

Struktur und zukünftige Entwicklung der Eisenbahn-Strecken mit schwachem bis mäßigem Verkehr

K. Karnahl-Macht^{a,1}, Dr. B. Jäger^a, Prof. Dr. K. Lemmer^a
und C. Weber^{b,2}, Prof. Dr. J. Trinckauf^b

^a Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V., Institut für Verkehrsführung und Fahrzeugsteuerung
Lilienthalplatz 7, D- 38108 Braunschweig

^b TU Dresden, Fakultät Verkehrswissenschaften „Friedrich List“, Professur für Verkehrssicherungstechnik
Hettnerstraße 3, D- 01069 Dresden

Kurzfassung: Der Betrieb auf Eisenbahnstrecken mit schwachem bis mäßigem Verkehr (SMV-Strecken) unterscheidet sich signifikant vom Betrieb auf Hauptstrecken und macht den Einsatz speziell zugeschnittener Leit- und Sicherungstechnik notwendig. Allerdings bietet der Markt derzeit keine umfassenden geeigneten Lösungen, so dass ein Spannungsfeld zwischen den Anforderungen der Aufsichtsbehörden, den Betriebskosten und dem gewünschten Angebot entsteht. Mit Hilfe der Untersuchungen zur Struktur und zukünftigen Entwicklung der SMV-Strecken sollen Vorüberlegungen zur Schaffung einer angemessenen Bahnsicherungstechnik durchgeführt werden. Die Situation der betrachteten Strecken wird analysiert und es werden Einschätzungen zur künftigen Entwicklung des Bahnsegmentes bewertet. Dabei werden auch Aussagen der Betreiber berücksichtigt. Diese Punkte führen zu Anforderungsdefinitionen an eine künftige Sicherungstechnik für SMV-Strecken.

Abstract: The subject of the project introduced by this paper is to achieve basic approaches for a safe and economical operation of secondary railway lines. Due to significant differences between secondary and main railway lines regarding the railway operation it is necessary to install specific operations and control systems. But due to the fact that there are no appropriate systems available at present, it is difficult to optimize the requirements of surveillance- and certification authorities, the operational costs and the intended operation. As a precondition for defining requirements for railway operation, an analysis of the current and generally forecasted situation on secondary railway lines is made, considering also statements of railway companies. The target of the first step of the project is the identification of real existent requirements for a system solution for operating secondary railway lines, including specific operations and control systems.

Schlagworte: Nebenstrecken; Bahnsicherungstechnik; Betriebsführung

¹E-mail: katharina.karnahl-macht@dlr.de, URL: www.dlr.de/fs

²E-mail: carsten.weber@mailbox.tu-dresden.de, URL: vsite.tu-dresden.de

1 Einleitung

Das Regionalnetz der Deutschen Bahn AG (DB AG) umfasst ca. 13.000 Streckenkilometer, was ungefähr 30 Prozent des Gesamtnetzes entspricht. Hinzu kommen noch etliche Strecken der Nichtbundeseigenen Eisenbahnen (NE).

Eines der Hauptprobleme im regionalen Schienenverkehr besteht in den hohen Personal- und Betriebskosten, sowie einem nur bedingt bedarfsgerechten Angebot. Die heute auf den Regionalstrecken vorhandene Technik besteht zu einem erheblichen Teil aus mechanischer bzw. elektromechanischer Stellwerkstechnik. Neben einem hohen Personalaufwand führen Wartungs- und Instandhaltungsaufwendungen zu erheblichen Betriebskosten, die durch die Einnahmen bei Weitem nicht gedeckt werden können.

Nach jahrelangem Investitionsstau im Regionalnetz infolge mangelnder Unterhaltung der Infrastruktur sind für die nächsten Jahre umfangreiche Erneuerungsmaßnahmen geplant. Durch Fokussierung der Investitionen und technologischen Weiterentwicklungen auf den Hochgeschwindigkeitsverkehr und Fernverkehr in den letzten Jahren gibt es nur wenige speziell für regionale Strecken entwickelte Technologien und Produkte [14].

Die im vorliegenden Vortrag betrachteten Eisenbahnstrecken sind im Sinne der Eisenbahnbau- und Betriebsordnung (EBO) meist Nebenbahnen oder in Einzelfällen Strecken, die nach den Vorschriften der Bau- und Betriebsordnung für Straßenbahnen (BOStrab) betrieben werden. Eine umfassende Bezeichnung für diese Strecken existiert nicht. Es gibt Begriffe, die meist nur Teile der Strecken bzw. Netze beschreiben und damit ungünstig für eine weitere Verwendung sind, wie zum Beispiel die Begriffe „Abzweig- oder Zulaufstrecken“. Zur Vereinheitlichung wird deshalb der Begriff „Nebenstrecken“ eingeführt und im Weiteren angewandt. Die Streckenfunktionalitäten und Charakteristika dieser Strecken sind in Abbildung 1 aufgelistet.

<p>Streckenfunktionalität:</p> <ul style="list-style-type: none">• Schienengebundener Personennahverkehr• Regionaler Güterverkehr• Erschließung der Fläche• Zubringer-/ Verteilerfunktion für übergeordnete Strecken
<p>Streckencharakteristik:</p> <ul style="list-style-type: none">• Schwaches bis mäßiges Verkehrsaufkommen• Viele dezentrale Betriebsstellen• Viele Bahnübergänge, selten technisch gesichert• Meist eingleisige Strecken• Wenig Kreuzungs- und Überholungsmöglichkeiten in den Bahnhöfen• Streckengeschwindigkeiten i.d.R. zwischen 50 und 80 km/h• Einfaches Betriebsprogramm

Abbildung 1: Streckenfunktionalität und Streckencharakteristik der Nebenstrecken

Im Vortrag werden zunächst die Anforderungen und Randbedingungen der Betriebsführung von Eisenbahnen im Allgemeinen vorgestellt. Danach erfolgt eine Fokussierung auf das Nebenstreckensegment, wobei auf die anzuwendenden Betriebsverfahren und Regelwerke näher eingegangen wird. Im Weiteren wird ein Überblick über ein gemeinsames Forschungsvorhaben „Systemlösung Nebenstrecken“ des Institutes für Verkehrsführung und Fahrzeugsteuerung des DLR Braunschweig und der Professur für Verkehrssicherungstechnik der TU Dresden gegeben. Erste Ergebnisse, die sich auf die Analyse der aktuellen Situation der Nebenstrecken sowie die Prognose der weiteren Entwicklung beziehen, werden im Anschluss vorgestellt. Abschließend werden Schlussfolgerungen für das weitere Vorgehen gezogen.

2 Die derzeitige Situation der Nebenstrecken

2.1 Betriebsführung im Spannungsfeld unterschiedlicher Anforderungen und Randbedingungen

Die Betriebsführung beinhaltet alle Prozesse, die für einen funktionierenden Bahnbetrieb notwendig sind, angefangen bei der langfristigen Betriebsplanung über die Betriebsdisposition und die Steuerung und Überwachung des Betriebs bis hin zur direkten Betriebsdurchführung. Die Gestaltung dieser Prozesse ist abhängig von unterschiedlichen Randbedingungen, wie sie in Abbildung 2 dargestellt sind. Über das aus der Betriebsführung abgeleitete Betriebsprogramm wird das Angebot für den Endkunden definiert.

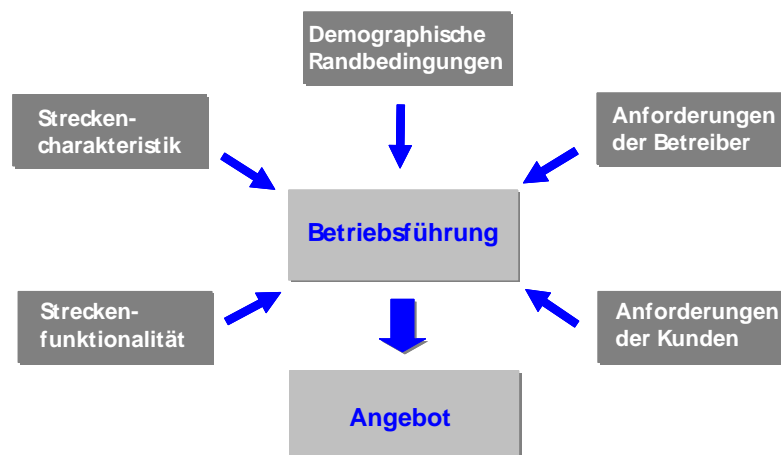


Abbildung 2: Randbedingungen und Anforderungen hinsichtlich der Betriebsführung

Die Anforderungen, die sich für die Betriebsführung ergeben, stehen teilweise im Widerspruch zueinander. Der Kunde (in diesem Fall der Fahrgast oder der Spediteur) fordert ein attraktives Leistungsangebot. Das Infrastrukturunternehmen und das Verkehrsunternehmen hingegen müssen einen wirtschaftlichen Betrieb realisieren (siehe Abbildung 3). Bei der Gestaltung der Betriebsführung müssen sowohl die aufwands- als auch die erlösrelevanten Faktoren berücksichtigt werden. Eine einseitige Optimierung hinsichtlich Erlös oder Aufwand wür-

de entweder zu einer mangelhaften Qualität der Betriebsführung oder zu einer nicht nachfragegerechten Angebotserstellung führen [11].



Abbildung 3: Das Spannungsfeld zwischen den Anforderungen der Betreiber und der Kunden

Ein weiteres Spannungsfeld entstand Mitte der 90er Jahre aufgrund der Liberalisierung des Eisenbahnmarktes in Europa. Auf dieser Basis kam es zu Privatisierungen im Bahnbereich sowie zu einer Trennung zwischen dem Betrieb und der Infrastrukturvorhaltung. Der regionale Eisenbahnverkehr wurde in die Verantwortung (Aufgabenträgerschaft) der Länder und Gemeinden gegeben (siehe Abbildung 4). Durch diese Neustrukturierung nahm die Komplexität des Eisenbahnmarktes vor allem im regionalen Bereich zu. Aufgrund der Konkurrenzsituation steigt der Kostendruck auf Seiten der Eisenbahnunternehmen.

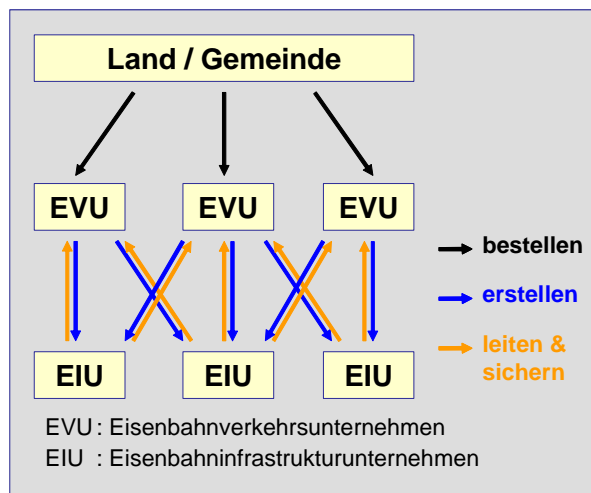


Abbildung 4: Bestellungs-Erstellungs-Prinzip im regionalen Eisenbahnverkehr

2.2 Betriebsverfahren und Leit- und Sicherungstechnik für die Betriebsdurchführung auf Nebenstrecken

Betrachtet man die momentane Situation in Deutschland, so zeigt sich, dass die Entwicklungen von innovativer Leit- und Sicherungstechnik meist auf Strecken des Leistungs- und Vorrangnetzes fokussiert sind, die eine der verkehrlichen Bedeutung entsprechende Auslastung aufweisen. Die Entwicklung von kostengünstiger und innovativer Leit- und Sicherungstechnik für das Nebenstreckensegment wurde weitestgehend vernachlässigt [14].

Aus der oft veralteten, stark diversitären und personalintensiven Stellwerkstechnik auf Nebenstrecken resultieren hohe Betriebskosten (insbesondere Personal- sowie Instandhaltungskosten), die meist durch die Einnahmen nicht gedeckt werden können.

Die Installation von Leit- und Sicherungstechnik auf Nebenstrecken ist in mehreren Varianten üblich:

1. Durchgehende dezentrale Sicherungstechnik und viele örtlich bediente Betriebsstellen mit hohem Personalaufwand
2. Punktuelle Sicherungstechnik (Stellwerke) und Einsatz von einfachen Betriebsverfahren (Zugleitbetrieb) mit örtlich stark unterschiedlichem Sicherheitsniveau
3. Einsatz einfacher Betriebsverfahren (Zugleitbetrieb, Einzugbetrieb)

Die Varianten unterscheiden sich hinsichtlich der Wirtschaftlichkeit und des Sicherheitsniveaus des Betriebs. Die erste Variante verursacht sehr hohe Betriebskosten, hat aber meist ein hohes Sicherheitsniveau. In Variante 3 sind die Verhältnisse genau umgekehrt. Die Mischform in Variante 2 ist je nach Ausprägung näher an Variante 1 oder 3 angelehnt.

Hinsichtlich des Einsatzes unterschiedlicher Varianten von Betriebsverfahren und Streckenausstattungen können nach der EBO und anderen Regelwerken bei „einfachen betrieblichen Verhältnissen“ vereinfachte Betriebsverfahren und Streckenausstattungen eingeführt werden. Allerdings existiert innerhalb der geltenden Regelwerke keine Definition von „einfachen Betriebsverhältnissen“ [2]. Aus diesem Grund wurde die „Empfehlung zur Auswahl geeigneter Betriebsverfahren für eingleisige Strecken“ (VDV-Schrift 752) entwickelt mit dem Ziel, „einfache Betriebsverhältnisse“ zu identifizieren und entsprechende Empfehlungen für den Betrieb auszusprechen [5].

Dabei erfolgt eine Differenzierung unterschiedlicher Streckenkategorien, die anhand von Belastungsprofilen definiert sind. Die Basis für die Erstellung dieser Profile bilden Kennzahlen aus den Bereichen Infrastruktur, Fahrzeuge, Betrieb sowie Belastung des Zugleiters und des Triebfahrzeugführers.

Entsprechend den Streckenkategorien wird die Verwendung eines bestimmten Betriebsverfahrens empfohlen (siehe Abbildung 5).

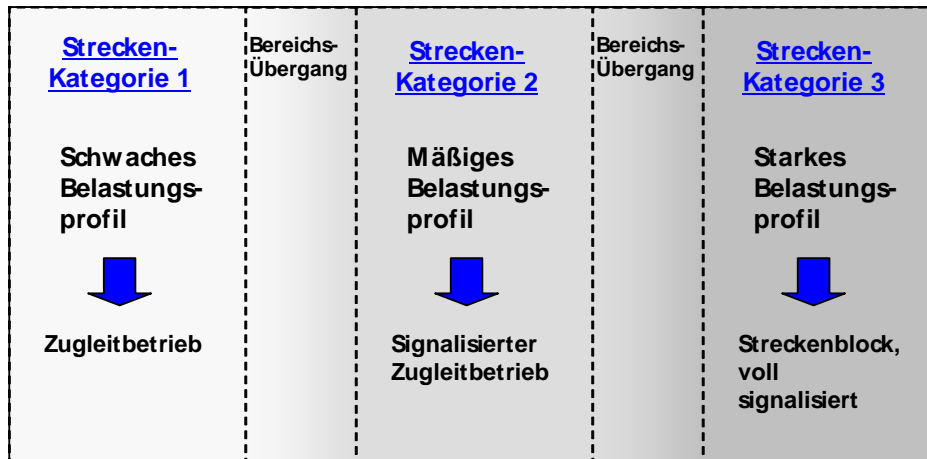


Abbildung 5: Streckenkategorien nach VDV 752

Für die Streckenkategorie 1 ist aufgrund des schwachen Belastungsprofils der Zugleitbetrieb ohne technische Zugsicherung anwendbar. Eine technische Unterstützung ist nicht notwendig, wird allerdings immer empfohlen¹. Für die Streckenkategorie 2 wird der Einsatz eines unterstützenden technischen Sicherungssystems für den Zugleitbetrieb gefordert. Auf diese Weise sollen der Zugleiter und der Triebfahrzeugführer bei ihrer Arbeit entlastet werden. Die höchste Streckenkategorie lässt nur noch den Einsatz voll signalisierter Anlagen und eines Streckenblocks und damit einer signaltechnisch sicheren Anlage zu. Der Zugleiter wird so zum Fahrdienstleiter der Strecke.

Die Streckenkategorien 1 und 2 sowie 2 und 3 überschneiden sich. Wird ein Belastungsprofil innerhalb dieser Überschneidungsbereiche für die zu untersuchende Strecke identifiziert, so sind detaillierte Untersuchungen notwendig.

2.3 Gültige Regelwerke für den Betrieb von Nebenstrecken

Bezüglich des Betriebs von Nebenstrecken und des Einsatzes von Leit- und Sicherungstechnik kommen abhängig vom Streckenbetreiber verschiedene Regelwerke zum Einsatz. Die grundlegende Unterscheidung erfolgt in bundeseigene Strecken (DB AG) und nichtbundeseigene Eisenbahnstrecken.

Nebenstrecken, die von der Deutschen Bahn AG betrieben werden, unterliegen den konzerninternen Richtlinien. Innerhalb dieser Richtlinien werden je nach festgelegter Streckenkategorie Streckenstandards bezüglich der Streckenausstattung und des eingesetzten Betriebsverfahrens festgelegt. Die festgelegten Richtlinien gelten für alle betriebenen Strecken und nur selten sind Ausnahmen zulässig. Der Vorteil hiervon ist eine gewisse Standardisierung der Anforderungen an die einzusetzenden Produkte, was Skalierungseffekte hervorruft. Nachteilig

¹ Aufgrund mehrerer Vorfälle vor wenigen Jahren, die sich unter Verwendung des manuellen Zugleitbetriebes ereignet haben, wurden die Vorschriften für die Zulassung verschärft. Bei Neuansträgen ist der Zugleitbetrieb heute ohne technische Unterstützung nicht mehr zuzulassen.

ist, dass die gestellten Forderungen für einzelne Strecken überdimensioniert sind und damit so hohe Kosten verbunden sind, dass eine wirtschaftliche Betriebsführung kaum noch möglich ist. Als Beispiel sei hier der Einzugbetrieb genannt, der nach Vorschriftenlage der DB AG in der Form nicht möglich ist. Die Investition in überdimensionierte Systeme führt auf längere Sicht zu einem unwirtschaftlichen Bahnbetrieb, da die Rückflüsse aus dem investierten Kapital die Ausgaben nicht decken können.

Die geltenden Regelwerke für NE-Bahnen sind oftmals einfacher. Hier gilt meist der Grundsatz: „Näheres regelt der oberste Betriebsleiter“. Daraus ergibt sich der Vorteil, dass die Anlagen günstig den örtlichen Bedingungen angepasst werden können, da globale Regelwerke des Betreibers nicht existieren. Der Nachteil ist, dass dabei viele Einzellösungen entstehen, die dann wieder kostenintensiv sind. Aufgrund von Einzellösungen und fehlenden Standards ist die Entwicklung von Systemlösungen für die Hersteller von Leit- und Sicherungstechnik unattraktiv, da das Marktvolumen zu gering ist, um die Entwicklungskosten wieder refinanzieren zu können.

Ein weiteres Problem bilden die maßgeblichen Vorschriften für den Betrieb auf Eisenbahnstrecken. In der EBO ist festgelegt: „Von den anerkannten Regeln der Technik darf abgewichen werden, wenn mindestens die gleiche Sicherheit wie bei Beachtung dieser Regeln nachgewiesen ist.“ Um einen Systemwechsel zu ermöglichen und damit ggf. von den anerkannten Regeln der Technik abweichen zu können, muss das Sicherheitsniveau des zukünftigen Systems ermittelt und mit dem derzeit eingesetzten verglichen werden. Dabei muss mindestens die gleiche Sicherheit nachgewiesen werden.

Die Abgrenzung des Betrachtungszeitraumes und die Vollständigkeit der Daten stellt dabei ein großes Problem dar. Selbst bei Klärung dieses Problems ist der Nachweis der gleichen Sicherheit der zukünftigen Umsetzung mit sehr viel Aufwand verbunden. Dementsprechend wird dieser Weg nur sehr selten gewählt.

Eine weitere Schwierigkeit bei der Einführung neuer Systemlösungen ergibt sich aufgrund der oftmals fehlenden Nachvollziehbarkeit der geltenden Vorschriften. Die in den Regelwerken enthaltenen maßgeblichen Anforderungen an die Leit- und Sicherungstechnik sowie an die einzusetzenden Betriebsverfahren sind meist unkommentiert und daher oft nur schwer nachvollziehbar. Es haben immer noch Anforderungen Gültigkeit, die aufgrund des heutigen Standes der Technik nicht mehr zeitgemäß erscheinen.

3 Forschungsvorhaben

Die im Folgenden vorgestellte Untersuchung für das Nebenstreckensegment ist Teil des Forschungsprojektes „Systemlösung Eisenbahnnebenstrecken“ des Institutes für Verkehrsführung und Fahrzeugsteuerung des DLR Braunschweig und der Professur für Verkehrssicherungstechnik der TU Dresden. Das Ziel dieses Forschungsvorhabens ist die Ableitung aktueller und

zukünftiger betrieblich-technischer Anforderungen und Randbedingungen für ein Bahnsicherungssystem für Nebenstrecken.

Dazu ist es notwendig, die momentan vorhandenen Probleme in diesem Bereich des Bahnsystems zu ermitteln, um anschließend Lösungsansätze zu erarbeiten. Die Analyse der aktuellen Situation sowie die Prognose von demographischen, politischen, gesellschaftlichen und technischen Entwicklungen, die das Nebenstreckensegment beeinflussen, erfolgt innerhalb des Forschungsprojektes in Form einer Struktur- und Trendanalyse, die in diesem Vortrag vorgestellt werden. Zunächst soll jedoch ein kurzer Überblick über den Gesamtzusammenhang des Projektes gegeben werden. In Abbildung 6 ist der Prozessablauf des Projekts qualitativ dargestellt.

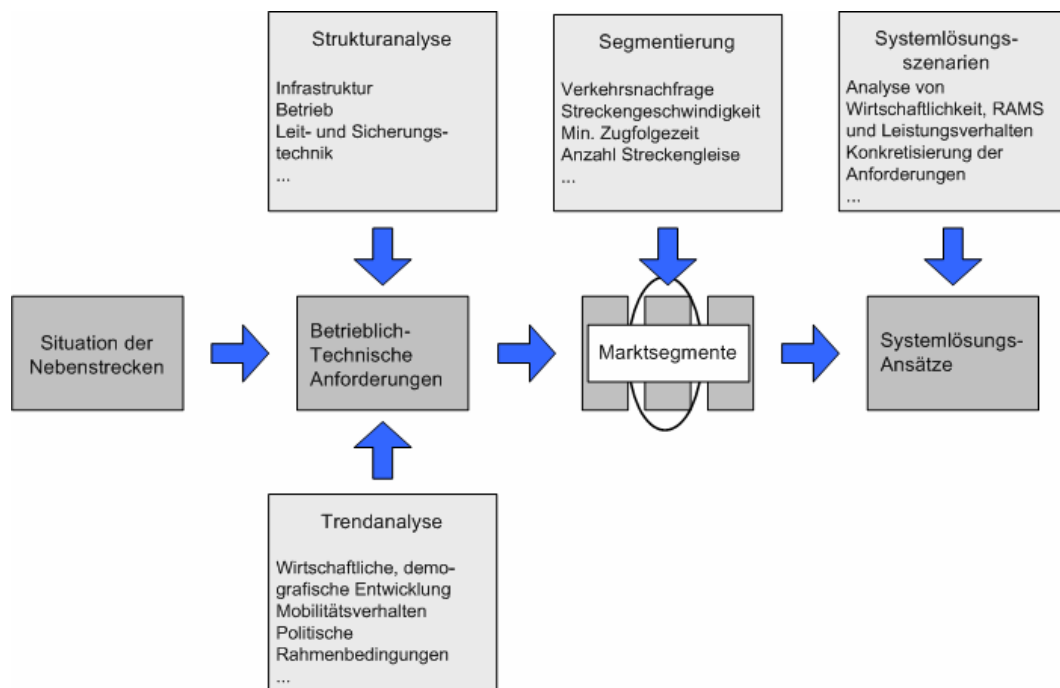


Abbildung 6: Prozessablauf des Projekts "Systemlösung Eisenbahnnebenstrecken"

Entsprechend der Ergebnisse aus der Struktur- und Trendanalyse wird zunächst eine Strukturierung und Segmentierung der Bahnen bzw. Bahnstrecken innerhalb des betrachteten Bereichs durchgeführt. Ziel dieser Segmentierung ist eine Zusammenfassung von Strecken mit ähnlichen betrieblichen Anforderungen. Damit können später Strecken, die in einem Marktsegment zusammengefasst sind, mit der gleichen identifizierten Systemlösung betrieben werden und die Entwicklung kostenintensiver Einzellösungen für einzelne Strecken kann verringert werden.

Die so definierten Bahnsegmente innerhalb des Nebenstreckensegments werden entsprechend ihres Potentials und ihrer Attraktivität für die Entwicklung neuer Systemlösungsansätze gewichtet. Dabei muss auch die voraussichtliche Entwicklung des gesamten Nebenstreckensegments berücksichtigt werden.

Im Rahmen des Projektes werden in einem weiteren Arbeitsschritt die Anforderungen und Randbedingungen für ein Eisenbahnsicherungssystem identifiziert und die daraus notwendigen Funktionen abgeleitet.

Darauf aufbauend werden Szenarien für den Einsatz unterschiedlicher Bahnsicherungssysteme erstellt. Diese Anwendungsszenarien bilden jeweils einen Ansatz, der u. a. betriebliche und technische Anforderungen der definierten Bahnsegmente abdeckt. Damit ergeben sich Randbedingungen für die technische Umsetzung. Die Hauptfaktoren, die die Anwendbarkeit einer Systemlösung bedingen, sind die Leistungsfähigkeit bzw. das Leistungsverhalten, die Wirtschaftlichkeit und die Erfüllung der geforderten Sicherheitsaspekte. Diese Faktoren beeinflussen sich gegenseitig (siehe Abbildung 7) [9]. Ziel ist es, für eine angestrebte Leistungsfähigkeit optimierte Rahmenbedingungen hinsichtlich Wirtschaftlichkeit und Sicherheit festzulegen.

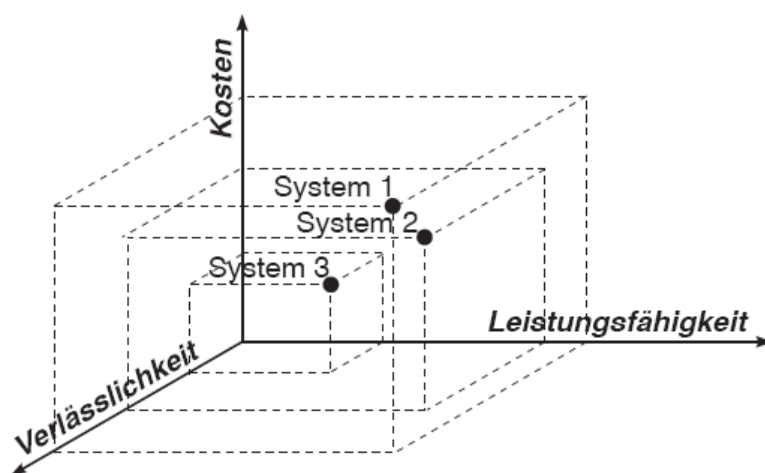


Abbildung 7: Qualitative Darstellung des Zusammenhangs von Leistungsfähigkeit, Kosten und geforderten Sicherheitsaspekten [9]

Die Szenarien werden hinsichtlich der Sicherheit und der Wirtschaftlichkeit untersucht. Als Grundlage der Sicherheitsbetrachtung wird dabei angenommen, dass für die Bewertung der Sicherheit die derzeit aktuellen Normen (EN 50126, 50128, 50129, IEC 61508) unverändert oder mit nur geringen Anpassungen zur Anwendung kommen.

Abschließend sollen die Anforderungen an die künftigen Sicherungssysteme konkretisiert werden, so dass diese die betrieblichen, wirtschaftlichen und sicherungstechnischen Bedingungen erfüllen. Es werden die Anforderungen für technische Realisierungen definiert und daraus konzeptionelle Systemvarianten abgeleitet. Dabei werden die definierten notwendigen Funktionalitäten sowie die erfassten Randbedingungen für eine technische Realisierung der Funktionalitäten berücksichtigt.

Die neuen bahnsicherungstechnischen Systeme müssen dargestellt und beschrieben werden. Dabei muss die mögliche Einbindung in bisherige Systeme untersucht werden. Die Lösungs-

ansätze können durch geeignete Simulationen bewertet werden und die Erarbeitung von Migrationsstrategien liefert weitere Erkenntnisse zur Umsetzbarkeit der Ansätze.

Auf der Grundlage der Aussagen über Anforderungen an den Einsatz neuer Technologien im Bereich Betriebsführung können Lösungsansätze erarbeitet werden, die als Basis für neue Produktentwicklungen dienen. Damit kann die marktgerechte Neu- und Weiterentwicklung von Systemkomponenten für Eisenbahnnebenstrecken ermöglicht werden.

Als Endergebnis des Forschungsprojektes soll eine Empfehlung entstehen, wie künftige Betriebssysteme sowie Leit- und Sicherungssysteme für Nebenstrecken aussehen sollten und welche Schnittstellen diese zu bedienen haben.

4 Strukturanalyse für den Betrieb auf Nebenstrecken

Um die Situation auf Nebenstrecken differenziert zu erfassen und zu beschreiben, ist eine genaue und strukturierte Übersicht über die charakteristischen Merkmale dieser Strecken sowie ihrer Ausprägungen Voraussetzung.

4.1 Definition von Beschreibungskriterien

Zur Betrachtung des Nebenstreckensegmentes werden zunächst geeignete Bereiche ausgewählt, innerhalb derer eine Beschreibung der Strecken und Unternehmen möglich ist. Dabei sind sowohl technische und betriebliche als auch wirtschaftliche und politische Aspekte zu beachten. Es werden daher die Bereiche Netze und Strecken, Organisation, politische Vorgaben, Kundensicht, Betrieb, Betriebsverfahren, Kosten sowie Schnittstellen untersucht.

Jeder dieser Bereiche umfasst eine Anzahl von Beschreibungskriterien (Deskriptoren). Diese Deskriptoren werden so ausgewählt, dass anhand ihrer Auswertung eine sinnvolle und umfassende Beschreibung des Nebenstreckensegmentes vorgenommen werden kann (siehe Tabelle 1).

Ausgewählte Deskriptoren wurden in einer Befragung mit Unternehmen des Nebenstreckensegmentes erfasst.

Bereich	Deskriptoren	Erläuterung
Netze / Strecken	Räumliche Lage	ländlicher Raum, Ballungsgebiet
	Netzform	Geschlossene oder offene Netze
	Streckenlänge	
	Eingleisig / Zweigleisig	
	Kreuzungsmöglichkeiten	Abstand, Nutzlängen
	Bahnübergänge	Abstände
Organisation	Trennung Infrastruktur / Betrieb	EIU / EVU
	Trägerschaft	privat / öffentlich
Politische Vorgaben	Politische Vorgaben Regionalbereich	
	Subventionspolitik LST	Subventionen Fahrzeug- / Streckenseite
	Anteile der Infrastrukturinvestition	Schienenverkehrs-Anteil an öffentlichen Infrastrukturinvestitionen
Kundensicht	Nachfrage nach Regionalverkehr	Nachfragepotential nach regionalen Verkehrsleistungen
	Verkehrsarten	Güterverkehr, Personenverkehr
	zusätzlich angefragte Leistungen	welche Zusatzleistungen sind erwünscht. Z.B. Fahrplanmanagement, Kundeninformationssysteme
Betrieb	Streckengeschwindigkeit	
	Verkehrsaufkommen	Tagesganglinien
	Zugfolgezeit	minimal und durchschnittlich
	Kapazität Strecke / Netz	Kapazitätsgrenzen
Betriebsverfahren	Steuerung der SMV Strecken	dezentral oder zentral, ggf. Einbindung in BZ-Konzept
	Technische Ausstattung / unterstützende Systeme	Systeme, Kommunikations- und Ortungstechniken, Planungs- und Dispositionssysteme
Kosten	Kosten für Leit- und Sicherungstechnik	Anschaffung, Betrieb, Wartung- und Instandhaltung
Schnittstellen	Fernverkehr	
	intermodale Schnittstellen	

Tabelle 1: Bereiche und Deskriptoren für Nebenstrecken

4.2 Befragung ausgewählter Systembeteiligter

Um die derzeitige Situation der Nebenstrecken zu erfassen, wurde eine Befragung von Vertretern von Eisenbahninfrastrukturunternehmen (EIU) und Eisenbahnverkehrsunternehmen (EVU) im Nebenstreckensegment durchgeführt. Vorrangiges Ziel der Befragung ist die Validation von Annahmen über die aktuellen Problembereiche sowie die Einschätzung der zukünftigen Entwicklungen aus Sicht der Betreiber. Die Befragung hat keinen repräsentativen Charakter, sie soll den wissenschaftlichen Teil des Projektes durch die Sicht aus der Praxis ergänzen.

Der erstellte Fragebogen bezieht sich auf die derzeitige Situation der befragten Unternehmen sowie auf persönliche Einschätzungen der Befragten hinsichtlich dieser Situation und der möglichen Entwicklung der Nebenstrecken. Es werden Angaben zur Struktur des Unternehmens erfasst wie Art der Verkehre, Streckenlänge, Gesamtzuganzahl, eingesetzte Sicherungs-

technik, Streckenhöchstgeschwindigkeit und eingesetzte Betriebsverfahren. In einem weiteren Fragenblock wird die Einschätzung zu aktuellen Problemen und zukünftiger Entwicklung des Betriebs behandelt. Dabei werden Rahmenbedingungen für einen Einsatz vereinfachter Betriebsverfahren, Maßnahmen zur Stärkung des Betriebs auf Nebenstrecken und die Einschätzung eines sinnvollen Automatisierungsgrades verschiedener Betriebsbereiche erfragt.

Für die Befragung im Mai 2005 wurden Unternehmen ausgewählt, die als EIU oder EVU den Betrieb auf Nebenstrecken realisieren. Die Resonanz auf die Befragung war sehr positiv. Viele der angeschriebenen Unternehmen haben großes Interesse an der Thematik „Sichern und Leiten auf Nebenstrecken“ geäußert.

Von 34 Unternehmen wurden ausgefüllte Fragebögen zurückgesandt. Dabei handelte es sich um 8 reine Infrastrukturunternehmen, 13 Verkehrsunternehmen sowie 13 Unternehmen, die sowohl Infrastruktur betreiben als auch Betrieb realisieren. Bei der Art der Verkehre hat nur ein geringer Teil der Unternehmen in nennenswertem Umfang Güterverkehr zu verzeichnen, der Schwerpunkt liegt auf der Personenbeförderung. Bei der Aufteilung des Personenverkehrsaufkommens ist in den meisten Fällen schwerpunktmäßig die Bedienung des Berufs- und Ausbildungsverkehrs festzustellen.

4.2.1 Auswertung der Befragung

Die Auswertung der Befragung erfolgt getrennt nach EIU und EVU. Für Unternehmen, die sowohl Infrastrukturbetreiber als auch Verkehrsunternehmer sind, werden die Angaben auf den jeweiligen Unternehmenszweig aufgeteilt.

Die Aussagen und Einschätzungen zur zukünftigen Entwicklung des Nebenstreckensegmentes werden für EIU und EVU gleichermaßen ausgewertet. Aussagen zur derzeitigen Situation der Unternehmen bezogen auf angewandte Betriebsverfahren, eingesetzte Stellwerkstechnik und den Einsatz von Zugbeeinflussung sind nur für EIU relevant. Die erfassten Informationen und Aussagen werden exemplarisch dargestellt.

4.2.2 Situation der Unternehmen

Im Folgenden werden zunächst die Aussagen der befragten EIU betrachtet.

Die Auswertung der zurückgesandten Fragebögen zeigt ein relativ einheitliches Bild der Bedingungen im untersuchten Nebenstreckensegment. So wird ein Großteil der Strecken der befragten Unternehmen im ländlichen Raum betrieben. Es handelt sich zum überwiegenden Teil um eingleisige Strecken mit Streckenhöchstgeschwindigkeiten von max. 80 km/h. Auf den betrachteten Strecken gibt es im Allgemeinen sehr viele Bahnübergänge (oftmals mehr als ein Übergang pro Kilometer Streckenlänge), von denen nur der kleinere Teil technisch gesichert ist.

Zur Betrachtung der derzeitigen Struktur der Unternehmen wird zunächst eine Segmentierung der befragten Unternehmen nach der Unternehmensgröße in Abhängigkeit von der Gesamtstreckenlänge vorgenommen. Die Unternehmen werden in kleinere (1 – 50 km Gesamtstreckenlänge), mittlere (50 – 150 km Gesamtstreckenlänge) und größere (150 – 400 km Gesamt-

streckenlänge) Unternehmen unterteilt. Dann werden in Abhängigkeit von der Unternehmensgröße die angewandten Betriebsverfahren, die eingesetzte Stellwerkstechnik und der Einsatz von Zugbeeinflussung untersucht.

Angewandtes Betriebsverfahren

Bei der Betrachtung der angewandten Betriebsverfahren zeigt sich, dass der Zugleitbetrieb bei der überwiegenden Anzahl der Unternehmen zum Einsatz kommt und auch der Zugmeldebetrieb verbreitet ist. Bei den mittleren und größeren Unternehmen wird darüber hinaus auch der signalisierte Zugleitbetrieb eingesetzt. Bei den kleineren Unternehmen wird im Allgemeinen nur ein Verfahren angewandt, bei den mittleren und größeren Unternehmen kommen meist mehrere Verfahren zum Einsatz.

Eingesetzte Stellwerkstechnik

Die Strecken kleinerer Unternehmen sind zum größten Teil nicht mit Stellwerkstechnik ausgerüstet, bei den mittleren Unternehmen haben etwa zwei Drittel der Unternehmen nicht auf allen Strecken Stellwerkstechnik. Bei den mittleren und größeren Unternehmen sind auf den Strecken verschiedene Techniken im Einsatz. Die Unternehmen haben größtenteils ihre verschiedenen Strecken mit unterschiedlichen Techniken ausgerüstet. Dabei kommt hauptsächlich mechanische, elektromechanische und Relais-Stellwerkstechnik zum Einsatz.

Einsatz von Zugbeeinflussung

Größere Unternehmen nutzen hauptsächlich punktförmige Zugbeeinflussung, bei den kleineren Unternehmen hingegen setzt ca. die Hälfte der Unternehmen keine Zugbeeinflussung ein. Andere Technologien als die punktförmige Zugbeeinflussung sind bei den befragten Unternehmen nicht im Einsatz.

Automatisierungsgrad verschiedener Betriebsbereiche

Es wurde die Einschätzung eines sinnvollen Automatisierungsgrades der Betriebsbereiche Betriebsplanung, Dispositionshilfen, Fahrgastinformation, Zuglenkung und Zugsteuerung erfragt. Dabei wird von einem Großteil der Unternehmen in keinem der Betriebsbereiche eine Vollautomatisierung angestrebt. Bei den kleineren Unternehmen wird für alle Bereiche ein manueller Betrieb als ausreichend angesehen, lediglich bei der Fahrgastinformation wird eine Teilautomatisierung als sinnvoll erachtet. Bei den mittleren und größeren Unternehmen wird eine Automatisierung der Bereiche Fahrgastinformation und Zuglenkung angestrebt. Eine Automatisierung des Bereichs Betriebsplanung wird mit zunehmender Unternehmensgröße wichtiger eingeschätzt.

4.2.3 Zukünftige Entwicklung

Sowohl für EIU als auch für EVU werden die Aussagen und Einschätzungen zur zukünftigen Entwicklung des Nebenstreckensegmentes ausgewertet.

Ein Großteil der Vertreter der Unternehmen spricht sich für die Einführung vereinfachter Betriebsverfahren auf Eisenbahnnebenstrecken aus. Als Rahmenbedingungen für solche vereinfachten Betriebsverfahren wird vielfach die Schaffung übersichtlicher technischer und be-

trieblicher Regelwerke bzw. die dahingehende Überarbeitung der bestehenden Regelwerke genannt. Ein weiterer wichtiger Punkt, der oft genannt wird, ist die Gewährleistung ausreichender Sicherheit bzw. die Einführung angemessener Sicherheitsstandards.

Viele der befragten Unternehmensvertreter sehen im Bereich der Sicherungstechnik einen Ansatz, um künftig Kosten beim Betrieb der Nebenstrecken einzusparen. Der Einsatz von angemessener Sicherungstechnik, die vor allem auch die örtlichen Verhältnisse berücksichtigt, ist von großer Wichtigkeit. In diesem Zusammenhang wird auch die Einführung angepasster Betriebsverfahren als sinnvoll erachtet.

In einer besseren Vernetzung der Verkehrsträger und einem attraktiven Angebot an Verkehrsleistungen (Zuverlässigkeit, Pünktlichkeit, schnelle Fahrzeiten und umfangreiche Bedienung) sehen viele Unternehmen geeignete Maßnahmen zur Stärkung des Betriebs auf Nebenstrecken. Es soll besonders eine höhere Flexibilität im Betrieb erreicht werden. Durch diese Maßnahmen wird nach Ansicht vieler Unternehmen auch das Potential zur Erhöhung der Fahrgastzahlen gestärkt.

Zur Verbesserung der Situation im Nebenstreckensegment bedarf es nach Ansicht vieler Unternehmen der Unterstützung durch Schaffung politischer Rahmenbedingungen zugunsten der Schiene und geeigneter gesetzlicher Rahmenbedingungen.

4.3 Experten-Workshop

Im April 2005 wurde an der TU Dresden ein Experten-Workshop zum Thema „Leiten und Sichern auf Nebenstrecken“ durchgeführt. Inhaltlich wurden die Themenbereiche Situation und zukünftige Entwicklung der Nebenstrecken diskutiert, die auch in der Befragung im Vordergrund stehen. Viele Aussagen in den Vorträgen und Diskussionen zeigten eine große Übereinstimmung mit den Hauptaussagen, die sich aus der Auswertung der Befragung ergeben.

5 Trendanalyse für den Eisenbahnverkehr

Das Ziel der Trendanalyse ist es, qualitative Aussagen zur zukünftigen Entwicklung des Bahnverkehrs treffen zu können. Besondere Bedeutung hat dabei die Ableitung von Schlussfolgerungen für das Nebenstreckensegment.

Die Entwicklung des Verkehrssektors wird durch verschiedene Einflussfaktoren bestimmt. Um die Entwicklung beschreiben zu können, werden geeignete Indikatoren festgelegt. Aus der Entwicklung dieser Indikatoren können dann Rückschlüsse auf die Entwicklung des Verkehrs gezogen werden.

5.1 Indikatoren

Wichtige Einflussfaktoren für die Entwicklung des Verkehrssektors sind die wirtschaftliche Entwicklung sowie die Bevölkerungsentwicklung, die politischen Rahmenbedingungen, tech-

nische und technologische Entwicklungen und gesellschaftliche Bedingungen. Aus diesen Bereichen werden die Indikatoren festgelegt (siehe Tabelle 2).

Bereich	Indikatoren
Wirtschaftliche, Bevölkerungs- und raumstrukturelle Entwicklung	
Verkehrsleistung	Gesamt-Verkehrsleistung (Personenverkehrsleistung)
sozioökonomische Rahmenbedingungen	Erwerbstätigkeit
Mobilitätskosten	Kraftstoffpreise / Benzinpreis
	Preise für die Nutzung der Verkehrsinfrastruktur
Voraussetzungen für MIV	PKW-Dichte
Raumstrukturen	Entfernung zwischen Wohn- und Arbeitsort
	Raumstrukturen (Trend zur Zersiedelung, Entwicklung von Ballungsräumen)
Politische Rahmenbedingungen	
Infrastrukturpolitik / -finanzierung	Öffentliche Investitionen für Verkehr
	Anteile der Verkehrsträger am Infrastruktur-Investitionsvolumen
	Bepreisung im Straßenverkehr (Maut)
	Öffentliche Ausgaben für den ÖPNV
Verkehrsorganisation	organisatorische Maßnahmen
	Wettbewerb auf der Schiene
Raumordnungspolitik	Zielorientierung der Raumordnungspolitik (z.B. Ausrichtung auf verkehrsvermeidende Strukturen)
Technische / Technologische Entwicklung	
Technik	technische Entwicklungen System Bahn
Bahntechnologien	Konzepte für Nebenstrecken (wirtschaftliche und technische Konzepte)
	Informationssysteme (auch verkehrsträgerübergreifende)
Gesellschaftliche Bedingungen, Mobilitätsverhalten	
Lebensstile	Mobilitätsleitbild (gesellschaftlich geprägt)
Mobilitätsausgaben	Anteil Mobilitätsausgaben am verfügbaren Einkommen
	Verteilung der Mobilitätsausgaben in der Gesellschaft (schicht- / gruppenspezifisch)
Angebotsstrategien der Verkehrsträger, Mobilitätsdienstleistungen	
Infrastruktur	Netzdichte Schienenpersonennahverkehr
	Kapazitätsbetrachtung (Kapazitäten und Engpässe Schiene)
Produktstrategien	Produktstrategien des ÖPNV (Verbünde, Bedienformen, Zugänglichkeit, Angebotsdichte)
Kundenanforderungen	Wichtigkeit / Bedeutung für die Kunden von Gesamtreisezeit, Preis, Komfort, Systemzugang, Zuverlässigkeit und Pünktlichkeit, Umweltfreundlichkeit
	Kommunikationsbedürfnisse und Informationsbedürfnisse während der Fahrt
Entscheidungsprozess der Kunden	Preiswahrnehmung (subjektive Wahrnehmung der Kosten verschiedener Verkehrsmittel)

Tabelle 2: Indikatoren für die künftige Entwicklung des Verkehrssektors

5.2 Auswertung verschiedener Studien

Im Rahmen der Trendanalyse werden verschiedene Studien (siehe Literatur) betrachtet, die sich mit der Verkehrsentwicklung in Deutschland und Europa befassen. Die Studien werden nach den festgelegten Indikatoren ausgewertet, um dann Schlussfolgerungen für den Bahnverkehr ableiten zu können.

Im Folgenden werden die Hauptaussagen aus den untersuchten Studien zusammengefasst. Dabei werden die Bereiche sozioökonomische Rahmenbedingungen, politische Rahmenbedingungen, Rahmenbedingungen der Verkehrsträger sowie technische Entwicklungen betrachtet.

Sozioökonomische Rahmenbedingungen

Unter sozioökonomischen Rahmenbedingungen sind wirtschaftliche, bevölkerungs- und raumstrukturelle Entwicklungen und gesellschaftliche Bedingungen sowie Mobilitätsverhalten zusammengefasst.

In vielen der betrachteten Studien wird davon ausgegangen, dass die Anzahl der privat genutzten Pkw sowohl in Deutschland als auch in Europa weiter steigen wird. Der Individualverkehr als Mobilitätsleitbild und der private Pkw als positiver Ausdruck des Lebensstils werden weiter an Bedeutung gewinnen. Studien zur raumstrukturellen Entwicklung prognostizieren eine Siedlungsentwicklung und Raumstrukturentwicklung, die die Verbreitung des Individualverkehrs voraussetzt und weiter unterstützt.

Politische Rahmenbedingungen

Die Betrachtung der politischen Rahmenbedingungen umfasst in erster Linie Aussagen zur Infrastrukturpolitik und zur Infrastrukturfinanzierung.

Dabei kann als Hauptaussage festgehalten werden, dass zukünftig die öffentliche Finanzierung für den ÖPNV (öffentlicher Personennahverkehr) und für den Verkehr im ländlichen Raum deutlich zurückgehen wird.

Rahmenbedingungen Verkehrsträger

Die durch die Verkehrsträger bestimmten Rahmenbedingungen beinhalten Aussagen zu Angebotsstrategien der Verkehrsträger und zu Mobilitätsdienstleistungen.

Bei der Wahl des Verkehrsmittels ist für die Kunden die Gesamtreisezeit entscheidend. Ebenfalls von großer Wichtigkeit sind Zuverlässigkeit, Pünktlichkeit und Komfort. Zukünftig werden die Unternehmen des ÖPNV nach Ansicht verschiedener Autoren in diesen Bereichen größere Anstrengungen unternehmen und Angebotsverbesserungen einführen, um die Kundenfreundlichkeit zu erhöhen. Gleichzeitig wird es jedoch auch im Automobilbereich zu weiteren (technischen) Verbesserungen der Pkw kommen, die den Individualverkehr noch attraktiver machen.

Es wird in vielen Studien davon ausgegangen, dass der Anteil des öffentlichen Verkehrs im ländlichen Raum weiter sinken wird.

Technische Entwicklung

In einigen untersuchten Studien werden Aussagen zu technischen und technologischen Entwicklungen im Schienenverkehr getroffen. Diese beziehen sich auf den gesamten Schienenverkehrsbereich und sind meist auf den Fernverkehr fokussiert.

Weitere technische und technologische Entwicklungen werden vor allem in den Bereichen neue Signalisierungs- und Zugleitsysteme, verbesserte Transportmanagementsysteme, energiesparende Technologien, verbesserte Routenplanung und Telematik zur Optimierung intermodaler Transportketten gesehen.

Verbesserte Informationssysteme können zukünftig die Vernetzung der Verkehrssysteme untereinander unterstützen und zur Verbesserung der Fahrgastinformation beitragen.

6 Schlussfolgerungen

Die wirtschaftlichen und politischen Randbedingungen behindern auch zukünftig eine positive Marktentwicklung im Nebenstreckensegment. Eine positive Entwicklung der Nebenstrecken ist daher nur durch unterstützende Rahmenbedingungen möglich. Ebenfalls wichtig ist eine politische Unterstützung durch flankierende Maßnahmen und vor allem durch entsprechende Finanzierungsmodelle.

Eine wichtige Voraussetzung für Maßnahmen im Nebenstreckensegment ist die Berücksichtigung der örtlichen Verhältnisse und Besonderheiten. Aus der Untersuchung der Situation und Struktur der Nebenstrecken und auch aus den Aussagen der befragten Unternehmen ergeben sich folgende Hauptansatzpunkte für Verbesserungen:

- Einsatz von angepasster Sicherungstechnik
- Einführung angepasster Betriebsverfahren
- Einführung angemessener Sicherheitsstandards

Um eine höhere Wirtschaftlichkeit des Betriebs von Nebenstrecken zu erreichen und das Marktpotential im regionalen Schienenverkehr auszuschöpfen, müssen Lösungen in diesen Bereichen entwickelt werden.

Im Rahmen der weiteren Arbeiten und Untersuchungen des vorgestellten Forschungsprojektes werden diese Ansätze aufgegriffen und Lösungsmöglichkeiten erarbeitet.

7 Literatur

- [1] Bundesministerium des Innern, 2000, Modellrechnungen zur Bevölkerungsentwicklung in der Bundesrepublik Deutschland bis zum Jahr 2050 (Bundesministerium des Innern, Berlin)
- [2] Enders, D. H., 2005, Betriebsverfahren für eingleisige Eisenbahnstrecken, *Deine Bahn* (5/05), 294-299
- [3] Enquete-Kommission, 2001, Anhörung - Mobilität und Verkehr (Protokoll)
- [4] Europäische Kommission, 2001, Weissbuch – Die europäische Verkehrspolitik bis 2010: Weichenstellung für die Zukunft (ISBN 92-894-0339-X, Amt für amtliche Veröffentlichungen der Europäischen Gemeinschaften, Luxemburg)
- [5] Fischer, J. & Ausschuss für Eisenbahnbetrieb (AEB), 2000, Empfehlungen zur Auswahl geeigneter Betriebsverfahren für eingleisige Strecken der Nichtbundeseigenen Eisenbahnen (VDV Schrift 752, Verband Deutscher Verkehrsunternehmen, Köln)
- [6] Hell, W. & andere, 2002, Zukunft der Mobilität – Szenarien für das Jahr 2020 (Ergebnisband, ifmo - Institut für Mobilitätsforschung, Berlin)
- [7] Lasch, R. & andere (Wagener & Herbst / TU Dresden), 2002, Der Transportmarkt im Wandel – Endbericht zur Delphi-Studie (Deutsches Verkehrsforum, Düsseldorf)
- [8] Mann, H.-U. & andere, 2001, Verkehrsprognose 2015 für die Bundesverkehrswegeplanung – im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Bau-, und Wohnungswesen (FE-Nr. 96.578/1999, BVU/ifo/ITP/PLANCO, München/Freiburg/Essen, Schlussbericht)
- [9] Meyer zu Hörste, M., 2004, Methodische Analyse und generische Modellierung von Eisenbahnleit- und -sicherungssystemen (VDI Fortschrittberichte Series 12, No. 571, Düsseldorf)
- [10] Renard, Ph., 2002, Strategic Rail Research – Agenda 2020 (First Report, ERRAC, Brüssel)
- [11] Schaer, T., 2003, Der Einfluss von Betriebsführungskonzepten in großen Bahnnetzen, *Signal + Draht* (95), 6-12
- [12] Shell, 2001, Mehr Auto – weniger Verkehr? – Szenarien des Pkw-Bestands und der Neuzulassungen in Deutschland bis zum Jahr 2020 (Deutsche Shell GmbH Abt. Energie- und Wirtschaftspolitik (EAC), Hamburg)
- [13] Shell, 2003, Flexibilität bestimmt Motorisierung – Szenarien des Pkw-Bestands und der Neuzulassungen in Deutschland bis zum Jahr 2030 (Shell Deutschland Oil External Affairs Central Europe, Hamburg)
- [14] Zimmer, Ch., 2002, Konzeptioneller Neuanatz für den Betrieb von Nebenstrecken, *Eisenbahningenieur* (53)