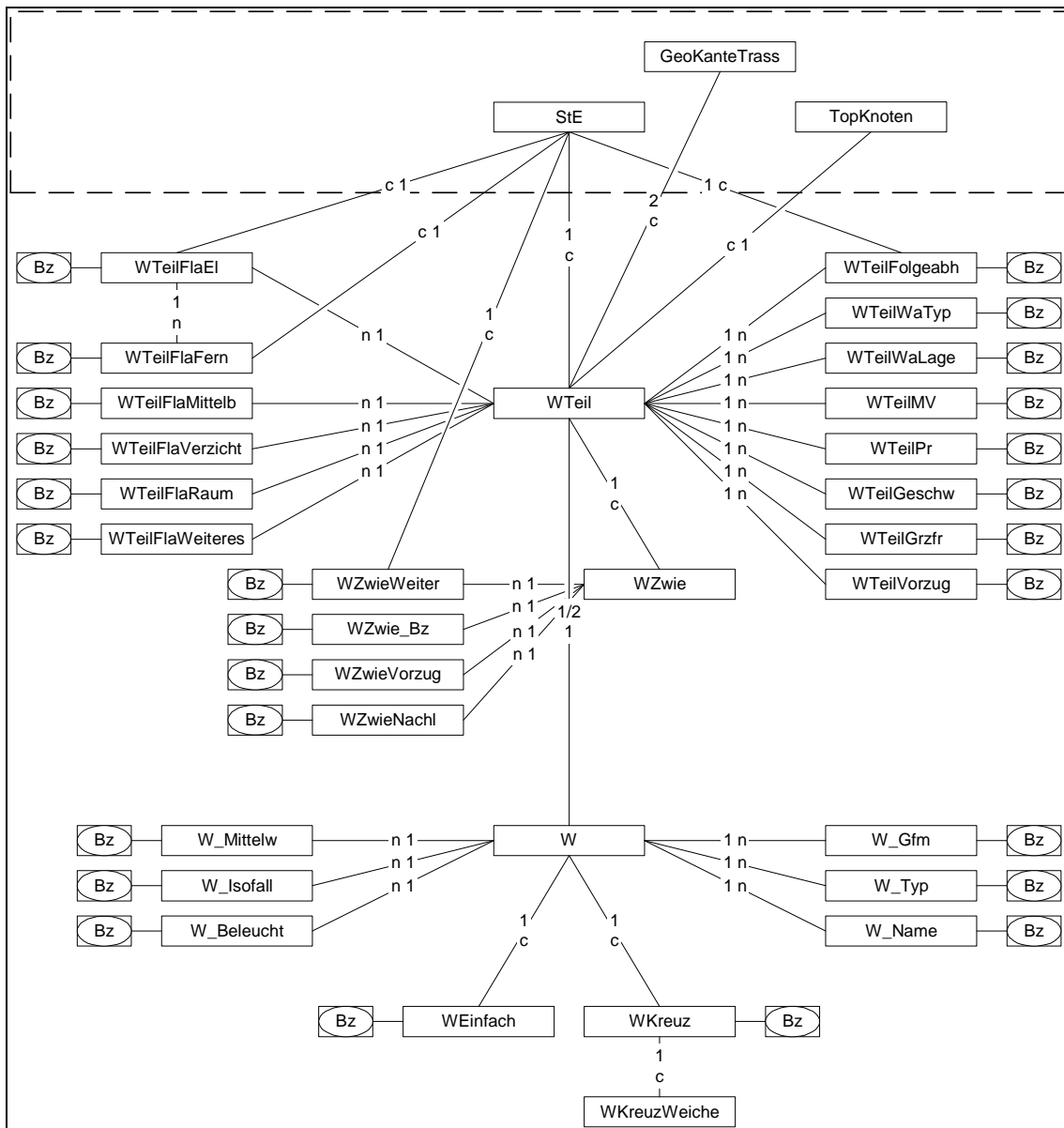


Bild 13: Datenmodell Weiche

Da bei Kreuzungen zwei Antriebe möglich sind und sie sich logisch in zwei einfache Weichen auflösen lassen, ist eine Unterteilung von W in die Tabelle Weichenteil WTeil notwendig. Zu einem Weichenteil gehört immer ein Antrieb und eine Zunge bzw. ein Zungenpaar. Somit gehört zu einer einfachen Weiche oder einer Bogenweiche immer ein Eintrag in WTeil, während zu einer Kreuzung oder Kreuzungsweiche immer zwei Einträge in WTeil gehören. Dadurch ergibt sich die eher ungewöhnliche Beziehung 1:1/2 (Eins zu Eins oder Zwei) als Spezialfall der 1:n Beziehung.

Die Verbindung mit dem Knoten-Kanten-Modell stellt die Tabelle **WTeil** her, welche einen Bezug zum topologischen Knoten **TopKnoten** hat, der den Abzweig modelliert. Für eine eindeutige Beschreibung ist das jedoch nicht ausreichend, da bei einer Kreuzung oder zwei spitz aneinander stoßenden Weichen von zwei Einträgen in **WTeil** auf den gleichen topologischen Knoten verwiesen wird. Deshalb wird von **WTeil** aus auch auf die zwei jeweiligen Trassierungskanten **GeoKanteTrass** verwiesen, die bei der grafischen Ausgabe nicht dargestellt werden, da die Darstellung vom Weichensymbol vorgenommen wird.

Die Einordnung von **WTeil** in die Stellwerkslogik wird durch die Beziehung zu **StE** hergestellt.

Bauzustandsvariable Eigenschaften von **WTeil**:

WTeilFolgeabh	Folgeabhängige Stelleinheiten
WTeilWaTyp	Typ des Weichenantriebs
WTeilWaLage	Lage des Weichenantriebs (Rechts oder Links)
WTeilMV	Angabe über Mittelverschlüsse
WTeilPr	Angabe über Prüfer
WTeilGeschw	Höchstgeschwindigkeit in beiden Weichensträngen
WTeilGrzfr	Grenzzeichenfreie Freimeldung
WTeilVorzug	Angaben über Vorzugslage

Einen Spezialfall bilden die Tabellen **WTeilFla...**, in denen Flankenschutzangaben eingetragen werden:

WTeilFlaEI	Flankenschutzelement des jeweiligen Stranges von WTeil mit Angabe, ob es Flankenschutztransport sicherstellt oder Zwieschutzweiche ist
WTeilFlaFern	Bei Fernschutz: Fernschutzelement
WTeilFlaMittelb	Angabe, ob Flankenschutz nur mittelbar gewährleistet wird
WTeilFlaVerzicht	Angabe, ob auf Flankenschutz verzichtet wird
WTeilFlaRaum	Angabe über den Flankenschutzraum
WTeilFlaWeiteres	Weitere Angaben

Ist **WTeil** eine Zwieschutzweiche, so wird sie in **WZwie** aufgenommen. Darin wird das Nachlaufverhalten sowie die Art der Zwieschutzweiche (eigen/fremd) gespeichert. Die untergeordneten Tabellen bedeuten:

WZwieWeiter	Element, an das der Flankenschutz im Zwieschutzfall weitergegeben wird
WZwie_Bz	Existenz der Zwieschutzweiche

6.2.2 Signal

6.2.2.1 Unterteilung und gemeinsame Angaben

Das Signal **Sig** gehört zu den komplexesten Gebilden im Datenmodell. Alle Signale haben einen gleisbezogenen Standort **PunktTopKante**. Die Zuordnung zum Standort erfolgt bauzustandsvariabel über **Sig_Zuord**, wodurch das Signal in verschiedenen Zuständen an verschiedenen Standorten stehen kann.

Grundsätzlich lassen sich Signale in aktive Signale **SigAktiv** und passive Signale **SigPassiv** unterteilen. Aktive Signale bilden eine Stelleinheit, während passive Signale streng genommen nur zu den sonstigen LST-Elementen gehören.

6.2.2.2 Passives Signal

Passive Signale sind diejenigen, die vom Stellwerk nicht direkt angesteuert werden und keine Zusatzsignale sind. Dazu gehören auch die Signale elektrisch ortsbedienter Weichen. Im Bereich der LST-Planung gilt: Ein passives Signal kann nur ein Signal an einem Mast tragen. Eine Ausnahme bildet die Rangierhalttafel (Signal Ra 10), die zusätzlich am Mast anderer passiver Signale angebracht sein kann. Diese Regel ist gegenwärtig auch so in ProSig implementiert. Sollte das Datenmodell außerhalb der LST-Planung Anwendung finden, ist es dahingehend anzupassen, dass ein Signalmast auch mehrere passive Signale tragen kann.

Bauzustandsvariable Eigenschaften von **SigPassiv**:

SigPassivRa10	Rangierhalttafel am Mast, zusätzlich zum passiven Signal
SigPassivKz	Kennzahl bei Lf-Signalen

6.2.2.3 Aktives Signal

Aktive Signale sind Haupt-, Vor- und Sperrsignale **SigHVS** sowie Zusatzsignale und Signale für das Zugpersonal **SigZsZp**. Beide Gruppen können für sich allein stehen oder miteinander kombiniert werden. Auch nicht sinnvolle Kombinationen sind – wie an anderen Stellen auch – möglich. Es ist Aufgabe des Planers, hier die richtigen Signale auszuwählen. Grundsätzlich gilt: Ein aktives Signal kann mehrere Signale tragen und zwar alle, die an einem Mast befestigt sind.

Bauzustandsvariable Eigenschaften von **SigZsZp**:

SigZsZp_Bz	Existenz von SigZsZp
SigZsZpKz	Verwendete Kennzahl(en)
SigZsZpBst	Verwendete(r) Buchstabe(n)

Bauzustandsvariable Eigenschaften von **SigHVS**:

SigHVS_Mastsch	Am Signalmast angebrachtes Mastschild
SigHVS_Kennl	Kennlicht vorhanden (ja/nein)
SigHVS_BUe	Vom Signal abhängiger Bahnübergang
SigHVS_Kreissch	Kreisscheibe vorhanden (ja/nein)

Die Tabelle **SigSperr** beinhaltet allein stehende Sperrsignale (auch Ra 11a mit Ra 12 nach DV 301); in **SigH+V** sind Haupt- und Vorsignale enthalten.

Bauzustandsvariable Eigenschaften von **SigH+V**:

SigH+V_Streusch	Streuscheibe/Betriebsstellung
SigH+V_Richtpunkt	Richtpunktentfernung
SigH+V_HaltGfm	Freimeldeabschnitt, der Signalhaltfall bewirkt
SigHVS_Zusl	Zusatzlicht vorhanden
SigH+V_ZeitErs	Standzeit Ersatzsignal
SigH+V_Dunkel	Dunkelschaltung vorhanden
SigH+V_Anrueck	Anrückmeldung für Ersatzsignal
SigH+V_BesAusf	Besetzte Ausfahrt bis einschließlich

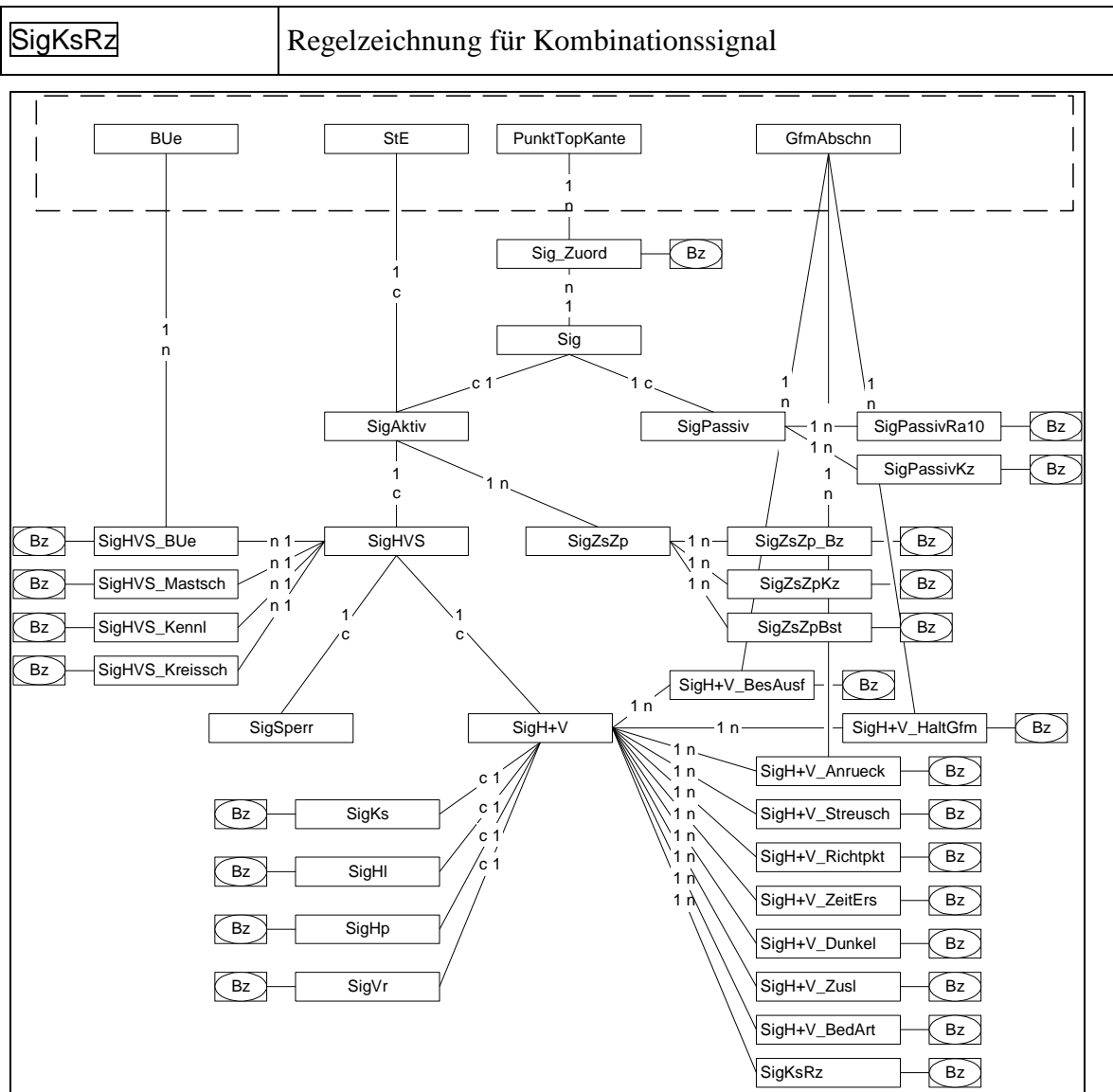


Bild 14: Datenmodell Signal

In den Tabellen **SigKs**, **SigHl**, **SigHp** und **SigVr** sind die Signalbegriffe für das jeweilige Signal bauzustandsvariable gespeichert.

6.2.3 Punktförmige Zugbeeinflussung (PZB)

Bei der PZB (Punktförmige Zugbeeinflussung) ergibt sich die Besonderheit, dass eine PZB-Einrichtung sowohl autark zur Absicherung einer Langsamfahrstelle als auch gesteuert von einem Vor- oder Hauptsignal eingesetzt werden kann. Daraus ergibt sich eine c:n Beziehung zwischen **SigH+V** und **PZB**, als Spezialfall der 1:n Beziehung.

Die einzelnen Gleismagnete (500, 1000, 2000 Hz oder GÜ) werden in **PZB_Pkt** abgebildet. Über **PZB_PktZuord** wird eine bauzustandsvariable Zuordnung zum jeweiligen gleisbezogenen Punkt **PunktTopKante** erreicht.

Handelt es sich um eine GÜ (Geschwindigkeitsüberwachung), so werden die zusätzlichen Angaben zum PZB-Punkt in der untergeordneten Tabelle **PZB_PktGÜe** gespeichert. Eine GÜ bestehen in der realen Welt aus drei Gleismagneten und einer Steuereinrichtung. Da sie nur zusammen wirksam sind und auch in der planerischen Beschreibung immer eine Einheit bilden (z. B. ein Symbol für eine GÜ), werden sie auch im Datenmodell nicht feiner modelliert und bilden ebenfalls eine Einheit.

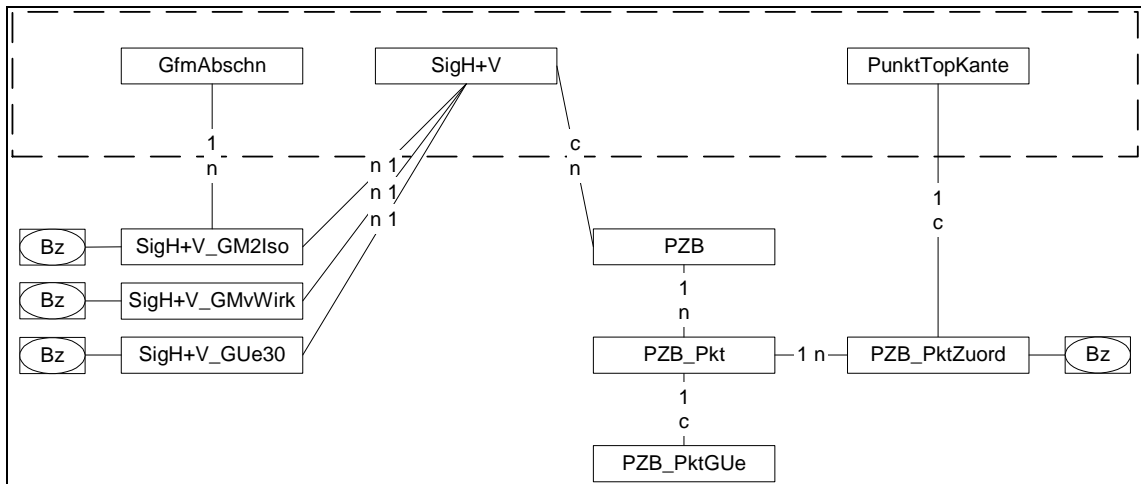


Bild 15: Datenmodell PZB

Bei Sonderfällen der Wirksamkeit von signalgesteuerten PZB-Einrichtungen sind einige zusätzliche Angaben zum steuernden Signal notwendig. Weil sie PZB-spezifisch sind, werden sie hier und nicht bei den Signalen beschrieben.

Weitere bauzustandsvariable Eigenschaften von **SigH+V**:

SigH+V_GM2Iso	2. Isolierabschnitt
SigH+V_GMvWirk	Verzögerte Wirksamkeit
SigH+V_GUe30	GÜ 30 mit Zs 1 bzw. Zs 8

6.2.4 Fahrstraße

6.2.4.1 Unterteilung der Fahrstraßen

Fahrstraßen bestehen aus dem befahrenen Teil und dem Durchrutschweg bzw. Gefahrpunktabstand. Hier soll zunächst nur der befahrene Teil behandelt werden. Auf Durchrutschweg und Gefahrpunktabstand wird in 6.2.5 eingegangen.

6.2.4.2 Zug- und Rangierstraße

Fahrstraßen können als eigenes Knoten-Kanten-Modell interpretiert werden, wobei sich Zug- und Rangierstraßen gegenseitig überlagern. Im Gegensatz zu den bereits behandelten Knoten-Kanten-Modellen handelt es sich hierbei um gerichtete Kanten (Bild 16). Start und Ziel bilden die Knoten. Somit findet sich hier auch die 2:n Beziehung wieder, die zwischen $\boxed{\text{StE}}$ und $\boxed{\text{Fstr}}$ besteht.

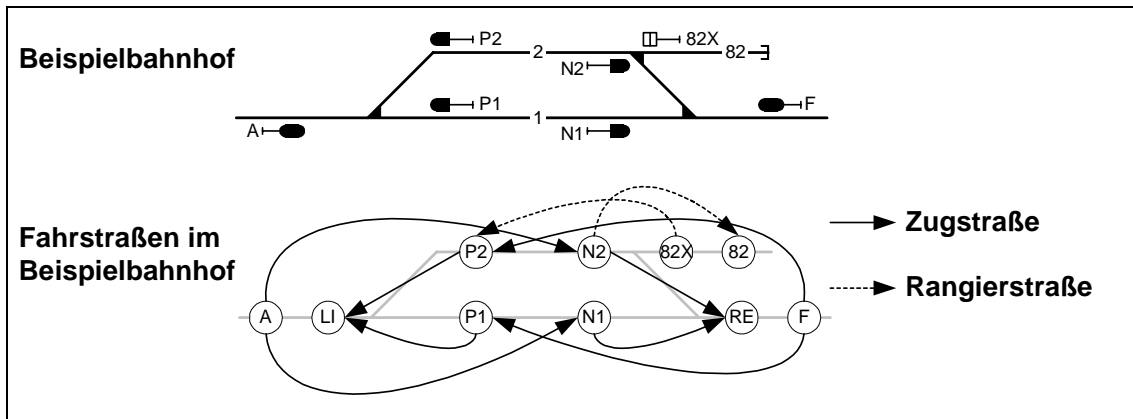


Bild 16: Beispiele für Fahrstraßen als gerichtete Kanten

Ein Haupt- oder Sperrsignal kann als Fahrstraßenstart und -ziel dienen. Als Ziel für Zug- und Rangierstraßen kommt weiterhin die nur diesem Zweck dienende Entität Fahrstraßenziel $\boxed{\text{FstrZiel}}$ in Betracht. Dessen Lage wird durch einen gleisbezogenen Punkt $\boxed{\text{PunktTopKante}}$ beschrieben. $\boxed{\text{FstrZiel}}$ ist eine Spezialisierung von $\boxed{\text{StE}}$ und kann somit – neben den Haupt- und Sperrsignalen – als Fahrstraßenziel ausgewählt werden.

Zu jeder Zugstraße, die ein Hauptsignal zum Ziel hat, gehören ein oder mehrere Durchrutschwege oder ein Gefahrpunktabstand $\boxed{\text{DGp}}$. Ein Durchrutschweg bzw. Gefahrpunktabstand ist immer einem Signal zugeordnet. Da mehrere Fahrstraßen das gleiche Zielsignal haben können, ergibt sich zwischen $\boxed{\text{Fstr}}$ und $\boxed{\text{DGp}}$ eine m:n Beziehung. Zu deren Auflösung wird die Tabelle $\boxed{\text{FstrD}}$ zwischengeschaltet, die eine Fahrstraße dem jeweiligen Durchrutschweg bzw. Gefahrpunktabstand zuordnet. Weitere Angaben zur Kombination Fahrstraße/D-Weg werden in $\boxed{\text{FstrDWeiteres}}$ gespeichert.

Bauzustandsvariable Eigenschaften von $\boxed{\text{Fstr}}$:

$\boxed{\text{FstrEntW}}$	Entscheidungsweiche für Fahrstraße
$\boxed{\text{FstrZugschl}}$	Zugschlussmeldung
$\boxed{\text{FstrWenden}}$	Wendemöglichkeit am Zielgleis

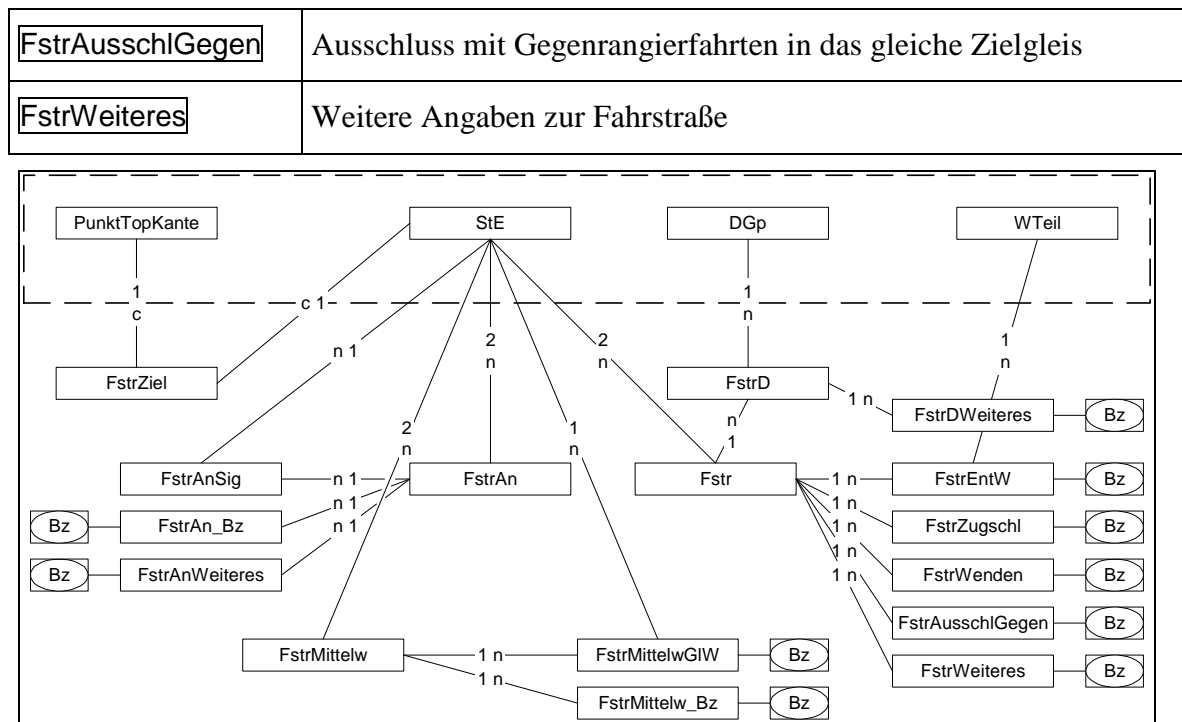


Bild 17: Datenmodell Fahrstraße

6.2.4.3 Aneinandergereihte Fahrstraße

Aneinandergereihte Fahrstraßen bestehen aus mehreren Fahrstraßen (Zug- oder Rangierstraßen), die mit einer Bedienhandlung eingestellt werden können. Bei Zugstraßen können damit zumeist die Fahrten durch die durchgehenden Hauptgleise abgewickelt werden. Für die aneinandergereihte Fahrstraßentabelle **FstrAn** sind zunächst wieder Start und Ziel des gesamten Fahrweges aus **StE** auszuwählen. Die Unterwegssignale werden in **FstrAnSig** festgelegt.

Bauzustandsvariable Eigenschaften von **FstrAn**:

FstrAn_Bz	Existenz der aneinandergereihten Fahrstraße
FstrAnWeiteres	Weitere Angaben

6.2.4.4 Mittelweichenteilfahrstraße

Eine Mittelweichenteilfahrstraße besteht aus einem gesicherten Fahrweg, der vor dem Startsignal beginnt und an diesem endet. Sie werden notwendig, wenn sich z. B. direkt vor dem Signal noch Weichen befinden.

Für eine Mittelweichenteilfahrstraße **FstrMittelw** ist wiederum Start und Ziel aus **StE** auszuwählen. Als Start dient hier jedoch eine Weiche – die erste Mittelweiche.

Bauzustandsvariable Eigenschaften von **FstrMittelw**:

FstrMittelw_Bz	Existenz der Mittelweichenteilfahrstraße
FstrMittelwGIW	Gleise und Weichen, die Bestandteil der Mittelweichenteilfahrstraße sind

6.2.5 Durchrutschweg und Gefahrpunktabstand

Durchrutschwege und Gefahrpunktabstände **DGp** sind immer mit dem Punkt ihres Beginns verknüpft. Dabei gilt: Ein oder mehrere Durchrutschwege werden immer einem Zugstraßenziel (spezielles Fahrstraßenziel oder Signal), der Gefahrpunktabstand dem Einfahrtsignal zugeordnet. Die Zuordnung geschieht über die Beziehung zwischen **DGp** und **StE**.

Bauzustandsvariable Eigenschaften von **DGp**:

DGpSchutzstr	PZB-Schutzpunkt (Gleisbezogener Punkt)
DGpZiel	Ende des Durchrutschweges bzw. Gefahrpunkt (Gleisbezogener Punkt)
DGpW	Im Durchrutschweg liegende Weichen und Kreuzungen
DGpZielAbschn	Zielabschnitt zum Anstoß der zeitverzögerten Auflösung
DGpFrei	Technisch freizuprüfende Abschnitte
DGpGeschw	Einfahrtgeschwindigkeit für den Durchrutschweg
DGpTaste	Auflösetaste für den Durchrutschweg
DGpVerzg	Auflöseverzögerung für den Durchrutschweg (Zeitangabe)

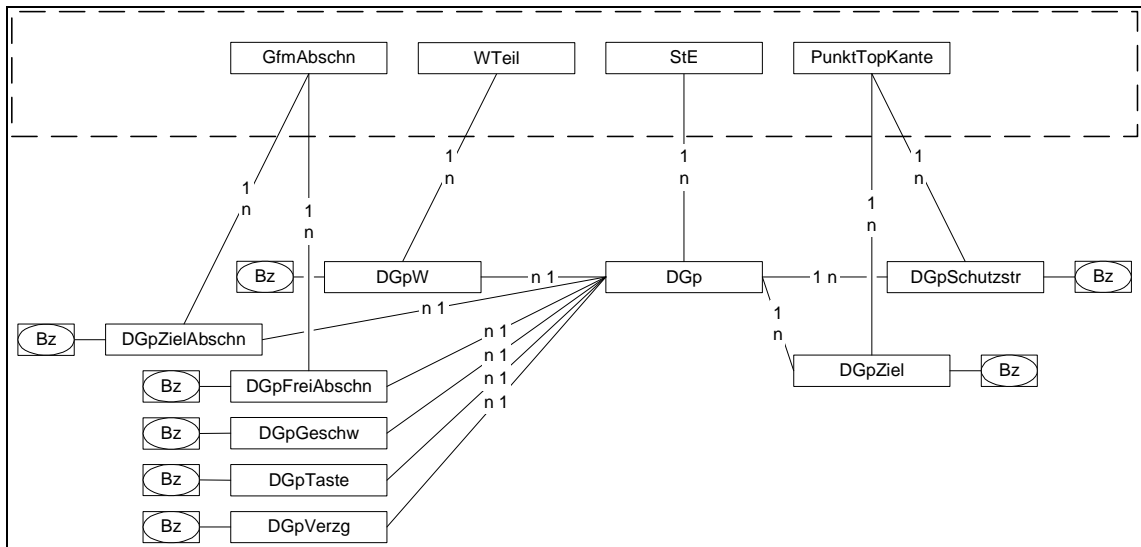


Bild 18: Datenmodell Durchrutschweg und Gefahrpunktabstand

7 Datenmanipulationen mit den LST-Daten

7.1 Überwachung von Grenzwerten

7.1.1 Längenermittlung

Während des Planungsprozesses hat der Planer eine Reihe von Grenzwerten einzuhalten. Durch die iterative Vorgehensweise kann es dazu kommen, dass zunächst eingehaltene Grenzwerte durch eine spätere Änderung an anderen Elementen über- oder unterschritten werden.

Dies trifft vor allem auf vorgeschriebene Abstände von sicherungstechnisch relevanten Elementen zu. Da in der Datenbank die Standorte der Elemente (z. B. Signal) bzw. deren Grenzen (z. B. Grenzen der Gleisfreimeldeanlage) und besonderen Punkte (z. B. Grenzzeichen einer Weiche) über `PunktTopKante` bekannt sind, können Abstände zwischen diesen Punkten über die Differenz der Kilometrierung ausgerechnet werden. Nach [DB883] ist das, unter Berücksichtigung von Kilometrierungssprüngen, zulässig. Die wahre Entfernung zwischen zwei Punkten kann von der errechneten Entfernung abweichen, die nur für gerade und der Kilometrierungsachse parallele Achsen gilt. In der Eisenbahnsicherungstechnik wird in Lageplänen mit einer Genauigkeit von einem Meter gerechnet. Die Abweichungen fallen damit nicht ins Gewicht und können vernachlässigt werden. Außerdem entspricht es der üblichen Praxis, Entfernungen aus der Kilometrierung zu errechnen. Selbst bei der fachtechnischen Prüfung durch Sachverständige des EBA wird nicht die wahre Länge, sondern die aus der Kilometrierung errechnete Länge geprüft.

Besonderes Augenmerk ist auf ausgedehnte Gleisanlagen zu legen, da hier die Toleranz von einem Meter überschritten werden kann. Gegebenenfalls ist eine zusätzliche Kilometrierungsachse als Hilfsachse einzufügen (Bild 19).

Eine Besonderheit ergibt sich, wenn die Punkte auf Achsen liegen, die zu unterschiedlichen Strecken gehören. Doch auch hier ist es möglich, Entfernungen über die Kilometrierung zu errechnen, da jede topografische Kante `TopKante`, auf die ein gleisbezogener Punkt `PunktTopKante` referenziert, eindeutig einer Strecke zugeordnet ist. In `Streckenverkn` sind die relevanten Daten für eine Umrechnung der Kilometrierung an einer echten Streckenverknüpfung enthalten.

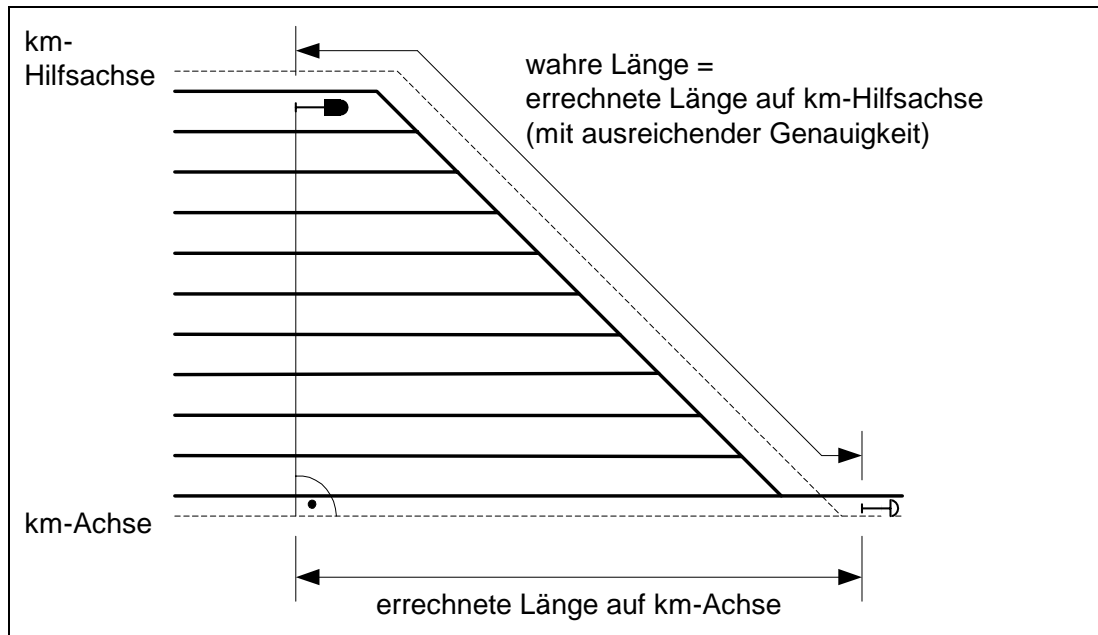


Bild 19: Problem der Längenermittlung bei ausgedehnten Gleisanlagen

7.1.2 Beispiel: Überwachung der Länge des Durchrutschweges

Am Beispiel des Durchrutschweges soll die Längenüberwachung erläutert werden. Durchrutschwege beginnen am Zielsignal einer Fahrstraße und enden am Gefahrpunkt (z. B. Grenzzeichen), den der Planer festgelegt hat. Dieser Gefahrpunkt muss ein markanter Punkt in der Außenanlage sein, an dem sich auch die Grenze einer Gleisfreimeldeanlage befindet, damit der Durchrutschweg vollständig freigemeldet werden kann. Die Mindestlänge des Durchrutschweges ($l_{\text{DWeg, Soll}}$) ergibt sich aus der Einfahrtgeschwindigkeit. Damit der Durchrutschweg den Vorschriften entspricht, muss dessen Länge ($l_{\text{DWeg, Ist}}$) gleich oder größer als die Mindestlänge sein.

Wie bereits erläutert, kommt es im Planungsprozess immer wieder zu Änderungen. So kann beispielsweise der Standort eines gewählten Gefahrpunktes (z. B. Sperrsignal, Bild 20) aufgrund einer Änderung der betrieblichen Aufgabenstellung verschoben werden. Bleibt $l_{\text{DWeg, Ist}} \geq l_{\text{DWeg, Soll}}$ ist dies kein Problem. Wird jedoch $l_{\text{DWeg, Ist}} < l_{\text{DWeg, Soll}}$ – wie im Bild 20 b) dargestellt – ist die Planung nicht mehr regelkonform. Soll die Einfahrtgeschwindigkeit beibehalten werden und damit $l_{\text{DWeg, Soll}}$ konstant bleiben, muss in diesem Fall der Durchrutschweg entweder durch Verschiebung des Zielsignals (Bild 20 c)) oder durch Wahl eines anderen Gefahrpunktes (Bild 20 d)) geändert werden. Da die Maßnahmen im Ermessen des Planers liegen, soll er nur auf die Verletzung der Bedingung hingewiesen, bestenfalls sollen Lösungsvorschläge angeboten werden.

Wann diese Plausibilitätsprüfungen durchgeführt werden, ist weitgehend performance-abhängig und wird bei der Integration der Datenbank in ProSig (siehe 8.2) entschieden.

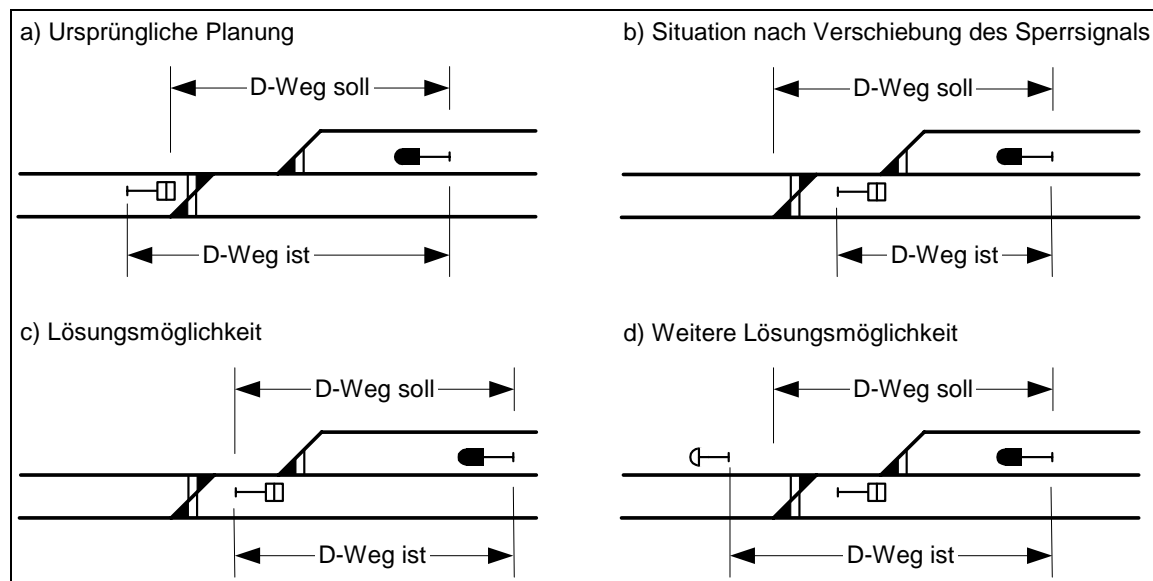


Bild 20: Beispiel für Planungsänderung

Auf gleiche Art und Weise kann z. B. auch der Vorsignalabstand oder der Abstand einer Geschwindigkeitsprüfeinrichtung zum Beginn einer Langsamfahrstelle überwacht werden.

7.2 Generierung weiterer LST-Daten aus den vorhandenen Daten

7.2.1 Allgemeines

Die in der Datenbank gespeicherten Daten lassen sich nicht nur in definierter Form ausgeben; sie können auch zur Generierung weiterer Daten herangezogen werden. Wie in 3.1.3 bereits erwähnt, leiten sich viele Daten nur nach strengen Regeln aus den Grunddaten ab. Die Automatisierung solcher Algorithmen kann in der Datenbank vorgenommen werden.

7.2.2 Beispiel: Ermittlung der Fahrstraßen und Generierung der „Signaltabelle 2“

An einem realisierten Beispiel soll die automatische Datengenerierung dargestellt werden. Die Aufgabenstellung ist komplex und gehört zu den schwierigsten Datenmanipulationen im Modell. Die meisten anderen Manipulationen sind einfacher zu realisieren.

Im Datenmodell sind alle möglichen Fahrstraßenstarts und -ziele gespeichert. Dies geschieht in den Stelleinheiten Signal und Fahrstraßenziel, wobei nach Zug- und Rangierstraße unterschieden wird. Diese Stelleinheiten beschreiben einen Punkt auf dem Knoten-Kanten-Modell der Topologie. Durch eine Routensuche auf der Topologie werden sämtliche Fahrstraßen automatisch gefunden und in die Fahrstraßentabelle eingetragen.

Anschließend kann, da alle erforderlichen Randbedingungen erfasst sind, die „Signalta-
belle 2“ automatisch erstellt werden. In der „Signalta-
belle 2“ sind für jede mögliche Fahrstraßensignalisierung die Signalbegriffe der einzelnen Signale aufgeführt. Insbesondere bei ausgedehnten Bahnhöfen bedeutet dies eine große Erleichterung für den Planer, der diese Arbeit bislang manuell durchführen muss. Beispiele für Fahrstraßen- und Signal Tabellen aus der Praxis befinden sich im Anhang.

In einer 2001 erstellten Diplomarbeit [IS01] wurde diese Funktionalität mittels Visual Basic implementiert. Durch die erfolgreiche Implementation konnte gezeigt werden, dass das Datenmodell auch den in 3.1.3 formulierten Ansprüchen gerecht wird. Es waren zwar geringfügige Anpassungen am Datenmodell notwendig, auf die grundsätzliche Struktur hatte es jedoch keine Auswirkungen.

7.3 Plausibilitätskontrollen

Ist die Datenbank gefüllt, können Plausibilitätsprüfungen durchgeführt werden. So kann z. B. abgefragt werden, ob zu jedem Vorsignal ein 1000 Hz-Gleismagnet geplant wurde oder ob zu jedem Hauptsignal ein Vorsignal existiert.

Auch komplexere Prüfungen sind möglich. So kann beispielsweise ermittelt werden, ob sich in einem Abstand von 20 ... 50 m hinter einem Signal die Grenze eines Gleisfreimeldeabschnittes befindet, damit die ordnungsgemäße Löschung des Fahrtbegriffes sichergestellt werden kann.

8 Verwendungsmöglichkeiten der Daten

8.1 Papierschnittstelle

Allein für die in 3.1.1 genannte Aufgabe der Speicherung des sicherungstechnischen Tabellenwerkes in einer Datenbank genügt die Papierschnittstelle. Dazu wurden in der Datenbank Reports generiert. Diese erzeugen Tabellen, wie sie im Entwurf der Richtlinie 819.0102 [DB819] enthalten sind.

Es soll nicht verschwiegen werden, dass momentan eine Prüfung dieser Tabellen bei den meisten Außenstellen des Eisenbahn-Bundesamtes (EBA) aufgrund der Form abgelehnt werden würde. Der Grund liegt in der Verfahrensweise der Vergangenheit. Während bei der Deutschen Reichsbahn ein einheitliches Tabellenformat verwendet wurde, hatte jede Bundesbahndirektion ihre eigenen Formate. Diese regionalen Formate (wobei das Territorium der ehemaligen Deutschen Reichsbahn nun als eine Region angesehen werden kann) werden noch heute verlangt. Es bleibt zu hoffen, dass sich die in [DB819] festgeschriebenen Tabellen bei Planern und Prüfern nach dem Inkrafttreten der Richtlinie durchsetzen werden. Dadurch, dass die Richtlinie mit dem EBA abgestimmt wird, wird es sich zu einer einheitlichen Form bekennen müssen.

Leider konnten nicht alle Tabellen als Report gestaltet werden. Dies betrifft die Signaltabelle 2, deren Besonderheit es ist, dass Zeilen **und** Spalten dynamisch erzeugt werden. Mittels Programmierung lässt sich zwar auch das Problem der dynamischen Spaltenerzeugung meistern, jedoch scheiterte das Vorhaben an den Begrenzungen, die Microsoft Access für Berichte vorgesehen hat. Ein Bericht kann nur nach maximal 10 Feldern sortiert werden. Die Signaltabelle 2 enthält aber schon bei einem kleinen Bahnhof mehr als 80 Felder. Tabellen mit über hundert Spalten sind daher eher die Regel [IS01]. Zumindest jedoch als Abfrage liegt die komplette Tabelle vor. Durch die Überführung der Daten in eine Tabellenkalkulation lassen sich diese formatieren und zum Druck vorbereiten.

8.2 Verknüpfung mit ProSig

8.2.1 Dateneingabe

Die Speicherung des Tabellenwerks in einer Datenbank würde für sich allein zwar schon einen erheblichen Fortschritt darstellen, jedoch gestaltet sich das Füllen mit

Daten schwierig. Der Planer ist es gewohnt, mit dem sicherungstechnischen Lageplan zu arbeiten. Dieser dient als Grundlage für die Erstellung aller weiteren Planunterlagen – auch zum Ausfüllen der Tabellen. Mit dem Datenmodell werden jedoch nicht mehr die Tabellen direkt ausgefüllt, sondern nur Grunddaten eingegeben, aus denen sich dann die Tabellen ergeben. Wie bereits erwähnt, ist die Tabellenform und die darin enthaltene Redundanz notwendig, um der menschlichen Auffassungsgabe gerecht zu werden. Dies gilt auch für den Planer. Müsste er nur die Grunddaten eingeben, ohne dabei einen geografischen Bezug oder die entstehende Tabelle vor sich zu haben, würde ihm das ein hohes Abstraktionsvermögen abverlangen. Ein solches Vorgehen würde sicher nicht die notwendige Akzeptanz erlangen. Werden die Daten jedoch während der Arbeit am Lageplan mit ProSig eingegeben, hat der Planer stets den geografischen Bezug. Besonders vorteilhaft dabei ist, dass die Auswahl bestimmter Elemente durch das „picken“ (Auswahl eines grafischen Elements mit einem Zeigegerät) möglich ist. Hierdurch lassen sich bestimmte Eintragungen vollständig mit dem Zeigegerät (z. B. Maus) vornehmen.

Für ein Beispiel soll der in 7.1.2 benutzte Lageplanfall (Bild 20 a)) aufgegriffen werden. In der Datenbank wird nicht die Ist-Länge des Durchrutschweges gespeichert, sondern nur der Gefahrenpunkt, an dem der Durchrutschweg endet, im vorliegenden Beispiel das Sperrsignal. Arbeitet man direkt mit der Datenbank, so wäre aus einer Liste mit Hunderten oder Tausenden von abgespeicherten geisbezogenen Punkten der jeweilige Punkt PunktTopKante, der zu diesem Sperrsignal gehört, auszuwählen. Arbeitet man jedoch im Lageplan, so muss nur das Sperrsignal gepickt werden. In der Datenbank wird automatisch der dazugehörige Punkt aus PunktTopKante ausgewählt und als Gefahrenpunkt abgespeichert.

8.2.2 Geografische Datenausgabe

Die in 3.1.2 geforderte Integration der Geometrie ist natürlich nur sinnvoll, wenn ein grafisches Ausgabesystem vorhanden ist. Die Aufgabe übernimmt ProSig. Dabei gilt es jedoch nicht nur den sicherungstechnischen Lageplan im Maßstab 1:1000 aus den Daten zu erstellen und für eine Ausgabe auf Papier aufzubereiten. Vielmehr hat ProSig nun eine ganze Reihe von Plänen – auch solche außerhalb des Maßstabs 1:1000 – aus den Daten zu erzeugen.

Mittels der Datenbank werden die in 2.3.1 aufgeführten Probleme der fehlenden Verknüpfung zwischen Plänen unterschiedlichen Maßstabs gelöst. Da alle Daten für die Erstellung von Lageplänen in der Datenbank enthalten sind, können die Pläne in jedem gewünschten Maßstab vollständig aus der Datenbasis abgeleitet werden. Eine Besonderheit bildet der Kabellageplan: Hier wird auch die umgebende Topografie (z. B. Wege, Gräben, Böschungen, Hochbauten usw.), die in einer separaten Grafikdatei enthalten ist, dargestellt. Da die darin enthaltenen Daten nicht Gegenstand der sicherungstechnischen Planungen und eher Hintergrundinformationen sind, werden sie für eine Planung als konstant angenommen. Eine Dynamisierung der Daten, die nicht Bestandteil der sicherungstechnischen Planungen sind, kann erreicht werden, indem bauzustandsvariabel auf die jeweiligen Pläne anderer Gewerke referenziert wird.

Auch das Problem der verzerrten Pläne kann durch eine Ableitung aus der Datenbank gelöst werden. Durch entsprechende Programmierung lässt sich erreichen, dass der Plan an der Kilometrierungsachse gestaucht wird, die Symbole jedoch lagerichtig und unverzerrt dargestellt werden.

8.3 Datenschnittstelle zum Stellwerkslieferanten

Im komplexen digitalen Modell „Stellwerksdatenbank“ sind alle Daten enthalten, aus denen ein „elektronischer Bestellzettel“ generiert werden kann. Durch geeignete Import-/Exportfilter ist es möglich, die Schnittstelle zum Stellwerkslieferanten in Zukunft digital zu gestalten und die Daten elektronisch zu übergeben. Dazu muss natürlich sichergestellt werden, dass die geprüften und genehmigten Pläne den Hersteller unverändert erreichen.

8.4 Datenschnittstelle mit DB-GIS

In 2.2.3.2 wurde erwähnt, dass zusätzliche Funktionen und Daten des DB-GIS in einer Fachschale oder in separaten, eigenständigen Systemen abgelegt sind. Ein solches System ist ProSig. Bei der Gestaltung des Datenmodells wurde bereits darauf geachtet, dass es eine weitgehende Kompatibilität in der Abspeicherung der Grunddaten gibt. So wird beispielsweise jede topografische Kante `TopKante` einer Strecke zugeordnet. Ebenso entspricht das in `TopKante` enthaltene Attribut „RiKz“ (Richtungskennziffer) bereits der Art der Speicherung im DB-GIS.

Der Datenaustausch mit DB-GIS ist bereits in der jetzigen ProSig-Version möglich. In Zukunft wird sich der Datenaustausch einfacher gestalten, da sich die in der Datenbank enthaltenen Informationen leichter in das vom DB-GIS erwartete Format umsetzen lassen, als aus einer ProSig-Zeichnungsdatei.

8.5 Weitere Ausgaben

Datenbanken lassen sich in viele Richtungen auswerten. So wird es in Zukunft sicher noch Anforderungen für bestimmte Auswertungen geben, an die heute noch nicht gedacht wird. Eine eventuell dafür notwendige Ergänzung der Datenbank um zusätzliche Datenfelder ist möglich; an der grundsätzlichen Struktur sollte sich jedoch nichts ändern.

Eine Möglichkeit der weiteren Auswertung ist die Erstellung von Mengengerüsten. Dadurch, dass sämtliche sicherungstechnische Daten hinterlegt sind, lassen sich sogar automatisch Leistungsverzeichnisse generieren. Diese werden zwar eine manuelle Nacharbeit erfordern (z. B. Umfang der Baustelleneinrichtung, da die dafür benötigten Daten nicht in der Datenbank enthalten sind), jedoch kann der größte Teil automatisch erzeugt werden. Zumindest Kostenschätzungen in frühen Phasen der Planung können durch die Hinterlegung von Einheitspreisen vollautomatisch durchgeführt werden.

9 Zusammenfassung und Ausblick

Die Sicherstellung der Konsistenz zwischen sicherungstechnischen Plänen und Tabellen mit- und untereinander, sowie die automatische Erzeugung der Tabellen kann durch das hier erarbeitete Datenmodell erfolgen. Die Implementation in eine Access-Datenbank sowie die bereits entwickelten, in 7.2.2 und 8.1 beschriebenen Anwendungen haben die Tauglichkeit des Datenmodells gezeigt. Nunmehr besteht die Aufgabe, die Datenbank in ProSig zu integrieren.

Durch die Trennung von Grafik und Daten, insbesondere durch die Hinterlegung der Topologie, eröffnen sich auch neue Horizonte für die Weiterentwicklung des Programmsystems ProSig. Die Verbindung von Datenbank und CAD lässt große Rationalisierungseffekte für die Planung von Eisenbahnleit- und -sicherungstechnik erwarten, da durch automatische Datengenerierung und -prüfung dem Planer Routinearbeit abgenommen wird. Es wird aber nicht nur die benötigte Zeit für die Projektbearbeitung verkürzt, sondern es werden auch potenzielle Fehlerquellen von vornherein ausgeschlossen, sodass auch die Sicherheit im Eisenbahnbetrieb erhöht wird. Der elektronische Datenaustausch in standardisierter Form zwischen Auftraggeber, Planer, Planprüfer, Lieferant und Betreiber stellt einen Quantensprung im Tagesgeschäft der Planung von LST-Anlagen dar.

Literatur

- [BA97] Bahndorf, Joachim: Die Gleisnetzdatenbank als Grundlage für das Trassenmanagement
Eisenbahningenieur (45) 12/1994
- [BPS01] Berger, Johann; Plaminger, Norbert; Szilva, Péter Ernő: Stellwerksplanung der ÖBB wird durch BEST-Simulation unterstützt
Signal und Draht (93) 1+2/2001
- [CO98] Colle, Josef: Das Gleisnetz der DB AG im DB-GIS
Eisenbahningenieur (49) 9/1998
- [DB819] Deutsche Bahn: LST-Anlagen planen
Konzernrichtlinie 819
- [DB883] Deutsche Bahn: Gleis- und Bauvermessung, Bahnstrecken kilometrieren
Richtlinie 883.0010, 01.01.1997
- [FN98] Fenner, Wolfgang; Naumann, Peter: Verkehrssicherungstechnik
Publicis MCD Verlag, Erlangen, 1998
- [FP90] Fricke, Hans; Pierick, Klaus: Verkehrssicherung
Teubner Verlag, Stuttgart, 1990
- [GL01] Glowinski, Detlev: Das Netz-Infrastrukturdatenmanagement bei der neu organisierten DB Netz AG
Eisenbahningenieur (52) 8/2001
- [GL99] Glowinski, Detlev: Netz Technik-Zentrum Infrastrukturdatenmanagement
Eisenbahningenieur (50) 11/1999
- [IS01] Isensee, Keit: Weiterentwicklung einer Datenbank zur Planung von Stellwerken
Diplomarbeit, Braunschweig, 2001
- [IVV01] <http://www.ivv-gmbh.de>
- [JA97] Jacoby, Hans: Datenerfassung und -migration für das DB-GIS
Eisenbahningenieur (48) 1/1997
- [LO98] Lorenz, Manfred: Stellwerkstechnik, Band 2: Planung, Projektierung, Dokumentation
Selbstverlag des Verfassers, Dresden, 1998

- [MA00] Maschek, Ulrich: Datenmodell zur Planung von Stellwerken
Dokumentation zur Datenbank, Braunschweig, 2000
- [MM01] Müske, Matthias; Müller, Klaus: ProSig als Dateneingangssystem für
ESTW-Projektierungstools
Eisenbahningenieur (52) 6/2001
- [ORS98] Otto, Wolf-Dieter; Reuter, Erich; Salzmann, Holger: Informationsmana-
gement Plan
Eisenbahningenieur (49) 9/1998
- [PF97] Pflug, Günter: Die Kilometrierung der Bahnstrecken
Eisenbahningenieur (48) 12/1997
- [RP99] Reder, H.; Protzner, S.: Die Methode und Werkzeuge GRACE
In: Forms '99 – Formale Techniken für die Eisenbahnsicherung, VDI-
Berichte, Reihe 12, Nr. 436 (2000), S. 247
- [SCH99] Schicker, Edwin: Datenbanken und SQL
Teubner Verlag, Stuttgart, 1999
- [SRS96] Schapitz, Hainer; Reuter, Erich; Salzmann, Holger: Pläne und Zeichnungen
– künftig digital
Eisenbahningenieur (47) 10/1996
- [TB99] Mobile Scandienstleistung
tb-report 1/1999, <http://www.bitverlag.de/bit.nsf/www/tbArt990106>

Anhang

I Tabellennamen

Betriebsstelle	Name der Betriebsstelle
BSK	Betriebsstellenkennzeichen (zweistellige Zahl)
Bue	Bahnübergang
DGp	Durchrutschweg und Gefahrpunktabstand
DGpFrei	Technisch freizuprüfende Abschnitte
DGpGeschw	Einfahrtgeschwindigkeit für den Durchrutschweg
DGpSchutzstr	PZB-Schutzpunkt (Gleisbezogener Punkt)
DGpTaste	Auflösetaste für den Durchrutschweg
DGpVerzg	Auflöseverzögerung für den Durchrutschweg (Zeitangabe)
DGpW	Im Durchrutschweg liegende Weichen und Kreuzungen
DGpZiel	Ende des Durchrutschweges bzw. Gefahrpunkt (Gleisbezogener Punkt)
DGpZielAbschn	Zielabschnitt zum Anstoß der zeitverzögerten Auflösung
ESTW_A	ESTW-A
ESTW_Z	ESTW-Z
Fstr	Fahrstraße
FstrAn	Aneinandergereihte Fahrstraßen
FstrAn_Bz	Existenz der aneinandergereihten Zugstraße
FstrAnSig	Signale für aneinandergereihte Fahrstraßen
FstrAnWeiteres	Weitere Angaben
FstrAusschlGegen	Ausschluss mit Gegenrangierfahrten in das gleiche Zielgleis
FstrD	Zuordnung Fahrstraße – Durchrutschweg
FstrDWeiteres	Weitere Angaben zur Zuordnung
FstrEntW	Entscheidungsweiche für Fahrstraße
FstrMittelw	Mittelweichenteilfahrstraße
FstrMittelw_Bz	Existenz der Mittelweichenteilfahrstraße
FstrMittelwGIW	Gleise und Weichen, die Bestandteil der Mittelweichenteilfahrstraße sind
FstrWeiteres	Weitere Angaben zur Fahrstraße
FstrWenden	Wendemöglichkeit am Zielgleis
FstrZiel	Fahrstraßenziel
FstrZugschl	Zugschlussmeldung
GeoKante	Geometrische Kante
GeoKanteBogen	Bogenelement für die geometrische Kante

GeoKanteKm	Kilometrierungselement
GeoKanteTrass	Trassierungselement
GeoKanteTrass_Bz	Bauzustandsbezogene Existenz des Trassierungselementes
GeoKanteUberg	Übergangsbogenelement für die geometrische Kante
GeoKnoten	Geometrischer Knoten
GeoKnotenKm	Kilometerangabe im geometrischen Knoten
GeoKnotenKmSpr	Angabe zum Kilometrierungssprung im geometrischen Knoten
Gfm	Gleisfreimeldung
Gsp	Gleissperre
GspVAut	Automatisches Auflegen der Gsp
GspVorzug	Vorzugslage der Gsp
GspWeiteres	Weitere Angaben zur Gsp
Nab	Nahbedienungsbereich
PunktStrecke	Streckenbezogener Punkt
PunktTopKante	Gleisbezogener Punkt
PZB_Pkt	PZB-Einrichtung
PZB_PktGÜe	Zusätzliche Angaben für GÜ
PZB_PktZuord	Zuordnung der PZB-Einrichtung zum jeweiligen gleisbezogenen Punkt
Sig	Signal
Sig_Zuord	Zuordnung des Signals zu einem Standort
SigAktiv	Aktives Signal
SigH+V	Haupt- und Vorsignale
SigH+V_Anruock	Anrückmeldung für Ersatzsignal
SigH+V_BesAusf	Besetzte Ausfahrt bis einschließlich
SigH+V_Dunkel	Dunkelschaltung vorhanden
SigH+V_GM2Iso	2. Isolierabschnitt
SigH+V_GMWirk	Verzögerte Wirksamkeit
SigH+V_GÜe30	GÜ 30 mit Zs 1 bzw. Zs 8
SigH+V_HaltGfm	Freimeldeabschnitt, der Signalhaltfall bewirkt
SigH+V_Richtpunkt	Richtpunktentfernung
SigH+V_Streusch	Streuscheibe/Betriebsstellung
SigH+V_ZeitErs	Standzeit Ersatzsignal
SigHl	Haupt- und Vorsignale nach HI-System
SigHp	Hauptsignale nach Hp-System

<u>SigHVS</u>	Haupt-, Vor- und Sperrsignale
<u>SigHVS_BUE</u>	Vom Signal abhängiger Bahnübergang
<u>SigHVS_Kennl</u>	Kennlicht vorhanden (ja/nein)
<u>SigHVS_Kreissch</u>	Kreisscheibe vorhanden (ja/nein)
<u>SigHVS_Mastsch</u>	Am Signalmast angebrachtes Mastschild
<u>SigHVS_Zusl</u>	Zusatzlicht vorhanden
<u>SigKs</u>	Haupt- und Vorsignale nach Ks-System
<u>SigKsRz</u>	Regelzeichnung für Kombinationssignal
<u>SigPassiv</u>	Passives Signal
<u>SigPassivKz</u>	Kennzahl bei Lf-Signalen
<u>SigPassivRa10</u>	Ra 10 am Mast, zusätzlich zum passiven Signal
<u>SigSperr</u>	Sperrsignal
<u>SigVr</u>	Vorsignale nach Hp-System
<u>SigZsZp</u>	Zusatzsignale und Signale für das Zugpersonal
<u>SigZsZp_Bz</u>	Existenz von SigZsZp
<u>SigZsZpBst</u>	Verwendete(r) Buchstabe(n)
<u>SigZsZpKz</u>	Verwendete Kennzahl(en)
<u>Ssp</u>	Schlüsselsperre
<u>StE</u>	Stelleinheit
<u>StE_Bez</u>	Bezeichnung der Stelleinheit
<u>Strecke</u>	Strecke
<u>Streckenverkn</u>	Streckenverknüpfung
<u>TopKante</u>	Topografische Kante
<u>TopKante_Bz</u>	Bauzustandsbezogene Existenz der topografischen Kante
<u>TopKnotenSpr</u>	Kilometrierungssprung auf dem topografischen Knoten
<u>TopKnotenVerkn</u>	Verknüpfung von Gleisen, die zu unterschiedlichen Strecken gehören
<u>W</u>	Weiche/Kreuzung
<u>W_Beleucht</u>	Weichenlaterne mit Beleuchtung
<u>W_Isofall</u>	Isolierfall
<u>W_Mittelw</u>	Weiche ist eine Mittelweiche
<u>WEinfach</u>	Angaben zu einer Weiche
<u>WKreuz</u>	Angaben zu einer Kreuzung
<u>WKreuzWeiche</u>	Angaben zu einer Kreuzungsweiche
<u>WTeil</u>	Weichenteil

WTeilFlaEl	Flankenschutzelement des jeweiligen Stranges von WTeil mit Angabe, ob es Flankenschutztransport sicherstellt oder Zwieschutzweiche ist
WTeilFlaFern	Bei Fernschutz: Fernschutzelement
WTeilFlaMittelb	Angabe, ob Flankenschutz nur mittelbar gewährleistet wird
WTeilFlaRaum	Angabe über den Flankenschutzraum
WTeilFlaVerzicht	Angabe, ob auf Flankenschutz verzichtet wird
WTeilFlaWeiteres	Weitere Angaben
WTeilFolgeabh	Folgeabhängige Stelleinheiten
WTeilGeschw	Höchstgeschwindigkeit in beiden Weichensträngen
WTeilGrzfr	Grenzzeichenfreie Freimeldung
WteilMV	Angabe über Mittelverschlüsse
WteilPr	Angabe über Prüfer
WTeilVorzug	Angaben über Vorzugslage
WTeilWaLage	Lage des Weichenantriebs (Rechts oder Links)
WTeilWaTyp	Typ des Weichenantriebs
WZwie	Zwieschutzweiche
WZwie_Bz	Existenz der Zwieschutzweiche
WZwieWeiter	Element, an das der Flankenschutz im Zwieschutzfall weitergegeben wird

II Glossar

Bezeichnung	Erläuterung
Attribut	Teil einer Entität, die diese beschreibt – siehe 4.1
Bahnstelle	Eisenbahninfrastrukturelement (z. B. Weiche, Gleisabschluss)
Bauzustand	Etappe, in der sich der Umbau einer Infrastruktur vollzieht. In der Regel folgen mehrere Bauzustände aufeinander bis der Endzustand erreicht ist.
BEST	Betriebs- und Stellwerkssimulation – siehe 2.2.3.3
BKU	Bürokommunikation unternehmensweit – Bürokommunikationssystem der Deutschen Bahn
CARD/1	Software zur Planung von Linienbauwerken (z. B. zur Trassierung von Eisenbahnen)
DB	Deutsche Bahn
DB Netz	Eisenbahninfrastrukturunternehmer (EIU) im Konzern der Deutschen Bahn
DB-GIS	Geografisches Informationssystem der Deutschen Bahn – siehe 2.2.3.2
DV 301	Signalbuch, welches auf dem Gebiet der ehemaligen Deutschen Reichsbahn gültig ist
EBA	Eisenbahn-Bundesamt
Einheitspreis	Pauschalpreis für eine einheitliche Teilleistung, die nach Maß-, Gewichts-, oder Stückeinheit der Leistung abgerechnet wird (z. B. Weichenantrieb inclusive Ansteuerung durch das Stellwerk liefern und montieren)
Entität	Unterscheidbares Objekt – siehe 4.1
ESTW	Elektronisches Stellwerk
Gegenrichtungsgleis	Gleis zweigleisiger Strecken, welches in der Regel entgegengesetzt der Kilometrierungsrichtung befahren wird
GRACE	Graphical Requirements, Analysis and design method in a CENELEC based Engineering process – siehe 2.2.3.4
GÜ 30	Auf PZB-Technologie basierende Geschwindigkeitsüberwachung auf 30 km/h
Isolierplan	(auch: Schienenteilungsplan) Lageplan im Maßstab 1:200, in dem bei zweischieniger Darstellung die Details von Gleisstromkreisen (Verbinder, Isolierstöße) am Gleis dargestellt werden
Kabellageplan	Lageplan im Maßstab 1:1000 (in bestimmten Fällen auch 1:500), in dem alle Kabeltrassen sowie die darin liegenden Kabel verzeichnet sind

Bezeichnung	Erläuterung
Kilometrierungssprung	Unterbrechung in der Stetigkeit der Kilometrierungsachse – siehe 5.5.4
Leistungsverzeichnis	Verzeichnis der vom Lieferanten zu erbringenden Leistung.
Lf-Signal	Langsamfahrtsignal
LST	Leit- und Sicherungstechnik
ÖBB	Österreichische Bundesbahn
ProSig	AutoCAD-Aufsatz zur Planung von LST – Siehe 2.2.2.2
PT 1	Projekt Teil 1 bzw. Plan Teil 1 – Plansatz, der dem Stellwerkslieferanten bei der Bestellung des Stellwerks übergeben wird und das Stellwerk mit seinen Außenanlagen aus der Sicht des Bestellers genau beschreibt.
PZB	Punktförmige Zugbeeinflussung
Richtungsgleis	Gleis zweigleisiger Strecken, welches in der Regel in Richtung der Kilometrierung befahren wird
Sicherungstechnischer Lageplan	Lageplan im Maßstab 1:1000, in den die Außenanlagen eines Stellwerkes eingetragen werden
Stelleinheit	Zustandsvariables Element, welches vom Stellwerk gesteuert wird und/oder deren Meldungen vom Stellwerk eingelesen werden
Topografie	Geometrische Anordnung von Objekten im Raum
Topologie	Logische Anordnung von Objekten im Raum
Zwieschutzweiche	Weiche, die gleichzeitig in beiden Lagen für den Flankenschutz angefordert wird. Man unterscheidet: <ol style="list-style-type: none"> 1. Echte Zwieschutzweichen werden von zwei verschiedenen Fahrstraßen angefordert. 2. Eigenzwieschutzweichen werden von der gleichen Fahrstraße angefordert.