

GESCHÄFTSBERICHT

sma  **optimising railways**



2022

Das Thema «Nachhaltigkeit» ist zu Recht derzeit in aller Munde. Hiermit erhalten sie das einzige Printmedium von SMA, welches natürlich klimaneutral gedruckt wurde. In unserem Editorial widmen wir uns auch vor allem dem Thema Beständigkeit, ebenfalls einer Form der Nachhaltigkeit ist. Unsere diesjährige Bilderserie zeigt sowohl den Wandel als auch die Kontinuität unseres Umfelds.

Inhalt

5	Editorial
9	Nachhaltige Softwareentwicklung – die Zähmung der Komplexität
12	Software – Zahlen & Fakten
13	Überprüfung des Produktmanagements 2022
20	Consulting: Projektauswahl aus dem Jahr 2022
44	Kommunikation
47	Kennzahlen
48	Impressum

Editorial

Liebe Leserinnen und Leser

Beständigkeit ist auch eine Form von Nachhaltigkeit – Die Welt befindet sich in einer disruptiven Phase, und zwar in allen drei Säulen der Nachhaltigkeit. Unser Ökosystem ist mehr denn je bedroht, klassische makroökonomische Modelle werden in Frage gestellt oder sogar über Bord geworfen, und unsere gesellschaftlichen Werte werden zunehmend auf den Kopf gestellt.

Wie kann man in diesem disruptiven Umfeld für Beständigkeit Sorge tragen? Als Consulting- und Softwareunternehmen, das Dienstleistungen und Produkte für das Eisenbahnsystem in einem sich immer schneller wandelnden Umfeld anbietet, ist es unsere Aufgabe, Lösungen für diese Herausforderungen zu finden. Dabei verstehen wir Beständigkeit nicht im Sinn von Unveränderlichkeit, sondern als Wandel durch Geduld, Beharrlichkeit und Kontinuität.

Das Eisenbahnsystem und per definitionem auch die System-Akteure unterliegen langfristigen Investitions- und institutionellen Zyklen, was auch bei allen Marktteilnehmern Kontinuität erfordert. Deshalb favorisieren wir bei unseren Zusammenarbeitsmodellen, Methoden und Produkten die Langfristigkeit gegenüber dem Kurzzeitgedanken, die Proaktivität gegenüber der Reaktivität, die Investition gegenüber dem Opportunismus.

SMA hat sehr früh damit begonnen, Prozesse für die Planung des Eisenbahnsystems zu digitalisieren. Dabei ist die Digitalisierung kein Selbstzweck, sondern stets ein Mittel zum Zweck: Die Komplexität der Systemplanung soll durch intelligente Modellierung reduziert werden. Dieses Grundprinzip prägt seit jeher unser Denkmodell und unsere langfristige Strategie.

Komplexitätsmanagement ist auch zentral bei unseren Softwareentwicklungsaktivitäten. Beständige und nachhaltige Investitionen in unsere Software sind nur möglich, wenn die Komplexität in der Softwareentwicklung langfristig beherrschbar bleibt. Darüber wollen wir dieses Jahr in unserem einleitenden Artikel berichten.

Darüber hinaus freuen wir uns wieder einmal, Ihnen die verschiedenen Aktivitäten und Projekte unserer beiden Bereiche Consulting und Software vorzustellen, die uns im vergangenen Jahr begleitet haben.

Wir wünschen Ihnen eine angenehme Lektüre unseres aktuellen Geschäftsberichts.



Eric Cosandey
CEO, Bereichsleiter Consulting



Thomas Bickel
Bereichsleiter Software



Nachhaltige Softwareentwicklung – die Zähmung der Komplexität

«*Ideas are easy, execution is everything*» - so lautet eine bekannte Maxime des einflussreichen Intel-Managers und Technologie-Investors John Doerr, mit der er die besondere Bedeutung betont, die höchste Umsetzungskompetenz bei Technologie-Innovationen hat. Der Grund für diese Bewertung liegt darin, dass ein existentielles Risiko bei der Entwicklung von Technologieprodukten die stetig fortschreitende Komplexität ist. Anspruchsvolle funktionale Erweiterungen, Abgänge von Wissensträgern oder fundamentale Änderungen von Produktionsgrundlagen sind Komplexitätstreiber, die häufig zu spät erkannt oder zu wenig resolut adressiert werden. Komplexitätsmanagement ist deshalb eine zentrale Aufgabe bei der Herstellung von Technologieprodukten.

In der Softwareentwicklung sind Vorschläge zur Beherrschung von Komplexität alles andere als neu. Bereits in den 1950er Jahren wurden unterschiedliche Vorgehensmodelle diskutiert und in den letzten 20 Jahren hat die agile Softwareentwicklung in vielen Ausprägungen grossen Einfluss bis über die Software-Welt hinaus ausgeübt. Trotz unbestreitbaren methodischen Fortschritten bleibt jedoch die Zahl von gescheiterten Software-Projekten hoch: Projekte werden abgebrochen, zentrale Anforderungen bleiben unerfüllt bzw. weit hinter den Erwartungen zurück oder die Software lässt sich viel früher als angenommen nicht mehr weiterentwickeln und an neue Anforderungen anpassen.

Das Vorgehensmodell zur Softwareentwicklung bei SMA ist stark geprägt vom Produkt-Gedanken. Dabei steht der vieljährige Lebenszyklus der Software im Zentrum des Produktionsprozesses. Hohe Anforderungen bezüglich Qualität, Wartbarkeit und Liefertreue treffen auf den Anspruch, innovative und ambitionierte Weiterentwicklungen umzusetzen.

Diese Aufgabe weist eine hohe inhärente Komplexität auf und erfordert angemessene Instrumente. Ein in dieser Hinsicht zentrales Werkzeug stellt die Automatisierung von ursprünglich manuellen Tätigkeiten dar.

Ein Beispiel ist der Prozess zur Erstellung von neuen Viriato-Versionen, der heute hochgradig automatisiert ist: Dabei werden für alle relevanten Komponenten und versionierten Dokumente im Versionskontrollsystem die korrekten Branches erstellt, Jobs im Continuous-Integration-Server automatisch aufgesetzt, das Dependency-Management aktualisiert und das Issue-Management-System angepasst, um die Zuordnung von umgesetzten Stories auf die Viriato-Version zu ermöglichen.

Als Resultat der Automatisierung erhält man hohe Effizienzgewinne, die Elimination von Fehlerquellen sowie eine verbesserte Standardisierung.

Das Produktionsteam setzt solche Massnahmen im Rahmen des kontinuierlichen Verbesserungsprozesses um, der ein fester Bestandteil der Iterationen im Scrum Prozess ist. Dabei werden potenzielle Prozessverbesserungen in einem strukturierten Vorgehen identifiziert, reflektiert und wo sinnvoll realisiert. Über einen langen Zeitraum betrachtet, führen die vielen inkrementellen Verbesserungen zu überzeugenden Resultaten.

Inkrementelle Verbesserungen sind für die Beherrschung von Komplexität ein fundamentales Werkzeug, weil sie einen Evolutionspfad in einem komplexen Umfeld ermöglichen, der bei einer grossen, risikoreichen Ablösung so nicht gegeben ist. Nachfolgesysteme für Legacy-Systeme werden häufig gerade deshalb entwickelt, weil inkrementelle Anpassungen infolge nicht beherrschbarer Komplexität in der Software nicht mehr möglich sind bzw. zu teuer werden.

Im Folgenden geben einige Exponenten aus der sma.software einen vertieften Einblick in spezifische Aspekte der Software-Produktion bei SMA.

Produktentwicklung – Björn Glaus Björn Glaus ist Leiter der Produktion in der sma.software. Für Björn steht die uneingeschränkte Fokussierung auf die Produktentwicklung für Fahrplan- und Kapazitäts-Planung im Zentrum der sma.software. Diese Beständigkeit führt seiner Meinung nach zu einer einmaligen Expertise an der Schnittstelle zwischen hochwertiger, moderner Software-Entwicklung, tiefem Domänenwissen und praxisrelevanten, algorithmischen Anwendungen. Björn sieht die Kernkompetenz von SMA darin, diesen Fähigkeitsmix so umzusetzen, dass er beim Nutzer auch ankommt.

Eine Nutzergruppe mit besonderer Bedeutung für sma.software, so Björn, sind die Viriato-Nutzer innerhalb der SMA. Der tagtägliche, interne Einsatz der Software in Beratungsprojekten ermöglicht einen kurzen Feedbackloop und einen ständigen fachlichen Austausch zwischen Entwicklern und Anwendern. Die Consultants von SMA bewegen sich in einem hoch kompetitiven Umfeld, was eine Software erfordert, die sie in Projekten optimal unterstützt. So entsteht ein ideales Umfeld für die Erstellung von anspruchsvoller Anwendungssoftware.

Gemäss Björn besonders relevant für die Produktentwicklung sind Verbesserungen, die in den letzten Jahren im Prototyping erzielt worden sind. Die Verbesserungen adressieren v.a. zwei Punkte:

Zum einen kann heute, dank Investitionen in die technische Infrastruktur, ein funktionaler Prototyp schneller und einfacher implementiert und in geeigneten Beratungsprojekten eingesetzt werden. Die Prototyp-Entwicklung ist entkoppelt von der Produktentwicklung, basiert aber auf genau definierten Produkt- und Qualitätsständen. Der Einsatz des Prototyps in einem Beratungsprojekt ist für alle Beteiligten leichtgewichtig und risikoarm, weil der Prototyp strikt nur in einem spezifischen Projekt eingesetzt wird und es jederzeit möglich ist, auf die Produkt-Version zurückzugehen.

Zum zweiten hat die Einführung von neuen Rollen und Prozessen an der Schnittstelle von R&D, Business-Analyse und Entwicklung dazu geführt, dass sich Resultate aus dem Prototyping methodisch effizient in das Produkt übernehmen lassen. Dank der Prototyp-Entwicklung sind Unklarheiten und Risiken früh geklärt, was die Übernahme in das Produkt, insbesondere die Einhaltung der hohen Vorgaben bezüglich Stabilität, Architektur-Richtlinien, automatischer Testabdeckung und anderer Qualitätskriterien stark vereinfacht.

Software Craftmanship – Benjamin Ernst Benjamin Ernst ist Architekt bei sma.software. Beni legt Wert darauf, neben technischem Coaching und konzeptionellen Aufgaben weiterhin viel Zeit mit Programmierung oder in Code-Reviews zu verbringen. Er sieht die modulare Architektur von Viriato als ein zentrales und effektives Mittel im Komplexitätsmanagement: Die Software wird in Form von losen gekoppelten Modulen entwickelt, alle Module benutzen ein gemeinsames, mächtiges Domänenmodell sowie ein eigenentwickeltes Applikations-Framework, das geteilte Services und Basisklassen zur Verfügung stellt. Die Modularisierung ermöglicht einen höheren Parallelisierungsgrad in der Implementierung, weil gleichzeitig an unterschiedlichen Modulen gearbeitet werden kann, ohne dass sich die Entwickler in die Quere kommen.

Eine nachhaltig hohe Entwicklungsgeschwindigkeit sei nur möglich, so Beni, wenn auch die Qualität des Codes und der Arbeitsweise konstant hoch gehalten wird. Die architektonische Integrität und weitere Qualitätsaspekte der Software werden deshalb kontinuierlich automatisiert überwacht. Neben dem Monitoring sind auch ständige Investitionen in die Architektur, den bestehenden Source Code und das technische Tooling notwendig. Eine grosse Code-Basis hat die Tendenz, dass durch Weiterentwicklungen strukturelle Mängel entstehen und der Organisationsgrad im Code abnimmt. Beni betont in dem Zusammenhang die besondere Bedeutung von Code-Refactorings und funktionalen Redesigns. Das sind technische Praktiken, bei denen die Struktur des Codes bzw. der Benutzer-Experience verbessert wird, ohne die Funktionalität zu ändern. Solche Erneuerungsarbeiten halten die Software aktuell, sie sind aber auch essenziell für den Erhalt von Know-How im Entwickler-Team. Software, die nur schwer weiterentwickelt werden kann, weil der Code zu wenig verstanden wird, ist ein häufig unterschätztes Risiko.

Für Beni ist die Entwicklung in einer Produktfirma dadurch geprägt, dass stärker in Eigenentwicklungen investiert wird als im schnelllebigen Projektgeschäft. Um die Projektzeiten kurz zu halten, kommen dort eher Lösungen Dritter zum Einsatz. Wegen der langfristigen Perspektive im Produktgeschäft lohnt es sich dagegen, Frameworks selbst zu entwickeln. Diese sind massgeschneidert und die Weiterentwicklung ist unter voller Kontrolle. Als Beispiele nennt Beni das Build-System zur Erstellung der Software aus dem Quellcode, das spezifisch auf die modulare Architektur ausgerichtet ist, sowie den Persistenzlayer (die Datenbankabstraktionsschicht), der hinsichtlich der hohen Performance-Anforderungen in der Fahrplanung optimiert ist.

Kunden-Projekte – Markus Ullius Markus Ullius ist Leiter Service in der sma.software und leitet ein Team von Business Analysten, Projektleitern und Testern. Markus und sein Team können auf vieljährige Erfahrung in der Umsetzung von grossen Softwareprojekten zurückgreifen. Markus erwähnt mit Stolz, dass von Kundenseite wiederholt die grosse Termintreue und hohe Qualität der Softwarelieferungen der sma.software betont worden ist. Er sieht dies als Resultat eines ausgereiften Realisierungsprozesses, der den gesamten Lebenszyklus einer Funktionalität abbildet: die präzise Formulierung des Kundenbedürfnisses als Anforderung steht am Anfang und ist Voraussetzung für die Erarbeitung von Lösungsvorschlägen in Form von Stories. Die Implementierung einer Lösung erfolgt dann in gut planbaren Entwicklungssprints. Die Auslieferung findet erst nach einem Qualitäts-

sprint statt, in dem keine funktionale Entwicklung mehr erfolgt, sondern nur noch Testing und Bugfixing. Nach der Lieferung ist die neu entwickelte Software in Wartung & Support. Markus betont die kurzen Wege und die organisatorische Nähe des Supports zur Entwicklung. Wenn nötig kann in kürzester Zeit ein qualifizierter Entwickler zu einem Supportfall hinzugezogen werden.

Markus verweist darauf, dass die Stories bezüglich Vollständigkeit, Verständlichkeit und Komplexität einen hohen Standardisierungsgrad aufweisen. Die Standardisierung ist Voraussetzung, dass mehrere Projekte gleichzeitig umgesetzt werden können, weil es für die Entwicklung in gewisser Hinsicht irrelevant wird, aus welchem Projekt eine User Story kommt. Die Story ist so zugeschnitten, dass sie in wenigen Tagen umgesetzt werden kann, Akzeptanzkriterien werden vorgängig formuliert, die enge fachliche Begleitung ist während der Implementierung sichergestellt. Der Business Analyst, der Entwickler und der Tester bilden während der Umsetzung quasi ein Team im Team.

Ziel ist, so Markus, dass die Entwicklung möglichst geschützt ist vor Störungen aus dem Projektgeschäft, z.B. kurzfristigen Änderungswünschen oder überraschenden Re-Priorisierungen. Solche Diskussionen dürfen durchaus stattfinden, sind aber der Entwicklung vorgelagert. Für die Entwicklung wird ein fokussiertes, diszipliniertes und stressarmes Arbeitsklima angestrebt.

Fazit Die Domäne der sma.software ist das System Eisenbahn. Dieses zeichnet sich durch eine hohe, inhärente Komplexität sowie lange Lebens- und Investitionszyklen aus. Damit Innovationen erfolgreich sind, müssen sie sich umsetzen lassen, d.h. machbar sein, was in einem solchen Umfeld eine anspruchsvolle Aufgabe ist. Die sma.software hat die Fähigkeit, Innovationen erfolgreich umzusetzen, weil sie langjährige Erfahrung in der Beherrschung von Komplexität auf unterschiedlichen Ebenen – Code, Prozess, Kultur, Team – hat. Das Resultat des beständigen Wirkens sind eine stabile, erweiterbare Softwareplattform sowie eine leistungsfähige, verlässliche Organisation. Diese dienen als Basis für zukunftsfähige und zweckmässige Lösungen.

Software – Zahlen & Fakten

Der Umsatz von sma.software setzt sich aus den drei Säulen Wartung, Projekte und Lizenzverkauf zusammen. 2022 konnten wir 17 Lizenzen von Viriato.Standard sowie 2 Lizenzen Viriato.Enterprise verkaufen. Zusätzlich haben wir Lizenzen der Zusatzmodule Umlaufplanung (8 Lizenzen), Baufahrplanung (7), Konflikterkennung (5), Microscopy OnDemand (3), Reisezeitanalyse (2), Robustheit (1) und Umlegung (1) verkaufen können. Dazu kommt die Miete einzelner Lizenzen oder Zusatzmodule für kürzere Zeiträume. Geografisch fallen die Verkäufe zu je knapp einem Drittel auf die Märkte Deutschland und Nordamerika. Weitere einzelne Verkäufe gingen nach Ungarn, Belgien sowie weitere europäische Länder. Das Verhältnis zwischen bestehenden Kunden, die zusätzliche Lizenzen oder Module beschafft haben, und neuen Kunden beträgt 4:1.

Um unsere Kunden bestmöglich auf die Arbeit mit Viriato vorzubereiten, haben wir diverse Schulungen durchgeführt, welche individuell auf die Bedürfnisse und Arbeitsprozesse der einzelnen Kunden angepasst sind. Wie bereits 2021 erfolgte der überwiegende Teil der Schulungen aufgrund der bestehenden Einschränkungen online.

Anzahl externe Schulungen	13 Schulungen
Sprachen	Deutsch, Französisch, Englisch
Anzahl Schulungstage	23,5 Tage
Anzahl Teilnehmer	ca. 100 Teilnehmer

Wie schon in den letzten Jahren sind die Kundenprojekte stark durch die EVU im deutschsprachigen Raum dominiert. Zusammen mit den internen Projekten haben wir im Jahr 2022 993 (2021: 1038, 2020: 851, 2019: 619) Stories im Rahmen unseres agilen Entwicklungsprozesses umgesetzt. Insgesamt wurden für die 15 verschiedenen Kunden- und Produktversionen von Viriato 61 Releases ausgeliefert, was im Schnitt etwas mehr als einer Lieferung pro Kalenderwoche entspricht.

Überprüfung des Produktmanagements 2022

Die Relevanz des Produkts aufrechterhalten Letztes Jahr haben wir ausführlich über konkrete Beispiele für langfristige Aktivitäten berichtet, die erforderlich sind, um ein Softwareprodukt wie Viriato am Leben zu erhalten. In diesem Jahresbericht beschreiben wir, wie wir die Komplexität unseres Software-Designs in den Griff bekommen. Dies sind wichtige Aufgaben, um die Interna des Programms mit modernen Technologien und guten Praktiken der Softwareentwicklung auf dem neuesten Stand zu halten. In der Tat ist Viriato jetzt ein wahres Schiff des Theseus, das als Programm ständig aufgefrischt wird, während es seinen grundlegenden Designprinzipien treu bleibt. Für die unmittelbare Benutzererfahrung von Viriato stehen wir jedoch auch vor der Herausforderung, das Produkt mit neuen und verbesserten Funktionen, die den Arbeitsablauf bei der Fahrplannerstellung unterstützen, relevant zu halten. Das Produktmanagement eines Tools wie Viriato erfordert eine langfristige Sichtweise, um ein Gleichgewicht zwischen den neuen Marktanforderungen und der Unterstützung der bestehenden Funktionen und Bedürfnisse unserer Kunden herzustellen und gleichzeitig genügend Zeit für die Implementierung der nächsten Generation von Funktionen zu haben.

Das Ziel von SMA war es schon immer, mit einem Teil unserer Einnahmen in die Entwicklung von Viriato zu investieren, um den Anforderungen der Industrie immer einen Schritt voraus zu sein, ohne auf Aufträge von Kunden für die Implementierung bestimmter Funktionen zu warten. Natürlich implementieren wir im Rahmen unseres Entwicklungsprozesses auch kundenspezifische Funktionen, welche konkrete Probleme unserer Kunden adressieren.

Das bringt uns zur Frage, wie wir entscheiden, welche Funktionen auf unserer langfristigen Entwicklungs-Roadmap stehen sollen. Dies geschieht in Ergänzung zur laufenden, langfristigen Pflege des Viriato-Produkts durch die Hinzufügung neuer Funktionen, die als «taktische Verbesserungen» von allgemeiner Bedeutung eingestuft wurden. Als Unternehmen mit einem breiten Spektrum von Kunden, darunter Eisenbahnverkehrsunternehmen, Infrastrukturbetreiber, regionale Behörden, Berater und andere, die von einem einzelnen Benutzer bis zu Hunderten von Mitarbeitern reichen, gibt es eine Vielzahl von Interessen und Anforderungen. Dies ist immer mit Kompromissen verbunden und wir versuchen, die Mischung der implementierten Funktionen so auszubalancieren, dass alle Nutzer von einigen davon profitieren.

Bei den strategischeren Investitionen versuchen wir, einen breiten Überblick zu erlangen und Themen zu erfassen, die bereits jetzt benötigt werden, und solche, von denen wir erwarten, dass sie in den nächsten fünf bis zehn Jahren an Bedeutung gewinnen werden. Zwei offensichtliche, strategische Beispiele dafür, wie wir diese Frage beantwortet haben, sind die Unterstützung der Instandhaltung der Eisenbahninfrastruktur und die Anwendung von Automatisierungstechniken.

Viele Länder sehen sich längerfristig mit einer Überalterung ihrer Eisenbahnanlagen konfrontiert, da die in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts gebauten Systeme das Ende ihrer Lebensdauer erreichen und in grossem Umfang erneuert oder ersetzt werden müssen. Um den Bahnbetrieb bei der Instandhaltung der Anlagen aufrechtzuerhalten, ist eine Unterstützung bei der Bauplanung erforderlich, damit Fahrpläne erstellt werden können, bei denen die Züge neu getaktet oder umgeleitet werden, um sowohl den Betrieb als

auch die technischen Arbeiten zu ermöglichen. Wir haben bereits in früheren Jahresberichten über das Modul Viriato Works Planning berichtet, das unseren Beitrag zu dieser Aufgabe leistet. Es erlaubt, die Auswirkungen dieser Arbeiten auf die Züge zu bestimmen, um eine effiziente Neuplanung des Angebots zu ermöglichen.

Am anderen Ende des technologischen Spektrums zur Erneuerung der Infrastruktur stehen die rasanten Entwicklungen in den Bereichen Automatisierung, Optimierung und künstliche Intelligenz, die sich in den Bereichen Mathematik und Informatik vollziehen. Obwohl viele dieser Entwicklungen ihr volles Potenzial im Eisenbahnbereich erst noch unter Beweis stellen müssen und erst klar werden muss, was tatsächlich möglich sein wird, wenn der Hype um einige Konzepte auf die Realität trifft, ist es wichtig zu untersuchen, wo diese Ideen den Nutzern von Viriato helfen können, fundierte Entscheidungen zu treffen. Trotz einiger Probleme, die in unserer Branche mit diesen Techniken aufgetreten sind, ist es wichtig, die Fähigkeiten dieser Methoden aus Industrie und Wissenschaft nicht zu unterschätzen, denn sie werden mit der Zeit nur wachsen.

SMA hat eine Struktur zur Unterstützung dieses Prozesses geschaffen, indem wir unsere Ressourcen in mehrere Teams aufgeteilt haben. Dazu gehört das Team sma.software.labs, das für die Entwicklung von Prototypversionen und die Entwicklung und Implementierung produktiver Algorithmen zuständig ist. Gleichzeitig übernimmt unser Produktionsteam die professionellen Software-Engineering-Aufgaben, die sich mit der Spezifikation und Implementierung des produktiven Codes befassen, der an die Viriato-Kunden ausgeliefert wird. Ein wichtiger Teil dieses Prozesses ist die effiziente Kommunikation zwischen diesen beiden Gruppen, um sicherzustellen, dass die von der einen Seite gewonnenen Erkenntnisse an die andere Seite weitergegeben werden und dass die Ergebnisse die erforderlichen Ziele für den produktiven Einsatz erfüllen.

SPEZIFISCHE F&E-PROJEKTE 2022

Robustheit 2.0 Wie letztes Jahr in unserem Leitartikel zum Thema Robustheit angekündigt, haben wir mit der Entwicklung eines völlig neuen Robustheitsmoduls in Viriato begonnen. Dieses basiert auf dem übergeordneten Konzept des bisherigen Viriato-Robustheitsmodells der Verspätung von Zügen und der Weitergabe dieser Verspätungen, jedoch mit einer völlig neuen Architektur, die eine viel grössere Flexibilität und Leistung ermöglicht. Grob gesagt kann die Robustheit eines Fahrplans als seine Fähigkeit angesehen werden, sich von Verspätungen aufgrund unvorhergesehener Ereignisse zu erholen, einschliesslich des potenziellen Umlanungsaufwands. Sie gibt einen Hinweis darauf, ob ein Fahrplan einen pünktlichen Eisenbahnbetrieb unterstützt. In einer Viriato-Robustheitsanalyse untersuchen wir die Auswirkungen auf den geplanten Fahrplan und wie lange es dauert, bis der Zugbetrieb wieder normal läuft, nachdem eine oder mehrere Störungen im Netz aufgetreten sind. Die Konflikterkennung entscheidet, ob Züge weiterfahren können oder nicht. Sie wurde neu implementiert, um eine vollständige Integration in das Robustheitsmodell zu ermöglichen.

Die neuen Konzepte wurden anhand einer vereinfachten Prototypversion getestet, welche aufzeigte, dass der von uns verfolgte Ansatz erfolgreich ist. Tatsächlich verdrängte der Prototyp die Produktversion des Robustheitsmoduls bei unseren eigenen, internen Nutzern schnell! Die wichtigsten Verbesserungen des Prototyps bestanden in der Möglichkeit, Züge im Falle von Konflikten auf andere Gleise umzuleiten und mehrere Simulationen mit ausreichender Geschwindigkeit durchzuführen, um aussagekräftige Monte-Carlo-Analysen zu erstellen. Im Rahmen der Neuentwicklung zu einer vollständigen Implementierung für das Produkt wird es möglich sein, den Fahrdienstleiter von grundlegenden, aber oft effektiven Modellen wie einer First-come-first-served-Regel auf prioritätsbasierte Regeln umzustellen, mit dem Potenzial für eine viel grössere Flexibilität, wie z.B. das Ersetzen des regelbasierten Systems durch eine Entscheidungsfindung mit künstlicher Intelligenz.

Der Softwarekern des Robustheitsmoduls wurde so entwickelt, dass ein breites Spektrum von Konfigurationen an Inputdaten verarbeitet werden kann. In diesem Zusammenhang ist es wichtig zu berücksichtigen, dass viele Viriato-Datenbanken ursprünglich für die Zwecke der strategischen Planung erstellt wurden ohne den hohen Detaillierungsgrad, der für eine genaue Konflikterkennung und -lösung erforderlich ist. Der Aufwand, diese detaillierteren Daten hinzuzufügen, kann erheblich sein. Zur Unterstützung dieser Aufgabe haben wir einige Funktionen zur Massenaktualisierung hinzugefügt, um Standardwerte festzulegen.

Obwohl das Robustheitsmodul noch nicht vollständig ist, werden wir im Laufe des Jahres 2023 eine erste Version veröffentlichen, in der die bestehende Konflikterkennung durch die neue, leistungsfähigere Version ersetzt und das ursprüngliche Robustheitsmodul mit dem Standard-Dispatcher implementiert wird.

Trassensuche Im Jahr 2022 haben wir die produktive Implementierung einer Trassensuchfunktion für Viriato fortgesetzt. Der traditionelle Anwendungsfall für Viriato war ein permissives Modell, bei dem der Benutzer eine hochwertige Trasse plant und anschliessend prüft, ob die Infrastruktur dies erlaubt bzw. welche zusätzlichen Massnahmen dafür erforderlich sind. Bei Langfriststudien ist dies ein effizientes Modell. Für kurzfristige Aufgaben hingegen, wo zusätzliche Trassen in einen vorhandenen Fahrplan einzufügen sind, ist ein anspruchsvolleres Verfahren erforderlich, bei dem die eingefügten Züge nachweislich konfliktfrei sind.

Bei der Trassensuche wird ein Modellzug erstellt, in der Regel auf der Grundlage eines bestehenden, geplanten Zuges mit der entsprechenden Haltepolitik. Weitere festzulegende Parameter sind das Zeitfenster, in welchem dieser Zug verkehren soll, und wo die Fahrplanzeiten flexibel gestaltet oder geändert werden können, um ihn konfliktfrei in den vorhandenen Fahrplan zu integrieren. Es können auch andere Regeln festgelegt werden, z.B. ob bestehende Züge auf andere Bahnhofgleise verlegt werden können. Die Plattform des Viriato-Algorithmus erstellt ein mathematisches Modell, das die Daten des gewünschten Zuges und die durch die Interaktion mit anderen Zügen und der Infrastruktur bedingten Einschränkungen erfasst. Dieses Modell wird dann an einen von Gurobi entwickelten leistungsstarken, mathematischen Solver weitergeleitet, der die optimale Lösung für die Trasse unter Berücksichtigung der Anforderungen und Einschränkungen berechnet. Viriato

fügt diesen resultierenden Zug schlussendlich als konfliktfreie Trasse in den Fahrplan ein. Dieses Modul ermöglicht es dem Benutzer, auf hochbelasteten Strecken schnell konfliktfreie Trassen zu finden und das Angebotskonzept schrittweise zu erstellen.

Auch dieses Modell haben wir bei SMA zunächst in einer prototypischen Implementierung getestet. Dies ermöglichte es uns, sowohl zu lernen, was für den Benutzer wichtig ist, was er wann eingefügt haben möchte, als auch zu erfahren, wie diese Konzepte auf performante Weise implementiert werden können, bevor wir uns der vollständigen produktiven Implementierung auf der Grundlage von Software-Engineering-Prinzipien widmeten. Der Prototyp wurde intern in einer Reihe von Studien für unsere Beratungskunden verwendet und das Feedback floss in die produktive Version ein.

Diese Pfadsuchfunktion wird 2023 als Zusatzmodul verfügbar sein.

VIRIATO HIGHLIGHTS AUS DEM JAHR 2022

Typisch für die laufenden Entwicklungen, die wir im Rahmen unseres taktischen Verbesserungsprozesses 2022 an Viriato vornahmen, sind die folgenden Merkmale:

- Der Fahrzeitrechner verfügt neu über eine Funktion für den Import von Modelldaten für das Geschwindigkeitsprofil, das Steigungsprofil und die Kurvenradien aus csv-Dateien, was den für die Erstellung detaillierter Modelle benötigten Aufwand reduziert. Ausserdem wurde eine feinere Konfiguration der Berechnungsparameter verschiedener Zugtypen hinzugefügt, was eine detailliertere Simulation der Zugfahrt in einem einzigen Fahrplan ermöglicht.
- Hinter den Kulissen wurde 2022 die Umstellung von Viriato auf eine 64-Bit-Architektur und die Ablösung von MS Access als Basis der dateibasierten Datenbanken durch SQLite abgeschlossen. Dies sichert die langfristige, technische Nachhaltigkeit des Produkts und ermöglicht umfangreichere Analysen in Fällen, in denen der Computerspeicher bisher eine Einschränkung darstellte, wie z.B. bei einer Reisezeitanalyse oder einer Umlegung der Nachfrage.
- In der Umlaufplanung können nun geplante Leerfahrten aus der Datenbank in «normale» Viriato-Züge umgewandelt werden, die mit detaillierten Strecken- und Zeitinformationen versehen sind, was eine genaue Planung der Fahrzeugressourcen ermöglicht. Darüber hinaus können die Umlaufpläne nach Zugtyp oder Fahrzeug eingefärbt werden.
- Um die Visualisierung der Gültigkeiten in Viriato.Enterprise zu verbessern, gruppiert eine neue Segmentansicht Daten mit der gleichen Gültigkeit, so dass der Benutzer für jeden Zug schnell Sätze von Tagen mit den gleichen Gültigkeitsmustern identifizieren kann.
- Zusätzliche Batch-Funktionen, die eine schnelle Anpassung mehrerer Züge erlauben, haben wir für folgende Aufgaben hinzugefügt: die Aktualisierung von Zugattributen, das Ersetzen von Betriebsstellen durch Alternativen in einem Zuglauf, die Batch-Aktualisierung von Trennzeiten bei der Infrastruktur und die Änderung der Plantermine für eine ausgewählte Gruppe von Sperrungen.

- Deutlichere Warnungen für die Benutzer, wenn sie an einem losgelösten Zug und nicht an der gesamten Familie arbeiten, und ein Symbol im Bildfahrplan, das anzeigt, ob der Zug abgeleitet oder losgelöst ist. Darüber hinaus können Züge jetzt direkt aus der Gleisbelegungsansicht heraus losgelöst werden.
- Bei der Konflikterkennung in der Betriebsplanung kann die zusätzliche Reservezeit, die aufgrund einer vorübergehenden Geschwindigkeitseinschränkung erforderlich ist, berechnet und zu einer Zugtrasse hinzugefügt werden.
- Zur Unterstützung von Netzplanungsstudien kann die Netzgrafik nun Bahnhöfe anzeigen, an denen ein Zug hält, ohne die mit dem Halt verbundenen Zeiten anzuzeigen. Darüber hinaus können jetzt Hintergrundbilder (z.B. Logos) in die Datenbank eingebettet werden, was die Arbeit bei der gemeinsamen Nutzung von Datenbanken erleichtert.
- Mehrere Züge können über eine im Zugfenster getroffene Auswahl geöffnet werden, was Aufgaben beschleunigt, bei denen ein Benutzer Züge anhand bestimmter Kriterien überprüfen und bearbeiten möchte.



1. Systemstart und Triebnummer
2. Zugnummer eingeben LZ89 80
3. Planstelle und Eisenbahn
4. Fahrplan-Code in Richtung 1
5. Gültigkeit

FAULT

LOCAL LINE SW MA

WHEEL SLIP

WHEEL BRAKE AIR COND THIS CAR

FAULT BRAKE

FAULT PUMP (RIGHT)

SUPPLY

BALANCE

PANTOGRAPH DOWN

HEADLIGHT LOW HIGH

PANEL DIM MED BRT

BEI







TRACN

OFF BRT

012

Consulting: Projektauswahl aus dem Jahr 2022

Unsere Geschäftsfelder

-  Angebot
-  Produktion
-  Betrieb
-  Kapazität
-  Nachfrage
-  Wettbewerbsverfahren

ÖSTERREICH



ÖBB-Personenverkehr AG: Werkedimensionierung Salzburg/Linz Die ÖBB Personenverkehr GmbH erneuert derzeit wesentliche Teile der Flotte und ergänzt diese um zusätzliche Fahrzeuge für den weiteren Ausbau des Angebots. Im Rahmen der Beschaffung von ein- und doppelstöckigen Triebzügen für den Nahverkehr ist auch eine Anpassung und Erweiterung der dafür erforderlichen Instandhaltungsanlagen (Werkstätten) vorgesehen.

Um die durch ÖBB Technische Services abgeschätzten Instandhaltungskapazitäten zu konkretisieren, hat ÖBB Personenverkehr SMA mit der Herleitung des Instandhaltungsbedarfs auf Basis der konkreten Verkehrsleistungen und Flotten beauftragt. Hierzu kam ein Verfahren zum Einsatz, das sich bereits in einem früheren Projekt für die Verkehre in der Ostregion bewährt hat.

Mittels einer Auswertung von Umlaufplänen und Prognosen zur Entwicklung der Fahrzeugflotten und deren Einsatz in den verschiedenen Teilnetzen konnte der Bedarf an Instandhaltungskapazitäten an den Standorten Salzburg und Linz für verschiedene Instandhaltungsszenarien (z.B. modulare oder nicht modulare Instandhaltung) ermittelt werden. Diese Zusammenstellung erlaubt eine transparente Übersicht des Bedarfs an Werkstattgleisen (Arbeitsständen) in verschiedenen Planungshorizonten und Szenarien entsprechend der dann eingesetzten Fahrzeuge. Sie bildet die Grundlage für die Dimensionierung der heutigen und neuen Instandhaltungsanlagen an den beiden Standorten aus Sicht der ÖBB Personenverkehr GmbH.

BELGIEN



SNCB: Angebotskonzept 2023-2026 Das Angebotskonzept der SNCB wird alle drei Jahre überarbeitet. Die nächste Neufassung ist der Fahrplan 12/2023, der die Struktur des Angebots bis 2026 festlegen wird. Verschiedene Faktoren führen dazu, dass das Konzept angepasst werden muss: erhöhte Nachfrage nach der Pandemie, Inbetriebnahme von Infrastrukturen im Zusammenhang mit dem S-Angebot (Vorortsverkehre, insbesondere in Brüssel) und neue internationale Verbindungen.

Die SNCB wollte die Erstellung des Angebotskonzepts parallel intern und durch einen externen Berater durchführen, um dessen Ergebnisse mit ihren eigenen Arbeiten vergleichen zu können und so die Suche nach optimierten Lösungen zu bereichern und anzuregen.

In diesem Zusammenhang plante SMA den Fahrplan für projektierte, zusätzliche Angebote gemäss einer von der SNCB gelieferten Liste, ermittelte die Interdependenzen und Inkohärenzen zwischen den neuen Angeboten und dem bestehenden Angebot, schlug Lösungen zur Behebung dieser Inkohärenzen vor und legte Kriterien fest, anhand derer der von SMA konstruierte Fahrplan mit dem intern bei der SNCB entwickelten Plan verglichen werden kann.

Schliesslich erstellte SMA Merkblätter, in denen die von SMA vorgeschlagenen Lösungen aufgelistet waren, und verglich systematisch die in den beiden Konzepten getroffenen Optionen, um die Vor- und Nachteile jeder Lösung zu ermitteln. Diese Analyse diente der SNCB dann zur Erstellung eines optimierten Plans als Grundlage für die Entwicklung des Angebots in den nächsten drei Jahren.

SCHWEIZ



SBB Infrastruktur: Robustheit in der Langfristplanung Konzepte der Langfristplanung sollen auch in der späteren Planung und Konkretisierung ohne strukturelle Überarbeitung eine ausreichende Robustheit aufweisen, damit der Fahrplan dann stabil betrieben werden kann. Deshalb ist ein durchgängiger Planungsprozess von der Langfristplanung bis zum Betrieb erforderlich. Zudem sind bereits in der langfristigen Konzeption die Anforderungen an einen späteren robusten Betrieb adäquat zu berücksichtigen.

In der Planung von langfristigen Konzepten, z.B. in Ausbausritten im Rahmen des strategischen Entwicklungsprogramms Bahninfrastruktur des Bundes oder in Masterplänen der SBB, sind Annahmen für die Planungsparameter hinterlegt, welche die künftigen technischen und betrieblichen Rahmenbedingungen bestmöglich abbilden. Obwohl für die Sicherstellung einer robusten Produzierbarkeit bereits in der Langfristplanung Systemreserven hinterlegt werden, bestehen aktuell keine spezifisch für die Robustheit ausgelegten Planungsregeln bzw. entsprechend dimensionierte ergänzende Parameter.

Der Anspruch einer möglichst breiten Variantenbetrachtung im Langfristhorizont geht mit einer entsprechend groben Planungsgranularität einher, was jedoch einer belastbaren Beurteilung der Robustheit durch die aktuell angewendeten Methoden entgegensteht, welche einen hohen Detaillierungsgrad erfordern. Wünschenswert wäre dementsprechend eine Möglichkeit zur stufengerechten Berücksichtigung der Anforderung aus der Robustheit.

SMA unterstützt SBB Infrastruktur mit einem internationalen Vergleich der bei europäischen Infrastrukturbetreibern angewendeten Methoden und Planungsregeln betreffend die Robustheit in der Planung. Ausserdem wertet SMA Betriebsdaten aus und leitet daraus stufengerechte Ansätze für Methoden und für die Dimensionierung zweckmässiger Systemreserven ab. Dazu gehören z.B. Ansätze wie Belastungskennwerte und Wiederbelegungszeiten von Anlagenteilen, potenzielle Konflikte oder die Auswertung von Betriebskonzepten.



Chemins de fer du Jura: Unterstützung bei der Untersuchung des Projekts

ArcExpress und der langfristigen Vision CJ2040

SMA hat für die Chemins de fer du Jura eine Studie zur Unterstützung der Planung des Projekts ArcExpress durchgeführt. Dieses Projekt zum Ausbau des Angebots auf der Achse La Chaux-de-Fonds–Glovelier–Delémont, das im Planungsschritt STEP 2035 keine Berücksichtigung fand, erfuhr eine Aktualisierung, um den veränderten Rahmenbedingungen Rechnung zu tragen (insbesondere Fahrplan und Referenz des Zwischenschritts 2025). Daran anschliessend erfolgte eine Vertiefung im Hinblick auf den nächsten Planungsschritt. Im Rahmen dieser Vertiefung wurde auf der Basis eines Entwurfs für den Tagesfahrplan und die Fahrzeugumläufe eine detaillierte Bewertung der Betriebskosten vorgenommen. Parallel dazu erfolgte eine Analyse des Verkehrspotenzials, um die zu erwartenden Fahrgastzahlen detailliert zu bewerten. Abschliessend haben wir eine sozioökonomische Bewertung zur Bestimmung des Deckungsgrads und des NIBA-Indikators durchgeführt.

Gleichzeitig mit dieser ersten Studie möchten die CJ über eine längerfristige Vision verfügen, die eine strategische Entwicklungsperspektive über das Projekt ArcExpress hinaus definiert, um die geplanten Angebotsentwicklungen zu bewerten und den Fortbestand des Unternehmens zu sichern. In einem ersten Schritt hat SMA neue Ideen und Lösungen getestet, um auf der Grundlage der ausgewählten Überlegungen das Angebot für einen Zielhorizont 2040 zu definieren. In den Entwurf dieses Zielszenarios flossen eine Bewertung aller Kostenaspekte einschliesslich der Depots und Werkstätten sowie der Fahrgastzahlen und Einnahmen ein, um dessen Wirtschaftlichkeit zu ermitteln. Das Zielszenario wurde in Phasen unterteilt, um einen Finanzierungspfad für die CJ über die nächsten 20 Jahre zu erstellen und die Risiken und Chancen zu identifizieren.



Kanton Waadt: Studie zur Entwicklung der internationalen Bahnverbindungen

Die für den Kanton Waadt durchgeführte Studie ging von der Feststellung aus, dass derzeit nur wenige internationale Zugverbindungen den Kanton Waadt bedienen, während mehrere Länder derzeit ihre Weiterentwicklung planen. Ziel der Studie war es, einen Einblick in die Entwicklungsmöglichkeiten von internationalen, den Kanton bedienenden Tages- und Nacht-Verbindungen sowie einen ersten Überblick über mögliche Umsetzungsschritte und eine denkbare institutionelle Organisation zu geben.

Um die relevanten, internationalen Verbindungen zu identifizieren, hat SMA ein vereinfachtes, internationales Nachfragemodell auf der Grundlage von Bevölkerungsdaten und dem systematischen Bahnangebot aus 21 öffentlichen GTFS-Datenbanken (General Transit Feed Specification) erstellt. Auf der Basis dieses Gravitationsmodells erfolgte die Erstellung einer Nachfrageprognose, die das Potenzial pro Bahnhof sowie die voraussichtliche Nachfrage auf ausgewählten Korridoren lieferte. Diese Elemente ermöglichten es, Vorschläge für Szenarien für ein internationales Bahnangebot für den Tages- und Nachtverkehr in verschiedenen Zeithorizonten zu entwickeln, wobei auch mögliche Lösungen für den Betrieb und die institutionelle Organisation dieser Angebote aufgezeigt wurden.



SBB–CTSO: Unterstützung des Fahrplanentwurfs 2025 Romandie Der aktuelle Fahrplan in der Romandie ist das Resultat aus mehreren aufeinanderfolgenden Entwicklungen unter Berücksichtigung von Bauarbeiten, insbesondere denjenigen zwischen Lausanne und Genf. Dennoch erreicht die Pünktlichkeit in der Romandie bis 2022 nicht die Zielvorgaben der SBB und mit der in den nächsten Jahren vorgesehenen Zunahme der Bauarbeiten wird sich die Pünktlichkeit weiter verschlechtern. Da die Reserven im Fahrplan nicht ausreichen, sind die Auswirkungen auf das Angebot erheblich. Die SBB hat intern Studien in Auftrag gegeben, um das Problem zu analysieren und Fahrplananpassungen vorzuschlagen. Die SBB beauftragte SMA zunächst mit einer Analyse dieser Vorschläge.

Da die betroffenen Kantone auf die Vorschläge der SBB nicht eintraten, wurde in einem zweiten Schritt 2022 ein gemeinsames Vorgehen von SBB–CTSO (Conférence des Transports de Suisse occidentale) vereinbart, um zu einer gemeinsamen Lösung zu kommen. Die beiden Parteien haben SMA beauftragt, diesen Prozess zu begleiten und als treibende Kraft für einvernehmliche Lösungen zu sorgen. Im Rahmen dieses Vorgehens erfolgte eine gründliche Analyse der aktuellen Situation, um die Erkenntnisse objektivieren und zwischen allen Akteuren teilen zu können. Danach haben wir alle Aspekte des Eisenbahnsystems abdeckende Lösungsansätze vorgeschlagen und in Form von Leitlinien kombiniert. Abschliessend haben wir auf Grundlage dieser Leitlinien Fahrplankonzepte erstellt und bewertet, um sie zu vergleichen und mit den Partnern die interessantesten für eine Vertiefung und kurzfristige Umsetzung auszuwählen.



Analyse des Betriebs und der Robustheit des Trams Lausanne–Renens, Phasen 1 und 2 Die Transports publics de la région lausannoise SA planen, in den nächsten Jahren die erste Tramlinie ihres Netzes in Betrieb zu nehmen. Die Arbeiten haben 2021 begonnen, die erste Etappe zwischen Lausanne und Renens soll 2026 und die zweite Etappe bis Villars-Ste-Croix 2028 in Betrieb genommen werden. Zahlreiche Entwicklungen in den letzten Jahren auf der Strecke und bei den Zugängen zum Depot erfordern eine detaillierte Analyse der Betriebsbedingungen der Linie. Die bei SMA beauftragte Studie begann mit einer Klärung der Hypothesen als Grundlage für die Modellierung aller Elemente in Viriato. Eine Zuglaufrechnung lieferte anschliessend die genauen Fahrzeiten. In einem ersten Schritt erfolgte die Erstellung eines systematischen Fahrplans für die Hauptverkehrszeit und danach eines 24-Stunden-Fahrplans unter Berücksichtigung der Bedienungsziele. Verschiedene Robustheitstests haben wir in Viriato mit Hilfe eines stochastischen Ansatzes durchgeführt, der es ermöglicht, eine Vielzahl von Störungen zu berücksichtigen, was ein besonders relevantes Element für ein städtisches Verkehrsnetz in einem dichten Gebiet ist.

In der zweiten Phase der Studie hat SMA die Analyse aktualisiert, indem die Verlängerung bis Villars-Ste-Croix berücksichtigt wurde. Die Herausforderungen dieser zweiten Phase bestanden darin, mit Hilfe von deterministischen und stochastischen Robustheitstests die Auswirkungen auf die Robustheit des Fahrplans, des Managements grosser Kreuzungen und verschiedener anderer betrieblicher Einschränkungen wie gemeinsame Bus- und Trambahnsteige zu bewerten. Ausserdem konnten mehrere Betriebsszenarien auf der Grundlage von Geschwindigkeitsprofilen mit unterschiedlichen Einschränkungen und verschiedenen Fahrzeugen evaluiert werden.





Kanton Neuenburg: Unterstützung bei der Planung der direkten Linie im Jahr 2035 / SBB Infrastruktur: Unterstützung und Robustheitsstudie des Projekts «Direkte Verbindung Neuenburg–La Chaux-de-Fonds»

Der Planungsschritt STEP 2035 enthält eine grösstenteils unterirdisch verlaufende Neubaustrecke zwischen Neuchâtel und La Chaux-de-Fonds, die eine Erweiterung des Angebots auf einen Viertelstundentakt ermöglicht.

Das Amt für öffentlichen Verkehr des Kantons Neuenburg hat SMA beauftragt, die Planungsstudien des Projekts im Hinblick auf die Optimierung des Bahnsystems Infrastruktur-Fahrplan-Rollmaterial zu begleiten. Ziel war es, das Projekt abzusichern, indem Projektanpassungen und -optimierungen sowie zusätzliche Varianten zu den bisher untersuchten getestet, diese Ideen mit den von der SBB untersuchten Ideen kombiniert und gemeinsam mit SBB Infrastruktur iteriert werden, um zu nachhaltigen und machbaren Lösungen zu gelangen. Die vorgeschlagenen Optimierungen betrafen insbesondere eine Anpassung des Längenprofils, der Signalisierung (im Rahmen des kantonalen Mandats), die Gestaltung der Bahnhöfe und Anschlüsse sowie die Auswirkungen auf die Fahrzeiten, den Fahrplan und den Betrieb. Sie ermöglichten es, Lösungen für alle in den Studien identifizierten Schwierigkeiten bezüglich Betrieb und Signalisierung vorzuschlagen und mehrere Profile und Linienführungen der Strecke sowie einen stabilisierten Fahrplan für die weiteren Studien festzulegen. Darüber hinaus wurden Überlegungen angestellt, welche Art von Rollmaterial auf dieser neuen Infrastruktur eingesetzt werden soll.

In der Folge beauftragte SBB Infrastruktur SMA mit der Bewertung der Robustheit des Projekts und dem Testen von Optionen zur Verbesserung der betrieblichen Stabilität der Strecke, die als Flexibilitätsmodule bezeichnet werden. In diesem Zusammenhang evaluierten wir vier Module auf der Grundlage von Störungssimulationen in Viriato. Konkret bestand die Arbeit darin, in der Software die Infrastruktur sowie den Zielfahrplan zu modellieren und dann den Betrieb mit und ohne Verspätungen zu simulieren. Dank der genauen Analyse der gestörten Fahrpläne in Viriato haben wir die Prozesse der Verspätungsausbreitung in grafischen Fahrplänen erläutert. Abschliessend erfolgte ein Vergleich dieser Ergebnisse mit dem Referenzprojekt, indem insbesondere die Auswirkungen der Störung auf die Anschlüsse, die Dauer bis zur Behebung der Störung, die Entwicklung der Summe der Verspätungen und die Anzahl der betroffenen Züge bewertet wurden. Dies ermöglichte es, Indikatoren für die erwartete Robustheit zu liefern, für jedes Flexibilitätsmodul zu erklären, in welchen Situationen ein Robustheitsgewinn zu erwarten ist, und die Verbesserung gegenüber dem Referenzfall abzuschätzen.

DEUTSCHLAND



Bayerisches Staatsministerium für Wohnen, Bau und Verkehr (StMB): Machbarkeitsstudie Programm «Bahnausbau Region München»

Das Programm «Bahnausbau Region München» beschreibt die Eckpunkte für die zukünftige Gestaltung des Schienenpersonennahverkehrs in der Metropolregion München. Das Programm umfasst derzeit 29 Massnahmen, die sich bereits in der konkreten Planung bzw. in der Realisierung befinden, darunter als Kernstück des Programms auch die 2. Stammstrecke (2. SBSS) für die Münchner S-Bahn, ergänzt um eine Anzahl von sogenannten netzergänzenden Massnahmen.

Im Hinblick auf die Programmkonkretisierung sind weitere 44 Einzelmassnahmen in der Machbarkeitsstudie für den Bahnausbau in der Region München bezüglich ihrer eisenbahnbetrieblichen und bautechnischen Machbarkeit zu untersuchen sowie auf ihre verkehrliche Wirkung hin zu beurteilen. Die Beurteilung erfolgt nach dem Verfahren der Standardisierten Bewertung. Die Veränderung der Nachfrage auf der Grundlage von Angebotskonzepten zeigt im Verhältnis zu den Infrastruktur- und Betriebskosten auf, welche Massnahmen weiterverfolgt werden sollten. Mit den zur Weiterverfolgung empfohlenen Massnahmen wird das Zielkonzept für den Bahnausbau in der Region München konsequent fortgeschrieben.

Als Folge der 2022 angekündigten Verschiebung des Inbetriebnahmetermins der 2. SBSS wurde die Machbarkeitsstudie um die Untersuchung möglicher Angebotsverbesserungen vor Inbetriebnahme der 2. SBSS ergänzt. Diese Angebotsverbesserungen sind neben der Qualitätsoffensive und der Digitalisierung ein Grundpfeiler für das Programm «Starke S-Bahn München – Programm 14plus». Das Programm setzt die Realisierung einer Reihe von netzergänzenden Massnahmen voraus und soll ein pünktliches, zuverlässiges, erweitertes und zukunftsfähiges Angebot bis zur Inbetriebnahme der 2. SBSS sicherstellen.



Verkehrsministerium Baden-Württemberg/ Nahverkehrsgesellschaft Baden-Württemberg mbH: Infrastrukturdimensionierung Knoten Stuttgart

Das Land Baden-Württemberg hat das politische Ziel, die Nachfrage im öffentlichen Verkehr in den nächsten Jahren deutlich zu steigern und hat hierfür für den Grossknoten Stuttgart verschiedene Nachfrageszenarien entwickelt. Der Nachfragezuwachs schlägt sich u.a. in zusätzlichen Zügen bzw. Linien nieder. Für dieses ausgeweitete Mengengerüst ist zu ermitteln, mit welcher Infrastruktur eine Umsetzung möglich ist. Dabei wurde iterativ zwischen Angebotsplanung (SMA) und verkehrlicher Bewertung (Verkehrswissenschaftliches Institut (VWI), Stuttgart) ermittelt, auf welchem Zulauf nach Stuttgart mit welcher Haltepolitik zusätzliche Angebote ohne Überlastungen der verschiedenen Züge erforderlich sind.

Im abgestimmten Referenzfall steht durch die vollständige Inbetriebnahme der aktuell im Bau befindlichen Infrastruktur, der Umsetzung des digitalen Knotens Stuttgart mit der damit möglichen Verkürzung der Zugfolgezeiten und weiteren Infrastrukturausbauten (insbesondere Massnahmen des Deutschlandtakts) gegenüber dem Status quo im Kern des Grossknotens Stuttgart zusätzliche Kapazität für den Fern-, Regional- und S-Bahn-

Verkehr bereit. Für diese infrastrukturelle Referenz und anschliessend für verschiedene Planfälle mit im Kern des Knotens zusätzlich unterstellter Infrastruktur erfolgte eine iterative Ausarbeitung von Angebotskonzepten mit verkehrlicher Bewertung. Neben der Betrachtung des Regelbetriebs erfolgte auch die Betrachtung von Störfallkonzepten, bei denen wesentliche Elemente der Infrastruktur im Kern des Knotens nicht zur Verfügung stehen. Auch diese Fälle mit stark eingeschränkter Infrastrukturverfügbarkeit wurden hinsichtlich des Angebots und der verkehrlichen Wirkung untersucht.



DB Fernverkehr AG: Angebotsplanung und Fahrlagenkonzeption im Korridor

Berlin–München

Die DB Fernverkehr AG ist bestrebt, aufgrund der stark wachsenden Nachfrage auf ausgewählten Korridoren ihr Angebot stetig auszuweiten und Marktanteile zu gewinnen. Ein Fokus liegt dabei u.a. auf der Ausgestaltung des Angebots im Korridor Berlin–München. Schwerpunkt der Beratungstätigkeit im Jahr 2022 war dabei das Aufzeigen von Möglichkeiten zur Umsetzung von unterschiedlichen Angebotskonzepten zwischen Berlin und München. Planungsansatz waren dabei die Schritte hin zu einem mit den Aufgabenträgern und der DB Netz AG abgestimmten Angebotskonzeption 2029 in den vorgelagerten Fahrplanjahren. Hierbei lag die Herausforderung darin, dass ausgewählte Infrastrukturmassnahmen im Korridor in einigen Jahren noch nicht als umgesetzt zu unterstellen waren. Auf Basis unterschiedlicher Knotenlagen der Linien des Fernverkehrs und unterschiedlicher Ansätze zur Konfliktlösung mit dem Nahverkehr sind auf der gesamten Achse die Auswirkungen auf die Angebotskonzeptionen der Länder analysiert und in Abstimmung mit den Beteiligten Konfliktlösungsansätze erarbeitet worden.

Die Arbeiten werden im Jahr 2023 fortgeführt.



Ministerium für Umwelt, Klima, Mobilität, Agrar und Verbraucherschutz Saarland:

Reaktivierungen im Saarland

Das Saarland hat 2021 einen neuen Verkehrsentwicklungsplan für den ÖPNV im Saarland erstellt. Wesentliches Kernelement ist die Weiterentwicklung des SPNV im Saarland und in angrenzenden Regionen. Hierfür sind u.a. Reaktivierungen vorhandener Schienenstrecken für den Personennahverkehr vorgesehen.

Für die Strecken

- Saarbrücken–Grossrosseln (Rosseltalbahn)
- Saarbrücken/Völklingen–Überherrn (Bisttalbahn)
- Merzig–Losheim
- Dillingen/Saarlouis–Lebach-Jabach/Schmelz–Wadern (Primstalbahn)
- Homburg–Blieskastel (Blisttalbahn)

sollen nun vertiefende Untersuchungen im Rahmen einer Machbarkeitsstudie mit Nutzen-Kosten-Untersuchung durchgeführt werden. Dazu hat SMA sich mit der Schüssler-Plan Ingenieurgesellschaft mbH (SP) und dem Zentrum für integrierte Verkehrssysteme GmbH (ZIV) zu einer Ingenieurgemeinschaft zusammengeschlossen.

SMA übernimmt dabei die Untersuchung der betrieblichen Machbarkeit. Für jede Reaktivierungsstrecke werden mit Hilfe von Viriato Varianten für das Angebotskonzept erstellt. Dabei fließen verschiedene Taktsysteme, Durchbindungen, Anschlüsse an andere SPNV-Linien und denkbare Optimierungen im Busnetz zur Verbesserung der Bus-Schiene-Verknüpfung in die Untersuchung ein. Die Reaktivierungsstrecken werden zunächst einzeln betrachtet. In einem weiteren Schritt entwickelt SMA auch ein Gesamtkonzept, in dem alle Reaktivierungsstrecken im Saarland berücksichtigt werden.

Anhand des Betriebskonzepts wird der erforderliche Infrastrukturbedarf je Reaktivierungsstrecke abgeleitet und an SP zur Untersuchung der technischen Machbarkeit übergeben. Für die Vorzugsvariante führt ZIV anschliessend je Strecke eine Nutzen-Kosten-Untersuchung nach der Methode der Standardisierten Bewertung durch.



AKN Eisenbahn GmbH: Baufahrplan für den S-Bahn-Ausbau Die AKN Eisenbahn GmbH (AKN) betreibt im Norden von Hamburg unter anderem die Strecken von Hamburg-Eidelstedt nach Neumünster sowie die anschliessenden Strecken nach Norderstedt Mitte und Elmshorn. In den nächsten Jahren wird die S-Bahn Hamburg von Hamburg-Eidelstedt bis nach Kaltenkirchen über die AKN-Strecken verlängert. Die Ausweitung der S-Bahn setzt unter anderem die Elektrifizierung der Strecke, den fast vollständigen zweigleisigen Ausbau und die Verlängerung der Bahnsteige voraus. Zur Durchführung der Ausbauten sind abschnittsweise Sperrungen der Strecke infolge der Bauzustände erforderlich.

SMA hat für die verschiedenen Bauzustände Fahrplankonzepte entwickelt. Die Fahrplankonzepte berücksichtigen geänderte Linienführungen, so dass trotz der Bauzustände für einen Grossteil der Fahrgäste umsteigearme Verbindungen möglich sind. Für die abgestimmten Fahrplankonzepte haben wir 24-h-Fahrpläne entwickelt, welche mit den Planern des SEV abgestimmt wurden.

Um auch während der Bauzustände ein möglichst nachfragegerechtes Angebot anbieten zu können, wurde eine vereinfachte Potenzialabschätzung durchgeführt. Die Potenzialabschätzung erfolgte in einem iterativen Prozess mit der Fahrplankonzeption und war Grundlage für die Bestimmung der erforderlichen Taktfrequenzen und Fahrzeugkonfigurationen.

Die erarbeiteten Fahrplankonzepte haben zur Entscheidung beigetragen, dass ab der zweiten Bauphase im Sommer 2023 insbesondere die Linienänderungen umgesetzt werden.



DB Netz AG, Regionalbereich Süd (im Auftrag des Freistaates Bayern und der bayerischen Eisenbahngesellschaft mbH): Erarbeitung der betrieblichen Aufgabenstellung für die Einrichtung eines Pendelverkehrs auf dem Münchner Nordring

Der Münchner Norden ist von einem deutlichen Einwohner- und Arbeitsplatzwachstum geprägt. Dies erfordert eine adäquate Erschliessung mit dem öffentlichen Personennahverkehr, wodurch die Nutzung des heute ausschliesslich für den Güterverkehr genutzten Nordrings für den Personenverkehr ins Blickfeld rückt. Die verkehrlichen Anforderungen



des SPNV-Aufgabenträgers für eine Erschliessung des Nordrings von der westlichen Seite sind bereits in einer verkehrlichen Aufgabenstellung (VAST) definiert. Hinzukommen die verkehrlichen Anforderungen für den zukünftigen Güterverkehr entsprechend des Deutschlandtakts inkl. einer Erhöhung des Anteils von langen Güterzügen. Zielstellung ist die Einrichtung eines Pendelverkehrs aus Karlsfeld und/oder München-Moosach bis zum Forschungs- und Innovationszentrums (FIZ) von BMW in München-Milbertshofen mit möglicher Verlängerung bis zum Euro-Industriepark (EIP) in München-Freimann.

Hierfür sind im Rahmen der betrieblichen Aufgabenstellung (BAST) die betrieblichen und infrastrukturellen Anforderungen zu definieren. Gemeinsam mit der DB Netz AG erarbeitet SMA zielführende und aufwärtskompatible Infrastrukturvarianten zur Einrichtung des genannten Pendelverkehrs unter Beachtung der zu erwartenden Investitionen im Rahmen der durchgeführten Grobkostenschätzung. Die Infrastrukturvarianten werden iterativ mittels einer eisenbahnbetriebswissenschaftlichen Untersuchung (EBWU) hinsichtlich der zu erwartenden Betriebsqualität untersucht. Abschliessend erfolgt die textliche Ausarbeitung der gewonnenen Erkenntnisse in der BAST. Diese stellt die Grundlage für die weitere, detaillierte Ausgestaltung der Infrastruktur in den späteren Leistungsphasen sowie für die Kommunikation mit dem SPNV-Aufgabenträger dar.



Verkehrsverbund Berlin-Brandenburg GmbH/Spreepplan Verkehr: INTERREG-Projekt RailBLu (Verbesserung des grenzüberschreitenden SPNV zwischen Brandenburg und der Woiwodschaft Lubuskie) Auf den Schienenstrecken zwischen dem Bundesland Brandenburg in Deutschland und der Woiwodschaft Lubuskie in Polen besteht heute im SPNV nur ein begrenztes Angebot mit wenigen Zugpaaren am Tag.

Im Rahmen dieses Projekts hat SMA in Abstimmung mit allen Projektbeteiligten neue Fahrplankonzepte für die grenzüberschreitenden Verkehre entwickelt. Dabei wurden nicht nur die direkten grenzüberschreitenden Linien betrachtet, sondern auch Binnenverkehre vor allem in Polen neu geplant, um eine möglichst gute Vernetzung mit kurzen Umsteigezeiten in den Anschlussknoten zu erreichen. Als infrastrukturelle Grundlage wurden die bereits geplanten Ausbauten unterstellt und, falls erforderlich, Infrastrukturbedarfe fahrplanbasiert abgeleitet.

Die Firma Spreepplan Verkehr hat die entwickelten Fahrplankonzepte aus Nachfragesicht bewertet und so die Grundlage für die Festlegung von Vorzugsvarianten gelegt. Das Projekt hat in Zusammenarbeit mit allen Projektbeteiligten ein Zielvision entwickelt, welche in weiteren Schritten durch die Ausplanung von Etappierungsstufen weiter vertieft werden muss.



Rhein-Main Verkehrsverbund: Rahmenvertrag Weiterentwicklung Fahrplan Das Rhein-Main-Gebiet ist einer der grössten Ballungsräume in Europa und weist vor allem im Zulauf auf Frankfurt am Main besonders hohe Nachfragewerte auf. SMA berät den Rhein-Main-Verkehrsverbund (RMV) als zuständigen Aufgabenträger bereits seit vielen Jahren bei der Weiterentwicklung des Integralen Taktfahrplans.

In den nächsten Jahren bzw. Jahrzehnten werden im Gebiet des RMV mehrere bedeutende Infrastrukturmassnahmen im Schienennetz fertiggestellt. Damit ist eine umfangreiche Anpassung und Erweiterung des Leistungsangebots im SPNV verbunden. Diese Angebotsausweitungen sind durch SPNV-Neubaustrecken (z.B. Regionaltagente West), aber auch durch SPNV-Neubaustrecken (z.B. NBS Hanau – Fulda) möglich, da dadurch neue Kapazitäten für den SPNV auf den Bestandsstrecken frei werden. Darüber hinaus sind die Angebotskonzepte aus dem Deutschlandtakt zu berücksichtigen. SMA hat für die beabsichtigte, stufenweise Infrastrukturentwicklung die jeweils erforderlichen und möglichen Anpassungen des Angebotskonzepts untersucht und in Konzeptfahrplänen und Mengengerüsten zusammenfassend für das Verbundgebiet dargestellt.

Die Beratung des RMV wird auch im Jahr 2023 fortgesetzt.



Besteller und Betreiber: Unterstützung im Rahmen von SPNV-Wettbewerbsverfahren

Die richtige Unterstützung bei Wettbewerbsverfahren im SPNV sichert auf Seiten des Ausschreibenden eine erfolgreiche Vergabestrategie und auf Seiten des Bewerbers die Konzeption der besten Angebote. Die Unterstützung bezieht sich auf verschiedene Aspekte des Wettbewerbsprozesses und umfasst beispielsweise die Fahrplanoptimierung, die Fahrzeugumlaufplanung oder die Ausgestaltung von Werkstattstandorten.

Die Fahrplangestaltung und -optimierung ist ein wichtiger Bestandteil der Unterstützung bei Wettbewerbsverfahren im SPNV. Hierbei entwickelt SMA die Fahrpläne gemäss den Anforderungen des Ausschreibenden oder überprüft in laufenden Verfahren die Fahrplanunterlagen auf Optimierungsmöglichkeiten.

Eine weitere wichtige Unterstützungsleistung ist die Fahrzeugumlaufplanung. Hierbei geht es darum, die richtigen Fahrzeugtypen und die passende Anzahl an Fahrzeugen zur Verfügung zu stellen, um den Fahrplan optimal umzusetzen. So sind die richtigen Fahrzeugtypen auszuwählen, um sowohl eine angemessene Kapazität als auch ein wirtschaftlich optimales Konzept zu sicherzustellen.

Die Werkstattstandort-Planung ist ein weiterer Aspekt der Unterstützungsleistungen. Dabei sind die idealen Standorte für Werkstätten zu identifizieren, um die Instandhaltungsarbeiten schnell und effizient durchführen zu können. Es ist wichtig, die Werkstattstandorte so zu planen, dass sie den Anforderungen des Betriebs entsprechen und gleichzeitig einfach zu erreichen sind.

SMA arbeitet seit über 15 Jahren in diesem Bereich und hat eine umfangreiche Erfahrung in der Unterstützung bei Wettbewerbsverfahren im SPNV. Wir bieten eine Vielzahl von Dienstleistungen an, um entweder auf Seiten des Ausschreibenden oder auf Seiten des Bewerbers tätig zu sein.

FRANKREICH



SNCF Réseau: Machbarkeitsstudie für ein Metropolitan Express Network von Lille

Im Rahmen der Entwicklung eines metropolitanen Expressnetzes (SEM) in der Region von Lille beauftragte die Territorialdirektion Hauts-de-France von SNCF Réseau im Rahmen eines Multi-Partner-Prozesses, an dem der Staat, die Region Hauts-de-France und die Metropole Lille beteiligt sind, SMA mit der Festlegung eines Zielfahrplans und der dazu erforderlichen Infrastrukturen. Dieser Zielfahrplan soll die von institutionellen Partnern der Studie festgelegte Bedienung erfüllen.

Für die Neubaustrecke des Réseau Express Hauts-de-France (REHF) haben wir mehrere Bedienungsszenarien untersucht und mit mehreren Varianten der Trassenführung kombiniert. Das REHF soll auf der Achse Lille–Douai/Lens und im Bahnhof Lille-Flandres Streckenkapazität freisetzen, um das Ziel einer Bedienung im Viertelstundentakt für Regional- und Schnellzüge auf den meisten Ästen des Eisenbahnsystems von Lille zu erreichen. Für jedes Szenario und jede Variante erstellten wir in Viriato ein systematisches 2-Stunden-Raster-Fahrplanmodell und definierten die dazu notwendige Infrastruktur, insbesondere im Zusammenhang mit den erforderlichen Ausbauten auf dem Réseau Ferré National.

Für REHF-Szenarien und Trassenvarianten erfolgte ein Vergleich mit einer Multikriterienanalyse, die Indikatoren zur Lesbarkeit des Angebots, zur Fahrzeit und zur Sättigung des Netzes enthielt. Diese Indikatoren erlaubten es, die verschiedenen Fahrplanmodelle differenziert zu betrachten und ein Erschliessungsszenario sowie zwei Trassenvarianten auszuwählen, die in einer späteren Phase der Studie vertieft zu untersuchen sind.



Eurométropole de Strasbourg: Leitbild und Benchmark langfristige Vision

Die Eurométropole Strasbourg (EMS) und die Region Grand Est haben im Dezember 2022 eine erste Etappe des Réseau ferroviaire Express Métropolitain (REME) eingerichtet. Die Partner wünschen sich eine strategische Vision für die Entwicklung der nächsten Etappen dieses Netzes. In diesem Zusammenhang wurde SMA von der EMS mit zwei Themen beauftragt: der Erstellung des Masterplans und der Durchführung eines Benchmarks, in dem mehrere Eisenbahnknoten in Europa verglichen werden.

Ziel des Masterplans ist es, die verschiedenen von der EMS durchgeführten Arbeiten in eine Perspektive zu setzen, um einen multimodalen Masterplan für den Fernverkehr vorzuschlagen. Der Masterplan definiert ein optimiertes Fernverkehrsnetz, das aus Eisenbahnlinien und verschiedenen Strassenstrecken besteht, wobei die Komplementarität zwischen diesen Schienen- und Strassenstrecken gewährleistet werden soll. Weiter schlägt der Masterplan ein homogenes und kohärentes Angebotsniveau für das Gebiet vor und identifiziert die für die Realisierung dieses integrierten Angebots erforderlichen Infrastrukturausbauten.

Die Arbeit konzentrierte sich hauptsächlich auf den Masterplan für den Fernbusverkehr. Nach der Durchführung einer Diagnose erfolgte in Zusammenarbeit mit den Partnern die Ausarbeitung des Angebotskonzepts in mehreren Iterationen für die verschiedenen

Komponenten des Netzes. Schliesslich wurde das Konzept unter dem Gesichtspunkt der Nachfrage mithilfe des EMS-Modells bewertet und ein Zeitplan für seine schrittweise Umsetzung aufgestellt.

Für den Benchmark haben wir fünf europäische Eisenbahnknoten ausgewählt, die mit dem Strassburger Kontext vergleichbar sind, basierend auf den demografischen Merkmalen des Ballungsraums und der Konfiguration der Eisenbahnnetze. Die ausgewählten Knoten wurden eingehend analysiert, um die grundlegenden Elemente der S-Bahn-Systeme hervorzuheben, ihre Funktionsweise zu beschreiben und Indikatoren aufzulisten, die die Merkmale der Knoten, die Angebotsstruktur, den Betrieb und die Integration mit anderen öffentlichen Verkehrssystemen abdecken. Die wichtigsten Entwicklungsschritte dieser Knoten haben wir aufgezeigt, um die vorgenommenen strukturellen Änderungen, die damit verbundenen Funktionen und die wiederkehrenden Elemente zu identifizieren. Weiter erfolgte eine Sammlung von Erkenntnissen über das Angebot, den Bahnbetrieb, die Infrastruktur und die multimodale Integration sowie die Formulierung von Empfehlungen für den Fall Strassburg.



SNCF Voyageurs: Simulation Tram-Train Nantes–Châteaubriant SNCF Voyageurs beauftragte SMA mit der Überprüfung der Robustheit eines geplanten Betriebskonzepts auf der TramTrain-Linie Nantes–Châteaubriant.

SMA hat in Viriato die Infrastruktur und den Referenzfahrplan Nantes–Châteaubriant sowie einen Zielfahrplan unter Berücksichtigung der von TER projektierten Fahrzeugumläufe modelliert. Die geplanten Angebotskonzepte wurden zunächst statisch überprüft und einige Empfehlungen ausgesprochen, um die betriebliche Durchführbarkeit auf der Strecke und in den Bahnhöfen zu gewährleisten. Anschliessend haben wir diese Fahrpläne mittels Verwendung der Algorithmen-Plattform von Viriato einer Reihe von stochastischen Robustheitstests unterzogen, um die Stabilität der beiden getesteten Konzepte zu bewerten und sie zu vergleichen. Das Verspätungsmodell wurde anhand von realen Daten kalibriert. Mit diesen Robustheitstests konnten wir den Nachweis erbringen, dass die Stabilität des Fahrplans trotz der auf der Achse geplanten Ausweitung des Angebots weiterhin gut war.

SMA hat darüber hinaus ein methodisches Lehrmittel im Videoformat produziert, um das verwendete Werkzeug und seine potenziellen Verwendungsmöglichkeiten im Rahmen der Bewertung von neuen Bahnangeboten vorzustellen.



Corbeil-Essonnes: Studie für direkte Verbindungen zwischen dem Knoten Corbeil und Paris Seit Einführung des Jahresfahrplans 2019 und der «Metroisierung» des RER D verfügt der Knoten Corbeil-Essonnes nicht mehr über schnelle Züge nach Paris: Die Regionalzüge brauchen mehr als 40 Minuten von Corbeil bis Paris und Reisende aus den Ästen Malesherbes, Littoral und La Vallée müssen für die Fahrt nach Paris umsteigen.

Die Gemeinden Ballancourt-sur-Essonne, Étiolles, Le Malesherbois, Ris-Orangis, Soisy-sur-Seine und Corbeil-Essonnes schlossen sich zusammen und beauftragten SMA



mit der Untersuchung von Strategien zur Wiederherstellung von umsteigefreien Verbindungen von La Vallée oder Malesherbes nach Paris und einer Verbesserung der Anbindung des Knotens Corbeil, ohne die Servicequalität auf den anderen Ästen des RER D zu verschlechtern.

Die Studie erfolgte in drei Schritten. Der erste Schritt bestand darin, eine vertaktete Verbindung zu entwickeln, die das derzeitige Angebot in den Nebenzeiten ersetzt. Anschliessend untersuchte SMA systematisch alle Möglichkeiten, neue Züge zwischen zwei bereits verkehrenden Zügen während der HVZ einzufügen. Auf dieser Grundlage schlagen wir ein Konzept mit einer neuen Linie S vor, die in der Nebenverkehrszeit um die vertakteten Züge Gare de Lyon - Juvisy - Malesherbes und Gare de Lyon - Juvisy - Melun herum strukturiert ist und in der HVZ durch weniger vertaktete Züge ergänzt wird.

Wir konnten aufzeigen, dass es möglich ist, eine neue Linie S ohne Änderungen an der Infrastruktur und vorbehaltlich marginaler Änderungen des aktuellen Fahrplans einzuführen. Die Inbetriebnahme dieser neuen Verbindung würde für Corbeil-Essonnes, der zweitgrössten Stadt des Departements, eine schnelle 30-Minuten-Verbindung nach Paris bringen. Auf der Grundlage der Studie konnten die Gemeinden im Süden des Departements Essonne den Austausch mit Île-de-France Mobilités wiederaufnehmen mit dem Ziel, diese Verbindungen einzurichten.



SNCF Réseau: Audit des nationalen Schienennetzes – Teilbereich Kapazität SMA hat im Rahmen des von SNCF Réseau in Auftrag gegebenen Netzaudits mehrere Analysen für den Teil Kapazität durchgeführt, die folgende Ziele haben:

- Einen Benchmark über die Zuweisung von Kapazitäten, einschliesslich Trassen und Bauarbeiten, durchzuführen mit dem Ziel
 - Gute Praktiken zu identifizieren, die von den europäischen Infrastrukturbetreibern (EIU) angewandt werden und
 - Die Situation von SNCF Réseau im Vergleich zu seinen europäischen Nachbarn in Bezug auf das Kapazitätsmanagement zu bestimmen
- Den Ansatz von Betrieb/Infrastruktur zu analysieren und Vorteile und Verbesserungsmöglichkeiten zu identifizieren
- Die Risiken zu analysieren, die mit dem Wunsch nach einer Erhöhung des Trassenangebots bei gleichzeitiger Einschränkung durch Bauarbeiten verbunden sind
- Lösungsansätze vorzuschlagen, um Betrieb und Bauarbeiten besser miteinander zu vereinbaren.

Die Prüfung hat die Vorteile des schrittweise eingeführten Konzepts Betrieb/Infrastruktur hervorgehoben und gezeigt, dass es den bewährten Verfahren anderer europäischer EIU folgt, insbesondere derjenigen, die von einer Institutionalisierung aus der Praxis profitieren, um die Legitimität der erstellten Fahrpläne zu gewährleisten. Die Intensität der Bauarbeiten, die zwecks Erneuerung und Ausbau der Infrastruktur unabdingbar sind, ist jedoch ein Faktor, der die Kapazitäten stark reduziert. Sie beeinträchtigt die Fähigkeit von SNCF Réseau,

ihre Ziele für den Ausbau des Angebots zu erreichen, insbesondere auf dem Gebiet der Metropolitan Express Networks und auf den Güterverkehrskorridoren. In Verbindung mit den bei den benachbarten EIU ermittelten Praktiken hat SMA mehrere Verbesserungsmöglichkeiten vorgeschlagen, um die notwendige Zunahme der Erneuerungs- und Instandhaltungsarbeiten und den Betrieb miteinander in Einklang zu bringen:

- Die Organisation der laufenden Instandhaltung der Infrastruktur als Priorität für die Entwicklung von S-Bahn-Angeboten
- Die mehrjährige Planung von Bauarbeiten unter Berücksichtigung der kapazitiven Auswirkungen
- Eine Bauplanung, die die Anzahl der möglichen Varianten innerhalb eines Jahresfahrplans begrenzt und damit die Erstellung von Fahrplänen erleichtert.



SNCF Réseau: Studie zur Erweiterung des Güterbahnhofs von Le Boulou Die Entwicklungsaussichten der Rollenden Landstrasse von Le Boulou nach Norden und aus Spanien veranlassen den französischen Staat, eine Erweiterung der Kapazitäten dieses Güterbahnhofs ins Auge zu fassen. Ziel der sich in der Entstehungsphase befindlichen Studie unter der Leitung von SNCF Réseau ist die Bewertung der Konsistenz und der Bedingungen für die Nutzbarkeit der geplanten Ausbauten (u.a. ein Anschluss an die Neubaustrecke Perpignan–Figueras (LFP)) und der damit verbundenen Risiken.

Nach einer Diagnose der aktuellen und zukünftigen Nutzung des Geländes modellierte SMA in Viriato den Verkehr für den Referenz- und den Zielzustand auf dem Areal des Bahnhofs und seinen Anschlüssen zum Réseau Ferré National (RFN) und der LFP für einen Standardwerktag in verschiedenen Varianten seiner Ausgestaltung.

Alle Zugfahrten im Bahnhofskomplex wurden detailliert beschrieben und in Grafiken die Belegung des RFN-Gleisbündels im Bahnhof sowie der Verloader auf dem Gelände dargestellt. Auf diese Weise liess sich aus der Betriebsanalyse unter Berücksichtigung der Rangierfahrten der Bedarf an notwendiger Infrastruktur ermitteln. Eine Multikriterienanalyse, die unter anderem die Erreichung der Bedienungsziele, die Sättigung des Standorts, die Kosten und die Umweltauswirkungen einbezog, ermöglichte den Ausschluss bestimmter Standortvarianten für die Vorstudie.



SNCF Réseau: Unterstützung strategischer Fahrplan 2030 Um den Erwartungen seiner aktuellen und zukünftigen Kunden gerecht zu werden sowie das Netz zu modernisieren und «unter rollendem Rad» auszubauen, führt SNCF Réseau eine Fahrplan- und Infrastrukturplanung für den Zeithorizont 2030 mit Zwischenetappen ein. Sie umfassen alle Elemente, die kommerziellen Trassen für den Personen- und Güterverkehr, die Unterhalts- und Bauphasen sowie die Komponenten, welche die Robustheit auf der Strecke und in den strukturierenden Knoten betreffen. Sie werden für zwei Zeithorizonte, +5 Jahre (Plan d'exploitation de référence PER) und +10 Jahre (Plan d'exploitation émergeant PEE), für ganz Frankreich ausgearbeitet und im Rahmen der staatlichen Gremien für Betrieb und

Infrastruktur diskutiert. In diesem Zusammenhang hat SNCF Réseau SMA beauftragt, sie bei der Erstellung der zwei- und 24-Stunden-Fahrpläne für die Regionen Grand-Est und Hauts-de-France mit nachfolgender Zielstellung zu unterstützen:

- Einbezug der neuesten Hypothesen im systematischen 2-Stunden-Raster im Zusammenhang mit der Verlängerung der RER E über eine neue, unterirdische Infrastruktur nach Westen und Überprüfung ihrer Kompatibilität mit dem Rest des Grand-Est-Perimeters für die verschiedenen betrachteten Zeithorizonte
- Erstellung eines 24-Stunden-Fahrplans für den Personenverkehr Grand-Est für die verschiedenen betrachteten Zeithorizonte durch eine konfliktfreie Einplanung der Linien in Viriato, welche den Zielen der Akteure entsprechen
- Erstellung eines 24-Stunden-Fahrplans im Güterverkehr für die verschiedenen Zeithorizonte unter Einbeziehung der Einschränkungen für Bauarbeiten, mit dem Ziel der Ermittlung einer maximal verfügbare Kapazität für den Güterverkehr, eines Vergleichs der Annahmen für das Verkehrsaufkommen sowie einer Bewertung der Auswirkungen von Anpassungen bei den Bauarbeiten
- Begleitung der Generaldirektion für Betrieb (DGEX) von SNCF Réseau im Rahmen der Betriebsplattformen Grand-Est, bei denen es sich um eine interne Instanz von SNCF Réseau handelt, welche die Elemente für die zukünftigen Betriebs- und Infrastrukturplattformen vorbereiten soll
- Begleitung der DGEX bei der Untersuchung und Abstimmung der Interaktionen mit dem deutschen Infrastrukturbetreiber DB Netz bezüglich der grenzüberschreitenden Hochgeschwindigkeitstrassen
- Begleitung der DGEX und der Territorialdirektion Bourgogne-Franche-Comté bei der Aktualisierung der sozioökonomischen Projektstudien für die 2. Etappe des HGV Rhein-Rhône, indem diese in die PER und PEE integriert werden und Varianten der Verkehrsangebots auf den Achsen Lyon - Strassburg und Paris - Zürich untersucht werden.



Region Nouvelle-Aquitaine: Studien zum Angebotskonzept und zum Bedarf an

Rollmaterial Die Region Nouvelle-Aquitaine möchte ihr Schienenverkehrsangebot im gesamten Gebiet weiterentwickeln, mit dem Schwerpunkt der Entwicklung eines S-Bahn-Netzes rund um Bordeaux in Zusammenarbeit mit Bordeaux Métropole. Diese Entwicklung ist die Antwort auf den starken Anstieg der Nachfrage sowie die neuen Mobilitätsbedürfnisse nach der Pandemie und Voraussetzung für zukünftige Verträge für Verkehrsleistungen.

Mit dieser Zielstellung hat die Region SMA beauftragt, jährliche Angebotsszenarien bis 2030 zu erstellen, um den Entwicklungsbedarf der Fahrzeugflotte zu bestimmen, und zwar aus einer mehrfachen Perspektive von Erneuerung, Modernisierung, Dekarbonisierung der Flotte sowie ihrer Zuordnung zu den verschiedenen geografischen Sektoren. Mehrere Sätze von Parametern haben wir in kontrastierenden Szenarien getestet. Besondere Aufmerksamkeit galt den Anforderungen des Metropolnetzes von Bordeaux und den verschiedenen Szenarien für eine koordinierte Entwicklung von Fahrzeugen und Infrastruktur. Speziell untersucht haben wir auch mögliche Strategien für die Beschaffung und den

Einsatz von Fahrzeugen im Hinblick auf die Ausmusterung der ältesten Triebwagenserie. Abschliessend haben wir eine Analyse des aktuellen Marktes für Regionalverkehrsfahrzeuge erstellt, um die wesentlichen Merkmale des zu beschaffenden Materials zu bestimmen und den entsprechenden Fahrzeugpark zu dimensionieren.

NIEDERLANDE



Provinz Drenthe: Angebotsentwicklung Emmen – Rheine Die Strecke der Bentheimer Eisenbahn wurde auf ihrem Südabschnitt zwischen Bad Bentheim und Neuenhaus im Jahr 2019 für den Personenverkehr reaktiviert. Die Verlängerung auf der weiteren Bahnstrecke bis Coevorden ist geplant und wurde in einigen Studien bereits untersucht. Für eine Durchbindung in die Niederlande und den Anschluss an das ProRail-Netz in Coevorden erfolgten bisher noch keine vertieften Untersuchungen.

Ziel des Projektes ist es, einen gemeinsam getragenen, integralen Fahrplan als Ausgangspunkt für die weiteren Planungen zu erstellen. Dazu sind die nationalen Entwicklungen in den Niederlanden und Deutschland auf die vorgeschlagene Angebotsentwicklung zwischen Coevorden und Bad Bentheim dargestellt und eventuelle Konflikte oder Abhängigkeiten identifiziert worden.

Auf Basis einer definierten Ausgangslage (Rollmaterial, Geschwindigkeiten, regionales Angebot in den Niederlanden) erfolgte eine Beurteilung der Machbarkeit des Fahrplans mit Fahrzeitrechnungen und Konflikterkennung für verschiedene Zeithorizonte. Eine zentrale Frage war zudem, ob ein zusätzlicher Halt Euregioweg integrierbar ist bzw. unter welchen Voraussetzungen dieser möglich wäre.

Wegen des dichten Angebots auf der niederländischen Seite steht für die Ankunft und Abfahrt des Zuges im Bahnhof Coevorden nur ein kleines Zeitfenster zur Verfügung. Verschiedene Lösungsansätze zur Machbarkeit haben wir identifiziert, wie Geschwindigkeitserhöhungen, alternative Gleisbelegungen oder Änderungen in der Haltepolitik. Die Umsteigemöglichkeiten in Coevorden wurden bewertet und die neuen Fahrzeiten zwischen verschiedenen Bahnhöfen berechnet.

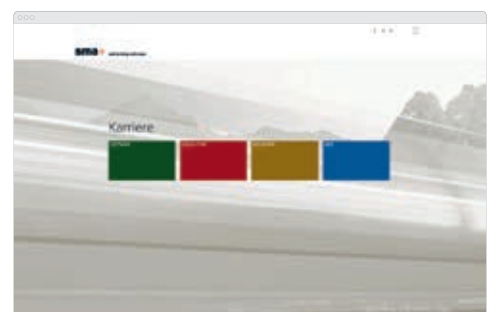
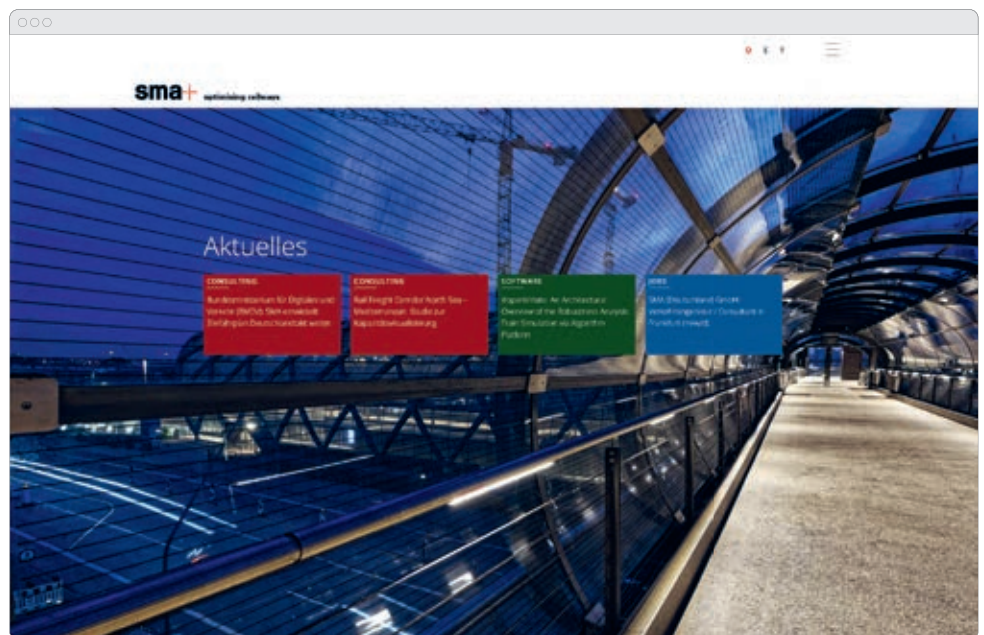


Kommunikation

Neue Website 2022 hat unsere neue Website «Fahrt aufgenommen». Unter dem Motto «Evolution statt Revolution» haben wir unsere Inhalte neu verpackt und im Hintergrund auf eine neue Technik umgesattelt.

Neben einer klaren Struktur innerhalb der beiden Bereiche Consulting und Software mit vielen spannenden Referenzen und Berichten steht das Employer Branding im Fokus.

Schauen Sie vorbei



InnoTrans 2022 Nach vier Jahren Pause öffnete die InnoTrans in Berlin wieder ihre Tore. Über 135'000 Messebesucher aus mehr als 130 Ländern reisten im September nach Berlin, um sich über die neuesten Themen in der Welt der Bahn auszutauschen.

Auch wir waren natürlich dabei und durften auf unserem Stand wieder viele Gäste begrüßen.



Publikationen und Vorträge

Eisenbahntechnische Rundschau April 2022	Taktverdichtung im Bahnverkehr der Schweiz unter Berücksichtigung des Knotenprinzips Michael Frei, Raphael Karrer
Eisenbahntechnische Rundschau Juli/August 2022	Programm «Bahnausbau Region München» nimmt Formen an Bernd Kollberg (Intrapolan Consult GmbH), Michael Frei (SMA), Ralph-Dieter Streble (Schüßler-Plan Ingenieurgesellschaft)
Schweizer Eisenbahn-Revue August/September 2022	Zuerst den Bahnknoten Basel ertüchtigen, dann in variablen Schritten zum Herzstück Christoph Fessler (SBB), Rolf Steinegger (mrs partner AG), Andreas Berchtold (SMA), Vincent Rieder (SBB)
DER NAHVERKEHR Oktober 2022	Weichenerneuerung bei der Münchner U-Bahn Cyrill Baertsch
Technische Universität Darmstadt Deutschland Januar und Februar 2022	Der Deutschlandtakt Marten Maier
École des Ponts ParisTech Paris, Frankreich Januar und Juni 2022	Exploitation des transports ferroviaires et guidés Henri Saïssset, Pascal Joris
École Polytechnique Fédérale de Lausanne Schweiz April 2022	Timetable Saturation in Practice with Methods from Operations Research Lecture in Decision-aid methodologies in transportation Matthias Hellwig
RAILcph Kopenhagen, Dänemark Juni 2022	Operational simulation models for rail systems Frederik Ropelius
Fachtagung Forschung 2022 SVI Basel, Schweiz September 2022	Taktverdichtung in der Schweiz unter Berücksichtigung des Knotenprinzips Raphael Karrer
École des Ponts ParisTech Paris, Frankreich September und Oktober 2022	Analyse et conception des systèmes de transport Henri Saïssset
Persontrafik Stockholm, Schweden Oktober 2022	Kann tågen planeras smartare än idag? En europeisk utblick Frederik Ropelius
Table ronde Cadencement 2012–2022 Alumni du mastère ferroviaire SNCF Campus Étoiles, Frankreich Oktober 2022	Cadencement 2012–2022, 10 ans après: Définitions et concepts Luigi Stähli
Cours Transports publics intégrés Chemins de fer fédéraux suisses Löwenberg, Schweiz November 2022	Principes de conception de l'offre de transports voyageurs Luigi Stähli
Mobilitätstag NRW Düsseldorf, Deutschland Dezember 2022	Das Netz ist das Ziel – der Game-Changer für die Schiene Philipp Schröder (SMA) und Kai Schulte (Kompetenzcenter Integraler Taktfahrplan NRW)

Besuchen Sie uns auf LinkedIn:



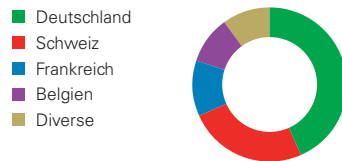
Kennzahlen

Während das Jahr 2021 ein Ausnahmejahr war, was den Verkauf von Lizenzen und den Einsatz von mehr Subunternehmern betraf, entspricht das Jahr 2022 dem Trend des letzten Jahrzehnts, der uns ein stabiles und robustes Wachstum unserer Dienstleistungen ermöglicht, und dies trotz eines immer stärker werdenden CHF (untenstehende Grafik: Bruttoumsatz in CHF). Das Ergebnis für 2022 bestätigt unsere strategischen und markt-spezifischen Entscheidungen, sowohl im Bereich Consulting als auch im Bereich Software.

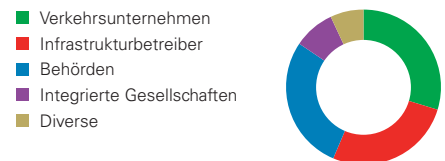
Kennzahlen*	2022	2021
Umsatz brutto (Mio. CHF)	14,2	16,1
Mitarbeitende (Vollzeitstellen)	75	70

*inkl. Tochtergesellschaften

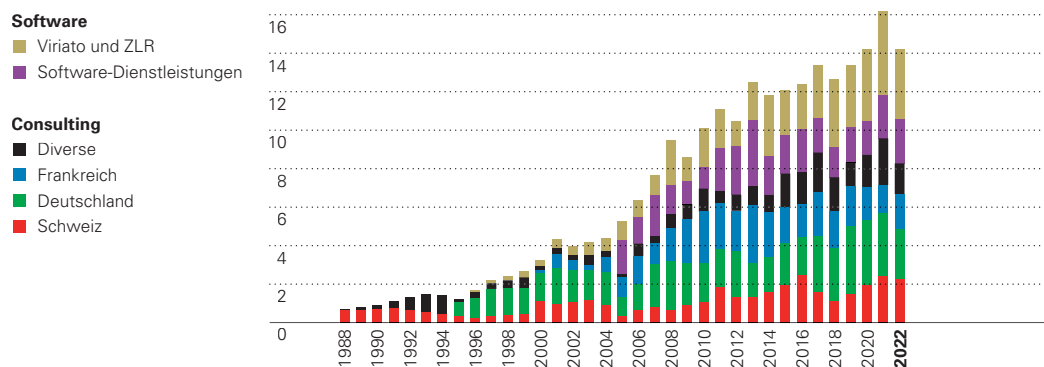
Umsatz nach Ländern



Umsatz nach Auftraggebern



Umsatzentwicklung 1988–2022 (Mio. CHF)



Text und Redaktion

SMA und Partner AG, Zürich

Visuelles Konzept

Eggmann-Design, Grüningen

Druck

Linkgroup, Zürich

Bildernachweis**Umschlag**

Anne Eggmann

Page 19

Oben: Dani Wipf, SMA

Unten: iStockphoto.com

Page 43

Oben: Dani Wipf, SMA

Unten: iStockphoto.com

Alle anderen Fotos

Pixabay.com|Pexels.com

© SMA und Partner AG|Juni 2023

Hauptsitz

SMA und Partner AG
Gubelstrasse 28
8050 Zürich, Schweiz

Niederlassung

SMA et associés SA
Avenue de la Gare 1
1003 Lausanne, Schweiz

Tochtergesellschaften

SMA (Deutschland) GmbH
Hamburger Allee 14
60486 Frankfurt, Deutschland

SMA (France) SAS
45/47 Rue d'Hauteville
75010 Paris, Frankreich

info@sma-partner.com
www.sma-partner.com