

Entgegnungen auf die Einwendungen gegen das Projekt Stuttgart 21

Universitätsprofessor Dr.-Ing. Wulf Schwanhäußer
Aachen
Berater für Eisenbahnwesen

Universitätsprofessor Dr.-Ing. Wulf Schwanhäuser
Professor em. für Verkehrswirtschaft, Eisenbahnbau und- Betrieb der RWTH Aachen
Berater für Eisenbahnwesen
E-mail: ...

Büro Aachen:

...

Büro München (zeitweilig)

...

Stand : Dienstag, den 21. Januar 2003

Inhaltsverzeichnis

1.	Aufgabenstellung	1
2.	Gültigkeit von langfristigen Verkehrsprognosen	3
2.1.	Langfrist-Szenarien des Ifmo	3
2.2.	Das für die Bemessung maßgebende Szenario E	6
3.	„Befangenheit“ des Gutachters	7
4.	Relevanz von Änderungen des Anteils der Züge mit Lokwechsel	8
5.	Gültigkeit der Aussagen über Stuttgart Hbf als Kopfbahnhof	14
6.	Ist die Dimensionierung von Stuttgart 21 mit 8 Bahnsteigkanten ausreichend?	19
7.	Leistungsverhalten der Bahnsteiggleisanlage in Spitzenstunden	24
7.1.	Grundsätzliche Vorgehensweise	24
7.2.	Spitzenfaktor der Strecke Mannheim-Stuttgart	24
7.3.	Theoretische Grundlage der Beurteilung von Gleisgruppen hinsichtlich der Leistungsreserven in Spitzenstunden	26
7.4.	Spitzenfaktor der Bahnsteiggleisanlage Stuttgart 21	28
8.	Vorteile durch den „Kreisverkehr“	32
9.	Weitere Bemerkungen zu den Anlagen 2.1 und 2.2 der VCD Stellungnahme	33
9.1.	Emission von Scheibenbremsen	33
9.2.	Dimensionierung von Bahnanlagen	33
9.3.	Positive Verkehrswirkung Fahrzeit Mannheim-Ulm	33
9.4.	Verkürzung der Umsteigezeiten und ITF	34
9.5.	Bauausführung Neigung bis 25 ‰	35
9.6.	Betriebserfordernisse Ausrüstung der Züge	35
9.7.	Alternative LEAN /Umkehr, Kapazität	35
9.8.	Alternative LEAN /Umkehr, Umsteigequalität	35
10.	Schlussbemerkungen	36

Entgegnungen auf die Einwendungen gegen das Projekt Stuttgart 21

1. Aufgabenstellung

Im Rahmen des Anhörungsverfahrens des Regierungspräsidiums Stuttgart für die Planfeststellung zur Umgestaltung des Bahnknotens Stuttgart und zur Aus- und Neubaustrecke Stuttgart - Augsburg Bereich Stuttgart - Wendlingen mit Flughafenbindung im Abschnitt 1.1 Talquerung mit Hauptbahnhof" (Az.: 15-3824.1/DB-PFA1.1) liegen verschiedene Stellungnahmen vor.

Eine Reihe von Einwendungen gegen das Projekt Stuttgart 21 stellt die Erforderlichkeit der Umstrukturierung des Knotens Stuttgart sowie den Bau der anschließenden Neubaustrecke in Frage. Am dezidiertesten wird der Problemkomplex in der Einwendung des BUND vom 10.10.2002 angesprochen, die sich in ihrer Anlage auf eine Stellungnahme des VCD beruft.

Die Darstellung zur Begründung der beiden Vorhaben im Erläuterungsbericht hat sich von dem früher üblichen Blick allein auf das Betriebskonzept der Bahn gelöst und baut unter Verwendung der Bezeichnung „Betriebsszenario“ eine nachfrageorientierte Bedarfsbegründung auf.

Auf der Grundlage dieser Bedarfsbeschreibung kommen die Planfeststellungsunterlagen zu dem Ergebnis, dass allein eine „Ertüchtigung“ der vorhandenen Bahnanlagen im Bereich des Bahnknotens Stuttgart (W-Fall) nicht genügt, also eine bedarfsgerechte Verkehrsabwicklung im Knoten Stuttgart sinnvoller Weise nur in einem Durchgangsbahnhof verwirklicht werden kann.

Auf der Grundlage dieser Bedarfsbeschreibung kommen die Planfeststellungsunterlagen zu dem Ergebnis, dass allein eine „Ertüchtigung“ der vorhandenen Bahnanlagen im Bereich des Bahnknotens Stuttgart (W-Fall) nicht genügt, also eine bedarfsgerechte Verkehrsabwicklung im Knoten Stuttgart sinnvoller Weise nur in einem Durchgangsbahnhof verwirklicht werden kann.

Dem entspricht die Forderung des BUND (Einwendungsschreiben S. 4), den in den Planfeststellungsunterlagen der DB AG dargestellten Bedarf auch tatsächlich nachzuweisen, also die Notwendigkeit der dort beschriebenen Zugangebote nach Streckenführung und Anzahl zu belegen.

Von der DB Reise & Touristik kann kein langfristig verbindlich wirksames Betriebsprogramm erwartet werden. Trotzdem ist die *langfristige* Entwicklung des Verkehrsmark-

tes und insbesondere der Nachfrage nach Zugtrassen im Raum Stuttgart abzuschätzen. Unter Berücksichtigung der mittleren Lebensdauer der Maßnahme ist es außerdem nicht sinnvoll und auch nicht realistisch solche Einschätzungen mit konkreten Zahlen ein bestimmtes auszustatten. Andererseits ist es schon erforderlich, mögliche Strukturen der Nachfrage nach Fahrplantrassen als Grundlage für eine ausgewogene Bemessung der Eisenbahn-Betriebsanlagen zu erarbeiten.

In betrieblicher Hinsicht sind einige Fragen zu beantworten:

Wie groß ist der Nutzen eines Durchgangsbahnhofs, wie er in Stuttgart geplant ist, für die Verkürzung der Reisezeiten? Ist es realistisch, dass unter Berücksichtigung der erwarteten Zugdichte und der Anzahl der zu befördernden Personen eine Haltezeit von nur 2 min. im Hauptbahnhof ausreicht?

Führt ein möglicher Personalwechsel im Knotenbahnhof zu einer anderen Beurteilung?

Führen die Tieflage des Hauptbahnhofs und die damit verbundenen steileren Zu- und Ablaufstrecken (Abbremsvorgänge) zu Schall- und Abgasimmissionen, die auch zu Geruchsbelästigungen im Bereich des Bahnsteiges führen können?

Dem Konzept Stuttgart wird vorgehalten, dass mit einem „ertüchtigten“ Kopfbahnhof das Prinzip des ITF-Vollknotens besser verwirklicht werden könne als mit einem Durchgangsbahnhof. Stellungnahme zu den auf Seite 5,6 aufgeführten „Nachteilen“.

Treten Betriebsqualitätsverbesserungen durch Wahl des Durchgangsbahnhofs im Knoten Stuttgart ein?

Bei einer Vorbesprechung am 17.12.2002 in Stuttgart wurden aus dieser grundsätzlichen Aufgabenstellung konkrete Fragen formuliert:

Sind die Gutachten von 1994 und 1997 hinsichtlich der Methoden und der Technischen Randbedingungen überholt?

Hat sich der Anteil der Züge ohne Lokwechsel gegenüber den 1994 bei der Untersuchung von Stuttgart Hbf verwendeten Prognosen signifikant verändert? Sind die damals getroffenen Aussagen hinsichtlich der Leistungsreserven des Bf. Stuttgart Hbf (Kopfbahnhof) noch haltbar und welche Ausbaumöglichkeiten bestehen?

Ist die Dimensionierung des Bf. Stg. 21 mit 8 Bahnsteigkanten dauerhaft ausreichend?

Wie viele zusätzliche Züge sind in der Spitzenstunde zu erwarten?

Welche Vorteile ergeben sich durch den „Kreisverkehr“?

Zusätzlich wird in einem Kapitel 9 versucht, zu einigen in den Anlagen 2.1. und 2.2 der VCD-Stellungnahme enthaltenen Einwendungen Vorschläge zu deren Entgegnung zu machen.

2. Gültigkeit von langfristigen Verkehrsprognosen

2.1. Langfrist-Szenarien des Ifmo

Es ist nicht sinnvoll und auch nicht möglich, für einen Zeitraum, der etwa der wirtschaftlichen Nutzungszeit der Anlage Stuttgart 21 von bis zu 100 Jahren entspricht, Prognosen über Verkehrsmengen, deren Quellen und Ziele und daraus für die Nachfrage nach Zugtrassen zu erstellen. Wohl aber ist zu fragen, ob im Raum Stuttgart langfristig mit einer deutlichen Zunahme des Bahnverkehrs zu rechnen ist.

Am 12. Dezember 2002 wurde vom Institut für Mobilitätsforschung Ifmo¹⁾ eine sehr eingehende, für den Gesamttraum der Bundesrepublik Deutschland gültige Szenariountersuchung vorgestellt. Diese erstmals verkehrsträgerübergreifende Studie wurde **gefördert vom Bundesministerium für Bildung und Forschung** und in einer Kooperation zwischen der

- BMW Group (für die Kraftfahrzeughersteller), der
- DBAG und der
- Lufthansa

erstellt. Sie beschreibt die Entwicklung der Mobilität bis zum Jahr 2020 in zwei Szenarien

„**Reaktion**“ für eine „weiter so“ - Entwicklung und

„**Aktion**“ für eine aktive wirtschaftliche und gesellschaftliche Entwicklung.

Das auf einem schwachen Wirtschaftswachstum von unter 2% pro Jahr beruhende **Szenario „Reaktion“** zeichnet (wörtliches Zitat) für das Jahr 2020 folgendes Bild:

„4.2.6 Die Bahn ist attraktiver geworden

Der Schienenverkehr hat sich in den vergangenen zwei Jahrzehnten am **stärksten weiter entwickelt**. Aufgrund der umfangreichen finanziellen Unterstützung durch den Staat vor allem in den ersten zehn Jahren nach der Jahrhundertwende und des immer weiter steigenden Anteils an staatlichen Mitteln für die Infrastruktur waren die Bedingungen für den Schienenverkehr günstiger als für die anderen Verkehrsträger. So konnten in dieser Zeit viele **Züge und Bahnhöfe erneuert** werden. Dies hat nicht nur das Erscheinungsbild, sondern damit auch das Image des Schienenfernverkehrs positiv verändert. Das **Schienennetz wurde auf den wirtschaftlich viel versprechenden Routen bedarfsgerecht** ausgebaut. Insofern konnte sich der **Schienenverkehr gut entwickeln** und attraktive Angebote machen. Wirtschaftlich rentabel ist der Betrieb der Strecken aber nur unter der Prämisse, dass die Bahntrassen, wie im Gesetz vorgesehen, durch öffentliche Mittel finanziert werden.

Ein wirklich durchschlagender Erfolg kam allerdings infolge der schwierigen wirtschaftlichen Lage in Deutschland und der damit zusammenhängenden generellen Zurückhaltung bei privaten Reisen nicht zustande. Gleichzeitig leidet der Schienenverkehr nach wie vor unter der deutlichen Dominanz des Autos. Trotz aller Vorteile und trotz aller Bemühungen der Betreiber erreichte das Bahnfahren nie auch nur annähernd die emotionale Akzeptanz in der Bevölkerung wie das Autofahren. Das ist eher verwunderlich, da die Bahn auf vielen Strecken deutliche Reisezeitverkürzungen im Vergleich zur Autofahrt bieten kann. Auch die Angebote in den Zügen bringen dem Reisenden Annehmlichkeiten -

1) Ifmo, Institut für Mobilitätsforschung, „Zukunft der Mobilität, Szenarien für das Jahr 2002“, Charlottenstraße 43, D-10117 Berlin, BMW AG, 2002

seien es die Möglichkeiten, in speziellen Abteilen an Laptops zu arbeiten bzw. zu kommunizieren oder die Fahrt einfach zur Entspannung zu nutzen.

Zwischen Schienen- und Luftverkehr kam es in den vergangenen zehn bis 15 Jahren immer stärker zum direkten Wettbewerb. Dies lag vor allem an der Eröffnung neuer Hochgeschwindigkeitsstrecken, auf denen die Fahrzeit insbesondere auf Mittelstrecken kaum zu unterbieten ist. So dauert zum Beispiel die Fahrt von Köln nach Frankfurt mit dem ICE nur noch eine Stunde, das kann das Flugzeug nicht leisten. Für **Entfernungen zwischen 300 und 500 Kilometern ist die Bahn meist im Vorteil, so dass auf diesen Strecken die Flugverbindungen reduziert wurden**. Der nur langsam entstehende Wettbewerb, der durch den Markteintritt weiterer Schienenverkehrsbetreiber zustande kam, brachte zusätzliche Angebotsinnovationen.

4.2.7 Der öffentliche Nahverkehr ist immer noch ein Sorgenkind

Das Image des ÖPNV hat sich immer noch nicht grundlegend verbessert. Der Betrieb der öffentlichen Verkehrsmittel liegt weiterhin meist in der Zuständigkeit der Kommunen. Diese fühlen sich für ein ausreichendes Mobilitätsangebot verantwortlich und stellen dafür Subventionen zur Verfügung. So werden auch Strecken, die sich wirtschaftlich nicht tragen, bedient. Die **Fahrgastzahlen sind dennoch erheblich gestiegen**. Mehr Menschen als früher sind aus wirtschaftlichen Gründen auf den ÖPNV angewiesen. Die Nachfrage erhöhte sich vor allem in den Städten, die den Zugang zur Innenstadt beschränkt haben. Dies geschah entweder durch Verbote oder durch Straßenrückbau und hohe Parkgebühren für den motorisierten Individualverkehr (MIV).“

Das **Szenario „Aktion“** geht von einem deutlichen durchschnittlichen wirtschaftlichen Wachstum von über 2% pro Jahr aus. Daraus (wörtliches Zitat) ergibt sich für 2020 folgender Zustand:

5.2.6 Die Bahn holt auf

In den vergangenen zwei Jahrzehnten hat die Deutsche Bahn (DB) AG ihre Wettbewerbsfähigkeit aufgrund der fortgesetzten staatlichen Unterstützung verbessern können. Um den Schienenverkehr EU-weit noch leistungsfähiger zu machen, wurde darüber hinaus der Marktzugang in ganz Europa nahezu flächendeckend liberalisiert. Nun können alle Schienenverkehrsunternehmen europaweit unter vergleichbaren Bedingungen Verkehrswege, Bahnhöfe etc. nutzen. Dieser Schritt erfolgte letztlich aus der Einsicht heraus, dass die Attraktivität des Systems Schiene durch intramodalen Wettbewerb gesteigert werden kann - eine der Grundvoraussetzungen zur Bewältigung der wachsenden Verkehrsströme, insbesondere auf der Straße.

Die Privatisierung der europäischen Eisenbahngesellschaften war die notwendige Basis für die Harmonisierung der Rahmenbedingungen im intramodalen Wettbewerb. Dieser Kampf um Marktanteile auf der Schiene machte die Eisenbahnen auch fit für den Wettbewerb mit Straße, Luft und Binnenschiff.

Heute ist eine weitgehend freie Fahrt vom Nordkap bis nach Gibraltar auch auf der Schiene möglich. Dazu trugen vergleichbare Trassenpreise für die Nutzung des europäischen Schienennetzes und der Wegfall der technischen Grenzbarrieren (z. B. Motortechnik, Signal- und Steuerungsanlagen, Stromsysteme, Spurbreiten) bei. So erhielt die **Schiene Chancengleichheit mit Pkw und Lkw**.

Der Schienenverkehr nahm in den vergangenen Jahren ständig zu: Er gilt als umweltfreundlich, soll die CO₂-Emissionen verringern und die Straßen entlasten. Der Anteil der öffentlichen Investitionsmittel für den Ausbau der Schieneninfrastruktur ist stetig gestiegen und erst gegen Ende des zweiten Jahrzehnts langsam wieder gefallen. Das **Wachstum im Schienenverkehr** hat auch private Investoren angelockt, die seit der Liberalisierung Strecken bauen und betreiben. Dies geschieht vor allem im regionalen und kommunalen Bereich überall dort, wo eine ausreichende Rentabilität erwartet wird.

Obwohl sich der **Transrapid** in China und auf Pilotstrecken in Deutschland bewährt hat, ist der Bau weiterer Strecken **in Deutschland** selbst bei Angebot erheblicher Förderung aus öffentlichen Mitteln **nicht geplant**.

Der Wettbewerb im Schienenverkehr kam vor allem den Kunden zugute. Fahrzeuge und deren Ausstattung sind neu bzw. modernisiert. Es gibt Einrichtungen zur Unterhaltung (Fernseh- und Videoprogramme, Spiele), Information (Internet) und Kommunikation (E-Mail-Anschluss). Dafür müssen allerdings Gebühren gezahlt werden, nur teilweise sind diese im Fahrpreis bereits inbegriffen. Als die ersten Wettbewerber in den Markt eintraten, führte das unmittelbar zu einer Verbilligung auf den jeweiligen Strecken. Dieser Trend hat sich weiter verstärkt. Preiserhöhungen bzw. ein höheres Preisniveau als das der Wettbewerber lassen sich nur noch in Verbindung mit einer echten Leistungssteigerung durchsetzen. Der **Wettbewerb** vollzieht sich deshalb nicht mehr in erster Linie über den Preis, sondern über andere **Qualitätsmerkmale wie Fahrzeit und Dienstleistungen** unterschiedlicher Art. Die Bahngesellschaften haben sich in ihren Kundenbindungsprogrammen stark den Gepflogenheiten im Luftverkehr angepasst (Bonussysteme, Frühbucherrabatte etc.). Dort, wo es alternative Verkehrsanbieter gibt, vergleichen die Kunden Angebot und Preis und fällen ihre Entscheidungen jedes Mal neu.

Im Personenfernverkehr auf der Schiene haben sich neben der DB AG weitere Unternehmen etabliert, ohne allerdings ihre dominierende Position zu gefährden. Ausländische Bahngesellschaften konzentrieren sich vor allem auf Strecken aus ihrem Herkunftsland nach Deutschland. Entsprechend betreibt die **DB AG auch grenzüberschreitende Strecken, vor allem zu den neuen EU-Ländern in Osteuropa**. Die internationalen **Bahnverbindungen sind schneller** geworden. Der Ausbau der transeuropäischen Verkehrsnetze erfolgte auf Betreiben der EU und hat in Mitteleuropa große Fortschritte gemacht. Erweiterungen und Sanierung sind jetzt in erster Linie noch für die osteuropäischen Länder notwendig.

Der ICE der neuesten Generation ist noch schneller und komfortabler geworden. Dadurch gelang es der **Bahn**, in den vergangenen Jahren immer mehr **Flugverbindungen** im Inland und ins nahe Ausland zu **ersetzen**. Durch den schleppenden Aus- und Neubau von Flughäfen bei gleichzeitig kontinuierlich steigenden Fluggastzahlen muss man bei Flugverbindungen häufiger als bei der Bahn mit Verspätungen rechnen. Die Lufthansa und andere Fluggesellschaften haben daraufhin ihre Inlandsflüge zu Gunsten ertragreicherer Fernflüge reduziert.

Im Regionalverkehr haben sich **neue Anbieter** etabliert. Hier hatte sich die DB AG im ersten Jahrzehnt von vielen Strecken zurückgezogen. Neue Unternehmen haben mit innovativen, kundenorientierten Konzepten die Chance genutzt und sich in diesem Segment etabliert. Die Angebote zeichneten sich vor allem durch hohe nachfrageorientierte zeitliche Flexibilität, aber auch durch erlebnisorientierte Angebote, z. B. am Wochenende, aus. Da das unternehmerische Risiko überschaubar war und die betrieblichen Kostenstrukturen unbelastet, hatten die meisten dieser Unternehmen wirtschaftlichen Erfolg. Daraufhin engagierte sich die DB AG im zweiten Jahrzehnt wieder verstärkt mit eigenen Konzepten im regionalen Verkehrsmarkt.

Der **Schienerverkehr** ist durch den Wettbewerb **schneller und zuverlässiger** geworden. Dazu trugen vor allem **ausgebaute und neue Trassen**, technische Innovationen und Telematik bei, die eine Kapazitätssteigerung im vorhandenen Netz ermöglichten. Auch die Energieeffizienz im Schienenverkehr wurde höher. Die **steigenden Fahrgastzahlen**, die der Schienenverkehr in den letzten zehn Jahren verzeichnen konnte, sind vor allem auf folgende Gründe zurückzuführen:

- Reisen mit der Bahn ist attraktiver geworden, d. h. bequemer, individueller und sicherer; nach Zielgruppen differenzierte Angebote tragen den Anforderungen und Erwartungen der Kunden in der heutigen Zeit Rechnung.
- Die Bahnfahrt wurde dadurch eine Alternative zur Autofahrt, zumal die Verkehrsverhältnisse auf der Straße häufig ein zügiges Vorankommen nicht zulassen.
- Autofahren ist durch hohe Benzinpreise und Straßennutzungsgebühren teurer geworden, so dass die Kosten für eine Bahnfahrt zumindest pro Person vergleichbar sind.
- Viele Menschen gehen mit dem Thema Mobilität weitaus pragmatischer um als in der Vergangenheit. Die starke Automobilorientierung hat etwas nachgelassen und führte dem Schienenverkehr Kunden zu.
- Wenn der Zusatznutzen einer Reise entscheidungsrelevant ist, hat die Bahnreise Vorteile. Die Reisezeit kann, anders als im Auto, zum Arbeiten, Entspannen o. Ä. genutzt werden. Wenn andere wichtige Anforderungen (Zuverlässigkeit, Komfort, Preis etc.) erfüllt sind, ist dieser Vorteil bei Geschäftsreisenden und allen zeitökonomisch agierenden Menschen häufig ausschlaggebend für die Verkehrsmittelwahl.

Die Schienenverkehrsanbieter haben im Gegensatz zu früher die Bedeutung dieser Wettbewerbsvorteile gegenüber dem Auto und der kurzen Flugreise erkannt und vermarkten sie entsprechend intensiv.

5.2.7 Der ÖPNV wird attraktiver

Auch im öffentlichen Personennahverkehr (ÖPNV) hat sich vieles verändert: In einigen Großstädten beteiligen sich private Investoren am Betrieb neuer, wirtschaftlich erfolgversprechender U Bahn-Strecken. Gleichzeitig gab es einen Trend, Straßenbahnlinien in Stadtbahnen umzuwandeln. Sie wurden vom Straßenverkehr getrennt und erhielten einen eigenen Gleiskörper. Die Züge kommen dadurch schneller voran, und eine hohe Taktichte verbessert die Attraktivität. Gleichzeitig führte diese Politik zum Teil beabsichtigt - aufgrund der Flächenkonkurrenz zwischen ÖPNV und MIV zu einer starken Verdrängung des innerstädtischen MIV.

Beide Szenarien weisen für Deutschland einen deutlichen Zuwachs des Schienenverkehrs aus, der von der wirtschaftlichen Entwicklung weitgehend unabhängig ist. Dies bedeutet für den Raum Stuttgart mit seinen überdurchschnittlichen Wachstumskräften einen erheblichen langfristigen Zuwachs des Schienenverkehrs.

2.2. Das für die Bemessung maßgebende Szenario E

Wenn die dafür verantwortlichen Qualitätsveränderungen eintreten sollen, erfordert dies einen **bedarfsgerechten Ausbau des Schienennetzes im Knotenraum Stuttgart**. Nur dann kann der Netzbetreiber die nachgefragten Fahrplantrassen den miteinander im Wettbewerb stehenden Eisenbahntransporteuren marktgerecht zur Verfügung stellen. Die naheliegendste Annahme für die Struktur der Zugprogramme in weiter Zukunft besteht in einem zueinander proportionalen Wachstum aller Verkehrsströme. Daraus ergibt sich für einen bestimmten Planungshorizont die Notwendigkeit diese Verkehrsströme durch ein **beispielhaftes konsistentes Betriebsprogramm** mit konkreten Zügen zu bestimmten Zeiten und auf bestimmten Laufwegen abzudecken. Diese Strukturen sind statistisch zu abstrahieren und können dann für wahrscheinlichkeitstheoretische Zukunftsplanungen verwendet werden. So können die Auslastungen der Streckenabschnitte und Teilfahrstraßenknoten (Gleisbereiche mit sich gegenseitig ausschließenden Fahrmöglichkeiten) parallel hochgerechnet werden.

Ein solches Betriebsprogramm wurde im Rahmen der ergänzenden Untersuchungen zur Überprüfung der Planungsgrundlagen für Stuttgart 21 hat 1997 durch das Verkehrswissenschaftliche Institut²⁾ an der TU Stuttgart als „**Szenario erhöhtes Angebot**“ durchleuchtet, um für die **fernere** Zukunft die Grenzen hinsichtlich Leistungsreserven und Angebotsqualität der geplanten Infrastruktur des Knotens Stuttgart Hauptbahnhof auszuloten. Es bildet die Grundlage für die Bemessung der Fahrstraßenknoten und der Bahnsteiggleisanlage des neuen Bahnhofes.

Dieses für die Bemessung verwendete Szenario weist folgende Struktur auf:

2) Heimerl/Dobeschinsky/Reul: Stuttgart 21, Ergänzende betriebliche Untersuchungen, Teil II Kapazität des geplanten Stuttgarter Hauptbahnhofes und seiner Zulaufstrecken; Verkehrswissenschaftliches Institut an der Universität Stuttgart, 1997

Ausgehend vom Jahresfahrplan 1994 als Vergleichsbasis bedeutet für den **Regionalverkehr** das Angebot des Betriebsprogramm Stuttgart 21 gegenüber dem Fahrplan 1994 allein nach Zugzahlen eine Ausweitung um 56% (HVZ 46%) wobei sich aus der Zugkonfiguration weitere 60% Reserve ergeben. Das für die fernere Zukunft als denkbar geprüfte „Szenario erhöhtes Angebot“ erlaubt allein aus der Erhöhung der Zugzahl gegenüber dem Status quo eine Kapazitätsmehrung um 178% (HVZ 100%). Darüber hinaus lässt sich durch weitere Bahnsteigverlängerungsprogramme an den Bahnhöfen der Zulaufstrecken in der Region längerfristig die Kapazität je Zug theoretisch noch so weit vergrößern, bis die 400 Meter Bahnsteiglänge des neuen Hauptbahnhofs erreicht wird (dies sind streckenbezogen nochmals 50 – 100%).

Für den **Fernverkehr** wird darauf hingewiesen, dass die Kapazitätserweiterungen nicht vom Knoten Stuttgart sondern netzweit bestimmt sind. Mögliche Kapazitätsmehrungen durch Zugverlängerungen waren bereits in der Machbarkeitsstudie mit 15% beim IC/ICE und 59% beim IR ausgewiesen. Die Angebotserweiterung allein durch mehr Züge beträgt für den Knoten Stuttgart nach dem Betriebsprogramm Stuttgart 21 38%, nach dem Szenario „Erhöhtes Angebot“ 70% gegenüber dem Status quo.

Überlegungen zu **Ausbaupositionen für die fernere Zukunft** sind – neben der Frage nach eventuell zwei zusätzlichen Bahnsteiggleisen im Hauptbahnhof – vor allem für die Zulaufstrecke von Zuffenhausen anzustellen, auch wenn diese erst bei einer gegenüber dem Betriebskonzept Stuttgart 21 wesentlich höheren Zahl relevant werden. Damit wurde die bereits 1994 von Heimerl angeregte Option unterstrichen, die Anbindung der heutigen Ferngleise von Feuerbach durch den Pragtunnel an die neuen Ferngleise von Cannstatt zum neuen Hauptbahnhof als Planungsoption offen zu halten. Dies wurde auch vom Verfasser (Schwanhäußer) in seiner eisenbahnbetriebs-wissenschaftlichen Untersuchung zum Leistungsverhalten, auf die noch weiter eingegangen wird, bestätigt, wobei neben der Erhöhung der Kapazität auch eine höhere Flexibilität in der Betriebsführung erreicht wird.

Man könnte nun als Gegenargument einwenden, dass durch Unterlassung der Anpassung der Infrastruktur an den Bedarf dieser Zuwachs des Schienenverkehrs unterbleiben würde. Damit jedoch würde die Lebensqualität in diesem Raum infolge von Verlagerung von Verkehr auf die Straße oder durch Verschlechterung des Mobilitätsangebotes empfindlich geschädigt und seine Attraktivität als Wirtschaftsstandort eingeschränkt. Dabei bleibt fraglich, ob die nur begrenzt erweiterbare Straßeninfrastruktur den dann überproportionalen Verkehrszuwachs aufnehmen könnte.

Als **Fazit** ergibt sich:

Wer beabsichtigt, den Lebens- und Wirtschaftsraum Stuttgart entscheidend zu schwächen, muss die Anpassung der Infrastruktur an die langfristige Verkehrsentwicklung verhindern.

3. „Befangenheit“ des Gutachters

Der Gutachter hat das Projekt seit 1989 in eisenbahnbetriebswissenschaftlicher Hinsicht begleitet. Als Hochschullehrer ist er wirtschaftlich und persönlich von der DB AG völlig unabhängig. Er und die Mitarbeiter des von ihm bis 2000 geleiteten Verkehrswissenschaftlichen Instituts der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule haben die Standard-Verfahren zur Beurteilung des Leistungsverhaltens von Netzelementen der Bahn erarbeitet. Daher beruhen wesentliche Teile des diesbezüglichen Regelwerkes R 405 der DB Netz AG auf den von ihm erarbeiteten Methoden.

Die bei den Gutachten verwendeten wahrscheinlichkeitstheoretischen Methoden sind mathematisch hergeleitet und stehen vorwiegend in der Form von Dissertationen und anderen Veröffentlichungen jedermann zur Verfügung, erfordern jedoch in der Anwendung einige Fachkenntnisse. Sie wurden in wesentlichen Teilen innerhalb der dieses Projekt begleitenden Gutachten ausführlich zitiert, um die Aussagen zu stützen.

In den zurückliegenden 12 Jahren wurden diese Methoden grundsätzlich nicht verändert, wohl aber verfeinert und durch geeignete DV-Werkzeuge leichter handhabbar gemacht. Auch die neuesten Softwareentwicklungen des Gutachters, seiner Mitarbeiter wie die „Analytische Netz Kapazitätsermittlung“ ANKE (ein Standard-Verfahren der DB Netz AG) und freischaffender Ingenieure (ISW mit SLS 5) verwenden diese wahrscheinlichkeitstheoretischen Methoden. Diese Methoden werden auch vom EBA bei der Überprüfung der Planungen der DBAG genutzt. In Tests wurde nachgewiesen, dass bei gleichen Randbedingungen wahrscheinlichkeitstheoretische Methoden (z.B. STRELE) gleiche Ergebnisse liefern wie eine hierarchische stochastische Simulation der Vergabe der Fahrplantrassen und der Disposition des Betriebsablaufes (z.B. mit STRESI oder BABSI).

Die Festlegungen der für den Erfolg auf dem Markt erforderlichen Betriebsqualitäten beruhen hingegen wesentlich auf unternehmerischen Entscheidungen des Netzbetreibers DB Netz AG. Der Gutachter hat solche Entscheidungen ausgewertet und als Maßstäbe für zukünftige Beurteilungen verwendet. Auch sie sind Bestandteile der Konzernrichtlinie R 405.

Daraus ergibt sich als **Fazit**:

Es ist nicht möglich, dass ein anderer Gutachter, der ausreichend fachkundig ist und die erforderlichen Methoden und Werkzeuge richtig anwendet, zu anderen Ergebnissen kommen kann.

4. Relevanz von Änderungen des Anteils der Züge mit Lokwechsel

Der Rückgang des Anteils von Zügen mit Lokwechsel und das häufigere Durchbinden von Wendezügen hat seit der Untersuchung des Leistungsverhaltens des Bahnhofes Stuttgart Hbf im Jahr 1990 zu einer Verringerung der Wartezeiten der Rangierfahrten

geführt und damit eine Steigerung der Leistungsfähigkeit des Bahnhofes Stuttgart Hbf gebracht. Diese Entwicklung war damals bereits absehbar. Folgerichtig wurde für die Prognose für das Jahr 2000 unterstellt, dass der Anteil der Züge mit Lokwechsel stark zurückgehen wird. Dieser Prozess hat sich beschleunigt und verstärkt. Damit wurde jedoch der Zeitpunkt der Überlastung des Bahnhofes im Bereich der Fahrstraßenknoten gegenüber dem Prognosezustand lediglich in die Zukunft verschoben und Stuttgart Hbf in die Lage versetzt noch einige Jahre lang marktgerechte Fahrplantrassen anbieten und betrieblich durchführen zu können. Andernfalls wäre er bereits im Jahr 2001 örtlich stark überlastet gewesen. Obwohl durch die Struktur des bestehenden Kopfbahnhofes in den Gleisen 1 bis 8 als Endbahnhof(s.u.) das Durchbinden von Zugläufen außer zwischen den Relationen Ulm – Plochingen - Stuttgart und Stuttgart - Mannheim erschwert wird, werden inzwischen einige Linien mit Wendezügen durchgebunden.

In den ersten Planungsphasen wurden die zwei Varianten der Infrastruktur als Planzustände

- mit Beibehaltung des *Kopfbahnhofes* oder
- mit einem neuen *Durchgangsbahnhof*

untersucht. Zuerst wurde jedoch der Istzustand analysiert um die Aussagen anhand der direkten Beobachtung einordnen zu können. Es zeigte sich, dass der Bahnhof hinsichtlich der Anzahl der Bahnsteigkanten noch erhebliche Reserven aufwies, jedoch im Bereich der Fahrstraßenknoten teilweise nahezu bis zur Grenze der Standard-Betriebsqualität „befriedigend“ (Fahrplan-Nennleistung) ausgelastet war, also nur geringe Leistungsreserven aufwies.

In der Analyse des zukünftigen Zustandes wurde der Kopfbahnhof (A -Trasse) mit den prognostizierten Verkehrsmengen und unter Berücksichtigung von nicht kommerziellen Fahrten wie Sonderzügen, Leerreisezügen, Leergüterzügen und Lokleerfahrten, Dienstgut- und Bauzügen, die durch einen pauschalen Zuschlag von 19% auf alle Belegungen erfasst wurden, belastet.

Das Gutachten führt hierzu aus:

„4.3 BETRIEBSPROGRAMM FÜR DIE PLANUNGSVARIANTEN

Im Personenfernverkehr verkehren zusätzlich zu den bereits im Ist-Zustand vorhandenen Zuggattungen Intercity-Express (ICE)- und Interregio (IR)- Züge. Hierfür entfallen die heute verkehrenden IC-Züge und ein Großteil der D-Züge. Der Fernverkehr aus Richtung Mannheim/Karlsruhe (ICE/EC/IR) wird über die Neubaustrecke Mannheim-Stuttgart geführt, während der übrige Personenverkehr in dieser Relation weiter die alte Fernbahntrasse nutzt. Im Personennahverkehr wird ein Teil der E-Züge durch Regionalschnellbahnzüge (RSB) ersetzt.

Von Bedeutung sind die unterschiedlichen Varianten für den Nahverkehr im Filstal:

- *im W-Fall werden die Eilzüge überwiegend im Stundentakt verkehren (nach Tübingen im Halbstundentakt), dazu stündlich ein Nahverkehrszug. Die S-Bahn behält in etwa die heutige Zugfrequenz und wird bis Kirchheim/Teck verlängert.*
- *im S-Fall wird die S-Bahn über Plochingen hinaus bis nach Geislingen verlängert, wodurch die nach Ulm durchlaufenden Züge des Regionalverkehrs zum großen Teil entfallen. Das Angebot an S-Bahnzügen wird erhöht.*

Insgesamt ist der **Fahrplan mehr vertaktet**, so daß auch im Nahverkehr angestrebt werden kann, die **Züge jeweils vom selben Bahnsteig fahren** zu lassen, um ein kundenfreundliches Angebot zu gewährleisten.

4.3.1 Modellfahrten

Nach Vorgaben der BD Stuttgart wurden zum Teil die charakteristischen Merkmale Bespannung, Anhängelast, Zuglänge und Höchstgeschwindigkeit der Modellzüge geändert. Aus Anlage 10 sind die Merkmale für die einzelnen Zuggattungen ersichtlich.

Die für **den Ist-Zustand** ermittelten Rangierfahrten konnten für die Planungsvarianten **nicht übernommen** werden, da sich Betriebsprogramm und Betriebskonzept je nach Variante verschieden stark veränderten. Anhand der veränderten Randbedingungen wurde daher die **Anzahl der Rangierfahrten jeweils neu abgeschätzt** (siehe Kapitel 4.2.1). Zu berücksichtigen ist hierbei, daß für den **Einsatz der ICE-Triebzüge** im durchlaufenden Verkehr **keine Rangierfahrten** in Stuttgart Hbf notwendig sind, so daß in dieser Hinsicht eine gewisse Entlastung eintritt.

Auch hier wurde zwischen einzeln fahrenden Lokomotiven (Rft) und Rangierabteilungen mit Wagen (Rfr) unterschieden, wobei wiederum jeweils ein Modellzug definiert wurde (vgl. Kapitel 4.2.2).

4.3.2 Fahrwege und Rangordnung

Für die Wahl der Fahrwege innerhalb der Fahrstraßenknoten galten die gleichen Kriterien wie bei der Untersuchung des Ist-Zustands, wobei im wesentlichen die gleichen Mängel (Fahrtenausschlüsse) wie im Ist-Zustand auftreten. Für alle Planungsvarianten wurden insgesamt 151 Fahrwege im Bahnhofskopf 1 TS-Hbf festgelegt, die jedoch nicht in jeder Variante vollständig belegt waren. Die Berücksichtigung der neuen Umfahrzugstraße vom Zwischensignal S 510 zu den Gleisen 8, 9 und 10 konnte im Rahmen dieser Arbeit nur unvollkommen geschehen, da eine wechselnde Fahrwegnutzung mit Wahrscheinlichkeitstheoretischen Modellen nicht nachvollzogen werden kann.

Die Rangordnung der Züge (Reihenfolge der Vergabe von Zugtrassen in der Betriebsdisposition) richtet sich nach den gleichen Kriterien wie bei der Untersuchung des Ist-Zustandes:

Zuggattung	Rangstufe
ICE	2
EC	4
IR/D/FD	8
RSB/E/Expr	10
S	12
N	16

Die Rangierfahrten wurden wiederum den Zugfahrten als untergeordnet betrachtet (Rangstufe 30).

4.3.3 Anzahl der Fahrten

Die **künftige Anzahl** der Fahrten für die Bereiche Personenfern- und -nahverkehr war vorgegeben durch

- *das Mengengerüst SPFV 2000*
- *die Nahverkehrsszenarien für das Filstal und*
- *den Entwurf der Bahnhofsfahrordnung Stuttgart Hbf 1991/1992 für die übrigen Strecken.*

Die Zugzahlen für den S-Bahnverkehr zwischen Stuttgart Hbf und Plochingen beinhalten nach den vorliegenden Unterlagen lediglich die S-Bahnzüge, die die gesamte Strecke befahren. Züge, die beispielsweise in Esslingen beginnen oder enden, sind nicht erfasst; für die Beurteilung von Stuttgart Hbf spielt dieser Fehler jedoch keine Rolle (vgl. Kapitel 4.1.2.).

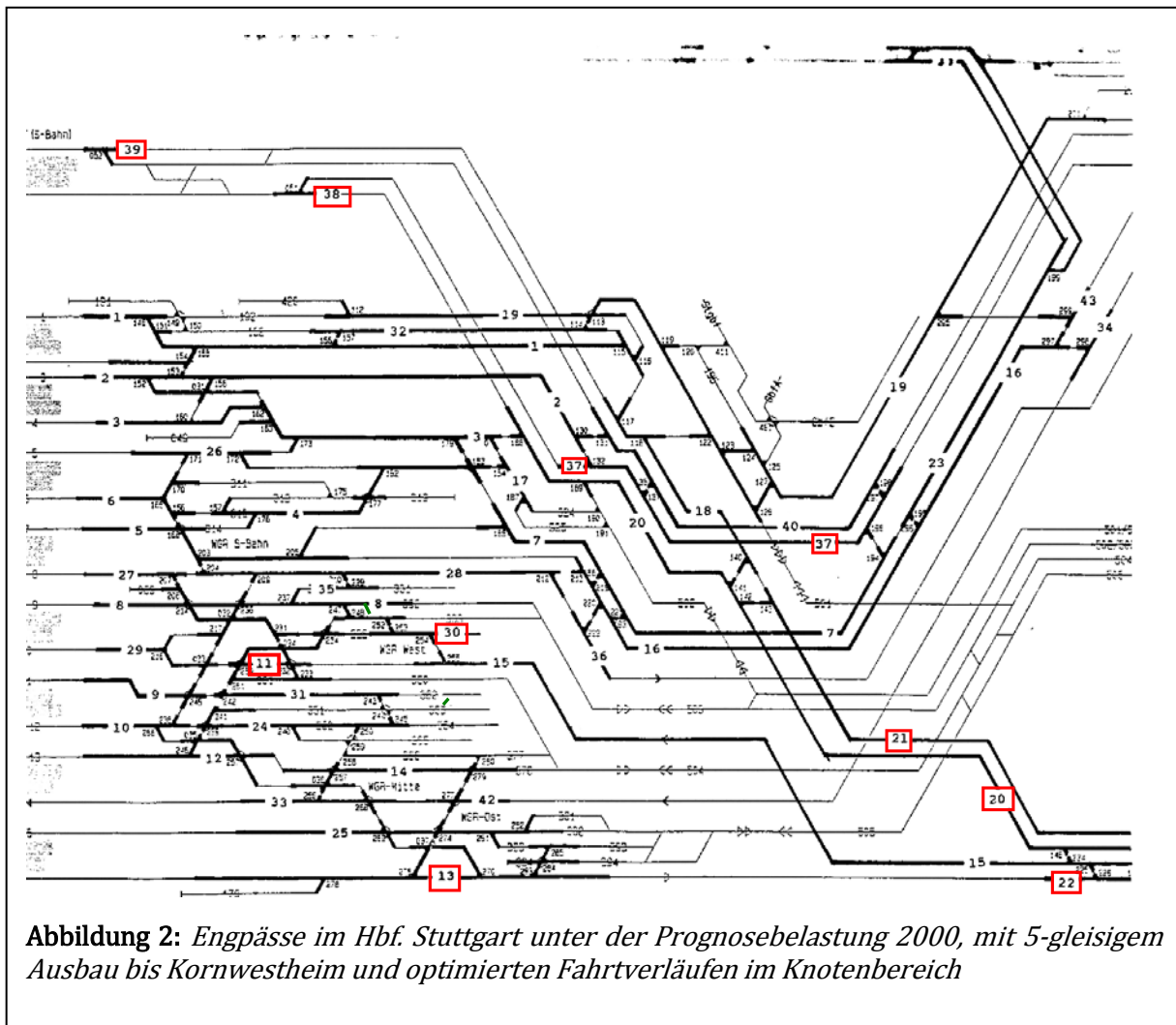
(Ende Zitat)

Bei dieser Untersuchung hatten sich in mehreren Teilfahrstraßenknoten im Prognosezustand Überlastungen ergeben. Daher wurde in einer Nachuntersuchung (interner Code) „AW19-5-2.2“ im September 1990 versucht, die Engpässe durch Verlagerung von Zuglaufwegen und durch ein 5. Gleis in Richtung Kornwestheim zu entschärfen. Dies war (vgl. **Abb.1**) weitgehend gelungen. In allen TFK blieb die Betriebsqualität besser als mangelhaft, jedoch häufig schlechter als befriedigend. **Reserven für einen weiteren Verkehrszuwachs waren nicht nachweisbar.** Der Gutachter muss daher seine Feststellung, dass der **Kopfbahnhof Stuttgart Hbf nicht zukunftsfähig** ist, aufrecht erhalten.

Die entlastenden Wirkungen des Ersatzes von lokbespannten Zügen durch Wendezüge wurden also bereits teilweise berücksichtigt. Der darüber hinaus gehende Anteil stellt einen **einmaligen Gewinn an Leistungsfähigkeit** dar. Andernfalls wäre der Bahnhof durch den starken Zuwachs des Nahverkehrs bereits im Jahr 2000 (vgl. **Abb. 2**) weit überlastet { vgl. BUND S. 4 unten } gewesen. Der Hinweis von {vgl. BUND S. 5} ist daher nicht zutreffend.

Fahrstraßenknoten Stuttgart Hbf Bahnhofskopf 1 TS-Hbf							
TFK Nr.	Anz. Fahrt.	Beleg. grad	Planungszustand Länge der Warteschl.	Wartez. [min]	Betriebszust. Folgeversp. [min]	Hochrechnungsfakt. Planungs- zustand	Betriebs- zustand
1	127.0	.3369	.1145	130.53	47.03	1.3196	1.5699
2	85.0	.1513	.0123	14.02	8.33	3.1351	3.3780
3	151.0	.2760	.0575	65.57	34.11	1.6971	1.8149
4	134.0	.2675	.0676	77.02	35.22	1.6203	1.8173
5	97.0	.2248	.0349	39.79	22.29	2.0681	2.1824
6	123.0	.2539	.0605	68.96	30.89	1.6945	1.9225
7	140.0	.2827	.0769	87.71	39.64	1.5394	1.7253
8	161.0	.3437	.1156	131.83	74.98	1.3124	1.3399
9	102.0	.1960	.0269	30.63	20.80	2.3134	2.3345
10	49.0	.0880	.0035	4.03	2.96	5.3011	5.6042
11	193.0	.4301	.2258	257.42	140.56	1.0351	1.0461
12	106.0	.2034	.0235	26.81	16.17	2.3886	2.4781
13	292.0	.5572	.5477	624.36	335.78	.7786	.7625
14	123.0	.2122	.0267	30.47	18.97	2.2742	2.3336
15	193.0	.4301	.2258	257.42	140.56	1.0351	1.0461
16	91.0	.3899	.0877	99.93	33.77	1.4029	1.5932
17	123.0	.1945	.0198	22.56	15.09	2.5434	2.5658
18	285.0	.6141	.7523	857.67	200.45	.7136	.9326
19	104.0	.2938	.0789	89.98	34.92	1.5178	1.7748
20	256.0	.6014	.5490	625.84	181.90	.7900	.9606
21	240.0	.5560	.5194	592.14	131.83	.7928	1.0571
22	292.0	.5572	.5477	624.36	335.78	.7786	.7625
23	140.0	.2827	.0769	87.71	39.64	1.5394	1.7253
24	56.0	.1086	.0055	6.32	4.49	4.3630	4.5677
25	229.0	.4572	.2736	311.92	189.03	.9702	.9351
26	105.0	.2406	.0525	59.86	26.06	1.7913	2.0585
27	158.0	.2852	.0771	87.92	50.54	1.5361	1.5875
28	203.0	.3511	.1431	163.18	81.15	1.2199	1.2989
29	155.0	.3264	.0999	113.84	68.02	1.3854	1.3973
30	203.6	.4393	.2430	277.00	150.48	1.0097	1.0193
31	103.0	.2160	.0320	36.44	23.45	2.1440	2.1833
32	129.9	.3393	.1174	133.86	48.23	1.3077	1.5552
33	110.0	.2143	.0337	38.37	22.20	2.1133	2.2318
34	172.0	.3947	.1727	196.92	117.09	1.1359	1.1236
35	180.0	.2715	.0646	73.64	40.39	1.6402	1.7310
36	203.0	.3511	.1431	163.18	81.15	1.2199	1.2989
37	344.0	.6391	.5286	602.66	177.24	.8104	.9716
38	344.0	.6391	.5286	602.66	177.24	.8104	.9716
39	342.0	.6449	.4780	544.87	182.56	.8375	.9646
40	171.0	.4776	.1494	170.36	55.42	1.1694	1.3486
41	256.0	.6014	.5490	625.84	181.90	.7900	.9606
42	172.0	.3947	.1727	196.92	117.09	1.1359	1.1236
43	91.0	.3899	.0877	99.93	33.77	1.4029	1.5932

Abbildung 1: Stuttgart Hbf Leistungsfähigkeitsuntersuchung Trasse A IV mit 5. Gleis nach TK, W-Fall +19 %, optimierte Fahrtverläufe



Fazit:

Durch den Wegfall von Lokwechsellern und durch das Durchbinden einiger Zugläufe konnten Rangierfahrten eingespart werden. Die hierdurch zurückgehende Belegung der Teilfahrstraßenknoten hat dem Bahnhof Stuttgart Hbf hinsichtlich seines Leistungsverhaltens einen einmaligen „Aufschub“ verschafft, durch den er erst später den Bereich mangelhafter Betriebsflüssigkeit erreichen wird. Dadurch können jedoch die Überlastungen einzelner Teilfahrstraßenknoten bis in den Bereich „mangelhafter“, also nicht mehr marktfähiger, Betriebsqualität nicht mehr kompensiert werden.

5. Gültigkeit der Aussagen über Stuttgart Hbf als Kopfbahnhof

Die Aussage, dass der Bahnhof wegen seiner Struktur als Kopfbahnhof empfindlicher

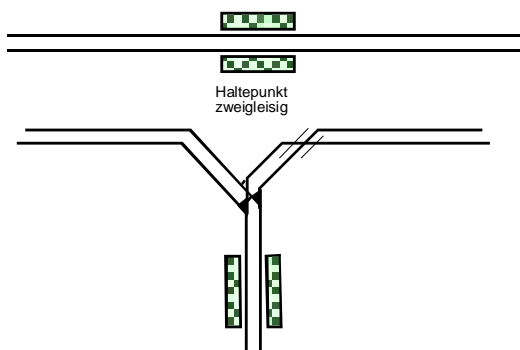


Abbildung 3: *Einen Haltepunkt an einer zweigleisigen Strecke in einen Kopfbahnhof umwandeln*

tens eine Weiche.

Ein Haltepunkt an einer zweigleisigen Strecke (vgl. **Abb.4**) erfordert ebenfalls keine Weichenverbindungen. Ein Kopfbahnhof mit den gleichen Funktionen erfordert jedoch bereits zwei Weichen und eine Kreuzung. Die Kreuzung beim Übergang in den Linksbetrieb kann durch ein Überwerfungsbauwerk ersetzt werden. Durch ein weiteres Überwerfungsbauwerk und eine erhebliche Längsentwicklung könnte auch die Kreuzung für einfahrende und ausfahrende Züge in wenigstens einer Richtung vermieden werden.

Ein Zwischenbahnhof an einer zweigleisigen Strecke erfordert nur zwei Weichen je Richtung (vgl. **Abb. 5**). Ein Kopfbahnhof mit den gleichen Funktionen braucht hingegen zwei weitere Weichen je Richtung und eine Kreuzung. Beim Kopfbahnhof verbleiben trotz des erhöhten Infrastrukturaufwandes von 4 Weichen und einer Kreuzung in der Hälfte der Zugfolgefälle Fahrwegausschlüsse zwischen Einfahrt und Ausfahrt!

Die verbleibenden Fahrwegausschlüsse zwischen Einfahrt und Ausfahrt können bei

auf die Überschreitung seiner Leistungsfähigkeit reagiert, als ein Durchgangsbahnhof sei an drei einfachen Beispielen erläutert. Darüber hinaus verursachen Kopfbahnhöfe vergleichsweise erheblich höhere Investitionskosten und Betriebskosten und besitzen eine geringere Anpassungsfähigkeit an wechselnde Aufgaben.

Wegen dieser Eigenschaften werden Kopfbahnhöfe nicht mehr gebaut oder in Durchgangsbahnhöfe umgewandelt.

Ein Haltepunkt an einer eingleisigen Strecke (vgl. **Abb.3**) erfordert bei seiner Umwandlung in einen „Kopfbahnhof“ mindes-

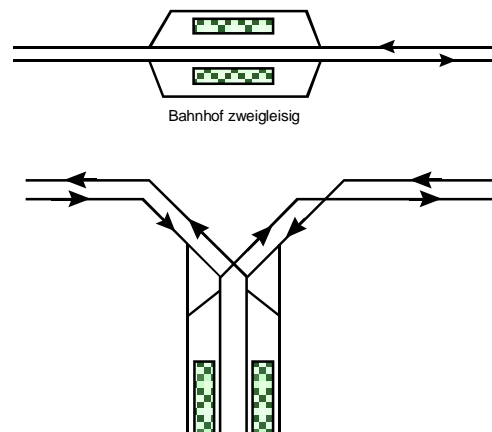


Abbildung 4: *Einen Zwischenbahnhof an einer zweigleisigen Strecke in einen Kopfbahnhof mit gleiche Fahrmöglichkeiten umwandeln*

Kopfbahnhöfen - allerdings mit erheblichem baulichem Aufwand (vgl. **Abb.6**) - vermieden werden. Für die hierfür erforderliche große Längenentwicklung dürfte in Stuttgart der Raum kaum verfügbar sein.

Beim *Durchgangsbahnhof* sind jederzeit gleichzeitige Einfahrten in und Ausfahrten aus benachbarten Gleisen in gleicher Fahrrichtung möglich. Die bei kurzen **Durchrutschwegen** { vgl. VCD Anlage 2.1. S.11 „Bauausführung Durchrutschwege“} gegenseitigen Ausschlüsse gleichzeitiger Ein- und Ausfahrten mit uneingeschränkter Geschwindigkeit sind für langfristige Planungen irrelevant, da diese nur bei der Verwendung herkömmlicher Induktiver Zugsicherung erforderlich sind. Die Umrüstung auf die neue Bauform der Indusi mit kontinuierlicher Bremswegüberwachung ist bei der DBAG nahezu abgeschlossen. In diesem Fall genügen die auch international üblichen Sicherheitsstrecken von 50 m. Beim Überfahren der Sicherheitsstrecke kann eine Gefährdung des ggf. gerade aus dem Nachbargleis ausfahrenden Zuges durch eine Flankenfahrt, aber *nicht zwangsweise* ein Unfall auftreten. Beschränkungen der Einfahrtgeschwindigkeit sind bei Durchgangsbahnhöfen nur durch die Weichenradien und deren Lage in der Bremskurve bedingt. {s. VCD Anlage 2.1. „Bauausführung Durchrutschwege“ S.11}.

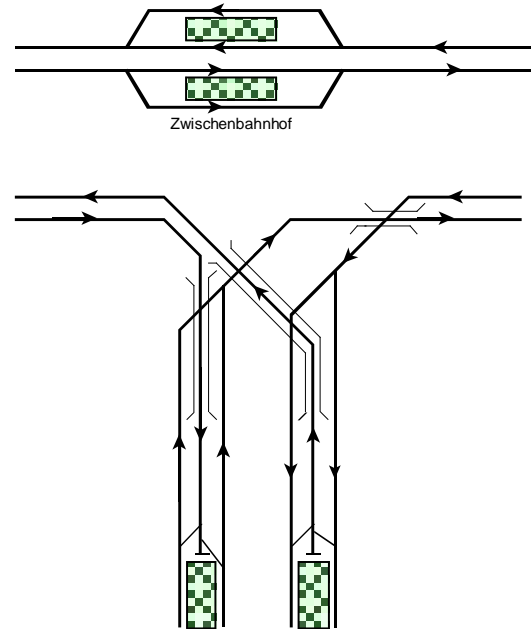


Abbildung 5: Gleichzeitige Einfahrten und Ausfahrten können durch aufwändige Kreuzungsbauwerke auch beim Kopfbahnhof realisiert werden

Bei der **Einfahrt in ein Stumpfgleis** eines Kopfbahnhofes muss hingegen jeder Zug mit absoluter Zuverlässigkeit in einem Abschnitt, der erheblich kürzer als 50 m ist, unmittelbar vor dem zum Schutz des Querbahnsteiges immer vorhandenen Prellbock zum Halt gebracht werden. In einem ausreichen langen Abschnitt von etwa der Länge des Bahnsteiges muss mit einer vom Triebfahrzeugführer unter allen Umständen brems-technisch beherrschbaren Geschwindigkeit von 30 bis 40 km/h, also nahezu mit Rangiergeschwindigkeit gefahren werden. Von diesem Gebot der Langsamfahrt weiß auch VCD {S. 8 „Lärm“} und widerspricht sich dadurch selbst. Diese Besonderheit der Kopfbahnhöfe wird nach längerer Erfahrung mit der kontinuierlichen Bremswegüberwachung in Zukunft vielleicht durch eine Verkürzung des Langsamfahrbereiches etwas zwar etwas entschärft, aber prinzipiell nie aufgehoben.

Kopfbahnhöfe (vgl. **Abb.7**) stammen meist aus den Anfängen des Eisenbahnwesens. Sie wurden in Landeshauptstädten wie Stuttgart als Endbahnhöfe für Linienbetrieb ohne Zugübergang angelegt (vgl. auch Berlin, Paris, Brüssel, München). In den Gleisen 1 bis 7 weist Stuttgart Hbf die Struktur eines solchen Endbahnhofes im Linienbetrieb auf, in dem alle Züge entweder beginnen oder enden und **nicht oder nur schwer durchgebunden** werden können. Ein Zugübergang zwischen diesem Bereich und dem Bereich der Strecke Mannheim-Ulm wäre trotzdem nur eingeschränkt realisierbar. Die Behauptung {BUND Anlage 2.1 S. 14 „Kapazität“} in einem Kopfbahnhof „können selbstverständlich auch alle Regionalzüge durchgebunden werden“ ist also falsch, da sie die Fahrwegausschlüsse übersieht.

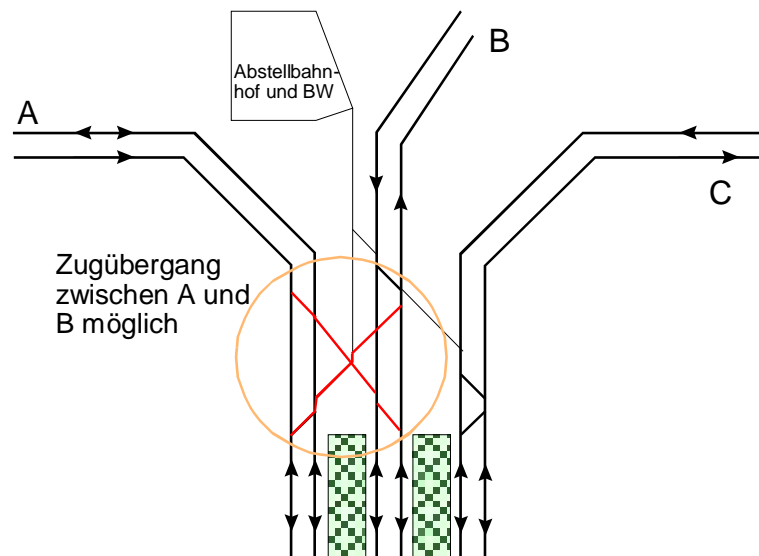


Abbildung 6: Bei Kopfbahnhöfen im Linienbetrieb sind Zugübergänge zwischen den verschiedenen Linien nur eingeschränkt möglich und verursachen umfangreiche Fahrwegausschlüsse. Hierfür typisch sind die Weichenkreuze zwischen den Linien. (s. auch Stuttgart Hbf)

Beim Übergang von einer Linie auf die andere werden viele auch **mittelbare Fahrwegausschlüsse** mit den entsprechend negativen Folgen für die Leistungsfähigkeit erzeugt. Sie entstehen dadurch, dass sich zwei Fahrplantrassen in einem bestimmten Teilfahrstraßenknoten gegenseitig ausschließen und damit in einem Konfliktfall mit einer dritten Fahrplantrasse in einem anderen TFK nur mehr gemeinsam verschieblich sind (vgl. Mikadospiel). Diese indirekten Belegungen sind typisch für Kopfbahnhöfe im Linienbetrieb, obwohl sie auch in einigen komplexen Durchgangsbahnhöfen (z.B. Würzburg, Innsbruck) gelegentlich auftreten. In den verwendeten Untersuchungsverfahren (ALFA) werden auch solche mittelbaren Gleisbelegungen erfasst.

In Kopfbahnhöfen ist der Zugübergang zwischen mehr als zwei Strecken nur mit sehr großem baulichem Aufwand für getrennte Streckeneinführungen und Überwerfungsbauwerke (vgl. Bf. Wiesbaden **Abb. 8**) realisierbar.

Eine „Ertüchtigung“ von Stuttgart Hbf für diese Aufgaben würde im Bereich der Gleise 1 bis 7 einen nahezu völligen Neubau mit einer außerordentlichen Längenentwicklung (die nicht möglich ist) erfordern. Ganz im Gegensatz hierzu können in Stuttgart 21 alle Linien nahezu beliebig miteinander verknüpft und durchgebunden werden. Durch den „Kreisverkehr“ (s.u.) wird diese Möglichkeit vervollkommen. Der bestehende Kopfbahnhof ist mit seinen Gleisen 8 bis 16 (vgl. **Abb. 9**) als Ersatz für einen einfachen Zwischenbahnhof (vg. **Abb.4**) für die Relation Ulm-Mannheim ist mit **8 Bahnsteiggleisen** nicht nur für den Zugübergang sondern auch für beginnende und endende Züge ausgelegt und daher für

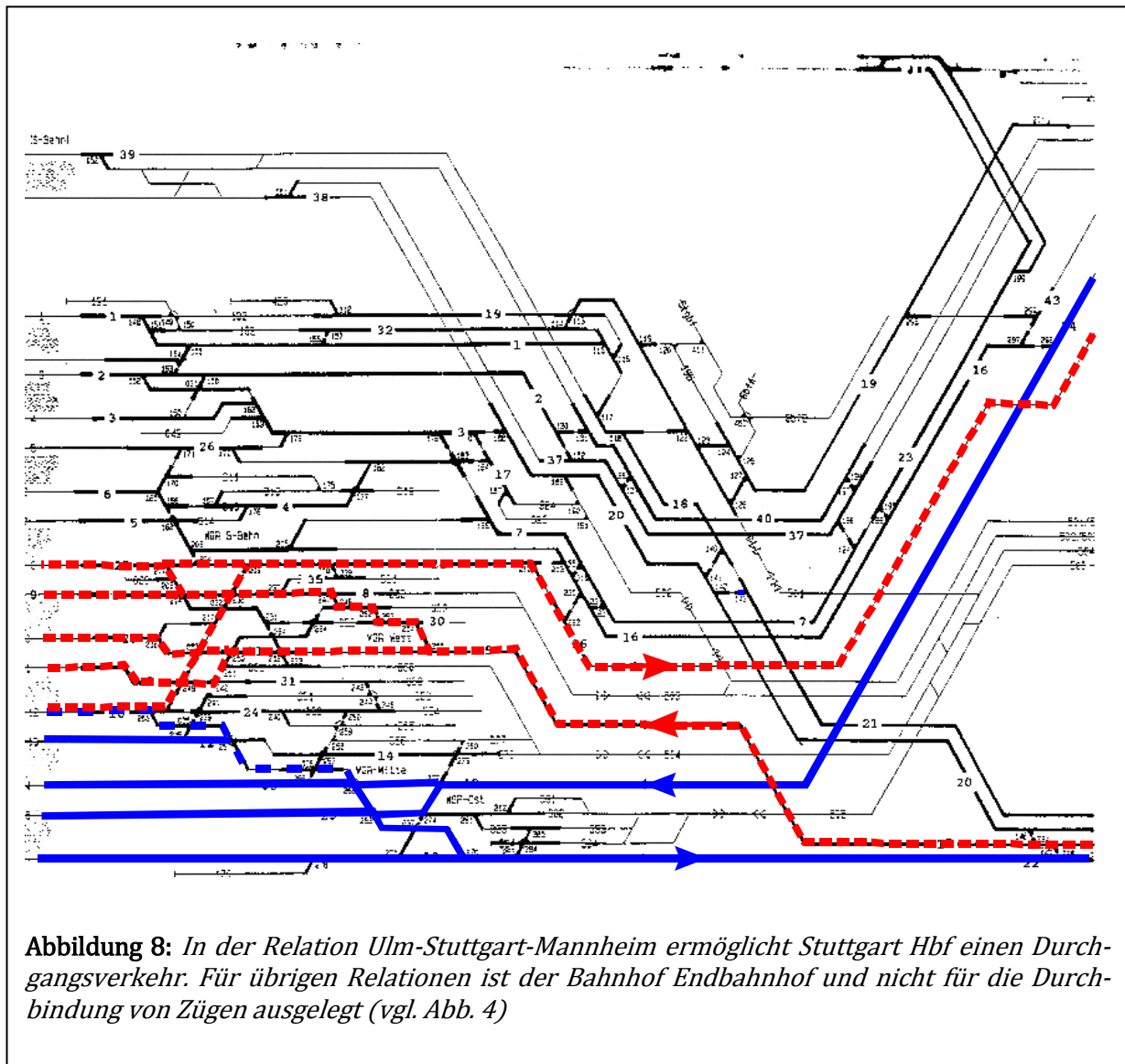


Abbildung 8: In der Relation Ulm-Stuttgart-Mannheim ermöglicht Stuttgart Hbf einen Durchgangsverkehr. Für übrigen Relationen ist der Bahnhof Endbahnhof und nicht für die Durchbindung von Zügen ausgelegt (vgl. Abb. 4)

Fazit:

Der Kopfbahnhof Stuttgart Hbf kann infolge seiner strukturellen Mängel auch nach umfangreichen Umbauten zukünftigen Aufgaben kaum gerecht werden, obwohl er örtlich nicht nutzbare Kapazitätsreserven enthält. Wegen der bei einem Kopfbahnhof grundsätzlich mindestens doppelten Belastung der Fahrstraßenknoten durch alle Zugfahrten bildet nicht die Anzahl der Bahnsteigkanten sondern die Leistungsfähigkeit der Fahrstraßenknoten den bestimmenden Engpass.

6. Ist die Dimensionierung von Stuttgart 21 mit 8 Bahnsteigkanten ausreichend?

Für die festgestellte und wegen der Netzstruktur mögliche Verteilung der Ankunftsabstände ist der Bf Stuttgart 21 ausreichend bemessen. Er kann die durch die Leistungsfähigkeit der umgebenden Fahrstraßenknoten begrenzten Zugzahlen uneingeschränkt verarbeiten. Sollte langfristig die Leistungsfähigkeit dieser Fahrstraßenknoten z.B. durch unabhängige Einführungen der einmündenden Strecken in fernerer Zukunft stark ansteigen, dann werden 10 Bahnsteiggleise erforderlich. Um die Zukunftsfähigkeit von Stuttgart 21 in jedem Fall sicher zu stellen, wurde in dem Gutachten von 1997 empfohlen, die Erweiterbarkeit auf 10 Bahnsteiggleise in einer fernerer Zukunft zu offen zu halten (vgl. Kap.2).

An dieser Stelle ist es erforderlich, nochmals einige theoretische Zusammenhänge darzustellen, um das Verständnis der Schussfolgerungen zu erleichtern, obwohl die diesbezüglichen Gutachten³⁾ weitgehend bereits Eigenschaften von Lehrbüchern aufweisen.

Die Bemessungsaufgabe kann sich grundsätzlich auf zwei Aussagen über das Betriebsprogramm stützen:

1) Eine Prognose über die Nachfrage nach Fahrplantrassen während der **ganzen wirtschaftlichen Nutzungszeit** des Bahnhofes (ca. 100 Jahre). Diese ist nicht möglich und nicht sinnvoll.

2) Die **Verträglichkeit des Leistungsverhaltens** der Zulaufstrecken mit dem des Bahnhofes. Der Bahnhof muß die von den Strecken kommenden Züge aufnehmen können und sie marktgerecht für die Ausfahrt auf die Strecken bereit halten. Nicht konkrete Fahrpläne, sondern nur raumtypische Fahrplanstrukturen sind für die Bemessung relevant.

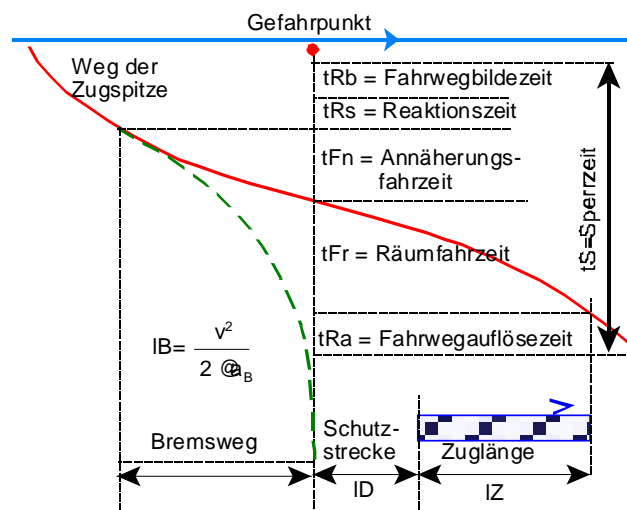


Abbildung 9: Zusammensetzung einer Sperrzeit bei wanderndem Block und geschwindigkeitsabhängigem Bremsweg

Daher ist von den Nennleistungen der Strecken auszugehen. Die Nennleistung z ergibt sich aus dem Bruch Bezugszeitraum t_U durch mittlere Mindestzugfolgezeit t_{Zm} plus mittlere erforderliche Pufferzeit t_{Pm} .

3) Schwanhäuser, W. Ergänzende betriebliche Untersuchungen Teil III: Bemessung des geplanten Stuttgarter Hauptbahnhofes und seiner Zulaufstrecken, Verkehrswissenschaftliches Institut der RWTH Aachen, Juli 1997

$$zul\ n = \frac{tU}{tZm + tPm}$$

Die Mindestzugfolgezeiten beruhen auf der Ermittlung der physikalisch eindeutigen Sperrzeiten t_S . Diese sind eine Folge des signaltechnischen gegenseitigen Ausschlusses von Zugfahrten bezogen auf einen Gefahrpunkt (vgl. **Abb. 10**) oder auf eine Sperrstrecke.

Stellwerkstyp	Fahrweg-Bildezeit t_{Rb} [min]	Fahrweg-Auflösezeit t_{Ra} [min]
mechanisch Durchfahrt	0,3	0,15
mechanisch Fdl Stellwerk mit bis zu 4 Hebeln	0,85	0,40
mechanisch Fdl + Wärterstellwerk	1,50	0,50
elektromechanisch Standard	0,2	0,15
elektromechanisch bei x Hebeln	$x \cdot 0,025$	$x \cdot 0,025$
Drucktasten-Relais	0,15	0,05
Estw (vorläufig) bei n Weichen	$n \cdot 0,15$	0,05
Selbstblock	0	

Abbildung 10: Fahrwegbilde- und Auflösezeiten in Abhängigkeit vom verwendeten Stellwerkstyp

Sperrstrecken können Blockabschnitte oder andere Belegungsabschnitte wie etwa Drehbrücken, Weichen oder Kreuzungen aber auch ein wandernder Gefahrpunkt (Zugschluss) sein.

Die Belegung beginnt mit dem Zeitpunkt, zu dem ein vorausfahrender Zug diesen Belegungsabschnitt geräumt haben muß und endet an einer *Zugschlussstelle*, die der betreffende Zug mit seinem Schluss geräumt haben muß, um den Belegungsabschnitt freizugeben.

Die Zugschlussstelle kann bei rechnergeführtem Betrieb auch virtuell, also nur im Rechner abgebildet sein. Sie ist bei Fahrwegüberschneidungen, auch bei wanderndem Block, stets ortsfest (z.B. Kreuzungen) und könnte auf der freien Strecke als Schluss des vorausfahrenden Zuges (z.B. „moving block“) beweglich sein, was jedoch wegen der ortsfesten Lage von Fahrwegelementen wie Weichen und Kreuzungen nicht sinnvoll ist.

Die Sperrzeit t_S kann für ein solches Sicherungssystem mit geschwindigkeitsabhängigen Bremswegen aber innerhalb der Sperrstrecke **konstanter** Fahrgeschwindigkeit nach

$$t_S = \frac{1}{60} \cdot \left(t_{Rb} + t_{Rs} + \frac{v}{7,2 \cdot a_B} + 3,6 \frac{l_{Bk} + l_Z + l_D}{v_S} + t_{Ra} \right) [\text{min}]$$

berechnet werden. Elemente der Sperrzeit sind allgemein

Reaktionszeiten des Steuerungssystems

tRb Fahrwegbildezeit (z.B.10 s)

tRs Reaktionszeit des Triebfahrzeugs (z.B. Sichtzeit 12 s)

tRa Fahrwegauflösezeit (z.B. 5 s)

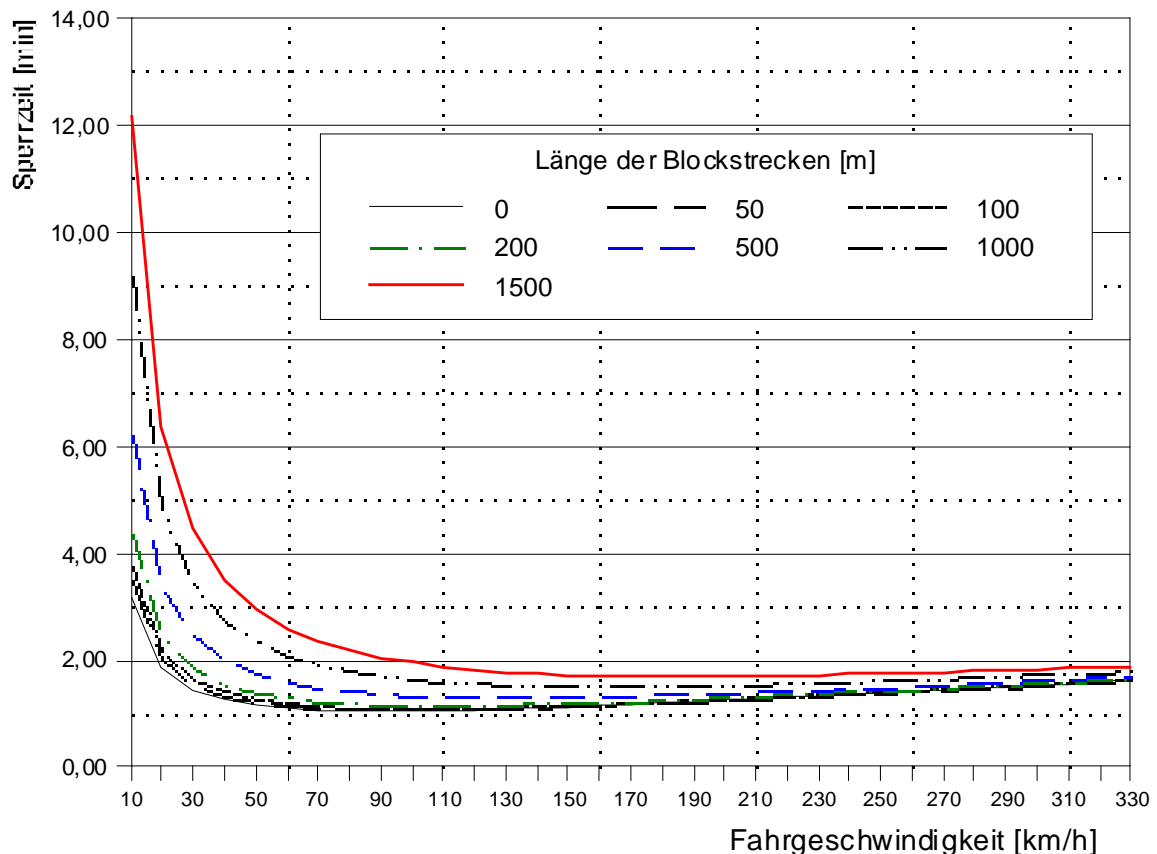


Abbildung 11: *Abhängigkeit der Sperrzeit bei geschwindigkeitsabhängigem Bremsweg ($a_B=0,7 \text{ m/s}^2$) von der Fahrgeschwindigkeit und der Länge der Blockstrecke*

Fahrverhalten des Zuges

vS (konstante) Fahrgeschwindigkeit [m/s]

aB Bremsverzögerung [m/s²] (z.B. mit Rücksicht auf den Fahrkomfort $a_B=0,5 \text{ m/s}^2$, bei Schnellbremsungen $a_B=0,7 \text{ m/s}^2$)

Längen und Wege

lBk Länge der Blockstrecke [m]

lZ Zuglänge [m] (z.B. lZ=400 m)

lD Schutzstrecke [m] (z.B. lD = 50 m)

Geschwindigkeit konstant v [m/s].

Bei Hochleistungsblock mit sehr kleinen virtuellen Blockabschnitten geht IBk praktisch gegen Null. Die *Sichtzeit* bei Ein- und Ausfahrt beträgt standardisiert $t_{Rs}=0,2$ [min] bzw. 12 [s]. Systemreaktionszeiten zwischen Steuerungssystem und Triebfahrzeug betragen bei ETCS (european train control system) 10 [s].

Die *Fahrwegbildezeit* t_{Rb} ist von der Art der Stellwerkstechnik abhängig.

Für die *Annäherungs-Fahrzeit* t_{Fn} gilt, daß auf dem Bremsweg IV zwischen Vorsignal und Hauptsignal von der Streckengeschwindigkeit v_S auf die Einfahrgeschwindigkeit v_E abgebremst werden muß. Die Streckengeschwindigkeit der Züge muss so mit den Mindest-Bremshundertsteln und der Streckenneigung abgestimmt sein, dass der Bremsweg für eine Haltbremsung vor dem Hauptsignal ausreicht.

Die Blocklänge führt bei niedrigen Geschwindigkeiten zu großen Sperrzeiten (vgl. **Abb.12**). Bei einer Blocklänge von 1000 m und einer konstanten Geschwindigkeit von 140 km/h erzeugt ein Vorsignalabstand (Bremsweg) von 1000 m zu einem Minimum an Sperrzeit. Bei einer Blocklänge von 0 m wird bei $v=90$ km/h ein absoluter Minimalwert von rund 1,0 min Sperrzeit erreicht. Eine weitere Verminderungen der Mindestzugfolgezeiten ist physikalisch ohne Verzicht auf wesentliche Sicherheitsaspekte nicht möglich.

Zwischen $v=110$ km/h und $v=170$ km/h entsteht bei einer Blocklänge von 500 m eine Sperrzeit von 1,3 min. Sie erreicht bei $v=300$ km und Blocklängen von 100 bis 500 m $t_S=1,6$ min. Setzt man als erforderliche konstante Pufferzeit bei starrem Fahrplan $t_P=2,4$ min an (Schätzung) so erhält man eine mittlere Zugfolgezeit von 4,0 min und

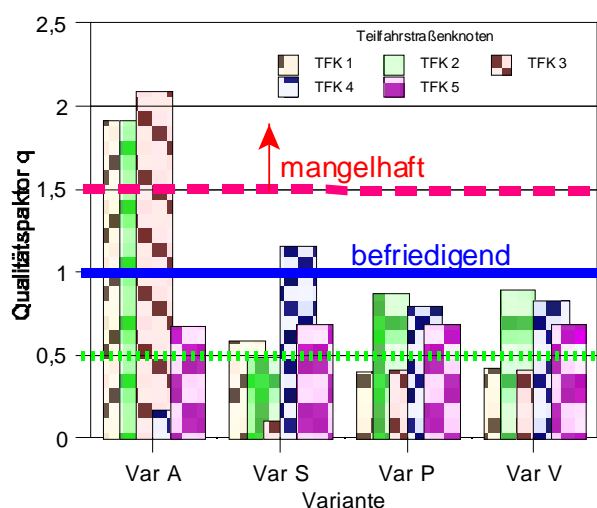


Abbildung 12: Qualitäten der Betriebsabwicklung in den 5 Teilfahrstraßenknoten des Bahnhofskopfes Stuttgart Hbf West bei den vier Aus-

eine Leistungsfähigkeit von 15 gleich schnellen Zügen mit $v=300$ km/h je Stunde. Diese Zugzahlen werden bei der Japan East Railway mit einem allerdings völlig anders strukturierten Netz erreicht (vgl. auch Strecke Mannheim-Stuttgart-Ulm s.u.).

Bei der betrieblichen Untersuchung wurde für die Zukunft die Verwendung von Linienzugbeeinflussung oder ECTS Stufe 2 unterstellt. Bei hohen Einfahrgeschwindigkeiten sind lange Weichenverbindungen erforderlich. Daher wurden Blocklängen von maximal 500 m (Halbregelabstände) angenommen. Aus **Abb.12** ist auch ersichtlich, dass bei Blocklängen (sog. „Halbregelabständen“ von 500 m und $v=110$ km/h bis

$v=190$ km/h eine Sperrzeit von 1,3 min und damit eine annähernd maximale Leistungsfähigkeit der Zulaufstrecken erreicht wird. Der Bahnhof ist an diese Leistungsfähigkeiten der Zulaufstrecken angepasst.

In einem Vortrag im Jahr 1997 hat Prof. Heimerl gezeigt, dass das Angebot des Betriebsprogramms für den Regionalverkehr gegenüber dem Istzustand von 1994 allein nach Zugzahlen eine Ausweitung um 56 % (HVZ um 46%) ausweist. Das für die fernere Zukunft erstellte „Szenario erhöhtes Angebot“ (E) erlaubt bereits aus der Erhöhung der Zugzahl gegenüber dem Status quo von 1994 eine Erhöhung des Angebotes um 178 % (HVZ 100%). Die Angebotserweiterung nur durch mehr Züge beträgt im Fernverkehr 38 %, beim Szenario „erhöhtes Angebot“ 70 % gegenüber dem Status quo von 1994. Dieses „Erhöhte Angebot“ war die Basis der Bemessung und zur Beurteilung der Kapazitätsreserven. Die hierin enthaltenen Zugzahlen entsprechen den Leistungsfähigkeiten der Zulaufstrecken (s.o.).

Überlegungen zu Ausbauoptionen für die fernere Zukunft sind – neben der Frage nach eventuell zwei zusätzlichen Bahnsteiggleisen im Hauptbahnhof vor allem für die Zulaufstrecke von Zuffenhausen anzustellen. Diese werden allerdings erst bei einer gegenüber dem Betriebskonzept Stuttgart 21 wesentlich erhöhten Zugzahl relevant.

Von Prof. Heimerl wurde daher bereits 1994 empfohlen, die Anbindung der heutigen Ferngleise von Feuerbach durch den Pragtunnel an die neuen Ferngleise von Bad Cannstatt zum neuen Hauptbahnhof als Planungsoption offen zu halten (vgl. **Abb. 14**). Bei dieser „Variante P“ wird die Ausfahrt in Richtung Zuffenhausen für den Zustand der Trassenvergabe zwar mit $q(F)=1,3$ zum relativen „Engpass“, bleibt aber in dem wichtigeren Zustand der Betriebsabwicklung (vgl. **Abb. 13**) in jedem der 5 Teilfahrstraßenknoten des Fahrstraßenknotens Stuttgart Westkopf im befriedigenden Bereich. Neben der Erhöhung der Leistungsfähigkeit wird durch die Ausbauvariante P auch eine höhere Flexibilität in der Betriebsführung erreicht wird.

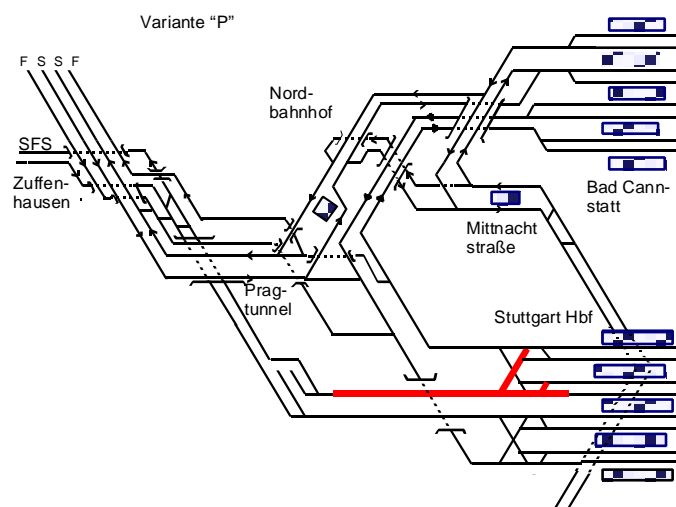


Abbildung 13: Ausbauvariante P (Pragtunnel) mit relativem Engpass $q(F)=1,3$ im Zustand der Trassenvergabe („erhöhtes Angebot“)

Fazit:

Stuttgart 21 ist unter Berücksichtigung der gegebenen Netzstruktur mit 8 Bahnsteiggleisen völlig ausreichend bemessen und durch die Ausbaumöglichkeiten zukunftssicher.

7. Leistungsverhalten der Bahnsteiggleisanlage in Spitzenstunden

7.1. Grundsätzliche Vorgehensweise

Die Aussagen über das Leistungsverhalten beziehen sich auf die mittlere Anzahl von Zügen je Stunde während der Zeit von 14 bis 18 Uhr. Dieser Zeitraum repräsentiert nicht den durchschnittlichen Verkehrsstrom während der Stunden mit homogenem Verkehr von 5:00 bis 24:00, sondern eine Hauptverkehrszeit, die die Spitzenstunde enthält. Bei den verwendeten Verfahren wird weiter angenommen, dass trotz einer weitgehenden Vertaktung zufällig verteilte Pufferzeiten zwischen den einzelnen Gleisbelegungen auftreten. Durch diese Annahme bleiben die Aussagen über das Leistungsverhalten etwas „auf der sicheren Seite“. Diese Hypothese erfasst den Ablauf der Betriebsabwicklung besonders gut, da die Zuglagen in der Betriebsabwicklung mehr oder weniger durch Verspätungen vom Fahrplan abweichen.

Bei dieser Zufälligkeit treten allgemein in Schwachverkehrszeiten Häufungen von langen Pufferzeiten und in Spitzenstunden Häufungen von kurzen Pufferzeiten auf. Die Belastung in der Spitzenstunde ergibt sich aus der einmal täglich wahrscheinlich zu erwartenden Häufung kleiner Pufferzeiten. Für diese besteht eine Wahrscheinlichkeit von $1/24$ also von 4,2 %.

Die Leistungsfähigkeit in der Spitzenstunde ergibt sich also normaler Weise als zufälliger Ausschnitt aus einem ununterbrochenen Verkehrsstrom bei Nennleistung. Bei diesem Verfahren ist gewährleistet, dass die Betriebsqualität in der Spitzenstunde nur zufällig aber nicht strukturell schlechter als in den anderen Stunden des Tages ist. Im vorliegenden Fall lag nur eine Stichprobe des Betriebsgeschehens über vier Stunden vor.

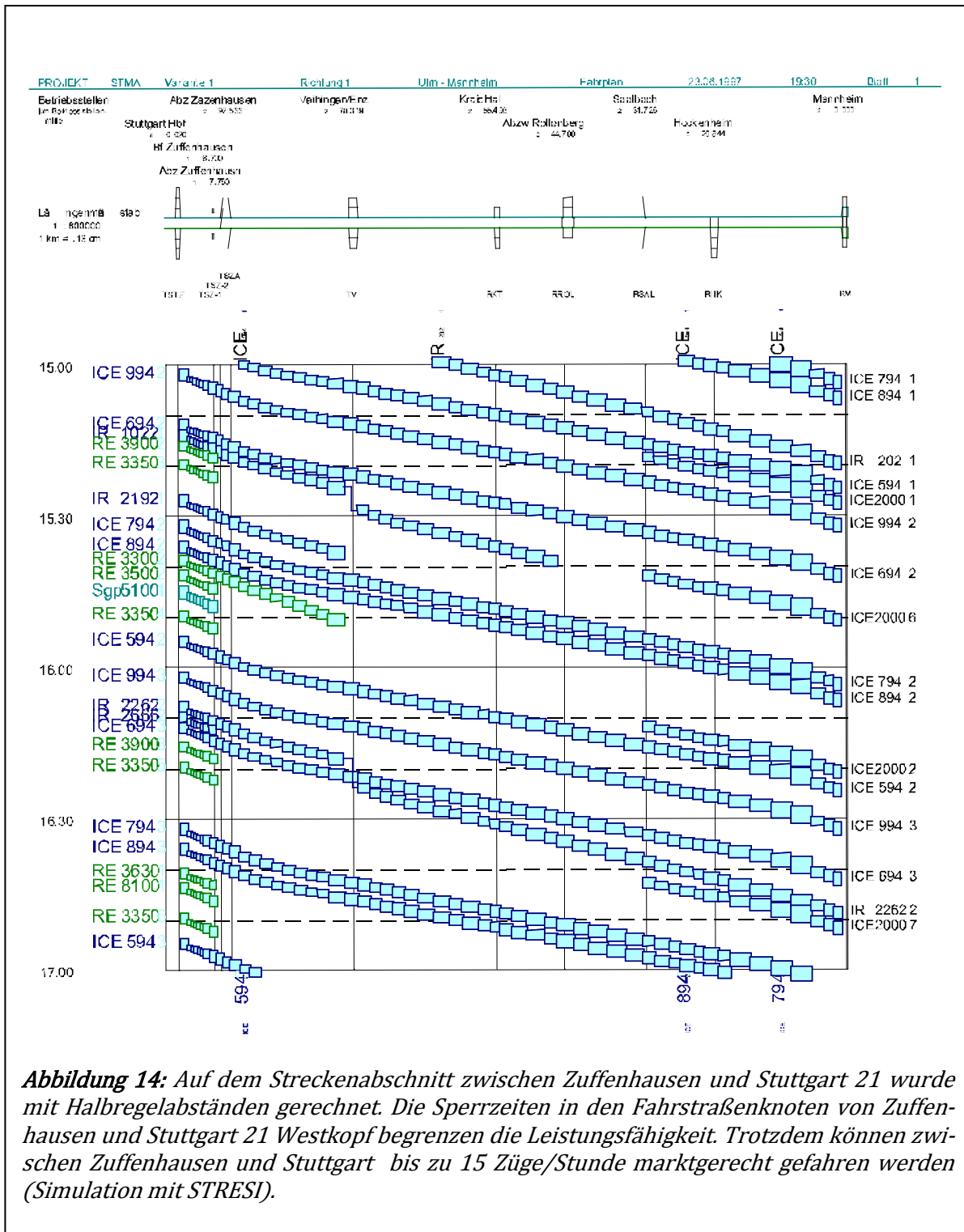
Die Spitzenstunde tritt in diesem „amputierten“ Verkehrsstrom mit einer Wahrscheinlichkeit von $1/4 = 0,25$ auf. Das Verhältnis zwischen der durchschnittlichen Zugdichte je Stunde und der zulässigen Zugzahl in der Spitzenstunde wird als Spitzenfaktor f_{sp} bezeichnet.

7.2. Spitzenfaktor der Strecke Mannheim-Stuttgart

Bei der Analyse des Leistungsverhaltens der wichtigsten **Zulaufstrecke Mannheim-Stuttgart-Ulm** ⁴⁾ im Streckenabschnitt Zuffenhausen-Stuttgart Hbf ergab sich für das Szenario E für den Bezugszeitraum von 5:00 bis 24:00 Uhr eine mittlere erforderliche Pufferzeit von 2,21 min und eine Nennleistung von 251 Zügen (16 Züge/Std). Dieser Wert ist gut vergleichbar mit der Belegung der Shinkansen Strecke in Japan mit 14 Zügen/Stunde. Aus der Häufung kleiner Pufferzeiten ergibt sich eine zulässige Anzahl von 19 Zügen in der Spitzenstunde bei einer mittleren Pufferzeit von 0,95 Minuten min (vgl. **Abb. 16**). In der Spitzenstunde können also **drei zusätzliche Züge** eingeplant werden, was einem Spitzenfaktor von $f_{sp} = 19/16 = 1,19$ und damit einem Zuschlag von 19 % entspricht.

4) Schwanhäußer, W: Ergänzende betriebliche Untersuchung Teil III, Bemessung des geplanten Stuttgarter Hauptbahnhofes und seiner Zulaufstrecken, Verkehrswissenschaftliches Institut der RWTH Aachen, Juli 1997

Bei derart hoher Zugdichte in vertakteten Fahrplänen können keine ausgeprägten Spitzenstunden mehr auftreten. Am deutlichsten wird dies bei Fahrplänen von U-Bahnen, die i.a. über die ganze HVZ mit einem Takt von beispielsweise 5 min und in den restli-



chen NVZ mit einem ausgedünnten Takt verkehren. Bei Zugangeboten in verkehrsschwachen Räumen verkehren jedoch bei einem Grundtakt von 60 min häufig in einer oder zwei Spitzenstunden ein oder gar zwei Verdichtungszüge, was zu einem Spitzenfaktor von $f_{Sp}=2$ bis 3 führt.

Fazit:

Die Zulaufstrecken liefern also bei voller Auslastung ihrer Nennleistung mit einem Spitzenfaktor von nur 1,19 keine sehr ausgeprägten Verkehrsspitzen als Belastung für die Bahnsteiggleisanlage, die ihrerseits wesentlich höhere Spitzenfaktoren von 1,3 bis 1,6 erlaubt.

7.3. Theoretische Grundlage der Beurteilung von Gleisgruppen hinsichtlich der Leistungsreserven in Spitzenstunden

Die Verständlichkeit der Argumentation für den Spitzenfaktor der Bahnsteiggleisanlage erfordert einige theoretische Erläuterungen. Die Zeitabstände zwischen Ereignissen sind bestimmend für den Spitzenfaktor. Bei konstanten Abständen t_A tritt kein Spitzenfaktor auf. Die Verteilung unterschiedlich großer Abstände kann mathematisch beschrieben werden. Geeignete Zufallsverteilungen sind unter anderem die Gauß-Verteilung, die Beta-Verteilung, die Poisson - Verteilung und die Gammaverteilung. Letztere bildet die wirklichen Verteilungen im Bahnbetrieb korrekter ab als die anderen Verteilungen.

Mehrere Ankunftsströme können sich überlagern. Bei der „Faltung“, also Überlagerung der statistischen Verteilungen solcher Ströme erhält man eine Aussage darüber, mit welcher Wahrscheinlichkeit p_W eine bestimmte Anzahl von Ereignissen in einem Zeitraum auftritt.

Für diese Wahrscheinlichkeit p_W gilt

$$p_W = \int_0^{\alpha} \frac{\alpha^{n \cdot k - 1}}{\Gamma(n \cdot k)} \cdot e^{-\alpha} d\alpha$$

Diese Gleichung enthält einen Parameter

$$\alpha = \frac{k}{t_A m} \cdot t_B m$$

Dieser besteht also aus dem Belegungsgrad

$$\rho = \frac{t_B m}{t_A m}$$

und einem Faktor k mit

$$k = \frac{I}{V t_A^2}$$

mit VtA , dem Variationskoeffizienten der Ankunftsabstände tA . Hierin ist weiter die Γ - (Gamma) Funktion enthalten, die durch

$$\Gamma(n \cdot k) = \int_{x=0}^{x=\infty} x^{n \cdot k - 1} \cdot e^{-x} \cdot dx$$

beschrieben wird. Hierin bedeuten:

x unabhängige Variable
n Anzahl der Ereignisse

Für α gilt damit auch

$$\alpha = \frac{\rho}{VtA^2}$$

In den Gleichungen kann das Produkt

$$n \cdot k = F$$

gesetzt werden. Dann wird

$$\Gamma(F) = \int_{x=0}^{x=\infty} x^{F-1} \cdot e^{-x} \cdot dx$$

und

$$pW = \int_0^{\alpha} \frac{\alpha^{F-1}}{\Gamma(F)} \cdot e^{-\alpha} d\alpha$$

Diese Funktion liegt in Tabellenform (vgl. **Abb. 17**) und als Kurvenschar (vgl. **Abb.15**) vor.

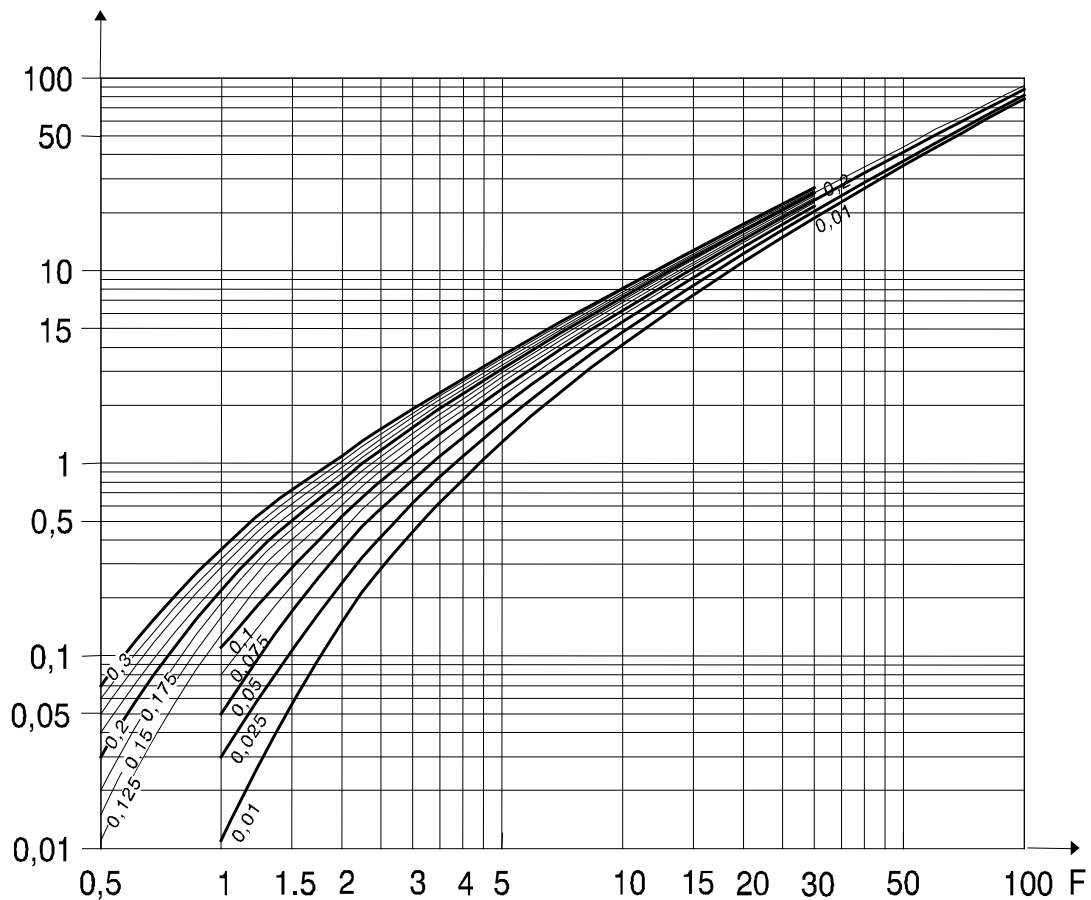


Abbildung 15: Kurven für pW in Abhängigkeit von den Hilfwerten α und F

7.4. Spitzenfaktor der Bahnsteiggleisanlage Stuttgart 21

Die **Bahnsteiggleisanlage** verfügt jedoch über erheblich größere Kapazitätsreserven in Spitzenstunden. Dies ergibt sich aus den Untersuchungen des Leistungsverhaltens mit der bedienungstheoretischen Methode, die im Programm GLEISE implementiert ist. Die Ergebnisse für die verschiedenen Gleisgruppen zeigt **Abb. 16**.

Für einen Bezugszeitraumes von 14 bis 18 Uhr sind in der Spalten t_{Am} die mittleren Ankunftsabstände, deren Variationskoeffizienten V_{tA} und in der Spalte t_{Bm} die mittleren Gleisbelegungszeiten aufgelistet. Dabei fällt auf, dass die Variationskoeffizienten umso größer werden, je größer die Gleisgruppe ist. Dies hat seine Ursache darin, dass mit größer werdender Gleisgruppe immer mehr Verkehrsströme gemischt werden und dadurch für die gesamte Gleisgruppe sogar ein Variationskoeffizient $V_{tA} \geq 1$ entsteht, der auf die Möglichkeit scharfer Spitzen hinweist. Da in die gesamte Gleisgruppe von den 4 zulaufenden Streckengleisen 4 Züge gleichzeitig einfahren können, ist dort die Wahrscheinlichkeit scharfer Spitzen größer, als für die Gleise 3-4, in denen der Verkehrsstrom

Mannheim-Ulm aufgenommen werden muß und der s.o. wegen der Vertaktung von der Strecke her nur einen Spitzenfaktor von 1,19 aufweisen kann.

Für den Spitzenfaktor gilt

$$f_{Sp} = \frac{n_{Sp}}{n_m}$$

mit n_{Sp} =Anzahl der Züge in der Spitzenstunde und n_m der mittleren Anzahl von Zügen in allen Stunden des Untersuchungszeitraumes tU .

Die Restpufferzeit tP_{Rest} ergibt sich aus

$$tP_{Rest} = \frac{s \cdot tU_{Sp}}{f_{Sp} \cdot n_m} - tBm$$

ZUSAMMENSTELLUNG DER ERGEBNISDATEN

Bahnhof und Variante: E (Erweitertes Angebot Betrieb)
 Datei: d:\stuttgart21\halb8fn1\betr2000.sam
 Datum: 5.7.97
 Gerechnet für : Verkehrswissenschaftliches Institut RWTH Aachen
 Lizenz Nummer : 002
 Allgemeine Bemerkungen: Gruppe 1-2 entlastet

Strom Gleis	s	N Züge	tAm [min]	VtA	tBm [min]	VtB	PW [%]	Rho	lW	Doppel [%]	Bem- mer- kungen
1-2 Cannstadt -> Wangen	2	33	6.97	0.5430	4.45	0.8549	5.223	0.319	0.0177	50.00	Bad
3-4 -> Ulm	2	42	5.76	0.5988	5.58	0.5295	12.330	0.484	0.0657	9.09	Mannheim
5-6 -> Ulm	2	42	5.68	0.5922	5.57	0.5474	13.049	0.490	0.0708	12.50	Mannheim
7-8 -> Ulm	2	31	7.75	0.4843	5.56	0.7633	3.828	0.359	0.0142	45.45	Mannheim
1-4 Süd	4	75	3.19	0.7075	5.49	0.5977	6.149	0.430	0.0312	13.75	Nord ->
5-8 Nord	4	73	3.27	0.8057	6.45	0.6254	13.111	0.493	0.0941	14.81	Süd ->

Die Anwendung dieses Gleichungssystems sei an folgendem Beispiel beschrieben:

Wenn eine mehrkanalige Bedienungsstelle (z.B. eine Gleisgruppe wie die Gleise 1-2 mit $s=2$ Gleisen) eine mittlere Belegungszeit $tBm=4,45$ Minuten aufweist und dort *völlig zufällig mit $VtA=1,0$* im durchschnittlichen Abstand von $tAm=6,97$ Minuten ein Zug eintrifft, so wird $\alpha = \rho = 4,45/6,97=0,638$. Die beiden Gleise sind damit je Gleis zu $Rho/s=0,638/2=0,32$ entsprechend 32 % , also schwach belegt.

Zuerst sei gefragt, mit welcher Wahrscheinlichkeit hierfür 2,0 Gleise erforderlich wären. Für $F=2,0$ und $\alpha= 4,45/6,97=0,638$ kann man aus der Tabelle und aus der Kurvenschar $pW=0,125$ entnehmen. Mit einer Wahrscheinlichkeit von 0,125 werden also bei einer mittleren Stärke des Stromes von 0,638 Ankünften während einer Belegungszeit von 4,45 Minuten je Zug bei völlig zufälligen Ankünften 2 Züge ankommen. Umgekehrt kann daraus geschlossen werden, dass in 12,5% der Zeit 2 oder mehr als Züge ankommen werden.

N * K	SIGMA												
	0.010	0.025	0.050	0.075	0.100	0.125	0.150	0.175	0.200	0.225	0.250		
0.1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
0.4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02
0.5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.02	0.02	0.03	0.04	0.05
0.6	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.09	0.11
0.7	0.00	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.06	0.08	0.10	0.12	0.15	0.19	0.23
0.8	0.00	0.01	0.02	0.03	0.05	0.07	0.10	0.14	0.18	0.23	0.29	0.37	0.46
0.9	0.01	0.02	0.03	0.05	0.08	0.11	0.15	0.20	0.26	0.33	0.41	0.51	0.61
1.0	0.01	0.03	0.05	0.08	0.12	0.17	0.23	0.30	0.38	0.47	0.57	0.68	0.80
1.1	0.02	0.04	0.07	0.11	0.16	0.22	0.29	0.37	0.46	0.56	0.67	0.79	0.92
1.2	0.02	0.05	0.09	0.13	0.19	0.26	0.34	0.43	0.53	0.64	0.76	0.89	1.03
1.3	0.03	0.07	0.12	0.18	0.25	0.33	0.42	0.52	0.63	0.75	0.88	1.02	1.17
1.4	0.04	0.09	0.15	0.22	0.30	0.39	0.49	0.60	0.72	0.85	1.00	1.15	1.31
1.5	0.06	0.11	0.18	0.26	0.35	0.45	0.56	0.68	0.81	0.95	1.10	1.26	1.43
1.6	0.07	0.13	0.21	0.29	0.39	0.50	0.62	0.75	0.89	1.04	1.20	1.37	1.55
1.7	0.09	0.16	0.24	0.33	0.44	0.56	0.69	0.83	0.98	1.14	1.31	1.49	1.68
1.8	0.11	0.18	0.28	0.38	0.50	0.63	0.77	0.92	1.08	1.25	1.43	1.62	1.82
1.9	0.13	0.21	0.32	0.44	0.58	0.72	0.87	1.03	1.20	1.38	1.57	1.77	1.98
2.0	0.15	0.24	0.36	0.49	0.64	0.80	0.96	1.13	1.31	1.50	1.70	1.91	2.13
2.1	0.17	0.27	0.40	0.54	0.70	0.87	1.04	1.22	1.41	1.61	1.81	2.03	2.26
2.2	0.20	0.31	0.44	0.59	0.76	0.94	1.12	1.31	1.51	1.71	1.92	2.14	2.37
2.3	0.22	0.34	0.48	0.63	0.81	0.99	1.18	1.38	1.58	1.79	2.00	2.22	2.45
2.4	0.25	0.38	0.53	0.69	0.87	1.06	1.26	1.46	1.67	1.88	2.10	2.32	2.55
2.5	0.28	0.42	0.57	0.74	0.93	1.13	1.33	1.54	1.75	1.96	2.18	2.40	2.63
2.6	0.31	0.45	0.62	0.80	0.99	1.19	1.40	1.61	1.82	2.03	2.25	2.47	2.70
2.7	0.34	0.49	0.67	0.86	1.06	1.26	1.47	1.68	1.89	2.10	2.32	2.54	2.77
2.8	0.37	0.53	0.72	0.92	1.12	1.33	1.54	1.75	1.96	2.17	2.39	2.61	2.83
2.9	0.40	0.58	0.77	0.98	1.19	1.40	1.61	1.82	2.03	2.24	2.45	2.66	2.87
3.0	0.44	0.62	0.82	1.03	1.24	1.45	1.66	1.87	2.08	2.29	2.50	2.71	2.91
3.1	0.47	0.66	0.87	1.08	1.29	1.50	1.71	1.92	2.13	2.34	2.55	2.75	2.95
3.2	0.51	0.71	0.92	1.13	1.34	1.55	1.76	1.97	2.18	2.39	2.60	2.80	2.99
3.3	0.54	0.75	0.96	1.17	1.38	1.59	1.80	2.01	2.22	2.43	2.63	2.83	3.02
3.4	0.58	0.80	1.03	1.24	1.45	1.66	1.87	2.08	2.29	2.50	2.70	2.90	3.09
3.5	0.62	0.84	1.08	1.29	1.50	1.71	1.92	2.13	2.34	2.54	2.74	2.94	3.13
3.6	0.66	0.89	1.14	1.35	1.56	1.77	1.98	2.19	2.40	2.60	2.80	2.99	3.18
3.7	0.70	0.94	1.19	1.39	1.59	1.79	1.99	2.19	2.39	2.59	2.78	2.97	3.16
3.8	0.74	0.99	1.25	1.45	1.65	1.85	2.05	2.25	2.45	2.64	2.83	3.02	3.20
3.9	0.78	1.04	1.31	1.51	1.71	1.91	2.11	2.31	2.51	2.70	2.89	3.08	3.26
4.0	0.82	1.09	1.37	1.57	1.77	1.97	2.17	2.37	2.56	2.75	2.94	3.13	3.31
4.1	0.87	1.14	1.42	1.64	1.84	2.04	2.24	2.43	2.62	2.81	3.00	3.19	3.37
4.2	0.91	1.19	1.48	1.70	1.90	2.10	2.30	2.49	2.68	2.87	3.06	3.24	3.42
4.3	0.95	1.24	1.54	1.76	1.96	2.16	2.36	2.55	2.74	2.93	3.12	3.30	3.48
4.4	1.00	1.30	1.60	1.83	2.03	2.23	2.43	2.62	2.81	3.00	3.19	3.37	3.54
4.5	1.04	1.35	1.66	1.89	2.09	2.29	2.49	2.68	2.87	3.06	3.24	3.42	3.59
4.6	1.09	1.40	1.72	1.96	2.16	2.36	2.56	2.75	2.94	3.13	3.31	3.48	3.65
4.7	1.14	1.46	1.78	2.02	2.22	2.42	2.62	2.81	3.00	3.19	3.37	3.54	3.71
4.8	1.18	1.51	1.85	2.09	2.29	2.49	2.69	2.88	3.07	3.25	3.43	3.60	3.77
4.9	1.23	1.57	1.91	2.16	2.36	2.56	2.76	2.95	3.14	3.32	3.50	3.67	3.84
5.0	1.28	1.62	1.97	2.22	2.43	2.63	2.83	3.02	3.21	3.39	3.57	3.74	3.91

Abbildung 17: Tabelle der Wahrscheinlichkeiten $pW = SIGMA$ für Häufungen von Gamma-verteiltern Ereignissen in Abhängigkeit von α und $F=N*K$

In der Realität Stuttgart 21 ist die aus der Zugliste ermittelte Streuung stA der Ankunftsabstände tA jedoch erheblich kleiner. Der daraus folgende Variationskoeffizient $VtA=stA/tAm=0,543$ beschreibt die gegenüber einer reinen Zufallsverteilung erheblich kleinere Streuung der Ankunftsabstände. Ohne die Erstellung eines machbaren und marktgerechten Fahrplans z.B. bei Szenario E könnte übrigens eine solche Aussage nicht gemacht werden.

Mit dieser Vorgabe wird $\alpha=(4,45/6,97)(1/0,543^2)=2,17$. Aus der Kurvenschar kann nun für $pW=0,125$ ein Faktor $F=4,4$ entnommen werden, woraus sich $n_{Sp}=4,4 \cdot 0,534^2=1,74$ Züge ergibt. Infolge der kleineren Streuung der Ankunftsabstände kommen mit der gleichen Wahrscheinlichkeit von $pW=0,125$ nur noch 1,25 Züge an, was einem Spitzenfaktor von $f_{Sp}=1,25/0,638=1,97$ entspricht.

Die Spitzenstunde stellt aus dem analysierten Strom der HVZ, der auch die Spitzenstunde enthält und über den Bezugszeitraum von $tU=4$ Stunden zwischen 14:00 und 18:00 Uhr läuft, einen Anteil von 25 % dar. Daher ist die Wahrscheinlichkeit für das Auftreten einer bestimmten Häufung in einer Spitzenstunde $pW=1/4=0,25$ zu setzen. Der Rechengang ist in der Tabelle **Abb.18** zusammengestellt.

Gleisgruppe	N /Std.	tAm [min]	VtA	$\rho=tBm/tAm$	tBm [min]	α	F	n	$f_{Sp}=n/Rho$	tP_{Rest} [min]
1-2	8,61	6,97	0,543	0,638	4,45	2,17	3,5	1,03	1,62	4,15
3-4	10,42	5,76	0,599	0,969	5,58	2,70	4,2	1,51	1,56	1,82
5-6	10,56	5,68	0,592	0,981	5,57	2,80	4,3	1,51	1,54	1,82
7-8	7,74	7,75	0,484	0,717	5,56	3,06	4,7	1,10	1,54	4,52
1-4	18,81	3,19	0,708	1,721	5,49	3,44	5,1	2,56	1,49	3,09
5-8	18,35	3,27	0,806	1,972	6,45	3,04	4,6	2,99	1,52	2,17
3-6	20,25	2,96	0,836	2,000	5,92	2,86	4,4	3,08	1,54	1,78
1-8	37,27	1,61	1,071	3,677	5,92	3,21	4,5	4,82	1,31	3,91

Abbildung 18: Tabellarische Berechnung der Spitzenfaktoren und der Restpufferzeiten für die verschiedenen Gleisgruppen von Stuttgart 21 für die Zugzahlen des Szenarios E

Für diese Parameter liefert die Tabelle **Abb. 17** für $pW=0,25$ und $\alpha=2,15$ den Hilfwert $F=3,5$. Damit wird $n_{Sp}=1,03$. Der Spitzenfaktor ergibt sich daraus zu $f_{Sp}=1,03/0,638=1,62$. Die mittlere Restpufferzeit beträgt $tP_{Rest}=(60 \cdot 2)/(1,62 \cdot 8,61) - 4,45=8,60-4,45=4,15$ min.

Die Spitzenfaktoren f_{Sp} der Bahnsteiggleisanlage für das Szenario „E“ liegen zwischen $f_{Sp}=1,3$ und $f_{Sp}=1,6$.

In allen übrigen Gleisgruppen sind in der Spitzenstunde zwischen den Gleisbelegungen noch zwischen 1,8 und 4,5 Minuten Pufferzeit verfügbar. Diese sind ausreichend groß, um einen marktgerechten Betrieb sicher zu stellen. Der im Raum Stuttgart weitgehend vertaktete und sehr homogene Fahrplan erfordert kaum Verdichtungen in Spitzenstunden im Knoten.

Fazit:

Die dichte Zugfolge auf den Zulaufstrecken erlaubt nur eine geringe Anzahl zusätzlicher Züge in der Spitzenstunde. Die Bahnsteiggleisanlage gewährleistet jedoch in den Spitzenstunden noch Pufferzeiten zwischen 1,8 und 4,5 Minuten zwischen den Bahnsteigbelegungen und Spitzenfaktoren zwischen 1,3 und 1,6. Diese reichen aus, um einen marktgerechten Betriebsablauf auch in Spitzenstunden zu gewährleisten.

8. Vorteile durch den „Kreisverkehr“

Der Bahnhof Stuttgart 21 ist von Plochingen oder Fellbach sowohl über dessen Westkopf als auch über dessen Ostkopf erreichbar. Damit können Überführungsfahrten vom Wartungsbahnhof Untertürkheim auch auf diesen beiden Wegen den Bahnhof erreichen. Im Gegensatz zu den meisten anderen Durchgangsbahnhöfen kann dadurch ein Richtungswechsel bei beginnenden und endenden Zügen vermieden werden. Bei solchen Richtungswechseln würde der Bahnhof zeitweilig wie ein Kopfbahnhof mit allen seinen Nachteilen durch gegenseitige Behinderung zwischen einfahrenden und ausfahrenden Zügen oder Rangierfahrten (vgl. **Abb. 20**) wirken (vgl. Bf. Nürnberg Hbf für die Relation Ingolstadt-Nürnberg-Fürth). Diese Nachteile sind dort so gravierend dass sie einer der Gründe für die Einführung der NBS Nürnberg - Ingolstadt über N. Langwasser sind, wodurch Nürnberg Hbf. zum reinen Durchgangsbahnhof wird. Bei einem optimal gestalteten Durchgangsbahnhof mit Richtungsbetrieb wie Stuttgart 21 würden diese Nachteile bedeutsam und einen Teil der Vorteile die dieser Bahnhofstyp gegenüber einem Kopfbahnhof besitzt aufzehren.

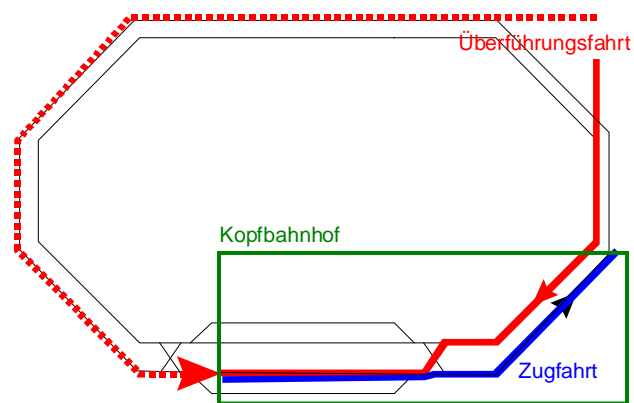


Abbildung 19: Durch den „Kreisverkehr“ werden Richtungswechsel und komplexere Belegungen der Fahrstraßenknoten wie sie im Kopfbahnhof auftreten vermieden

Dies ist mit ein Grund dafür, dass Stuttgart 21 auch bei großer Zugdichte noch eine befriedigende Betriebsqualität aufweist. In Stuttgart Hbf können im Gegensatz zu fast allen anderen Bahnhöfen zwischen allen Strecken Zugfahrten in allen denkbaren Relationen des Fern und Nahverkehrs ohne Richtungswechsel beliebig durchgebunden werden! Darüber hinaus bietet der Durchgangsbahnhof im Gegensatz zum Kopfbahnhof eine große Anzahl redundanter alternativer Fahrwege die zu einer deutlichen Verminderung der Wahrscheinlichkeiten von Fahrwegausschlüssen führen.

Fazit:

Der „Kreisverkehr“ ist eine der Voraussetzungen für die hohe Leistungsfähigkeit des Bahnhofes Stuttgart 21 und die beliebige Möglichkeit der Durchbindung von Linien

9. Weitere Bemerkungen zu den Anlagen 2.1 und 2.2 der VCD Stellungnahme

9.1. Emission von Scheibenbremsen

Bei Bremsungen aus hohen Geschwindigkeiten werden die reibungsfreie Wirbelstrombremse und die generatorische Bremse durch Nutzung der Fahrmotoren der Triebfahrzeuge als Generator mit Rückspeisung der Energie in das Netz eingesetzt. Beide erzeugen ausschließlich Wärme, die nach oben, also von Bahnhof weg, abzieht. Erst bei der Bremsung auf Halt werden neben der generatorische Bremse die Scheibenbremsen eingesetzt. Wenn diese in dem letzten Bereich des Bremsweges so weit überhitzt würden, dass sie „Dämpfe“ emittieren, also verkohlen würden, wären diese Bremsen falsch bemessen und äußerst rasch verbraucht. Diese Emissionen werden also nicht in dem befürchteten Umfang auftreten

9.2. Dimensionierung von Bahnanlagen

Ein zukunftssicherer Bahnhof darf nicht auf der Annahme eines bestimmten Fahrplanes z.B. ITF bemessen sein. Er muss aus der Sicht des Netzbetreibers eine breite Palette möglicher Fahrpläne zulassen, die in ihrer Struktur der möglichen Entwicklung der Nachfrage nach Fahrplantrassen im Bezugsraum entsprechen. Für die Simulationen zur Veranschaulichung eines möglichen Betriebsablaufes sind hingegen konkrete, beispielhafte Fahrpläne erforderlich, die diese Anforderungen erfüllen. Die Bemessung beruht nicht auf der Simulation der Betriebsabläufe, sondern auf den für langfristige Aussagen erforderlichen wahrscheinlichkeitstheoretischen Methoden, die dem Standard der DB Netz AG entsprechen. Diese Methoden erfassen alle physikalischen und statistisch beschreibbaren Elemente des Eisenbahnbetriebes.

9.3. Positive Verkehrswirkung Fahrzeit Mannheim-Ulm

Die Fahrzeiten wurden nach dem gleichen Verfahren gerechnet, das auch die DB AG für die Fahrplanbearbeitung mit RUT K einsetzt. Abweichungen der Wirklichkeit von den Standardwerten (z.B. Windeinflüsse, Zugkräfte, geringere Haftreibung, Spannungsabfall, Zuggewicht) der Fahrzeitrechnung werden durch Fahrzeitreserven zwischen 3 und 9 % abgedeckt. Die im Mittel angenommenen Haltezeiten entsprechen jenen von anderen Knotenbahnhöfen mit ähnlicher Struktur. Infolge des Durchbindens der Regionalzüge wird die Anzahl der durch das Umsteigen bedingten Ein- und Aussteiger stark verringert, was ja auch das Ziel dieser Maßnahme ist. Damit genügen i.a. Haltezeiten von unter 2,0 Minuten.

Bei Fernzügen können in Spitzenzeiten längere Haltezeiten auftreten. Diese sind in Form von Verspätungen bei der Bemessung des Gleisbedarfes berücksichtigt. Es wäre jedoch unsinnig, diese Haltezeitüberschreitungen in die Fahrzeiten einzurechnen, da diese Zeit im Normalbetrieb dann „vertrödelt“ werden müsste und die Beförderungszeiten unnötig verlängern würden.

Bei Kopfbahnhöfen müssen wegen der langen Wege auf und zwischen den Bahnsteigen bei sonst gleichen Bedingungen etwas längere Haltezeiten vorgesehen werden.

Bei Planungen für die fernere Zukunft darf nicht von bestimmten Triebfahrzeugen und Zuggattungen ausgegangen werden. Dies zeigt bereits die rasche Entwicklung der Veränderung des Zugangebotes von 1990 bis 2003. Daher wurde für Betriebsbremsungen eine einheitliche, für die Fahrgäste zumutbare Bremsverzögerung von $0,5 \text{ m/s}^2$ (Standardwert für Fahrzeitrechnungen) gewählt. In einigen Jahren werden die Triebkopffzüge der ersten ICE-Generation außer Dienst gestellt werden. Die späteren Fahrzeuggenerationen werden in jedem Fall die Zugkräfte und Beschleunigungsvermögender im Jahr 1997 modernsten Tzf aufweisen.

9.4. Verkürzung der Umsteigezeiten und ITF

In wichtigen Umsteigerelationen können in den 4 Gleisen je Richtung selbstverständlich durch Umsteigen am gleichen Bahnsteig in beliebigen Relationen kurze Übergänge hergestellt werden. Dies ist bei einem Kopfbahnhof deutlich erschwert. Auch wenn sie möglich wäre, kann eine **ITF- artige Verknüpfung von Fernverkehrszügen mit Regionalzügen allgemein nicht empfohlen** werden, da sonst zwischen beiden Systemen intensive Verspätungsübertragungen gefördert würden.

Gerade das Beispiel der früher vorbildlich pünktlichen Niederländischen Bahn zeigt, dass ein landesweites ITF zu katastrophalen Verspätungen führen kann, wenn ITF mit einem Anwachsen von Urverspätungen durch unterlassene Unterhaltung der Infrastruktur zusammentrifft. Die Anforderungen des ITF an einheitliche, mit dem Halbstundenrhythmus verträgliche Fahrzeiten zwischen den Knoten verursachen einerseits hohe Baukosten um einige Strecken schneller zu machen und führen andererseits dazu, dass auf kurzen Streckenabschnitten Fahrzeit verloren geht. Dann heben sich Gewinne der Attraktivität durch das günstige Umsteigen mit Verlusten an Beförderungsgeschwindigkeit gegenseitig auf. Das alternative Prinzip für dicht befahrene Netzteile – und um einen solchen handelt es sich hier – ist des Prinzip „Eimerkettenbagger“, einem Befahren aller Strecken in kurzen Abständen von beispielsweise 30 Minuten im Fernverkehr und 15 Minuten im Nahverkehr. Wenn die Abstände zwischen den Zügen so klein sind, dass sie in der Größenordnung der maximalen Verspätungen liegen, lässt sich mit diesem Prinzip ein stabileres, schnelleres und attraktiveres Fahrplansystem aufbauen.

Fazit:

Es ist wahrscheinlich, dass ITF zumindest in komplexen und dicht befahrenen Netzteilen, die typisch für Ballungsräume sind, in einigen Jahren als „Modeerscheinung“ nur noch historischen Wert besitzen wird.

9.5. Bauausführung Neigung bis 25 ‰

Alle Triebfahrzeuge müssen den Regelungen der EBO §7 entsprechen. Diese sieht jedoch für Neubauten von Strecken eine Längsneigung von 40 ‰ vor. Alle Züge können daher Steigungen von 25 ‰ wie die Geislinger Steige auch im Anfahrbereich befahren. Die NBS Köln-Rhein/Main weist Steigungen von knapp 40 ‰ auf und stellt damit besondere Anforderungen an die Zugkraft und das Bremsvermögen. Im übrigen handelt es sich bei § 7 um eine Soll-Vorschrift.

9.6. Betriebserfordernisse Ausrüstung der Züge

Um die Interoperabilität zu gewährleisten, wurde von der UIC und der EU das ETCS entwickelt. Der Netzbetreiber kann daher erwarten, dass die Fahrzeuge aller Eisenbahntransportunternehmen die sich um Fahrplantrassen bewerben dem internationalen Standard entsprechen. Auf lange Sicht wird wahrscheinlich die Linienzugbeeinflussung als nationales System vom internationalen System der ETCS abgelöst werden.

Einem Eisenbahntransportunternehmen darf aus Sicherheitsgründen vom Netzbetreiber auf Strecken mit langen Tunneln nur dann eine Trasse zur Verfügung gestellt werden, wenn die dort vorgesehenen Züge eine Notbremsüberbrückung besitzen. Auf keiner Bahn ist es tolerierbar, dass beispielsweise ein brennender Zug durch Notbremsung (vgl. Unfall Kaprun) in einem Tunnel festgehalten wird!

9.7. Alternative LEAN /Umkehr, Kapazität

Bei gleichen Leistungsanforderungen ist ein Durchgangsbahnhof stets wirtschaftlich und verkehrlich attraktiver als ein Kopfbahnhof. Umbauten in einem bestehenden Kopfbahnhof sind außerordentlich teuer und beeinträchtigen während der Bauzeit den Betrieb erheblich. Gerade solche Beeinträchtigungen während der Bauzeit werden von den Einwendern {BUND s. 9} als wichtig betrachtet.

9.8. Alternative LEAN /Umkehr, Umsteigequalität

Bei gleicher Leistung verursacht die größere Breite des Kopfbahnhofes zusammen mit den Längswegen auf dem Bahnsteig gegenüber einem Durchgangsbahnhof erheblich längere Wege (s.o.) beim Zugang und beim Umsteigen. Eine Untersuchung des VWI hat nachgewiesen, dass im Vergleich zum Kopfbahnhof die Umsteigewege mit Bahnsteigwechsel auch im Mittelwert deutlich verkürzt werden.

Diese längeren Wege führen auch zu längeren Haltezeiten, insbesondere bei wechselseitigen Anschlüssen wenn diese nicht am gleichen Bahnsteig hergestellt werden können.

10. Schlussbemerkungen

Die Einwände der Gegner des Projektes enthalten einige Widersprüche. Einerseits wird auf den Wegfall von Lokwechseln infolge der Durchbindung {VCD-Stellungnahme Anlage 2.1. S.4} wendefähiger Züge hingewiesen, wenn es um den Nachweis der Funktionsfähigkeit der bestehenden Bahnhofes geht. Andererseits wird ein häufiger Personal- und Lokwechsel im geplanten Bahnhof unterstellt. Einerseits wird ein Verkehrszuwachs in Frage gestellt {VCD Anlage 2.1. S.1} aber auf einen deutlichen Zuwachs an Nahverkehrszügen {VCD Anlage 2.1. S.5} hingewiesen.

Grundsätzlich wird von den Gegnern versucht, für ein „Jahrhundertprojekt“ Fahrzeuge und Techniken des Augenblicks als Festlegungen für die Zukunft zu betrachten. Dies gilt auch für Zuggattungen und andere betriebliche Elemente. Es ist unerheblich, ob Verkehrsrelationen des Regionalverkehrs mit Eilzügen oder mit Regionalexpresszügen bedient werden. Wesentlich sind die relativen Verkehrsmengen, Haltabstände, Fahrplanstrukturen und möglichen Beförderungsgeschwindigkeiten. Im übrigen haben die Untersuchungen hinsichtlich der Optimierung von Laufwegen im Kopfbahnhof ergeben, dass durch die Verlagerung von Belastungen einzelner Teilfahrstraßenknoten im Kopfbahnhof in begrenztem Umfang örtliche Überlastungen vermindert aber nicht vermieden werden können. Der Durchgangsbahnhof erfordert solche „Tricks“ nicht.

Bei der Bemessung wurden die Nennleistungen der Strecken, Fahrstraßenknoten und Bahnsteiggleisanlagen aufeinander abgestimmt. Sie entsprechen den Anforderungen eines Szenarios E „Erweitertes Angebot“. Von großem Gewicht ist die Freihaltung der beiden Optionen

für Ausbauvariante P (Pragtunnel) und

für ein neuntes und zehntes Bahnsteiggleis

in fernerer Zukunft. Nur dann gilt die Feststellung uneingeschränkter Zukunftsfähigkeit des Durchgangsbahnhofes unter Berücksichtigung eines möglichen Ausbaues der Zulaufstrecken voll.

Fazit:

Für einen der Prognose zugänglichen Zeitraum ist der Durchgangsbahnhof Stuttgart 21 und das ihn umgebende Netzteil völlig ausreichend bemessen.

