

Integriertes Kapazitätsmanagement Netz

Optimierung der Kapazitätsnutzung bei der DB Netz AG





Thorsten Schaer, Leiter Fahrwegkapazität und EBWU, und **Erwin Hilbrich**, Referent, beide DB Netz AG, Berlin

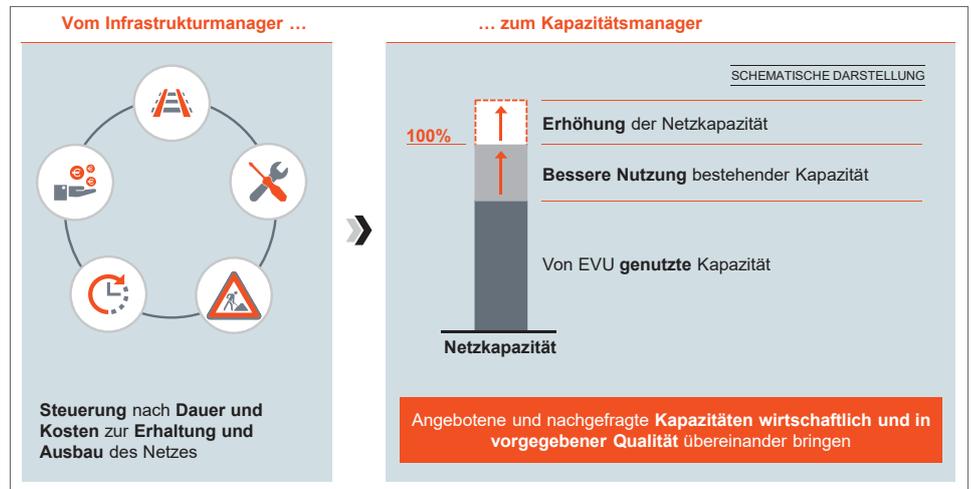


Um den Wandel der DB Netz AG von einem Infrastruktur- zu einem Kapazitätsmanager aktiv zu steuern sowie die Pünktlichkeits- und Kapazitätsziele der „Agenda für eine bessere Bahn“ zu erreichen, wurde das Programm „Integriertes Kapazitätsmanagement Netz“ aufgesetzt und Anfang 2020 als Ausbaustein in die Dachstrategie „Starke Schiene“ integriert.

Foto: DB AG/Claus Weber

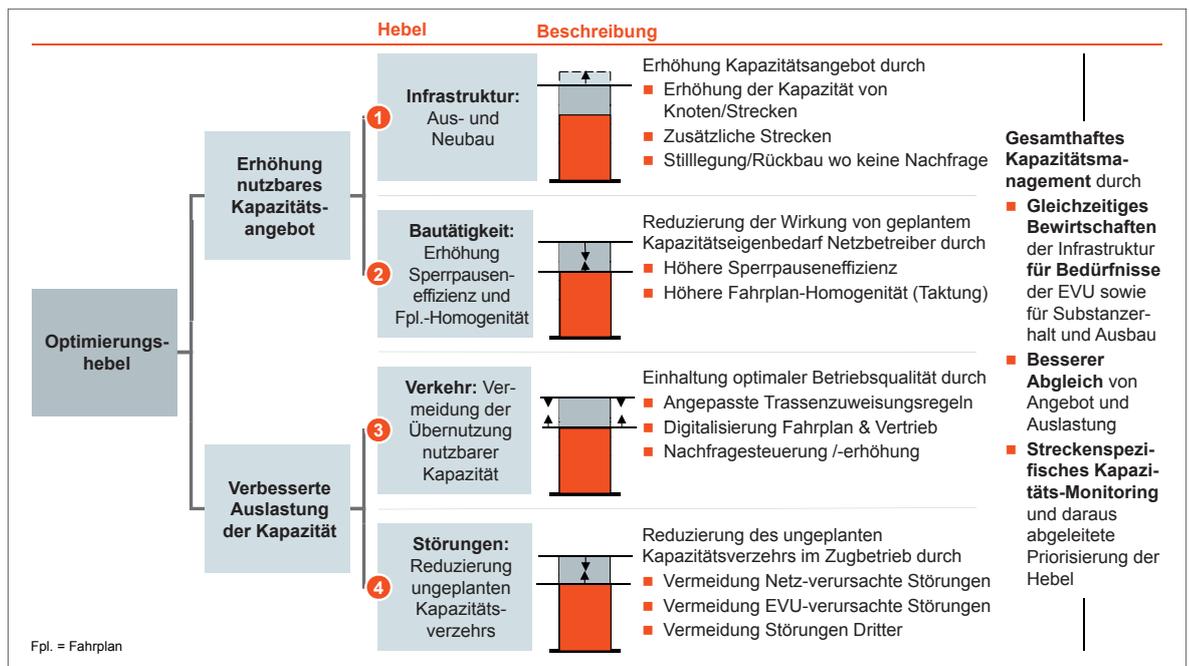
DB Netz AG: vom Infrastruktur- zum Kapazitätsmanager

Quelle: DB Netz AG



Optimierung der Kapazität entlang wirksamer Hebel

Quelle: DB Netz AG



Im Ausbaustein Kapazitätsmanagement Netz werden vier fachlich abgeleitete Hebel zur Erweiterung der Kapazität beziehungsweise zur Reduzierung des Kapazitätsverbrauchs adressiert. Der Schwerpunkt der hier vorgestellten Aktivitäten liegt allerdings auf der Optimierung der Kapazitätsnutzung. Die übrigen Maßnahmen und der Großteil der für die Erreichung der kurzfristigen Pünktlichkeitsziele erforderlichen Maßnahmen wird durch Eisenbahnverkehrsunternehmen beziehungsweise die Lagezentren, Plankorridore und den Betrieb der DB Netz AG gesteuert.

Hebel zur Optimierung der Kapazität

Die Kapazitätsnutzung lässt sich effektiv nur auf Grundlage eines netzweiten Auslastungs- und

Effekt-Monitorings mit korrespondierender Pünktlichkeitsbewertung (= Prognose der Kenngrößen: Verspätungsveränderung, sekundäre Lost Units und Pünktlichkeit) optimieren. Erste Maßnahmen, wie die systemische Darstellung der Belastung im Netz, wurden bereits umgesetzt. Aktuell werden die Voraussetzungen geschaffen, die Auslastungen des Netzes auch (teil-)automatisiert zuverlässig zu monitorieren.

Ein großer Hebel zur Steuerung und Bewertung der Haupttreiber für Verspätungen und von Gegenmaßnahmen ist die Entwicklung einer schnellen, fahrplanbasierten Pünktlichkeitsbewertung bei der DB Netz AG im Fahrplan und Kapazitätsmanagement. Das Modell muss schnell und variabel

Zeithorizont		Status Quo	Kurzfristig	Mittelfristig	Langfristig
makro	Auslastungsmonitoring Tool: Netzmonitor	Tagesfahrplanbewertung (inkl. Bau) Tool: in Arbeit		Prognose Jahresverlauf Pünktlichkeit Tool: odiN	
	Maßnahmen-/Effektbewertung Tool: OnTime			odin	
mikro	Fahrplan- und Betriebsanalyse Tools: RailSys, RUT-K, SQF	Fahrwegkapazitätsbetrachtung Tool: LUKS & LUKS-N			
	Fahrplan- und Betriebsoptimierung (z.B. Optimierung Rangierplanung im FfZ)		Fahrplanrobustheitsprüfung Tool: RailSys		
	Fahrplan- und Betriebsoptimierung (z.B. Optimierung Rangierplanung im FfZ)		Technik- und Technologiebewertung (z.B. Kapazitätswirkung Fahrstraßenbildezeiten)		

Einsatzspektrum der Tools zur Kapazitätsbewertung

Quelle: DB Netz AG

Der Ausbaustein Kapazitätsmanagement Netz				
Optimierung Kapazitätsnutzung Ziel: Schaffung der Voraussetzungen für eine effektive Kapazitätssteuerung durch Bereitstellen neuer Tools zur Kapazitätsbewertung				
	Anwendungszweck / Methode	Kennzahlen	Einführungsplanung	Einbau in Prozesse / Steuerung
Für eine effektive Kapazitätssteuerung braucht es Geschäftsfähigkeiten zur...				
automatischen Konstruktion für Baufahrplan und Gelegenheitsverkehr	<ul style="list-style-type: none"> Schnelle Prüfung und Optimierung von Fahrplanvarianten Robustere Fahrpläne Vollständige Abbildung der Bauinfrastr. 	<ul style="list-style-type: none"> Beförderungszeitquotient 	<ul style="list-style-type: none"> Dez. 2019 (Gelegenheitsverkehr) Feb. 2022 (Pilotbetrieb Baufl.) Dez. 2022 (Baufahrplan) 	<ul style="list-style-type: none"> Verankerung im Fahrplanerstellungsprozess Bau- und Gelegenheitsverkehr
automatischen, fahrplanbasierten Pünktlichkeitsbewertung	<ul style="list-style-type: none"> Rollierende Prüfung von Baustellen im PlanRadar (Lz Pü) Bewertung von Tages- und Baufahrplänen 	<ul style="list-style-type: none"> Verspätungsminuten Sek LU Pünktlichkeit 	<ul style="list-style-type: none"> seit 2019 (Einzelfallanwendung) Okt. 2020 (Testbetrieb) Dez. 2022 (Pilotbetrieb Baufl.) Ende 2023 (Baufahrplan) 	<ul style="list-style-type: none"> Unterjährige Pü-Prognose TB und Lz Pü Fahrplanerstellungsprozess Bau- und Gelegenheitsverkehr
automatisierten, netzweiten Fahrwegkapazitätsbetrachtung (inkl. DSD)	<ul style="list-style-type: none"> Netzweite Kapazitätsanalyse (Strömungslehre/Bedienungstheorie) Einheitliche Qualitätsmaßstäbe (EBA) 	<ul style="list-style-type: none"> Nennleistung Auslastungskennzahlen 	<ul style="list-style-type: none"> seit Aug. 2020 2023 (Berücksichtigung unterjähriger Bau sowie Störungen) 	<ul style="list-style-type: none"> Empfänger: Runder Tisch Kapazität, Netzbeirat, I.NM ÜLS: EBA (EReG §55 ff.)
Bemessung von Überleitstellen und Restleistungsfähigkeit	<ul style="list-style-type: none"> Dimensionierung von robuster Infrastruktur auch Abweichungen vom Regelbetrieb (Störfälle, Baustellen) 	<ul style="list-style-type: none"> Restleistungsfähigkeit unter Bau und Störungen (eingleisiger Betrieb) 	<ul style="list-style-type: none"> seit Aug. 2020 (manuell) 2022 (teilautomatisch) 	<ul style="list-style-type: none"> Empfänger: I.NXV, betriebliche Infrastrukturplaner, Großprojekte EBWU (AEG §§ 11/18)
mikroskopischen Deutschlandsimulation (inkl. DSD)	<ul style="list-style-type: none"> Detaillierte Simulation von Infrastruktur und Fahrplan Fokus auf hochbelastete Strecken und Knoten 	<ul style="list-style-type: none"> Verspätungsveränderung Infrastrukturbezogene Behinderungen (Anz. und Höhe) 	<ul style="list-style-type: none"> Okt. 2020 (Fern- u. Nahverkehr) bis 2024 (kontinuierliche Weiterentwicklung) 	<ul style="list-style-type: none"> Empfänger: Aufgabenträger, EVU, Großprojekte EBWU (Nebenleistung gemäß SNB)

DSD = DSTW und ETCS Level 2 ohne Signale

Tools zur Kapazitätsbewertung

Quelle: DB Netz AG

hinsichtlich der Einstellmöglichkeiten sein, damit die zu bewertenden Maßnahmen auch abgebildet werden können und eine rollierende Prognose parallel zum Planungsprozess möglich ist. Gleichzeitig muss insbesondere die Prognose der Pünktlichkeit eine hinreichende Eintrittswahrscheinlichkeit gewährleisten. Aktuell findet hier eine DB-interne Entwicklung durch DB Analytics im Kontext des EU-Forschungsprogramms Shift2rail statt.

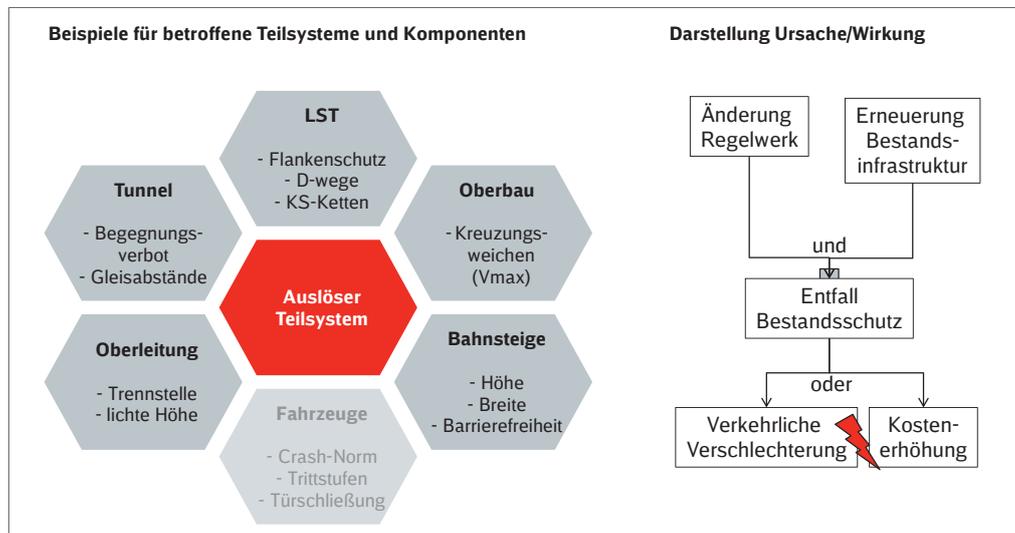
Die Tool-Entwicklung baut auf dem Masterplan EBW 4.0 aus dem Jahr 2015 auf: Etablierung eines Kompetenzzentrums als anerkannter Gutachter für Eisenbahnbetriebswissenschaftliche Untersuchungen (EBWU) durch Industrialisierung, Professionalisierung und Digitalisierung von EBWU.

Die Organisationseinheit (OE) Fahrwegkapazität und EBWU (I.NBF 24) zeichnet dabei für die bundesweite Berechnung der Fahrwegkapazität sowie Ermittlung der Fahrplanrobustheit für große Netzteile über alle Planungshorizonte und im Kontext aller gesetzlichen Verfahren verantwortlich. Dazu führt I.NBF 24 eisenbahnbetriebswissenschaftliche Untersuchungen (EBWU) durch und entwickelt mathematisch-analytische Berechnungsverfahren sowie Simulationsverfahren (EBW-Verfahren) über den Stand der Technik hinaus weiter.

Ziel ist, durch Fahrwegkapazitätsbetrachtungen und Fahrplanrobustheitsprüfungen die Leistungsfähigkeit und das Leistungsverhalten von Zugbildungsanlagen, Strecken, Knoten und Teilnetzen auf der

Beispiele für den Einfluss von Technik und Technologie auf die Kapazität

Quelle: DB Netz AG



Basis geeicher Qualitätsmaßstäbe zu bewerten, um Engpässe unter stochastischen Gesichtspunkten zu erkennen und die anforderungsgerechte Bemessung von (zukünftigen) Eisenbahnbetriebsanlagen sicherzustellen und unzulässigen, kapazitätsschädlichen Rückbau zu verhindern. Damit sind EBWU integraler Bestandteil des Kapazitätsmanagements der DB Netz AG.

Nachfolgende potenziell kapazitätsrelevante Tatbestände werden unternehmerisch bewertet und behördlich überwacht – Beispiele:

- Rückbau von Überhol- oder Kreuzungsgleisen (§ 11 AEG)
- Berücksichtigung zusätzlicher Weichenverbindungen und Fahrstraßen (§ 18 AEG)
- Änderungen im Verzeichnis zugelassener Geschwindigkeiten (VzG)
- Verzicht auf Ausrüstung von Bahnhofsgleisen mit Punktförmiger Zugbeeinflussung PZB 90 (INA-Startprogramm) erfordert Zustimmung von regionaler Infrastrukturentwicklung und I.NBF 24

Die von Mitarbeitern der Zentrale der DB Netz AG erstellten EBWU unterstützen vorrangig die Arbeit von Mitarbeitern der Infrastrukturentwicklung in den sieben Regionalbereichen und von betrieblichen Infrastrukturplanern bei der Produktion. Neben dieser gutachterlichen Tätigkeit sind EBWU auch Grundlage von strategischen Entscheidungen der Zentrale.

Methoden, Verfahren und Werkzeuge der Eisenbahnbetriebswissenschaft

Im Rahmen von Optimierung Kapazitätsnutzung wurden Hebel entlang einzelner Themenfelder zur

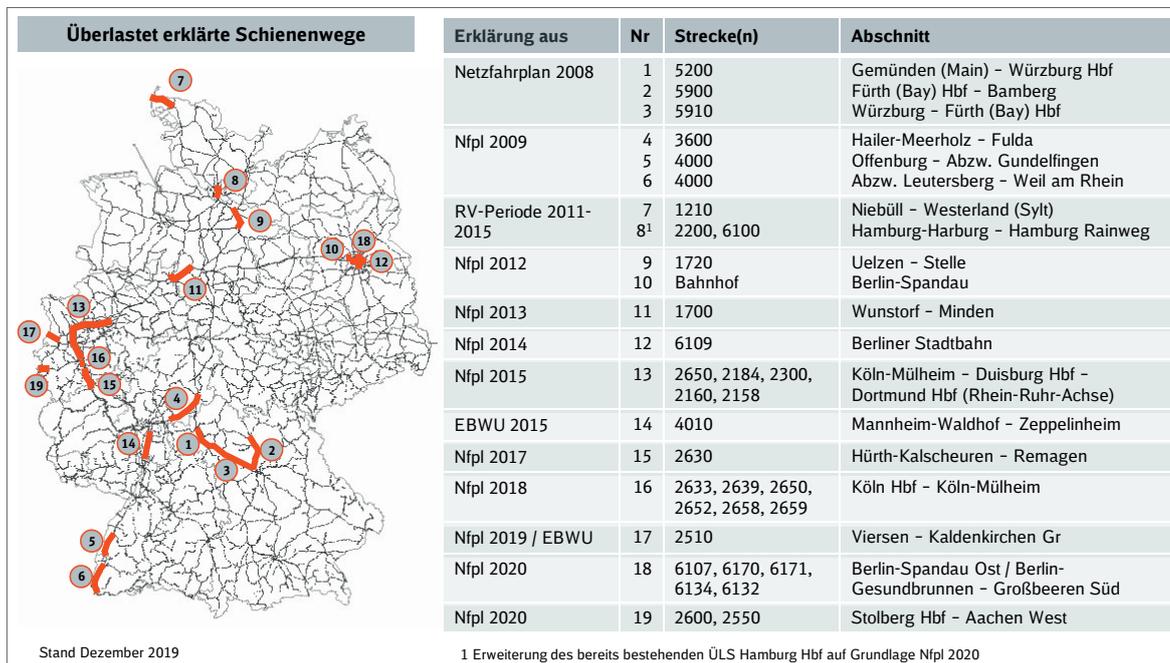
Implementierung einer gemeinsamen Kapazitätssteuerung definiert.

Je nach gefordertem Detaillierungsgrad können Maßnahmenbewertungen und Prognosen durch den Einsatz verschiedener Tools verfeinert werden und somit von allgemein-makroskopisch bis zu detailliert-mikroskopisch durchgeführt sowie entsprechend Ergebnisse geliefert werden.

Dabei ist es möglich, durch Einsatz verschiedener Verfahren von allgemeinen Fragestellungen ausgehend weiter zu spezifizieren. Aus den Prognosen des Jahres-Pünktlichkeitsverlaufes mit dem Tool odiN können nicht nur Nachsteuerungsbedarfe erkannt werden, sondern darüber hinaus auch noch die Wirkungen bestimmter interner und externer Einflüsse auf die Pünktlichkeit analysiert werden. Davon ausgehend wird eine effektive Maßnahmendefinition möglich.

Die erste Bewertung der Maßnahmeneffekte wird mithilfe von OnTime vorgenommen. Je nach Maßnahme kann anschließend weitergehend vertieft werden. Für infrastrukturelle Maßnahmen eignen sich insbesondere die Fahrwegkapazitätsbetrachtungen mithilfe der Verfahren LUKS und LUKS-N. Für verkehrliche Maßnahmen eignen sich insbesondere Fahrplanrobustheitsprüfungen mit RailSys. Bei vertiefenden Fragestellungen werden individuelle Untersuchungen zu Technik- und Technologiebewertungen vorgenommen.

Auch bei kurzfristigen Fragestellungen wie beispielsweise der Bewertung von Tagesfahrplänen mit Auswirkungen von Baumaßnahmen können zukünftig Aussagen getroffen werden. Der Pilotbetrieb beginnt hier noch in diesem Jahr. Weiterhin wird auch die Auslastung des Netzes überwacht und der aktuelle Fahrplan sowie das Betriebsgeschehen analysiert, um zum Beispiel bei der Maßnahmenfindung



Übersicht Überlastete Schienenwege

Quelle: DB Netz AG

mitzuwirken oder die eingesetzten Verfahren fortwährend weiterzuentwickeln.

Kapazitätswirkung neuer Technik und Technologie bewerten

Nicht nur die Reduzierung der betrieblichen Infrastruktur, sondern auch technische und technologische Veränderungen können dauerhafte Kapazitätseinschränkungen auf Strecken oder in Knoten zur Folge haben. Dies kann sich negativ auf die Qualität des laufenden Betriebes auswirken und schränkt die Handlungsspielräume für zukünftige Betriebsprogramme ein. Derzeit werden regelwerksbedingte Änderungen, die Kapazitätseinschränkungen zur Folge haben, im Rahmen der Mitwirkung von I.NBF 24 am Regelwerksausschuss erkannt und von den Regelwerksautoren behoben oder im Vorstand zur Entscheidung gebracht.

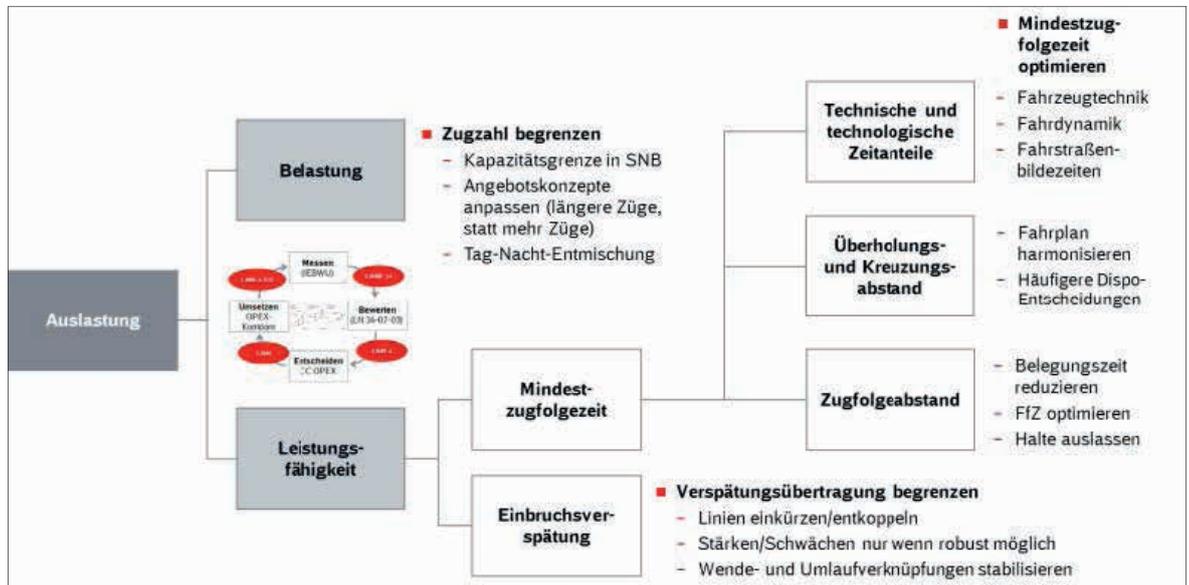
Änderungen von technischen Spezifikationen (technischen Mitteilungen, Bahn-Normen und ESTW-Systemverträge) können gegebenenfalls zu schleichenden Einschränkungen bei der Kapazität des Netzes führen, die in ihrem Zusammenwirken nicht systematisch erkannt werden, jedoch im Einzelfall gravierend sein können (zum Beispiel deutlich längere Kommunikationszeiten zwischen Fahrzeug, Radio Block Centre (RBC) und ESTW bei ETCS Level 2 als bisher erwartet). Daher sollen zukünftig mit PRO 2020 diese Kapazitätsprüfungen (zumindest stichprobenweise) ausgeweitet werden, so dass eine möglichst vollständige Transparenz analog zur den unternehmerisch und behördlich überwachten Sachverhalten (gesetzliche Verfahren) erreicht wird.

Beispiele für kapazitätseinschränkende Maßnahmen, die bisher nicht systematisch erfasst wurden, jedoch im Rahmen des Ausbausteins Optimierung Kapazitätsnutzung neu angegangen werden:

- Dauerhafte Geschwindigkeitseinschränkungen in Bahnhöfen aufgrund geänderten technischen Regelwerk insbesondere bei Kreuzungen
- Verlängerungen der Fahrstraßenbilde- und -auflösezeiten bei ESTW gegenüber Relaisstellwerk (RSTW)
- Fehlende Ausrüstung von Bahnhöfen mit D-Weg-Überlappung (bei allen Alttechniken bisher möglich)

Überlastete Schienenwege detektieren und Engpässe auflösen

Über 40.000 Züge sind täglich auf dem rund 33.300 Kilometer langen Schienennetz der Deutschen Bahn AG unterwegs. In enger Zusammenarbeit mit den Eisenbahnverkehrsunternehmen erstellt die DB Netz AG die Fahrpläne. Hunderte Fahrplanmitarbeiter haben dabei die bestmögliche Auslastung der vorhandenen Infrastruktur im Blick. Die Nachfrage auf Strecken im Güter- und Personenverkehr ist sehr unterschiedlich. Auf einzelnen Abschnitten übersteigt die Nachfrage die Kapazität. Sofern Hinweise auf eine Überlastung vorliegen, wie zum Beispiel zwischen Köln Hbf und Köln-Mülheim, muss die DB Netz AG dies prüfen und bei Bedarf weitere Maßnahmen ergreifen. Die OE Fahrwegkapazität und EBWU (I.NBF 24) unterstützt diesen Prozess in vielerlei Hinsicht.



Hebel zur Reduzierung der Auslastung

Quelle: DB Netz AG

Das Verfahren selbst, in das die Zugangsberechtigten (ZB) sowie die Bundesnetzagentur (BNetzA) und das Eisenbahn-Bundesamt (EBA) eingebunden sind, ist gesetzlich im Eisenbahnregulierungsgesetz (ERegG) geregelt: Innerhalb von sechs Monaten nach einer offiziellen Überlastungserklärung führt die DB Netz AG eine Kapazitätsanalyse durch.

Die Erklärung von Überlasteten Schienenwegen (ÜLS) kann entweder in Folge von Detektionen während der Netzfahrplanerstellung oder auf Basis weiterer Erkenntnisse, wie zum Beispiel EBWU, erfolgen.

Anschließend erarbeiten die Fachexperten der DB Netz AG binnen weiteren sechs Monaten einen Plan zur Erhöhung der Schienenwegkapazität (PEK) für den überlasteten Abschnitt. Der Plan enthält unter anderem die künftige Verkehrsentwicklung und mögliche infrastrukturelle und betriebliche Maßnahmen zur Verbesserung. Die Zugangsberechtigten können ihre Anregungen und Anmerkungen im Rahmen eines gesetzlich vorgegebenen Stellungnahmeverfahrens einbringen – Vorschläge von EBA und BNetzA werden ebenfalls berücksichtigt.

Der Schwerpunkt von EBWU im Kontext ÜLS liegt auf der Generierung und Bewertung kurz- und mittelfristiger Maßnahmen, wie beispielsweise die Vorgabe von Nutzungsbedingungen oder kleineren Infrastrukturmaßnahmen (etwa Verlängerung von Überholgleisen oder zusätzlichen Weichenverbindungen).

Auf längerfristige, umfangreiche Maßnahmen (zum Beispiel zusätzliche Streckengleise) wird ein Ausblick gegeben. Diese Maßnahmen werden auch im System iTrace hinterlegt und können damit zum Beispiel von

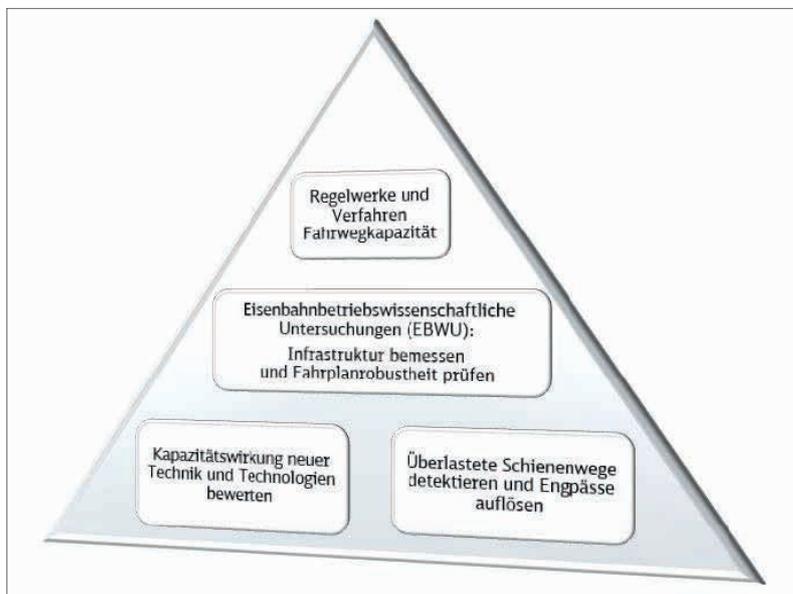
betrieblichen Infrastrukturplanern bei der DB Netz AG eingesehen werden.

Der PEK kann darüber hinaus definierte Vorgaben (zum Beispiel die Nutzung alternativer Laufwege) enthalten, die in die Nutzungsbedingungen Netz (NBN) aufgenommen werden müssen. Der formale Prozess, den die ZB und Behörden ebenfalls begleiten, dauert rund zwei Jahre.

Mit den Nutzungsvorgaben, die im PEK entwickelt wurden und Eingang in die NBN gefunden haben, kann eine Entspannung für den überlasteten Abschnitt erreicht werden. Eine Aufhebung der Überlastung kann in der Regel erst durch längerfristige größere Ausbaumaßnahmen erreicht werden.

Bei allem, was von den Fachleuten gemeinsam mit ZB und Behörden erarbeitet wird, geht es am Ende darum, kurz- und mittelfristig die bestmögliche Ausnutzung der Infrastruktur zu schaffen. Sofern Nutzungsbedingungen vorgesehen sind, werden bei ihrer Ausgestaltung die Interessen der einzelnen Verkehrsarten angemessen berücksichtigt. Dazu dient auch das Format Fahrplan- und Kapazitätsgremium, welches am ÜLS Linker Rhein Anwendung findet. Vertreter von ZB, Behörden und DB Netz AG treten hier in den Austausch, um gemeinsam die Kapazität bestmöglich zu nutzen und mögliche Optimierungen zu entwickeln.

Betriebliche und verkehrliche Maßnahmen werden im Rahmen der Engpassanalyse bewertet. In Engpässen beziehungsweise auf ÜLS ist die Auslastung zu hoch. Zur Verbesserung der Betriebsqualität muss daher entweder die Auslastung reduziert oder die Leistungsfähigkeit erhöht werden.



Leistungsspektrum der OE Fahrwegkapazität und EBWU (I.NBF 24)

Quelle: DB Netz AG

Zusammenfassung

Im Fokus von EBWU steht die Bewertung der Betriebsqualität. Grundsätzlich besteht ein Zielkonflikt zwischen hoher Auslastung (Wirtschaftlichkeit) und einer möglichst geringen Summe an Zuwachs- und Folgeverspätung (hohe Betriebsqualität). Einheitliches Qualitätsziel bei Fahrwegkapazitätsbetrachtungen zur Bemessung der Eisenbahninfrastruktur und Fahrplanrobustheitsprüfungen ist dabei das Erreichen eines wirtschaftlich-optimalen Leistungsbereiches.

Dazu ist insbesondere bei ÜLS und weiteren Engpässen im Schienennetz eine Vielzahl verschiedener Maßnahmen zu prüfen und in Zusammenarbeit mit dem Bund und dem Markt Finanzierungsmöglichkeiten zu schaffen.

Außerdem gilt es durch frühzeitige strategische und kapazitative Prüfung von Flächenverkäufen sicherzustellen, dass zukünftige Aus- und Neubauvorhaben insbesondere in den Knotenbereichen nicht verhindert oder unzulässig erschwert werden. Dieses gilt vor allem dann, wenn die Fläche in der Folge von Bahnbetriebszwecken freigestellt werden soll (§ 23 Allgemeines Eisenbahngesetz (AEG)).

Die Vorgabe von Grundsätzen und Leitlinien zum Kapazitätsmanagement, zur Strategie Überlastete Schienenwege sowie zur Bewertung von Kapazitätsmaßnahmen, neuer Technologien und Technik stellen darüber hinaus die Wirksamkeit von der OE Fahrwegkapazität und EBWU (I.NBF 24) auch außerhalb der klassischen EBWU-Fragestellungen sicher. Dadurch wird nicht nur der Wandel der DB Netz AG vom Infrastruktur- zum Kapazitätsmanager unterstützt,

Lesen Sie auch

Planmäßigkeit in PlanKorridoren erhöht Systemstabilität der Bahn
Deine Bahn 7/2020

Beschleunigter Infrastrukturausbau für eine Starke Schiene
Deine Bahn 4/2020

Lost Units: Analyse von Verspätungen im Bahnverkehr
Deine Bahn 10/2019

Vermarktungskapazität – wie viel Qualität verträgt der Markt?
Deine Bahn 8/2018

Vom analogen zum digitalen Fahrplan
Deine Bahn 3/2016

Masterplan strategisches Kapazitätsmanagement
Deine Bahn 12/2015

sondern auch die Voraussetzungen für eine starke Schiene geschaffen. ■