

Pünktlichkeit in Integralen Taktfahrplänen – Auswirkungen auf Anschlussbeziehungen

Eine netzweite Planung von Anschlussbeziehungen des Schienenpersonenverkehrs im Sinne eines Integralen Taktfahrplans (ITF) verspricht zusätzliche Fahrgastpotenziale. Die Sicherstellung dieser Anschlüsse im Betrieb geht jedoch mit hohen Pünktlichkeitserfordernissen einher. Es stellt sich die Frage, welcher Pünktlichkeitsgrad notwendig ist, um ausreichend zuverlässige Umstiege zu gewährleisten.



1. Einleitung

Die Umsetzung netzweiter Integraler Taktfahrpläne (ITF) erfolgt in den Niederlanden und in der Schweiz bereits seit den 1970er und 1980er Jahren. In Deutschland existieren seit Mitte der 1990er Jahre in mehreren Bundesländern ITF-Konzepte für den Personennahverkehr. Mit dem Projekt Deutschlandtakt wird die Umsetzung eines bundesweit geltenden ITF angestrebt. Der aktuelle Fahrplanentwurf [1] enthält mehr als 50 ITF-Knoten des Schienenpersonenfernverkehrs (SPFV). Hiermit wird auf überregionaler Ebene eine verbesserte Verknüpfung von Linien angestrebt, wobei ein weitgehend pünktlicher Betriebsablauf vielfach obligatorisch ist. Andernfalls besteht die Gefahr, dass geplante Anschlussbeziehungen im realen Betriebsablauf fehlschlagen. Im Folgenden wird eine verallgemeinerte Herangehensweise zur Quantifizierung der Auswirkungen unterschiedlicher Pünktlichkeitsgrade auf die Anschlusssicherheit in Knotenbahnhöfen vorgestellt. Anhand von Beispielberechnungen werden Implikationen für die Planung von Anschlussbeziehungen in ITF-Knoten abgeleitet.

2. Pünktlichkeit: Definitionen und Messmethoden

Die Festlegung, welcher gemessene Zustand einer Zugfahrt als pünktlich bzw. unpünktlich gilt, wird bei den Eisenbahnen in Europa unterschiedlich gehandhabt.

Es werden länderspezifisch verschiedene Grenzwerte (sog. Pünktlichkeitsgrenzen) und Messmethoden herangezogen [2]. Ein betrieblicher Pünktlichkeitsgrad sagt aus, welcher Prozentanteil der betrachteten Zugfahrten eine Verspätung aufweist, die kleiner als der definierte Grenzwert ist (vgl. z. B. [3]). Ein Wert von 80 % für den Personenverkehr bedeutet in Deutschland, dass 80 % der Zugfahrten an Halten eine Verspätung von maximal 5:59 Minuten aufweisen. In Frankreich werden Grenzwerte nach Zuglaufzeiten gestaffelt. Beispielsweise gilt ein TGV auf der Relation Paris-Montpellier (> 3 h Zuglaufzeit) als pünktlich, wenn er den Zielbahnhof mit maximal 15 Minuten Verspätung erreicht. Für einen TGV auf der Relation Paris-Bordeaux (1,5 h < Zuglaufzeit ≤ 3 h) gilt dagegen ein Grenzwert von 10 Minuten [4].

Die Europäische Union (EU) begegnet der beschriebenen Inhomogenität u. a. im Rahmen des Rail Market Monitoring Systems (RMMS) [5]. Pünktlichkeitsgrade werden dort mit einem europaweit einheitlichen Grenzwert erfasst und veröffentlicht. Nach EU-Definition [6] gilt ein Zug als pünktlich, wenn er maximal 5 Minuten verspätet ist. Die Messmethode der Verspätung ist jedoch den Mitgliedstaaten überlassen. Möglich ist z. B. eine Messung „nur am Endbahnhof oder als Mittelwert aller planmäßigen Halte“ [6]. Somit ist die Vergleichbarkeit der Werte noch immer eingeschränkt. Im Mittel betrug der von 27 EU-Staaten im SPFV berichtete Pünktlichkeitsgrad 2018 ca. 74,3 % (Bild 1 und [7]).



Fabian Stoll, M. Sc.

Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Verkehrswissenschaftlichen Institut der RWTH Aachen (VIA), Lehrstuhl für Schienenbahnenwesen und Verkehrswirtschaft
stoll@via.rwth-aachen.de



Dr.-Ing. Bastian Kogel

Oberingenieur am Verkehrswissenschaftlichen Institut der RWTH Aachen (VIA), Lehrstuhl für Schienenbahnenwesen und Verkehrswirtschaft
kogel@via.rwth-aachen.de



Univ.-Prof. Dr.-Ing. Nils Nießen

Institutsleiter Verkehrswissenschaftliches Institut der RWTH Aachen (VIA)
niessen@via.rwth-aachen.de

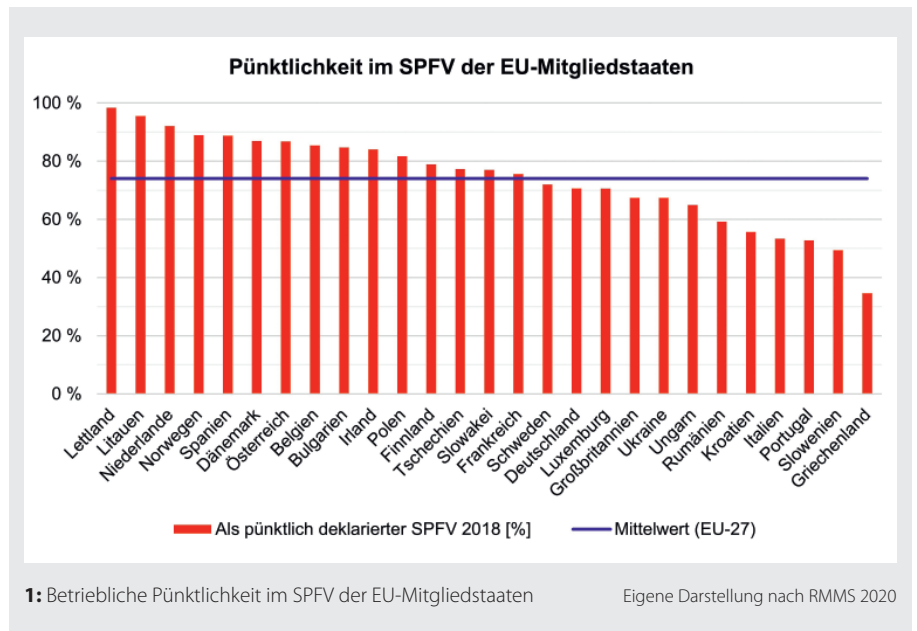
Die angewandten Messmethoden von Verspätungen spiegeln oftmals nicht die Kundenbedürfnisse wider, da nicht berücksichtigt wird, wie viele Fahrgäste tatsächlich von Verspätungen betroffen sind. Eine alternative Möglichkeit wäre es, Verspätungen mit einem Besetzungsgrad zu gewichten (sog. kundenbezogene Pünktlichkeit); diese Messmethode hat sich in Deutschland und weiteren Mitgliedsta-

ten der EU noch nicht etabliert. Weiterhin sollten umsteigepflichtige Reiseketten in der Pünktlichkeitsmessung bzw. -statistik berücksichtigt werden. Bereits geringfügig verspätete Zugfahrten können die Erreichbarkeit von Anschlusszügen gefährden und somit zu einer längeren Gesamtreisezeit führen. Diesem Umstand tragen die Schweizerischen Bundesbahnen (SBB) Rechnung und weisen neben der kundenbezogenen Pünktlichkeit eine so genannte Anschlusspünktlichkeit aus. Adäquater wäre an dieser Stelle jedoch der Begriff „kundenbezogener Anschlussgrad“, da der prozentuale Anteil der netzweit gewährten Anschlüsse erfasst wird [8]. Die um die Betrachtung von Anschlüssen erweiterte kundenbezogene Pünktlichkeit steht nachfolgend im Fokus.

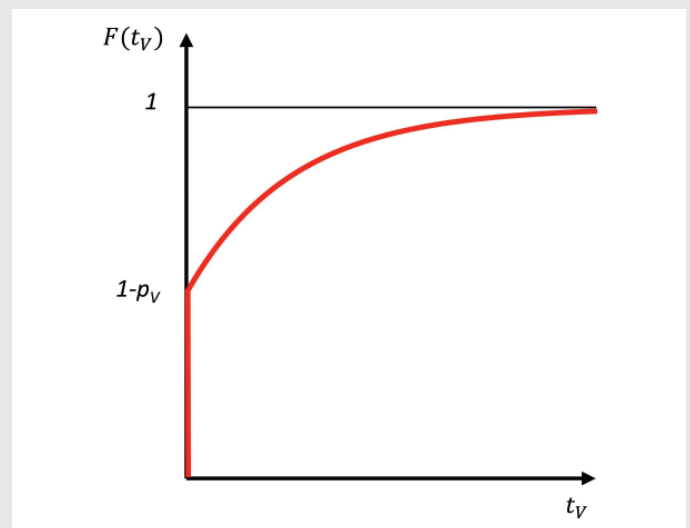
3. Vorgehen zur Ermittlung von Anschlusswahrscheinlichkeiten

Mithilfe einer quantitativen Herangehensweise soll beantwortet werden, welche betriebliche Pünktlichkeit erforderlich ist, um Anschlussverluste zwischen Zugfahrten in einem Knotenbahnhof auf ein vertretbares Maß zu begrenzen. Hierzu wird zunächst von einem betrieblichen Pünktlichkeitsgrad auf die Verspätungsverteilung und mittlere Verspätung der Zugfahrten geschlossen. In Abhängigkeit des Verspätungsverhaltens von zwei in einen Knotenbahnhof einfahrenden Züge und dort vorhandener Zeitreserven (sog. Übergangspufferzeiten) wird der Anteil realisierter Umstiege zwischen diesen Zugfahrten – nachfolgend als Anschlusswahrscheinlichkeit bezeichnet – bestimmt. Das Formelwerk ist für detaillierte Untersuchungen realer Knoten adaptierbar.

Veröffentlichte Pünktlichkeitsstatistiken enthalten keine Angaben hinsichtlich des Erwartungswertes für eine Verspätung, sodass anhand des Pünktlichkeitsgrads nicht direkt auf die mittlere Verspätung und die Wahrscheinlichkeit eines Verspätungsfalls geschlossen werden kann. Es sind daher Annahmen hinsichtlich einer geeigneten Verteilungsfunktion zu treffen, mit deren Hilfe das Verspätungsverhalten beschrieben wird. In der Eisenbahnbetriebswissenschaft hat sich eine modifizierte Exponentialverteilung für die Beschreibung von Verspätungen etabliert [9]. Die Verteilungsfunktion weist bei einer Verspätung von $t_v = 0$ eine Sprungstelle auf, wodurch jene Züge ohne Verspätungen modelliert werden. Der anschließende Verlauf



2: Schematisch dargestellte Verspätungsverteilungsfunktion



der modifizierten Exponentialverteilung repräsentiert die verspäteten Züge (Bild 2).

$$F_V(t_v) = \begin{cases} 0 & ; t_v < 0 \\ 1 - p_v \cdot e^{-\lambda \cdot t_v} & ; t_v \geq 0 \end{cases}$$

mit p_v = Anteil der verspätet verkehrenden Züge [%]

$$\lambda = \frac{1}{\bar{t}_v} [1/\text{min}]$$

$\bar{t}_v$ = mittlere Verspätung der verspäteten Züge [min]

Soll mithilfe der Verteilungsfunktion eine mittlere Verspätung $\bar{t}_v$ bestimmt werden, ist die Kenntnis der Variable p_v in Abhängigkeit eines gegebenen Pünktlichkeitsgrads erforderlich. Entsprechend der in Deutschland geltenden Pünktlichkeitsdefinition für den Personenverkehr beträgt der Pünktlichkeitsgrad im SPFV im mehr-

jährigen Mittel ca. 80%. Gleichzeitig wird für eisenbahnbetriebswissenschaftliche Untersuchungen näherungsweise eine Verspätungswahrscheinlichkeit von 50% für Zugfahrten des SPFV angesetzt [3]. Die Angaben werden verwendet, um mit Hilfe der oben erläuterten Verteilungsfunktion die mittlere Verspätung $\bar{t}_v$ abzuschätzen. Basierend auf dieser Stützstelle wird davon ausgegangen, dass sich p_v linear mit einem geringeren Pünktlichkeitsgrad verschlechtert. Diese Annahmen ermöglichen es, auf mittlere Verspätungen für beliebige Pünktlichkeitsgrade schließen zu können.

In einem zweiten Schritt wird anhand der nachfolgenden Formel die Anschlusswahrscheinlichkeit (p_{AN}) ermittelt. Vereinfachend repräsentiert die Formel das

Umsteigegeschehen zwischen zwei Zugfahrten, für die jeweils dasselbe Verspätungsverhalten und dieselbe Übergangspufferzeit unterstellt wird. Das Ergebnis drückt aus, zu welcher Wahrscheinlichkeit ein Umstieg von einer Linie auf eine andere in eine Fahrtrichtung ($n = 2$) oder in beide Richtungen ($n = 3$) realisiert werden kann. Nimmt der Exponent den Wert $n = 1$ an, bezieht sich das Ergebnis lediglich auf den ankommenden Zug ohne Betrachtung von Anschlüssen.

$$p_{AN,n} = \left(1 - p_V \cdot e^{-\frac{t_{Um,P}}{t_V}} \right)^n$$

mit

$p_{AN,n}$ = Anschlusswahrscheinlichkeit [%]

p_V = Anteil der verspätet verkehrenden Züge [%]

$t_{Um,P}$ = Übergangspufferzeit [min]

t_V = mittlere Verspätung der verspäteten Züge [min]

$n = 2$: Berücksichtigung des Anschlusses in eine Richtung [-]

$n = 3$: Berücksichtigung des Anschlusses in beide Richtungen [-]

Das Ergebnis für p_{AN} reagiert positiv auf höhere Werte für die Übergangspufferzeit $t_{Um,P}$. Übergangspufferzeiten beschreiben die im Rahmen der Liniennetz- und Fahrplanung fest einkalkulierten Zeitreserven, die gewährleisten, dass Anschlüsse trotz geringfügig verspäteten Ankünften im Umsteigebahnhof erreicht werden können. Jene Zeitreserven werden daher der mindestens erforderlichen Umsteigezeit (sog. Mindestübergangszeit) hinzugefügt.

$$t_{Um} = t_{Um,min} + t_{Um,P}$$

mit t_{Um} = Planmäßige Umsteigezeit [min]

$t_{Um,min}$ = Mindestübergangszeit [min]

$t_{Um,P}$ = Übergangspufferzeit [min]

In Bild 3 werden neben dem Planfall zwei Verspätungsfälle in einem idealtypisch

symmetrisch geplanten ITF-Knoten mit Umsteigebeziehungen zwischen zwei Zugfahrten dargestellt. Im Verspätungsfall 1 kann die Verspätung der grün markierten Zugfahrt durch die Übergangspufferzeit kompensiert werden. Die Mindestübergangszeit zu der blau markierten Zugfahrt wird somit gewährt. Im Verspätungsfall 2 überschreitet die Verspätung der grün markierten Zugfahrt die Übergangspufferzeit. Die Mindestübergangszeit kann nicht mehr eingehalten werden, sodass Umsteiger unter der Annahme, dass in einem ITF zumindest im SPFV aufgrund sehr knapp bemessener Kantenfahrzeiten keine Möglichkeit zur außerplanmäßigen Haltezeitverlängerung besteht, die blau markierte Zugfahrt nicht mehr rechtzeitig erreichen. Neben den illustrierten Beispielen sind komplexer gelagerte Verspätungsfälle möglich. Beispielsweise können beide Zugfahrten verspätet im ITF-Knoten eintreffen. Wenn beide Zugfahrten zufälligerweise gleich große Verspätungen aufweisen, könnten Anschlussbeziehungen weiterhin aufrechterhalten werden. Diese und weitere Fälle werden zur Komplexitätsreduktion und aufgrund der Tatsache, dass eine aus Sicht der Fahrgäste optimale Anschlussqualität im Sinne planbarer Anschlüsse verfehlt wird, bei den nachfolgend vorgenommenen Beispielberechnungen nicht berücksichtigt.

4. Pünktlichkeit und Anschlussbeziehungen in ITF-Knoten

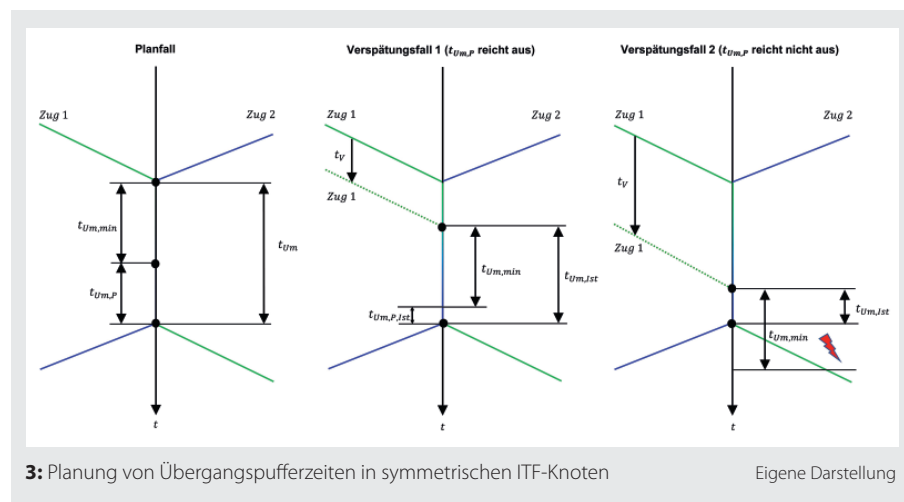
ITF zeichnen sich im Unterschied zu individuell geplanten oder teilweise vertakteten Fahrplänen durch eine zeitliche Optimierung von Reiseketten in einem

Ein hoher Pünktlichkeitsgrad ermöglicht zuverlässige Umstiege in den ITF-Knoten bei gleichzeitig kurzen Umsteigezeiten.

Gesamtnetz aus. Ermöglicht wird dies durch Verbesserungen der Anschlussbeziehungen zwischen nahezu sämtlichen Zugfahrten in Taktknoten. Eine realisierte Umsteigeoptimierung in ITF-Knoten wird z. B. anhand von Taktuhren erkennbar. Für den ITF-Knoten Zürich Hbf gilt beinahe idealtypisch, dass Fernzüge bis zu fünf Minuten vor der vollen Stunde in den Bahnhof einfahren, um diesen spätestens fünf Minuten nach der vollen Stunde wieder zu verlassen. Regionalzüge erreichen Zürich Hbf mehrheitlich in den Minuten 45 bis 55 und fahren in den Minuten 5 bis 15 wieder aus. Die Umsteigezeiten zwischen Regional- und Fernzügen belaufen sich daher auf 5 bis 15 Minuten (Bild 4).

Insbesondere bei kurzen Umsteigezeiten zwischen Zugfahrten sind nur noch sehr gering bemessene Übergangspufferzeiten möglich. Hieraus ergibt sich ein Zielkonflikt zu dem in Deutschland üblichen Grundsatz, demnach Umsteigezeiten neben der Mindestübergangszeit eine Übergangspufferzeit enthalten, die dem Mittelwert der zu erwartenden Verspätung eines Zubringerzuges entspricht [3]. Entfällt in einem ITF die Möglichkeit, großzügige Übergangspufferzeiten zu planen, verbleibt die Option, den betrieblichen Pünktlichkeitsgrad zu steigern. Andernfalls besteht die Gefahr, dass sich die Verspätung einer einzelnen Linie schnell auf das gesamte Knotensystem bzw. eine Vielzahl von Reiseketten auswirkt. In der Schweiz ist die erfolgreiche Umsetzung des netzweiten ITF daher eng mit einem hohen erreichten Pünktlichkeitsgrad (90,6 % im Jahr 2019 bei einer Pünktlichkeitsgrenze von 2:59 Minuten) respektive mit einer hohen erreichten Anschlusspünktlichkeit (98,7 %) verknüpft [7].

Im Folgenden werden die mithilfe des vorgestellten Formelwerks beispielhaft erzielten Ergebnisse interpretiert. Ziel ist

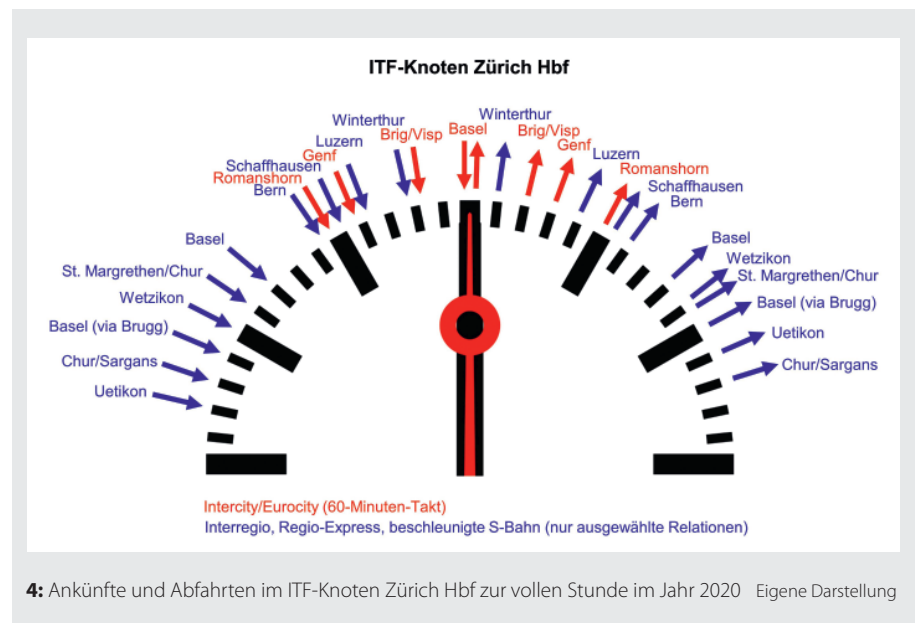


3: Planung von Übergangspufferzeiten in symmetrischen ITF-Knoten

Eigene Darstellung

es, den Wirkzusammenhang zwischen einem betrieblichen Pünktlichkeitsgrad, einer vorhandenen Übergangspufferzeit und dem Anteil realisierter Anschlüsse zwischen zwei Zugfahrten aufzuzeigen. In den Diagrammen (Bild 5 und Bild 6) wird die Anschlusswahrscheinlichkeit $p_{AN,n}$ unter Berücksichtigung des Anschlusses in beide Richtungen (d.h. $n=3$) für die betrieblichen Pünktlichkeitsgrade 80 % und 90 % abgetragen. Gekennzeichnet ist ein gewählter Schwellenwert, ab dem eine Anschlusswahrscheinlichkeit von mindestens 75 % erreicht wird. Abweichungen zwischen den beiden Diagrammen bestehen in Bezug auf die jeweils unterstellte Pünktlichkeitsdefinition. Bild 5 gibt die Situation für die in Deutschland geltende Pünktlichkeitsgrenze (5:59 Minuten) wieder, wohingegen in Bild 6 die in der Schweiz gebräuchliche Pünktlichkeitsgrenze (2:59 Minuten) dargestellt wird.

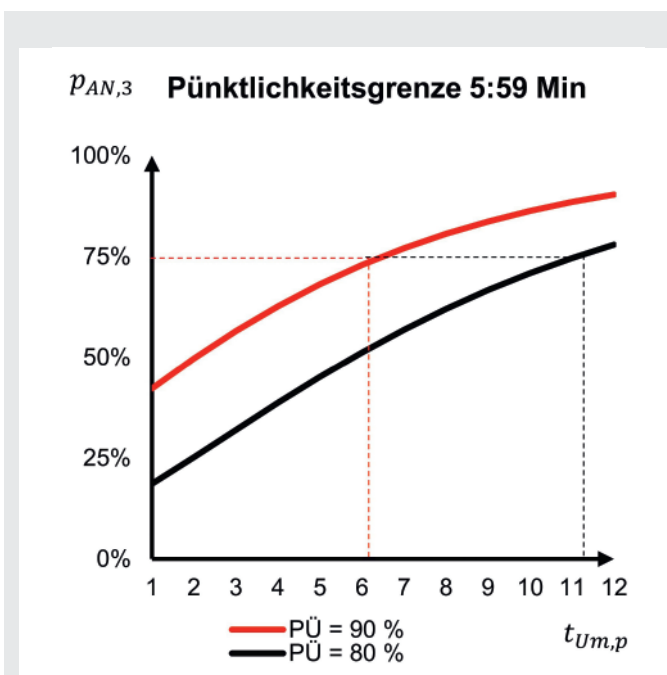
Im Fall der weniger restriktiven Pünktlichkeitsgrenze von 5:59 Minuten ist zu erkennen, dass eine Erhöhung des betrieblichen Pünktlichkeitsgrads von 80 % auf 90 % eine Reduzierung der erforderlichen Übergangspufferzeit von ca. 11 Minuten auf ca. 6 Minuten erlaubt, wenn der gewählte Schwellenwert von 75 % für die Anschlusswahrscheinlichkeit erreicht werden soll. Wird ITF-typisch von



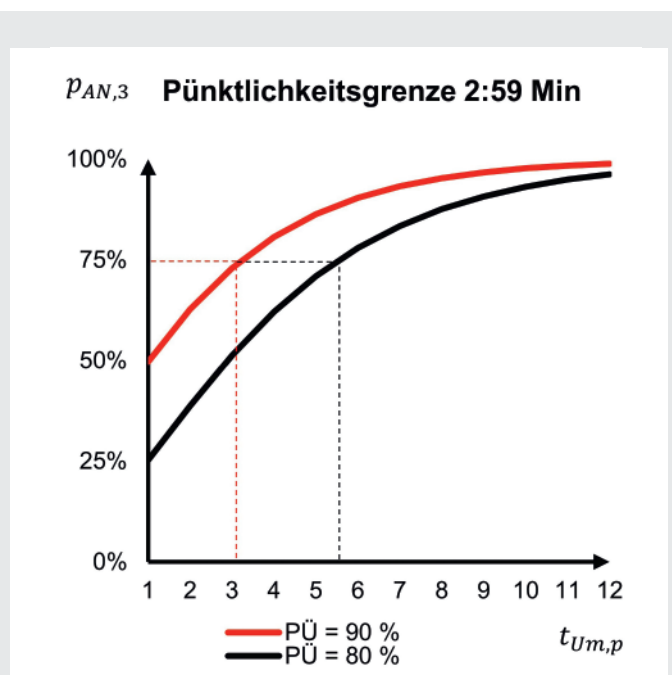
mittleren planmäßigen Umsteigezeiten ($t_{Um} = 10$ min) bei kleinen Mindestübergangszeiten ($t_{Um,min} = 5$ min) ausgegangen, kann die Übergangspufferzeit jedoch auf maximal 5 Minuten festgesetzt werden. Die Steigerung des betrieblichen Pünktlichkeitsgrads um zehn Prozentpunkte reicht für die Erreichung des Schwellenwertes da-

her nicht aus. Eine kompensatorische Maßnahme wäre die Verlängerung planmäßiger Umsteigezeiten, wobei die idealtypisch für ITF geltenden kurzen Umsteigezeiten dann tendenziell verfehlt und Zugaufenthalte verlängert werden.

Da eine hohe Anschlusswahrscheinlichkeit mit der Pünktlichkeitsgrenze von



5: Modellierter Anschlusswahrscheinlichkeit bei einer Pünktlichkeitsgrenze von 5:59 Minuten



6: Modellierter Anschlusswahrscheinlichkeit bei einer Pünktlichkeitsgrenze von 2:59 Minuten

5:59 Minuten nicht erreicht wird, werden anschließend die Ergebnisse für die restriktivere Pünktlichkeitsgrenze von 2:59 Minuten betrachtet. Im Fall eines betrieblichen Pünktlichkeitsgrads von 80 % – was bedeutet, dass 20 % der Züge eine Verspätung von größer gleich 3 Minuten aufweisen – beträgt die für die Erreichung des Schwellenwertes erforderliche Übergangspufferzeit ca. 5:30 Minuten und nimmt damit die Größenordnung des zuvor geschilderten Falls an. Eine Erhöhung des betrieblichen Pünktlichkeitsgrads von 80 % auf 90 % bewirkt hingegen eine Reduktion der erforderlichen Übergangspufferzeit auf ca. 3 Minuten. Bei einer angenommenen Übergangspufferzeit von 5 Minuten stellt sich in diesem Fall eine Anschlusssicherheit von $p_{AN,3} = 86\%$ ein.

Schlussfolgerungen und Empfehlungen

Ein hoher Pünktlichkeitsgrad, wie er zum Beispiel im Schweizer Bahnbetrieb erreicht wird, ermöglicht zuverlässige Umstiege in den ITF-Knoten bei gleichzeitig kurzen Umsteigezeiten. Mithilfe des vorgestellten Formelwerks wird für Umstiege zwischen zwei Zugfahrten aufgezeigt, dass ein hoher Anteil verspäteter Züge wesentlich größere Übergangspufferzeiten in den Umsteigebahnhöfen erfordert. Andernfalls schlagen planmäßige Anschlussbeziehungen häufig fehl. Übergangspufferzeiten von weit mehr als 5 Minuten sind jedoch in symmetrisch geplanten ITF-Knoten zumindest im SPFV nicht sinnvoll umsetzbar, da sie dem zentralen Ziel einer ITF-Planung, der Verkürzung der Reisezeiten im Gesamtnetz, widersprechen.

Ein pragmatisches Vorgehen bei der ITF-Umsetzung, wie es angesichts kurzfristiger Umsetzungszeiträume auch im Rahmen des Deutschlandtakts erforderlich ist, beinhaltet vielfach Kompromisse, um unterschiedliche infrastrukturelle und betriebliche Inkompatibilitäten zu bewältigen (sog. modifizierter ITF). Daher werden sich in der Realität in einigen Fällen planmäßige Umsteigezeiten von 15 Minuten und mehr einstellen. Mancherorts sind lediglich Richtungsanschlüsse umsetzbar, sodass nur einzelne Relationen von verhältnismäßig kurzen Umsteigezeiten profitieren.

Trotzdem überwiegen auch in einem modifizierten ITF Umstiege, bei welchen die Anschlusssicherheit nur unter Einhaltung eines hohen betrieblichen Pünktlichkeitsgrads gewährleistet ist. Pünktlich-

keitsorientierte Maßnahmen der EIU und EVU, wie sie auch in Deutschland vermehrt angestoßen werden, sollten sich daher auf jene zeitkritischen Relationen konzentrieren. Die kurz- und mittelfristig beeinflussbaren Ursachen für Primärverspätungen, z. B. überdurchschnittlich viele Verzögerungen bei Zugabfertigungsprozessen oder Fahrzeitverlängerungen aufgrund von Fahrzeug- und Infrastrukturmängeln, sind daher noch vor der Einführung des Deutschlandtakts zu identifizieren und wirksam zu verringern.

Fazit

Die Pünktlichkeitsstatistik der EU lässt europaweit einen relativ niedrigen mittleren betrieblichen Pünktlichkeitsgrad von ca. 75 % erkennen. Nur wenige Staaten sowie die Schweiz erreichen Werte von über 90 % und sind damit für die netzweite Umsetzung eines idealtypischen ITF mit kurzen Umsteigezeiten präqualifiziert. Die Berechnungsergebnisse der beispielhaften Anwendung legen nahe, dass geplante Anschlüsse mit kurzen Umsteigezeiten in einigen Mitgliedstaaten nicht mit der erforderlichen Zuverlässigkeit gewährleistet werden könnten. Eine Erhöhung der Anschlusswahrscheinlichkeit ginge mit großen Übergangspufferzeiten einher. Eine systematische Erhöhung der Übergangspufferzeiten widerspricht jedoch der zentralen Zielsetzung eines ITF, Reisezeiten netzweit zu verkürzen. Daher sind pünktlichkeitssteigernde Maßnahmen erforderlich, damit möglichst viele Fahrgäste von einem ausreichend zuverlässigen Angebot profitieren. •

Literatur

- [1] SMA; VIA-Con; Intraplan: Zielfahrplan Deutschlandtakt – Dritter Gutachterentwurf Juni 2020 – Akteurskonferenz 15. Juli 2020 – Präsentation ausgewählter Ergebnisse. Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (Hrsg.), 15. Juli 2020.
- [2] Nießen, N.: Taugliche Kriterien zur Qualitätsverbesserung – Pünktlichkeitskomponenten. In: Energie, Verkehr, Abfall, Wasser (2018), Heft 3, S. 86–90.
- [3] DB Netz AG: Richtlinie Fahrwegkapazität (Ril 405), 13. Februar 2009.
- [4] Autorité de la qualité de service dans les transports: Les chiffres de la ponctualité – Définition des indicateurs. <http://www.qualitetransports.gouv.fr/trains-grandes-lignes-r179.html>, 8. Dezember 2020.

[5] Europäische Kommission: Bericht der Kommission an das europäische Parlament und den Rat – Siebter Bericht über die Überwachung der Entwicklung des Schienenverkehrsmarkts gemäß Artikel 15 Absatz 4 der Richtlinie 2012/34/EU des Europäischen Parlaments und des Rates. Europäisches Parlament (Hrsg.), 13. Januar 2021.

[6] Europäische Kommission: Durchführungsverordnung (EU) 2015/1100 der Kommission vom 7. Juli 2015 über die Berichtspflichten der Mitgliedstaaten im Rahmen der Überwachung des Schienenverkehrsmarkts. Europäische Union (Hrsg.), 9. Juli 2015.

[7] Europäische Kommission: 7th Report on monitoring development of the rail market (RMMS) – Package data and figures. https://ec.europa.eu/transport/modes/rail/market/market_monitoring_en, 8. März 2021.

[8] SBB AG: Zahlen und Fakten – Pünktlichkeit – SBB Reporting. <https://reporting.sbb.ch/puenktlichkeit>, 17. März 2021.

[9] Wendler, E.; Naehrig, M.: Statistische Auswertung von Verspätungsdaten. In: Eisenbahn-Ingenieur-Kalender (EIK) (2004), S. 321–331.



[www.eurailpress.de/archiv/
Puenktlichkeit/](http://www.eurailpress.de/archiv/Puenktlichkeit/)

Summary

Punctuality in integral interval timetables – Effects on connections

The planning of integral interval timetables (ITF) includes optimized connections with short transfer times. Exemplary calculations show that time-critical connections are only reliably guaranteed from an operational punctuality level of more than 90 % (punctuality limit 2:59 minutes). Comprehensive connection optimization requires punctuality-increasing measures.