

Schienenkapazität – Annäherung an eine Unbekannte

Hans-Bernhard Fiechter

1. Einleitung

Mit Einführung der Bahn 2000 und noch verstärkt durch die im Fahrplan 2008 vorgenommenen Angebotsverdichtungen erreicht das Schweizer Schienennetz vielerorts seine Kapazitätsgrenze. Damit werden sich Verteilkämpfe um das knappe Gut *Schienenkapazität* weiter akzentuieren. Ein Aspekt dieser Konflikte ist die Frage, wie die Zuteilung der knappen Kapazität transparent und fair gestaltet werden kann¹. Doch was ist *Schienenkapazität* überhaupt? Wie lässt sie sich bestimmen und durch welche Faktoren beeinflussen? Das Verständnis über die Zusammenhänge der Schienenkapazität sowie der Handlungsoptionen in der Überwindung von Kapazitätsengpässen stärkt das Vertrauen in den Fahrplanprozess und trägt so zur sachlichen und transparenten Lösungsfindung bei; Lösungen, die angesichts der intensivierten Verteilkämpfe zunehmend weniger selbstverständlich werden.

Im Anschluss an eine vergleichende Betrachtung des Kapazitätsbegriffs zwischen den wichtigsten Verkehrsträgern, beleuchtet der nachfolgende Artikel das Wesen der Schienenkapazität. Einleitend stellt er den unterschiedlichen individuellen Wahrnehmungen die Faktoren gegenüber, welche die Schienenkapazität definieren bzw. massgebend auf sie einwirken. Dies legt die Basis zum Verständnis, wie die Schienenkapazität effektiv ermittelt werden kann. Schliesslich geht der Artikel auf den Umgang mit der Schienenkapazität im Konfliktfall ein. Im Zentrum stehen dabei Kriterien zur sinnvollen Gewichtung von Trassenkonflikten im Jahresfahrplanprozess sowie die Ansatzpunkte zur deren Überwindung.

2. Verkehrsträgerspezifisches Kapazitätsmanagement

Alle Verkehrsträger sind mit einer Infrastruktur verbunden, welche die Möglichkeiten ihrer Fortbewegung bestimmt. Dies bedingt prinzipiell eine dem Verkehrssystem angepasste Organisation der Fahrten und eine Regelung der Verkehrsbewegungen auf operativer Ebene. Die Anforderungen an ein Verkehrsmanagement steigen in dem Masse, wie sich die Verkehrsnachfrage der Sättigungsgrenze der Verkehrsinfrastruktur annähert und somit die Gefahr von Kapazitätsengpässen entsteht. Während im Individualverkehr die Regelung von Verkehrsüberlastungen systembedingt nach wie vor mehrheitlich der operativen Ebene überlassen bleibt, ist im öffentlichen Verkehr ein planerischer Umgang mit der Kapazität eine zwingende Notwendigkeit; dies vor allem aus zwei Gründen:

- 1) Die Verpflichtung zur Einhaltung eines veröffentlichten und an verbindlich festgelegte Termine sowie Qualitätsvorgaben gebundenen Fahr- bzw. Flugplans, welche eine Reduktion von Risiken und operativen Engpässen auf ein Minimum erfordert;
- 2) die im Vergleich zum Individualverkehr höhere Komplexität bzw. geringere Flexibilität in der Nutzung der Verkehrsinfrastruktur (Flug- und Seehäfen, Gleisanlagen, etc.)

In der konkreten Planungsdurchführung unterscheiden sich Eisenbahn und Luftfahrt (Schiff- und Luftfahrt sind in diesem Zusammenhang vergleichbar). Im Flugverkehr wird die Kapazität allein durch die Flughäfen limitiert. Deren wesentlichste Einflussfaktoren sind die Anzahl Gates an den Terminals und die möglichen Starts und Landungen auf dem Pistensystem. Die Regelung der Verkehrsbewegungen erfolgt über die vorausschauende Koordination der einzelnen Slots in den Flughäfen. Zwar müssen sich Flugzeuge auch strikt an ihnen zugewiesene Lufträume halten. Deren Nutzung lässt aber zumindest soviel Flexibili-

tät zu, dass eine Auseinandersetzung mit der Kapazität auf Planungsebene dort nicht erforderlich ist. Wie auf der Strasse, werden auch in der Luft sämtliche Konflikte auf der operativen Ebene gelöst.

Im Gegensatz dazu benötigt ein verbindlicher Fahrplan im Schienenverkehr ein Strecken und Bahnhöfe gleichermaßen berücksichtigendes Konfliktmanagement auf Planungsebene. Grund dafür ist die im Vergleich zu allen anderen Verkehrsträgern viel stärkere Anbindung der Züge an die Infrastruktur. Jede Zugbewegung ist auf ihrem Laufweg an die Nutzung einer Vielzahl technischer Einrichtungen wie Signale, Weichen und Gleise, etc. gebunden. Bedingt durch die langen Bremswege setzt deren Bereitstellung und Sicherung umfangreiche und flexibilitätsmindernde Prozessabläufe voraus. Die mit hohen Qualitätsansprüchen verknüpfte Einhaltung des Fahrplans kann unter diesen Voraussetzungen nur sichergestellt werden, wenn die verschiedenen, sich oft gegenseitig behindernden Angebotswünsche im Voraus in eine Reihenfolge gebracht und konfliktfrei geplant werden.

3. Unterschiedliche Wahrnehmung der Schienenkapazität

Gemäss Statistik des internationalen Eisenbahnverbands UIC² ist das Schweizer Bahnnetz das am dichtesten befahrene der Welt. Die politischen Diskussionen um die Weiterentwicklung des Schweizer Bahnnetzes im Rahmen der Vorlage ZEB³ und die diesbezüglichen Ausbaubehringen der Kantone untermauern den Eindruck eines ausgelasteten Netzes. Auf der anderen Seite kann es vorkommen, dass man bei einem Spaziergang entlang einer Bahnlinie oder bei einem Aufenthalt in einem Bahnhof über längere Zeit keinem Zug begegnet. Wie lassen sich hier objektive Messung und subjektive Erfahrung miteinander in Einklang bringen?

Züge verkehren nach einem sich an den Marktbedürfnissen orientierenden Fahrplan. Die Erwartungen der Kunden beinhalten schnellstmögliche Beförderung und optimale Anschlussverhältnisse. Diese können im Personenverkehr (und etwas differenziert auch im Güterverkehr) nur mit dem Knotenprinzip⁴ erfüllt werden. Die hierfür erforderliche Bündelung von Zügen in Anschlussknoten führt automatisch zu Zugspausen auf den Zulaufstrecken. Dass damit aber nicht automatisch auf noch freie Kapazität geschlossen werden kann, wird im Kapitel 5 erläutert.

Die Wahrnehmung der Schienenkapazität ist zudem stark von den an sie geknüpften subjektiven Erwartungen abhängig. Unterschiede bestehen dabei nicht nur zwischen Bestellern und Kapazitätsmanagern. Auch Eisenbahner beurteilen, je nach Arbeitsumfeld, in dem sie tätig sind, die Kapazität unterschiedlich.

Nachfrageseitige Kapazitätsbetrachtung: Eisenbahnverkehrsunternehmen (EVU) und Endkunden

Die Schienenkapazität wird von den einzelnen Marktteilnehmern unterschiedlich wahrgenommen. Ihre Einschätzung ist abhängig davon, ob und wie ihre Angebotswünsche umgesetzt werden können.

Verkehrsunternehmen erwarten die Realisierung ihrer Fahrplanwünsche, auch wenn diese an eigene restriktive Bedingungen (Termine, Produktionskonzepte, etc.) gekoppelt sind. Kann ein solcher Fahrplan nicht gemäss ihren Anforderungen umgesetzt werden, nehmen sie dies bereits als Kapazitätsproblem wahr, selbst wenn unter weniger einschränkenden Bedingungen noch genügend Kapazität vorhanden wäre.

Kapazitätsbetrachtung aus Sicht der Kapazitätsmanager: Planung und operative Durchführung

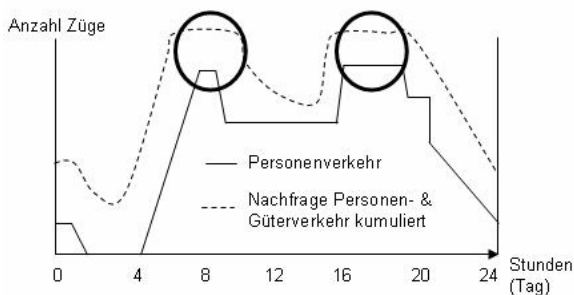
Infrastrukturbetreiber (ISB) beurteilen die Kapazität aufgrund der Umsetzbarkeit aller geplanten Fahrplanangebote auf einem Netz oder Netzabschnitt. Die Fahrplanersteller beurteilen die Kapazität naturgemäss differenzierter als Verkehrsunternehmen. Sie stellen fest, dass es nebst Nachfrageüberhängen

auch Zeitfenster mit noch verfügbarer Kapazität gibt. Ein richtiger Engpass entsteht für sie erst, wenn am Ende des Aushandlungsprozesses mit den Bestellern nicht alle Angebotswünsche erfüllt werden konnten.

Die Kapazitätseinschätzung auf operativer Ebene kann jedoch von derjenigen der Planungsebene abweichen. Je stärker sich die dem Fahrplan zugrunde liegenden Planungsannahmen von der betrieblich-operativen Realität unterscheiden, z.B. durch

- geändertes Verkehrsaufkommen, welches Zugausfälle oder Extrazüge erfordert, oder
 - Verspätungen aufgrund kurzfristiger Bauarbeiten, Witterung, Betriebsstörungen, Anlässe, etc.,
- desto stärker weicht auch die geplante von der operativen Kapazität ab. Es kann somit vorkommen, dass einem Zug die Aufnahme in den Jahresfahrplan aufgrund von Stabilitätsüberlegungen verwehrt wird, dieser aber operativ auf Anfrage hin fahren kann. Zudem kann sich das Planungs- und Risikoverhalten der operativen Ebene gegen Ende einer Fahrplanperiode, im Zuge der steigenden Erfahrung, verändern.

Abbildung 1: Tagesganglinie zur Veranschaulichung der unterschiedlichen Kapazitätsnutzung



Die nebenstehende Graphik veranschaulicht die unterschiedliche Wahrnehmung der Schienenkapazität durch Markt und Netzbetreiber. Sie zeigt in vereinfachter Form die Tagesganglinie (Kumulierung der Nachfrage über den Tagesverlauf) und die damit einhergehende Kapazitätsverknappung auf wenige Tagesstunden (Kreise). Als solche wahrgenommene Kapazitätsengpässe sind also kein permanenter über 24 Stunden an 365 Tagen anhaltender Zustand. Dennoch kann eine sich am Markt orientierende Angebotsplanung nur beschränkt auf freie Kapazität in Randstunden zurückgreifen.

4. Definition und Einflussfaktoren der Schienenkapazität

4.1. Definition

Schienenkapazität ist nicht statisch. Sie wird im Wesentlichen über folgende dynamische Einflussgrößen definiert:

- 1) Die Infrastruktur und die für sie geltenden Rahmenbedingungen im Zeitraum, auf den sich die Kapazitätsaussage bezieht, sowie
- 2) die im gewünschten Zeitraum darauf zur Abwicklung vorgesehenen Angebotskonzepte, zusammengesetzt aus der *Anzahl Züge*, der gewünschten *Pünktlichkeit (Fahrplanqualität)* und der *Heterogenität der Geschwindigkeiten (der einzelnen Zugskategorien)*.

Schienenkapazität wird verstanden als die Gesamtzahl der Fahrplantrassen, welche innerhalb eines festgelegten Zeitabschnitts, auf einem bestimmten Streckennetz und basierend auf definierten Angebotskonzepten, in marktkonformer Qualität eingeplant bzw. gefahren werden kann.

Eine **Trasse** (Fahrplantrasse) ist die Berechtigung

- einen bestimmten Streckenabschnitt eines Bahnnetzes
- zu definierten Zeiten
- mit einem Zug, dessen maximale Länge, Profil, Gewicht und genaue Geschwindigkeit vorgegeben sind, zu befahren.

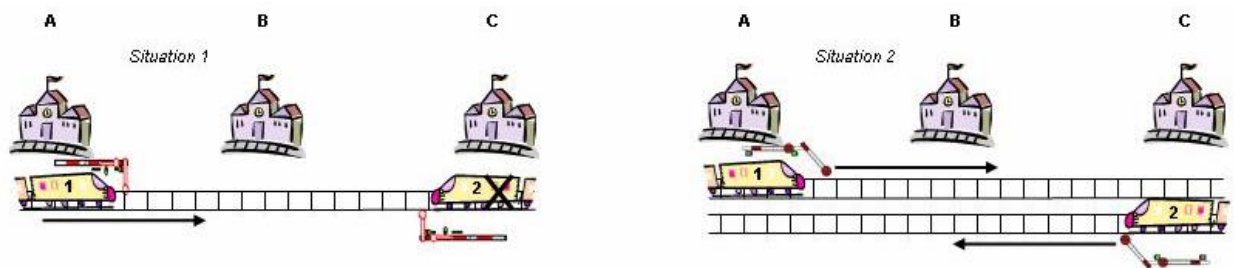
4.2. Kapazitätsbeeinflussende Infrastrukturmerkmale

Die Charakteristik der Schieneninfrastruktur beeinflusst die Kapazität wesentlich mit. Im Folgenden werden deshalb die infrastrukturseitigen kapazitätsbeeinflussenden Merkmale und die Kapazitätswirkung verschiedener betrieblich-infrastruktureller Konstellationen vereinfacht anhand einer Strecke entlang der drei Orte A, B und C erläutert:

Anzahl der Gleise (inkl. Ausweichmöglichkeiten) auf Strecken und Bahnhöfen

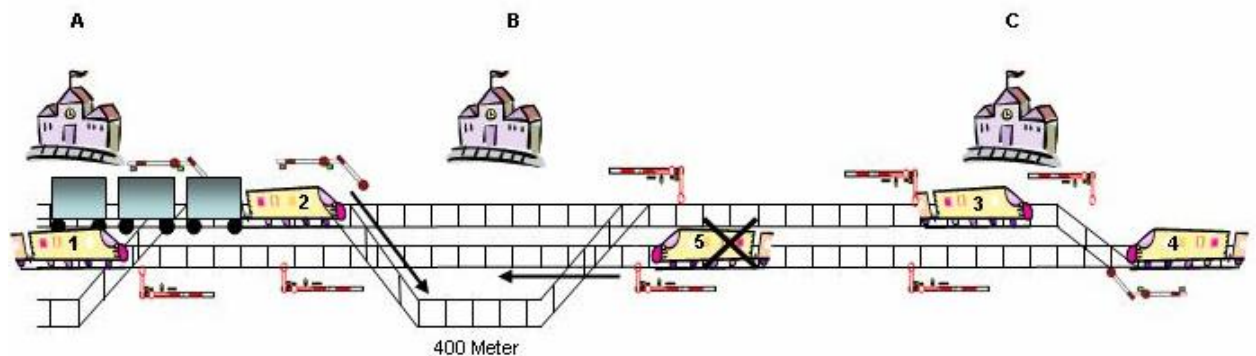
Die Anzahl Gleise und Weichen auf Strecken und Bahnhöfen hat infrastrukturseitig den grössten Einfluss auf die Schienenkapazität. Entsprechend verdoppelt sich die Streckenkapazität in der Situation 2 der untenstehenden Grafik im Vergleich zur Einspurstrecke in Situation 1. Eine Vierspur würde, diesem Beispiel folgend, eine Vervielfachung bedeuten, usw.

Abbildung 2: Kapazitätzunahme durch zusätzliche Gleise



Diese Betrachtung ist allerdings nur theoretischer Natur. Abbildung 3 zeigt, wie stark die Streckenkapazität A – C vom Ausbaustandard der an der Strecke gelegenen Bahnhöfe, aber auch von der Beschaffenheit der Zulaufstrecken abhängt. Beispielhaft wurden A und B mit zusätzlichen Ausweichgleisen ausgerüstet, während es ab C wieder in eine Einspurstrecke übergeht. Zug 3 muss die Kreuzung von Zug 4 abwarten. Um Zug 1 nicht zu verspäten, muss (Güter-)zug 2 in B von diesem überholt werden. Hierfür muss er das Gegengleis überqueren, wodurch Zug 5 behindert wird. Erkenntnis: Die Nutzungsmöglichkeit der Streckenkapazität A – C wird vom Ausbaustandard der Bahnhöfe und Zulaufstrecken, aber auch von der Fahrplankonstellations (Heterogenität, siehe 4.3.) determiniert. Des Weiteren kann auch die Länge von Überhol- bzw. Kreuzungsgleisen darüber entscheiden, ob z.B. Güterzug 2, für den es ansonsten auf der Strecke Platz gäbe, überhaupt verkehren kann oder nicht.

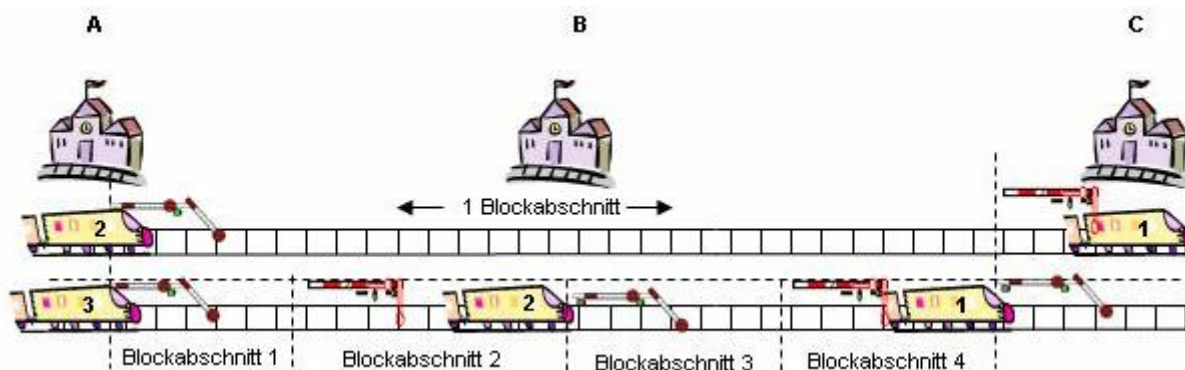
Abbildung 3: Abhängigkeit der Kapazität vom Ausbaustandard der Bahnhöfe und Zulaufstrecken



Blockabstände

Auf einer Eisenbahnstrecke können nicht beliebig viele Züge verkehren. Schienenfahrzeuge haben einen im Vergleich zu Strassenfahrzeugen viel längeren Bremsweg. Zwecks Einhaltung eines Sicherheitsabstandes (sog. Blockabstand) müssen sie daher gegen Folgezüge technisch geschützt werden. Je stärker eine Strecke in Blockabstände unterteilt wird, desto mehr Züge können darauf gleichzeitig verkehren; mit entsprechend positiver Kapazitätswirkung. Am Beispiel der Abbildung 4 können wir diese Wirkung erkennen (der Einfachheit halber nur als Einspurstrecke dargestellt – oben ohne Blockunterteilung zwischen A und C, unten eingeteilt in 4 Blockabschnitte).

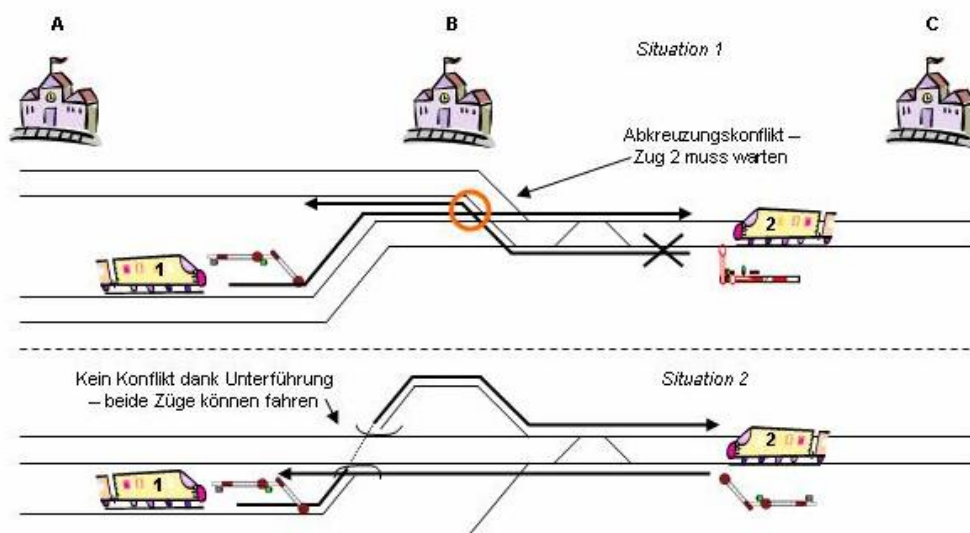
Abbildung 4: Kapazitätswirkung des Streckenblocks



Gleis-Überschneidungen

Ein grösseres Eisenbahnnetz weist zwangsläufig eine Vielzahl von Streckenverzweigungen auf, deren kommerzielle Nutzung im Fahrplan ihren Niederschlag findet. Wo Strecken und damit auch Züge derart aufeinander treffen, entstehen jeweils in einer Richtung Abkreuzungskonflikte. Beispielsweise müssen in Situation 1 der Abbildung 5 für die Abkreuzung von Zügen die Gleise des Gegenverkehrs niveaugleich gequert werden. Die Kapazität in Fahrtrichtung C – A wird dadurch eingeschränkt. In Situation 2 hingegen können dank der Unterführung beide Züge fahren. Die Kapazität wird damit nicht zusätzlich beschnitten.

Abbildung 5: Unterschiede in der Kapazitätswirkung zwischen niveaugleichen und niveaufreien Abkreuzungen



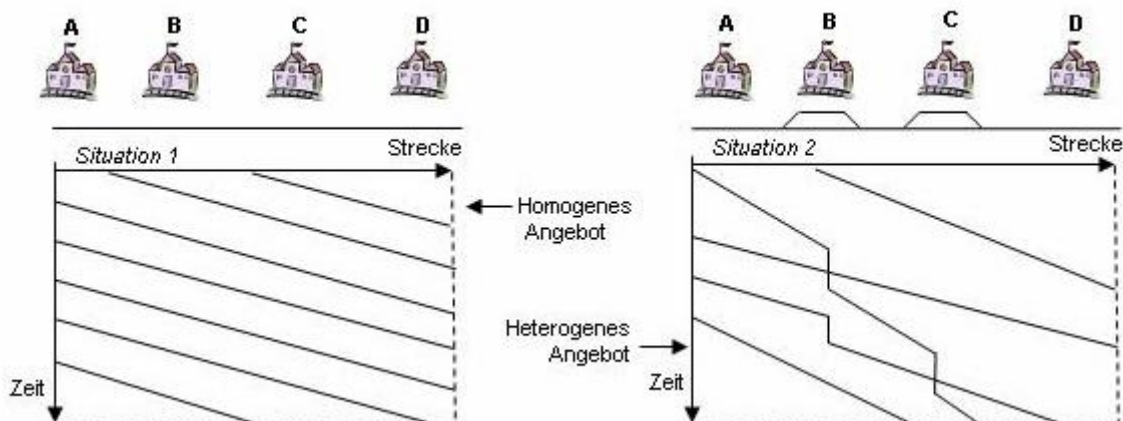
4.3. Angebotsseitige Einflüsse auf die Schienenkapazität

Heterogene oder homogene Angebotsgestaltung

Auf einem gegebenen Streckennetz können umso mehr Züge geführt werden und die Kapazität ist somit umso grösser, je weniger sich die Züge in Bezug auf Geschwindigkeit und Haltepolitik voneinander unterscheiden. (Beispiel: Homogener Verkehr auf U-Bahnnetzen oder Hochgeschwindigkeitsstrecken vs. heterogener Verkehr mit Güter-, Regional-, & Fernverkehr auf Mischverkehrsstrecken).

Die Angebots- und Fahrplangestaltung muss marktorientiert erfolgen. Die heterogenen Transportbedürfnisse auf Mischverkehrsstrecken stehen dabei im Widerspruch zu Bestrebungen nach einer optimalen Kapazitätsnutzung. Denn: Je heterogener eine Strecke genutzt wird, desto weniger Kapazität steht zur Verfügung. In Situation 1 von Abbildung 6 (nur eine Richtung dargestellt) fahren alle Züge von A nach D homogen. Entsprechend gering sind die Ansprüche an den Ausbaustandard der Bahnhöfe. In der Situation 2 ist die Gesamtkapazität trotz Überholgleisen in B und C geringer als in Situation 1. Für die Schienenkapazität weiter von Bedeutung ist natürlich auch die Funktion der Zugshalte in den Bahnhöfen (Passagieraufkommen, Abwarten von Anschlüssen).

Abbildung 6: Einfluss von Angebotsgestaltung und –vielfalt auf die Kapazität



Rollmaterial

Der gezielte Einsatz von Rollmaterial hat eine in der Kapazitätsplanung lange unterschätzte Bedeutung. Gerade in Zeiten hoch ausgelasteter Netze und knapper Finanzmittel für teure Ausbauten, kann der Einsatz von Neigezügen, von schnell beschleunigenden Zügen oder von Kompositionen mit optimierten Einstiegsmöglichkeiten (möglichst kurze Haltezeiten), über die Umsetzbarkeit von Angebotskonzepten entscheiden.

Anzustrebende Pünktlichkeit

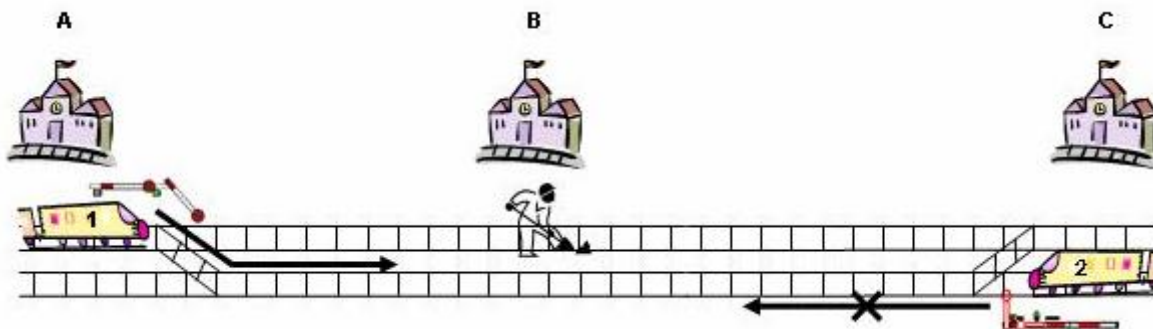
Die Frage, wie stark die Auslastung eines Eisenbahnnetzes ausgereizt werden kann, ist abhängig von den zwischen Bahnen und Bestellern bzw. Behörden vereinbarten Pünktlichkeitszielen. Je anspruchsvoller die Pünktlichkeitsvorgaben sind, desto geringer ist tendenziell die Risikobereitschaft der Planer – mit entsprechend negativer Kapazitätswirkung.

4.4. Weitere Einflüsse auf die Schienenkapazität

Unterhalts- bzw. Bauarbeiten

Unterhalts- und Bauarbeiten können die Kapazität zeitlich befristet einschränken. Dauer und Ausmass sind stark von den konkret zu unterhaltenden Objekten und der Art der Arbeiten (Total- oder Teilspernung, etc.) abhängig. Die diesbezüglichen Anforderungen an die Kapazitätsplanung sind somit situationsbezogen unterschiedlich. Zudem steigt mit zunehmender Netzauslastung auch der Unterhaltsbedarf, was die Kapazität zusätzlich einschränkt. In Abbildung 7 ist an einem einfachen Beispiel die Kapazitätseinschränkung dargestellt. Zug 1 muss in A wegen den Unterhaltsarbeiten in B mit Sperrung eines Gleises auf das Gegengleis wechseln. Dadurch wird aber die Abfahrt von Zug 2 in C verzögert. Die Kapazität wird verringert.

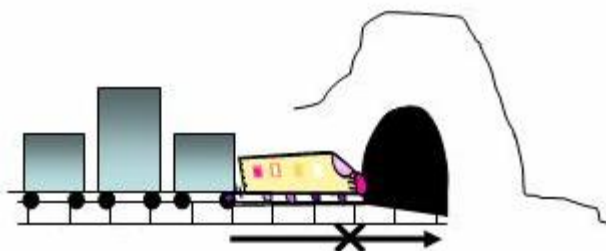
Abbildung 7: Kapazitätseinschränkung ausgelöst durch Unterhaltsarbeiten



Restriktionen für Rollmaterial

Nicht alle Eisenbahnwagen haben die gleichen Profile und Gewichte. Vor allem neuere Entwicklungen (wie z.B. der Grosscontainer in Abbildung 7) sind nicht mit allen Kunstbauten (Unterführungen, Tunnels, Kurvenradien, etc.) kompatibel. Dies führt dazu, dass das Trassenangebot nicht optimal genutzt werden kann.

Abbildung 8: Inkompatibilität von Rollmaterial



Behördliche Verfügungen, Gerichtsentscheide

Behördliche Anordnungen können die Nutzung der eigentlich vorhandenen Kapazität einschränken. Dies kann geschehen über die Festlegung einer Obergrenze für Zugfahrten, durch Restriktionen während bestimmter Tageszeiten oder durch ein Verbot von Zuggattungen auf bestimmten Strecken. Als Beispiel kann hier der Streckenabschnitt *Mattstetten – Rothrist* erwähnt werden, bei welchem Güterzüge von 22 Uhr bis 06 Uhr aus Lärmschutzgründen die alte Stammlinie nicht benutzen dürfen und über die Neubaustrecke geführt werden müssen.

Grenzüberschreitende Zusammenhänge

Je grösser der Anteil grenzüberschreitender Züge, desto stärker verschieben sich die bisher erläuterten Einflussfaktoren auf die internationale Ebene. Schienenkapazität macht an der Grenze nicht Halt. So beschränkt sich beispielsweise die Frage, ob ein grenzüberschreitender Güterzug auf einer in der Schweiz verfügbaren Trasse von Basel nach Domodossola fahren kann, nicht nur auf das Schweizer Schienen-

netz. Bei knapper Schienenkapazität und gleichzeitig steigenden Qualitätsanforderungen ist eine optimale Trassennutzung in diesem Fall z.B. auch von der Frage abhängig, ob der Terminal in Köln oder Mailand den Zug zum hierfür erforderlichen Zeitpunkt tatsächlich bereitstellen bzw. verarbeiten kann.

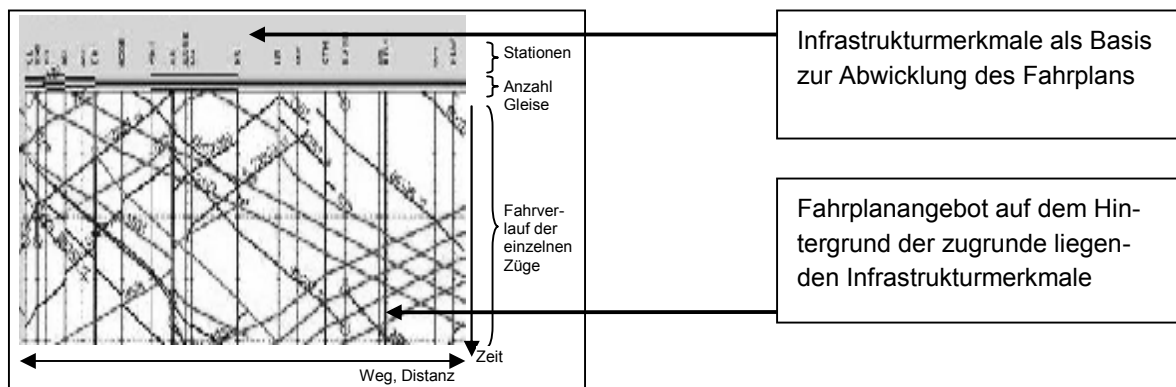
Die in diesem Kapitel aufgeführten Einflussfaktoren treten in Abhängigkeit von Grösse und Komplexität der betrachteten Infrastruktur meist gleichzeitig auf. Ihr Zusammenwirken erschwert wesentlich das Verständnis und die Bestimmung der Schienenkapazität.

5. Ermittlung der Schienenkapazität

Die Kapazität wird generell durch einen Wert je Zeiteinheit angegeben. Entsprechend wird die Schienenkapazität beschrieben als eine Anzahl Trassen pro betrachteten Zeitraum. Aber welche Trassen? Kapazitätsberechnungen auf der Basis einer maximalen Anzahl theoretisch konstruierbarer Trassen bringen zwar Näherungswerte. Sie stiften für praktische Fragen jedoch wenig Nutzen. Kapazitätsaussagen sind nur sinnvoll nutz- bzw. interpretierbar, wenn sie sich auf Marktbedürfnisse abstützen. Je genauer die Angebotskonzepte von Personen- und Güterverkehr sowie die Infrastrukturmerkmale definiert sind, desto verbindlicher lässt sich die Schienenkapazität festlegen.

Der erste Schritt zu einer Kapazitätsaussage ist das Zusammenführen der auf einer definierten Infrastruktur zur Umsetzung vorgesehenen Angebotskonzepte in ein Zeit-Weg-Diagramm (vgl. Abb. 9). Ergebnis dieses Prozessschrittes ist ein Fahrplan beziehungsweise eine Aussage zu dessen Umsetzbarkeit.

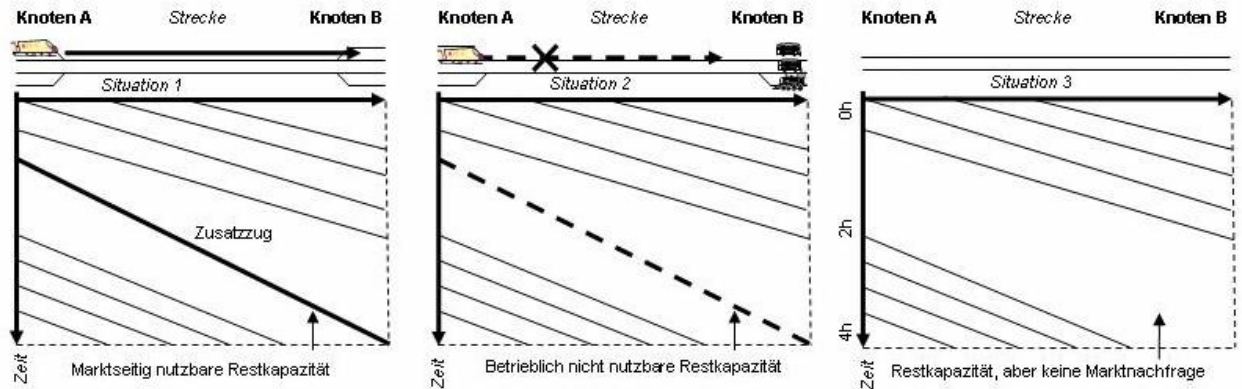
Abbildung 9: Darstellung von Angebotswünschen in einem Zeit-Weg Diagramm



Ein Fahrplan lässt für sich alleine jedoch noch keine Rückschlüsse auf die Schienenkapazität zu. Erst das Wissen darüber, wie viele Züge über das gewünschte Fahrplanangebot hinaus noch fahrbar wären und welche potenzielle Nachfrage diese befriedigen sollen, ermöglicht eine brauchbare Kapazitätsaussage. Es muss daher untersucht werden, wie viel (Rest-)Kapazität auf dem betrachteten Netzteil verbleibt und wie diese genutzt werden kann.

Auf der Strecke A bis B in Abbildung 10 besteht eine „Restkapazität“. In Situation 1 ist sie betrieblich nutzbar und wird durch einen Zusatzzug nachgefragt. Im zweiten Fall ist sie nicht nutzbar, da alle in B zur Verfügung stehenden Gleise zur fraglichen Zeit belegt sind. In Situation 3 besteht für die verfügbare Restkapazität zur fraglichen Zeit marktseitig kein Bedürfnis (Nacht).

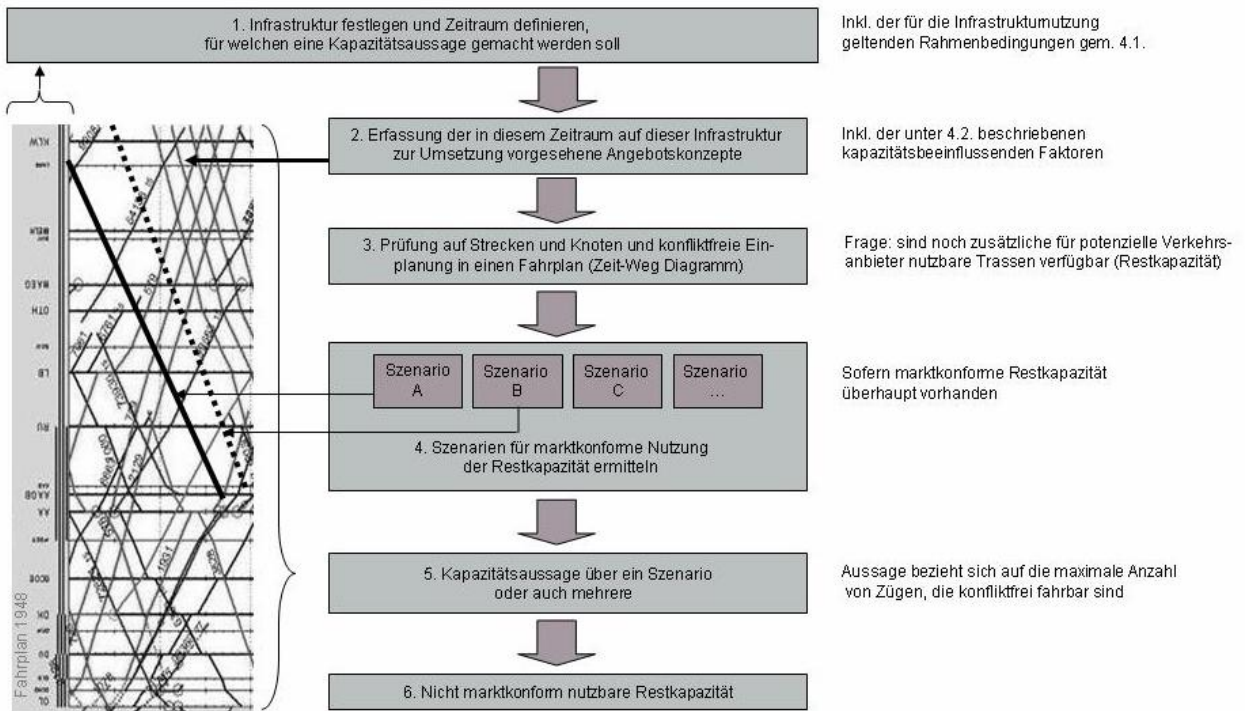
Abbildung 10: ‚Restkapazität‘ als betrieblich verfügbare, aber bisher noch nicht genutzte Kapazität



Die genaue Abschätzung der verbleibenden Kapazitätsreserven stellt die grösste Schwierigkeit zur Ermittlung der Schienenkapazität dar, denn hierfür gibt es keine allgemein akzeptierte Methodik. So berücksichtigt beispielsweise der Vorschlag des Internationalen Eisenbahnverbands ‚UIC‘ (Merkblatt 406) Knotenbahnhöfe nicht. Da er zudem auf hoch ausgelasteten Bahnnetzen allgemein zu unbefriedigenden Ergebnissen führt, ist er für Schweizer Verhältnisse nur beschränkt anwendbar.

Ein Ausweg besteht in der Bildung von Szenarien für die marktkonforme Nutzung der Restkapazität.

Abbildung 11: Ermittlung der Kapazität durch Bildung von Nutzungsszenarien



Diese Szenarien stellen entweder eigene Hypothesen des Infrastrukturbetreibers dar oder bauen auf noch nicht in den Fahrplan eingebundenen bestellerseitigen Anbietervorstellungen auf. In jedem Fall müssen sie mit den gleichen Qualitätsanforderungen in das Zeit-Weg Diagramm konfliktfrei eingeplant werden. Erst der planerische Einbezug dieser Nutzungsszenarien der Restkapazität ermöglicht gehaltvol-

le Kapazitätsaussagen; diese sind jedoch immer nur auf der Grundlage des jeweiligen Szenarios gültig. Die Schienenkapazität verändert sich, sobald an Infrastruktur oder Angebot Anpassungen vorgenommen werden (siehe Kap. 6).

Als Zwischenfazit lässt sich festhalten: Die absolute, auf Knopfdruck bestimmbare Kapazität existiert nicht. Aussagen zu freier Kapazität oder zur Kapazitätsobergrenze sind stets nur unter Berücksichtigung der spezifischen Netznutzungswünsche, der Annahmen über marktkonforme Nutzungsmöglichkeiten der Restkapazität sowie der infrastruktureitigen und rechtlichen Nutzungsrestriktionen möglich. Dennoch verbleiben Unsicherheiten und Unschärfen, da kaum je in einem Szenario alle kapazitätsbestimmenden Einflussfaktoren mit absoluter Gewissheit festgelegt werden können (z.B. Ausmass geplanter Unterhaltarbeiten; Unsicherheiten an den geografischen Schnittstellen der untersuchten Infrastrukturabschnitte, etc.). Dies gilt umso mehr, je stärker sich Aussagen auf die Zukunft beziehen. Entsprechende Vorbehalte sind zudem umso wahrscheinlicher, je grösser und komplexer der untersuchte Netzteil ist.

6. Kapazitätsanalyse als Grundlage für die Überwindung von Kapazitätskonflikten

6.1. Inhalt von Kapazitätsanalysen

Die Kenntnis der Kapazitätssituation eines Netzteils ist eine zentrale Voraussetzung für die Lösung von Konflikten im Trassenvergabeprozess. Nur wer sie kennt, hat den vollständigen Überblick über die sich bietenden Lösungsansätze. Können in diesem Rahmen Trassenanträge wegen ungenügender Kapazität einer Strecke nicht berücksichtigt werden, so ist gemäss Artikel 12 a der Netzzugangsverordnung (SR 742.122) die betroffene Strecke für überlastet zu erklären und eine Kapazitätsanalyse zu erstellen. Eine solche Analyse muss die Gründe für den Engpass präzise darlegen und darauf abgestützt mögliche Abhilfemassnahmen in einem umfassenden Sinn aufzeigen. Denn so zahlreich die Faktoren sind, welche auf die Schienenkapazität Einfluss nehmen, so sehr ergeben sich durch ihre Fülle zusätzliche Handlungsoptionen bei der Engpassüberwindung.

Die Schwierigkeiten in der Anwendung der Bedingung „wegen ungenügender Kapazität einer Strecke“ wurden bereits erläutert. Zwei weitere Fragen verbleiben aber:

- 1) Welche Ansatzpunkte gibt es, um Engpässe kurz- bis mittelfristig zu überwinden?
- 2) Ist es in jedem Fall vertretbar, aktiv auf die Überwindung eingetretener Engpässe hinzuarbeiten?

6.2 Ansatzpunkte zur Überwindung von Kapazitätskonflikten

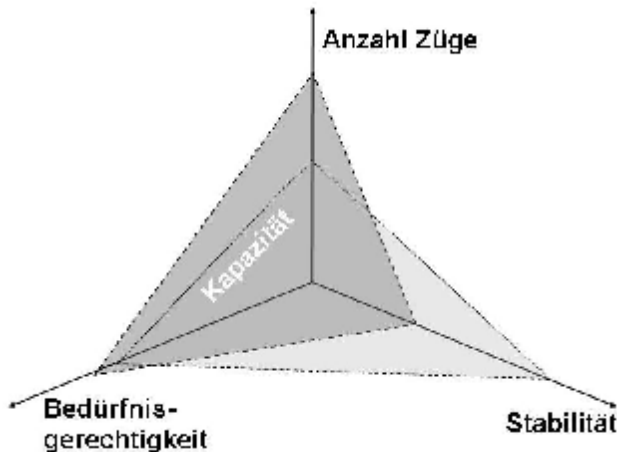
Die Schienenkapazität wurde in Kap. 4.1 definiert als die Gesamtzahl an Fahrplantrassen, welche innerhalb eines festgelegten Zeitabschnitts und auf einem bestimmten Streckennetz basierend auf definierten Angebotskonzepten in marktkonformer Qualität eingeplant bzw. gefahren werden können.

Statischer Betrachtungsfall

Sind bei der Überwindung von Kapazitätskonflikten Investitionen in Infrastruktur, Betriebssteuerungstechnologie oder Rollmaterial (vgl. Kap. 4.2 – 4.4) keine Option (statischer Betrachtungsfall), so kann die Kapazität nur zu Lasten von Qualitätsmerkmalen erhöht werden.

Die gegenseitige Beeinflussung der Kapazität im statischen Betrachtungsfall durch die Anzahl Züge, die Bedürfnisgerechtigkeit sowie die Stabilität, lässt sich anhand eines Dreiecks veranschaulichen (vgl. Abbildung 12). Darin gibt es folgende Ausprägungen:

Abbildung 12: Möglichkeiten der Konfliktlösung im statischen Betrachtungsfall



- **Anzahl Züge**
Sollen zusätzliche Züge eingeführt werden, muss der Kapazitätsbedarf hierfür durch Abstriche an der Bedürfnisgerechtigkeit des Angebotes bzw. an der Fahrplanstabilität erkauft werden
- **Bedürfnisgerechtigkeit des Fahrplans (Homogenität/Heterogenität der Angebotsgestaltung)**
Je homogener die Angebotsgestaltung auf Mischverkehrsstrecken erfolgt, desto mehr Trassen können eingeplant werden. Die so gewonnene Kapazität kann jedoch ein Abweichen von marktseitig wünschbaren Angebotsvorstellungen erforderlich machen

In der Fahrplanplanung kann der Infrastrukturbetreiber auch Soll- bzw. Normgeschwindigkeiten vorschreiben oder gemäss Art. 20 Abs. 1 lit. g der Netzzugangsverordnung einen Zuschlag auf den Trassenpreis vorsehen, wenn der Trassenwunsch stark von der Normgeschwindigkeit abweicht

- **Stabilität des Fahrplans**
Nicht alle Züge verkehren sekundengenau. Damit sich Verspätungen möglichst wenig auf Folgezüge übertragen, planen die Fahrplanersteller so genannte Reservezeiten ein. Je geringer diese Reservezeiten sind, desto mehr Trassen lassen sich einplanen, desto grösser ist aber auch das Risiko von Fahrplaninstabilitäten und desto länger geht es, bis der Fahrplan sich nach einer Störung wieder erholen kann.

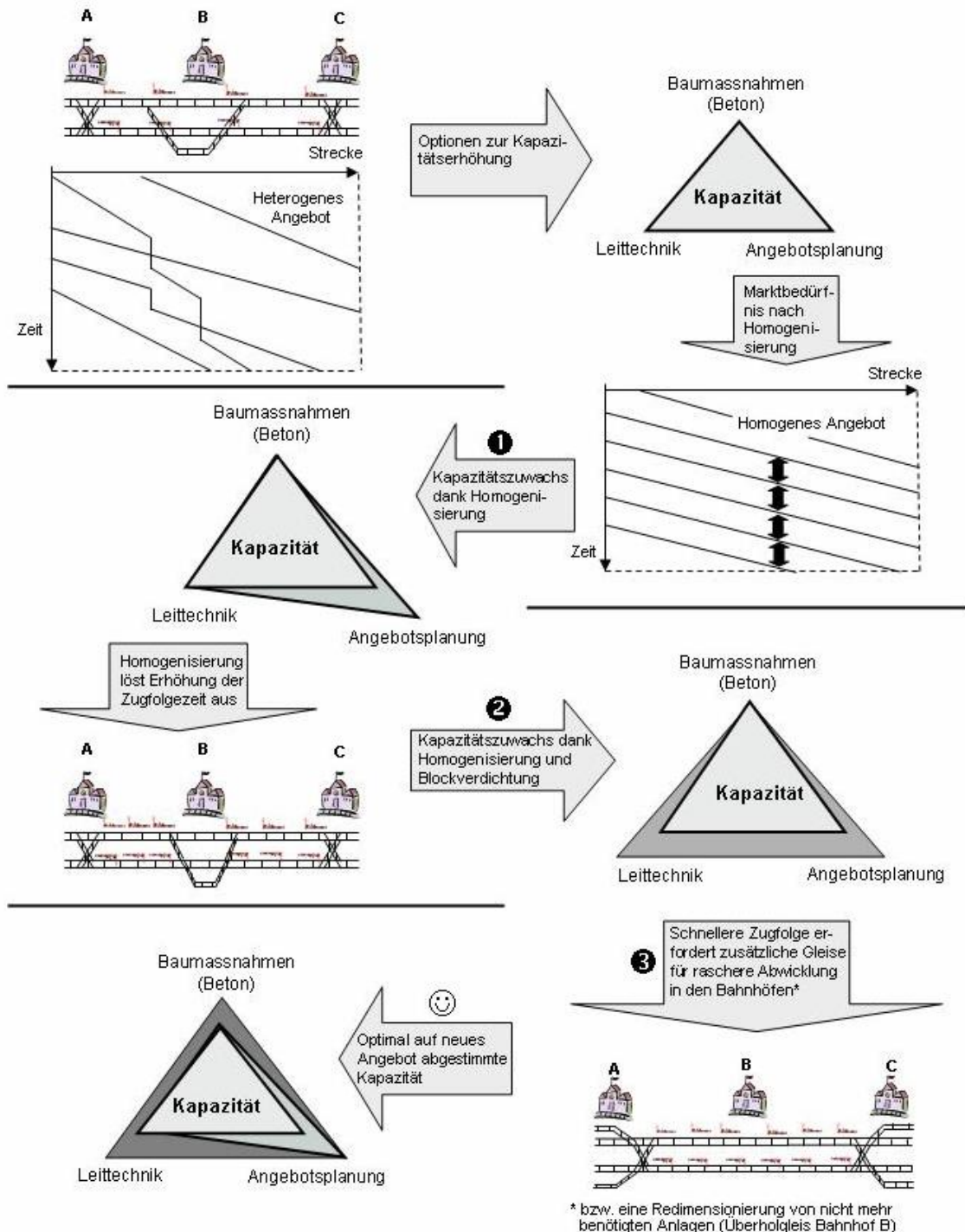
Die Erhöhung der Anzahl Züge hat im statischen Betrachtungsfall somit eine Einschränkung von Stabilität und Bedürfnisgerechtigkeit (Eingehen auf spezifische Angebotswünsche) zur Folge und umgekehrt. Eine Kapazitätserhöhung ist somit nur auf Kosten von Suboptimierungen bzw. Verzicht möglich. Im Beispiel der Abbildung 12 wurde die gegebene Kapazität (gepunktetes Dreieck) insbesondere zu Lasten der Stabilität erhöht (gestricheltes Dreieck). Es ist die besondere Anforderung an die Kompromissbereitschaft der am Fahrplanplanungsprozess Beteiligten, sich so auf die einzelnen Parameter zu einigen, dass aus der begrenzten Fläche des Dreiecks der maximale Nutzen gezogen werden kann (maximale Anzahl Trassen bei bestmöglicher Erfüllung der Marktanforderungen und der für die Stabilität minimal nötigen Reservezeiten). Eine Massnahme im Trassenvergabeprozess ist beispielsweise das Verschieben untergeordneter Züge (die Einhaltung gesetzlicher Vorgaben vorausgesetzt) in weniger kapazitätskritische Zeitfenster, um damit Raum für andere Verkehre frei zu geben.

Dynamischer Betrachtungsfall

Im Gegensatz zum statischen Betrachtungsfall lässt sich mit Investitionen eine den Qualitätsansprüchen und der Nachfrage gerecht werdende Kapazitätssteigerung erzielen. Entsprechende Massnahmen können an allen in Kapitel 4 aufgeführten kapazitätsbeeinflussenden Faktoren ansetzen, sie müssen nicht nur Netzerweiterungen beinhalten. Beispielsweise ermöglichen schneller beschleunigende Züge für den Regional- bzw. S-Bahn-Verkehr eine Harmonisierung der Fahrgeschwindigkeiten und somit mehr Trassen. Kürzere Blockabstände und neue Zugsbeeinflussungssysteme ermöglichen eine höhere Zugdichte und somit ebenfalls mehr Trassen, ohne dass dadurch die Fahrplanstabilität leidet. Längere Perronkanten oder Überholgleise erhöhen zwar nicht die Anzahl Trassen, aber sie ermöglichen das Führen längerer Züge und erhöhen somit die Sitzplatz- oder Stellplatzkapazität. Doch auch im dynamischen Betrachtungsfall

tungsfall bleibt die Angebotsplanung ein Teil der Lösungssuche. Die damit verbundenen gegenseitigen Abhängigkeiten sind in der untenstehenden Grafik beispielhaft dargestellt. Ausgangspunkt bildet ein heterogenes Angebot, welches neu auf homogenere Geschwindigkeiten ausgerichtet werden soll.

Abbildung 13: Optionen in der Konfliktlösung aus Sicht des Infrastrukturbetreibers im dynamischen Betrachtungsfall



Massnahmen zur Kapazitätserhöhung lösen also fast immer weiteren Handlungsbedarf in anderen Bereichen aus. Eine Kapazitätssituation, in welcher Infrastruktur und Angebot dauerhaft optimal aufeinander passen, ist in einem dynamischen wirtschaftlichen Umfeld weder erreichbar noch sinnvoll.

6.3 Zweckmässigkeit der Überwindung von Kapazitätsengpässen

In Kapitel 6.2 wurde aufgezeigt, dass sich Kapazitätsengpässe nur auf Kosten von Qualitätsparametern oder durch mehr oder weniger kostenträchtige Investitionen beheben lassen. Somit stellt sich die Frage, wann es zweckmässig und volkswirtschaftlich sinnvoll ist, für den Fall einer nicht möglichen Trassenzuteilung eine Kapazitätserweiterung vorzusehen.

Diese Frage ist insofern rhetorisch, als jedermann einleuchten dürfte, dass eine Kapazitätserweiterung mittels Investitionen volkswirtschaftlich unsinnig wäre, nur weil beispielsweise der Wunsch für einen Extrazug für Besucher eines einmaligen Anlasses nicht erfüllt werden kann. In der Tat gibt es aber keine eindeutige Abgrenzung zwischen singulären auf der einen und regelmässig wiederkehrenden Konflikten auf der anderen Seite. Ob also für die konfliktbehaftete Führung von Extrazügen über einen längeren Zeitraum Massnahmen in Betracht gezogen werden sollen, ist bereits schwieriger abzuwägen.

Die Trasse Schweiz AG⁵ hat im Rahmen ihrer Zuständigkeit zusammen mit den Infrastrukturbetreibern und in Absprache mit dem Bundesamt für Verkehr Kriterien erarbeitet ab wann es vertretbar ist, eine Strecke formell für überlastet zu erklären und im Rahmen einer Kapazitätsanalyse auf die Überwindung eingetretener Engpässe hinzuarbeiten (siehe <http://www.trasse.ch/de/kapazitaet/>). Die Anwendung dieser Kriterien unterstützt das insbesondere von finanziellen Zwängen getriebene Bestreben, sich mit Massnahmen zur Konfliktbehebung verstärkt auf die am stärksten ausgelasteten Strecken und Knoten sowie auf die Ermöglichung der Netznutzungswünsche mit dem grössten Kundenpotenzial zu fokussieren. Dies schliesst die Würdigung der netzweiten Angebotswirkungen einer Massnahme mit ein. Für eine investive Kapazitätserweiterung muss insbesondere der nicht erfüllbare Trassenwunsch eine gewisse Beständigkeit aufweisen und der marktseitige Leidensdruck ein bestimmtes Ausmass überschreiten. Eine Kapazitätserweiterung für die Ermöglichung eines Zuges auf einer Nebenstrecke mit durchschnittlich zehn Passagieren hat einen anderen Stellenwert als die Ermöglichung eines ganzen Angebotskonzeptes auf einer Hauptverkehrsline für ein Potenzial von Tausenden von Passagieren. Die aufgestellten Kriterien dienen der Transparenz. Sie sind jedoch einzig in Zusammenhang mit Konfliktregelungen im Jahresfahrplanprozess von Bedeutung.

7. Fazit

Die Nachfrage nach Schienenverkehrsleistungen steigt kontinuierlich. Weil der Ausbau der Schieneninfrastruktur mit der Nachfrageentwicklung nicht Schritt halten kann, wird der Umgang mit Engpässen vermehrt zum Regelfall. Mit dem Eintritt weiterer EVU auf das Schienennetz wird sich der Wettbewerb um knappe Kapazität noch zusätzlich verstärken. Das Streben nach gerechten Lösungen erfolgt dabei vor dem Hintergrund des noch stark auf die Fachebene reduzierten Wissens über kapazitive Zusammenhänge und der individuellen Beurteilung von Engpässen aus dem Blickwinkel der jeweils Betroffenen.

Politik und Öffentlichkeit fordern in Kenntnis dieser Sachverhalte verständlicherweise eine eindeutige Methodik der Kapazitätsberechnung und einen neutralen Umgang mit Kapazitätsfragen nach objektiven Kriterien. Der Wunsch nach allseits akzeptierten Kapazitätsaussagen und einer mechanistischen, quasi auf Knopfdruck ermittelbaren Kapazität ist jedoch nicht erfüllbar. Die Ermittlung gehaltvoller Angaben zur Schienenkapazität ist vielmehr an eine Fülle von Annahmen und Hypothesen gebunden. In Abhängigkeit

mit diesen Annahmen sind abweichende Informationen deshalb als normal zu betrachten. Eine objektive und unmissverständliche Wertung von Kapazitätsaussagen ist aber möglich. Sie setzt jedoch immer Transparenz über die zugrunde liegenden Annahmen voraus.

Unabhängig von Fragen der Methodik ist aber unbestritten, dass das schweizerische Bahnnetz auf zahlreichen Strecken und Bahnhöfen an der Grenze seiner Leistungsfähigkeit angelangt ist. Bei genauerer Betrachtung treten Engpässe jedoch hauptsächlich in den Hauptverkehrszeiten auf, wo sich die Bedürfnisse von Personen- und Güterverkehr überlagern. Es ist deshalb auf den ersten Blick nahe liegend die Tagesganglinie zu glätten und nachfrageschwächere Zeiten besser zu nutzen. Was dies in Bezug auf Betriebskosten und Marktakzeptanz heisst, ist eine jedoch andere Frage. Ohne Möglichkeiten zur Investition in eine Kapazitätserhöhung bei Nachfrageüberhängen bleibt letztlich nur die Erkenntnis, dass zusätzliche Angebote immer nur über Kompromisse bei Qualitätskomponenten realisierbar sind.

Aber auch im Falle einer Überwindung von Kapazitätsengpässen durch Investitionen müssen wir uns damit abfinden, dass die Schienenkapazität nie dauerhaft optimal mit dem Fahrplanangebot kompatibel ist. Diese Erkenntnis ist gleichzeitig aber auch der Antriebsmotor für eine permanente Weiterentwicklung. Was es in Anbetracht knapper Investitionsmittel jedoch vermehrt braucht, ist ein bereichsübergreifender Diskurs über Kapazitätsfragen im Rahmen einer verlässlichen Partnerschaft aller Prozessteilnehmer. Nur dadurch kann deren spezifisches Know-how sowie das Potenzial an unkonventionellen Ideen erfolgreich zusammengeführt werden, sodass als Ergebnis eines iterativen Planungsprozesses die Massnahmenkombinationen mit dem besten Kosten-Nutzen Verhältnis gefunden wird.

Autor

Hans-Bernhard **Fiechter**, Bereichsleiter Trassenkapazität, Trasse Schweiz AG, Schwarztorstrasse 31, Postfach 8521, 3001 **Bern**
hb.fiechter@trasse.ch

Herzlichen Dank für die beratende Unterstützung an Herrn Peter Pfeiffer, Ennetburgi

Endnoten

¹ Zur Beschreibung der diskriminierungsfreien Kapazitätszuteilung siehe ‚Diskriminierungsfreie Trassenvergabe‘ von Thomas Isenmann & Werner Grossen, Schweizerische Verkehrswissenschaftliche Gesellschaft, Jahrbuch 2007

² Union Internationale des Chemin de fer mit Sitz in Paris

³ Zukünftige Entwicklung der Bahnprojekte

⁴ Zum Knotenprinzip siehe F. Loeffel, H. Meiner und W. Wildener: „Taktfahrplan Schweiz – Idee, Planung, Realisierung und Weiterentwicklung zur Bahn 2000“; Schweizer Eisenbahnrevue 11/2002. Für die Erläuterung des Begriffs siehe Glossar auf www.bav.admin.ch oder www.voev.ch/oV-Glossar.html

⁵ Die Trasse Schweiz AG ist die unabhängige Trassenvergabestelle für die Netze von SBB, BLS und SOB.