

NGT Slip Coaching – Übertragbarkeit des Konzepts auf weitere Länder und Streckentypen

Das neue Slip Coaching-Verfahren kann dazu beitragen, auf existierender Infrastruktur ein verbessertes Angebot mit höherer Taktfrequenz, verringerten Reisezeiten sowie zusätzlichen Direktverbindungen umzusetzen. Insbesondere im Hochgeschwindigkeitsverkehr können signifikante Systemvorteile realisiert werden. In diesem Beitrag wird untersucht, inwieweit das Verfahren auf andere Länder und Streckentypen übertragbar ist.



1. Einleitung und Ziel der Untersuchung

Seit fünfzehn Jahren forscht das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt e. V. (DLR) unter der Projektmarke Next Generation Train (NGT) an einem innovativen System für spurgeführten Hochgeschwindigkeitsverkehr [1, 2]. Eine bedeutende Innovation des NGT hinsichtlich betrieblicher und technischer Aspekte ist das dynamische Flügeln. Dabei können Züge ohne mechanische Verbindung elektronisch gekuppelt und während der Fahrt gestärkt oder geschwächt werden.

In diesem Artikel wird die Kombination des virtuellen Kuppelns und dynamischen Flügelns innerhalb eines neuartigen Betriebskonzepts, des so genannten Slip Coachings, betrachtet. Dabei verkehren mehrere Zugteile virtuell gekuppelt zwischen zwei Knotenbahnhöfen. An Zwischenstationen trennen sich einzelne Zugteile während der Fahrt ab und halten, während der Hauptzug mit voller Geschwindigkeit durchfahren kann. Vor dem nächsten durchgehenden Zug beschleunigt der haltende Zugteil wieder und kuppelt virtuell mit diesem. In [3] konnte gezeigt werden, dass durch die Anwendung des Slip Coachings eine erhöhte Beförderungskapazität (Fahrgäste pro Stunde) erreicht werden kann. Des Weiteren profitieren die Fahrgäste von einer höheren Angebotsqualität, insbesondere durch kürzere Reisezeiten und mehr Direktverbindungen.

Weiterer Bestandteil dieses Beitrags ist die Übertragung des Konzepts von der Referenzstrecke in Deutschland [3] auf zusätzliche Strecken und Länder. Dazu werden Anforderungen definiert, die ein möglicher Slip Coaching-Korridor erfüllen sollte. Es wird außerdem eine Auswahl an Strecken bzw. Korridoren benannt, auf denen das Slip Coaching Verfahren neben der beispielhaften Strecke in Deutschland ebenfalls angewendet werden könnte. Hierfür werden makroskopische Betriebsverfahren definiert sowie Vor- und Nachteile der Anwendung auf den spezifischen Strecken herausgearbeitet.

2. Übertragbarkeit des Konzepts

2.1. Rahmenbedingungen und verallgemeinertes Modell

Um bewerten zu können, welche Strecken durch Slip Coaching profitieren, sind die Voraussetzungen des Betriebskonzepts genau zu beschreiben. Hierzu gehören sowohl harte Vorgaben zu Halteabständen, Zwischenstationen und Sicherungstechnik als auch weiche Bedingungen, die den Nutzen des Konzepts erhöhen und so in Summe den Aufwand rechtfertigen.

Um Slip Coaching anzuwenden, ist es grundsätzlich notwendig, dass die Sicherungstechnik entweder das Fahren im relativen Bremswegabstand oder die virtuelle Kupplung mehrerer Züge während der Fahrt unterstützt. Dies ist absehbar nur bei



Michael Mönsters, M.Sc.
wissenschaftlicher Mitarbeiter,
DLR-Institut für Verkehrssystem-
technik, Braunschweig
michael.moensters@dlr.de



Dipl.-Ing. Leander Flamm
bis 03/2022: wissenschaftlicher
Mitarbeiter, DLR-Institut für
Verkehrssystemtechnik, Braun-
schweig
leander.flamm@dlr.de

ETCS Level 3 denkbar, wobei sich die technischen Umsetzungen dieser theoretisch bereits gut untersuchten Anwendungen noch in der Entwicklung befinden [4, 5, 6, 7].

Die Anzahl der von einem Zugverband bedienbaren Zwischenstationen entspricht der Anzahl Zugteile, im Falle eines durchgehenden Sprinterteils ohne Zwischenhalt der Anzahl minus eins. Durch die maximale Länge eines Zugverbands in den Knotenbahnhöfen (üblicherweise 400 m) und die minimale, noch wirtschaftlich zu betreibende Größe eines einzelnen Triebzugs – je Zug müssen Antriebstechnik, Sanitäranlagen, Zugbegleitpersonal etc. vorgehalten werden – ergibt sich eine Höchstzahl sinnvoll zu bedienender Zwischenstationen. Ebenso wird die Auslastungssteuerung bei

kleineren Einheiten erschwert. Im Fernverkehr sind ersten Schätzungen zufolge drei bis fünf Zwischenstationen denkbar.

Die Abstände zwischen den Unterwegshalten sollten mindestens ausreichen, um ein virtuelles Kupplungsmanöver vollständig abzuschließen und eine Trennung vor dem nächsten Halt zu ermöglichen. Andernfalls muss die Sicherungstechnik sogar das zeitgleiche Kuppeln und Entkuppeln an einem Zugverband ermöglichen.

2.2. Übertragbarkeit auf Regional- und Güterverkehr

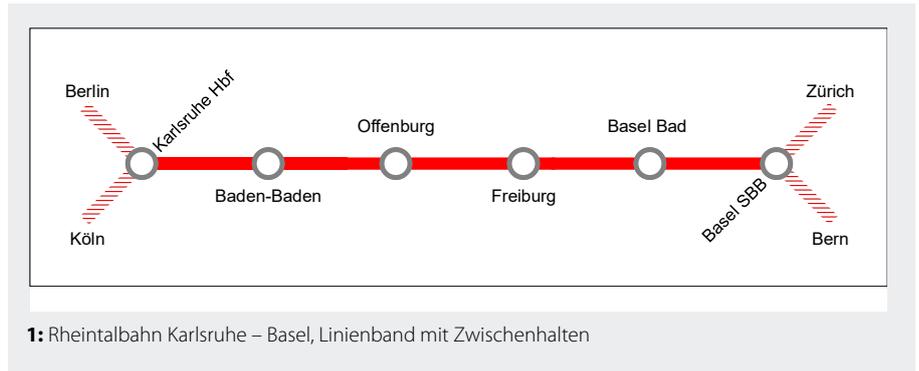
Anhand der oben definierten Rahmenbedingungen für den Einsatz des Slip Coachings wird im Folgenden die Übertragbarkeit auf den Regional- und Güterverkehr diskutiert und qualitativ abgeschätzt.

2.2.1. Regionalverkehr

Prinzipiell ist eine Anwendung von Slip Coaching neben dem Fernverkehr auch im S-Bahn- oder Regionalverkehr möglich. Allerdings bestehen einige Einschränkungen, die nach einer ersten Abschätzung nur wenige Strecken hierfür empfehlen. Der Nutzen des Betriebskonzepts kann so nicht voll ausgeschöpft werden.

Wie in Abschnitt 2.1 beschrieben ist die Zahl bedienbarer Zwischenstationen zwischen zwei Slip Coaching-Knotenbahnhöfen durch die maximale Zugverbandslänge und die minimale Fahrzeuggröße begrenzt. Einerseits können durch ein geringeres Serviceniveau und eine einfachere Ausgestaltung des Antriebssystems im Regionalverkehr kleinere Fahrzeuge wirtschaftlich betrieben werden. Andererseits gilt jedoch die Beschränkung der Zugverbandslänge noch stärker, da in Regionalverkehrsknoten oft nur Bahnsteige mit einer Länge von unter 400 m vorhanden sind. Insgesamt ist zu erwarten, dass sich diese Aspekte annähernd ausgleichen, wodurch weiterhin nur drei bis fünf Zwischenhalte im Slip Coaching möglich sind, bevor der Zugverband in einem Knotenbahnhof neu zusammengestellt werden muss. Im Regionalverkehr sind jedoch generell mehr Zwischenhalte zu erwarten.

Der Nutzen wird dadurch begrenzt, dass die Fahrzeiteinsparungen vom Zeitverlust der eingesparten Halte abhängen. Während im Hochgeschwindigkeitsverkehr drei bis vier Minuten pro Halt (inklusive Brems- und Beschleunigungsstrecke) einsparbar sind, belaufen sich diese Einspa-



1: Rheintalbahn Karlsruhe – Basel, Linienband mit Zwischenhalten

Tabelle 1: Rheintalbahn Karlsruhe – Basel, Vergleich des Slip Coaching-Fahrplans mit bestehenden Zügen (ab (komm.) = kommunizierte Abfahrtszeit)

Station	(Fahrplan 2022)	ICE 1271	ICE 71	NGT
Karlsruhe	ab	06:58	11:14	06:58
Baden-Baden	an	07:17		07:16
	durch			07:14
	ab (komm.)	07:18		07:08
Offenburg	ab	07:18		07:12
	an	07:32		07:25
	durch			07:24
	ab (komm.)	07:33		07:19
Freiburg	ab	07:33		07:23
	an	08:02	12:11	07:53
	durch			07:52
	ab (komm.)	08:03	12:13	07:47
Basel Bad Bf	an	08:36	12:46	08:27
	ab	08:03	12:13	07:51
Basel SBB	an	08:47	12:55	08:36

Tabelle 2: Rheintalbahn Karlsruhe – Basel, Vergleich der Fahrzeiten zwischen Zügen mit allen Halten, wenigen Halten und NGT Slip Coaching

Fahrzeit in hh:mm für Relation	ICE 1271	ICE 71	NGT	Fahrzeitdifferenz in min
Karlsruhe – Baden-Baden	00:19		00:18	-1 / -
Karlsruhe – Offenburg	00:34		00:27	-7 / -
Karlsruhe – Freiburg	01:04	00:57	00:55	-9 / -2
Karlsruhe – Basel SBB	01:49	01:41	01:38	-11 / -3
Baden-Baden – Basel SBB	01:29		01:28	-1 / -
Offenburg – Basel SBB	01:14		01:17	+3 / -
Freiburg – Basel SBB	00:44	00:42	00:49	+5 / +7

rungen bei geringeren Geschwindigkeiten nur auf eine bis maximal zwei Minuten. Somit wird der durchgehende Zuglauf nur um eine Größenordnung von fünf Minuten beschleunigt, was den hohen Aufwand alleine kaum rechtfertigt. Angesichts der geringen Nachfrage und den resultierenden langen Zugfolgezeiten sind auch nur geringe Nutzen aus neuen Direktverbindungen zu erwarten.

2.2.2. Güterverkehr

Eine Nutzung des Konzepts im Güterverkehr erscheint nur dann sinnvoll, wenn durch die Haltezeiteinsparungen eine höhere Beförderungsgeschwindigkeit realisiert werden kann und die höheren Technikkosten dadurch aufgewogen werden. Daher soll im Folgenden der Expressgutverkehr betrachtet werden. Innerhalb der NGT



Tabelle 3: Westbahn Wien – Linz – Salzburg, Vergleich des Slip Coaching-Fahrplans mit bestehenden Zügen (ab (komm.) = kommunizierte Abfahrtszeit)

Station	(Fahrplan 2022)	RJ 542	RJX 160	NGT
Wien Hbf	ab	06:55	07:30	06:55
Wien Meidling	ab	07:02	07:37	07:02
Tullnerfeld	an	07:14		07:14
	durch			07:12
	ab (komm.)	07:16		07:06
	ab	07:16		07:10
St. Pölten Hbf	an	07:38	07:58	07:23
	durch			07:22
	ab (komm.)	07:30	08:00	07:17
	ab	07:30	08:00	07:21
Amstetten NÖ	an	07:59		07:49
	durch			07:47
	ab (komm.)	08:01		07:41
	ab	08:01		07:45
St. Valentin	an	08:15		07:58
	durch			07:56
	ab (komm.)	08:16		07:50
	ab	08:16		07:54
Linz Hbf	an	08:29	08:44	08:05
Salzburg Hbf	an	09:48	09:52	09:13

Tabelle 4: Westbahn Wien – Linz – Salzburg, Vergleich der Fahrzeiten zwischen Zügen mit allen Halten, wenigen Halten und NGT Slip Coaching

Fahrzeit in hh:mm für Relation	RJ 542	RJX 160	NGT	Fahrzeitdifferenz in min
Wien Hbf – Tullnerfeld	00:19		00:19	0 / -
Wien Hbf – St. Pölten Hbf	00:43	00:28	00:28	-15 / 0
Wien Hbf – Amstetten NÖ	01:04		00:54	-10 / -
Wien Hbf – St. Valentin	01:20		01:03	-17 / -
Wien Hbf – Salzburg Hbf	02:53	02:22	02:18	-35 / -4
Tullnerfeld – Salzburg Hbf	02:32		02:07	-25 / -
St. Pölten Hbf – Salzburg Hbf	02:18	01:52	01:56	-22 / +4
Amstetten NÖ – Salzburg Hbf	01:47		01:32	-15 / -
St. Valentin – Salzburg Hbf	01:32		01:23	-9 / -

CARGO-Plattform [2, 8, 9] wurde hierfür ein technischer Vorschlag erarbeitet, der den Transport hochwertiger Stückgüter mit bis zu 400 km/h ermöglicht. Über die Einzelwagen des Zuges ist bereits eine Trennung des Zuges sowie eine Feinverteilung möglich. Zusätzlich könnte aber beim Verkehr mehrerer virtuell gekuppelter Züge das Slip Coaching genutzt werden, um den Halt einzelner Zugteile ohne Beeinflussung der durchfahrenden Teile zu erlauben.

Im Gegensatz zum Personenverkehr sind die Haltezeiten im Güterverkehr durch die Ladezeiten der transportierten Güter allerdings deutlich länger. Daher kommt es nicht in Frage, den haltenden Zugteil auf dem durchgehenden Hauptgleis abzufertigen. Stattdessen sollte der haltende Zugteil über eine Weiche auf ein Nebengleis geleitet werden [10]. Dies erhöht zwar die Fahrzeit, da dieser Zugteil vor der Weiche den vollen Bremsweg freigehalten muss, bevor diese umgestellt werden kann, was aber im Güterverkehr gegenüber der Einsparung der Haltezeit (beim NGT CARGO ca. 30 min) weniger ins Gewicht fällt. Mit Blick auf die erzielbaren Haltezeiteinsparungen ist ein möglicher Nutzen des Slip Coaching im Hochgeschwindigkeits-Güterverkehr zu prüfen. In diesem Beitrag erfolgt jedoch zunächst eine Betrachtung von Slip Coaching-Betriebskonzepten im schnellen Schienenpersonenfernverkehr.

2.3. Betriebskonzepte auf beispielhaften Strecken

In den folgenden Abschnitten werden vier internationale Szenarien für den Einsatz des Slip Coaching im Hochgeschwindigkeitsverkehr untersucht. Insbesondere kann so ein Vergleich zu den heutigen Betriebsverfahren gezogen werden, welche sich je nach Land zum Teil sehr unterscheiden.

2.3.1. Rheintalbahn Karlsruhe – Basel

Auf der Rheintalbahn im Südwesten Deutschlands ist ein Slip Coaching-Betrieb mit den Knotenbahnhöfen Karlsruhe und Basel denkbar, bei denen Baden-Baden, Offenburg und Freiburg als Zwischenstationen bedient werden. Nach Umsetzung der Ausbaumaßnahmen besteht eine größtenteils durchgehende Schnellfahrstrecke, welche einen Slip Coaching-Einsatz lohnenswert erscheinen lässt. Allerdings sind in der aktuellen Planung nur langsame Bahnhofsdurchfahrten vorgesehen, wobei teilweise schnelle Umfahrungenstrecken er-

richtet werden sollen. Dies würde einen erweiterten Ansatz des Slip Coaching in den Fokus rücken, bei dem die Trennung des Zugverbands bereits vor dem Abzweig zur Umfahrung stattfindet und erst nach der Zwischenstation der nächste Zugteil eingeholt wird [10].

Die Linienverläufe erlauben die Nutzung der erweiterten Direktverbindungen, indem in der Fortführung auf Schweizer Seite unterschiedliche Zielbahnhöfe (z. B. Zürich und Bern) angefahren werden, nördlich von Karlsruhe dafür bspw. Köln, Hannover und Berlin (Bild 1). In [3] wurde ein Slip Coaching-Betriebskonzept für den Korridor Hannover – Frankfurt erarbeitet. Angesichts der im Vergleich zur Strecke Hannover – Frankfurt etwas geringeren Nachfrage ist es denkbar, auf der Rheintalbahn lediglich zwei Züge pro Stunde (oder pro 30 min) als Slip Coaching-Verband gebündelt verkehren zu lassen, sodass auf der Strecke zusätzliche Kapazitäten für den Güterverkehr frei bleiben. Die erzielbaren Reisezeiten sind in Tabelle 1 und Tabelle 2 dargestellt. Ähnlich zur Strecke Hannover – Frankfurt können auf den längeren Distanzen Fahrzeitleistungen realisiert werden. Für die letzten Stationen vor Basel treten durch die frühe kommunizierte Abfahrt (um die betriebliche Stabilität zu gewährleisten) Fahrzeitverlängerungen auf. Durch die höheren Fahrgastzahlen auf dem durchgehenden Abschnitt ist aber wie in [3] von einer Reduktion der summierten Fahrgastfahrzeiten auszugehen.

2.3.2. Westbahn Wien – Linz – Salzburg

Die Westbahn in Österreich führt von Wien über Linz nach Salzburg, wobei nur der Abschnitt bis Linz für Hochgeschwindigkeitsverkehr ausgebaut ist. Das Slip Coaching könnte daher eher auf diesem Abschnitt Anwendung finden, da dort Zwischenstationen bedient werden, die auch schnell durchfahren werden können. Konkret sind dies:

- Tullnerfeld
- St. Pölten Hbf (eingeschränkte Durchfahrtschwindigkeit)
- Amstetten NÖ (Niederösterreich)
- St. Valentin

Heutige Railjet-Züge (RJ), die alle Stationen bedienen, benötigen 2:53 h von Wien bis Salzburg. Zusätzlich gibt es Expresszüge (RXX), die zwischen Wien und Linz nur in St. Pölten halten und somit nur 2:22 h für die Gesamtstrecke benötigen. Ein NGT Slip



3: Direttissima Mailand – Rom – Neapel, Linienband mit Zwischenhalten

Tabelle 5: Direttissima Mailand – Rom – Neapel, Vergleich des Slip Coaching-Fahrplans mit bestehenden Zügen (ab (komm.) = kommunizierte Abfahrtszeit)

Station	(Fahrplan 2022)	FR 9583	FR 9605	NGT
Milano Centrale	ab	09:10	06:35	09:10
Milano Rogoredo	ab	09:20		
Reggio d'Emilia AV	an	09:54		09:49
	durch			09:47
	ab (komm.)	09:56		09:41
	ab	09:56		09:45
Bologna Centrale	an	10:24		09:51
	durch			09:50
	ab (komm.)	10:27		09:45
	ab	10:27		09:49
Firenze S.M.N. (Firenze Castello)	an	11:04		10:44
	durch			10:43
	ab (komm.)	11:14		10:38
	ab	11:14		10:42
Roma Tiburtina (Flügel nach Termini)	an	12:40		12:06
	durch			12:05
	ab (komm.)	12:43		12:00
	ab	12:43		12:04
Roma Termini	an	12:49	09:34	12:09
Napoli Centrale	an	14:13	11:03	13:16

Tabelle 6: Direttissima Mailand – Rom – Neapel, Vergleich der Fahrzeiten zwischen Zügen mit allen Halten, wenigen Halten und NGT Slip Coaching

Fahrzeit in hh:mm für Relation	FR 9583	FR 9605	NGT	Fahrzeitdifferenz in min
Milano Centrale – Bologna Centrale	01:14		01:01	-13 / -
Milano Centrale – Roma Tiburtina	03:30		02:56	-34 / -
Milano Centrale – Roma Termini	03:39	02:59	02:59	-40 / 0
Milano Centrale – Napoli Centrale	05:03	04:28	04:06	-57 / -22

Coaching-Zug würde zwischen Wien und Linz alle Zwischenstationen bedienen und dennoch nur 2:18 h benötigen. Die zusätzliche Fahrzeiterparnis kommt durch den ebenfalls im Slip Coaching bedienten Halt St. Pölten zustande (Tabelle 3).

Das Angebot neuer Direktverbindungen durch Slip Coaching könnte nur teilweise genutzt werden. In Richtung Westen wäre eine alternierende Bedienung ab Wels in Richtung Passau/Nürnberg sowie Salzburg/Innsbruck denkbar. In Richtung Osten

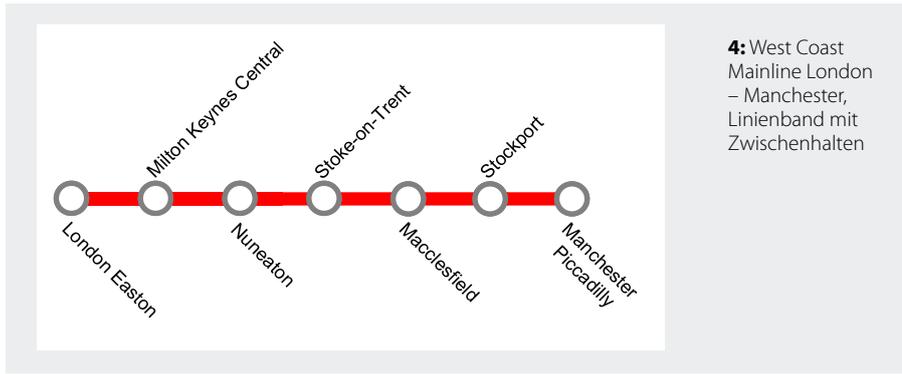


Tabelle 7: West Coast Mainline London – Manchester, Vergleich des Slip Coaching-Fahrplans mit bestehenden Zügen (ab (komm.) = kommunizierte Abfahrtszeit)

Station	(Fahrplan 2022)	Avanti R	Avanti	Avanti	Avanti	NGT
London Euston	ab	09:00	09:20	09:56	10:40	09:00
Milton Keynes Central	an	09:28	09:48			09:28
	durch					09:27
	ab (komm.)	09:30	09:50			09:22
Nuneaton	ab	09:30	09:50			09:26
	an	09:59				09:55
	durch					09:54
	ab (komm.)	10:00				09:49
Stoke-on-Trent	ab	10:00				09:53
	an	10:30	10:46	11:23		10:23
	durch					10:22
	ab (komm.)	10:32	10:48	11:25		10:17
Macclesfield	ab	10:32	10:48	11:25		10:21
	an	10:47		11:40		10:36
	durch					10:35
	ab (komm.)	10:48		11:41		10:30
Stockport	ab	10:48		11:41		10:34
	an	11:02	11:16	11:55	12:36	10:48
Manchester Piccadilly	an	11:12	11:27	12:05	12:46	10:58

Tabelle 8: West Coast Mainline London – Manchester, Vergleich der Fahrzeiten zwischen den verschiedenen Halteschemata und NGT Slip Coaching

Fahrzeit in hh:mm für Relation	Avanti R	Avanti 09:20	Avanti 09:56	Avanti 10:40	NGT	Fahrzeit-differenz in min
London Euston – Milton Keynes Central	00:28	00:28			00:28	0
London Euston – Nuneaton	00:59				00:55	-4
London Euston – Stoke-on-Trent	01:30	01:26	01:27		01:23	-3
London Euston – Macclesfield	01:47		01:44		01:36	-8
London Euston – Manchester Piccadilly	02:12	02:07	02:09	02:06	01:58	-8
Milton Keynes Central – Manchester Piccadilly	01:42	01:37			01:36	-1
Nuneaton – Manchester Piccadilly	01:12				01:09	-3
Stoke-on-Trent – Manchester Piccadilly	00:40	00:39	00:40		00:41	+2
Macclesfield – Manchester Piccadilly	00:24		00:24		00:28	+4

enden die meisten Züge aber in Wien. Dennoch wäre eine Weiterführung nach Bratislava/Budapest unter Nutzung des Systems denkbar (Bild 2).

Wie in Tabelle 4 ersichtlich, fallen die Fahrzeitgewinne größer aus als im vorherigen Beispiel, da die RJ-Züge zur stabilen Bedienung der Taktknoten verlängerte Fahrzeiten aufweisen. Diese Funktion würde durch das Slip Coaching verloren gehen. Die Knoten müssten neu geplant werden, weshalb diese Ersparnis differenziert eingeordnet werden sollte.

2.3.3. Direttissima Mailand – Rom – Neapel

Auf der italienischen Strecke Mailand – Rom (– Neapel) werden neben Frecciarossa (FR)-Zügen mit Halt an den Stationen Reggio d’Emilia AV, Bologna Centrale, Firenze S.M.N. und Roma Tiburtina auch Non-Stop-Züge von Milano Centrale bis Roma Termini angeboten. Daher ergibt sich zwischen Mailand und Rom keine Beschleunigung durch das Slip Coaching. Für die Zwischenstationen ergeben sich jedoch zum Teil erhebliche Fahrzeitverkürzungen. Zusätzlich können durch einen alternierenden Betrieb ab Roma Tiburtina nach Roma Termini bzw. Napoli Centrale schnellere Fahrten zwischen Mailand und Neapel realisiert werden (Tabelle 5).

Direktverbindungen könnten zusammen mit einem Flügel ab Bologna nach Venedig in den Relationen Mailand/Venedig – Rom/Neapel genutzt werden (Bild 3). Ein Auszug der erzielbaren Fahrzeitvorteile ist in Tabelle 6 zu sehen.

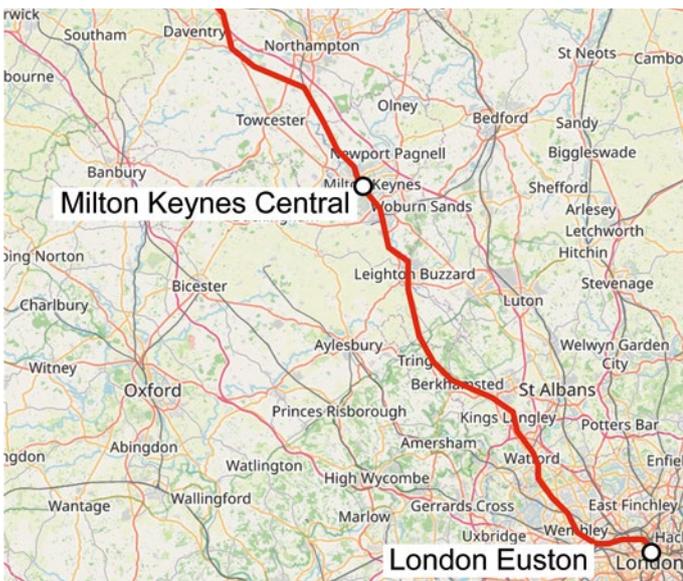
2.3.4. West Coast Mainline London – Manchester

Auf der West Coast Mainline London – Manchester in Großbritannien werden kurze Fahrzeiten bei gleichzeitiger Bedienung der Zwischenhalte heute dadurch realisiert, dass die Schnellzüge alternierend zwei bis drei Halte bedienen, nicht jedoch alle Zwischenstationen (Bild 4, Bild 5, Bild 6, Tabelle 7). Auf der anderen Seite gibt es daher auch keine Non-Stop-Züge. Durch das NGT Slip Coaching könnten die Zwischenstationen von allen Zügen bedient werden und dennoch kürzere Fahrzeiten als heute erreicht werden (Tabelle 8). Die Strecke ist nur für höhere Geschwindigkeiten ausgebaut, nicht für Hochgeschwindigkeitsverkehr, weshalb die Fahrzeiteinsparung durch das Bremsen vor und Beschleunigen nach dem Halt je Halt etwas geringer ausfällt.



5: West Coast Mainline London – Manchester, Streckenverlauf nördlicher Abschnitt, bearbeitet, OpenStreetMap

Quelle: OpenStreetMap-Mitwirkende, <https://www.openstreetmap.org/copyright>, Zugriff am 12.05.2022



6: West Coast Mainline London – Manchester, Streckenverlauf südlicher Abschnitt, bearbeitet, OpenStreetMap

Quelle: OpenStreetMap-Mitwirkende, <https://www.openstreetmap.org/copyright>, Zugriff am 12.05.2022

Durch den Endpunkt aller Züge in London gibt es keine neuen Direktverbindungen.

2.4. Überblick über mögliche Verbesserungen

Je nach Strecken- und Angebotscharakteristik können durch Slip Coaching kleinere oder größere Verbesserungen erreicht werden. Ohne das Verfahren ist es heute nur möglich, entweder schnelle Fahrzeiten zwischen den Knotenbahnhöfen durch Non-Stop-Züge anzubieten (z.B. Italien) oder die Zwischenstationen unregelmäßig alternierend zu bedienen, um für alle Stationen eine akzeptable Fahrzeit zu bieten (z.B. Großbritannien). Durch Slip Coaching

können die Vorteile dieser beiden Konzepte kombiniert und bei Bedienung aller Zwischenstationen kurze Fahrzeiten zwischen den Knotenbahnhöfen realisiert werden.

Eine besondere Stellung nehmen vertaktete Verkehre mit Taktknoten auch an Zwischenstationen ein (Österreich). Zwar können hier durch das Slip Coaching teils starke Fahrzeitverkürzungen erreicht werden. Um den Nutzen durch verlängerte Umsteigezeiten aber nicht direkt wieder aufzehren, müssten die Taktknoten entlang der Strecke neu geplant werden.

Je nach Linienkonzept sind neue Direktverbindungen im Takt durch Slip Coaching möglich. Enden allerdings alle Linien an ei-



PUSHING INDUSTRIAL CONNECTIVITY

JETZT WEB-SEMINAR ANSEHEN

” Sicherheit über die gesamte Lebensdauer. “

Han® HPR HPTC – Speziell für Bahnanwendungen entwickelt.

Hochleistungssteckverbinder für Transformatoren

- **Längere Lebensdauer** durch Han® HPR Standard-Metallgehäuse für raue Außenumgebungen
- **Zeitersparnis** durch einfache Installation und Abschirmung ohne Schrumpfen oder Tapen
- **Sichere Lösung** gemäß relevanter Bahnnormen (EN 50467, EN 50124-1, EN 61373, EN 45545, EN 60137)

One Range. No Limits:

www.HARTING.com/hptc



Homepageveröffentlichung unbefristet genehmigt für Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e. V. (DLR) / Rechte für einzelne Downloads und Ausdrücke für Besucher der Seiten genehmigt / © DVV Media Group GmbH

Anhand der internationalen Beispiele wird gezeigt, dass der Nutzen gegenüber bestehenden Fahrplankonzepten stark von der Art und der Anzahl der Zwischenhalte abhängt.



nem der Knotenbahnhöfe (z. B. Großbritannien, Österreich), so entfällt dieser Vorteil.

Durch den Einsatz längerer Züge ist analog zur Betrachtung auf der Referenzstrecke in [3] von einer erhöhten Fahrgastkapazität bei gleicher Trassennutzung auszugehen.

3. Diskussion und weiterer Forschungsbedarf

In Summe ist der Einsatz des Slip Coachings vorrangig auf Hochgeschwindigkeitsstrecken mit mehreren Zwischenhalten zwischen Knotenbahnhöfen und bei mittlerer bis hoher Nachfrage empfehlenswert. Anhand der internationalen Beispiele wurde gezeigt, dass der Nutzen gegenüber bestehenden Fahrplankonzepten stark von der Art und der Anzahl der zu bedienenden Zwischenhalte abhängt. Im Falle von Umfahrungen der Zwischenstationen ist eine Erweiterung des Slip Coachings ratsam, die eine Zugtrennung vor bzw. eine Kupplung nach der Umfahrung erlaubt und so die Vorteile der Umfahrungen mit denen des Slip Coachings kombiniert.

Im Regionalverkehr ist der Einsatz vor allem durch die große Anzahl von Zwischenhalten und die begrenzte minimale Größe einzelner Fahrzeuge stark eingeschränkt. Dennoch ist es denkbar, dass sich einzelne relevante Anwendungsfälle finden. Generell ist der Nutzen durch geringe Geschwindigkeiten und kurze Haltzeiten aber geringer als im Hochgeschwindigkeitsverkehr.

Im Güterverkehr stehen dem Verfahren die langen Standzeiten beim Güterumschlag entgegen, die eine Anwendung auf dem durchgehenden Hauptgleis eines Bahnhofs nahezu ausschließen. Durch die oben erwähnte Erweiterung des Prinzips um eine Trennung vor der Einfahrweiche des Bahnhofs, um auch auf Nebengleise ausweichen zu können, könnten sich vor allem im

Hochgeschwindigkeits-Güterverkehr (siehe NGT CARGO) Anwendungen ergeben. Im Güterverkehr steht statt der reinen Fahrzeitreduzierung die Erhöhung der Umlaufproduktivität der Fahrzeuge im Vordergrund.

Angesichts der technischen Herausforderungen (ETCS Level 3 und virtuelles Kuppeln bzw. Fahren im relativen Bremswegabstand) ist dem Konzept ein langer Betrachtungshorizont sowie eine langfristige Realisierungsperspektive zu bescheidenen [11]. Möglicherweise könnten aber einige Strecken von einer langfristigen Ausrichtung auf das Konzept profitieren. Bis es dazu kommt, sind eine Vielzahl weiterer Forschungsfragen zu beantworten:

- Welches ist die wirtschaftlich zu betreibende kleinste Zugsinheit unter Annahme eines vollautomatischen Betriebs im Hochgeschwindigkeitsverkehr / im Regionalverkehr / im Güterverkehr?
- Wie bewährt sich die Technik des virtuellen Kuppelns im Betrieb?
- Wie können betriebliche Regelwerke an ein solches Konzept angepasst werden (bspw. Zugnummern, Trassenpreise)?
- Welche Auswirkungen hat das Konzept auf die Auslastungssteuerung, insbesondere in den kleineren Zugteilen?
- Wie kann die Orientierung der Fahrgäste am Bahnsteig soweit verbessert werden, dass der korrekte Zugteil sicher gefunden wird?
- Wie sieht ein Migrationskonzept hin zum Slip Coaching aus?

Bis dahin kann Slip Coaching als konkrete Betriebsvariante des virtuellen Kuppelns als weiteres Werkzeug zur Nutzenbewertung dieser neuen Technologie dienen. ●

Literatur

[1] Winter, J.: „Next Generation Train – 20 Jahre Forschung für die Eisenbahn“, in: ETR – Eisenbahntechnische Rundschau, Ausgabe 03/2019, S. 17-21, <https://eurailpress-archiv.de/SingleView.aspx?show=587671>, 06.05.2022 um 10:00

[2] Schumann, T.; Mönsters, M.; Meirich, C.; Jäger, B.: NGT CARGO – Concept For A High-Speed Freight Train In Europe, WIT Press, COMPRAIL 2018, 02.07.-04.07.2018, Lissabon, Portugal, <https://doi.org/10.2495/CR180491>, <https://elib.dlr.de/120696/>, 06.05.2022 um 10:00

[3] Flamm, L.; Mönsters, M.: Fahrzeitreduzierung und mehr Kapazität durch Slip Coaching im Hochgeschwindigkeitsverkehr, in: ETR – Eisenbahntechnische Rundschau, 70 (3), Ausgabe 03/2021, S. 20-25, <https://elib.dlr.de/136550/>, 08.02.2022 um 15:00

[4] Winter, J.; Lehner, A.; Polisky, E.: „Electronic Coupling of Next Generation Trains“, in: Proceedings of the Third International Conference on Railway Technology: Research, Development and Maintenance, 05.04.-08.04.2016, Cagliari, Sardinia, Italy, <https://elib.dlr.de/109481/>, 06.05.2022 um 11:00

[5] X2Rail-3: WP6 Deliverable D6.1 Virtual Train Coupling System Concept and Application Conditions, Horizon2020 Shift2Rail Project X2Rail-3 Advanced Signalling, Automation and Communication System (IP2) – Virtual Train Coupling, <https://projects.shift2rail.org/download.aspx?id=d9f471f3-79d8-4710-9d3b-17d94f22f702>, 10.02.2022 um 10:00

[6] Schenker, M.; Parise, R.; Goikotxea, J.: Concept and Performance Analysis of Virtual Coupling for Railway Vehicles, Proceedings of the 3rd SmartRaCon Scientific Seminar, 38, pp. 81-91, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e. V., Institut für Verkehrssystemtechnik, 02.09.2021, Braunschweig, Deutschland, <https://elib.dlr.de/147189/>, 06.05.2022 um 10:00

[7] Quaglietta, E.; Wang, M.; Goverde, R.: A multi-state train-following model for the analysis of virtual coupling railway operations, in: Journal of Rail Transport Planning & Management, Volume 15, September 2020, 100195, Part of special issue: RailNorrköping 2019, <https://doi.org/10.1016/j.jrtpm.2020.100195>, 06.05.2022 um 10:00

[8] Mönsters, M.; Flamm, L.: Betriebskonzept für den NGT CARGO auf der Europa-Referenzstrecke Madrid – Bukarest / Operational concept for the NGT CARGO on the European reference route Madrid – Bukarest, in: SIGNAL + DRAHT, 112 (4), Ausgabe 04/2020, S. 27-34, <https://elib.dlr.de/132782/>, 06.05.2022 um 11:00

[9] Knitschky, G.; Lobig, A.; Schumann, T.; Mönsters, M.: Marktanalyse und Betriebskonzept für den Next Generation Train CARGO, in: EI - Der Eisenbahningenieur, Ausgabe 03/2018, <https://elib.dlr.de/118567/>, 06.05.2022 um 10:00

[10] Schumann, T.: Increase Of Capacity On The Shinkansen High-speed Line Using Virtual Coupling, WIT Press, COMPRAIL 2016, 19.07.-21.07.2016, Madrid, Spanien, <https://doi.org/10.2495/TDI-V1-N4-666-676>, <https://elib.dlr.de/104572/>, 06.05.2022 um 10:00

[11] Goverde, R. et. al.: Shift2Rail MOVINGRAIL Deliverable D4.3 Application Roadmap for the Introduction of Virtual Coupling, p. 7, Version 21.12.2020, <https://projects.shift2rail.org/download.aspx?id=6d995c75-e4d3-4f2c-95b6-1e9e3a1401f5>, 08.02.2022 um 15:00

Summary

NGT Slip Coaching – concept transferability to other countries and route categories

By using the Slip Coaching procedure, an improved offer with a higher operating frequency, reduced travel times as well as additional direct connections can be implemented on the existing infrastructure. International examples are used to show that the benefit compared to already existing time table concepts strongly depends on the type and number of the intermediate stops to be served. The use of Slip Coaching on high-speed lines with several intermediate stops between two junction stations is regarded as recommendable.