

84 statt 52 Züge je Stunde:

Viel mehr Leistung für weniger Geld – der reformierte Kopfbahnhof ist viel leistungsfähiger!

Ein Exkurs über mathematische Wahrheiten

➤ Während ein Durchgangsbahnhof mit acht Gleisen kaum die prognostizierten Zuwächse des Fern- und Regionalverkehrs aufnehmen kann und eine spätere Kapazitätserweiterung nicht mehr möglich ist, bietet ein reformierter Kopfbahnhof nicht nur fast die doppelte Kapazität, sondern auch einen ungleich flexibleren Betriebsablauf. Um das zu erkennen, braucht man nur etwas mathematisches und eisenbahntechnisches Grundwissen.

Bahnsteigbelegungszeit

Die Belegungsdauer von Bahnsteiggleisen besteht hauptsächlich aus fünf Komponenten:

1. Einfahrzeit vom Vorsignal des Einfahrtssignals bis zum Halt am Bahnsteig
2. Planmäßiger Aufenthalt
3. Zeitpuffer für Verspätungen eines Zuges bzw. Anschlusszuges
4. Räumzeit des Bahnsteiggleises
5. Konflikte und Abhängigkeiten zu anderen Zügen

Einfahrzeit und Räumzeit hängen sehr wesentlich von der zweckmäßigen Aufstellung der Vorsignale, Einfahrtssignale und schließlich der Gleispersignale am Ende des Durchrutschweges vor den ersten Weichenzungen ab. Bei den Konflikten und Abhängigkeiten kommt es entscheidend auf die Gestaltung des gesamten Bahnhofs und seiner Gleislagen an.

Die Unterschiede in der Leistungsfähigkeit eines Durchgangs- und Kopfbahnhofs lassen sich – bezogen auf ICE-Züge und Bahnsteige mit 420 Metern Länge – wie folgt beschreiben (siehe auch Tabelle auf S. 29):

- Die **Einfahrzeiten** vom Vorsignal bis zum Bahnsteigende unterscheiden sich nicht grundsätzlich. In beiden Fällen soll der Zug am Ende des Bahnsteigs zum Stehen gekommen sein. Lediglich der bei einem Durchgangsbahnhof vorhandene Durchrutschweg kann eine Einfahrt mit höherer Geschwindigkeit erlauben.
- Der **planmäßige Aufenthalt** wird in Kopfbahnhöfen mit Personalwechsel mit vier Minuten praktiziert. In Durch-

Stuttgart Hbf – Leistung im Vergleich		
	Durchgangsbahnhof	reformierter Kopfbahnhof
Gleise	8	16
Kapazität Züge je Stunde	52 Züge	84 Züge
davon S-Bahnen je Stunde	–	12 Züge
Trennung von Regional- und Fernverkehr	nein	ja
Bahnsteigwende		
– mit sehr kurzer Wendezeit	möglich	möglich
– mit längerer Wendezeit	nur durch Umwegfahrt	ja
– mit Einhaltung der Taktsymmetrie	nein	ja
– kreuzungsfreie Abwicklung	nein	ja
Linien von > in alle Richtungen	nur durch Umwegfahrt	ja
Stärken und Schwächen	nur auf Kosten der Kapazität	ja
nahes Abstellen von Zugteilen oder Lokomotiven	unmöglich	ja
Dieselfahrzeuge	nein	ja
Überholen	nein	ja
gegenseitiger Anschluss	nur auf Kosten der Kapazität	ja
Optimierung auf integralen Takt	nein	ja

gangsbahnhöfen sind kürzere Haltezeiten möglich. Ob sie aber für Stuttgart sinnvoll sind, ist eher zweifelhaft, da hier ein starker Passagierwechsel stattfindet und ein Personalwechsel unter Berücksichtigung der Pausenregelungen jedenfalls für die Hochgeschwindigkeitszüge sinnvoll ist. Gerade für diese Züge ergibt sich kein Zeitvorteil, der weit über eine Minute hinausgeht.

- Der **Zeitpuffer für Verspätungen** ist nicht technisch bedingt und daher identisch zugrunde zu legen [4].
- Für das **Räumen des Bahnsteigs** bis zur Freigabe der Fahrtrasse ist der zurückzulegende Weg entscheidend: Im Durchgangsbahnhof muss der Zug 620 Meter zurücklegen (Bahnsteiglänge plus Durchrutschweg). In modernen Bahnhöfen werden Weichen 1:14 mit

einem Radius von 760 Metern verwendet, sodass ein ICE 3 mit voller Beschleunigung ausfahren kann. Am Ende des Bahnsteigs erreicht er dann eine Geschwindigkeit von 80 km/h, mit welcher er auch die Weichenstraße durchfahren kann. Die erreichbare Beschleunigung beträgt $0,63 \text{ m/s}^2$ und sollte auch als Verzögerung zugrunde gelegt werden. Es kann auch mit 80 km/h eingefahren werden, wenn der Zug am Bahnsteigende zum Stehen kommen soll. Hätte man für die Gleisanlage eines Kopfbahnhofs genügend Platz, so könnte die Ausfahrt genauso schnell erfolgen wie beim Durchgangsbahnhof.

Die Einfahrt in den Kopfbahnhof vollzieht sich hingegen langsamer: Auf einem Gleis mit Prellbock darf nur mit 30 km/h gefahren werden. Vorher muss – je nach Aus-

legung der Weichen – schon auf 60 km/h bzw. 50 km/h heruntergebremst werden. Trotz dieser Behinderungen beträgt die Einfahrzeit vom günstig aufgestellten Vorsignal aus nur 107 Sekunden.

Aufgrund dieser Berechnung ergibt sich, dass die Leistung eines Durchgangsbahnhofs mit acht Gleisen dem eines reformierten Kopfbahnhofs mit elf bis zwölf Gleisen entspricht. Anders ausgedrückt: Ein reformierter Kopfbahnhof Stuttgart hätte die Kapazität eines zwölfgleisigen Durchgangsbahnhofs.

Zugfolge

Die Zugfolge ist von weiteren Umständen abhängig. Wesentlich wird sie von dem Punkt bestimmt, an dem die Züge anhalten bzw. am langsamsten fahren. Im Durchgangsbahnhof ist dies der Bahnsteig selbst: Die freie Strecke kann bei optimaler Ausnutzung der technischen Möglichkeiten im Zwei-Minuten-Abstand befahren werden (das wird bei der Ausfahrt aus Zürich Hbf praktiziert). Während der erste Zug von der Einfahrt bis zur Ausfahrt das Gleis über 258 Sekunden belegt, kann ein 120 Sekunden später einfahrender Zug auf das Nachbargleis fahren, ein dritter Zug kann das erste Gleis aber nicht nach 240 Sekunden wieder belegen. Jede Verspätung schlägt voll auf nachfolgende Züge durch. Beim reformierten Kopfbahnhof stehen genauso wie beim Durchgangsbahnhof zwei Einfahrtgleise zur Verfügung, hinter denen

aber drei Bahnsteiggleise liegen. Auch der dritte und gegebenenfalls ein vierter Zug findet noch ein freies Gleis vor. Sie müssen nicht warten, bis die vorher eingefahrenen Züge abgefahren sind. Die Verspätungspuffer blockieren nicht den ganzen Bahnhof, sondern verteilen sich auf mehr Gleise und sind daher nicht mehr spürbar.

Während die Zufahrt zum Durchgangsbahnhof eine Streckenleistung von 30 Zügen je Stunde erreichen kann, leisten die zwei zugehörigen Richtungsbahnsteige unter Berücksichtigung des Verspätungspuffers nur zwölf Züge je Stunde. Der reformierte Kopfbahnhof kann die Leistung von 30 Zügen hingegen voll aufnehmen. Das liegt daran, dass die Zufahrt zu den Bahnsteigen sich so früh trifft, dass der zweite Zug nicht auf den ersten aufläuft, sondern fast parallel einfährt und damit genauso rasch nach dem ersten Zug am Bahnsteig zum Stehen kommt, wie er auf der Strecke gefolgt ist. Der Züricher Hauptbahnhof ist der beste Beleg dafür, dass das funktioniert.

Betriebsablauf

Zugleich bietet der reformierte Kopfbahnhof mit 14 Gleisen und zwei zusätzlichen S-Bahn-Gleisen ganz andere betriebliche Möglichkeiten als ein achtgleisiger Tiefbahnhof. Im achtgleisigen Tiefbahnhof muss jeder Zug gleich weiterfahren. Daher ist es unmöglich, ohne drastische Verminderung der Kapazität gegenseitige Anschlüsse herzustellen, langsamere Züge

durch schnellere Züge überholen zu lassen oder Züge zu stärken oder zu schwächen. Jede Verzögerung der Abfahrt eines Zuges – ob wegen zu großen Andrangs, Polizeieinsatzes, Unfalls oder Personalmangels – schlägt auf alle nachfolgenden Züge voll durch. Ein defekter Zug kann nicht an Ort und Stelle stehen bleiben, ohne dass der Betrieb zusammenbricht – er muss weg.

Ein besonderes Handicap für Stuttgart ist, dass im Durchgangsbahnhof eine Bahnsteigwende von Zügen nur auf Kosten der Kapazität möglich ist und die Züge nach der Wende sofort wieder abfahren müssen, während im Kopfbahnhof ein Wenden unter Beachtung der Anforderungen des integralen Taktfahrplans möglich ist.

Schon heute enden ICE-Züge aus Richtung Mannheim hier und fahren nach kurzer Wende wieder zurück. Dafür ist im reformierten Kopfbahnhof ein eigenes Gleis vorhanden, auf dem auch eine etwas längere Standzeit möglich ist. Im Durchgangsbahnhof muss ein endender Zug zwingend in die Abstellanlage gefahren werden. In die gleiche Richtung zurückfahren kann er nur nach einer Stadtrundfahrt, die die Taktsymmetrie empfindlich stört.

Da jeder Zug sofort wieder vom Bahnsteig abfahren muss, entstehen erhebliche Schwierigkeiten, ihn in den integralen Taktfahrplan zu integrieren. Beispielsweise ist die Gäubahn zwingend darauf angewiesen, dass die Knoten bedient werden. Jeder Zug dorthin muss Stuttgart „just in time“ verlassen – und nicht dann, wenn gerade eine Trasse frei ist.

Fazit

Man mag die Detailberechnungen an der einen oder anderen Stelle angreifen. Das Ergebnis verändert sich aber rechnerisch nur um Stellen hinter dem Komma. Immer bleibt das Resultat, dass die berechneten Zugzahlen den Durchgangsbahnhof mit acht Gleisen bereits bis an die Schmerzgrenze auslasten, während im Kopfbahnhof immer noch Reserven zur Verfügung stehen. Immer kommt heraus, dass ein Durchgangsbahnhof zwölf Gleise haben müsste, um die Leistung eines reformierten Kopfbahnhofs zu erreichen. Dass ein Ausbau des Tunnelbahnhofs auf zwölf Gleise weder heute noch künftig bezahlbar ist, wird auch von DB-Vertretern eingeräumt: Die Kosten eines so großen unterirdischen Gewölbes mit den zugehörigen Gleisvorfeldern betragen fast das Doppelte des jetzt geplanten Tiefbahnhofs.

Dr. Volkhard Jung

Belegungszeit eines Gleises	Durchgangsbahnhof		reformierter Kopfbahnhof	
	Weg	Zeit	Weg	Zeit
Vorm Vorsignal bis zum Halt	1647 m	92 s	1205 m	107 s
Halt		120 s		240 s
Verspätungspuffer		300 s		300 s
Vom Bahnsteig bis zur Freigabe	625 m	46 s	625 m	54 s
Summe Belegungszeit Gleis		558 s		701 s
Quotient ref. Kopfbahnhof/ Durchgangsbahnhof entsprechend		1 8 Gleise	1,26 10,08 Gleise	
Kapazität – rechnerisch – je Richtung				
Anzahl der Gleise je Richtung		4		7 (ohne S-Bahn)
Züge je Gleis und Stunde		6,45		5,13
Kapazität je Richtung		26		36
Kapazität S-Bahn		keine		12
gesamter Bahnhof				
Züge je Stunde		52		84
Quotient		1	1,58	