

RailCOMPLETE – ein anpassungsfähiges, gewerkeübergreifendes Modellierungswerkzeug

RailCOMPLETE – a customisable multi-disciplinary modelling tool

Claus Feyling

Seit Jahrzehnten ist die deutsche Eisenbahninfrastruktur unterfinanziert, Modernisierungen wurden verschleppt, und das Schienennetz wurde zurückgebaut. Gleichzeitig steigen die Fahrgastzahlen, und immer mehr Güter werden über die Schiene transportiert. Dies führt zu Kapazitätsengpässen, welche in den kommenden Jahren durch eine Großoffensive an Modernisierungs- und Ausbauprojekten beseitigt werden müssen. Hinzu kommt, dass der Planungsprozess von elektrotechnischen Anlagen in der Bahntechnik von vielen Systembrüchen und unterschiedlichen Planungsverfahren geprägt ist. Der Planungsprozess basiert bisher nicht auf einem standardisierten Datenmodell und einer durchgängigen Datenhaltung. Und obwohl ein einheitlicher europäischer Eisenbahnraum geschaffen werden soll, leistet sich in Europa jede nationale Bahn ein eigenes Planungsverfahren. Diese Ausgangslage führte das in Oslo ansässige Unternehmen RailCOMPLETE AS zu der Frage, was ein Planungstool braucht, um als gewerkeübergreifendes Softwareprodukt weltweit einsetzbar zu sein und gleichzeitig nationale Anforderungen an die Eisenbahnplanung zu erfüllen. RailCOMPLETE (RC) beantwortet diese Frage. Dies wurde eindrucksvoll in Zusammenarbeit mit Norwegens größtem Infrastrukturplanungsunternehmen, Norconsult AS, mit der Signal- und Fahrleitungsplanung für Bane NOR gezeigt. Anpassungen und Pilotprojekte sind in Frankreich, Japan, Deutschland und Finnland im Gange.

1 Vorteile eines gewerkeübergreifenden Planungsinstrumentes

Ein Infrastrukturbetreiber (Infrastructure Manager – IM) braucht die Kontrolle über Kosten, Zeit und Qualität. Die Planungskosten werden durch die eingesetzten Arbeitsstunden bestimmt, aber auch die Kosten für Softwarelizenzen und Softwareentwicklung spielen eine Rolle. Ein effizientes Tool, das sich wiederholende Arbeiten automatisiert und eine automatische Modellprüfung durchführt, spart manuelle CAD-Arbeiten und anschließende Excel/PDF-Prüfungen. Ein gewerkeübergreifendes Tool, das Kunden in vielen Ländern bedient, ermöglicht es, die Kosten für die Softwareentwicklung auf mehrere Schultern zu verteilen und gleichzeitig die wiederkehrenden Lizenzkosten auf ein Minimum zu beschränken. Wenn ein Tool nicht nur für die Signalisierung, sondern auch für die Planung von Elektrifizierung, Telekommunikation, Stromversorgung, Erdung und Tafeln eingesetzt wird, entfällt ein Großteil der Kosten für die Entwicklung und Wartung vieler Tools. Die Gesamteffizienz der Planung und damit die Kosten werden weiter verbessert, wenn alle beteiligten Unternehmen dasselbe Modellierungswerkzeug verwenden, so wie Unternehmen Tabellenkalkulationen austauschen können, weil alle Excel verwenden – eine

For decades, the German rail infrastructure has been underfunded, modernisation has been delayed and parts of the rail network have been dismantled. At the same time, passenger numbers have risen and more and more goods are being transported by rail. This is leading to capacity bottlenecks, which will have to be eliminated in the coming years through a major offensive of modernisation and expansion projects. In addition, the planning process for electrical systems in rail technology is characterised by many system discontinuities and different planning procedures. The planning process is not yet based on a standardised data model and consistent data management. And although a single European rail area is to be created, each national railway in Europe has its own planning procedure. This initial situation led Oslo-based RailCOMPLETE AS to ask the following question: What does a planning tool need to do to be a generic and multidisciplinary software product that can be used worldwide and at the same time meet national requirements for railway planning? RailCOMPLETE (RC) answers this question. This was impressively demonstrated in cooperation with Norway's largest infrastructure planning company, Norconsult AS, with the signal and overhead line planning for Bane NOR. Customisation and pilot projects are ongoing in France, Japan, Germany and Finland.

1 Advantages of using a general, inter-disciplinary planning tool

An Infrastructure Manager (IM) needs to have control over cost, time and quality. Planning cost is driven by man-hours used, although software licensing and software development costs also count. An efficient tool that automates repetitive work and does automated model checking saves manual CAD work and subsequent Excel/PDF checking. Having a generic and interdisciplinary tool which serves clients in many countries allows costs for software development to be shared while keeping recurring license costs to a minimum. When a tool is used not only for signalling but also for planning electrification, telecommunications, power supply, earthing and boards, much of the cost of developing and maintaining many tools is eliminated. Overall planning efficiency and thereby cost is further improved when all involved companies use the same modelling tool, in the same way that companies can exchange spreadsheets because everyone is using Excel™ – no need for costly data conversion between IMs, planners and construction companies.

kostspielige Datenkonvertierung zwischen IM, Planern und Bauunternehmen ist nicht erforderlich.

Es ist zu beachten, dass eine nationale oder internationale textbasierte Austauschsprache wie railML, PlanPro oder Ariane nicht den Bedürfnissen eines Autorenwerkzeugs – also einer Software, mit der IT-Produkte erstellt werden können – entspricht. Ein allgemeiner Editor muss alle Feinheiten der Zeichnungserstellung, Geländepläne, Gleismodelle, Eisenbahnobjekte, Regelwerke und Automatisierungsmethoden speichern, damit ein Computermodell absolut verlustfrei zwischen Unternehmen ausgetauscht werden kann. Austauschsprachen dienen nur bestimmten Zwecken, wie z. B. dem Export zu Kapazitäts-Simulationswerkzeugen, dem Export zu Stellwerks-Entwurfswerkzeugen, dem Export zu Ausleger-Entwurfswerkzeugen und so weiter. Ein Allzweck-Autoren-Tool muss die „einzige Quelle der Wahrheit“ für alle Disziplinen und für die langfristige Archivierung von Computermodellen sein. Austauschsprachen-Dateien sind abgeleitete Daten, keine Quelldaten.

Die *Planungszeit* wird durch die Anpassungsfähigkeit des Tools, durch die Parallelität der Planungsdisziplinen und durch die Fähigkeit, ein komplexes Datenmodell bei Gleisänderungen usw. schnell zu aktualisieren, bestimmt. Kein Eisenbahnprojekt hat dabei identische Anforderungen. Ein allgemeines Werkzeug muss es den Nutzern ermöglichen, unvorhergesehene Datenextraktionen, Berechnungen oder Tabellendarstellungen mit geringem Aufwand auszudrücken, ohne auf kostspielige und langsame Aktualisierungen des Autoren-Tools warten zu müssen.

Die traditionelle sequenzielle Planung muss parallel erfolgen. Sobald eine Skizze eines Gleismodells vorliegt, müssen Signalisierung und Elektrifizierung parallel beginnen und die Qualitäten des Gleisentwurfs bewerten, indem sie sich gegenseitig auf ihre Modelle beziehen und täglich Probleme und Lösungen austauschen. Haben wir ausreichende D-Weg-Abstände? Kann die Signalisierung die Höchst-

Text-based exchange languages such as railML, PlanPro or Ariane are intentionally limited in scope to a specific domain or purpose. A general editor tool must store all the nitty-gritty details concerning drawing production, terrain maps, track models, railway objects, rule sets and automation methods to allow a computer model to be exchanged among companies with absolutely no loss. Exchange languages serve only specific purposes, such as export to capacity simulation tools, export to interlocking design tools, export to cantilever design tools, export to ATO or RBC configuration tools, and so on. A general-purpose authoring tool needs to be the “single source of truth” for all disciplines and for long-term archiving of computer models. Exchange language files are derived data, not source data.

Planning time is driven by the adaptability of the tool, by the parallelism of planning disciplines, and by its ability to quickly update a complex data model when track changes occur. No railway project has identical requirements. A general tool must allow users to express unforeseen data extractions, calculations or table presentations with little effort, without having to wait for costly and slow editor tool updates.

Traditional sequential planning must be made parallel. As soon as a sketch of a track model emerges, then signalling and electrification must start in parallel and assess the qualities of the track design, cross-referencing each other’s models and exchanging problems and solutions daily. Do we have sufficient overlap distances? Can signalling exploit the maximum speeds of the proposed switches? Is sighting impaired? What is the stop pattern? Is there room between signals for overhead line sectioning? Do we achieve the required capacity?

Planning quality is driven by the tool’s capability to automate, detect errors and suggest corrections, as well as being user-friendly, efficient and accurate when the user needs to recon-



Bild 1: 3D-Export von Signalen, nachbearbeitet mit der Unreal-Spiele-Engine und im Kontext zur Überprüfung von Sichtungsproblemen dargestellt
Fig. 1: 3D export of signals, post-processed using the Unreal gaming engine and shown in context for verification of sighting issues

Quelle / Source: Genehmigung / Courtesy Norconsult AS und Bane NOR

geschwindigkeiten der vorgeschlagenen Weichen ausnutzen? Sind die Sichtverhältnisse beeinträchtigt? Wie ist das Haltestellenmuster? Gibt es zwischen den Signalen Platz für Oberleitungsabschnitte? Erreichen wir die erforderliche Kapazität?

Die *Planungsqualität* wird durch die Fähigkeit des Tools bestimmt, zu automatisieren, Fehler zu erkennen und Korrekturen vorzuschlagen sowie benutzerfreundlich, effizient und genau zu sein, wenn der Benutzer Objekte neu konfigurieren muss. Ein weiterer wichtiger Faktor ist die Fähigkeit des Tools, eine konsistente Datenbank zu jeder Zeit aufrechtzuerhalten.

2 RailCOMPLETE als Lösung

In Analogie zu Excel bietet RC ein grundlegendes Software-Tool, das in allen Ländern unverändert verwendet wird, zusammen mit länderspezifischen Anpassungsdaten, die es den Benutzern in einem bestimmten Land (oder Eisenbahnsystem) ermöglichen, bei der Erstellung von BIM (Building Information Modeling)-Modellen mit ihren vertrauten Eisenbahnobjekten zu arbeiten. Die Aufgabe, ein nationales Modell (Deutsch, Französisch, Norwegisch usw.) für RC zu kodieren, wird einem lokalen sogenannten RC-Agenten überlassen. Ein Agent ist ein Unternehmen, das sich mit der Programmierung auskennt und Zugang zu den Regeln und dem Fachwissen des IM hat. Der Agent bereitet die Anpassungsdateien für RC im Namen aller Planer vor, die für den IM arbeiten.

2.1 Definition of Network Assets (DNA)

Der Endnutzer erstellt ein neues BIM-Projekt, indem er eine oder mehrere CAD-Dateien im DWG-Dateiformat erstellt, woraufhin RC jeder Datei die nationale, sogenannte Definition of Network Assets (DNA) hinzufügt. Die DNA-Dateien enthalten Deklarationen von Objekttypen mit Standardwerten, Toleranzen, zugehörigen grafischen Symbolen, geometrischen 3D-Darstellungen, Beziehungen zwischen Objekten und nicht zuletzt kontextabhängige Automatisierungen und Regelüberprüfungen. Eine Sammlung solcher Deklarationen wird deshalb Definition of Network Assets genannt (DNA), weil sie konzeptionell der biologischen DNA ähnlich ist.

Die allgemeine RC-Software konsultiert die DNA der Datei, um zu wissen, welche Art von Objekten nun im BIM-Modell erstellt werden können.

2.2 Automatisierung mit der Programmiersprache Lua

RC verwandelt AutoCAD in eine relationale Datenbank mit Zeichnungsfunktionen. RC bettet die Programmiersprache Lua ein, die es ermöglicht, BIM-Modellierungsvorgänge zu automatisieren, die im allgemeinen Produkt RC nicht vorgesehen sind und die es RC-Benutzern ermöglicht, Objektverhalten zu automatisieren, das (noch) nicht in der nationalen DNA verfügbar gemacht wurde. Lua ist eine objektorientierte funktionale Programmiersprache, die auf C++ basiert, ähnlich wie Python. Lua ist schnell, quelloffen, gut dokumentiert und kostenlos.

Viele Entwurfsaufgaben sind repetitiv oder zeitaufwendig. Das Schreiben eines Skripts in Lua automatisiert diese Schritte und speichert sie zur späteren Verwendung. Lua-Skripte ermöglichen dem Benutzer das Erstellen, Ändern und Löschen von Objekten sowie Datei-E/A. In einem kürzlich durchgeführten Projekt schrieb ein Planungsunternehmen ein Skript, das einen bereits mit CATDGN von Bentley erstellten Oberleitungsentwurf in RC-Elektrifizierungsobjekte umwandelte.

Kein Skript ist zu klein – erfahrene Benutzer schreiben jeden Tag kleine Lua-Skripte, um Ad-hoc-Aufgaben zu lösen.

figure objects. Another important driver is the tool’s capability to always keep a consistent database.

2 RailCOMPLETE as a solution

In analogy to Excel, RC provides a basic software tool that is used unmodified in all countries, along with country-specific customisation data that enables users in a particular country (or railway system) to work with their familiar railway objects when producing BIM models. The task of encoding a national model (German, French, Norwegian, etc.) for RC is left to a local, so-called RC agent. An agent is a company that excels in programming and has access to the IM’s rules and domain knowledge. The agent prepares customisation files for RC on behalf of all planners working for the IM.

2.1 Definition of Network Assets (DNA)

The end user creates a new BIM project by creating one or more CAD files in DWG file format, whereupon RC adds the national DNA to each file. The DNA contains declarations of object types with default values, tolerances, associated graphic symbols, 3D geometrical representations, relations between objects, and not least: context-sensitive automation and rule-checking. A collection of such declarations is called Definition of Network Assets, conveniently abbreviated DNA, because it is conceptually similar to biological DNA.

The general RC software consults the file’s DNA to know what kind of objects that can now be created in the BIM model.

2.2 Automation with the programming language Lua

RC turns AutoCAD into a relational database with drawing capabilities. RC embeds the programming language Lua that enables automation of BIM modelling operations which have not been foreseen in the generic product RC, and which enables RC users to automate object behaviour that has not (yet) been made available in the national DNA by the agent. Lua is an object-oriented functional programming language based on C++, similar to Python. Lua is fast, open source, well documented and free.

Many design tasks are repetitive or time-consuming. Writing a script in Lua automates the steps and saves them for later use. Lua scripts allow the user to create, modify and delete objects as well as file I/O. In a recent project, a planning company wrote a script that converted an overhead line design already made with Bentley’s CATDGN into RC electrification objects.

No script is too small – skilled users write small Lua scripts every day to solve ad-hoc tasks.

2.3 Track network models in RC

A railway BIM model needs a track network. Each IM has a favourite track design software that exports alignments to LandXML 1.2 or IFC 4x3, or to any reasonable text format. RC’s alignment editor edits tracks, roads, contact wires, earthing conductors, etc., imported from a variety of formats. The planning process can start early with a sketchy track plan containing just horizontal geometries. Vertical profile, cant, speed and other information can be added when available.

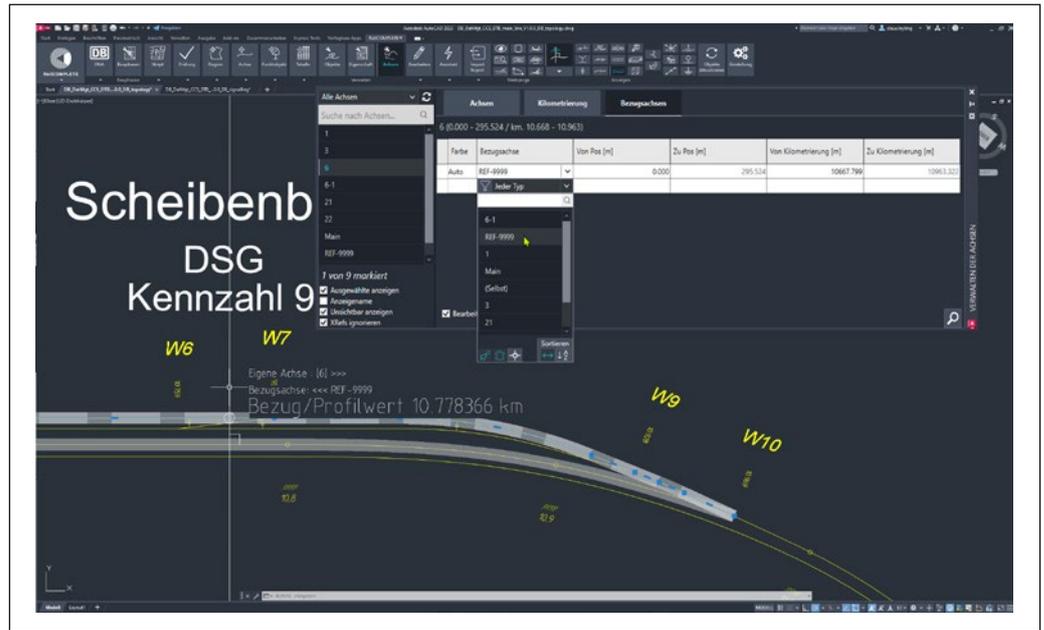
Objects in RC store their 3D coordinates but derive their linear address when asked. One particular linear address is the Reference Alignment Mileage, better known as Bezugskilometer in Germany. RC tackles all known European ways of

Bild 2: Eltern-Kind-Beziehung zwischen einer Achse und ihrer Bezugsachse

Fig. 2: Parent-child relationship between an alignment and its reference alignment

Quelle / Source:

Railcomplete AS



2.3 Gleisnetzmodelle in RC

Ein Eisenbahn-BIM-Modell benötigt ein Gleisnetz. Jeder IM hat eine bevorzugte Gleisplanungssoftware, die Trassen nach LandXML 1.2 oder IFC 4x3 oder in jedes vernünftige Textformat exportiert. Der Trassierungseditor von RC bearbeitet Gleise, Straßen, Fahrdrähte, Erdungsleitungen usw., die aus einer Vielzahl von Formaten importiert werden. Der Planungsprozess kann bereits mit einem skizzenhaften Gleisplan beginnen, der nur horizontale Geometrien enthält. Vertikales Profil, Überhöhung, Geschwindigkeit und andere Informationen können hinzugefügt werden, wenn vorhanden.

Objekte in RC speichern ihre 3D-Koordinaten, leiten aber auf Anfrage ihre lineare Adresse ab. Eine besondere lineare Adresse ist der Referenzkilometerstand, besser bekannt als Bezugskilometer. RC befasst sich mit allen bekannten europäischen Methoden zur Berechnung solcher linearer Adressen. Für die Planungs- und Bauqualität ist es von entscheidender Bedeutung, dass alle Planer lineare Adressen verwenden, die auf genau dieselbe Weise berechnet werden (Bild 2).

Weichen, Kreuzungen und Fortsetzungen in RC sind Verbindungsobjekte, die einzelne Gleise in einen zusammenhängenden Graphen verwandeln, in dem Entfernungen zwischen Objekten berechnet werden und Objekte sich bewegen können. RC verfügt über ei-

computing such linear addresses. It is crucial to planning and construction quality that all planners use linear addresses that are computed in exactly the same way (fig. 2).

Switches, crossings and continuations in RC are connection objects that turn individual tracks into a connected graph where distances between objects can be calculated and objects can move. RC has a built-in assistant that locates all switch/crossing/continuation situations from the rough track alignments and creates the corresponding connection objects.

2.4 Adding objects

Once a track model has been defined, each planning discipline creates a partial model holding their discipline's objects, using the track model as XRef (Cross-Reference), a read-only connection to another file. For instance, to see and solve placement and sighting conflicts with overhead line poles, the signalling model will cross-reference (XRef) the electrification model.

The current Norwegian DNA defines track, signalling, overhead line, earthing, low-current and telecom objects, having more

Wir revolutionieren das interdisziplinäre BIM für die Bahn

“RailCOMPLETE, ein Werkzeug, das sich den Disziplinen anpasst und nicht umgekehrt!”

SNCF Réseau, Frankreich

“RailCOMPLETE ist vielseitig und ermöglicht es mir, bei Bedarf eigene Attribute hinzuzufügen”

Rail Expert Consult, Österreich

“RailCOMPLETE ist einfach und unglaublich fortschrittlich zugleich”

Multiconsult, Norwegen



Fachgebiet	Typische Objekte
Allgemein	Region, Hilfslinie, Etikett, Positions- / Entfernungs- / Textanmerkungobjekt
Oberbau	Gleis, Weiche, Kreuzung, Prellbock, Entgleiser
Tiefbau	Fundamente für Signale / Oberleitungsmasten / Tafeln / Schränke / Gebäude, Kabelkanäle, flexible Kunststoffrohre, Schächte
Signal	Signale, Gleisstromkreis, Achszähler, Freimelde-Abschnitt, LX, Nahstellbedientaste, Schlüsselschalter, ETCS-Tafeln, Balisen, Schränke und Gebäude
Oberleitung	Mast, Portal, Ausleger, automatische Spannvorrichtung, Mittelpunktsverankerung, Abspanndraht, Isolator, Strombrücke, Transformator, Leistungsschalter, Fahrdraht, Erdungsleiter, Schränke und Gerätehäuser
Telekommunikation	Telefon, Verteilerschrank
Stromversorgung	Weichenheizungsschrank, Verteilerschrank, Beleuchtung, USV, Transformator
Tafeln und Markierungen	Mechanische Tafeln und reflektierende / nicht reflektierende Markierungen aller Art

Tab. 1: Typische, in der DNA deklarierte Objekttypen

nen eingebauten Assistenten, der alle Weichen- / Kreuzungs- / Fortsetzungssituationen aus den groben Gleisanlagen ermittelt und die entsprechenden Verbindungsobjekte erstellt.

2.4 Hinzufügen von Objekten

Sobald ein Gleismodell definiert ist, erstellt jede Planungsdisziplin ein Teilmodell mit den Objekten ihrer Disziplin und verwendet das Gleismodell als XRef (Querverweis), eine schreibgeschützte Verbindung zu einer anderen Datei. Um z.B. Platzierungs- und Sichtungskonflikte mit Oberleitungsmasten zu erkennen und zu lösen, wird das Signalisierungsmodell das Elektrifizierungsmodell Querverweis (XRef).

Die aktuelle norwegische DNA definiert Gleis-, Signalisierungs-, Oberleitungs-, Erdungs-, Schwachstrom- und Telekommunikationsobjekte mit mehr als 150 Objekttyp-Deklarationen, die meisten davon mit mehreren Varianten (Tab. 1).

2.5 Erdung

Die meisten Objekte besitzen eine Erdungsmethode-Eigenschaft, die der Fachplaner auf eine der Optionen *Schiene/Erdungsleiter/anderes Objekt/keine* einstellt. Danach vervollständigt der RC-Erdungsassistent die Konfiguration der Er-

Discipline	Typical objects
Common	Area, auxiliary line, label, position / distance / text annotation object
Track	Track, switch, crossing, buffer stop, derailer
Civil Engineering	Foundations for signals / overhead line poles / boards / cabinets / houses, cable ducts, flexible plastic tubes, manholes
Signalling	Signals, track circuit, axle counter, TVP section, point machine, LX, local control panel, key lock, ETCS boards, balises, cabinets and houses
Overhead lines	Pole, portal, cantilever, auto tensioning device, midpoint anchor, guy wire, isolator, current bridge, transformer, power switch, contact wire, earthing conductor
Telecom	Telephone, distribution rack
Power supply	Point heating cabinet, distribution cabinet, lighting, UPS, transformer
Boards and markers	Mechanical boards and reflective / non-reflective markers of all types

Tab. 1: Typical object types declared in DNA

than 150 object type declarations, most of them with multiple variants (tab. 1) .

2.5 Earthing

Most objects possess an earthing method property which the discipline’s planner sets to one of *rail/earthing conductor/other object/none*. Thereafter, the RC earthing assistant completes the configuring of earthing for the objects, searching for the closest object that fulfils the earthing preferences.

To create an interdisciplinary earthing plan, the responsible planner creates an RC earthing model that XRefs all the other disciplines’ objects. The RC earthing visualisation assistant then draws all the earthing connection graphics. The project’s customised earthing table is then computed, one table per each PDF sheet if needed. At the delivery deadline, the earthing planner will refresh graphics and tables with a short series of commands and then print the PDFs again. This process clearly improves planning time and quality.

2.6 Visualisation and inspection

RC calculates fouling points from the geometrical track plan, following the IMs rules as formulated in the DNA. Signals and

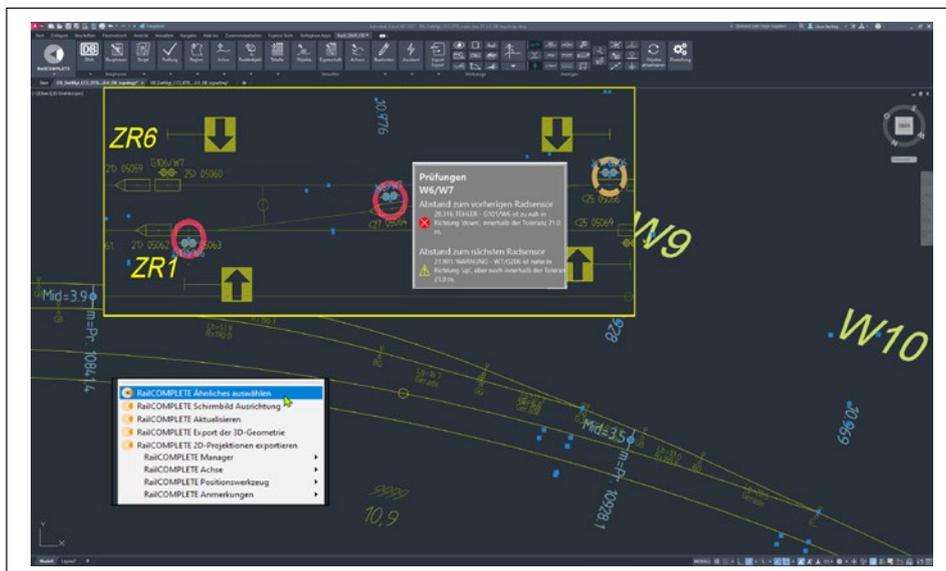


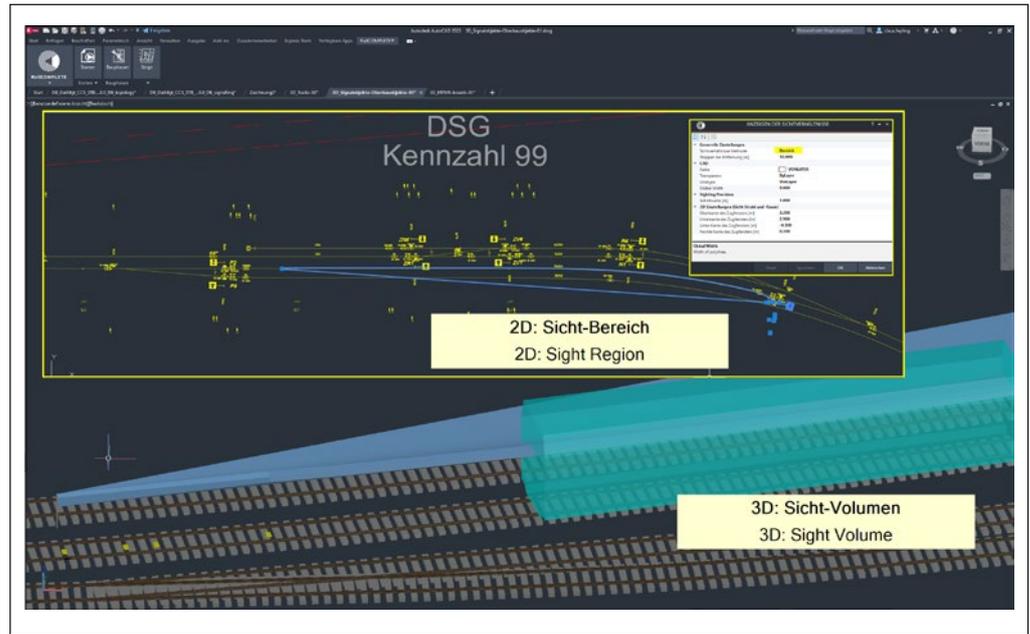
Bild 3: Gefahrenpunkte. Visualisierung der Modellprüfungen: Fehler (rot), Warnung (orange)

Fig. 3: Fouling points. Visualisation of modelchecks: Error (red), Warning (orange)

Quelle / Source: Railcomplete AS

Bild 4: Kombiniertes Signal mit Sight Volume und einem Lastprofil GC „Waggon“

Fig. 4: Combination signal with Sight Volume and a GC gauge “train car”
 Quelle / Source: Railcomplete AS



derung für die Objekte, indem er nach dem nächstgelegenen Objekt sucht, das die Erdungspräferenzen erfüllt.

Um einen interdisziplinären Erdungsplan zu erstellen, erstellt der zuständige Planer ein RC-Erdungsmodell, das alle Objekte der anderen Disziplinen mit XRefs versieht. Der Visualisierungsassistent für die RC-Erdung zeichnet dann alle Grafiken der Erdungsverbindungen. Anschließend wird die individuelle Erdungstabelle für das Projekt berechnet, bei Bedarf eine Tabelle pro PDF-Blatt. Zum Abgabetermin aktualisiert der Erdungsplaner die Grafiken und Tabellen mit einer kurzen Befehlsfolge und druckt die PDF erneut aus. Dieses Verfahren verbessert die Planungszeit und die Qualität deutlich.

2.6 Visualisierung und Inspektion

RC berechnet aus dem geometrischen Gleisplan die Gefahrpunkte, wobei die in der DNA formulierten Regeln der IM beachtet werden. Signale und Sensoren können so selbst überprüfen, ob sie in Bezug auf die relevanten Gefahrpunkte korrekt platziert sind (Bild 3). Heut-

sensors can thereby check themselves that they are correctly placed with respect to relevant fouling points (fig. 3).

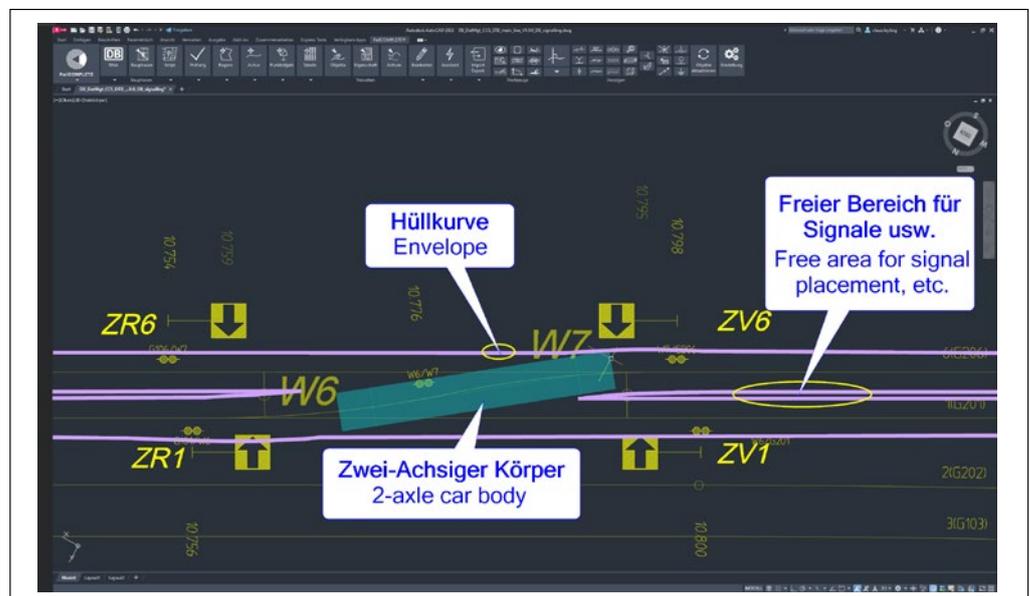
Nowadays, IMs expect sighting problems to be solved and verified in a 3D BIM model long before physical construction starts. RC generates four sighting variants that allow the signal planner to solve most sighting challenges (fig. 4).

RC allows a virtual train, in 2D or 3D, to travel every possible path in a network, recording the gauge envelope that has been swept by this train, or by its pantograph requirement (fig. 5).

The DNA declarations of object types contain special custom properties named modelchecks. Each modelcheck contains a Lua program that displays its conclusion in text and graphics to the user. Once created, an object will update its modelchecks. An example is an axle counter which checks its separation from its closest neighbours and categorises its conclusion as one of OK, Warning or Error (fig. 3).

Bild 5: Hüllkurve mit Einschränkungen für die Signalplatzierung

Fig. 5: Envelope showing gauge restrictions for signal placement
 Quelle / Source: Railcomplete AS



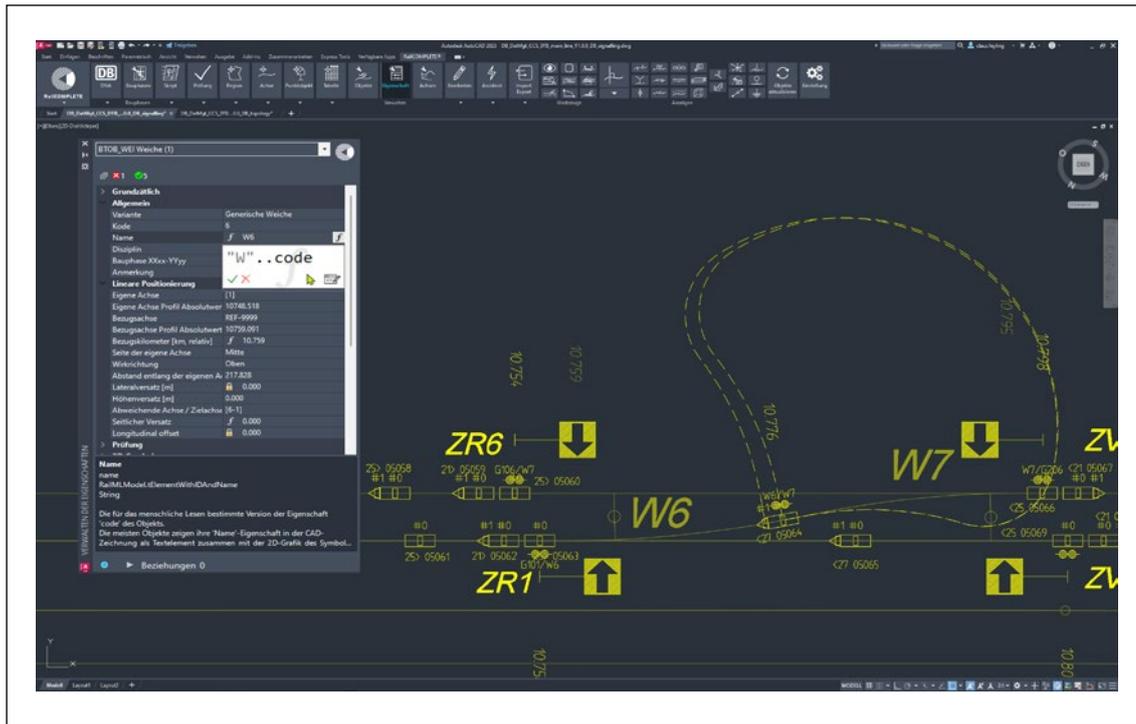


Bild 6: Der Eigenschaftsmanager und der Lua-Editor; automatische Nummerierung von Balisen innerhalb einer Gruppe; Verknüpfung einer Balisengruppe mit ihren Balisen mittels Beziehungen

Fig. 6: The Property Manager and the Lua editor. Automatic numbering of balises inside a group. Relating a balise group to its balises. *Quelle / Source: Railcomplete AS*

zutage erwarten IM, dass Sichtungsprobleme in einem 3D-BIM-Modell gelöst und verifiziert werden, lange bevor der physische Bau beginnt. RC erzeugt vier Sichtungsvarianten, mit denen der Signalplaner die meisten Sichtungsprobleme lösen kann (Bild 4).

Mit RC kann ein virtueller Zug in 2D oder 3D alle möglichen Trassen eines Netzes befahren und dabei die von diesem Zug oder von seiner Stromabnehmeranforderung befahrene Spurweite aufzeichnen (Bild 5).

Die DNA-Deklarationen der Objekttypen enthalten spezielle benutzerdefinierte Eigenschaften, die Modellprüfungen genannt werden. Jede Modellprüfung enthält ein Lua-Programm, das dem Benutzer seine Schlussfolgerung in Text und Grafik anzeigt. Einmal erstellt, aktualisiert ein Objekt seine Modellprüfungen. Ein Beispiel ist ein Achszähler, der seinen Abstand zu den nächsten Nachbarn prüft und seine Schlussfolgerung als OK, Warnung oder Fehler kategorisiert (Bild 3).

Der RC-Benutzer wählt im RC-Bauphasenmanager aus, welche Bauphase visualisiert werden soll. Der Bauphasenmanager analysiert die Namen aller DWG-Layer in der aktuell geöffneten DWG-Datei und in ihren XRef und schaltet Hunderte von Layern ein oder aus, um die gewählte Bauphase wiederzugeben. Nicht-RC-Elemente, die in anderen Werkzeugen erstellt wurden, werden ebenfalls ein- und ausgeschaltet (Bild 7).

2.7 Konfigurieren und Verbinden von Objekten

Weichen – und alle anderen Objekttypen – besitzen intrinsische Eigenschaften wie Richtung und Kilometerstand sowie benutzerdefinierte Eigenschaften, die in der DNA deklariert werden, wie z. B., „Signal hat Sonnenschutz“. Eine Eigenschaft hat immer einen bestimmten Wert, aber sie kann auch eine Formel haben, d. h. ein kleines Programm, das Informationen aus der Datenbank sammelt und den Wert der Eigenschaft erzeugt. Der RC-Benutzer startet den Lua-Editor, um ein Lua-Snippet zu prüfen oder zu ändern (Bild 6).

Betrachten wir ein kleines Lua-Programmierbeispiel: Angenommen, Weichennummer 6 ist der Wert der *code*-Eigenschaft einer bestimm-

The RC user selects in the RC stage manager which construction stage shall be visualised. The stage manager analyses the layer names of every DWG layer in the currently open DWG file and in its XRefs and switches hundreds of layers on or off to reflect the chosen stage. Non-RC items made in other tools will be switched on and off as well (fig. 7).

2.7 Configuring and connecting objects

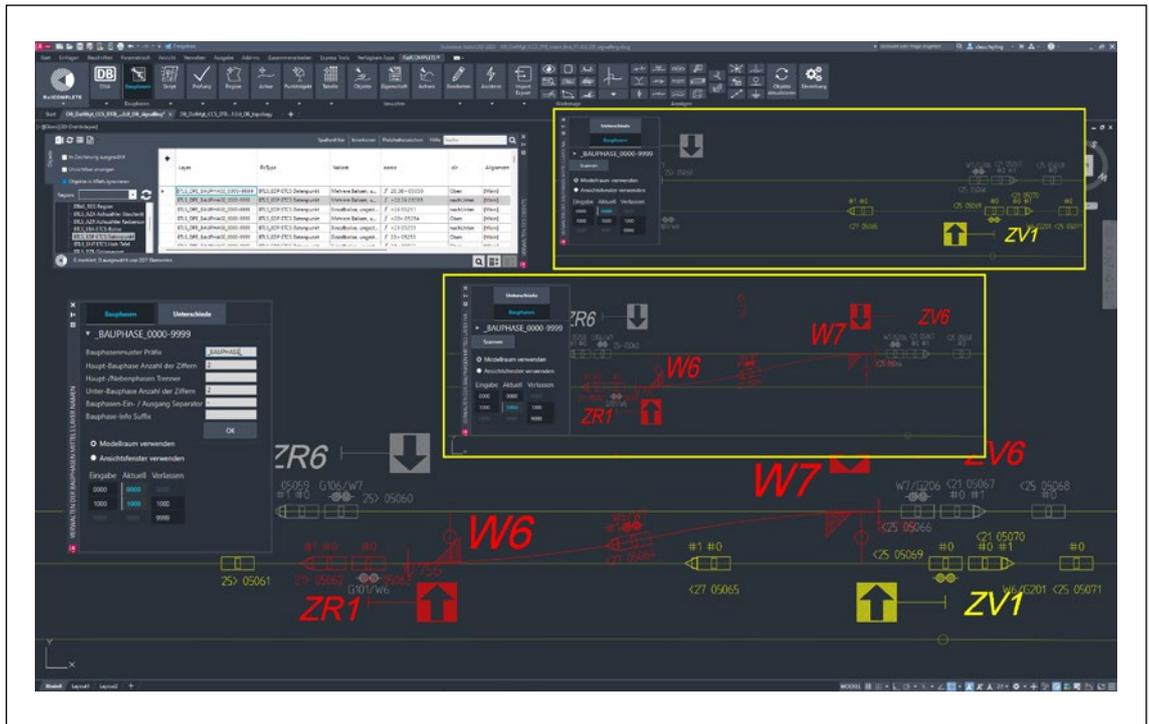
Switches – and all other object types – possess intrinsic properties such as Direction and Mileage, and custom properties declared in DNA, such as “Signal has sunscreen”. A property will always have a definite value, but it might also have a formula, which is a small program that collects information from the database and produces the property’s value. The RC user starts the Lua editor to inspect or change a Lua snippet (fig 6). Let’s consider a small Lua coding example: Suppose switch number 6 is the value of the *code* property of a particular switch. Then its *name* property can be given by a tiny Lua formula “W”..code which results in W6 being shown as its value. Another example would be the numbering of balises inside an ETCS balise group.

References to Lua functions located in the DWG file’s DNA are added to RC objects at their creation, as declared in DNA. An example is an axle counter that will place itself at 5 metres from the closest opposing fouling point, using a Lua function for its mileage property. However, RC allows the user to make subsequent local changes in a copy of the DNA function inside a particular RC object. Applying such a modified Lua formula to all other relevant objects in the DWG file is made with a few keystrokes, using one of the property editors in RC. This flexibility is what makes RC unique.

The RC Object Manager allows the user to copy/paste values and Lua formulas between properties and between objects, to other RC models or to Excel spreadsheets (fig. 7).

Agents declare relation types in the DNA to let users relate objects to one-another. For instance, if an object A is related

Bild 7: Der Objektmanager – Verwalten der Bauphasen mittels Layer-Namen
 Fig. 7: The Object Manager – manage stages using layer names
 Quelle/Source: Railcomplete AS



ten Weiche. Dann kann die Eigenschaft *name* mit einer kleinen Lua-Formel "*W*..code versehen werden, was dazu führt, dass *W6* als Wert angezeigt wird. Ein weiteres Beispiel wäre die Nummerierung von Balisen innerhalb einer ETCS-Balisengruppe.

Verweise auf Lua-Funktionen, die sich in der DNA der DWG-Datei befinden, werden den RC-Objekten bei ihrer Erstellung hinzugefügt, wie in der DNA angegeben. Ein Beispiel ist ein Achszähler, der sich selbst in 5 m Entfernung vom nächstgelegenen gegnerischen Gefahrpunkt platziert, indem er eine Lua-Funktion für seine Mileage-Eigenschaft verwendet. RC erlaubt es dem Benutzer jedoch, nachträgliche lokale Änderungen in einer Kopie der DNA-Funktion innerhalb eines bestimmten RC-Objekts vorzunehmen. Die Anwendung einer solchen geänderten Lua-Formel auf alle anderen relevanten Objekte in der DWG-Datei erfolgt mit wenigen Tastendrücken unter Verwendung eines der Eigenschaftseditoren in RC. Diese Flexibilität ist es, die RC so einzigartig macht.

Der RC-Objektmanager ermöglicht es dem Benutzer, Werte und Lua-Formeln zwischen Eigenschaften und Objekten, in andere RC-Modelle oder in Excel-Tabellen zu kopieren/einzufügen (Bild 7).

Agenten deklarieren Beziehungstypen in der DNA, damit Benutzer Objekte miteinander in Beziehung setzen können. Wenn z.B. ein Objekt A mit „Ist Vorsignal für Signal“ mit Objekt B in Beziehung steht, dann steht B mit einer umgekehrten Beziehung „Ist Signal vorsignaliert von Signal“ in Beziehung zu A. Solche Beziehungen ermöglichen es dem Lua-Code, die Datenbank von Objekt zu Objekt zu durchlaufen und nach Daten zu suchen (Bild 6).

Eine geschlossene 2D-Polylinie kann in ein RC Region-Objekt umgewandelt werden. Flächentypen werden in DNA deklariert, wie z.B. Temporärer Rangierbereich, aber auch als Ansichtsfenster, das die Ausdehnung eines entsprechenden Ansichtsfensters im AutoCAD-Papierbereich darstellt. Ein Objekt weiß, zu welchen Bereichen es gehört. Bereiche sind nützlich für die Erstellung von Verriegelungstabellen und von Objekteigenschaftstabellen, die in Ausdrucken nach PDF-Blättern gefiltert werden (Bild 8).

Der RC-Tabelleneditor hat einen Filterteil und einen Darstellungsteil. Der Filterteil definiert z.B. eine Sammlung von Verweisen auf Signale

with “Is distant signal for signal” to object B, then B relates to A with a reverse relation “Is signal announced by distant signal”. Such relations allow Lua code to traverse the database from object to object, searching for data (fig. 6).

A closed 2D polyline can be turned into an RC Area object. Area types are declared in DNA, such as Temporary Shunting Area, but also as Viewport, representing the extent of a corresponding viewport in AutoCAD paperspace. An object knows to which areas it belongs. Areas are useful for creating interlocking tables and object property tables filtered per PDF sheet in printouts (fig. 8).

The RC table editor has a filter part and a presentation part. The filter part defines, for instance, a collection of references to signals in an RC area, or a collection consisting of shunting routes. The presentation part defines numbering, fonts, etc., and contains a Lua program for each table column. Each Lua program uses the filtered collection’s items one by one, makes further database searches, and formats the text that is presented in the table’s corresponding row and cell. The DNA agent can easily incorporate such a table’s filter and Lua programs in the next version of the DNA (fig. 8).

2.8 3D

An object can reference its 3D geometrical representation as an external DWG or IFC filename. Using the 3D export command, each object’s 3D geometry is created, respecting its insertion point and spatial orientation. See rendered output in fig. 1. 3D for an object with many variations may be parametrically assembled from partial 3D geometries.

Libraries of 3D representations may be situated on a national server, on the project’s server, on each user’s PC, or combinations thereof.

2.9 Installation drawings

Detailed installation drawings are automated using the 2D projection feature. Updating 2D projections in PDF installation

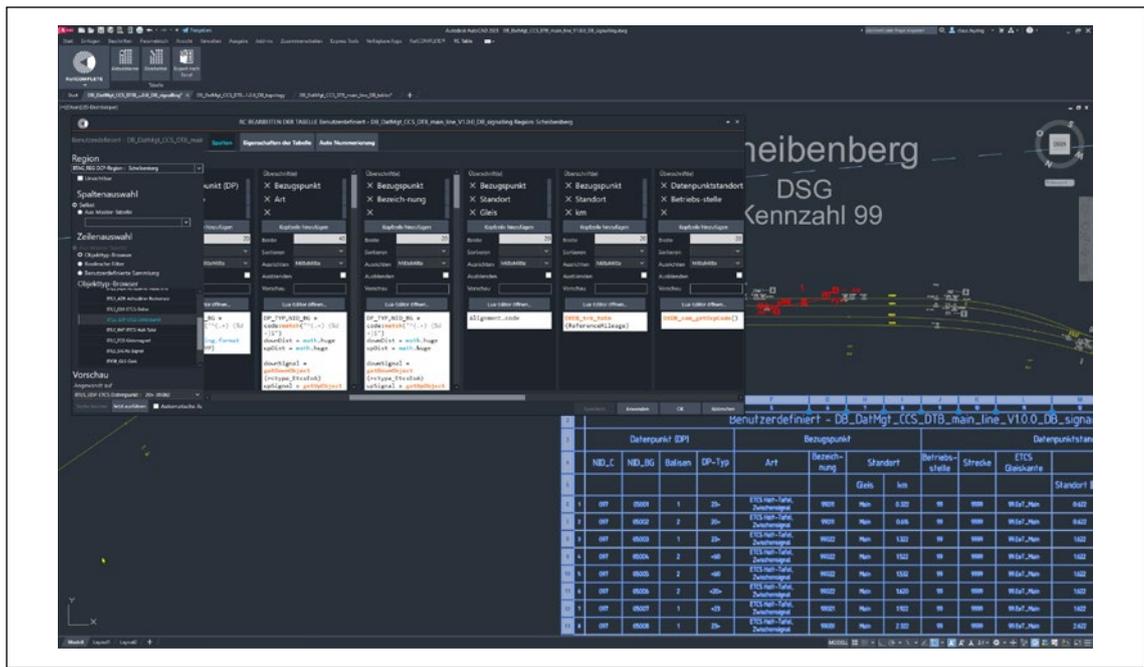


Bild 8: Tabelleneditor – Bearbeitung einer Signaltabelle

Fig. 8: Table editor – editing a signal table
Quelle/Source: Railcomplete AS

in einer RC-Region oder eine Sammlung von Rangierfahrstraßen. Der Präsentationsteil definiert Nummerierung, Schriftarten usw. und enthält ein Lua-Programm für jede Tabellenspalte. Jedes Lua-Programm verwendet die Elemente der gefilterten Sammlung einzeln, führt weitere Datenbanksuchen durch und formatiert den Text, der in der entsprechenden Zeile und Zelle der Tabelle angezeigt wird. Der DNA-Agent kann den Filter und die Lua-Programme einer solchen Tabelle leicht in die nächste Version der DNA einbinden (Bild 8).

2.8 3D

Ein Objekt kann seine 3D-Geometriedarstellung als externen DWG- oder IFC-Dateinamen referenzieren. Mit dem Befehl 3D-Export wird

drawings is then a matter of re-running the 2D projection command (fig. 9).

2.10 Longevity

The DWG storage format has proven itself for almost 40 years. RC stores a model as DWG, no extra files. The ETRANSMIT command in AutoCAD packages a whole RC project into one ZIP file that can be archived, transmitted and restored without loss.

IM rulesets change over time, leading to new versions of DNA. RC features a DNA mapping editor where the DNA agent decides how an RC DWG file shall be safely ported from one DNA

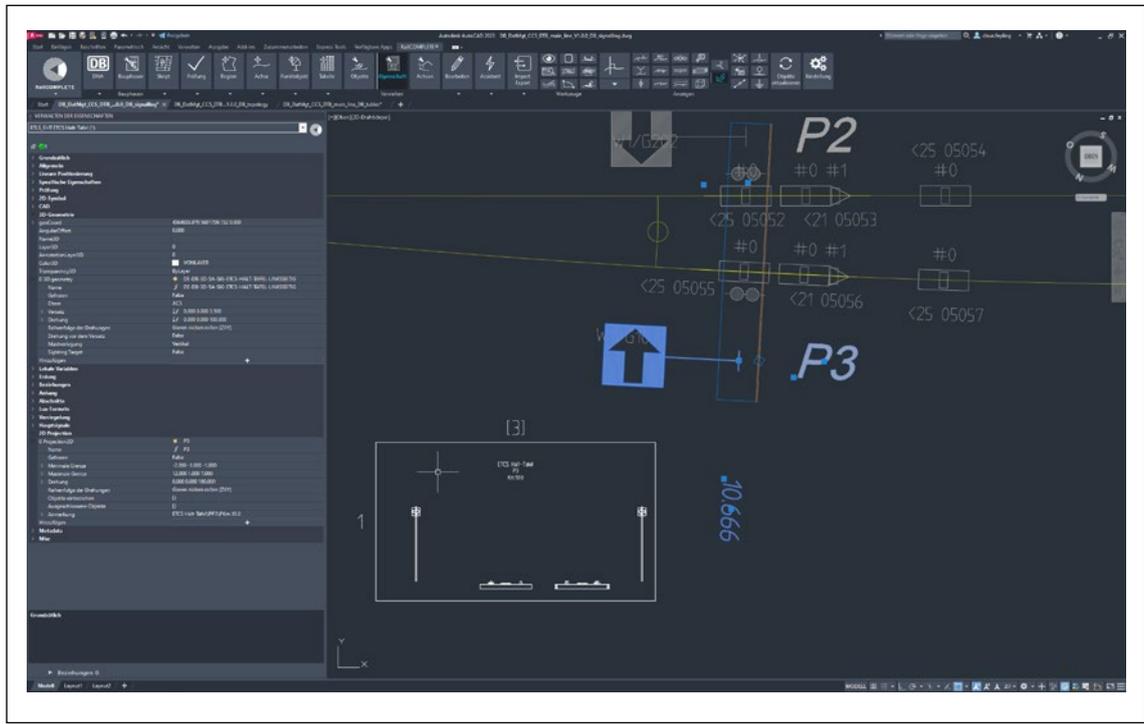


Bild 9: 2D-Projektionen für ein Signal

Fig. 9: 2D projections for a signal installation
Quelle/Source: Railcomplete AS

die 3D-Geometrie jedes Objekts unter Berücksichtigung seines Einfügepunkts und seiner räumlichen Ausrichtung erstellt. Siehe gerenderte Ausgabe in Bild 1.

3D-Darstellungen für ein Objekt mit vielen Variationen können parametrisch aus partiellen 3D-Geometrien zusammengesetzt werden. Bibliotheken mit 3D-Darstellungen können sich auf einem nationalen Server, auf dem Server des Projekts, auf dem PC eines jeden Benutzers oder auf einer Kombination davon befinden.

2.9 Installationszeichnungen

Detaillierte Installationszeichnungen werden mithilfe der 2D-Projektionsfunktion automatisiert. Die Aktualisierung von 2D-Projektionen in PDF-Verlegeplänen ist dann eine Frage der erneuten Ausführung des Befehls 2D-Projektion (Bild 9).

2.10 Langlebigkeit

Das Speicherformat DWG hat sich seit fast 40 Jahren bewährt. RC speichert ein Modell als DWG, ohne zusätzliche Dateien. Der Befehl ETRANSMIT in AutoCAD verpackt ein ganzes RC-Projekt in eine ZIP-Datei, die archiviert, übertragen und ohne Verlust wiederhergestellt werden kann.

IM-Regelwerke ändern sich im Laufe der Zeit, was zu neuen Versionen von DNA führt. RC verfügt über einen DNA-Mapping-Editor, in dem der DNA-Agent entscheidet, wie eine RC-DWG-Datei sicher von einer DNA auf eine neue portiert werden soll. Bei der Veröffentlichung einer neuen DNA veröffentlicht der Agent auch die DNA-Zuordnung(en) der vorherigen DNA-Version(en).

3 Roadmap – zukünftige Entwicklungen

RC wird laufend mit weiteren Funktionen aktualisiert. Für die nahe Zukunft sind IFC-Export, DLL-Hub, Laufzeitsymbole und ein schematischer Lageplan-Zeichenmodus geplant. Der IFC Export unterstützt IFC 2.3, IFC 4.0 und IFC 4.3.

Die DLL-Hub-Funktion ermöglicht eine einfache Verbindung zwischen RC und einer beliebigen Anzahl von externen Modellen, die in DLL-Dateien formuliert sind und jeweils die C#-Klassen enthalten, die dem jeweiligen UML-Modell entsprechen. Beispiele sind PlanPro (DB Netz) und Ariane (SNCF Réseau) sowie das vereinfachte europäische Daten-Modell für ERTMS-Planung und ATO-Betrieb.

Laufzeitsymbole sind grafische Zeichensymbole, die zur Laufzeit aus Lua-Code unter Verwendung des Objektkontexts parametrisch erstellt werden. Eine unmittelbare Anwendung sind Bogenweichen, längenvariable Ausleger und Portale.

Der schematische Lageplan-Zeichenmodus ermöglicht es dem Benutzer, eine Lageplanzeichnung mit ihrer geometrischen Quelle zu verbinden. Der Benutzer kann entweder im schematischen oder im geografischen Modus arbeiten. Änderungen an einem Objekt in einem Modus wirken sich auch auf den anderen Modus aus.

4 Fazit

Seit den Anfängen im Jahr 2015 wurde RailCOMPLETE ständig um neue Funktionen erweitert. Heute verfügt das Tool über eine Vielzahl von Funktionen, die den Planungsprozess der Leit- und Sicherungstechnik und Fahrleitungsanlagen teilweise automatisiert und damit für den Endkunden wirtschaftlicher gestaltet – Planungszeiträume werden verkürzt und der Planungsaufwand reduziert. ■

to a new one. When publishing a new DNA, the agent also publishes DNA mapping(s) from previous DNA version(s).

3 Roadmap – future developments

RC is continuously updated with more features. Features for the near future are IFC export, DLL hub, runtime symbols and schematic drawings. IFC Export targets IFC 2.3, IFC 4.0 and IFC 4.3.

The DLL hub feature enables an easy connection between RC and any number of external models formulated in DLL files, each containing the C# classes corresponding to its UML model. Examples include PlanPro (DB Netz) and Ariane (SNCF Réseau) as well as the simplified European Data Model for ERTMS planning and ATO operation.

Runtime symbols are graphic drawing symbols that are parametrically created in runtime from Lua code using its object's context. An immediate application is double curvature switches, variable-length cantilevers and portals.

Schematic Drawing Mode allows users to connect a schematic drawing to its geometric source. The user may work in either schematic or geographic mode. Changes to an object in one mode will affect the other mode.

4 Conclusion

Since its beginnings in 2015, RailCOMPLETE has been constantly expanded with new functions. Today, the tool has a wide range of functions that partially automate the planning process of control and safety technology and catenary systems and thus make it more economical for the end customer. Planning periods are shortened and the planning effort is reduced. ■

LITERATUR | LITERATURE

- [1] ISO 19148:2021 – Linear referencing, International Standardisation Organisation, 2012, www.iso.org
- [2] Introduction to RailCOMPLETE v2021.0, Railcomplete AS, 2021, www.railcomplete.com
- [3] European Data Model, an element of SERA (Single European Railways Area) – a common scalable, reliable and interoperable data sharing and communications infrastructure, EU-Rail project FP1-MOTIONAL, <https://projects.rail-research.europa.eu/eurail-fp1>

AUTOR | AUTHOR

Claus Feyling, M.Sc.
 CEO
 Railcomplete AS
 Anschrift / Address: Fornebuveien 33, N-1366 Lysaker
 E-Mail: claus.feyling@railcomplete.com