*Jörn Pachl*

# Die verschränkte Dreigleisigkeit

## Ein innovatives Ausbaukonzept für Mischbetriebsstrecken

Lange Zeit hielt die DB beim Ausbau ihres Streckennetzes am Konzept der Mischbetriebsstrecke fest. Auch den heute in Betrieb befindlichen Neubaustrecken lag dieses Betriebskonzept zugrunde. Eine Leistungssteigerung ist bei Beibehaltung des Mischverkehrs nur durch einen extensiven Ausbau der Infrastruktur zu erreichen. Seit die mit der Gründung der DB AG eingeführten Regularien zur Finanzierung des Fahrweges greifen, sieht sich der für die Vorhaltung der Infrastruktur zuständige Geschäftsbereich Netz einem zunehmenden Kostendruck ausgesetzt. Da ein extensiver Ausbau der Infrastruktur unter der Bedingung der Eigenwirtschaftlichkeit des Fahrweges immer schwieriger zu realisieren ist, hat sich bei den Infrastrukturbetreibern die Erkenntnis durchgesetzt, die steigenden Anforderungen an das Leistungsverhalten des Streckennetzes nicht mehr vorrangig durch Ausbau der Infrastruktur sondern durch eine Harmonisierung der Zugfolgezeiten, d. h. durch eine Entmischung der schnellen und langsamen Verkehre zu erreichen, ein Prinzip, das von Verkehrswissenschaftlern schon seit langem empfohlen wird.

### Bezug zum Projekt Netz 21

Ergebnis der bisherigen Überlegungen ist das Projekt „Netz 21", nach dessen Grundsätzen das Ausbauprogramm der DB AG derzeit überarbeitet wird. Kern des Projektes „Netz 21" ist die Bildung von zwei entmischten Leistungsnetzen für den schnellen Personenfernverkehr und den Güterverkehr. Diese Leistungsnetze werden mit zusammen ca. 8000 km rund 20% des Streckennetzes der DB AG umfassen. Außerhalb dieser Leistungsnetze wird das Netz der DB AG ca. 21000 km Regionalstrecken mit der vorrangigen Aufgabe der Abwicklung des Nahverkehrs in der Fläche, 2000 km artreine S-Bahn-Strecken in den Ballungsräumen und einem verbleibenden Rest von ca. 10000 km klassische Mischbetriebsstrecken umfassen [1]. Diese Mischbetriebsstrecken werden überall dort als sinnvolle Betriebsform erhalten bleiben, wo das Verkehrspotential für eine Entmischung nicht ausreicht bzw. geeignete Strecken zur Bildung getrennter Leistungsnetze fehlen. Eine typische Infrastruktur, die auch künftig von Mischbetriebsstrecken geprägt sein wird, findet sich beispielsweise in weiten Teilen Norddeutschlands.

Auch auf diesen verbleibenden Mischbetriebsstrecken können bei steigenden Leistungsanforderungen Überlastungen auftreten, die begrenzte Ausbaumaßnahmen erfordern. Ein typischer Fall sind Zulaufstrecken größerer Ballungsräume, auf denen der Fernverkehr von einem verdichteten Nahverkehr überlagert wird. Überlastungen solcher Streckenabschnitte können das Leistungsverhalten einer gesamten Strecke empfindlich stören. Wenn das Verkehrspotential für eine Entmischung, d. h. den Bau einer eigenen Strecke für den Nahverkehr nicht ausreicht, besteht ein Bedürfnis nach einer preiswerten Ausbaulösung. Die leistungssteigernden Möglichkeiten eines Ausbaus der Leit- und Sicherungstechnik sind meist schnell ausgereizt: auf Mischbetriebsstrecken wird durch eine Verdichtung der Blockteilung bzw. Einführung des Hochleistungsblocks oft nur eine recht bescheidene Verbesserung des Leistungsverhaltens erreicht, da eine optimierte Abstandshaltung das Problem der leistungseinschränkenden Geschwindigkeitsschere nicht löst. So bleibt als Alternative nur ein begrenzter mehrgleisiger Ausbau. Da ein viergleisiger Ausbau bei den Verkehrspotentialen solcher Strecken nicht wirtschaftlich zu begründen ist, besteht Interesse an einer intelligenten und preiswerten Form des dreigleisigen Ausbaus. Als Lösung bietet sich die im Folgenden beschriebene Form der sogenannten verschränkten Dreigleisigkeit an.

### Prinzip der verschränkten Dreigleisigkeit

Dreigleisige Ausbaustrecken stellen immer einen betrieblichen Kompromiß dar. Einem hohen baulichen Aufwand zum Ausbau der Infrastruktur steht nur ein relativ bescheidener Leistungsgewinn (bis ca. 25%) gegenüber. Die bisher realisierten Formen dreigleisiger Strecken haben stets die Charakteristik, daß eine im Einrichtungsbetrieb befahrene zweigleisige Strecke durch ein im Zweirichtungsbetrieb befahrenes drittes Gleis ergänzt wird. Daraus ergeben sich die in Abb. 1 dargestellten konventionellen Grundformen eines dreigleisigen Ausbaus. Als Vorteil der Anordnung des dritten Gleises in Mittellage wird zur Rechtfertigung des höheren Ausbauaufwandes oft die höhere betriebliche Flexibilität angeführt. Die Praxis realisierter Ausbaustrecken nach diesem Modell lehrt jedoch, daß von dieser Flexibilität nur wenig Gebrauch gemacht wird. Die für fliegende Überholungen erforderlichen Strecken sind derart lang, daß eine effektive dispositive Vorausschau durch den Menschen kaum zu leisten ist; rechnergestützte Dispositionsmodelle für solche Strecken fehlen bislang.

Unabhängig von der Anordnung des dritten Gleises sind beide Formen des dreigleisigen Ausbaus mit einem erheblichen signaltechnischen Aufwand verbunden, der bedingt durch den regulären Zweirichtungsbetrieb im dritten Gleis der Ausrüstung einer viergleisigen Strecke entspricht. Das Konzept der verschränkten Dreigleisigkeit, erstmals vorgeschlagen von *Schwanhäußer* [2], ist nun ein gänzlich anderes, das leistungseinschränkende Prinzip des Zweirichtungsbetriebes im dritten Gleis wird dabei aufgegeben.

Die Grundidee besteht darin, daß aus einer zweigleisigen Stammstrecke etwa in Streckenmitte eine Ausfädelung in ein in der gleichen Fahrtrichtung befahrenes drittes Gleis angeordnet wird (Abb. 2). Es ergibt sich somit kein durchgehendes drittes Gleis, sondern zwei voneinander unabhängige dritte Gleisabschnitte in verschränkter Anordnung, die beide im reinen Einrichtungsbetrieb befahren werden. Die Betriebsweise sieht so aus, daß bei der Ausfahrt auf die Strecke zunächst alle Züge gemeinsam das Stammgleis der jeweiligen Fahrtrichtung benutzen. Beim Erreichen des Ausfädelungspunktes werden die langsamfahrenden Züge – insbesondere der Nahverkehr – in das dritte Gleis übergeleitet. Damit wird das weitere Anwachsen der Geschwindigkeitsschere im Stammgleis abgeschnitten.

Eine solche Ausbauform bietet gegenüber konventionellen Formen des dreigleisigen Ausbaus folgende Vorteile:

- reiner Einrichtungsbetrieb, dadurch geringer signaltechnischer Aufwand,
- nur wenige Weichen erforderlich, dadurch geringer baulicher Aufwand,
- einfache Disposition, sehr automatisierungsfreundlich und
- kompatibel zum Projekt CIR-ELKE, Zugfolgezeiten an Ausfädelungspunkten lassen sich durch Anwendung des Hochleistungsblocks wirksam reduzieren.

Die Vorteile der verschränkten Dreigleisigkeit liegen somit sowohl in einer sparsamen Ausstattung der Infrastruktur als auch in dem sehr einfach zu disponierenden Betriebskonzept, das sich für eine Automatisierung durch Anwendung einer Zuglenkung an den Ausfädelungspunkten regelrecht anbietet.

*Der Autor*

Prof. Dr.-Ing. **Jörn Pachl**, Institut für Eisenbahnwesen und Verkehrssicherung, Technische Universität Braunschweig

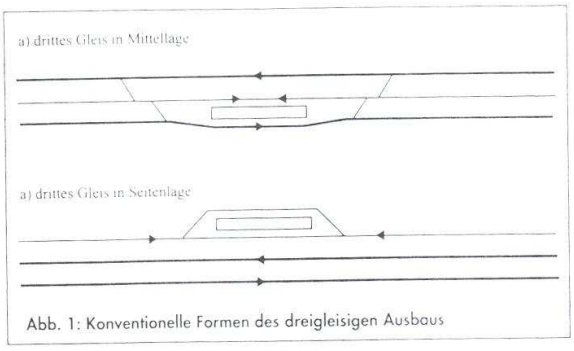


Abb. 1: Konventionelle Formen des dreigleisigen Ausbaus

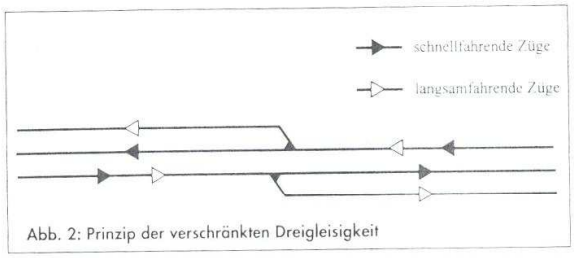


Abb. 2: Prinzip der verschränkten Dreigleisigkeit

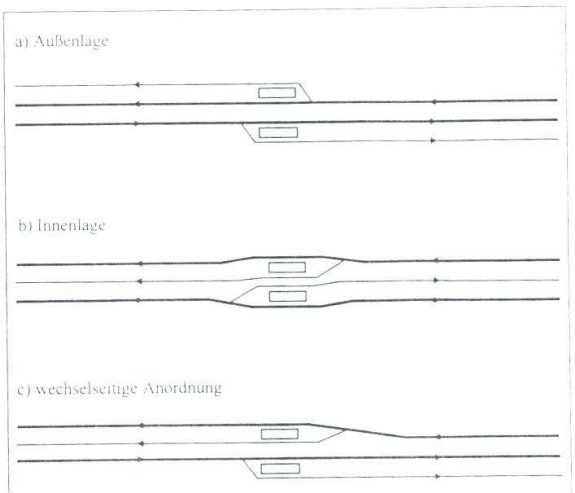


Abb. 4: Grundsätzliche Anordnungsfälle der verschränkten Dreigleisigkeit

## Möglicher Leistungsgewinn

Der durch einen verschränkt dreigleisigen Ausbau mögliche Leistungsgewinn hängt maßgebend von der Struktur des Betriebsprogramms ab. Der leistungssteigernde Effekt beruht im Auftrennen der Geschwindigkeitsschere, daher tritt eine deutliche Verkürzung der Zugfolgezeiten nur bei Zugfolgefällen mit großer Geschwindigkeitsdifferenz ein. Die verschränkte Dreigleisigkeit empfiehlt sich somit nur für Strecken, deren Betriebsprogramm sich durch hohe Fahrzeitdifferenzen und einen häufigen Wechsel zwischen schnellen und langsamen Zügen auszeichnet.

Dabei gilt für den Zuwachs der Nennleistungsfähigkeit folgende Beziehung:

$$\frac{LF_2}{LF_1} = \frac{t_{Zfs} - \Delta t_{f,m}}{t_{Zfs} - \frac{1}{c}\Delta t_{f,m}}$$

mit $LF_1$ – Nennleistungsfähigkeit vor Ausbau

$LF_2$ – Nennleistungsfähigkeit nach Ausbau

$t_{Zfs}$ – erforderliche Zugfolgezeit trassenparalleler Zugfolgefälle

$\Delta t_{f,m}$ – mittlere Fahrzeitdifferenz aller Zugfolgefälle

$c$ – Teilungsverhältnis der verschränkten Dreigleisigkeit

Das Teilungsverhältnis c gibt an, an welcher Stelle der Strecke das dritte Gleis ausfädelt. Bei mittiger Anordnung der Ausfädelung ist c = 2.

Ein typisches Betriebsprogramm, bei dem sich durch Anwendung der versetzten Dreigleisigkeit das Leistungsverhalten erheblich steigern läßt, ist die Überlagerung des schnellen Personenfernverkehrs durch ein vertaktetes Nahverkehrssystem. Durch das Bestreben der Nahverkehrsanbieter, aus Gründen der Kundenakzeptanz keine planmäßigen Überholungen zuzulassen, ergeben sich auf solchen Strecken erhebliche leistungseinschränkende Fahrzeitdifferenzen bei einem durch den Takt vorgegebenen regelmäßigen Wechsel zwischen schnellen und langsamen Zügen. Das sind nahezu ideale Verhältnisse für die Anwendung der verschränkten Dreigleisigkeit. Abb. 3 verdeutlicht die auf solchen Strecken mögliche Verbesserung des Leistungsverhaltens am Beispiel der Überlagerung von zwei unterschiedlich schnellen Taktsystemen.

Neben dem Effekt der Erhöhung der Nennleistungsfähigkeit durch Reduzierung der Zugfolgezeiten, was sich im Trassenmanagement durch eine höhere Zahl planbarer Fahrplantrassen unmittelbar bemerkbar macht, tritt noch der positive Effekt einer extremen Entspannung der Zugfolge nach der Ausfädelung ein, da neben der Reduzierung der Zugzahl auch noch in beiden Gleisen zu einem weitgehend trassenparallelen Fahren übergegangen wird. Der sich daraus in diesem Bereich ergebende sehr geringe Belegungsgrad schafft Möglichkeiten zum Abbau von Verspätungen und verbessert somit die Wartezeitbilanz des Streckenabschnitts. Beispielsimulationen für ausgewählte Strecken der DB AG mit solchen Betriebsprogrammen haben bei mittiger Anordnung der Ausfädelungspunkte eine Verbesserung des Leistungsverhaltens um bis zu 30% ergeben.

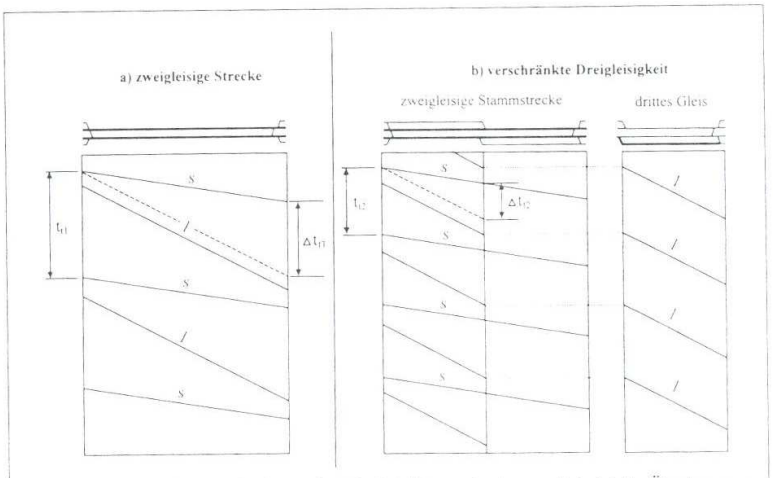


Abb. 3: Leistungssteigerung durch verschränkt dreigleisigen Ausbau am Beispiel der Überlagerung zweier Taktsysteme (nur eine Fahrtrichtung dargestellt) $t_{i1}$ Taktzeit vor Ausbau, $t_{i2}$ Taktzeit nach Ausbau, $t_{f1}$ Fahrzeitenschere vor Ausbau, $t_{f2}$ Fahrzeitenschere nach Ausbau

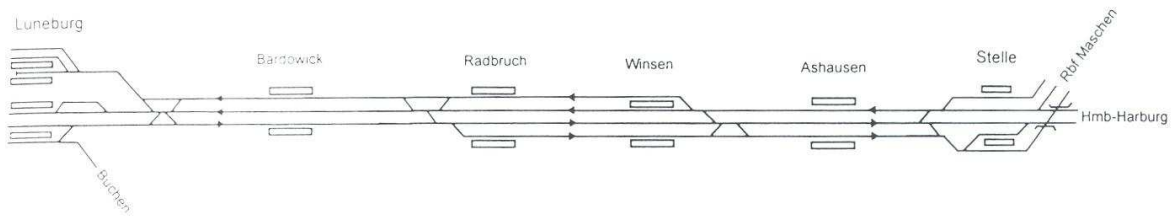


Abb. 5: Entwurf einer verschränkten Dreigleisigkeit in Außenlage für den Abschnitt Stelle–Lüneburg

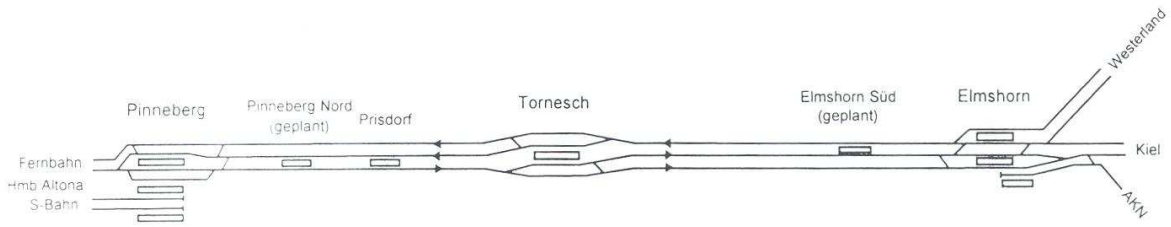


Abb. 6: Entwurf einer verschränkten Dreigleisigkeit in Innenlage für den Abschnitt Pinneberg–Elmshorn

## Projektbeispiele

Für die Gestaltung der Ausfädelung in das dritte Gleis sind verschiedene Anordnungsfälle möglich. Grundsätzlich ist anzustreben, die Ausfädelung im Einfahrbereich eines Bahnhofs vorzunehmen. Ein in der Nähe des Ausfädelungspunktes liegender planmäßiger Nahverkehrshalt sollte stets nach der Ausfädelung angeordnet werden. Besonders vorteilhaft ist eine Überlappung der dritten Gleise im Bereich von ein bis zwei Zugfolgeabschnitten. Die Anordnung des dritten Gleises kann sowohl in Außen- als auch in Innenlage vorgenommen werden. Beide Anordnungsfälle sind hinsichtlich des Leistungsverhaltens gleichwertig, die Entscheidung hängt somit in erster Linie von der Gleisnutzung in den anschließenden Knoten ab. Damit ergeben sich die in Abb. 4 dargestellten drei Grundformen für die Gestaltung eines verschränkt dreigleisigen Ausbaus.

Konkrete Planungsvarianten für einen verschränkt dreigleisigen Ausbau wurden im norddeutschen Raum für die Streckenabschnitte Stelle – Lüneburg (Strecke Hamburg–Hannover) und Pinneberg–Elmshorn (Strecke Hamburg–Altona–Kiel) erarbeitet. In beiden Fällen handelt es sich um stark belastete Abschnitte im Zulaufbereich des Hamburger Knotens, auf denen sich mehrere Taktsysteme des Nah- und Fernverkehrs überlagern.

In [2] wurde für den Streckenabschnitt Stelle – Lüneburg die Anwendung der verschränkten Dreigleisigkeit in Außenlage vorgeschlagen. Bedingt durch Zwangspunkte, die dieser Untersuchung als Vorgabe zugrundegelegt werden mußten, sollte die Ausfädelung für beide Fahrtrichtungen nur im Bahnhof Winsen vorgesehen werden, wodurch sich der ungünstige Fall einer asymmetrischen Anordnung der Ausfädelungspunkte ergab. Die folgenden Überlegungen führten dann zu weiteren Planungsvarianten, darunter auch eine Anordnung mit Überlappung der Dreigleisigkeit im Abschnitt Radbruch–Winsen, so daß sich eine partielle Viergleisigkeit ergäbe (Abb. 5).

Als Beispiel für die Anwendung der verschränkten Dreigleisigkeit in Innenlage soll ein Entwurf für den Ausbau des Streckenabschnitts Pinneberg - Elmshorn angeführt werden (Abb. 6). Hier wurde im Bereich des als Ausfädelungspunktes dienenden Bfs Tornesch eine Überlappung der Dreigleisigkeit im Bahnhofsbereich gewählt, wodurch sich ein sehr günstiges Leistungsverhalten ergibt.

## Zusammenfassung

Trotz der durch die Konzeption des Projektes „Netz 21" angestrebten weitgehenden Entmischung der Verkehre sind im unmittelbaren Zulaufbereich großer Knoten Überlastungen durch Überlagerung von Taktsystemen mit großer Geschwindigkeitsschere nicht in jedem Fall zu vermeiden. Eine Entmischung durch viergleisigen Ausbau solcher Abschnitte ist vielfach nicht wirtschaftlich. Bei den bisher realisierten Formen eines dreigleisigen Ausbaus ist demgegenüber das Verhältnis von Aufwand und Leistungsgewinn unbefriedigend. Abhilfe kann das hier beschriebene neue Konzept eines verschränkt dreigleisigen Ausbaus schaffen. Der dabei mögliche reine Einrichtungsbetrieb in den Abschnitten des dritten Gleises führt auf Strecken mit großer Geschwindigkeitsschere und geringer Bündelung der Geschwindigkeitsklassen im Vergleich zu konventionellen Formen des dreigleisigen Ausbaus zu einem verbesserten Leistungsverhalten bei geringeren Kosten.

## Literatur

[1] *Partzsel; Streit:* „Netz 21" – die künftige Netzstrategie der Deutschen Bahn AG in: ETR 45 (1996) 9, S. 525–528

[2] *Schwanhäußer; Schultze; Wakob:* Eisenbahnbetriebliches Gutachten zum Streckenabschnitt Hamburg-Harburg–Lüneburg. Aachen 1994

## Summary/Résumé

### The offset three track system – an innovative concept for upgrading mixed traffic lines

Despite the large degree of traffic segregation aimed for under the "Network 21" project, it is not always possible to avoid overload on the approaches to major nodes due to simultaneous use by different fixed-interval systems with high speed differentials. Achieving desegregation by upgrading to four tracks is often not economically viable on such sections. On the other hand, with the types of third-track upgrade implemented to date, the outlay is out of proportion to the gain in performance. One potential solution to this problem is the concept for a staggered three track upgrade described in the article.

### La triple voie décalée: un nouveau concept d'aménagement pour lignes à trafic mixte

Malgré la séparation des trafics que est largement préconisée dans la conception du projet „Réseau 21", il n'est pas possible d'éviter dans tous les cas les surcharges qui se produisent, à l'approche des grandes gares, par suite de la superposition de systèmes cadencés à grandes différences de vitesse. L'aménagement de telles sections en quatre voies n'est souvent pas faisable économiquement. Dans le cas des formes de triplement déjà réalisées, le rapport entre coût et gain de performance n'est pas satisfaisant. Le remède peut être constitué par le nouveau concept d'un aménagement à trois voies décalées.