

Vom BIM-Modell zur Baumaschine

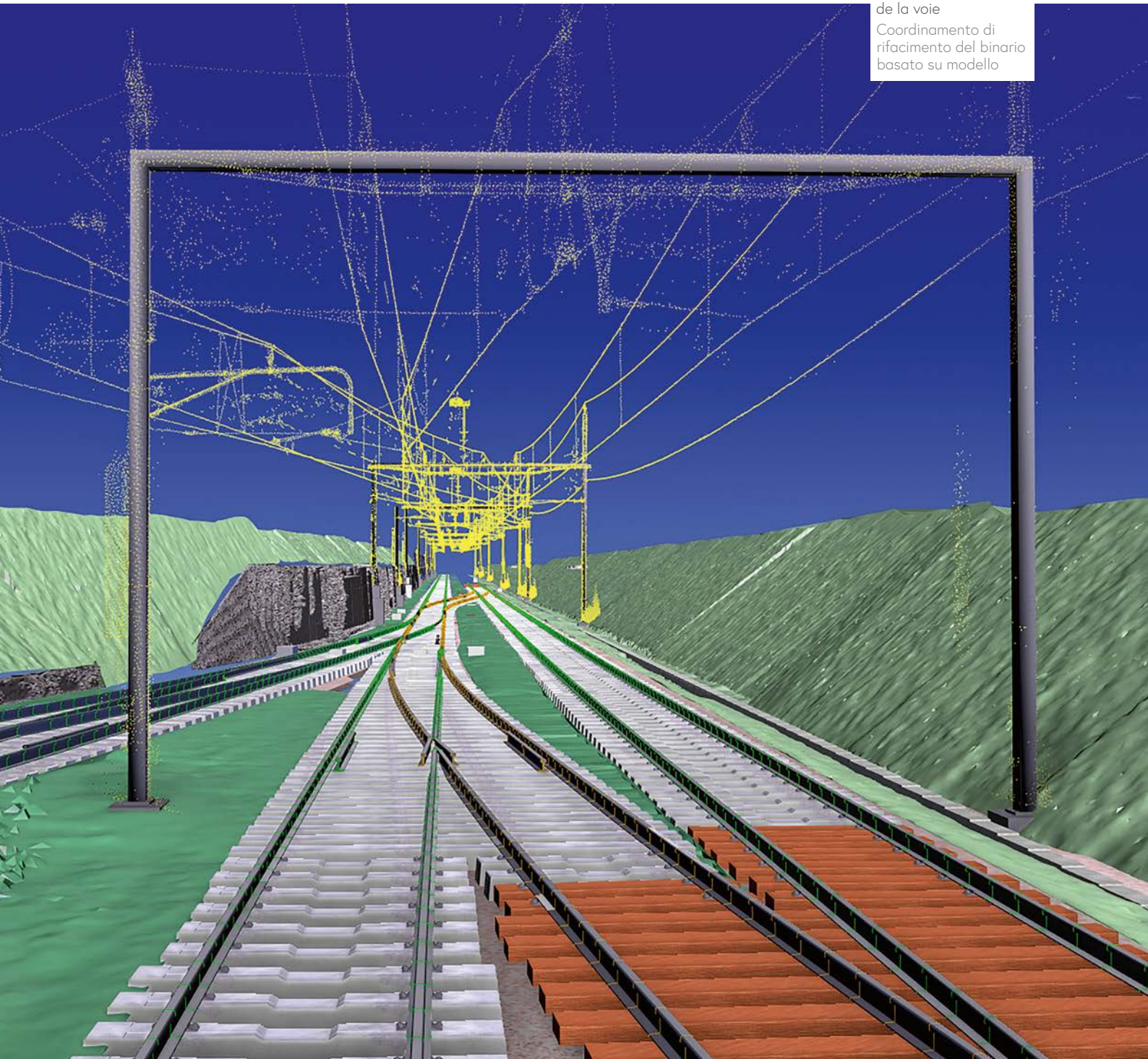
Du modèle BIM à la machine à construire

Dal modello BIM alla macchina edile

1 Koordinationsmodell Gleisumbau

Modèle de coordination de la réfection de la voie

Coordinamento di rifacimento del binario basato su modello



Beispiele von BIM-Anwendungen bei Linienbauwerken sind noch rar. Mit dem Pilotprojekt Fahrbahnerneuerung Mellingen wollten die SBB im Sommer und Herbst 2018 prüfen, wie sich Planungs- und Ausführungsprozess miteinander verknüpfen und durchgängig gestalten lassen.

Die SBB-Division Infrastruktur hat das Ziel, bis 2025 mittels Daten Betrieb und Unterhalt ihrer Anlagen zu verbessern. Die notwendigen Standards für Prozesse, Datenstrukturen und Kompetenzen werden an Pilotprojekten validiert und optimiert. Das Projekt Fahrbahnerneuerung FBE 18 Mellingen wurde als BIM-Ausführungsprojekt umgesetzt, um das Potenzial der datengestützten Kollaboration zwischen Bauherrn, Bauleiter, Planer und Unternehmer in der Ausführungsphase zu erkennen. Es handelte sich um 310 m Gleisersatz, die Erneuerung von sechs Weichen sowie den Ersatz und Umbau der bestehenden Kabelanlagen. Amberg Engineering hatte die Aufgabe, die abgeschlossene Planung der Gleisumbauten in ein BIM-Modell für verschiedene Anwendungsfälle zu implementieren:

- BIM-Modellierung auf Basis von Bestandsdaten SBB-eigener Datenbanken
- Digitale Baustellenmanagement als Grundstein für die papierlose Baustelle
- Generierung von Maschinendaten aus dem sowie deren Rückführung in das Modell

Vom 2-D-Projekt zur BIM-basierten Ausführung

Als geometrische Modellierungsgrundlage dienten die 2-D-Ausführungspläne des Gleiskörpers und der Kabelumbauten, die Definition der Gleisgeometrie (.TR) sowie eine Punktwolke des gesamten Gleisabschnitts. Die zugehörigen Metadaten stammen aus der SBB-eigenen Datenbank fester Anlagen (DfA). Um die heute verfügbaren Lösungen für Modellierung, Koordination sowie digitales Baustellenmanagement für die Anwendung im Gleisbau nutzen zu können, sind eigene Routinen nötig. Der Aufbau der Modelle hatte so zu

Les exemples d'application de la méthode BIM sur les ouvrages linéaires sont encore rares. Durant l'été et l'automne 2018, les CFF ont souhaité profiter d'un projet pilote de réfection des voies à Mellingen pour vérifier comment associer et configurer entièrement les processus de planification et de construction.

La division des infrastructures des CFF a pour mission, d'ici 2025, d'améliorer l'exploitation et l'entretien de ses installations à l'aide de données. Les standards nécessaires pour les processus, les structures de données et les compétences sont validés et optimisés dans le cadre de projets pilotes. Celui de réfection des voies à Mellingen a été baptisé « FBE 18 » et a fait appel à la méthode BIM dans le but d'identifier le potentiel que représente l'utilisation de données dans la collaboration entre maître d'ouvrage, chef de chantier, planificateur et entrepreneur durant la phase de travaux. « FBE 18 » incluait le remplacement du ballast sur 310 mètres ainsi que la réfection de six aiguillages et des installations de câblage existantes. La société Amberg Engineering a été mandatée pour intégrer la partie planification dans un modèle BIM pour différents cas d'application :

- la modélisation BIM sur la base des banques de données existantes propres aux CFF ;
- une gestion numérique des travaux dans l'objectif d'un chantier sans papier ;
- l'export et l'import de données machines du et vers le modèle.

Du projet 2D à une réalisation basée sur la méthode BIM

La modélisation géométrique a pu se faire sur la base de plans d'exécution en 2D pour la voie ferrée et les câbles, la définition de la géométrie de la voie (.TR) et un nuage de points représentant tout le tronçon. Les métadonnées correspondantes provenaient de la banque de données des CFF sur ses installations fixes. Dans la construction ferroviaire, l'application des solutions actuellement disponibles pour la modélisation, la coordination et la gestion numérique des chantiers requiert

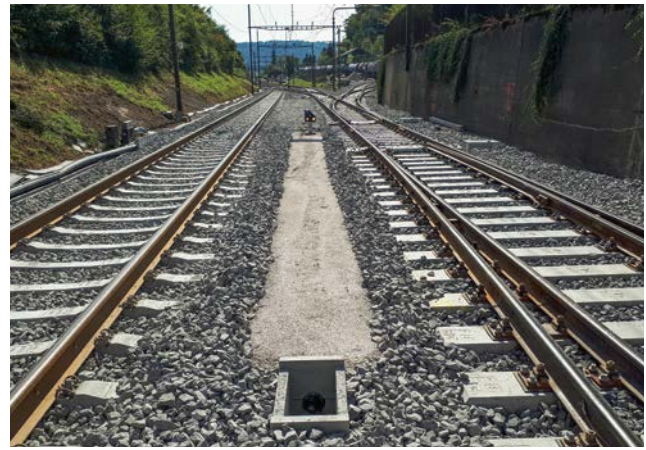
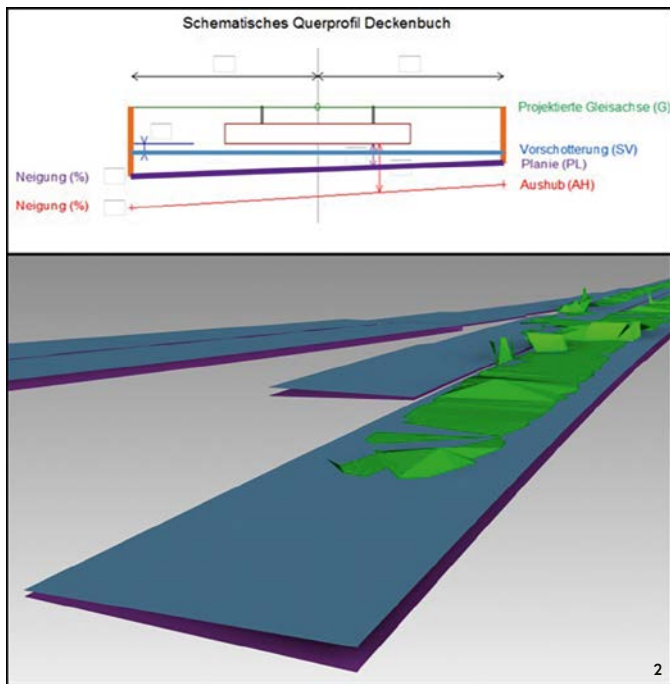
Sono ancora rari gli esempi di applicazione di un processo BIM nelle costruzioni lineari. Con il progetto pilota di rifacimento dei binari a Mellingen, nell'estate e autunno 2018 le FFS intendevano verificare la possibilità di collegare e coordinare in modo continuativo i processi di pianificazione ed esecuzione.

La Divisione Infrastruttura delle FFS ha l'obiettivo di migliorare entro il 2025 l'esercizio e la manutenzione dei suoi impianti, ricorrendo ai dati derivanti dagli impianti stessi. Gli standard necessari per processi, strutture di dati e competenze vengono convalidati e ottimizzati nell'ambito di progetti pilota. Il progetto di rifacimento dei binari FBE 18 Mellingen è stato attuato come progetto esecutivo BIM al fine di individuare in fase di esecuzione il potenziale della collaborazione supportata da dati tra committenza, direttore dei lavori, progettisti e impresa. Si trattava di sostituire 310 m di binari, di rinnovare sei scambi ferroviari, sostituire e ristrutturare gli impianti di cavi esistenti. Amberg Engineering aveva il compito di implementare la completa progettazione degli interventi sui binari in un modello BIM per diversi casi di applicazione:

- modellazione BIM sulla base delle informazioni presenti nelle banche dati FFS;
- gestione digitale dei lavori come pietra miliare per cantieri digitali;
- generazione di dati delle infrastrutture ferroviarie e integrazione degli stessi nel modello.

Dal progetto 2D all'esecuzione basata su BIM

Hanno costituito la base per la modellazione geometrica i piani d'esecuzione 2D della linea ferroviaria e degli interventi sui cavi, la definizione della geometria dei binari (.TR) e una nuvola di punti dell'intero tratto di binario. I relativi metadati sono stati inseriti nella banca dati delle FFS relativa agli impianti fissi (DfA). Per riuscire a utilizzare le soluzioni attualmente disponibili per la modellazione, il coordinamento e la gestione digitale del cantiere in applicazione alla costruzione



2 Soll-Ist-Vergleich der Vorschotterung
 Comparaison des données théoriques et réelles pour le ballast
 Confronto situazione ideale/effettiva della premassacciata

3 Abgeschlossener Gleisbau
 Réfection achevée
 Binario concluso

erfolgen, dass die Verwendung auf der Baustelle zielführend und eine maximal effiziente Abbildung des gebauten Werks zur Dokumentation für Betriebszwecke möglich ist. Die Herausforderung lag in der Erstellung parametrischer Objekte für Gleisoberbau, Schotterkörper und Kabelanlagen in Abhängigkeit der Gleisachsen. Diese Parametrisierung erlaubte eine präzise Darstellung des Schotterkörpers als Grundlage für die 3-D-Maschinensteuerung. Durch das Hinterlegen des Detailterminprogramms wurde das Modell (Abb. 1) zum 4-D-Modell erweitert, um so die modellbasierte Baufortschrittsdokumentation während der Bauphase zu ermöglichen.

Die kurze Projektdauer von drei Monaten und die ambitionierten Ziele verlangten eine einwandfreie Zusammenarbeit aller Projektbeteiligten. Die regelmäßigen Sitzungen zum Umgang mit dem Modell auf der Baustelle boten Gelegenheit, Erwartungen auszutauschen und Unklarheiten zu besprechen.

Gleisumbau modellbasiert?

Die Bauausführung erfolgte durch die Sersa Group. Der Fokus lag auf der Verwertung des BIM-Modells in der Realisierung: Die Aushub- und Einbauebene des parametrischen Modells wurden auf die Baumaschinen übertragen, sodass die digitalen Maschinensteuerungssysteme von Bagger (Aushub) und Dozer (Einbau) jederzeit mit den korrekten Daten versorgt waren. Der Datentransfer zwischen Modell und Baumaschine erfolgte über einen Clouddienst, der die aktuellsten Modelldaten als Sollzustand an die Baumaschine übertrug und die während der Ausführung gesammelten Daten zu Aushubtiefe und Einbauhöhe zurückspeiste. So konnten Soll-/Ist-Vergleiche in Echtzeit

certaines procédures spécifiques. La structure des modèles devait permettre une utilisation adaptée sur le chantier et la meilleure schématisation possible de tout l'ouvrage afin d'assurer la documentation pour les objectifs opérationnels. Le défi imposé a consisté à créer des objets paramétriques pour la superstructure de la voie, le ballast et le câblage en suivant l'axe des voies. Ce paramétrage a permis une représentation précise du ballast, information de base pour commander la machine en 3D. Grâce à l'enregistrement d'un calendrier détaillé, le modèle (fig. 1) a pu être complété par une version 4D dans le but de mettre à jour la documentation au fur et à mesure de la progression des travaux.

Des délais brefs limités à trois mois et des objectifs ambitieux ont exigé une collaboration sans faille entre toutes les parties impliquées. Les réunions régulières concernant l'utilisation du modèle sur le chantier ont permis d'échanger sur les attentes et d'éclaircir les zones d'ombre.

Réfection des voies et modèle

La réalisation a été assurée par l'entreprise Sersa Group, l'accent étant mis sur l'exploitation du modèle BIM: les niveaux excavation et remblai provenant du modèle paramétrique ont été transmis directement aux engins de BTP afin que les systèmes numériques de commande de la pelle (excavation) et du bouteur (remblai) disposent toujours des données correctes. Le transfert de données entre le modèle et les machines s'est fait via un service cloud qui fournissait les données actualisées théoriques aux engins et récupérait les données réelles concernant la profondeur d'excavation et la hauteur de remblai. Cette méthode a ainsi permis de comparer ces différentes données en

dei binari, occorre una pratica collaudata. L'organizzazione dei modelli doveva avvenire in maniera tale che l'utilizzo in cantiere fosse finalizzato agli scopi prestabiliti e fosse possibile raffigurare con la massima efficienza l'opera costruita al fine di descrivere la documentazione a scopi d'esercizio. La sfida consisteva nella realizzazione di oggetti parametrici per l'armamento dei binari, per la massicciata e per l'impianto di cavi in base all'asse del binario. Questa parametrizzazione ha consentito una raffigurazione precisa della massicciata come base per il controllo elettronico 3D. Associando il programma dei lavori al modello (fig. 1) è stata creata una simulazione 4D al fine di monitorare l'avanzamento dei lavori durante la fase di costruzione.

La durata breve del progetto, di soli tre mesi, e gli obiettivi ambiziosi hanno richiesto una collaborazione impeccabile da parte di tutti i professionisti coinvolti. Le riunioni regolari relative all'utilizzo del modello in cantiere hanno consentito di confrontarsi rispetto alle aspettative e di discutere i punti poco chiari.

Rifacimento del binario basato su modello?

I lavori sono stati eseguiti da Sersa Group. Ci si è concentrati sull'utilizzo del modello BIM nella realizzazione: i livelli dello scavo e della posa in opera del modello parametrico sono stati trasferiti direttamente alle macchine edili. In questo modo, i sistemi di controllo dell'escavatore (scavo) e del bulldozer (posa in opera) erano sempre aggiornati con i dati corretti. Il trasferimento di dati tra il modello e la macchina edile avveniva tramite un servizio cloud che trasferiva alla macchina i dati aggiornati (auspicati) del modello e salvava i dati raccolti in fase di esecu-

durchgeführt werden, gleichzeitig war die Bauausführung beim Abschluss des Projekts im Modell dokumentiert (Abb. 2). Zudem führte der Prozess zu einer Qualitäts- und Effizienzsteigerung, da manuelle Arbeitsschritte wie das Einmessen der Schottertiefe in Abhängigkeit von der Schwellenart entfielen.

Das Ziel der papierlosen Baustelle wurde mithilfe einer modellbasierten Baumanagementplattform verfolgt. Dokumentenverwaltung, Mängelmanagement und Baudokumentationen konnten so rasch und transparent abgewickelt werden.

temps réel et le résultat des travaux avait, par ailleurs, déjà été documenté dans le modèle à la fin du projet (figure 2). Ce processus améliore également la qualité et le rendement puisque certaines opérations manuelles ne sont plus nécessaires (par exemple la mesure de la profondeur du ballast en fonction du type de seuil).

L'objectif d'un chantier sans papier a été poursuivi à l'aide d'une plateforme de gestion des travaux modélisée. La gestion des documents et des défauts ainsi que la documentation relative à la réalisation ont pu être assurées de manière rapide et transparente.

zione relativi alla profondità dello scavo e all'altezza della posa in opera. Questo ha consentito una comparazione in tempo reale dei dati auspicati e dei dati reali. Al contempo, alla conclusione del progetto l'as built era già documentata nel modello (fig. 2). Il processo consente inoltre di incrementare la qualità e l'efficienza, poiché decadono passaggi manuali del lavoro quali il rilevamento della profondità della massicciata in base al tipo di traversina.

L'obiettivo del cantiere digitale è stato perseguito con l'ausilio di una piattaforma di gestione del cantiere BIM based.



Michal Rubánko, SBB: MSc in Bauingenieurwesen, Verantwortlich für Initialisieren, Begleiten und Auswerten der BIM-Projekte bei der SBB-Infrastruktur.



Magdalena Stelzer, Amberg Engineering: Dipl.-Ing. Bauingenieurwissenschaften, BIM-Projektentwicklung und -Koordinierung im Projekt FbE Mellingen.



Marcel Nolte, Sersa Group: Dipl.-Ing. (FH) Seit 2018 Leiter BIM bei der Sersa Group Schweiz.

Warum haben Sie das Projekt mit BIM bearbeitet?

Rubánko: Fahrbahnerneuerungen sind das grösste wiederkehrende Investitionsvolumen bei der SBB Infrastruktur. Es sind standardisierte Projekte mit limitierter Komplexität; eine gute Ausgangslage, mit der Erprobung der BIM-Methode Potenzial zu identifizieren mit dem Ziel, die Gesamtsystemkosten signifikant zu senken.

Was war die grösste Herausforderung?

Stelzer: Die Hürde, in kurzer Zeit eine neue Art der Zusammenarbeit anzuwenden. Neue Routinen zu entwickeln, was initial aufwendig ist, später jedoch hocheffizient.
Nolte: Die richtigen Daten zur richtigen Zeit vom Auftraggeber zu erhalten und die richtige Auswahl an generierten Daten an den Betreiber zurückzugeben.

Was möchten Sie nächstes Mal ändern?

Nolte: Das Zusammenspiel vom Modell zur Ausführung hat noch viel Potenzial.
Rubánko: Wir werden uns stärker auf die direkte Nutzung der Modellinformationen während dem Bau und der Rückspeicherung der Ausführungsdaten fokussieren.

Was war der grösste Erfolg im Projekt?

Stelzer: Es ist uns gelungen, für alle Beteiligten die Potenziale und den jeweiligen Nutzen aufzuzeigen.
Rubánko: Begeistert hat mich vor allem die hohe Eigenmotivation aller Beteiligten, was zeigt, dass BIM als Chance verstanden wird, Abläufe und Qualität auf das nächste Level zu bringen.

Pourquoi avoir opté pour la méthode BIM?

Rubánko: La réfection de voies représente le volume d'investissement récurrent le plus important pour la division des infrastructures des CFF. Ce sont des projets standardisés à la complexité limitée, une excellente base donc pour identifier le potentiel offert par l'application de la méthode BIM dans le but de réduire sensiblement les coûts dans leur ensemble.

Quel a été le défi majeur?

Stelzer: L'obstacle qu'impliquait la mise en place rapide d'une nouvelle façon de collaborer. Le développement de nouveaux protocoles prend beaucoup de temps au début, mais s'avère efficace par la suite.
Nolte: Recevoir du mandataire les bonnes données au bon moment, puis fournir la bonne sélection de données générées à l'exploitant.

Que feriez-vous autrement à l'avenir?

Nolte: L'interaction entre le modèle et la réalisation renferme beaucoup de potentiel.
Rubánko: Nous allons nous concentrer davantage sur l'utilisation directe des informations du modèle pendant les travaux et pendant la phase de réintégration des données issues de la mise en œuvre.

Quelle a été le plus grand succès?

Stelzer: Nous avons réussi à démontrer à tous les participants les potentiels et les avantages impliqués.
Rubánko: La motivation élevée de tous les participants, qui prouve que la méthode BIM est perçue comme une chance pour améliorer encore les processus et la qualité.

Perché avete deciso di elaborare il progetto in BIM?

Rubánko: Gli interventi di rifacimento dei binari costituiscono il volume d'investimento ricorrente più importante per l'infrastruttura FFS. Si tratta di progetti standard a complessità limitata: una buona premessa per individuare tramite il metodo BIM quali siano i margini potenziali per ridurre significativamente le spese del sistema complessivo.

Qual è stata la sfida più grande?

Stelzer: La difficoltà di attuare in tempi brevi un nuovo tipo di collaborazione. Sviluppare nuove routine richiede molto tempo all'inizio, ma poi si rivela altamente efficiente.
Nolte: Ricevere i dati necessari in tempo dal committente e a propria volta consegnare la giusta selezione di dati generati.

Cosa cambierete la prossima volta?

Nolte: L'interazione tra modello ed esecuzione presenta ancora un grande potenziale di razionalizzazione.
Rubánko: Ci concentreremo maggiormente sull'utilizzo diretto delle informazioni del modello durante la costruzione e sul salvataggio dei dati di esecuzione.

Qual è stato il successo più grande del progetto?

Stelzer: Siamo riusciti a dimostrare le potenzialità e i rispettivi benefici per tutte le parti coinvolte.
Rubánko: La forte motivazione di tutte le parti coinvolte. Questo dimostra che tutti considerano BIM un'opportunità per ottimizzare procedure e qualità.

Mehrwert und Resümee des Bauherrn

Während die BIM-orientierte Ausführung im Hochbau kein Novum mehr ist, war dieses Ausführungsprojekt im Gleisumbau ein Vorreiter. Das Auseinandersetzen mit positiven und negativen Erfahrungen war unabdingbar, um im nächsten Projekt zu profitieren. Eine Herausforderung ist nach wie vor der Umgang mit Modellen bei Linienbauwerken, im Speziellen der Lokalisierung entlang der gekrümmten Gleisachse. Dennoch zeigte sich, dass BIM bei Linienbauwerken heute möglich ist. Eine zentrale Kollaborationsplattform erwies sich als vorteilhaft, da so die Datenredundanz minimiert werden kann und die Dokumentenverwaltung effizienter wird. Problematisch war die Datenrückführung aus der Baumaschine zum Informationsmodell. Die Daten waren inkohärent und geometrisch nur unter hohem Aufwand zuzuordnen. Es ist noch Effort nötig, um diesen Austausch maschinenlesbar und automatisiert erreichen zu können.

Die SBB sehen mit BIM die Möglichkeit, den Planungs-, und Ausführungsprozess zu verknüpfen und durchgängig zu gestalten. Es entsteht ein konsistenter Prozess von der Datenaufnahme über die Vermessung, die Bestandserfassung, die Planung und die Genehmigungen bis zur Ausführung mit Grossbaumaschinen.

Plus-value et conclusion du maître d'ouvrage

Alors que l'application de la méthode BIM n'est plus une nouveauté dans le bâtiment, ce projet de réfection de voie ferrée fait œuvre de pionnier. Il a été indispensable d'aborder les expériences positives et négatives afin d'en tirer profit pour le prochain projet. Dans le contexte des ouvrages linéaires, l'utilisation de modèles reste complexe, dans ce cas précis pour la localisation le long d'un axe de voie en courbe. Cependant, il s'est avéré que la méthode BIM est aujourd'hui possible pour les ouvrages linéaires. La mise en place d'une plateforme de collaboration centralisée a été un avantage, car elle a permis de réduire les données redondantes et d'optimiser la gestion des documents. La réintégration dans le modèle des données provenant des engins a, quant à elle, posé problème. Les données n'étaient pas cohérentes et très difficiles à affecter d'un point de vue géométrique. Il y a encore du travail à fournir pour que cet échange de données puisse être lisible par ordinateur et pour qu'il soit automatisé.

Pour les CFF, la méthode BIM permet effectivement d'associer et de configurer entièrement les processus de planification et de construction. Le résultat est un processus cohérent, de la collecte des données à la mise en œuvre par les engins de BTP en passant par la prise de mesures, l'état des lieux, la planification et les demandes d'autorisations.

La gestione dei documenti della costruzione e dei difetti sono state così tempestive e trasparenti.

Valore aggiunto e sintesi della committenza

Mentre l'esecuzione in BIM per l'edilizia del soprassuolo non è più una novità, questo progetto di esecuzione legato al rifacimento dei binari è stato pionieristico. Esaminare le esperienze positive e negative è stato fondamentale per poterne trarre profitto in vista di progetti successivi. Continua a rappresentare una sfida il ricorso a modelli per le costruzioni lineari, e in particolare per la localizzazione lungo l'asse di binari curvi. Tuttavia è emerso che è possibile ricorrere oggi al BIM per realizzare costruzioni lineari. Una piattaforma di collaborazione centrale si è rivelata utile per ridurre al minimo la ridondanza di dati e ottimizzare l'efficienza nella gestione dei documenti. Un aspetto problematico è stato integrare i dati dell'infrastruttura ferroviaria nel modello informatico. I dati risultavano incoerenti, e la relativa attribuzione geometrica ha richiesto molto lavoro. Occorre fare ancora un po' di strada prima che i computers siano in grado di leggere e scambiare in modo automatizzato i dati.

Le FFS intravedono nel BIM un'opportunità per collegare e coordinare in modo continuativo il processo di pianificazione ed esecuzione. Ne risulta un processo sistematico, dal rilevamento dei dati alla misurazione, passando per la valutazione delle scorte, la pianificazione e le autorizzazioni via via fino all'esecuzione.

AM BAU BETEILIGTE | PARTICIPANTS AU PROJET | PARTECIPANTI AL PROGETTO

Projektleitung, Oberbauleitung |
Direction du projet, direction générale des travaux |
Direzione progetto, direzione armamento:
Schweizerische Bundesbahnen SBB
Chemins de fer fédéraux CFF
Ferrovie federali svizzere FFS

Baumeister | Maître d'ouvrage | Impresario-costruttore: Sersa Group (Schweiz)

Planung und Bauleitung | Planification et direction des travaux | Progettazione e direzione dei lavori:
Wild Ingenieure, Küssnacht am Rigi
BIM-Manager / BIM-Koordination |
Manager BIM / coordination BIM |
BIM Manager / Coordinamento BIM:
Amberg Engineering, Schweiz

FACTS & FIGURES

Schotterersatz | Remplacement du ballast |
Sostituzione massicciata: 310 m
Erneuerung Weichen | Réfection des aiguillages |
Rinnovo scambi ferroviari: 6
Erneuerung Kabelkanal | Réfection des caniveaux de câbles | Rinnovo canale cavi: 120 m
Erneuerung Kabelschächte | Réfection des puits à câbles | Rinnovo pozzetti cavi: 5
Ausführung | Réalisation | Esecuzione: 8/2018

FUNKTION FONCTION FUNZIONE	NAME NOM NOME	NUTZUNG UTILISATION UTILIZZO	VERWENDETE SOFTWARE LOGICIELS UTILISÉS SOFTWARE UTILIZZATA
BIM-Modellierung Modélisation BIM Modellazione BIM	Amberg Engineering AG, Schweiz	Gesamt- und Fachmodelle Modèles général et spécialisés Modelli complessivi e specialistici	Revit2019, Dynamo, Rhino, Grasshopper
BIM-Koordination Coordination BIM Coordinamento BIM	Amberg Engineering AG, Schweiz	Gesamt- und Fachmodelle Modèles général et spécialisés Modelli complessivi e specialistici	Navisworks Manage 2019, BIMTrack, BIM360Docs, BIM360Glue, BIM360 Field
Ausführung Réalisation Esecuzione	Sersa Group AG	4-D-Gesamtmodell, Fachmodelle als Basis Maschinensteuerung Modèle général 4D, modèles spécialisés servant de base pour commander les engins Modello complessivo 4D, modelli specialistici come base per il controllo delle macchine	BIM360 Docs, BIM360Field, Trimble Business Center