

Zügige, komfortable Umstiege an einem leistungsstarken Bahnhof

Analyse und Bewertung des Fahrgastflusses an einem Bahnhof am Beispiel der Next Generation Station mittels mikroskopischer Simulationen

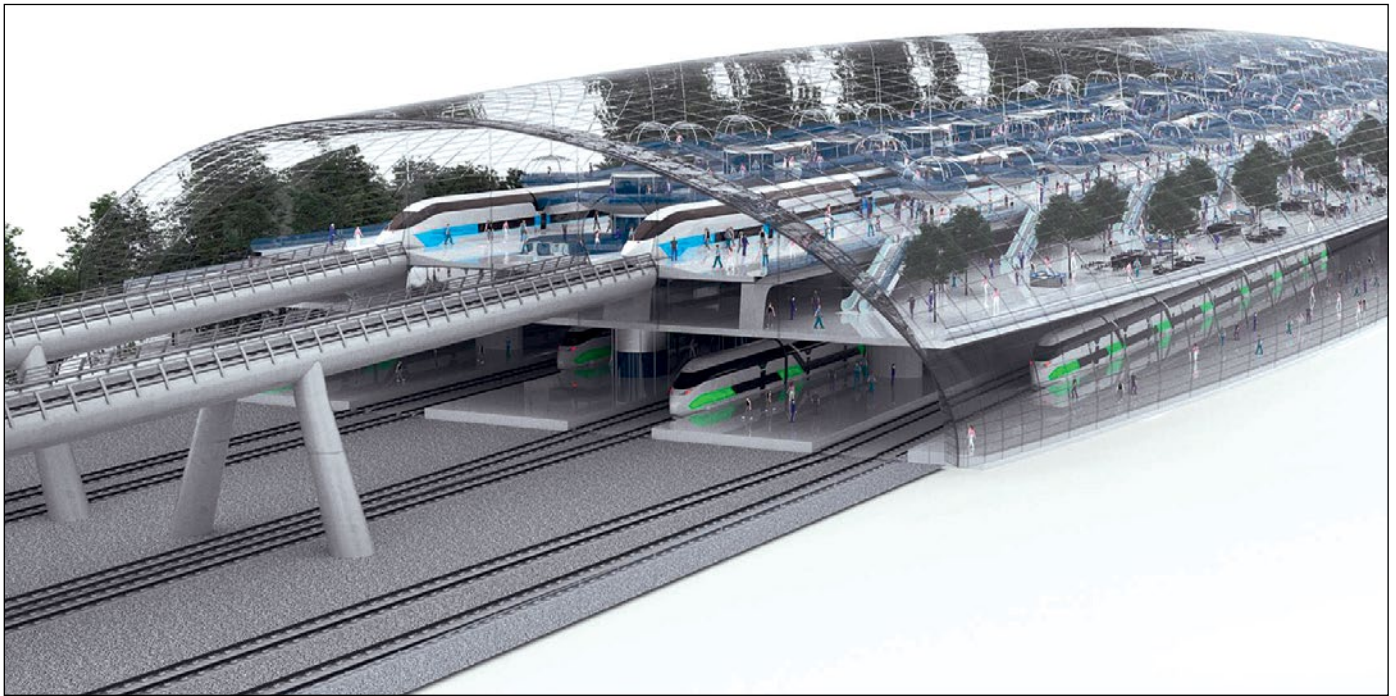


Abb. 1: Architektonisches Bild der Next Generation Station

Quelle: Christian Höhn und Benjamin Wiess

ANDREI POPA | OLAF MILBREDT |
FLORIAN GLASER | MATHIAS BÖHM

Bereits heute stoßen Bahnhöfe in Zeiträumen von hohem Fahrgastaufkommen an ihre Kapazitätsgrenzen. Daher ist es wichtig, die verkehrliche Leistungsfähigkeit eines Bahnhofs in Hinblick auf die Fahrgastströme bereits in der Konzeptphase zu untersuchen. In dieser Studie wird der Bahnhof Next Generation Station mittels mikroskopischer Simulationen betrachtet. Die Resultate werden anhand ausgewählter Schlüsselindikatoren, wie der Übergangszeit und der Personendichte, bewertet. Mithilfe dieser Ergebnisse werden Engpässe im Hinblick auf den Fahrgastfluss identifiziert und Wege der Verbesserung aufgezeigt.

Herausforderung der infrastrukturellen Integration des Next Generation Trains

Das wachsende Mobilitätsbedürfnis der Bevölkerung und die damit verbundene Belastung von Umwelt und Klima stellen weltweit enorme Herausforderungen dar. Große Hoff-

nungen setzt die deutsche Bundesregierung dabei auf den Verkehrsträger Schiene. In diesem Zusammenhang sieht der aktuelle Koalitionsvertrag u. a. vor, dass bis 2030 eine Verdopplung der Verkehrsleistung im Schienenpersonenverkehr erreicht werden soll [1]. Dieses ambitionierte Ziel stellt eine enorme Herausforderung für die gesamte Eisenbahninfrastruktur dar. Neben Leit- und Sicherungstechnik, Streckennetz und Fahrzeugen müssen auch die Bahnhöfe in der Lage sein, den signifikanten Fahrgastanstieg zu bewältigen [2].

Jedoch stoßen einige Bahnhöfe bereits heute zu Spitzenzeiten an ihre Kapazitätsgrenzen oder erreichen bei steigenden Fahrgastzahlen die Belastungsgrenze [3, 4]. Notwendig sind neben massiven Investitionen in die Bahnhofsinfrastruktur auch neue Konzepte, um zukünftig trotz steigender Fahrgastzahlen einen komfortablen und effizienten Umstieg gewährleisten zu können.

Als Treiber für einen neuen Bahnhof fungiert ein Zugkonzept des Deutschen Zentrums für Luft und Raumfahrt e.V. (DLR), der Next Generation Train (NGT) [5, 6]. Abhängig vom Einsatzgebiet forscht das DLR an verschiedenen Varianten des NGT. Der Hochgeschwindig-

keits-Triebwagenzug (NGT HST) soll auf Hochgeschwindigkeitshauptstrecken verkehren, während ein Intercity Triebwagenzug (NGT Link) die Fahrgäste aus dem Umland an die Knotenbahnhöfe der Hochgeschwindigkeitsstrecke befördert [5].

Die Personenzüge NGT HST und NGT Link sind über die gesamte Länge als doppelstöckige Fahrzeuge konzipiert. Eine Besonderheit stellt dabei der Fahrgastwechsel dar, welcher beim NGT HST simultan und über zwei Ebenen vollzogen wird. Dadurch werden Treppen im Zuginneren überflüssig, und der gewonnene Raum kann für weitere Sitzplätze genutzt werden. Die höhere Fahrgastkapazität sowie die doppelstöckigen, simultanen Ein- und Aussteigevorgänge bringen allerdings auch neuartige Anforderungen an die Bahnhofsinfrastruktur mit sich, welche ein konventioneller Bahnhof ohne aufwendige und kostenintensive bauliche und technische Anpassungen nicht bedienen kann. Im Hinblick darauf forscht das DLR an einem Bahnhofskonzept, der Next Generation Station (NGS) [6]. Bereits in der Planungsphase wird dieses Konzept dabei auf Grundlage der gestellten Anforderungen im Hinblick auf den Fahrgastfluss untersucht. Ziel dieser

von\nach	Fernverkehr	Regionalverkehr (Schiene)	ÖPNV & IV	Gesamt Ankommend
Fernverkehr	0	5280/h (55% 25%)	4320/h (45% 27%)	9600/h (20,4%)
Regionalverkehr (Schiene)	5280/h (25% 55%)	8448/h (40% 40%)	7392/h (35% 45%)	21.120/h (45,0%)
ÖPNV & IV	4320/h (27% 45%)	7392/h (45% 35%)	4518/h (28% 28%)	16.230/h (34,6%)
Gesamt Abfahrend	9600/h (20,4%)	21.120/h (45,0%)	16.230/h (34,6%)	46.950/h

Tab. 1: In der Umstiegsmatrix ist für jede Umstiegsrelation die Anzahl der Fahrgäste pro Stunde zusammen mit dem prozentualen Anteil am jeweiligen ankommenden (blau dargestellt) bzw. abfahrenden (grün dargestellt) Fahrgastaufkommen abgebildet.

LoS	Gehflächen [P/m ²]	Warteflächen [P/m ²]
A	0 - 0,30	0 - 0,83
B	0,30 - 0,43	0,83 - 1,11
C	0,43 - 0,71	1,11 - 1,67
D	0,71 - 1,11	1,67 - 3,33
E	1,11 - 2,0	3,33 - 5,0
F	> 2,0	> 5,0

Tab. 2: Verkehrsqualitätsstufen (Level of Service, LoS) für Gehflächen [20, 21] und für Warteflächen [13, 19]

Studie ist es daher, die Fahrgastströme innerhalb der NGS mikroskopisch zu simulieren und basierend darauf Engstellen zu identifizieren sowie Verbesserungen in Richtung einer fahrgastflussoptimierten Bahnhofsgestaltung aufzuzeigen.

Next Generation Station

Die NGS ist ein Bahnhofskonzept des DLR und stellt einen multimodalen Knotenbahnhof einer Metropole dar (Abb. 1). Sie ist als Turmbahnhof konzipiert mit einem mehrstöckigen Empfangsgebäude im Berührungsbzw. Kreuzungspunkt der Gleise. Der aktuelle Entwurf der NGS verfügt auf vier Ebenen über insgesamt 14 Bahnsteigkanten, welche eine Länge von 432 m aufweisen (Abb. 1). Dies ermöglicht einen Halt des NGT HST in Doppeltraktion (ca. 1600 Sitzplätze) bzw. des NGT Link in Dreifachtraktion (ca. 1425 Sitzplätze). Die unterste Ebene beherbergt sechs Gleise, die restriktiv für den Regionalverkehr (NGT Link) vorgesehen sind. Zwischen den Gleisen liegen drei Inselbahnsteige, die mit der darüberliegenden Zwischenebene über je sechs Aufzüge und sechs Fahrtreppen ver-

bunden sind. Die Zwischenebene hat eine Erschließungs- und Verteilungsfunktion für die Fahrgäste und ist zudem der Ein- und Ausgang zur Stadt bzw. zum Öffentlichen Personennahverkehr (ÖPNV) sowie Individualverkehr (IV). Oberhalb befindet sich die Ebene für die 2. Komfortklasse des NGT HST. Diese beinhaltet zwei Gleise für den Hochgeschwindigkeitsverkehr, jeweils einen Außenbahnsteig pro Gleis für die Einsteiger und einen gemeinsamen Inselbahnsteig für Aussteiger, was dem Fahrgastwechselkonzept der „spanischen Lösung“ [6] entspricht. In der obersten Ebene der NGS wurde mithilfe eines Satellitenkonzepts der Ein- und Ausstieg für Fahrgäste der 1. Komfortklasse des NGT HST realisiert. Der Zu- und Abgang erfolgt durch 18 Aufzüge, die die Zwischenebene mit einem Hauptkorridor verbinden. Dieser ist mittig über den beiden Gleisen für den NGT HST angeordnet. Darüber gelangen die Aussteiger zu den Fahrstühlen und die Einsteiger von den Fahrstühlen zu Wartebereichen auf der anderen Seite des Gleises. Diese befinden sich in den einzelnen Satelliten und sind als Lounges vorgesehen.

Simulationsmodell

Um die Leistungsfähigkeit der NGS im Hinblick auf den Fahrgastfluss zu untersuchen, wird die mikroskopische Simulation gewählt. Diese Methode ermöglicht es, die Komplexität sowie das Wirkungsgefüge der Fahrgastprozesse an einem Bahnhof abzubilden. Die Wechselwirkung zwischen dem System und seiner Umgebung wird durch Eingangs- und Ausgangsgrößen beschrieben [7]. Die Eingangsgrößen legen dabei die relevanten Rahmenbedingungen der Simulation fest und haben großen Einfluss auf deren Ergebnis [8]. Welche Ausgangsgrößen untersucht werden, ist abhängig von den gewählten Schlüsselindikatoren zur Analyse und Bewertung des betrachteten Systems.

Eingangsparameter

Für die Simulationen des NGS-Modells wurden als Eingangsparameter Gebäudeabmessungen sowie Daten aus der Fachliteratur berücksichtigt, wie

- geometrisches Layout der NGS,
- Eigenschaften der Fahrgäste (z.B. Laufgeschwindigkeit [9], Körperproportion [10]) und
- Eigenschaften mechanischer Anlagen (z.B. Fahrtreppen [11, 12, 13], Personenaufzüge [14, 15].

Ein weiterer Eingangsparameter ist der Fahrplan, der auf Grundlage der Spitzenbelastung des Berliner Hauptbahnhofs beruht. Für die Simulation wird diese Spitzenbelastung auf zwölf Betriebsstunden erweitert.

Da aus der Literatur für den Hauptbahnhof Berlin nur die durchschnittliche tägliche Fahrgastanzahl von rund 313 000 Reisenden [18] ermittelt werden konnte, wird ein Vergleich zur Metropolregion London herangezogen. Die größte Nachfrage pro Stunde tritt an Londoner Bahnhöfen nach [17] an Werktagen zwischen 8.00 und 9.00 Uhr auf. 15 % aller Ein- und Ausstiegsvorgänge des Tages entfal-

von/nach	LINK						HST 2. Klasse		HST 1. Klasse		IV	ÖPNV	
	1	2	3	4	5	6	7	10	11	14			
LINK	1	0,20% <i>3421</i>	0,29% <i>3396</i>	2,46% <i>3461</i>	3,44% <i>3433</i>	4,86% <i>3479</i>	4,31% <i>3390</i>	0,08% <i>3992</i>	0,43% <i>3945</i>	0,72% <i>2625</i>	0,69% <i>2596</i>	0,58% <i>8999</i>	0,54% <i>8927</i>
	2	0,43% <i>2300</i>	0,17% <i>2317</i>	5,18% <i>2316</i>	8,06% <i>2319</i>	3,91% <i>2325</i>	8,83% <i>2322</i>	0,26% <i>2659</i>	0,77% <i>2605</i>	1,30% <i>1696</i>	1,58% <i>1708</i>	0,97% <i>6059</i>	0,57% <i>6008</i>
	3	3,91% <i>3400</i>	2,97% <i>3305</i>	0,15% <i>3366</i>	0,81% <i>3315</i>	4,10% <i>3265</i>	2,97% <i>3402</i>	0,26% <i>3798</i>	0,22% <i>3713</i>	1,92% <i>2243</i>	0,89% <i>2471</i>	0,52% <i>8637</i>	0,44% <i>8696</i>
	4	5,09% <i>2279</i>	10,08% <i>2342</i>	0,40% <i>2275</i>	0,21% <i>2346</i>	2,00% <i>2300</i>	3,63% <i>2317</i>	0,36% <i>2531</i>	0,16% <i>2561</i>	1,19% <i>1679</i>	1,48% <i>1753</i>	0,49% <i>6133</i>	0,62% <i>6082</i>
	5	6,68% <i>3413</i>	6,69% <i>3332</i>	7,03% <i>3430</i>	5,00% <i>3400</i>	0,39% <i>3356</i>	0,85% <i>3401</i>	0,45% <i>3770</i>	0,10% <i>3817</i>	1,32% <i>2652</i>	1,15% <i>2514</i>	0,91% <i>8800</i>	0,44% <i>9143</i>
	6	4,23% <i>2267</i>	5,86% <i>2302</i>	4,98% <i>2287</i>	5,90% <i>2442</i>	0,34% <i>2373</i>	0,04% <i>2312</i>	0,53% <i>2637</i>	0,20% <i>2508</i>	0,77% <i>1691</i>	1,40% <i>1787</i>	0,61% <i>6077</i>	0,82% <i>6076</i>
HST 2. Klasse	8	2,27% <i>3176</i>	2,41% <i>3814</i>	2,08% <i>3126</i>	2,33% <i>3129</i>	1,64% <i>3169</i>	3,07% <i>3061</i>					0,09% <i>7668</i>	0,22% <i>7655</i>
	9	3,86% <i>3292</i>	3,58% <i>3181</i>	2,90% <i>3167</i>	1,77% <i>3166</i>	2,60% <i>3110</i>	1,37% <i>3282</i>					0,28% <i>7543</i>	0,10% <i>7756</i>
HST 1. Klasse	12	5,00% <i>2079</i>	4,97% <i>2151</i>	3,74% <i>2086</i>	4,19% <i>2074</i>	2,93% <i>2082</i>	4,76% <i>2120</i>					0,53% <i>5115</i>	0,30% <i>5076</i>
	13	6,45% <i>2093</i>	5,29% <i>2172</i>	4,23% <i>2106</i>	2,52% <i>2144</i>	3,27% <i>2077</i>	2,35% <i>2087</i>					0,34% <i>5256</i>	0,54% <i>5017</i>
IV	3,28% <i>8681</i>	4,74% <i>6093</i>	2,12% <i>9153</i>	7,06% <i>5994</i>	1,59% <i>9106</i>	4,77% <i>5886</i>	0,06% <i>7950</i>	0,00% <i>7827</i>	0,45% <i>5287</i>	0,41% <i>5144</i>			
ÖPNV	2,90% <i>8862</i>	4,82% <i>6135</i>	3,85% <i>9212</i>	10,18% <i>6023</i>	1,43% <i>8911</i>	5,51% <i>6026</i>	0,01% <i>7015</i>	0,06% <i>7735</i>	0,39% <i>5176</i>	0,33% <i>5200</i>			

Tab. 3: Gesamtzahl der Übergänge (kursiv) und Anteil der Übergänge (fett), deren Dauer die Referenzzeit von 10 Minuten überschreitet, farbliche Kodierung des Anteils: unter 2 % Grün, zwischen 2 % und 5 % Orange, über 5 % Rot.

len auf diesen Zeitraum. Angewandt auf den Hauptbahnhof Berlin bedeutet dies eine Belastung von 46 950 Ein- und Ausstiegsvorgängen in der Spitzenstunde.

Mithilfe einer Umstiegsmatrix wird für jede Umstiegsrelation die Anzahl der Fahrgäste pro Stunde anhand einer angenommenen Umsteigebeziehung berechnet (Tab. 1). Dabei wurden Annahmen des NGT-Konzeptes mit einbezogen, wie z.B. die Fahrzeugfolgezeit von zehn Minuten pro Gleis beim NGT HST mit einer Fahrgastwechselquote von 50 %.

Schlüsselindikatoren zur Bewertung der Leistungsfähigkeit eines Bahnhofs

Ein geeigneter Schlüsselindikator für die Bewertung der Leistungsfähigkeit eines Bahnhofs ist die Übergangszeit. Diese bezieht sich auf den Zeitraum, der laut Fahrplan für Reisende erforderlich ist, um von einem ankommenden auf einen abfahrenden Zug zu wechseln [12]. Für jeden Bahnhof kann anhand der Richtlinie „Übergangszeiten im Netzfahrplan“ der Deutschen Bahn AG (DB) eine spezifische Übergangszeit ermittelt werden [12]. Die Berechnung basiert u.a. auf der physikalischen Entfernung zwischen Quell- und Zielbahnsteig und berücksichtigt örtliche Gegebenheiten. Die Übergangszeit für die NGS beträgt nach [12] zehn Minuten, welche für die Bewertung als Referenzwert fungiert. Der Hauptbahnhof Berlin weist im Vergleich dazu eine Übergangszeit von neun Minuten auf [18].

Innerhalb der Simulation markiert das Verlassen des Zuges bzw. das Betreten der Zwischenebene der NGS über den Zugang vom IV oder ÖPNV den Beginn der Übergangszeit. Der Zeitpunkt des Einnehmens der Warteposition am Bahnsteig stellt das Ende der Übergangszeit dar. Durch einen Vergleich der simulierten mit der berechneten Übergangszeit (Referenzwert)

kann eine Aussage über die verkehrliche Leistungsfähigkeit des Bahnhofs getroffen werden. Liegt die simulierte Übergangszeit der Fahrgäste über der berechneten, ist dies ein Hinweis auf Hindernisse entlang des Weges, und die Erreichung des Anschlusszuges ist nicht mehr garantiert.

Ein weiterer Schlüsselindikator ist die Bewertung des Qualitätsempfindens des Reisenden anhand der sogenannten Verkehrsqualität, welche auch unter Level-of-Service (LoS) bekannt ist [13, 19]. Es gibt insgesamt sechs Qualitätsstufen (A-F), denen die Lastfälle auf Grundlage der Personendichte zugeordnet werden. Dabei steht Qualitätsstufe A für den größten Bewegungskomfort und F für einen Zusammenbruch des Verkehrsflusses. In der Fachliteratur wurden diesbezüglich Kennzahlen sowohl für die Bewegung auf ebenen Flächen und Treppen als auch für Warteflächen veröffentlicht [13, 20, 23]. Tab. 2 liefert einen Überblick über die Grenzwerte für die jeweilige Stufe der Verkehrsqualität.

Simulationsergebnisse

Ziel dieser Studie ist es, die Leistungsfähigkeit der NGS im Hinblick auf den Fahrgastfluss zu beurteilen. Dazu wurden zwölf Betriebsstunden simuliert und anschließend die oben definierten Schlüsselindikatoren respektive Ausgangsparameter ausgewertet.

Die arithmetischen Mittelwerte der simulierten Übergangszeiten aller Relationen inklusive der Standardabweichung bewegen sich zwischen 0,66 und 8,94 Minuten und befinden sich alle somit unterhalb des Referenzwertes. Um die Umstiegsrelationen zu bestimmen, für deren Übergangszeit ein erhöhtes Risiko besteht, den Referenzwert zu überschreiten, ist in Tab. 3 für jede Umstiegsrelation der Anteil der Übergänge mit einer Dauer größer des

Referenzwertes aufgeführt. Für eine bessere Übersicht wurden die Werte farblich kodiert: Grün <2 %, Orange ≥2 % – <5 % und Rot ≥5 %. Dabei fällt auf, dass die Übergänge, die als Ziel die Ebenen des Fernverkehrs bzw. den IV und ÖPNV haben, in 0,08 % bis 1,92 % der Fälle eine größere Übergangszeit aufweisen. Fahrgäste, die dagegen einen Bahnsteig, der vom NGT Link bedient wird, zum Ziel haben, brauchen für ihren Umstieg mit einer größeren Häufigkeit länger als zehn Minuten. Bei insgesamt 15 Umstiegsrelationen können mindestens 5 % der Fahrgäste den Referenzwert nicht einhalten.

Um die Ursache für diese hohen Werte zu finden, werden mehrere Umstiegsrelationen mit einem hohen Prozentsatz an Fahrgästen, die für den Umstieg länger als zehn Minuten benötigen, näher betrachtet. Im ersten Schritt werden die Aufenthaltszeiten der Fahrgäste auf den verschiedenen Ebenen untersucht. Dabei fällt auf, dass die Fahrgäste auf dem Zielbahnsteig Link-Ebene für den Weg von der Fahrtreppe oder Lift bis zum Wartebereich im Mittel eine höhere Aufenthaltszeit als die Referenzzeit aufweisen. Deshalb wird anschließend die Personendichte auf der Link-Ebene betrachtet. Nach Tab. 2 des LoS für Gehflächen entsprechen die Ergebnisse in ca. 40 % der Simulationszeit der Qualitätsstufe D. Eine solche Qualitätsstufe führt zu hoher Behinderung und zu kurzzeitigem Erliegen des Personenflusses. Hohe Personendichten auf dem Zielbahnsteig führen dabei nicht nur zu niedrigen Laufgeschwindigkeiten und einem unkomfortablen Aufenthalt für die Fahrgäste, sondern auch zu sicherheitskritischen Situationen, wie z.B. das Aufhalten von Personen im abmarkierten Gefahrenbereich an der Bahnsteigkante.

Die hohe Personendichte auf dem Zielbahnsteig ist auf die Nutzung der/des nächstge-

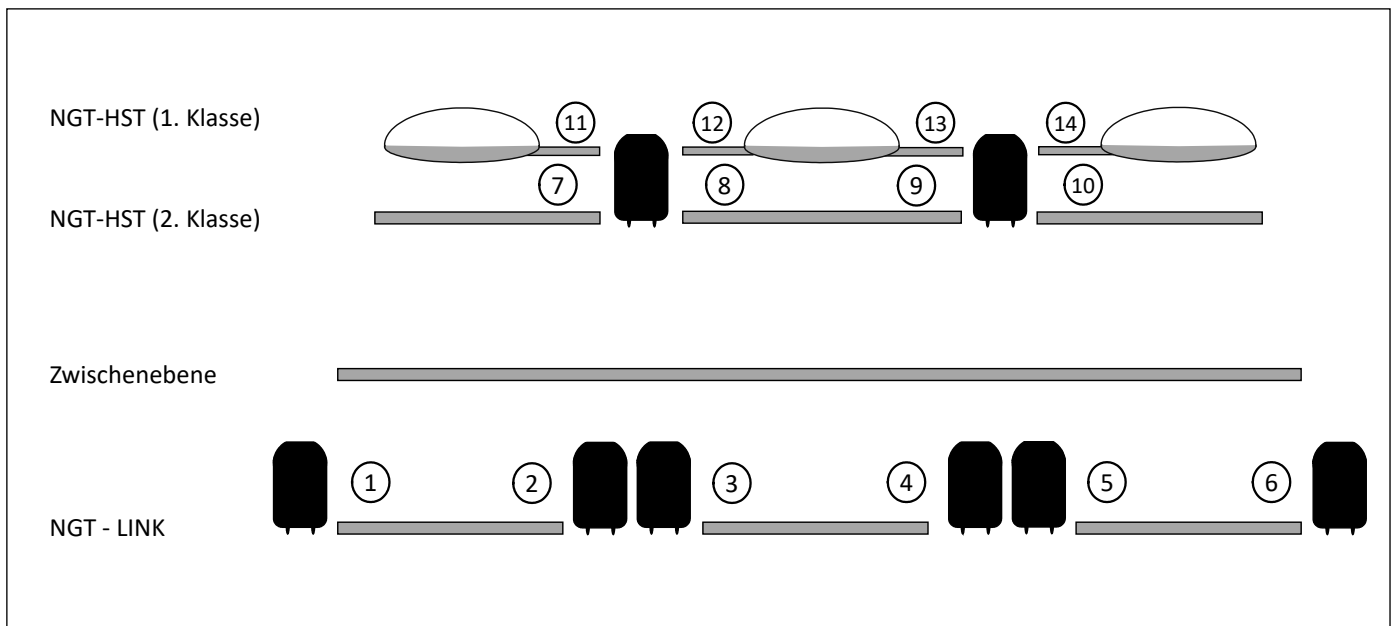


Abb. 2: Die Ebenen der NGS

Quelle: eigene Darstellung nach [2]

legen Treppe/Liften im Simulationsmodell zurückzuführen. So kann es vorkommen, dass der zufällig ausgewählte Wartebereich auf dem Zielbahnsteig weit entfernt von der Treppe oder dem Lift und durch Fahrgäste blockiert ist.

Um den langen Aufenthalt auf dem Zielbahnsteig zu verhindern, wird in einem neuen Szenario untersucht, welche Auswirkung die Verlagerung der Fahrgastwege von den Zielbahnsteigen in die Zwischenebene hat. Dabei wird jedem Fahrgast diejenige Fahrtreppe bzw. derjenige Lift zugewiesen, die oder der sich am nächsten an seiner Warteposition, die sich in unmittelbarer Nähe zur Einstiegstür des gebuchten Zuges am Zielbahnsteig befindet. Somit wird eine minimale Wegstrecke auf dem Zielbahnsteig garantiert. Um ein vergleichbares Ergebnis zu erhalten, werden die Eingangsparameter für die Simulation dieses Szenarios nicht verändert.

Die Ergebnisse der Simulationen zeigen eine leichte Verbesserung der Mittelwerte der Übergangszeiten, die sich inklusive Standardabweichung zwischen 0,67 und 7,49 Minuten bewegen. Der Anteil der Umstiegsrelationen, die den Referenzwert überschreiten, wird durch diese Maßnahme stark gesenkt. Dieser liegt bei allen Relationen unter 2%. Anders als im ersten Szenario weisen die Fahrgäste durch die Verkürzung des Weges auf dem Zielbahnsteig dort auch eine kürzere Aufenthaltsdauer auf. Aus diesem Grund wird die Verkehrsqualität auf den Regionalbahnsteigen größtenteils anhand der Kriterien für Warteflächen bewertet. So lässt sich in über 99% der Simulationszeit die Personendichte auf allen Bahnsteigen der Verkehrsqualitätsstufe LoS A zuordnen. In der Zwischenebene wurde für die Personendichte in beiden Szenarien die Verkehrsqualitätsstufe für Gehflä-

chen von LoS A für die gesamte Simulationszeit gemessen.

Fazit und Ausblick

Um dem wachsenden Mobilitätsbedürfnis der Bevölkerung und den steigenden Ansprüchen hinsichtlich des Komforts und der Reisezeit Rechnung zu tragen, forscht das DLR an einem neuartigen Schienenverkehrskonzept der Zukunft. Ein wichtiges Ziel dieses Projektes ist es, Großstädte durch Hochgeschwindigkeitsverbindungen als Alternative zum Flugzeug miteinander zu verbinden. Dabei wird ein Hochgeschwindigkeitszug (NGT HST) eingesetzt, der durch simultanen Fahrgastwechsel über zwei Ebenen spezielle Anforderungen an die Bahnhofsinfrastruktur stellt. Um diese zu adressieren, wurde mit der NGS ein neuartiges Bahnhofskonzept entwickelt. Da einige Bahnhöfe bereits heute in Zeiträumen von hohem Fahrgastaufkommen an ihre Kapazitätsgrenzen stoßen, ist es wichtig, die Leistungsfähigkeit der NGS im Hinblick auf die Fahrgastströme zu untersuchen. Dabei wurde eine simulative Methode zur Abbildung von komplexem Bewegungsverhalten der Fahrgäste an einem Bahnhof entwickelt, es wurden geeignete Schlüsselindikatoren zur Bewertung des Fahrgastflusses innerhalb eines Bahnhofs identifiziert sowie Verbesserungsvorschläge ausgearbeitet, die mithilfe von Simulationen evaluiert wurden.

Die Resultate dieser Arbeit liefern erste Ansätze für eine Verbesserung der Verkehrsqualität für die Fahrgäste der NGS, die in weiteren Arbeiten näher untersucht und konkretisiert werden müssen.

Aufgrund des komplexen Systems mussten für den Simulationsaufbau einige Vereinfachungen und Annahmen getroffen werden. Inwiefern beispielsweise ein spezifisches Betriebskonzept für die NGS unter Annahme einer Verdopplung

der Fahrgastzahlen Einfluss auf die Simulationsergebnisse hat, stellt ein Forschungsthema zukünftiger Arbeiten dar. Weitere Faktoren, die dabei berücksichtigt werden sollten, sind z.B. die Abgabe und Abholung des Reisegepäcks im Fernverkehr, Einzelhandelsgeschäfte sowie Gastronomie- und Serviceeinrichtungen wie auch ein verändertes Entscheidungsverhalten der Fahrgäste bzgl. Fahrtreppen und Lifte. Die in dieser Studie entwickelte Methode ermöglicht über die Evaluierung der NGS hinaus die Bewertung der Leistungsfähigkeit bzgl. des Fahrgastflusses bestehender Bahnhöfe. Auch die Auswirkung zukünftiger baulicher sowie operationeller Änderungen können damit evaluiert werden.

QUELLEN

- [1] Koalitionsvertrag zwischen SPD, Bündnis 90/Die Grünen und FDP: Mehr Fortschritt wagen, <https://www.bundesregierung.de/resource/blob/974430/1990812/04221173ee9a6720059cc353d759a2b/2021-12-10-koav2021-data.pdf?download=1>, 28.03.2022 um 15:15
- [2] Böhm, M.; Grimm, F.; Popa, A.; Winter, J.: Zukunftskonzept eines leistungsfähigen Knotenbahnhofs, *Deine Bahn*, 8/2020, S. 38-43
- [3] ReGe Hamburg: Erweiterung des Hamburger Hauptbahnhofs, <https://www.rege.hamburg/aktuelle-projekte/projekt/hauptbahnhof>, 02.03.2022 um 15:45
- [4] Der Tagesspiegel: Der Hauptbahnhof kommt mittelfristig ans Limit, 09.06.2019, <https://www.tagesspiegel.de/berlin/kann-berlinmehr-zugvertragen-der-hauptbahnhof-kommt-mittelfristig-ans-limit/24439052.html>, 02.03.2022 um 15:50
- [5] Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR), NGT HST, <https://verkehrsforschung.dlr.de/de/projekte/ngt-hst>, 02.03.2022 um 15:55
- [6] Böhm, M.; Popa, A.; Malzacher, G.; Winter, J.: Next Generation Station Konzept für einen leistungsfähigen Bahnhof der Zukunft, *Internationales Verkehrswesen*, 1/2020, S.32-37
- [7] Mierke, W.: Einführung in die Simulation zeitabhängiger Vorgänge, *Elektropraktiker* 3, 2005
- [8] Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV): 1.2.7 Inputdaten für Verkehrsmodelle, www.fgsv.de/gremien/verkehrsplanung/erhebung/127-inputdaten-fuer-verkehrsmodelle.html, 07.03.2022 um 13:10

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

- [9] Young, S.: Evaluation of Pedestrian Walking Speeds in Airport Terminals, Transportation Research Record 1674, 1999
- [10] Buchmüller, S.; Weidmann, U.: Parameters of pedestrians, pedestrian traffic and walking facilities, 2006
- [11] DIN EN 115-1:2018-01: Sicherheit von Fahrtreppen und Fahrsteigen – Teil 1, Konstruktion und Einbau, 2018
- [12] DB Netz AG: Richtlinie 402.0203A01, 2020
- [13] Weidmann, U.: Transporttechnik der Fußgänger, IVT Schriftenreihe, 1992
- [14] DB Station & Service AG: Anwenderleitfaden Baustandards Personenbahnhöfe, 2011
- [15] Weidmann, U. et al.: Verkehrsqualität und Leistungsfähigkeit von Anlagen des leichten Zweirad- und des Fußgängerverkehrs, 2013
- [18] Statista: Anzahl täglicher Besucher auf den größten Bahnhöfen in Deutschland im Jahr 2017, <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/739405/umfrage/groesste-bahnhoeefe-in-deutschland-nachanzahl-taeglicher-besucher>, 07.03.2022 um 14:10
- [17] Department for Transport: Rail passenger numbers and crowding on weekdays in major cities in England and Wales: 2019, 2020
- [18] DB Netz AG: Fahrplan 2020, Anlage 8: Übergangszeiten, 2020
- [19] Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen: Handbuch für die Bemessung von Straßenverkehrsanlagen (HBS), FGSV, 2015. ISBN 978-386446-103-3
- [20] National Research Council Transportation Research Board, Transportation Research Board: "Highway Capacity Manual", 2000
- [21] Fruin, J: Designing for Pedestrians, A Level-of-Service Concept, Highway Research Record, 1971



**Dipl.-Wirtsch.-Ing (FH)
Andrei Popa, M.A.**

Wissenschaftlicher Mitarbeiter
Institut für Verkehrssystemtechnik,
Abteilung Design & Bewertung von
Mobilitätslösungen
Deutsches Zentrum für Luft- und
Raumfahrt e.V. (DLR), Braunschweig
andrei.popa@dlr.de



Dipl.-Ing. Mathias Böhm

Wissenschaftlicher Mitarbeiter
Forschungsfeld Technologiebewertung
und Systemanalyse,
DLR-Institut für Fahrzeugkonzepte,
Berlin
mathias.boehm@dlr.de



Dr. rer. nat. Olaf Milbredt

Wissenschaftlicher Mitarbeiter
Abteilung Informationsgewinnung
und Modellierung
DLR-Institut für Verkehrssystemtechnik,
Braunschweig
Olaf.Milbredt@dlr.de



Dipl.-Ing. Florian Glaser

Absolvent Verkehrssystemtechnik
und Logistik (Luftverkehr)
Fakultät Verkehrswissenschaften
TU Dresden, Dresden
florian.glaser@mailbox.tu-dresden.de

RAIL IMPACTS

ETCS ■ ATO ■ FRMCS

Digitalisierung des Schienenverkehrs

Rail Impacts – der neue, digitale Informationsdienst zum Thema Digitalisierung des Schienenverkehrs – bietet Ihnen stets aktuell und verlässlich einen Überblick über den Stand der relevanten Themen im zunehmend dynamischen Schienenverkehrsmarkt!

NEU!
Jetzt 4 Wochen
testen



Jetzt 4 Wochen kostenlos testen:

www.eurailpress.de/rail-impacts-probe-abo