

Erhöhung der Streckenkapazität des Shinkansen mit Dynamischem Flügel

Tilo Schumann, DLR Institut für Verkehrssystemtechnik, Braunschweig

1 Einleitung

Unter dem „Flügel“ von Zügen versteht man die gekuppelte Fahrt zweier Zugteile, die sich nach Ende des gemeinsam befahrenen Gleis- bzw. Streckenabschnitts trennen und in verschiedene Richtungen weiterfahren. Das Kuppeln und Trennen findet im sogenannten Flügelbahnhof statt. Beim Zusammenkuppeln wartet der erste Zugteil, während sich der andere langsam annähert und dann ankuppelt. Die Idee des dynamischen Flügelns liegt in der Erweiterung dieses Vorgehens und der Verschiebung dieses Prozesses auf die freie Strecke. Das Kuppeln und Entkuppeln wird also während der Fahrt durchgeführt.

Das Flügeln ermöglicht eine intensivere Nutzung des Eisenbahnnetzes, weil mehrere Züge zusammen nur noch eine Fahrplantrasse belegen. Die Kapazität des Netzes ist primär beschränkt in der Anzahl der durchgeführten Zugfahrten und weniger durch die Länge der Züge, insbesondere im Personenverkehr durch die dort praktizierte kürzere Länge im Vergleich zum Güterverkehr.

Ein Problem des Flügelns stellt die Kupplungsprozedur dar. Hierbei treten vereinzelt mechanische Störungen auf und bei Verspätungen ist auch der andere Zugteil betroffen. Um die Auswirkungen dieser Probleme zu reduzieren werden häufig große Reservezeiten in den Flügelbahnhöfen vorgesehen, was sich negativ auf die Gesamtreisezeit auswirkt.

Der vorliegende Beitrag behandelt ein Betriebsszenario, welches das dynamische Flügeln verwendet. Durch die notwendigen Technologien einer Abstandsregelung bei der Annäherung und Trennung, sind die Zugteile in der Lage, auch mit sehr kurzem Abstand sicher zu fahren. Aus dieser Eigenschaft heraus entstand die Überlegung, ganz auf die mechanische Kupplung zu verzichten. Die Züge halten somit während der „virtuell gekuppelten“ Fahrt einen Abstand zum Nachbarzug mittels Regelung des Antriebs und der Bremsen ein. Der Abstand könnte z.B. bei 10 Metern liegen. Zur Ermittlung des Abstandes und der Regelung wird eine ausgeklügelte Kommunikations- und Ortungstechnik eingesetzt, die im Rahmen des Projektes „Next Generation Train“ (NGT) des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR) entwickelt wird.

2 Weichenproblematik bei dichter Zugfolge

Die Weiche ist eine wesentliche Randbedingung für die Entwicklung von Betriebsszenarien für das dynamische Flügeln. Dies liegt darin begründet, dass im Falle einer Weichenstörung der nächste Zug sicher vor der Weiche zum Stehen kommen können muss. Er muss also den absoluten Bremswegabstand zur Weiche einhalten. Da der vorhergehende Zug kurz vorher über die Weiche gefahren ist, müsste der Abstand zweier Teilzüge kurz vor der Trennung der Fahrwege wesentlich größer als der relative Bremswegabstand sein, wodurch viele Szenarien des dynamischen Flügelns ihres Nutzens beraubt werden.

Ein anderes Argument wird an dieser Stelle nicht weiter behandelt: das Auffahren auf einen Zug, der schlagartig zum Stillstand kommt. Dass in dieser Situation ein Verunglücken des folgenden Zugteils nicht mehr zu verhindern ist, muss eher als ethische Fragestellung angesehen werden. Denn letztlich kommt es nicht auf die Anzahl der verunglückenden Züge an, sondern auf die Anzahl der betroffenen Menschen. Und diese Anzahl kann auch in einem Einzelzug sehr hoch sein, wenn man an 400 Meter lange Hochgeschwindigkeitszüge oder den Bahnbetrieb in Indien denkt. Die Bildung von kilometerlangen Zugverbänden mit mehreren tausend Menschen an Bord ist aus weiteren betrieblichen Gründen, die insbesondere in der Knoten- und Bahnsteiggestaltung zu suchen sind, eher unwahrscheinlich.

3 Betriebliche Szenarien des dynamischen Flügelns

Eine grundsätzliche Unterscheidung der betrieblichen Szenarien wird durch das Weichenproblem bestimmt:

- Szenarien unter Einhaltung des absoluten Bremswegabstands vor der Weiche
- Szenarien ohne Berücksichtigung des Bremswegs.

Letztere erscheinen möglich, wenn es sich dabei um passive Weichen handelt, wo seitens der Infrastruktur keine Vorgabe über den Fahrweg mehr gemacht wird. Leider sind derartige Weichen noch nicht für den schnellen Bahnverkehr entwickelt, genauso wenig wie eine störungsfreie Weiche.

Mit der Nutzung solcher Passivweichen ist der „klassische“ Fall für das dynamische Flügeln realisierbar. Zwei Züge fahren von unterschiedlichen Strecken mit hoher Geschwindigkeit auf einen gemeinsamen Streckenabschnitt zu und passieren in kurzem Zeitabstand die Einfädelweiche. Sie kuppeln nun virtuell und setzen ihre Fahrt „vereint“ fort. Später teilen sie sich wieder auf und überfahren die Trennungweiche in dichter Folge in verschiedenen Richtungen.

Wenn diese straßenähnliche Betriebsweise konsequent zu Ende gedacht wird, ergibt sich ein sogenanntes „Autobahnscenario“. Die Idee ist hierbei immer ein zweites Gleis pro Richtung zum Überholen verfügbar zu haben. In regelmäßigen Abständen gibt es entsprechende Überleitstellen. Analog zur Autobahn könnte das äußere Gleis wie im „Rechtsfahrgebot“ standardmäßig genutzt werden und das innere Gleis zum Überholen.

Aber auch mit konventionellen Weichen sind noch einige weitere Szenarien denkbar, die einen Nutzen bezüglich Kapazität und Fahrzeit bringen.

Das Slip Coaching wurde bis in die 1960er Jahre in Großbritannien praktiziert. Hierbei trennten sich die letzten Wagen vor einem Bahnhof, an dem der Hauptteil des Zuges in vollem Tempo durchfuhr, die letzten Wagen aber anhielten. Das Verfahren war natürlich nur in eine Richtung möglich und mit Rangieraufwand verbunden. Beide Nachteile können heute durch die Triebwagen beseitigt werden. Züge, die aus mehreren Teilen zusammengekuppelt werden (ICE2, ICE3, TGV Duplex, NGT) bieten sich für ein solches Verfahren an.

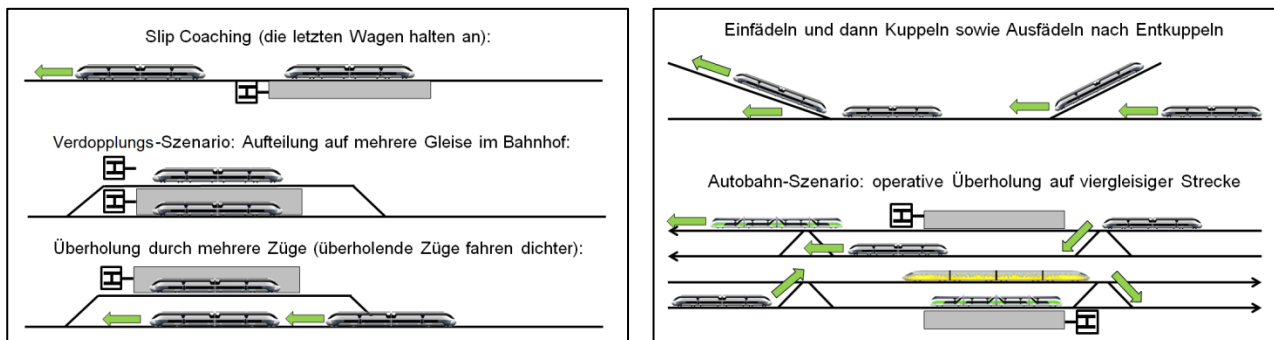


Abb.1 Betriebliche Szenarien des dynamischen Flügelns (links mit konventionellen Weichen, rechts mit Passivweichen)

Eine weitere Möglichkeit, einen Nutzen aus dem dynamischen Flügelns zu ziehen, wird in diesem Bericht näher behandelt: ein Konzept, die Züge über die gewöhnliche Bahnsteig- oder Gleislänge hinaus verlängern zu können. Das Flügelns zweier Züge mit maximaler Länge wird im Folgenden Verdopplungsszenario bzw. wegen des Anwendungsfalles Shinkansen-Szenario genannt.

Ausgangslage ist eine stark belastete Hochgeschwindigkeitsstrecke mit homogenem Verkehr. Der Zugmix weist keine ausgeprägten Geschwindigkeitsunterschiede auf, lediglich das Halteschema unterscheidet die verschiedenen Zugtypen. Weiterhin sollte ein Bedarf nach zusätzlichen Transportkapazitäten bestehen.

Das Ziel des Szenarios ist die Kapazitätserhöhung der vorhandenen Strecke. Um das Weichenproblem abzuschwächen, finden die Annäherungs- und Trennungsmanöver in der Nähe der Bahnhöfe statt, wenn die Geschwindigkeiten niedrig und dementsprechend die Bremswege kurz sind.

Zunächst stehen beide Züge an benachbarten Gleisen. Dann fährt der erste Zug los. Wenn die Einfädelweiche geräumt und umgestellt wurde, fährt der zweite Zug hinterher in den belegten Block. Dabei fährt er im relativen Bremswegabstand zum ersten Zug. Er schafft es nicht, zum ersten Zug aufzuschließen. Betrieblich macht es auch keinen Sinn, dass der erste Zug langsamer fährt, um ein Aufschließen zu ermöglichen, denn vor der Trennungsweiche muss wieder der absolute Bremswegabstand eingehalten werden. Neben einer Erhöhung der Zugfahrten und damit auch unmittelbar der Kapazität kann ebenfalls die Haltezeit von überholten Zügen reduziert werden, wenn zwei überholende Züge zuvor in einem geringeren Abstand zueinander fahren.

4 Anwendung auf den japanischen Shinkansen

Die japanische Tokaido-Shinkansen-Strecke bietet eine gute Ausgangslage zur beispielhaften Prüfung des Verdopplungsszenarios. Es gibt drei Zugkategorien, welche die gleiche Höchstgeschwindigkeit erreichen und sich nur durch ihr Halteschema unterscheiden. Weiterhin wird die Strecke an ihrer Leistungsgrenze betrieben und es besteht Bedarf an zusätzlichen Kapazitäten. Im Szenario wird eine Verdopplung der schnellsten Zugkategorie, des Nozomi, vorgesehen. Das heißt, dass es zu jedem Nozomi-Zug einen weiteren gibt, der auf der Fahrt von Tokio nach Osaka unmittelbar folgt. Dieses Verfahren ist möglich, weil alle Haltebahnhöfe mindestens zwei Bahnsteiggleise pro Richtung aufweisen. Die Hikari- und Kodama-Züge werden von den zwei Nozomis an kleineren Bahnhöfen überholt.

Eine Simulation des Verfahrens zeigt, dass sich je nach Entfernung der Einfädelweiche von der Halteposition Abstände von 900 Metern bis zu einigen Kilometer zwischen den Zügen während der Folgefahrt einstellen. Im Falle von Abweichungen zum Fahrplan – die in Japan allerdings selten sind - reduziert sich der Abstand auf wenige Meter.

Abgesehen von einem entstehenden Engpass im Bahnhof Nagoya wird ein großer Nutzen erzielt: Die Anzahl der Abfahrten von Tokio kann, durch dieses Szenario, innerhalb von 3 Stunden von 34 auf 52 Züge erhöht werden und die Kapazität steigt von 15.000 auf 23.000 Fahrgäste pro Stunde und Richtung.

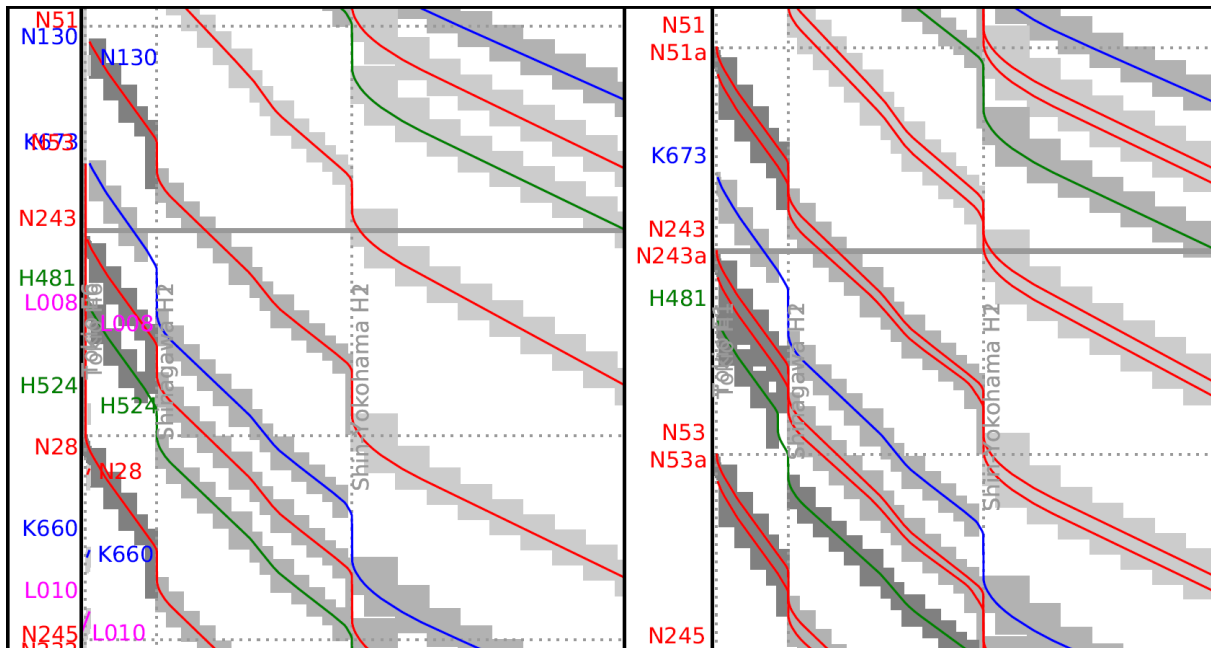


Abb.2 Bildfahrpläne des Streckenabschnittes zwischen Tokio (linker Rand) und Shin-Yokohama: Linke Bildhälfte mit einfachen, rechts mit verdoppelten Nozomi-Fahrten (rote Linien)

5 Ausblick

Für das dynamische Flügeln sind weitere Szenarien untersuchenswert. Hierzu gehört das Slip-Coaching-Verfahren, bei dem Zugpaare, die aus kürzeren Teilzügen bestehen, sich an kleineren Stationen trennen und nur der hintere Teil anhält. Mit diesen Verfahren könnte eine Reduzierung der Fahrzeiten ohne Infrastruktureneubau erreicht werden. Im deutschen ICE-Netz könnten z.B. kleinere Städte wie Göttingen, Kassel oder Fulda so angebunden werden, dass viele ICE-Teilzüge ohne Fahrzeitverlust durchfahren können und sich dennoch die Bedienungshäufigkeit der Städte nicht verschlechtert. Die haltenden Zugteile können dann entweder allein weiterfahren oder mit dem nächsten durchgehenden Zug dynamisch flügeln. In Hinblick auf eine Automatisierung des Zugverkehrs (zumindest im Schnellfahrstreckenbereich) erhöht sich hierfür auch nicht der Aufwand, da keine zusätzlichen Triebfahrzeugführer gebraucht werden. Das Trassenpreissystem muss die kürzeren Züge natürlich auch entsprechend würdigen, um der Umsetzung derartiger Verfahren nicht im Wege zu stehen.