

Effizienzsteigerung durch Traffic Management Systeme und Lösungsschritte für die TMS-Implementierung im Bahnsektor

Die Implementierung effizienter Traffic Management Systeme zielt auf eine Steigerung von Kapazität und Betriebsqualität – birgt aber auch zahlreiche Risiken durch hohe Systemkomplexität, eine Vielzahl beteiligter Akteure und erforderliche Anpassungen in den Betriebsprozessen. Dieser Artikel wirft einen Blick auf mögliche Lösungsansätze, um diesen Herausforderungen zu begegnen.



1. Verkehrsmanagementsysteme im Gesamtkontext, Bedarf und aktuelle Trends

Der europäische Schienenverkehr steht sowohl im Güter- als auch im Personenverkehr vor großen Herausforderungen. In der Nachhaltigkeitsstrategie des deutschen Umweltbundesamtes ist eine klare Verlagerung des Gütertransports auf die Schiene als Ziel festgehalten [1]. Diese Verlagerung soll nach den Verfehlungen der letzten Jahre nun beschleunigt vorangetrieben werden. Auch auf der Seite des Personenverkehrs steigt die Nachfrage nach Beförderungen mit öffentlichen Verkehrsmitteln bei gleichzeitig gesteigerter individueller Mobilität mit Bahnanteil im mittelfristigen Trend (vor Corona-bedingten Effekten) [2]. Durch die steigende Nachfrage ist zukünftig mit mehr Zugfahrten auf bereits hoch ausgelasteten Netzen und dadurch mit mehr Belegungskonflikten zwischen den Zugfahrten zu rechnen. Als Folge ist unter sonst gleichen Bedingungen schließlich eine Abnahme der Betriebsqualität durch vermehrte Folgeverspätungen zu erwarten. Der Rückbau der Schieneninfrastruktur in den letzten Jahrzehnten verschärft dieses Problem [3].

An Lösungen zur Kapazitätssteigerung im Schienennetz wird oftmals die Anforderung gestellt, dass diese ohne große infrastrukturelle Maßnahmen auskommen sollen. Um diesen konträr wirkenden Anforderungen gerecht zu werden, beinhalten die

Digitalisierungsstrategien der Eisenbahninfrastrukturunternehmen (EIU) einiger europäischer Länder die Implementierung eines Traffic Management Systems (TMS), um die Netzkapazitäten dennoch zu erhöhen.

Solche TMS, zu Deutsch „Verkehrsmanagementsysteme“ (nicht zu verwechseln mit innerbetrieblichen Transport Management Systemen, oft ebenfalls als TMS abgekürzt), kommen vielfach bereits im urbanen Öffentlichen Personennahverkehr (ÖPNV) zum Einsatz. Sie sollen Verkehrs- und Umweltbelastungen reduzieren sowie die Effizienz des Verkehrsablaufs verbessern. Dabei werden Daten über Sensoriken erfasst, verarbeitet und letztlich an das Fahrzeug zur Umsetzung weitergegeben [4]. Im ÖPNV kommen dabei sowohl im Straßenverkehr als auch im Schienenverkehr Systeme zur Unterstützung bei dispositiven Entscheidungen zum Einsatz, die unter dem Namen „Rechnergestütztes Betriebsleitsystem“ (RBL) bzw. „Intermodal Transport Control System“ (ITCS) bekannt sind.

In diesem Artikel soll die Implementierung von TMS im Bereich der Vollbahnen unter Gesichtspunkten von Change Management und angestrebten Wirkmechanismen beleuchtet werden.

2. Begriffsdefinition für ein modernes TMS

Für TMS gibt es bisher keine übergeordnete und einheitliche Definition: So spricht etwa



Dipl.-Ing. Andreas Wickmann

Senior Consultant
quattron management consulting GmbH, Frankfurt am Main
andreas.wickmann@quattron.com



Daniel Meurer M. Sc.

Ingenieur bei quattron management consulting GmbH/VIA Consulting & Development GmbH
d.meurer@via-con.de



Henrik Blöcher

Werkstudent bei quattron management consulting GmbH
henrik.bloecher@quattron.com



Dr.-Ing. Thorsten Bükler

Geschäftsführer bei quattron management consulting GmbH/VIA Consulting & Development GmbH
th.bueker@via-con.de

die Deutsche Bahn AG von einem Capacity Traffic Management System (CTMS) als Plattform für die gesamte Prozesskette der Trassenbestellung/Kapazitätsallokation bis

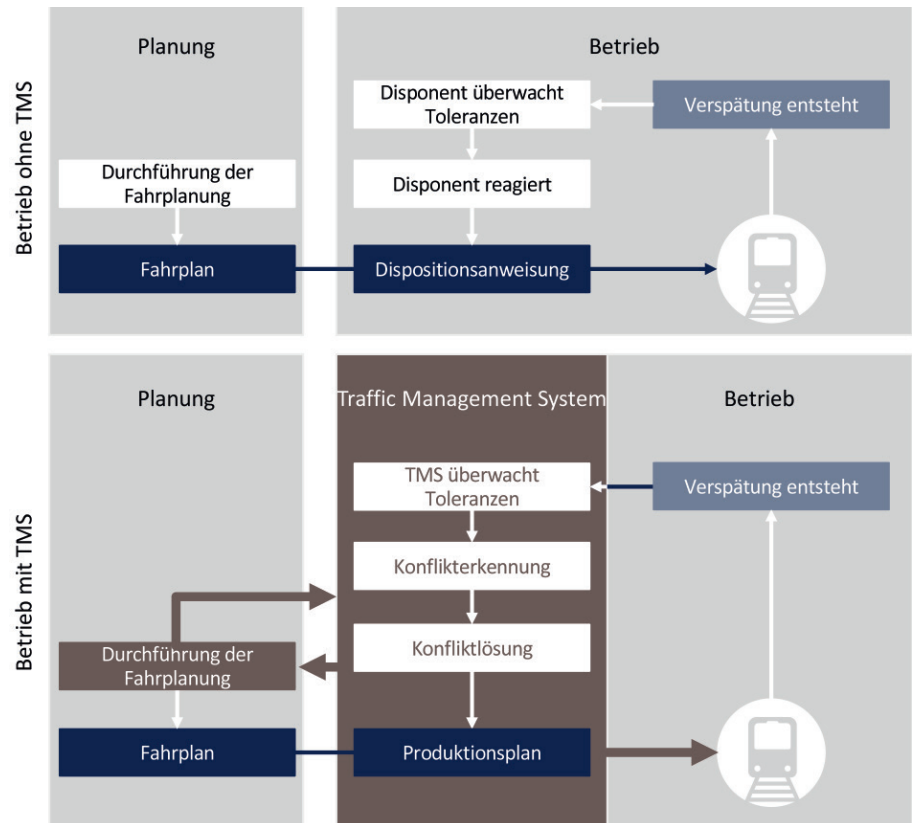
zur algorithmenoptimierten Disposition, während der Schweizer Bahnsektor das TMS als Produktions-Automatisierungs-System zur automatischen Kapazitätsplanung und Produktionsabwicklung beschreibt [5]. In Norwegen führt Bane NOR laut eigenen Angaben „worlds most modern TMS“ ein. Dieses basiert auf dem Produkt ARAMIS und soll die Pünktlichkeit verbessern, sowie Energieeffizienz und Kostenreduzierung optimieren [6, 7]. Infrabel führte 2016 eine Abwandlung des Schweizer RCS als TMS ein, welches Zugbewegungen in Echtzeit überwacht und die Fahrgäste mit Zuglaufinformationen versorgt [8].

Aus Funktionssicht erfolgt in einem TMS die (Echtzeit-)Berechnung der optimalen Zeit-Weg-Linie inkl. Konflikterkennung und Konfliktlösung sowie Integration aller Trassen in ein Fahrplangefüge und die Bereitstellung von Informationen an Personal und Fahrgäste. Es handelt sich um ein nicht sicherheitsrelevantes System, welches neben der Zugsicherungs- und Stellwerksebene angeordnet ist [9]. Ganz wesentlich ist die regelkreisbasierte Verbindung von Planung und Betrieb (vgl. Bild 1) [10]. Anstelle starrer Fahrpläne, welche ggf. durch Dispositionsanweisungen ergänzt werden, treten Produktionspläne, welche in Echtzeit durch die Verknüpfung vorab geplanter Fahrplaninformationen mit der aktuellen Betriebssituation entstehen. Diese werden möglichst durch den Triebfahrzeugführer über Fahrempfehlungen (ATO GoA 1) oder vom Fahrzeug direkt (ab ATO GoA 2) umgesetzt.

An dieser Stelle soll eine möglichst allgemeine Definition von Traffic Management Systemen im Schienenverkehr gegeben werden, aus der sich anschließend ableiten lässt, welche der erforderlichen Fähigkeiten in der heutigen Systemarchitektur nicht geleistet werden:

„Ein TMS hat das Ziel, eine permanente Betriebsoptimierung mit Echtzeitdaten netzweit zu erreichen. Mit dem Einsatz eines TMS wird eine automatisierte (und ggf. bedarfsabhängige) Kapazitätsallokation erzielt und durch flexible Produktionspläne ein dynamisches Kapazitätsmanagement ermöglicht.“

Ein modernes bzw. ideales TMS beinhaltet somit sowohl einen permanenten Informationsaustausch zwischen den Umsystemen als auch eine automatisierte (algorithmienbasierte) Entscheidungsoptimierung in der Disposition und Fahrplanung. Der starre Fahrplan wandelt sich damit zum dynamischen Produktionsplan, der bei großräumiger Disposition ggf.



1: TMS verbindet Planung und Betrieb

Quelle: Eigene Darstellung

eine größere Interaktion zwischen EIU und Eisenbahnverkehrsunternehmen (EVU) erforderlich macht, etwa beim vorzeitigen Brechen von Zugläufen. Die Mensch-Maschine-Schnittstelle in der Disposition wandelt sich zu einem vollautomatisierten, rein maschinellen Kapazitätsmanagement.

Die Funktionen der klassischen Zuglenkung, also das Kommandieren von Fahrstraßen in Abhängigkeit von definierten Bedingungen, werden vom TMS übernommen. Es wird damit auch der Handlungsstrang der „fahrplanbasierten Zuglenkung“ aufgegriffen, die einen Durchgriff der Dispositionssysteme auf die Zuglenkung im Stellwerk ermöglicht [11]. Darüber hinaus kann ein steuernder Durchgriff bis hin zur automatisierten Steuerung des Triebfahrzeugs realisiert werden. Automatic Train Operation (ATO) im Sinne des steuernden Durchgriffs ist immer als Bestandteil eines TMS oder zumindest in Kombination mit diesem zu betrachten.

Voraussetzung sind vielfältige Datensets im Rahmen der Trassenbestellung sowie die permanente Bereitstellung von (Echtzeit-)Daten aus relevanten Systemen für die Produktionsplan-Anpassungen. Notwendig ist ferner ein automatisierter Informationsfluss für die (automatisierte)

Abwicklung der Zugfahrt, da Sprechfunk aufgrund der hohen Informationsdichte nicht ausreichend ist. Dabei vereinen sich statische und dynamische Infrastrukturdaten, wie z.B. Bahnsteiglängen, Gleis-km-Positionen oder z.B. geplante und aktuelle Baumaßnahmen im Netz mit den strecken- und fahrzeugseitigen Fahrtinformationen. Für eine exakte Fahrzeitrechnung ist ein metergenaues Spurplanmodell erforderlich. Über den Echtzeitdatenaustausch werden diese in das TMS zurückgespielt und so der Regelkreis für die (vollautomatisierte) Steuerung geschlossen [12].

Die Konflikterkennung und -lösung läuft unter Berücksichtigung von Anschlüssen, Takten, Bahnsteigwechseln oder weiteren Randbedingungen zyklisch ab [13]. Das

Ein TMS hat das Ziel,
eine permanente Betriebs-
optimierung mit Echtzeitdaten
netzweit zu erreichen.



2: Störungen im Bahnbetrieb führen zu Konflikten, die vom TMS erkannt und gelöst werden und in einem neuen Produktionsplan resultieren

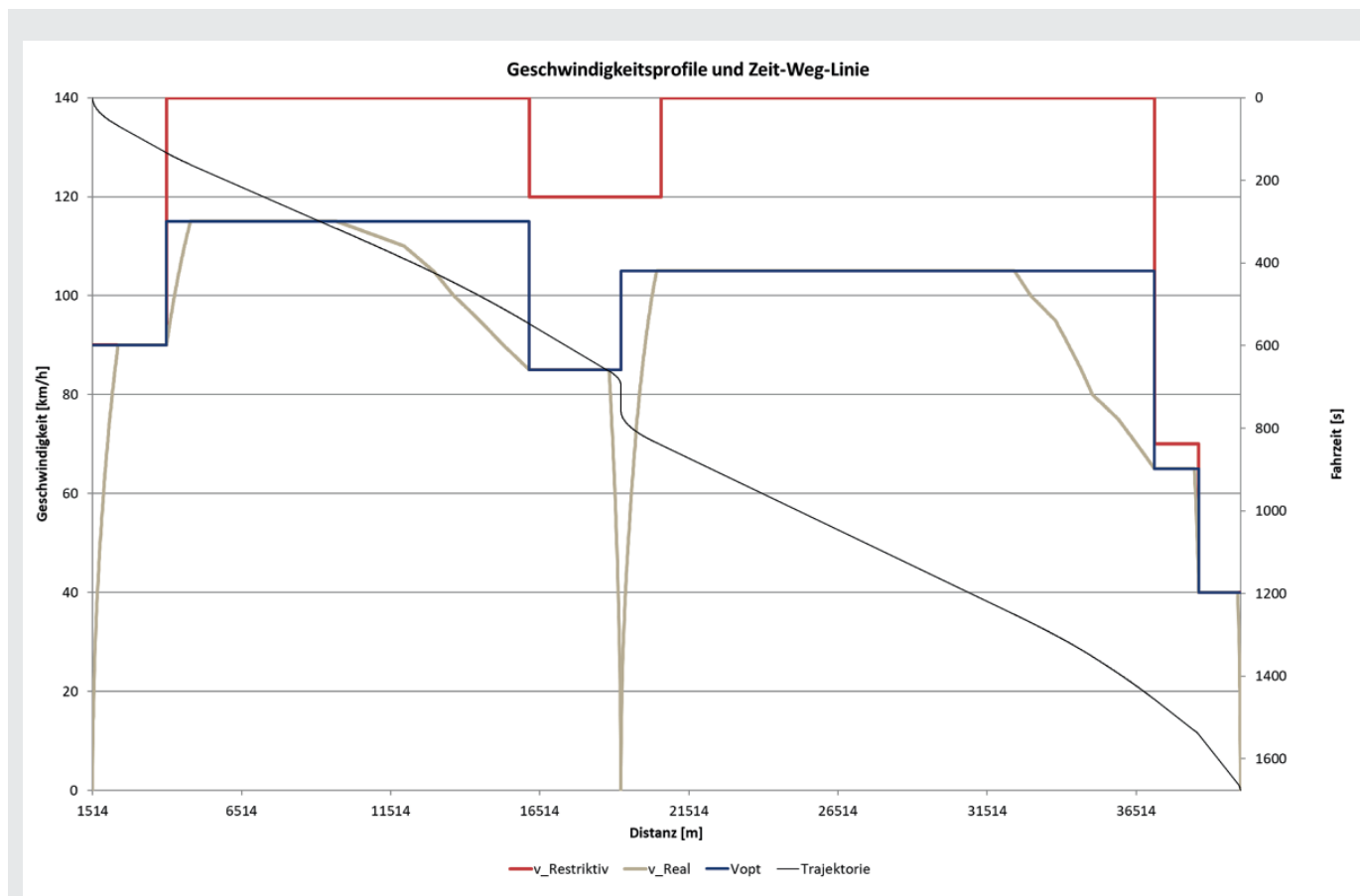
Quelle: Eigene Darstellung

TMS führt eine Konflikterkennung in einem definierten Zeithorizont durch, identifiziert mögliche Konfliktlösungen und prüft diese auf Konfliktfreiheit im weiteren Verlauf, bevor es zu einer Bewertung und Empfehlung einer Konfliktlösung kommt (vgl. Bild 2). Neben heuristischen Verfahren sind dabei auch Optimierungsmodelle denkbar.

Der aus dieser Konfliktlösung resultierende „Schlauch“ (bei ATO-over-ETCS als Journey Profile) gibt die Randbedingungen für die (Energie-)Optimierung der Fahrprofile vor. Ein Beispiel für ein solches Fahrprofil und resultierende Geschwindigkeitsempfehlungen ist in Bild 3 dargestellt. Diese Fahrempfehlungen können dem Triebfahrzeugführer übermittelt oder automatisch umgesetzt werden.

3. Angestrebte Ziele eines TMS

Das TMS soll eine gesamthafte Bewertung von Konfliktlösungen und die vorausschauende Reduktion von Brems- und Beschleunigungsvorgängen ermöglichen. Die Auto-



3: Beispielhafte Berechnung eines optimalen Fahrprofils mit empfohlenen Geschwindigkeiten (blau) unter Berücksichtigung einer restriktiven Geschwindigkeit (rot)

Quelle: Eigene Darstellung

omatisierung der Fahr- und Bremssteuerung (ab GoA 2) führt zum Entfall ergonomischer Zwänge und zu einem über alle Fahrten konstantem Fahrprofil. Ersteres erlaubt leichte Verkürzungen der Mindestzugfolgezeit, Zweiteres eine geringfügige Verringerung von Fahrzeitreserven. Beides kann zur Kapazitätssteigerung genutzt werden. Nachfolgend werden die angestrebten Vorteile durch die Einführung eines TMS qualitativ beschrieben.

Höhere Betriebsqualität

Durch eine hochautomatisierte und integrierte, d.h. Planung und Betrieb verbindende, Kapazitätsallokation soll die Betriebsqualität gesteigert werden. Sobald die Disponenten in den Betrieb eingreifen, Abweichungen von der ursprünglichen oder berechneten Fahrplanlage festgestellt werden, Konflikte prognostiziert werden oder sich Eigenschaften der Zugkomposition ändern (z.B. Verfügbarkeit Fahrmotoren, Störung Türen), ist der Produktionsplan in Echtzeit anzupassen. Gegenüber der manuellen Durchführung kann eine Betrachtung von Konfliktlösungen auch in einem größeren Netzkontext erfolgen. Durch die Automatisierung wird zudem gewährleistet, dass die Güte von Konfliktlösung und resultierender Dispositionsanweisung nicht mehr von der Erfahrung des Disponenten abhängig ist.

Bei identischem Niveau induzierter Störungen resultiert eine bessere Prognose nebst Konflikterkennung, Konfliktlö-

sungen werden bewertet und übertragen. Bei zugleich identischer Größenordnung von Pufferzeiten zwischen den Trassen und Reservezeiten an den Trassen profitiert die Betriebsqualität.

Höhere Effizienz

Durch die Automatisierung zumeist identischer Prozesse in Fahrplanung und Disposition sollen eine Effizienzsteigerung (auch dadurch, dass Disposition dann gegenüber heute häufiger durchgeführt wird) und Kostenreduktion erfolgen [7], was wiederum zu einer Steigerung der Wettbewerbsfähigkeit der Schiene führt. Im Gegensatz zu heute manuell durchgeführten Planungsprozessen können (tagesaktuelle) Restkapazitäten besser ausgeschöpft werden.

Durch die vorausschauende Reduktion von Brems- und Beschleunigungsvorgängen, Vermeidung von häufigem Wiederanfahren und Beschränkung auf die für das Erreichen einer zum aktuellsten Produktionsplan korrespondierenden Sollfahrzeit zwingend notwendige Höchstgeschwindigkeit kann eine Energieeinsparung erzielt werden. In Österreich wird beispielsweise ab 2024 eine Energieeinsparung von 75 GWh erwartet (bezogen auf den gesamten Bahnstromverbrauch der ÖBB im Jahr 2019 von 1893 GWh macht dies einen Anteil von etwa 4% aus) [14, 15]. Gleichmäßigeres Fahren führt zu höherem Komfort und weniger Verschleiß, welches wiederum die notwendigen Investitionen in Unterhalt reduziert.

Höhere Flexibilität

Zusätzlich kann durch das TMS – zumindest auf geschlossenen Systemen – eine nachfrageorientierte Kapazitätsplanung erfolgen, welche eine höhere Flexibilität ermöglicht. Beispiele hierfür wären die Veränderung der Fahrzeugkapazität, die Abwicklung von Bedarfsverkehren, Variation der Trassenpreise oder die kurzfristige Vergabe von Trassen.

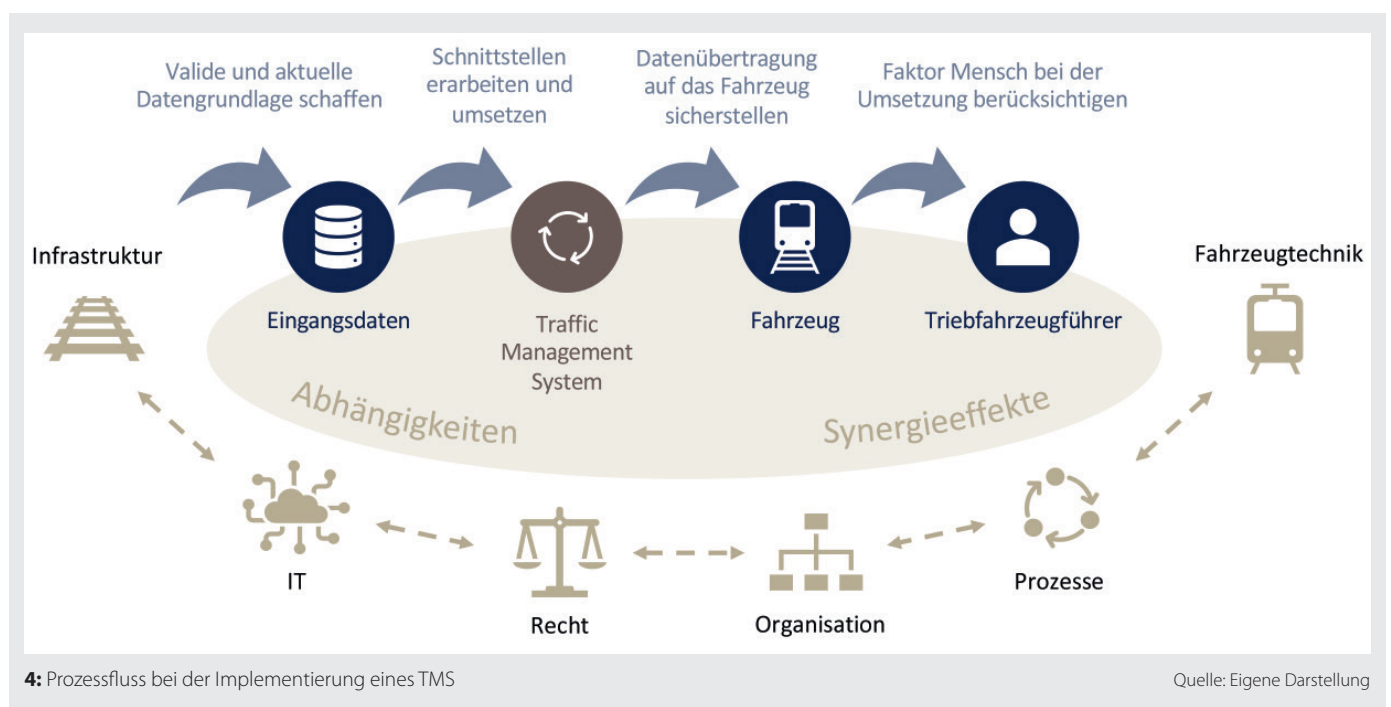
Bessere und durchgängigere Kundeninformation

Die Echtzeit-Informationen über die Zugfahrt lassen sich zudem auch für eine verbesserte Fahrgastinformation nutzen. Hierdurch lassen sich auch für verkehrsträgerübergreifende Lösungen Daten über unterschiedliche Systeme auswerten und nutzen. So können moderne, kundenfokussierte Lösungen aus den TMS-Daten gespeist werden.

4. Herausforderungen bei der Implementierung eines TMS

Das TMS greift in mindestens zwei der drei Kernbereiche (Zielgerechter Infrastrukturausbau, Zuweisung der Fahrwegkapazität, Betriebsführung) eines EIU ein. Um die angestrebten Ziele zu erlangen, ist in der Implementierungsphase auf mehrere Punkte zu achten und eine sorgfältige Anforderungsdefinition durch das EIU durchzuführen.

In Bild 4 ist der Prozessfluss bei Implementierung und Betrieb eines TMS dar-



4: Prozessfluss bei der Implementierung eines TMS

Quelle: Eigene Darstellung

gestellt. Auf der Technologieseite werden Eingriffe in Fahrplanungs- und Dispositionssysteme erforderlich, darüber hinaus ist eine Abstimmung mit der Weiterentwicklung der Leit- und Sicherungstechnik, Lokalisierung oder Datenbereitstellung notwendig. Auch die Datenübertragung ist stets zu berücksichtigen. Die Vielzahl betroffener Um Systeme unterschiedlicher Hersteller und Architekturen macht eine spezifische Analyse der individuellen Situation notwendig, da noch nicht alle Prozesse oder Systeme ausreichend standardisiert sind. Letztlich ist auch der Faktor Mensch zu berücksichtigen, wenn es um den Triebfahrzeugführer geht, an dem die Umsetzung in den Betrieb (Interpretation von Fahrempfehlungen) hängt oder Mitarbeiter in der Disposition, deren Prozesse sich ändern.

Mögliche Unzulänglichkeiten, auftretende Problemstellungen und Lösungsansätze sollen an fünf Beispielen erläutert werden:

1. Grad der Individualisierung bestimmen
2. Lückenlose und korrekte Datenversorgung gewährleisten
3. Erforderliche Schnittstellen herstellen
4. Ganzheitliche Systemvorteile vermitteln
5. Migrationsschritte erarbeiten & Realisierung in Teilkomponenten

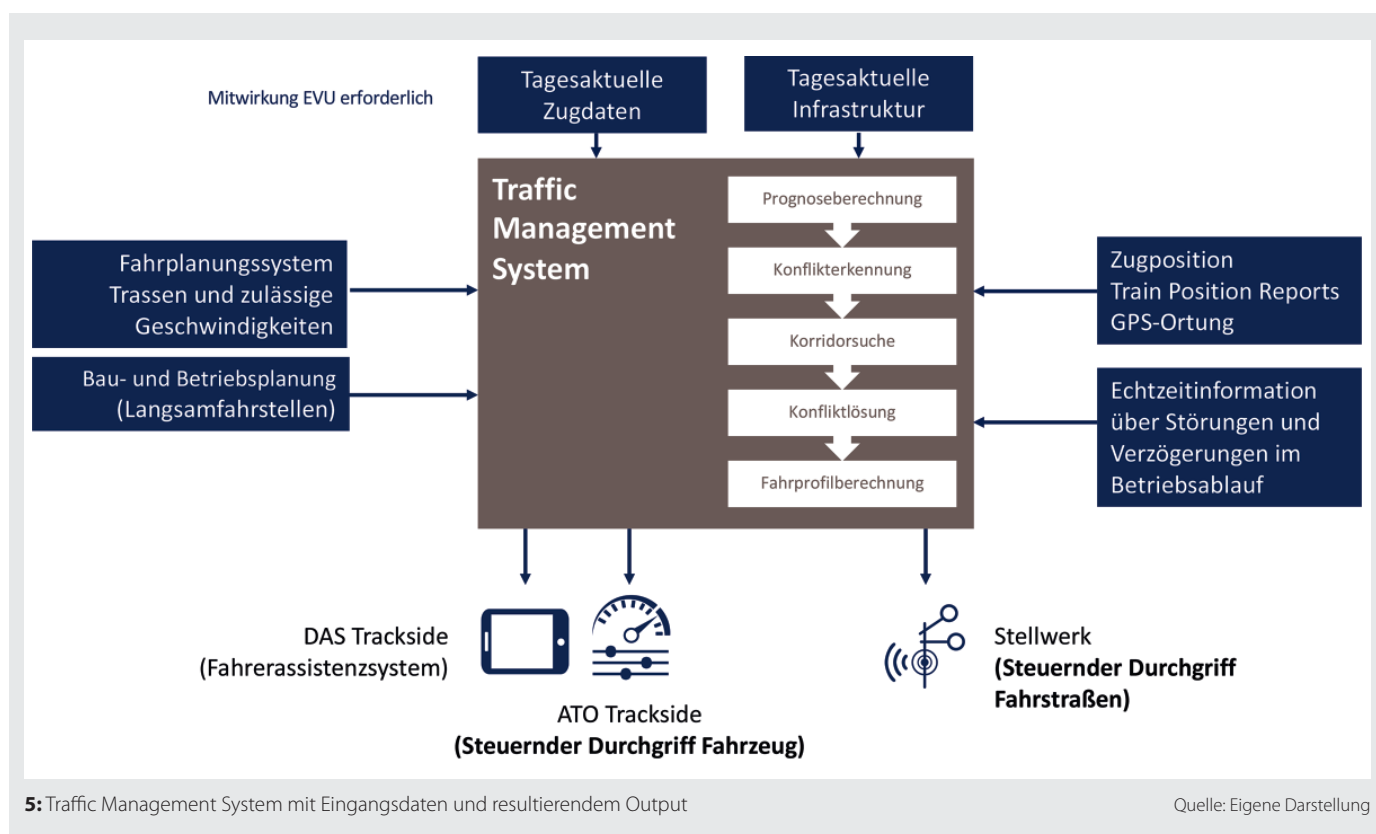
4.1. Grad der Individualisierung bestimmen

Bei der Implementierung eines TMS ist die Adaption auf Prozesse des implementierenden EIU zwingend zu berücksichtigen. Ein TMS lässt sich nicht aus dem Regal kaufen, da jedes EIU eigene Prozesse in der Betriebsführung und zudem Systeme hat, die individuell zu berücksichtigen sind. Daraus folgt, dass das EIU bei der Bestimmung des gewünschten Grades an Individualisierung auch Anpassungen in seinen Betriebsprozessen und Systemen vornehmen muss. Wobei in Abhängigkeit von finanziellem und organisatorischem Aufwand festzulegen ist, inwieweit das EIU diese Anpassungen bei sich vollzieht oder die Software auf seine Bedürfnisse anpassen lässt.

Bedienoberflächen, Bediensysteme und deren zukünftige Funktionalität können sich verändern, sodass eine kontinuierliche Pflege und Weiterentwicklung sinnvoll sind. Bei Adaption des TMS und späterem Betrieb zu berücksichtigen sind auch Auswirkungen auf Kapazität und Veränderungen bei der Fahrplankonstruktion, wenn im Rahmen der perspektivischen Verschmelzung von Fahrplan und Betrieb mit dynamischen statt starren Fahrplänen gearbeitet wird.

4.2. Lückenlose und korrekte Datenversorgung gewährleisten

Jedes System, das Berechnungen ausführt, kann nur so gut arbeiten, wie die Datengrundlage für diese Berechnungen ist. (Dies betrifft selbst Systeme unter Anwendung von künstlicher Intelligenz.) Ungenaue oder gar unvollständige Eingangsdaten führen zwangsläufig zu ungenauen Berechnungen, welche wiederum nicht zur Realisierung aller Vorteile führen. So benötigt das TMS initiale Fahrplandaten, einerseits Daten aus dem Fahrplanungssystem wie Trassen, andererseits aber auch Daten aus der Bau- und Betriebsplanung wie Langsamfahrstellen. Darüber hinaus müssen tagesaktuelle Zug- und Infrastrukturdaten wie die tatsächliche Zugkonfiguration oder Einschränkungen in der Infrastrukturverfügbarkeit zur Verfügung gestellt werden. Dabei weist der Update- und Verschneideprozess der Infrastrukturdaten eine hohe Komplexität auf [16]. Für Echtzeitoptimierung sind auch Ist-Informationen über Störungen und Verzögerungen im Betriebsablauf (z.B. Zugbereitschaft, Fahrzeugstörungen) sowie die über die Besetzungsmeldungen hinausgehende Zugposition (z.B. per GPS-Ortung oder Auswertung



der Train Position Reports), auf deren Basis Fahrzeit-Soll-Ist-Vergleiche durchgeführt werden, notwendig.

Wichtig ist, dass der Datenbestand zum Zeitpunkt der Weiterverarbeitung aktuell, hinreichend genau, vollständig und konsistent ist. Daten in verschiedenen Datenbanken mit verschiedenen Detaillierungsgraden und Aktualisierungsständen, wie es heute oftmals noch der Fall ist, müssen standardisiert, vereinheitlicht und digitalisiert werden. Diese Prozesse haben erhebliche Vorlaufzeiten und Herausforderungen im Detail, die bei der Implementierung zu berücksichtigen sind.

4.3. Erforderliche Schnittstellen herstellen

Das TMS verarbeitet eine Vielzahl an Informationen aus verschiedenen Quellsystemen (vgl. Bild 5). Die Anbindung dieser Quellsysteme erfordert mannigfache Schnittstellen. Stammdaten wie VzG oder Infrastruktureigenschaften werden oftmals nicht im TMS selbst gepflegt, sondern aus einer Infrastruktureigenschaftenbank übernommen. Selbiges gilt für Fahrzeugdaten, die für die Fahrzeitrechnung auch zwingend fahrdynamische Informationen enthalten müssen. Aus vorgelagerten Systemen gelangen auch Fahrplandaten und Langsamfahrstellen über eine weitere Schnittstelle in das TMS. Darüber hinaus ist das RBC für Train Position Reports (sowie ggf. Information über die aktive Zugsicherung) anzubinden sowie das Stellwerk, um Elementzustände abzugreifen.

Signaltechnische Sicherheit wird auf der Ebene der Stellwerke hergestellt. Wenn sich das TMS über Adaption des Lenkplans eine unzulässige Kombination von Fahrstraßen wünscht, verweigert dies die Stellwerkslogik. Im Zielzustand werden die automatisiert ermittelten Konfliktlösungen ohne Prüfung umgesetzt. Dabei geht jedoch auch die Validierung jener Abhängigkeiten verloren, welche heute oftmals manuell geprüft werden (z. B. Lade- maßüberschreitungen, außergewöhnliche Sendungen, Begegnungsverbote). Diese Abhängigkeiten müssten u. U. in das TMS gezogen werden, womit es kein SIL0-System mehr wäre.

Eine Herausforderung besteht auch darin, das TMS technisch an die diversen Schnittstellen anzubinden, wobei sowohl geeignete Datenformate als auch Fragestellungen der Authentifizierung und Autorisierung zu beachten sind. Eine Vielzahl

von Schnittstellen bedeutet auch immer eine Vielzahl von Systemen und betroffenen Organisationseinheiten. So werden Infrastrukturdaten von anderen Akteuren bereitgestellt als Daten aus der Fahrplanung oder Baufahrplanung, wenngleich die Pflegehoheit zumindest innerhalb des EIU liegt. Bei Fahrzeug- oder Positionsdaten dagegen ist auch das Mitwirken der EVU notwendig. Da es sich hier zusätzlich um sich schnell ändernde Daten handelt, ist ein permanenter Informationsaustausch unerlässlich.

Wichtig ist zudem, immer zu berücksichtigen, dass alle Berechnungen, die mit einem TMS durchgeführt werden, auch umgesetzt werden müssen, damit sich die in Kapitel 3 dargestellten Vorteile erzielen lassen. Es sollte auf Aufwärtskompatibilität geachtet werden, sodass der Output aus TMS sowohl für Fahrerassistenzsysteme als auch für den steuernden Durchgriff auf die Fahr- und Bremssteuerung genutzt werden kann. Durch die Implementierung eines TMS können die wesentlichen Grundlagen für die spätere Weiterentwicklung bis zum vollautomatischen Betrieb nach GoA 3 bzw. 4 geschaffen werden.

4.4. Ganzheitliche Systemvorteile vermitteln

Nicht nur die Prozesse im unmittelbaren Einflussbereich des EIU sind durch die Einführung eines TMS betroffen. Anpassungen sind nicht nur in der Leit- und Sicherungstechnik oder Fahrzeugtechnik (Datenerfassung und Datenausgabe) durchzuführen, sondern auch in IT, Normen/Recht (hinsichtlich Arbeitssicherheit oder bei der Anpassung von Richtlinien an veränderte Betriebsabläufe) und organisatorischen Abläufen.

Nicht jeder der Akteure sieht per se einen Vorteil für sich. So profitiert ein EIU etwa von der Steigerung der Betriebsqualität durch ein TMS, aber nicht zwangsläufig monetär von einer Energiereduktion. Umso wichtiger ist es, dass nicht nur die Vorteile für die einzelnen Akteure, sondern auch solche hervorgehoben werden, die indirekt oder für das Gesamtsystem Bahn und den Fahrgast entstehen. Gegebenenfalls verändern sich auch Geschäftsmodelle zwischen EIU und EVU. So ist etwa denkbar, dass durch das TMS möglich gewordene Zusatzleistungen entgeltpflichtig angeboten werden.

Bei der Implementierung eines TMS ist darauf zu achten, alle beteiligten Akteure

in den Entwicklungsprozess frühzeitig miteinzubeziehen. Das gilt insbesondere auch für die Mitarbeiter, welche das Projekt mittragen müssen.

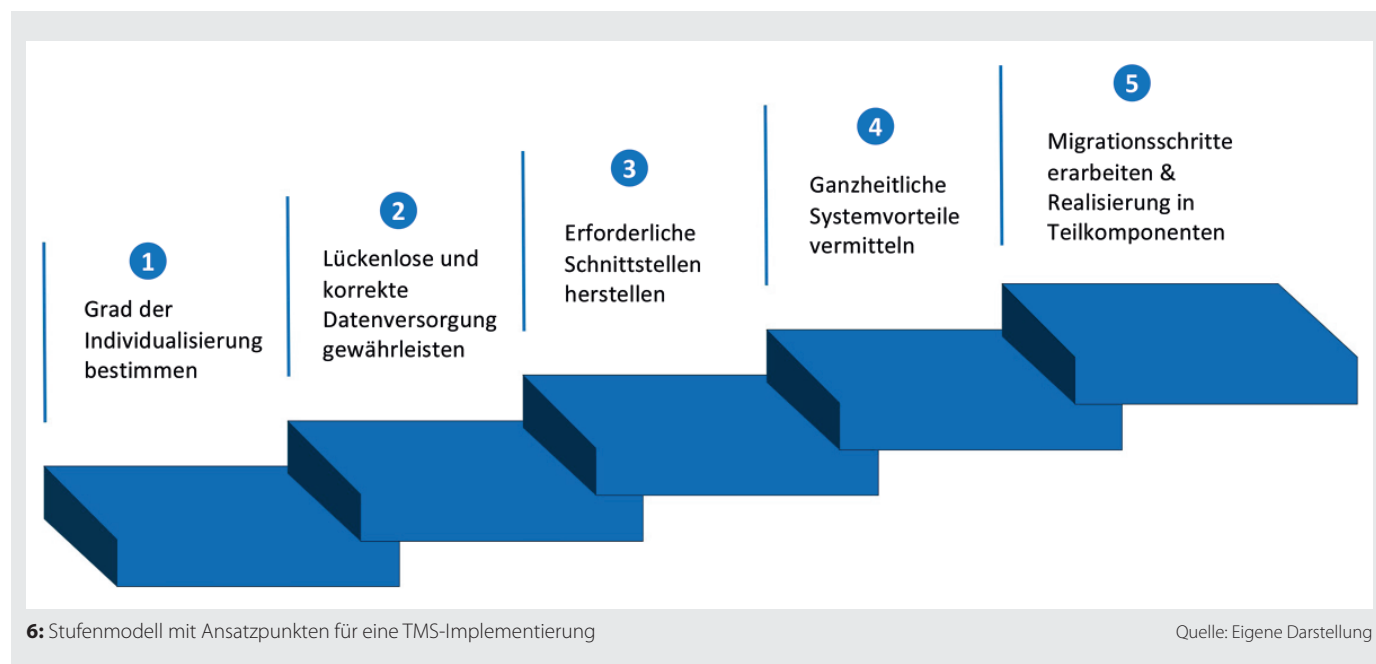
4.5. Migrationsschritte erarbeiten & Realisierung in Teilkomponenten

Wie aufgezeigt wurde, handelt es sich bei der Einführung eines TMS um einen langwierigen Prozess, der nicht zuletzt durch die Vielzahl beteiligter Akteure und Systeme bedingt ist. Dem gegenüber steht häufig die Erwartung, rasch Erfolge und Verbesserungen zu erzielen, welche nicht selten mit einer entsprechenden Budgetierung einhergehen. An dieser Stelle ist es sinnvoll, frühzeitig Migrationsschritte zu identifizieren und die Implementierung in verschiedene Phasen zu gliedern. Erfolgreiche Teilkomponenten oder „Quick Wins“ können so eine etwaige Folgebudgetierung erleichtern. Einzelne Teilsysteme sollten modular aufgebaut werden, um Monitoring zu erleichtern und bei Bedarf deren Ausrichtung nachzusteuern. Dabei ist jedoch darauf zu achten, dass häufige Strategiewechsel und unklare Zielsetzungen die Umsetzung nicht wesentlich verzögern oder gar verhindern.

ATO-Funktionen können grundsätzlich schrittweise umgesetzt werden. Die Implementierung eines TMS in Kombination mit Fahrerassistenzsystem kann dabei ein erster Schritt ausgehend vom Betrieb ohne automatische Konflikterkennung und -lösung sein. Energieoptimierung, realisiert durch das TMS oder auf dem Fahrzeug selbst und steuernder Durchgriff auf dem Fahrzeug vollenden schließlich die Vorteile im Bereich des Verkehrsmanagements. Durch Weiterentwicklung der Algorithmen für Konflikterkennung und -lösung lässt sich die Güte der berechneten Fahrprofile verbessern.

5. Zusammenfassung

Mit der Implementierung effizienter TMS im Bahnbetrieb wird eine Steigerung von Kapazität und Betriebsqualität angestrebt. Dies führt zu einer Erhöhung der Wettbewerbsfähigkeit des Systems Bahn und der Erreichung einer beabsichtigten Verkehrsverlagerung auf die Schiene. Darüber hinaus handelt es sich um eine Investition in zukunftsfähige Technologie und somit einer Sicherstellung der Innovationsfähigkeit auf lange Sicht.



Für die erfolgreiche Implementierung von TMS im Bahnbetrieb wird es zwingend notwendig, die in diesem Artikel aufgezeigte Systemkomplexität beherrschen zu können. Das in Bild 6 dargestellte Stufenmodell zeigt Ansatzpunkte, die bei einer Implementierung von TMS zu beachten sind. Beginnend bei der Analyse der individuellen Situation, einer gewerkeübergreifenden Entwicklung über das Sicherstellen von Datengrundlage und Schnittstellen bis dahin, die Ergebnisse auch in der Realität umzusetzen und Teilkomponenten zu realisieren.

Die sich dabei stellende Grundfrage ist, inwieweit das TMS-implementierende EIU bereit ist, seine Betriebsprozesse an ein bestehendes Produkt anzupassen. Nur in der gleichzeitigen Kombination aus beiden

Schritten, Implementierung und Prozessanpassungen, lässt sich das vollständige Potential einer TMS-Implementierung realisieren. Für die erfolgreiche Umsetzung dieser

beiden gleichzeitig erforderlichen Schritte ist i.d.R. ein gleichzeitiger Blick top-down von der Managementebene und bottom-up von der Fachebene von Nöten.

Literatur

- [1] Umweltbundesamt: Strategie für einen nachhaltigen Güterverkehr, 2009.
- [2] Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur: Verkehrsverflechtungsprognose 2030, Schlussbericht, 2014.
- [3] Umweltbundesamt: Schienennetz 2025/2030, Ausbaukonzeption für einen leistungsfähigen Schienengüterverkehr in Deutschland, 2010.
- [4] De Souza, A.; Brennand, C.; Yokoyama, R.; Donato, E.; Madeira, E.; Villas, L.: Traffic management systems: A classification, review, challenges, and future perspectives. In: International Journal of Distributed Sensor Networks (2017) 13
- [5] Messerli, M.: SmartRail 4.0 auf dem Weg, Vortrag auf dem SRSS 2018.
- [6] Bane NOR: The Digital Railway – Bane NOR signs contract with Thales. Online: <https://www.banenor.no/prosjekter/prosjekter/ertms/innhold/2018/the-digital-railway-bane-nor-signs-contract-with-thales/>, 2018.
- [7] Thales Group: Digitale Transformation für die Norwegische Eisenbahn. Online: <https://www.thales-group.com/de/worldwide/press-release/digitale-transformation-fur-die-norwegische-eisenbahn>, 2018.
- [8] Railway Gazette: Infrabel installs Train Management System. Online: <https://www.railwaygazette.com/infrastructure/infrabel-installs-train-management-system/43549.article>, 2016.
- [9] Davey, E.: Rail Traffic Management Systems (TMS). In: IET Professional Development Course on Railway Signalling and Control Systems (RSCS 2012)
- [10] Wickmann, A.: Systematisierung und Möglichkeiten des automatischen Zugbetriebs In: ETR – Eisenbahntechnische Rundschau 9/2020.
- [11] Bormet, J.: Funktion der fahrplanbasierten Zuglenkung für Betriebszentralen. In: EI – Der Eisenbahningenieur (53)6/2002
- [12] Rao, X.; Montigel, M.; Weidmann, U.: A new rail optimisation model by integration of traffic management and train automation. In: Transportation Research Part C 71 (2016).
- [13] Rosti, M.; Bateau, V.: Verkehrssteuerungssysteme – die Vorreiter im Digitalisierungsprozess. In: Signal+Draht (113)1+2/2021.
- [14] Schuh-Säbelkamp, H.; Schlapfer, M.: Die Adaptive Zuglenkung bei der ÖBB-Infrastruktur AG. In: Signal+Draht (112)9/2020
- [15] ÖBB-Holding AG: Nachhaltigkeitsbericht, 2019.
- [16] Kuckelberg, A.; Bednarz, F.: Netzweite Infrastrukturdaten für die BZ-Disposysteme der DB Netz AG – das Projekt PRISMA. In: Signal+Draht (113)1+2/2021.

Summary

Efficiency increase by Traffic Management Systems and solution steps for the TMS implementation in the rail sector

The implementation of efficient Traffic Management Systems aims at an increase in capacity and operational quality but also involves numerous risks by high system complexity, a large number of actors and necessary adjustments in the operational processes. This article takes a look at possible solution approaches to meet these challenges.