

Institut für Eisenbahnwesen und Verkehrswirtschaft
Technische Universität Graz

**Grundlagen eines auf einem Integrierten Taktfahrplan
basierenden Eisenbahninfrastrukturausbaues
am Beispiel Zentraleuropa**

**Principles of railway infrastructure upgrading
based on an Integrated Periodic Timetable
using the example of Central Europe**

Diplomarbeit vorgelegt zur Erlangung des akademischen Grades eines
Diplomingenieurs für Bauingenieurwesen

verfasst von

Helmut Uttenthaler

Betreuer: Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Peter Veit

Graz, im Oktober 2010

Erklärung

Ich erkläre an Eides statt, dass ich die vorliegende Arbeit selbständig und ohne fremde Hilfe verfasst, andere als die angegebenen Quellen nicht benutzt und die den benutzten Quellen wörtlich und inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe.

Ich versichere, dass ich dieses Diplomarbeitsthema bisher weder im In- noch im Ausland einer Beurteilerin oder Beurteiler in irgendeiner Form als Prüfungsarbeit vorgelegt habe.

Graz, im Oktober 2010

Helmut Uttenthaler

Kurzfassung

Diese Arbeit beschäftigt sich mit den Grundlagen eines Eisenbahninfrastrukturausbaues basierend auf einem Integrierten Taktfahrplan. Der Schwerpunkt liegt dabei auf jenen Aspekten, die die Erfüllung der Fahrzeiterfordernisse des Integrierten Taktfahrplans betreffen.

Da konkrete Fahrzeiterfordernisse nicht direkt aus den Kantenfahrzeiten abgeleitet werden können, wurden zunächst die diesbezüglich relevanten und auf den betrieblichen Restriktionen in den jeweiligen Knoten basierenden Zusammenhänge analysiert.

Anschließend wurden systematische Vorgehensweisen zur Entwicklung eines Integrierten Taktfahrplans aufgezeigt. Zum einen wurden Möglichkeiten der Abweichung von den streng-mathematischen Anforderungen an Kantenfahrzeiten untersucht. Es konnte gezeigt werden, dass unter bestimmten Voraussetzungen die Flexibilität bei der Gestaltung eines Integrierten Taktfahrplans und somit die Wahl der erforderlichen Fahrzeiten ohne gravierende Nachteile für den Fahrgast erhöht werden kann. Zum anderen wurden verschiedene Maßnahmen zur Feinjustierung der Zielfahrzeiten sowie zur Fahrzeitverkürzung vorgestellt.

In weiterer Folge wurde ein Fernziel für das Fernverkehrsgrundgerüst eines Integrierten Taktfahrplans in Zentraleuropa ausgearbeitet. Dazu wurden verschiedene Planfallvarianten erarbeitet. Für sämtliche Planfallvarianten wurden konkrete Systemfahrpläne und darauf basierende Maßnahmenvorschläge definiert, wobei der Schwerpunkt auf Österreich lag.

Aus den Planfallvarianten wurden einzelne Etappen für die schrittweise Umsetzung eines Zielfahrplans definiert. Mit diesen Etappen konnte festgestellt werden, wie bestimmte Großbauvorhaben in einem Integrierten Taktfahrplan genutzt werden können und welche Kontextmaßnahmen dazu jeweils erforderlich sind.

Abstract

In this thesis the principles of railway infrastructure upgrading based on an Integrated Periodic Timetable are investigated. It focuses on the aspects concerning the fulfilment of running time requirements of an Integrated Periodic timetable.

As precise running time requirements cannot directly be deduced from the difference between the hub symmetry times, the first step comprised an analysis of the relevant coherences based on operational restrictions at the hubs.

Then systematic procedures to develop an Integrated Periodic Timetable were introduced. On the one hand ways to deviate from the strict mathematic requirements on the hub structure were investigated. It could be shown that under certain conditions the flexibility in designing an Integrated Periodic Timetable and thus in choosing the required running times can be increased without serious disadvantages for the passenger. On the other hand different measures for the adjustment of running times as well as for running time reductions were proposed.

Finally a long-term objective for an Integrated Periodic Timetable for long-distance traffic in Central Europe was proposed. Therefore several different concept scenarios were elaborated. For each of them a precise system timetable and the necessary measures were defined, focussing on Austria.

The concept scenarios were used to generate a step-by-step strategy to the long-term objective of an ideal Integrated Periodic Timetable. With these steps it could be shown how certain large-scale infrastructure projects fit into an Integrated Periodic Timetable and which context requirements exist.

Danksagung

Ich möchte mich bei all denjenigen bedanken, die mir die Erstellung dieser Diplomarbeit ermöglicht haben. Ein besonderes Dankeschön gebührt meinem Betreuer Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Peter Veit - zum einen für seine Geduld ob der berufsbedingt doch recht langen Dauer von den ersten Ideen bis zur Fertigstellung. Zum anderen aber vor allem für seine große Unterstützung dieser Arbeit im speziellen sowie des Grundgedankens des Integrierten Taktfahrplans generell.

Dem Leiter des Geschäftsbereichs Anlagen- und Infrastrukturentwicklung der ÖBB Infrastruktur AG, DI Robert Prinz, MBA, möchte ich ebenfalls für die Unterstützung dieser Arbeit, das Interesse an den Erkenntnissen daraus sowie für die Bereitstellung von Datengrundlagen ganz besonders danken.

Bedanken möchte ich mich außerdem bei em. Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Klaus Rießberger für seine zahlreichen, interessanten Vorlesungen und Vorträge während meines Studiums.

Dank gebührt auch Dipl.-Ing. Dr.techn. Michael Lichtenegger und Dipl.-Ing. Philipp Weis für die an der TU Graz auf dem Themengebiet der vorliegenden Diplomarbeit bereits geleistete wissenschaftliche Forschungsarbeit.

Darüber hinaus möchte ich folgenden Personen danken:

Walter Kreuzhuber für die Unterstützung bei Fragen zur Fahrzeitberechnung

Stefan Walter für diverse interessante inhaltliche Diskussionen zum Thema und für zahlreiche Ratschläge zum Layout

Allen Freunden und Kollegen

Sowie im vorhinein bereits allen Personen, die sich mit dem einen oder anderen in dieser Diplomarbeit formulierten Gedanken anfreunden können

Zu guter Letzt möchte ich mich bei meinen Eltern Sonja (δ) und Manfred bedanken, die mir durch ihre Großzügigkeit ein angenehmes Universitätsstudium ermöglicht haben. Besonders erwähnt sei auch das verkehrspolitische Engagement meines Vaters in den 1980er-Jahren, welches auch meine Interessen und meine Einstellung zu verkehrspolitischen Themen prägte und somit auch in gewisser Weise zum Entstehen dieser Diplomarbeit beitrug.

Inhaltsverzeichnis

Kurzfassung	5
Abstract	7
Danksagung.....	9
Inhaltsverzeichnis.....	11
1. Vorwort	15
2. Einleitung.....	17
2.1. Aufgabenstellung.....	17
2.2. Historischer Abriss und aktuelle Entwicklungen	17
2.3. Vor- und Nachteile des Integrierten Taktfahrplans.....	23
2.3.1. Aus Kundensicht	23
2.3.2. Aus Sicht des Eisenbahnverkehrsunternehmens.....	24
2.3.3. Aus Sicht des Eisenbahninfrastrukturunternehmens	24
2.3.4. Aus Sicht der Verkehrspolitik.....	25
3. Grundlagen des Integrierten Taktfahrplans	27
3.1. Merkmale eines Integrierten Taktfahrplans.....	27
3.1.1. Knotenbildung	27
3.1.2. Fahrplansymmetrie	29
3.2. Mathematische Formulierung.....	32
3.2.1. Begegnungsgleichung.....	32
3.2.2. Kreisgleichung	32
3.3. Fahrzeitbegriffe	35
3.3.1. Kantenfahrzeit.....	35
3.3.2. fahrplanmäßige Fahrzeit.....	35
3.3.3. fahrplanmäßige Nettofahrzeit	35
3.3.4. Technische Fahrzeit	36
3.4. Anteilige Knotenaufenthaltsdauern.....	36

Inhaltsverzeichnis

3.4.1.	Fahrgastwechsel.....	37
3.4.2.	Mindestübergangszeit beim Umsteigen	37
3.4.3.	Minimale Zeit zum Trennen/Vereinigen:.....	38
3.4.4.	Minimale Zugfolgezeit	39
3.4.5.	Minimale Pufferzeit bei kreuzenden Fahrten.....	43
3.4.6.	Fahrtrichtungswechsel.....	45
4.	Konzeption eines Integrierten Taktfahrplans	49
4.1.	Kantenfahrzeiten.....	51
4.1.1.	Ermittlung der Kantenfahrzeiten	52
4.1.2.	Modifikation der Kantenfahrzeiten	53
4.1.3.	Selektiver Halbstundentakt.....	58
4.1.4.	Halbknoten mit selektivem Halbstundentakt	59
4.1.5.	Einbeziehung unterschiedlich schneller Zugsysteme	60
4.2.	Systemfahrplan	65
4.3.	Feinjustierung der Zielfahrzeiten	66
4.4.	Maßnahmen zur Fahrzeitverkürzung	70
4.4.1.	Verringerung der Fahrzeitreserven	71
4.4.2.	Fahrzeugparameter	71
4.4.3.	Halteanzahl	71
4.4.4.	Haltedauer	72
4.4.5.	Optimierung bei vorhandener Trassierung.....	72
4.4.6.	Erhöhte Bogengeschwindigkeit.....	72
4.4.7.	Bahnhofsoptimierung (Einfahrtgeschwindigkeiten).....	79
4.4.8.	Linienverbesserungen und Neubaustrecken.....	80
4.4.9.	Verbindungsschleifen	80
4.4.10.	Weitere Infrastrukturanforderungen	83
5.	ITF-Kantenfahrzeiten in Zentraleuropa	87
5.1.	Untersuchungsgebiet und Netzstruktur	87
5.2.	Ausgangslage	91
5.2.1.	Fahrzeiten – Ist-Situation.....	91

Inhaltsverzeichnis

5.2.2.	Fahrzeiten – Referenzfall	95
5.2.3.	Handlungsbedarf.....	99
5.3.	Referenzfall	100
5.4.	Theoretischer Planfall 0.....	112
5.5.	Planfall 1.....	117
5.6.	Planfallvarianten.....	124
5.6.1.	Knoten Budapest.....	125
5.6.2.	Schnellfahrstrecken Tschechien.....	127
5.6.3.	Halbknoten Salzburg (Planfallvariante 1.3.).....	131
5.6.4.	Etappierung Slowenien (Planfallvariante 1.4).....	133
5.6.5.	Planfallkombination 1.3 und 1.4 (Planfallvariante 1.5)	135
5.6.6.	Ohne Brennerbasistunnel (Planfallvariante 1.6).....	135
6.	Maßnahmen für einen ITF in Zentraleuropa	137
6.1.	Grundlagen der Fahrzeitberechnung.....	137
6.1.1.	Fahrdynamik	137
6.1.2.	Infrastrukturdaten	138
6.1.3.	Fahrzeitreserve.....	139
6.1.4.	Maßnahmenwirkung.....	139
6.2.	Planfall 1.....	141
6.2.1.	Systemfahrplan	141
6.2.2.	Maßnahmen in Österreich (inkl. Grenzrelationen).....	156
6.2.3.	Maßnahmen außerhalb Österreichs.....	207
6.3.	Planfallvarianten.....	213
6.3.1.	Knoten Budapest.....	214
6.3.2.	Schnellfahrstrecken Tschechien.....	219
6.3.3.	Halbknoten Salzburg (Planfallvariante 1.2).....	225
6.3.4.	Etappierung Slowenien (Planfallvariante 1.4).....	232
6.3.5.	Planfallkombination 1.3 und 1.4 (Planfallvariante 1.5)	235
6.3.6.	Ohne Brennerbasistunnel (Planfallvariante 1.6).....	237
6.4.	Umsetzungsplan für Österreich.....	237

Inhaltsverzeichnis

6.4.1.	Zusätzliche Etappierungsstufen.....	237
6.4.2.	Etappenmatrix.....	241
6.4.3.	Modifizierter Planfall 1 als Etappe 6.....	244
6.4.4.	Etappenmatrix mit modifiziertem Planfall 1.....	247
6.4.5.	Kompatibilität zu Planfallvarianten außerhalb Österreichs.....	248
6.4.6.	Reisezeitvergleiche.....	248
7.	Zusammenfassung und Empfehlungen.....	253
7.1.	Eigenschaften und Infrastrukturanforderungen eines ITF.....	253
7.2.	Entwicklung von ITF-Szenarien für Zentraleuropa.....	255
7.3.	Empfehlungen.....	256
7.3.1.	Empfehlungen zu Planungsgrundsätzen.....	256
7.3.2.	Empfehlungen für das gewählte Untersuchungsgebiet.....	257
Glossar	263
Literaturverzeichnis	265
Abbildungsverzeichnis	271
Anhang	277

1. Vorwort

Diese Diplomarbeit baut in gewisser Weise auf der 2005 ebenfalls an der TU Graz von Philipp Weis erarbeiteten Diplomarbeit "Konstruktionsprinzip eines Taktfahrplans; eine Strategie für den Eisenbahnverkehr der Staaten Kroatien, Ungarn, Slowenien und Österreich" auf, in welcher eine EDV-gestützte Ermittlung von Kantenfahrzeiten programmiert und anhand eines Österreich, Slowenien, Kroatien und Ungarn umfassenden Fallbeispiels praktisch angewandt wurde.

In dieser Diplomarbeit liegt der Schwerpunkt auf den speziellen infrastrukturellen Anforderungen eines Integrierten Taktfahrplans (ITF). Dazu werden vor allem die die erforderliche Fahrzeit betreffenden Zusammenhänge analysiert sowie Möglichkeiten zur Umsetzung eines ITF aufgezeigt.

Die vorliegende Diplomarbeit umfasst ein Anwendungsbeispiel, dessen Umfang sich teilweise mit dem von Philipp Weis gewählten Beispiel deckt. Die damals für die in beiden Arbeiten abgedeckten Strecken gewonnen Erkenntnisse über die erforderlichen Kantenfahrzeiten werden in dieser Arbeit verfeinert und teilweise mit konkreten Maßnahmen versehen. Darüber hinaus wird der geographische Horizont auf Teile sämtlicher Nachbarländer Österreichs und teilweise darüber hinaus ausgeweitet.

2. Einleitung

2.1. Aufgabenstellung

Der Integrierte Taktfahrplan (ITF) wird heute in weiten Teilen Europas angewandt. Wesentliches und offensichtliches Merkmal des Integrierten Taktfahrplans ist die Bildung so genannter Taktknoten, an denen der Kunde ohne lange Wartezeiten umsteigen kann, wodurch Reisezeitverkürzungen über das gesamte Netz und nicht nur auf einzelnen Relationen ermöglicht werden.

Der ITF ist somit ein Schlüssel zu einem attraktiven Öffentlichen Verkehr. Für ein einwandfreies Funktionieren des ITF sind aber bestimmte infrastrukturelle Voraussetzungen erforderlich, die vor allem auf bestimmte Fahrzeiten zwischen den Taktknoten abzielen.

In dieser Arbeit soll nach einer kurzen Einführung in die Grundlagen des ITF aufgezeigt werden, wie ein ITF und die dafür erforderlichen Maßnahmen systematisch entwickelt werden können.

Anhand eines konkreten Anwendungsbeispiels werden diese davor skizzierten Überlegungen praktisch angewandt und zu einem Vorschlag für eine schrittweise Umsetzung eines ITF-Grundgerüsts für den Fernverkehr inklusive Definition der erforderlichen Maßnahmen im gewählten Untersuchungsgebiet (Österreich und Teile der umliegenden Länder) entwickelt.

2.2. Historischer Abriss und aktuelle Entwicklungen

Erste Anfänge in den Niederlanden

Der Taktfahrplan kann im Eisenbahnwesen bereits auf eine lange Geschichte zurückblicken. Vorreiter dafür sind die Niederlande. Bereits 1908 wurde dort auf der Strecke Rotterdam – Hofplein – Den Haag – Scheveningen der Fahrplan vertaktet. In den 1920er und 1930er Jahren wurde sukzessive im ganzen Netz der Niederlaandse Spoorwegen (NS) der Taktfahrplan eingeführt [1].

Der lange Weg zum Vorzeigebispiel Schweiz

Bis sich der Taktfahrplan auf in weite Teile Europas ausweitete, vergingen jedoch noch einige Jahrzehnte. Noch 1953 kam eine Fahrplankommission der Schweizerischen Bundesbahnen (SBB) nach dem Studium des Niederländischen Beispiels zu folgendem Schluss: „Die Einführung eines gesamtschweizerischen starren Fahrplanes kommt [...] u[n]seres

2. Einleitung

E[rachtens] nicht in Frage.“ [1] – es bedurfte also auch in der heute als Vorbild geltenden Schweiz eines langen Umdenkprozesses, bis schließlich im Mai 1982 der landesweite Taktfahrplan eingeführt wurde. Davor gab es lediglich im Nahverkehr um Ballungszentren erste Ansätze eines Taktfahrplans.

Der 1982 eingeführte Taktfahrplan der Schweiz basierte bereits auf der Einrichtung so genannter Taktknoten - an denen der Fahrgast ohne lange Wartezeiten aus jeder in jede Richtung umsteigen kann. Diese Taktknotensystematik, deren erstes Beispiel bereits 1934 in den Niederlanden umgesetzt wurde [1], wird als "Integrierter Taktfahrplan" (ITF) bezeichnet und stellt bestimmte Anforderungen an die Infrastruktur, auf die in weiterer Folge in dieser Arbeit eingegangen wird.

Da der Schweizer Taktfahrplan von 1982 weitestgehend ohne vorherige Infrastrukturausbauten umgesetzt wurde, konnte die Taktknotensystematik damals noch nicht flächendeckend umgesetzt werden. In den darauf folgenden Jahren wurde daher durch einen zielgerichteten Infrastrukturausbau der Integrierte Taktfahrplan sukzessive verbessert. Diese Entwicklung fand mit der Umsetzung des Konzepts "Bahn 2000" mit dem Fahrplanwechsel im Dezember 2004 ihren vorläufigen Höhepunkt. Durch die Ermöglichung bestimmter Fahrzeiten zwischen den Taktknoten konnte eine landesweite Systematik von in der Regel zur vollen oder halben Stunde stattfindenden Taktknoten umgesetzt werden. Gleichzeitig wurde in weiten Teilen des Netzes der Halbstundentakt eingeführt. Diese Entwicklung wird sich auch in der Zukunft fortsetzen, unter dem Arbeitstitel "ZEB" (Zukünftige Entwicklung der Bahninfrastruktur) sollen bis 2030 unter anderem weitere Verbesserungen des ITF und netzweite Verkürzungen der Reisezeiten erreicht werden [2] [3].

2. Einleitung

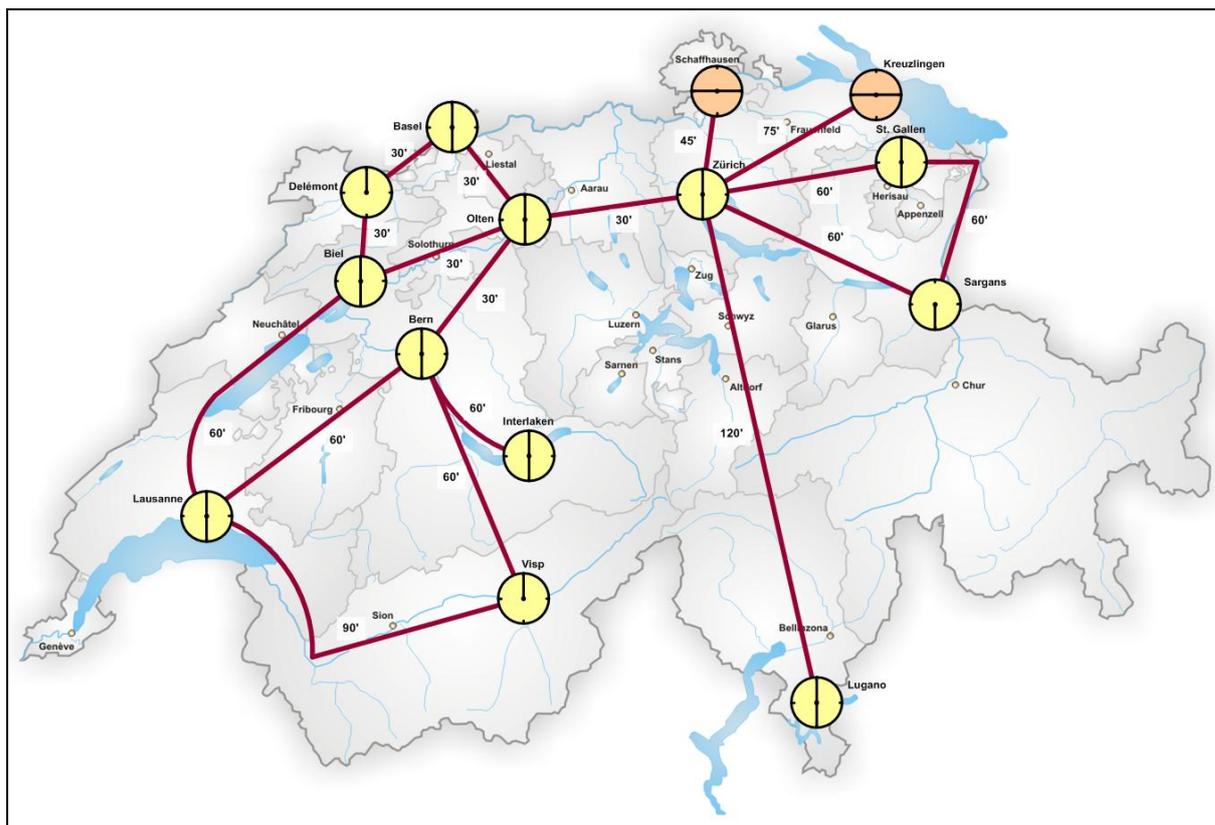


Abbildung 2-1: Knotensystem Schweiz mit ZEB (2030); Quelle: [2]

Die mit der Umsetzung von ZEB vorgesehene Knotenstruktur ist aus Abbildung 2-1 ersichtlich. Die Taktknoten zur vollen und/oder halben Stunde bzw. zu den Minuten 15 und 45 sind darin durch symbolische Uhren dargestellt.

Deutschland wird vertaktet

Auch in anderen Ländern Europas setzte und setzt sich der Taktfahrplan sukzessive durch. 1971 wurde in der BRD unter dem Titel IC'71 ein Zweistundentakt auf den wichtigsten Fernverkehrslinien eingeführt. Die IC-Züge waren aber exklusiv Erstklasskunden vorbehalten [4].

Erst 1979 wurde das IC-Netz unter dem Motto "Jede Stunde – jede Klasse" für Kunden der zweiten Klasse geöffnet, gleichzeitig wurde der Zweistundentakt auf einen Stundentakt verdichtet. Weitere wesentliche Ausbauten des Systems folgten 1985 und 1991 [4].

Mittlerweile kann man von einem auch im Nahverkehr weitgehend flächendeckenden Taktfahrplan in Deutschland sprechen, bei dem allerdings die Prinzipien des ITF mit einer Knotenbildung zur halben oder vollen Stunde bei weitem nicht so konsequent umgesetzt sind wie in der Schweiz, was auch auf die nicht immer ITF-kompatible Infrastruktur zurückzuführen ist.

2. Einleitung

Die im April 2008 gegründete Initiative "Deutschlandtakt" zielt auf die konsequente Einführung eines flächendeckenden ITF, in den auch der Fernverkehr systematisch eingebunden ist, und auf einen mit den Anforderungen des ITF kompatiblen Infrastrukturausbau ab [5].

Wechselvolle Geschichte in Österreich

Ähnliches kann auch für Österreich gesagt werden. 1982 wurde unter dem Titel "Austrotakt" der bereits zuvor in Ansätzen vorhanden gewesene Taktfahrplan auf den Strecken Wien – Salzburg und Wien – Graz ausgebaut und auf weitere Strecken ausgeweitet. Der Nahverkehr blieb aber weitgehend unvertaktet, auch eine Taktknotenbildung war nicht erkennbar.

1991 wurde schließlich mit dem NAT 91 ("Neuer Austrotakt") der Taktverkehr weitgehend flächendeckend eingeführt. Eine optimale Verknüpfung mit anderen Öffentlichen Verkehrsmitteln (Bus) unterblieb aber, ebenso wie ein damals unter dem Stichwort "NAT 2000" diskutierter, schrittweiser Infrastrukturausbau zur weiteren Optimierung des Angebotes [6].

Unter diesen suboptimalen Vorraussetzungen konnte der NAT 91 die in ihn gesetzten Erwartungen nur teilweise erfüllen, es erfolgten daher Mitte der 1990er Jahre mit dem "OPV 96" (Optimierter Personenverkehr 1996) deutliche Angebotsrücknahmen. Dabei blieb zwar das Prinzip des vertakteten Fahrplans auf vielen Strecken erhalten, eine Optimierung der Taktknotenstruktur durch einen zielgerichteten Infrastrukturausbau war aber kein Thema mehr. Erst im Laufe der 00er Jahre waren wieder – im Nahverkehr allerdings regional sehr unterschiedlich ausgeprägte – Tendenzen zu einer zunehmenden Vertaktung und Angebotsausweitung festzustellen. Diese mündeten schließlich im Konzeptfahrplan "Plan912" – einem netzweiten Zielfahrplan für den auf der Inbetriebnahme einiger wesentlicher Infrastrukturprojekte (Neubaustrecke Wien – St. Pölten, Neubaustrecke Unterinntal, Wien Hauptbahnhof (bei letztgenanntem Projekt ist jedoch die Vollinbetriebnahme nach heutigem Stand erst im Jahr 2015 zu erwarten)) basierenden Zeithorizont Dezember 2012 [7].

Ein Umdenkprozess zu einem zielfahrplanbasierten Infrastrukturausbau wurde damit jedoch nur eingeleitet, die Umsetzung einer die Bedürfnisse des ITF flächendeckend erfüllenden Infrastruktur bedarf – wie am Beispiel der Schweiz zu sehen ist – einer Vorlaufzeit von bis zu zwei Jahrzehnten und ist ohne konsequentes Festhalten an einem Ziel nicht möglich.

Paradigmenwechsel in Frankreich

Ein interessantes Beispiel für die Entwicklung hin zum Integrierten Taktfahrplan stellt Frankreich dar. Frankreich galt lange als Bastion so genannter gewachsener Fahrpläne ohne starre Abfahrtszeiten – von den Hauptrelationen des Hochgeschwindigkeitszuges

2. Einleitung

TGV (Train à grande vitesse) abgesehen (wie z. B. Paris – Lyon). Mit zunehmendem Ausbau des Hochgeschwindigkeitsstreckennetzes wurden in den 1990er und 2000er Jahren weitere TGV-Relationen vertaktet. Parallel dazu entstanden auf Initiative der jeweiligen Departements in einigen Regionen vertaktete Nahverkehrsnetze (z. B. Rhône-Alpes, Südburgund und Provence-Alpes-Côte-d’Azur 2008; Südaquitanien und Normandie 2009) die sich durchwegs als Erfolg herausstellten [8].

Eine netzweite Verknüpfung von Fern- und Nahverkehr in einem Integrierten Taktfahrplan lässt vorerst noch auf sich warten. Dies wird sich aber in den kommenden Jahren ändern: Seit 2008 arbeitet RFF (Réseau ferré de France, das staatliche französische Eisenbahninfrastrukturunternehmen) in enger Kooperation mit der ETH Lausanne und dem Schweizer Beratungsunternehmen SMA und Partner AG an der Entwicklung eines netzweiten Taktfahrplans, der ab dem Fahrplan 2012 umgesetzt werden soll und bis 2020 zu einem ITF nach Schweizer Vorbild ausgebaut wird [9].

Beachtenswert am französischen Beispiel ist, dass der Anstoß zur netzweiten Vertaktung nicht primär vom am Markt agierenden Eisenbahnverkehrsunternehmen SNCF kommt, sondern dass der Takt im wahrsten Sinne des Wortes vom Eisenbahninfrastrukturunternehmen RFF vorgegeben wird. Seitens RFF hat man einerseits erkannt, dass durch den Ausbau der Hochgeschwindigkeitsstrecken zu einem immer größer werdenden zusammenhängenden Netz die betrieblichen Abhängigkeiten und somit die Komplexität zunehmen und dass somit nur ein systematischer Taktfahrplan eine optimale Ausnutzung der beschränkten Streckenkapazitäten ermöglicht. Gleichzeitig möchte RFF damit vermeiden, dass bei einer zunehmenden Liberalisierung des Marktes durch unkoordinierte Fahrpläne seitens der einzelnen Eisenbahnverkehrsunternehmen es zu weiteren Kapazitätseinbußen kommt. Die möglichen Systemtrassen werden künftig durch RFF vorgegeben, interessierte Eisenbahnverkehrsunternehmen können sich dann um diese Trassen bewerben [10].

Ein dritter Aspekt ist schließlich, dass RFF mit einem langfristigen Zielfahrplan beim weiteren Ausbau der Infrastruktur einen bestmöglichen Einsatz finanzieller Ressourcen erzielen möchte.

Aktuelle Entwicklungen in Tschechien und Ungarn

In Tschechien wurde mit dem Fahrplan 2003/2004 im Fernverkehrsnetz ein Integrierter Taktfahrplan eingeführt [11]. Weitere Ausweitungen in den nachfolgenden Jahren folgten.

Ungarn folgte dem internationalen Trend im Dezember 2006, als nach den Erfahrungen auf der Pilotstrecke Budapest – Vác – Szob der ITF auf einem Drittel des Streckennetzes vor allem in den nordöstlichen Landesteilen eingeführt wurde. Zwei Jahre später folgten weite Teile des restlichen Streckennetzes [12] [13].

2. Einleitung

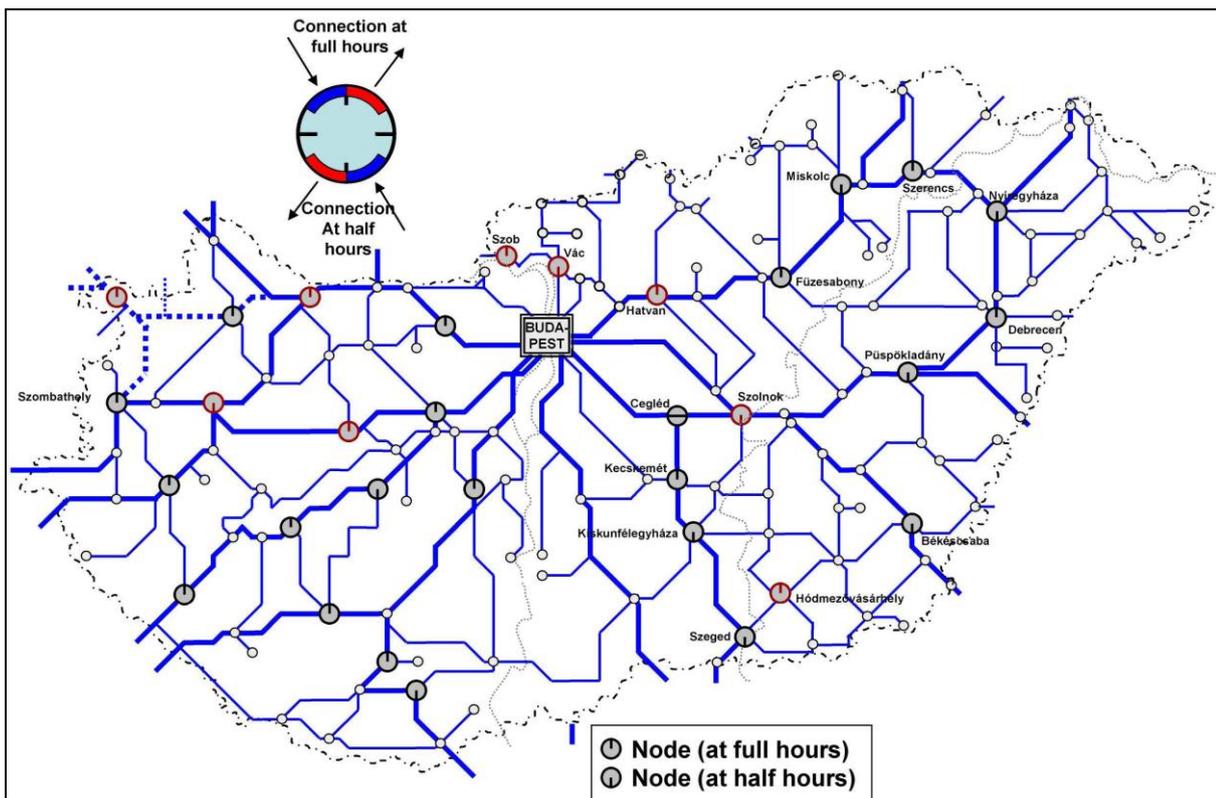


Abbildung 2-2: Für den Fahrplan 2009 geplante Knotenstruktur in Ungarn (die tatsächliche Umsetzung erfolgte mit einzelnen Abstrichen gegenüber dieser Konzeption); Quelle: [14]

Auch in Tschechien und Ungarn wurden diese ersten Integrierten Taktfahrpläne ohne vorherige aufwändige Maßnahmen zur Fahrzeitverkürzung eingeführt, sodass ideale Taktknoten noch nicht flächendeckend möglich sind oder die Kantenfahrzeiten teilweise gedehnt wurden.

Weitere Beispiele

Weitgehend vertaktete Fahrpläne findet man heute in Italien, Großbritannien, Belgien, Luxemburg, Dänemark, Schweden, Norwegen und Finnland, wobei aber die Ausprägung der Merkmale eines Integrierten Taktfahrplanes je nach Land stark schwankt [15].

Auch außerhalb Europas gibt es mittlerweile zahlreiche Bahnen, die auch abseits von städtischen S-Bahn-Netzen, auf den Taktfahrplan oder zumindest eine weitgehende Vertaktung des Angebotes setzen. In Asien sind dabei Taiwan, Japan und Südkorea zu erwähnen [16].

In der VR China folgt die Fahrplangestaltung auch auf den neuen Hochgeschwindigkeitsstrecken (z. B. Beijing – Tianjin oder Wuhan – Guangzhou) noch dem konventionellen Muster "gewachsener" Fahrpläne. Es gibt aber bereits Überlegungen hin zu einer Vertaktung. In [17] werden anhand eines Fallbeispiels (der in Bau befindlichen Hochgeschwindigkeitsstrecke Beijing – Shanghai) Möglichkeiten eines selektiven Taktfahrplans für Eisenbahnstrecken in der VR China aufgezeigt.

2. Einleitung

Auch Afrika kann mittlerweile mit Marokko ein Beispiel für eine weitgehende Vertaktung der Fahrpläne vorweisen [16].

In Nordamerika gibt es in den meisten Regionen ohnehin nur sehr spärlichen Personenfernverkehr nur vereinzelt taktähnliche Fahrpläne. Die Anwendbarkeit des ITF auf bestimmte, dicht besiedelte Regionen wird allerdings untersucht, in [18] und [19] werden Möglichkeiten eines ITF nach Schweizer Vorbild jeweils am Beispiel Nordkaliforniens vorgestellt.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass sich Taktfahrpläne – insbesondere der Integrierte Taktfahrplan – zunehmend durchsetzen.

Die Schweiz zeichnet sich dabei nach wie vor dadurch aus, dass dort der ITF schon 1987 im Zuge des Projekts "Bahn 2000" als Grundlage einer langfristigen Infrastrukturstrategie herangezogen wurde, welche dann auch konsequent umgesetzt wurde und ab 2005 die flächendeckende Einrichtung optimaler Taktknoten ermöglichte.

2.3. Vor- und Nachteile des Integrierten Taktfahrplans

2.3.1. Aus Kundensicht

Die Vorteile des Integrierten Taktfahrplans für den Kunden sind offensichtlich: Die leichte Merkbarkeit und die kurzen Wartezeiten beim Umsteigen machen den Öffentlichen Verkehr attraktiver.

Für die meisten Kunden nicht auf den ersten Blick offensichtlich sind die Vorteile der Fahrplansymmetrie, die in Kapitel 3.1.2 erläutert wird: Umsteigeverbindungen (auch mit mehreren Umsteigevorgängen), die in einer Richtungen funktionieren, funktionieren auch in der Gegenrichtung mit derselben Gesamtreisezeit und denselben Umsteigewartezeiten.

In Einzelfällen können durch den ITF aber auch Nachteile für den Kunden entstehen: Ein ITF ermöglicht in der Regel keine exakte Abstimmung der Abfahrtszeiten an Schulbeginn- und endzeiten sowie an Schichtzeiten von Großbetrieben. Im Fernverkehr sowie ab einer bestimmten Taktdichte ist dieser Aspekt jedoch nicht von Relevanz. Auch im Umfeld größerer Städte mit z. B. mehreren Schulstandorten gibt es in der Regel auch in Bezug auf Schüler keine idealen Ankunfts- oder Abfahrtszeiten, da einerseits die Schulbeginn- und Endzeiten je nach Schule variieren und andererseits auch die Entfernung der Schulen vom jeweiligen Bahnhof unterschiedlich ist.

Dieser Nachteil des Taktfahrplans tritt also nur in peripheren Regionen zu Tage, wo es tatsächlich für einen hohen Anteil der Schüler oder Arbeitnehmer eine bestimmte ideale Ankunfts- bzw. Abfahrtszeit gibt. Um nicht Nachteile für die übrigen Fahrgäste durch schlechtere Anschlüsse in den Knoten und schlechtere Merkbarkeit in Kauf nehmen zu

2. Einleitung

müssen, sollte hier versucht werden, z. B. die Schulbeginn- und endzeiten an den Taktfahrplan angepasst werden. Alternativ dazu können für den Schülerverkehr zusätzliche Züge außerhalb des Taktes geführt werden. Nur in Ausnahmefällen sollte der Taktzug in seiner zeitlichen Lage verschoben werden.

2.3.2. Aus Sicht des Eisenbahnverkehrsunternehmens

Der Taktfahrplan ermöglicht systematische Umlaufpläne und Dienstpläne. Dadurch wird die Planung vereinfacht und die Effizienz des Rollmaterial- und Personaleinsatzes erhöht. Die 2004 erfolgte Vertaktung des Angebotes auf der Strecke Budapest – Vác führte etwa zu einem Anstieg der gefahrenen Zugkilometer um 53%. Die Fahrgastzahlen erhöhten sich zwar nur um 10%, dennoch betrug die Kostensteigerung insgesamt nur 10% der Einnahmensteigerung. Dies ist darauf zurückzuführen, dass der Personal- und Fahrzeugbedarf aufgrund des effizienteren Einsatzes konstant gehalten werden konnte [20].

Der Taktfahrplan vereinfacht durch seine leichte Merkbarkeit auch die Fahrgastinformation und bietet die Chance den an sich komplexen Fahrplan mit einfachen, leicht verständlichen Botschaften auch zu Marketingzwecken heranzuziehen.

2.3.3. Aus Sicht des Eisenbahninfrastrukturunternehmens

Die Systematisierung des Angebotes durch den ITF bewirkt ebenso eine Systematisierung der betrieblichen Abläufe. Dadurch können vorhandene Kapazitäten des Netzes besser ausgenutzt werden.

Die zunehmende Liberalisierung stellt Infrastrukturbetreiber vor die Herausforderung, Fahrplantrassen gerecht zuzuweisen. Ein Taktfahrplan ermöglicht die Vergabe von zeitversetzten, identischen Fahrplantrassen, der Infrastrukturbetreiber ist somit weniger möglichen Vorwürfen der Bevorzugung einzelner Eisenbahnverkehrsunternehmen ausgesetzt [21]. Voraussetzung dafür ist aber, dass regulierende Rahmenbedingungen geschaffen werden, welche auch in einem liberalisierten Markt eine Koordination der Fahrpläne bzw. überhaupt die Umsetzung eines ITF sicherstellen und verhindern, dass es durch unkoordinierte Fahrpläne mehrerer Eisenbahnverkehrsunternehmen zu Kapazitätseinbußen kommt.

Ein Nachteil des ITF ist – zumindest auf den ersten Blick – sicher, dass dafür bestimmte Infrastrukturanforderungen zu erfüllen sind. Ein perfekter ITF kann daher nicht von heute auf morgen umgesetzt werden, sondern bedarf einer langfristigen Planung. Neben bestimmten, klar definierten Fahrzeitanforderungen sind dabei auch die Anforderungen an die Kapazität der ITF-Knoten zu erwähnen. Ein ITF ist somit ein wenig flexibles System – allerdings ist das nicht unbedingt ein Nachteil: Auch Eisenbahninfrastruktur ist sehr langlebig und bedarf somit stabiler Planungsgrundlagen.

2. Einleitung

Erst der ITF als Zielzustand ermöglicht eine genaue Planung der künftig benötigten Infrastruktur und somit eine viel höhere Treffsicherheit der Investitionen. So können z. B. eingleisige Strecken gezielt in jenen Abschnitten zweigleisig ausgebaut werden, wo künftig Zugkreuzungen stattfinden werden. Vor allem Maßnahmen zur Fahrzeitverkürzung kleineren Ausmaßes werden erst mit dem ITF argumentierbar – denn wie sonst kann gegenüber Entscheidungsträgern in der Politik oder Steuerzahlern die Notwendigkeit einer die Fahrzeit um 2 Minuten verkürzenden Linienverbesserung argumentiert werden, wenn diese Fahrzeitverkürzung nicht an einem bestimmten Knoten verbesserte Anschlüsse und somit netzweite Fahrzeitverkürzungen von bis zu 30 oder 60 Minuten ermöglicht?

2.3.4. Aus Sicht der Verkehrspolitik

Wie bereits erwähnt, ermöglicht der ITF eine höhere Treffsicherheit der – in der Regel staatlichen – Investitionen in die Eisenbahninfrastruktur.

Von einem ITF profitieren bei konsequenter Umsetzung (also der Einbindung des gesamten Öffentlichen Verkehrs) nicht nur Fahrgäste auf einzelnen Hauptstrecken. Die Vorteile durch eine optimale Verknüpfung in den Taktknoten sind netzweit und für weit größere Bevölkerungsteile spürbar, wodurch eine höhere öffentliche Akzeptanz von Investitionen in die Schieneninfrastruktur ermöglicht wird.

Als Beispiel dafür kann die weitere Optimierung des ITF in der Schweiz infolge der Infrastrukturprojekte gemäß ZEB (vgl. Kapitel 2.2) genannt werden. Dadurch profitieren nicht nur ausgewählte Relationen zwischen großen Städten, sondern es kommt durch die optimale Verknüpfung zu Fahrzeitverkürzungen auf fast allen Relationen zwischen den Kantonshauptorten.

2. Einleitung

	Aarau	Altendorf	Basel SBB	Bellinzona	Bern	Chur	Delémont	Frauenfeld	Fribourg	Genève	Glarus	Herisau	Lausanne	Liestal	Lucerne	Neuchâtel	Sarnen	Schaffhausen	Schwyz	Sion	Solothurn	St. Gallen	Stans	Zug	Zürich
Aarau																									
Altendorf	104																								
Appenzell	183	5	201																						
Basel SBB	148	201																							
Bellinzona	37	133	148																						
Bern	34	3	115	-15																					
Chur	173	-39	113	-22	150																				
Delémont	38	-2	139	-6	83																				
Frauenfeld	103	-8	196	-2	138	-8																			
Fribourg	111	188	143	-205	-43	141																			
Genève	82	-4	190	-23	30	-1	241																		
Glarus	76	0	131	-8	102	-8	-49																		
Herisau	66	-2	162	-7	76	-7	182																		
Lausanne	137	200	188	188	208	101	246																		
Liestal	88	-11	128	-1	120	143	138	-85																	
Lucerne	39	109	-1	120	143	138	-85	7																	
Neuchâtel	110	9	181	10	137	1	207	-77																	
Sarnen	107	-4	210	-12	126	-12	212	-54																	
Schaffhausen	101	188	134	218	84	-12	200	88																	
Schwyz	27	2	148	6	8	-2	188	-46																	
Sion	80	-5	77	19	66	-5	86	-51																	
Solothurn	68	88	88	71	137	70	133	117																	
St. Gallen	72	9	186	-1	79	-5	178	30																	
Stans	107	12	30	131	17	164	-39	124																	
Zug	79	1	128	23	96	10	143	-75																	
Zürich	119	121	114	128	128	90	176	170																	

Legende:

Schnelleste Verbindungen in Minuten	Reisezeitdifferenz kleiner als 5 Minuten	37%
Veränderung der Fahrzeit mit Bahn 2000, zweite Etappe gegenüber heute	Reisezeit mindestens 5 Min. schneller	57%
	Reisezeit mindestens 5 Min. langsamer	6%

Arbeitsstand: 1. April 2006

Abbildung 2-3: Fahrzeitverkürzungen zwischen den Kantonshauptorten infolge ZEB; Quelle: [22]

3. Grundlagen des Integrierten Taktfahrplans

3.1. Merkmale eines Integrierten Taktfahrplans

Das für den Fahrgast offensichtliche Merkmal eines Taktfahrplans sind starre und leicht merkbare Intervalle. Darunter fallen Intervalle von einer Stunde oder einem Teiler bzw. Vielfachen davon, wodurch sich jede Stunde die gleichen Abfahrtsminuten ergeben.

Der Integrierte Taktfahrplan stellt gegenüber den bloßen starren Abfahrtszeiten eine wesentliche Weiterentwicklung dar, die auf den Merkmalen Knotenbildung und Fahrplansymmetrie beruht.

3.1.1. Knotenbildung

Ziel des Integrierten Taktfahrplans ist eine optimale Verknüpfung der verschiedenen Öffentlichen Verkehrsmittel in Knotenbahnhöfen, den so genannten Taktknoten. Im Idealfall bestehen von jeder in jede Richtung Anschlüsse mit kurzen Wartezeiten.

Dies ist dann möglich, wenn Züge (und auch Busse) aus allen Richtungen annähernd gleichzeitig ankommen und nach wenigen Minuten, wenn alle Fahrgäste umgestiegen sind, wieder abfahren.

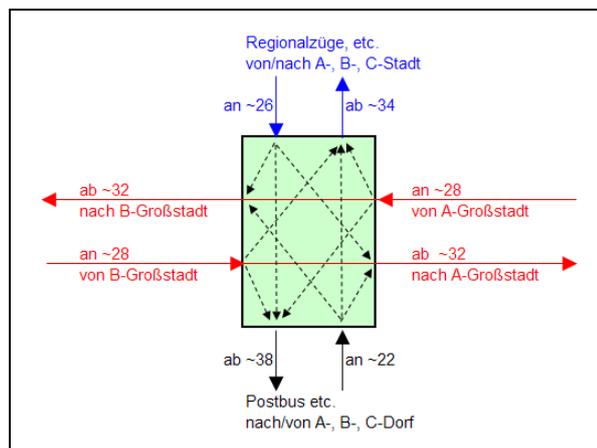


Abbildung 3-1: Funktionsschema eines Taktknotens

Wie aus Abbildung 3-1 ersichtlich, sind derartige Taktknoten dann möglich, wenn sich dort die in entgegengesetzte Richtung fahrenden Züge einer Linie begegnen. Nur dann sind Anschlüsse an Seitenlinien sowohl von der einen als auch von der anderen Richtung kommend möglich (sowie automatisch auch jeweils in der Gegenrichtung).

Der Abstand zwischen diesen Begegnungspunkten entspricht der halben Dauer des Taktintervalls. Bei einem Stundentakt liegen die Begegnungspunkte in einem Abstand

3. Grundlagen des Integrierten Taktfahrplans

von 30 Fahrzeitminuten, bei einem Halbstundentakt im Abstand von 15 Fahrzeitminuten, etc. (vgl. Abbildung 3-2).

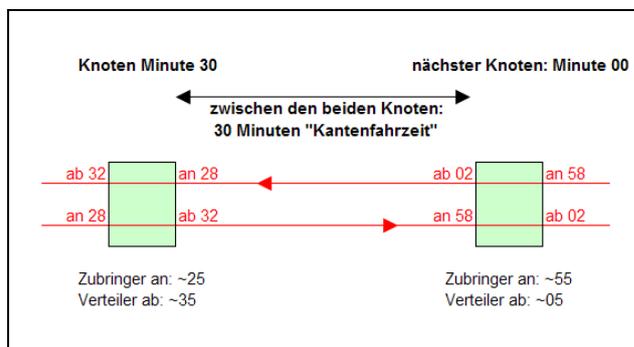


Abbildung 3-2: zeitlicher Abstand zwischen zwei Taktknoten

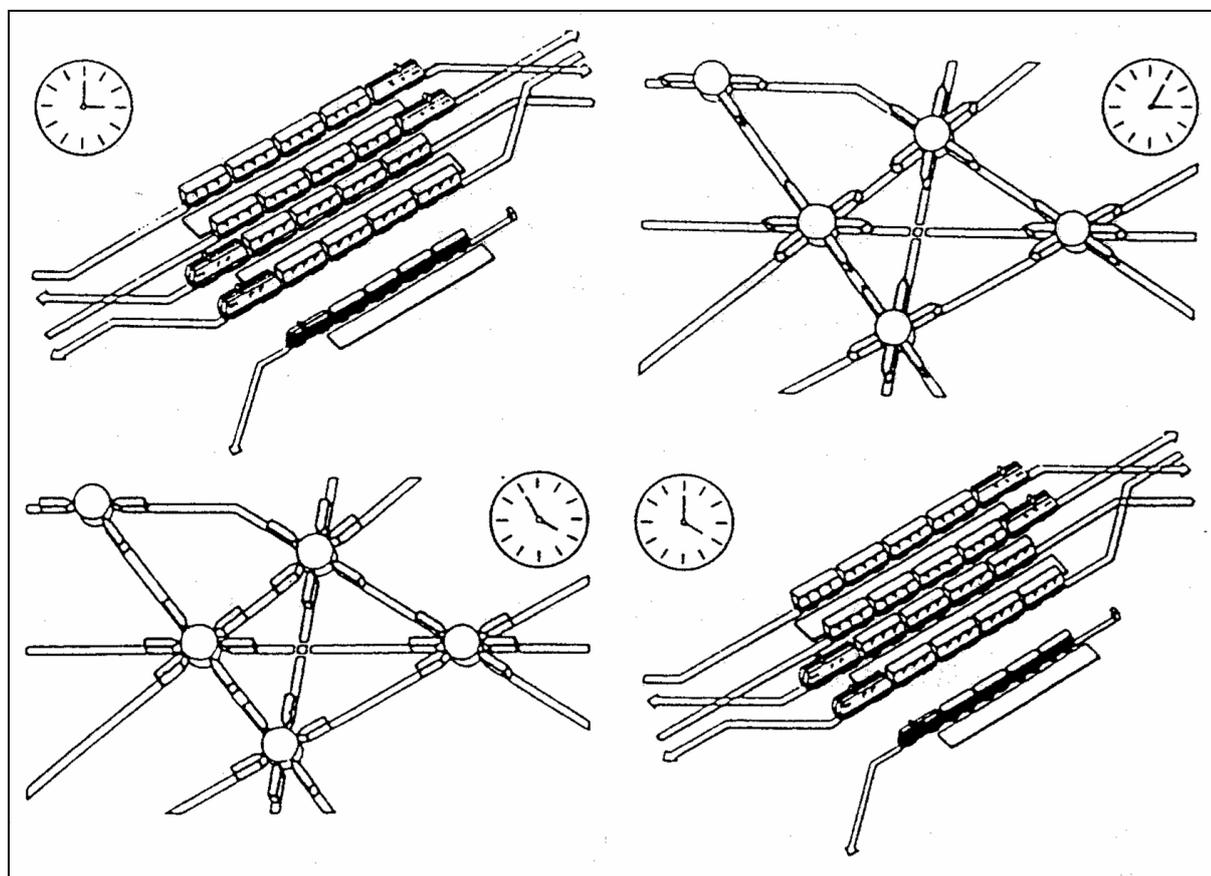


Abbildung 3-3: Prinzip des Integrierten Taktfahrplans; Quelle: [23]

Das Prinzip des Integrierten Taktfahrplans ist in Abbildung 3-3 anschaulich erklärt: Zur vollen Stunde befinden sich alle Züge in den Taktknoten. Kurz danach fahren sie ab und treffen jeweils kurz vor der nächsten vollen Stunde wieder in den Taktknoten ein, um dort wieder das Umsteigen zu ermöglichen.

3. Grundlagen des Integrierten Taktfahrplans

Ergänzend muss dazu aber erwähnt werden, dass bei einem Stundentakt auch zur halben Stunde Taktknoten möglich sind, die jeweils an den Begegnungspunkten auf halben Weg zwischen den in Abbildung 3-3 eingezeichneten Taktknoten liegen.

Um für einen Integrierten Taktfahrplan optimale Voraussetzungen zu schaffen, muss die so genannte Kantenfahrzeit zwischen bedeutenden Knotenpunkten jeweils dem halben Taktintervall oder einem Vielfachen davon entsprechen.

Zusätzlich zu dieser Bedingung müssen in einem Eisenbahnnetz auch besondere Anforderungen an die Summe der Kantenfahrzeiten über mehrere Kanten gestellt werden. Auf diese wird in Kapitel 3.2.2 eingegangen.

3.1.2. Fahrplansymmetrie

Die Fahrplansymmetrie ergibt sich direkt aus der Knotenbildung. Um Anschlüsse von allen in alle Richtungen zu ermöglichen, hat jeder Zug, der kurz vor der Knotenzeit aus einer beliebigen Richtung ankommt, einen "Zwilling", der kurz nach der Knotenzeit in die Gegenrichtung abfährt (vgl. Abbildung 3-4).

Durch diese Fahrplansymmetrie ist gewährleistet, dass Umsteigeverbindungen, die in einer Richtung funktionieren, auch in der Gegenrichtung funktionieren.

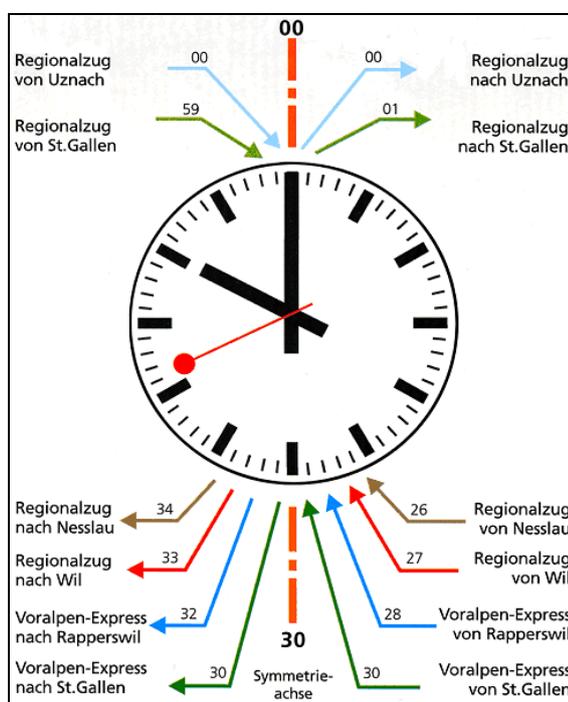


Abbildung 3-4: Fahrplansymmetrie infolge Knotenbildung am Beispiel Wattwil (CH); Quelle: [24]

Aus Abbildung 3-5 wird anhand eines Bildfahrplans der Unterschied zwischen einem Integrierten Taktfahrplan mit Fahrplansymmetrie und einem asymmetrischen Taktfahrplan ersichtlich.

3. Grundlagen des Integrierten Taktfahrplans

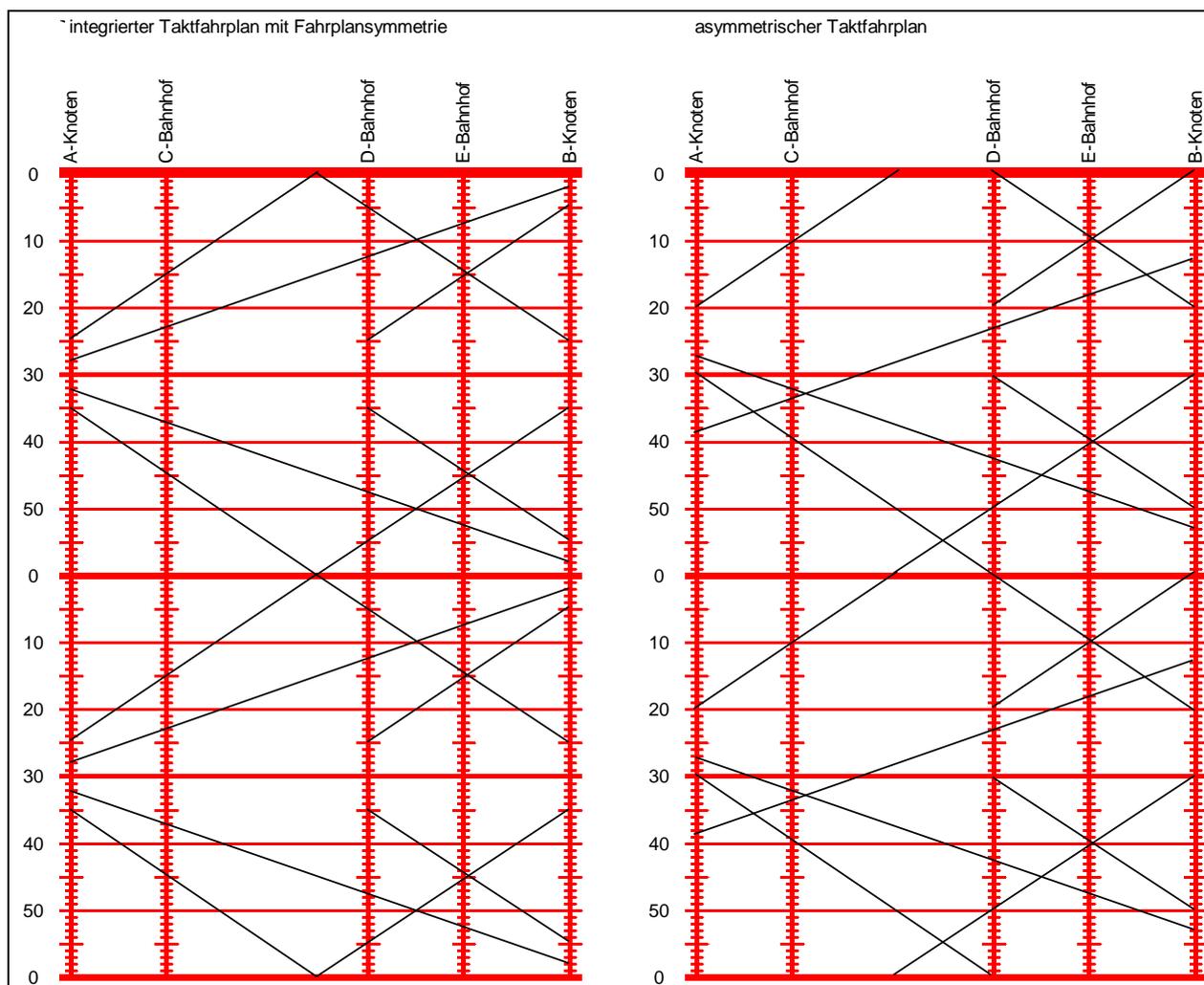


Abbildung 3-5: Symmetrischer und asymmetrischer Taktfahrplan

Der Fahrplan und alle damit zusammenhängenden betrieblichen Abläufe sind an der Knotenzeit, der so genannten Symmetrieminute, gespiegelt. Bei einem Stundentakt gibt es zwei Symmetrieminuten je Stunde, bei einem Halbstundentakt vier, bei einem Zweistundentakt eine.

Erkennbar ist daraus auch, dass auf der gesamten Strecke und daher auch im gesamten Netz alle Züge zur selben Zeit den jeweiligen Zügen der Gegenrichtung begegnen.

Wahl der Symmetrieminute

Europaweit hat sich für einen Zweistundentakt die Symmetrieminute 00 durchgesetzt, die Symmetrieminuten für dichtere Takte ergeben sich dadurch zu 00 und 30 bei einem Stundentakt bzw. zu 00, 15, 30 und 45 bei einem Halbstundentakt. In der Fahrplanpraxis gibt es oft leichte Abweichungen um wenige Minuten von dieser Symmetriezeit.

Theoretisch wäre auch eine andere Symmetrieminute (z. B. 07) als Ausgangsbasis denkbar. Aufgrund der europaweiten Vernetztheit der Fahrpläne ist eine einheitliche Symmetrieminute aber unabdingbar. Bei lokal abweichenden Symmetrieminuten kommt

3. Grundlagen des Integrierten Taktfahrplans

es an den Anstoßpunkten zu Strecken mit anderen Symmetrieminuten zu Problemen, da Anschlüsse nicht in beiden Richtungen gleichermaßen funktionieren sowie da für Züge, die die Symmetrieminutengrenze überschreiten, in einer Fahrtrichtung eine längere Aufenthaltsdauer unvermeidlich ist. Abweichende Symmetrieminuten sollen daher vermieden werden, da sie einen Fremdkörper im europäischen Eisenbahnnetz darstellen.

Aus Abbildung 3-6 ist ersichtlich, welche Auswirkungen abweichende Symmetrieminuten an den Symmetrieminutengrenzen haben. Blau dargestellt sind jene Linien mit den Symmetrieminuten 15 und 45, rot jene mit den Symmetrieminuten 00 und 30.

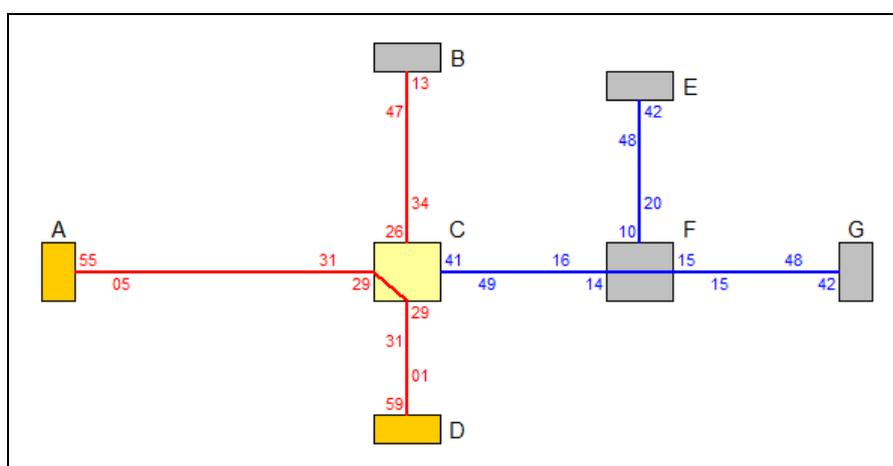


Abbildung 3-6: Schlechte Anschlussqualität in einem Taktknoten durch unterschiedliche Symmetrieminuten

Durch eine einheitliche Symmetrieminute kann die Anschlussqualität im Knoten C deutlich verbessert werden. Dazu ist lediglich eine Parallelverschiebung des gesamten Fahrplans der anzupassenden Linien erforderlich.

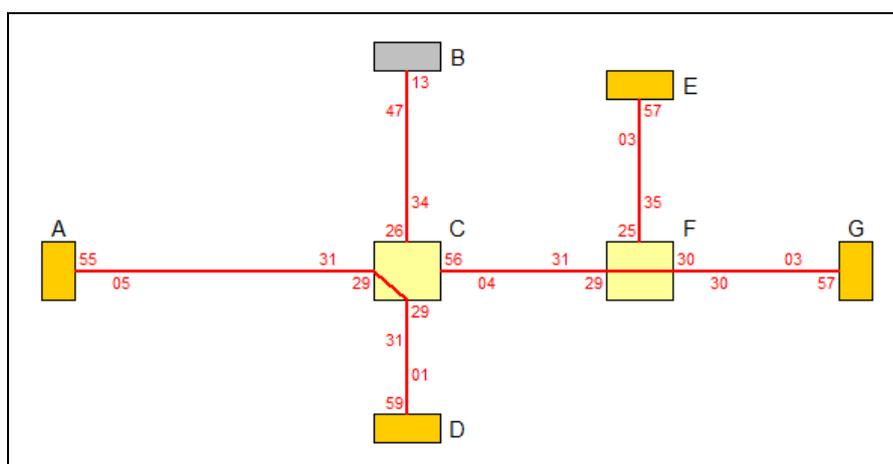


Abbildung 3-7: Verbesserung der Anschlussqualität in einem Knoten durch eine einheitliche Symmetrieminute

3.2. Mathematische Formulierung

3.2.1. Begegnungsgleichung

Um die in Kapitel 3.1.1 erläuterte Knotenbildung zu ermöglichen, muss die Kantenfahrzeit zwischen zwei Taktknoten dem halben Taktintervall oder einem Vielfachen davon entsprechen. Dieser Sachverhalt kann mathematisch wie folgt als Gleichung formuliert werden:

$$t_{k,soll} = n \cdot T/2$$

mit:

$t_{k,soll}$	Soll-Kantenfahrzeit
n	natürliche Zahl
T	Taktintervall

Bei einem Stundentakt muss die Kantenfahrzeit also Werte von 30', 60', 90' etc. annehmen.

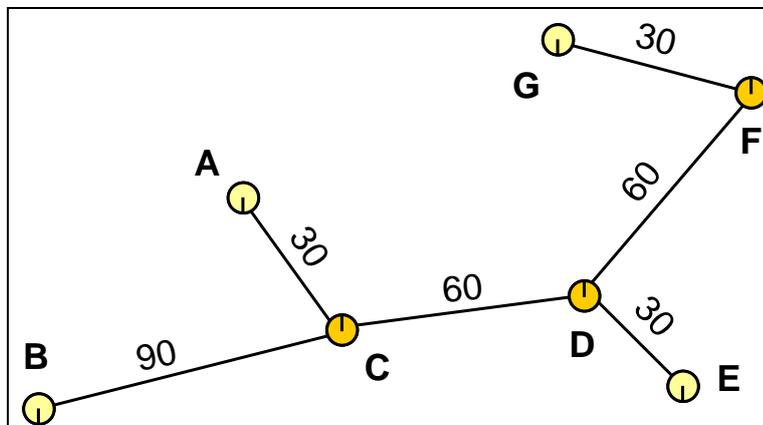


Abbildung 3-8: Kantenfahrzeiten zur Erfüllung der Begegnungsgleichung

3.2.2. Kreisgleichung

Aus Abbildung 3-9 ist ersichtlich, dass die Erfüllung der Begegnungsgleichung allein nicht ausreichend ist, wenn dem Wesen realer Eisenbahnnetze entsprechend die einzelnen Kanten zu einem Kreis verbunden werden – im gezeigten Beispiel durch eine zusätzliche Verbindung der Taktknoten A und G.

3. Grundlagen des Integrierten Taktfahrplans

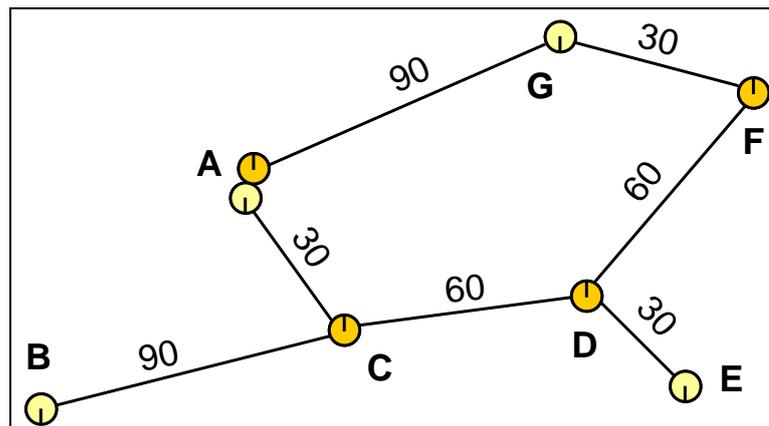


Abbildung 3-9: Kantenfahrzeiten in einem Kreis ohne Erfüllung der Kreisgleichung

Ausgehend von A als Taktknoten zur halben Stunde ergibt sich bei einer Fahrt entlang des Kreises ACDFGA die Ankunft in A nicht zur halben, sondern zur vollen Stunde und somit um eine halbe Stunde versetzt.

Der Taktknoten in A funktioniert somit nicht, obwohl alle Begegnungsgleichungen erfüllt sind: Bei Fahrten von C nach G über A müsste eine halbstündige Wartezeit in Kauf genommen werden, ebenso ist eine optimale Anbindung des Nahverkehrs oder weiterer im Stundentakt verkehrender Fernverkehrslinien in A nur an die Linie nach C oder an die Linie nach G möglich.

Um diesen unerwünschten Fall zu vermeiden, wird als weitere mathematische Bedingung die so genannte Kreisgleichung herangezogen. Diese besagt, dass die Summe der Kantenfahrzeiten in einem Kreis einem ganzzahligen Vielfachen des Taktintervalls entsprechen muss:

$$\sum t_{k,soll} = n \cdot T$$

mit:

$t_{k,soll}$ Soll-Kantenfahrzeit

n natürliche Zahl

T Taktintervall

In Beispiel aus Abbildung 3-9 beträgt die Summe der Kantenfahrzeiten 270 Minuten, dies entspricht dem 4,5-fachen des Taktintervalls.

Durch die Verkürzung einer Kantenfahrzeit um 30 Minuten kann die Kreisgleichung erfüllt und somit der Integrierte Taktfahrplan ermöglicht werden.

3. Grundlagen des Integrierten Taktfahrplans

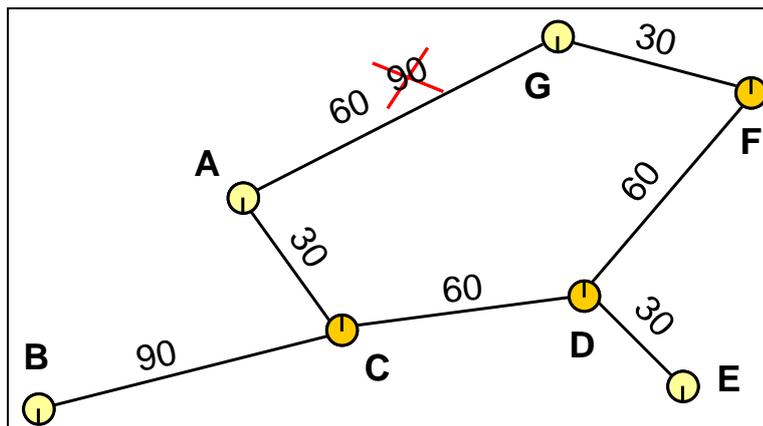


Abbildung 3-10: Kantenfahrzeiten in einem Kreis mit Erfüllung der Kreisgleichung

Aus der Kreisgleichung folgt auch, dass die Anzahl der Kanten mit einer Kantenfahrzeit von einem ungeraden vielfachen des halben Taktintervalls gerade sein muss. Mit dieser Faustregel kann die Taktfahrplankompatibilität von Kantenfahrzeiten relativ leicht überprüft werden.

In einem aus mehreren Kreisen bestehenden Netz gibt es auch mehrere Kreisgleichungen, wobei - wenn man davon ausgeht, dass ein Kreis eine willkürlich gewählte Strecke mit dem selben Ausgangs- und Endpunkt ist - verschiedene Arten von Kreisen unterschieden werden können, wie in [26] gezeigt wird:

Elementarkreise (in Abbildung 3-11 rot dargestellt): Ein Elementarkreis entsteht, wenn bei jeder Abzweigung entweder immer die linke Strecke oder immer die rechte Strecke gewählt wird.

Linear abhängige Kreise (in Abbildung 3-11 blau dargestellt): Linear abhängige Kreise bestehen aus Linearkombinationen aus Elementarkreisen. Einzelne Kanten werden öfter als einmal befahren.

Linear unabhängige Kreise (in Abbildung 3-11 grün dargestellt): Linear unabhängige Kreise bestehen nicht aus Linearkombinationen aus Elementarkreisen. Es werden keine Kanten mehrfach befahren.

3. Grundlagen des Integrierten Taktfahrplans

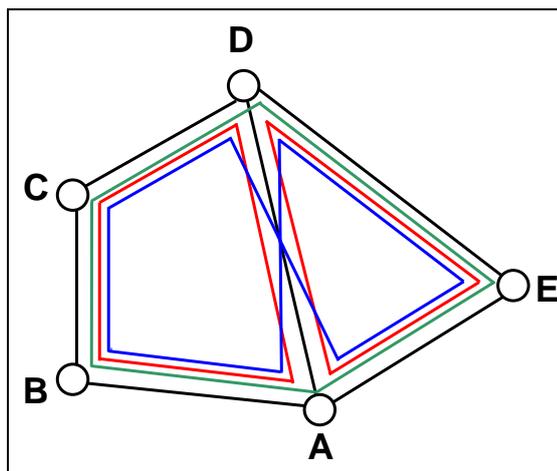


Abbildung 3-11: Arten von Kreisen in einem Netz

Um bei einem einheitlichen Taktintervall einen Integrierten Taktfahrplan zu ermöglichen, ist es ausreichend, wenn die Kreisgleichungen für die Elementarkreise erfüllt werden (vgl. [26]). Für die weiteren Betrachtungen sind daher lediglich die Elementarkreise von Relevanz.

3.3. Fahrzeitbegriffe

3.3.1. Kantenfahrzeit

Die Kantenfahrzeit zwischen zwei Taktknoten beinhaltet auch die anteilige Aufenthaltsdauer am Anfangs- und Endknoten, also die Dauer von der Symmetriezeit (z. B. Minute 00) bis zur fahrplanmäßigen Abfahrt (z. B. Minute 02) bzw. von der fahrplanmäßigen Ankunft bis zur Symmetriezeit.

3.3.2. fahrplanmäßige Fahrzeit

Die fahrplanmäßige Fahrzeit zwischen zwei Knoten ist jene Zeit von der Abfahrt an einem Knoten bis zur Ankunft am nächsten Knoten. Sie muss in der Regel um einige Minuten kürzer sein als die Kantenfahrzeit. Für eine genaue Ermittlung der erforderlichen Fahrzeitverkürzungen ist es erforderlich, die fahrplanmäßigen Fahrzeiten und somit die so genannten Knotenaufenthaltsdauern zu betrachten.

3.3.3. fahrplanmäßige Nettofahrzeit

Die fahrplanmäßige Fahrzeit zwischen zwei Knoten beinhaltet auch alle allfälligen Zwischenhalte mit der jeweiligen Aufenthaltsdauer.

Als fahrplanmäßige Nettofahrzeit kann in weiterer Folge die Fahrplanfahrzeit abzüglich der Aufenthaltsdauern an Zwischenhalten bezeichnet werden.

3.3.4. Technische Fahrzeit

In den Fahrplänen sind zum Aufholen von Verspätungen oder zur Kompensation temporärer Langsamfahrstellen Fahrzeitreserven vorzusehen.

Die technische Fahrzeit stellt jene Fahrzeit dar, die unter den gegebenen Bedingungen (zulässige Streckengeschwindigkeiten, Neigungsverhältnisse, Beschleunigungs- und Bremsverhalten des Fahrzeuges) theoretisch möglich ist.

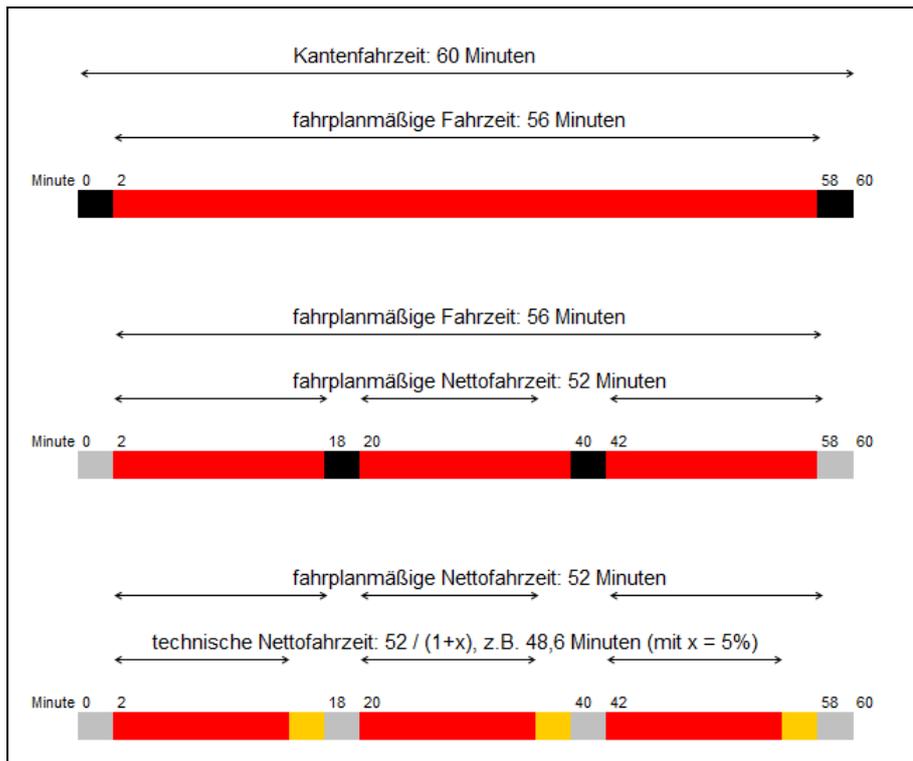


Abbildung 3-12: Übersicht über verschiedene Fahrzeitbegriffe

3.4. Anteilige Knotenaufenthaltsdauern

Die aus einer gegebenen Kantenfahrzeit resultierende fahrplanmäßige Fahrzeit hängt von der Zeitspanne zwischen der Symmetrieminute (also ..00 oder ..30) und der tatsächlichen Abfahrt (kurz danach) bzw. der Ankunft (kurz vor der Symmetrieminute) ab. Die fahrplanmäßige Fahrzeit zwischen zwei Knoten muss daher immer um einige Minuten kürzer als die jeweilige Kantenfahrzeit sein.

Die Zeitspanne von der Symmetrieminute bis zur Abfahrt von einem Taktknoten bzw. von der Ankunft an einem Taktknoten bis zur Symmetrieminute wird hier als "anteilige Knotenaufenthaltsdauer" bezeichnet.

3. Grundlagen des Integrierten Taktfahrplans

Die zur Verfügung stehende fahrplanmäßige Fahrzeit ergibt sich also wie folgt:

$$t_f = t_k - t_a - t_e$$

mit:

- t_f fahrplanmäßige Fahrzeit zwischen zwei Knoten
- t_k Kantenfahrzeit zwischen zwei Knoten
- t_a anteilige Knotenaufenthaltsdauer am Anfangsknoten
- t_e anteilige Knotenaufenthaltsdauer am Endknoten

Da Maßnahmen zur Fahrzeitverkürzungen in der Regel verhältnismäßig teuer sind sich dabei jede Minute an Fahrzeitverkürzungsbedarf in einem mehr oder weniger hohen Investitionsbedarf niederschlägt, wird nachfolgend etwas genauer auf die anteiligen Knotenaufenthaltsdauern eingegangen.

3.4.1. Fahrgastwechsel

Die anteilige Knotenaufenthaltsdauer wird zunächst durch die für den Fahrgastwechsel erforderliche Aufenthaltsdauer bestimmt. Je nach Fahrgastaufkommen ist eine unterschiedliche mindeste Aufenthaltsdauer erforderlich.

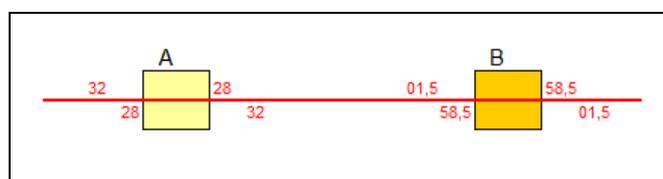


Abbildung 3-13: Anteilige Knotenaufenthaltsdauer infolge Fahrgastwechsel

In Abbildung 3-13 beträgt die Aufenthaltsdauer in Knoten A 4', jene in Knoten B beträgt 3'. Die anteilige Knotenaufenthaltsdauer ergibt sich somit am Knoten A zu 2', am Knoten B zu 1,5'.

3.4.2. Mindestübergangszeit beim Umsteigen

In vielen Fällen wird die anteilige Knotenaufenthaltszeit durch die Mindestübergangszeit beim Umsteigen bestimmt. Die Mindestübergangszeit ist je nach Bahnhof unterschiedlich, beträgt aber in der Regel zumindest 5' Minuten. Einzelne Umsteigerelationen können je nach Gleiskonfiguration bahnsteiggleich angeboten werden können. Dafür kann die erforderliche Übergangszeit auf minimal 2' bis 3' reduziert werden.

In Abbildung 3-14 ist Knoten A mit einer Aufenthaltsdauer von 2' und einer minimalen Übergangszeit von 5' dargestellt.

3. Grundlagen des Integrierten Taktfahrplans

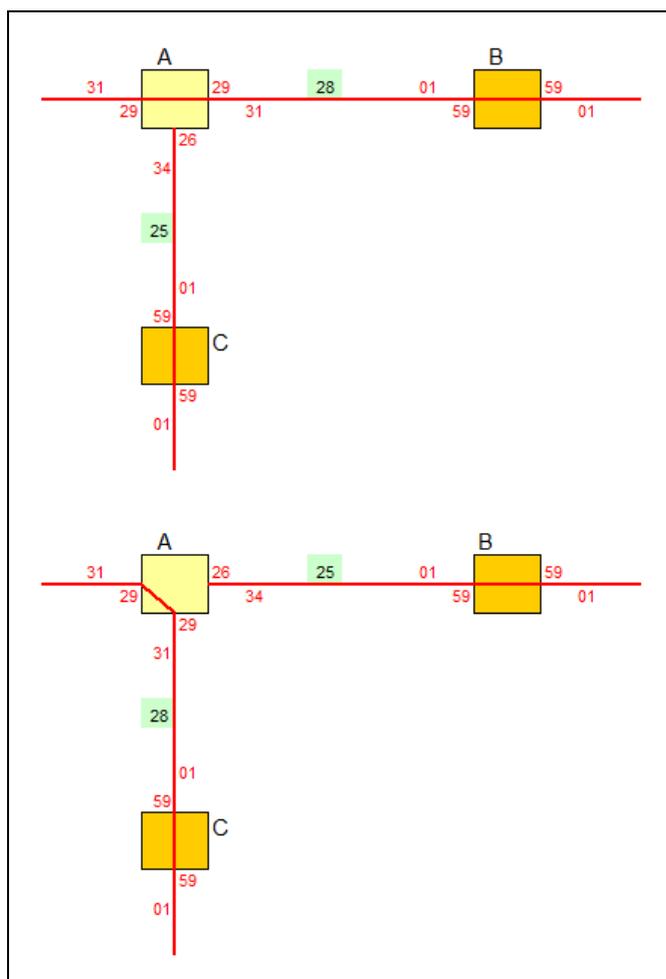


Abbildung 3-14: Anteilige Knotenaufenthaltsdauer infolge Mindestübergangszeit beim Umsteigen

Je nach Art der Durchbindung in A ergeben sich für die Kanten AB und AC unterschiedliche Fahrzeiten. Die Art der Durchbindungen muss daher bei der Planung eines ITF berücksichtigt werden.

3.4.3. Minimale Zeit zum Trennen/Vereinigen:

Bei Flügelzugkonzepten ist die erforderliche Zeit zum Trennen bzw. Vereinigen der beiden Zugteile zu betrachten.

Einige Beispiele für Flügelzugkonzepte sind aus Tabelle 3-1 ersichtlich:

Fahrzeug	automatische Kupplung	Bahnhof		Ankunft	Abfahrt
DB ICE 2	ja	Hamm (Westfalen)	Vereinigen	..02/..07	..11
			Trennen	..48	..52/..54
ÖBB 4024	ja	Neusiedl/See	Vereinigen	..19/..21	..25
			Trennen	..19	..22/..23
BOB Integral	ja	Holzkirchen	Vereinigen	..26/..29	..31
			Trennen	..35	..37/..39
ÖBB Railjet	nein	Feldkirch	Vereinigen	..05/..09	..15
			Trennen	..46	..50/..53

Tabelle 3-1: Aufenthaltsdauer zum Trennen bzw. Vereinigen von Zugteilen

3. Grundlagen des Integrierten Taktfahrplans

Die in den Fahrplänen zum Trennen bzw. Vereinigen vorgesehene Zeitspanne wird wesentlich vom Vorhandensein einer automatischen Kupplung beeinflusst. Mit automatischer Kupplung beträgt beim Vereinigen die Zeitspanne zwischen der Ankunft des zweiten Zuges und der Abfahrt zwischen 2' und 4'.

3.4.4. Minimale Zugfolgezeit

Häufig befahren mehrere Linien im Nahbereich großer Knoten dieselbe Strecke. In der Regel steht dabei nur ein Gleis je Richtung zur Verfügung, d.h. die Züge müssen hintereinander abfahren.

Dadurch verlängert sich für die später abfahrenden bzw. früher ankommenden Züge die Knotenaufenthaltsdauer und es verringert sich die für die Fahrt zum nächsten Knoten zur Verfügung stehende Fahrzeit. Aus Abbildung 3-15 ist dieser Umstand beispielhaft ersichtlich. Die Linien vom Knoten A zu den Knoten B und C benutzen auf dem ersten Abschnitt dieselbe Strecke, wodurch für eine der beiden Linien die zur Verfügung stehende Fahrzeit im Ausmaß der Zugfolgezeit (hier: 3 Minuten) geringer ist.

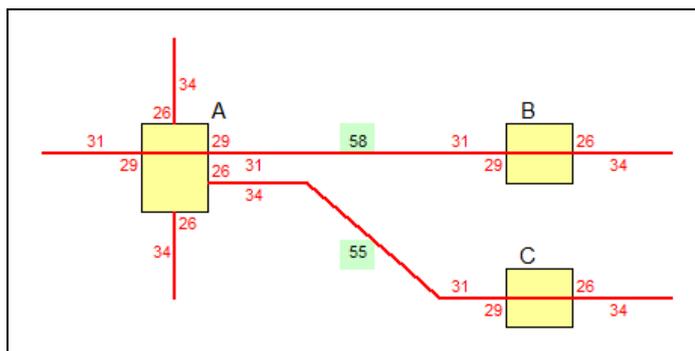


Abbildung 3-15: Anteilige Knotenaufenthaltsdauer infolge minimaler Zugfolgezeit

Es können natürlich auch mehr als zwei Linien denselben Streckenabschnitt benutzen. Je mehr Linien im Nahbereich eines Knotens denselben Streckenabschnitt befahren, desto länger ist die gesamte Knotendauer (von der Ankunft des ersten bis zur Abfahrt des letzten Zuges) und desto kürzere Fahrzeiten zu den nächsten Knoten müssen für die betroffenen Linien erreicht werden.

Es ist offensichtlich, dass dabei die Zugfolgezeiten eine wesentliche Rolle spielen. Je kürzer die Zugfolgezeiten sind, desto geringer sind die negativen Auswirkungen auf Knotendauer und Fahrzeitziele.

Ein besonders gutes Beispiel für diesen Umstand stellt der Knoten Zürich HB dar. Auf der Strecke von Zürich Richtung Westen verkehren mehrere parallele Fernverkehrslinien zu verschiedenen Zielen (z. B. Basel, Bern, Biel/Bienne), die sich teilweise erst in Olten (nach 55 km) auf andere Strecken aufteilen.

3. Grundlagen des Integrierten Taktfahrplans

Alle Linien sind in Zürich in den Taktknoten eingebunden und kommen in kurzen Abständen vor der Symmetriezeit an und fahren kurz danach ab. In Abbildung 3-16 ist der Taktknoten Zürich zur halben Stunde bzw. zur vollen Stunde dargestellt.

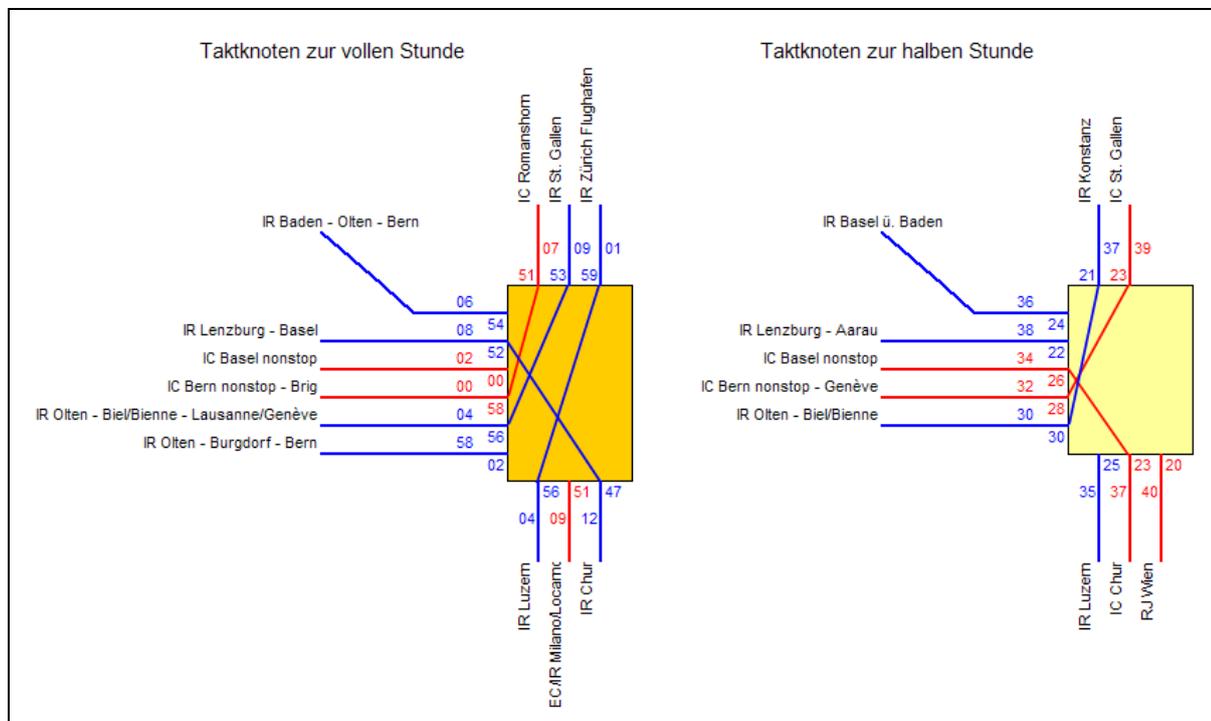


Abbildung 3-16: Taktknoten Zürich HB (IC- und Interregio-Züge)

Auf der Fernverkehrsstrecke von Zürich Richtung Westen fahren die Fernverkehrszüge teilweise bis Olten im knappen Zweiminutenabstand. Zur vollen Stunde kommen von Westen zwischen Minute ..52 und Minute ..02 innerhalb von 10' 6 Züge hintereinander an. In der Gegenrichtung verlassen sie den Knoten ebenfalls innerhalb von 10' wieder (ab Minute ..58 bis Minute ..08). Bereits 14' nach Abfahrt des letzten Zuges des Knotens zur vollen Stunde beginnt zur Minute ..22 der aus westlicher Richtung aus fünf Zügen bestehende Zulauf auf den Knoten zur halben Stunde, welcher um ..30 abgeschlossen ist. Die Verteilung dauert dann von ..30 bis ..38, bevor nach einer wiederum 14minütigen Pause zur Minute ..52 erneut der erste Zug zum Taktknoten zur vollen Stunde ankommt – der Kreis ist geschlossen.

Der Bildfahrplan (Abbildung 3-17) der Strecke Zürich HB – Killwangen-Spreitenbach (der erste 16 km lange Abschnitt der Strecke Richtung Westen) veranschaulicht die dichten Zugfolgezeiten.

3. Grundlagen des Integrierten Taktfahrplans

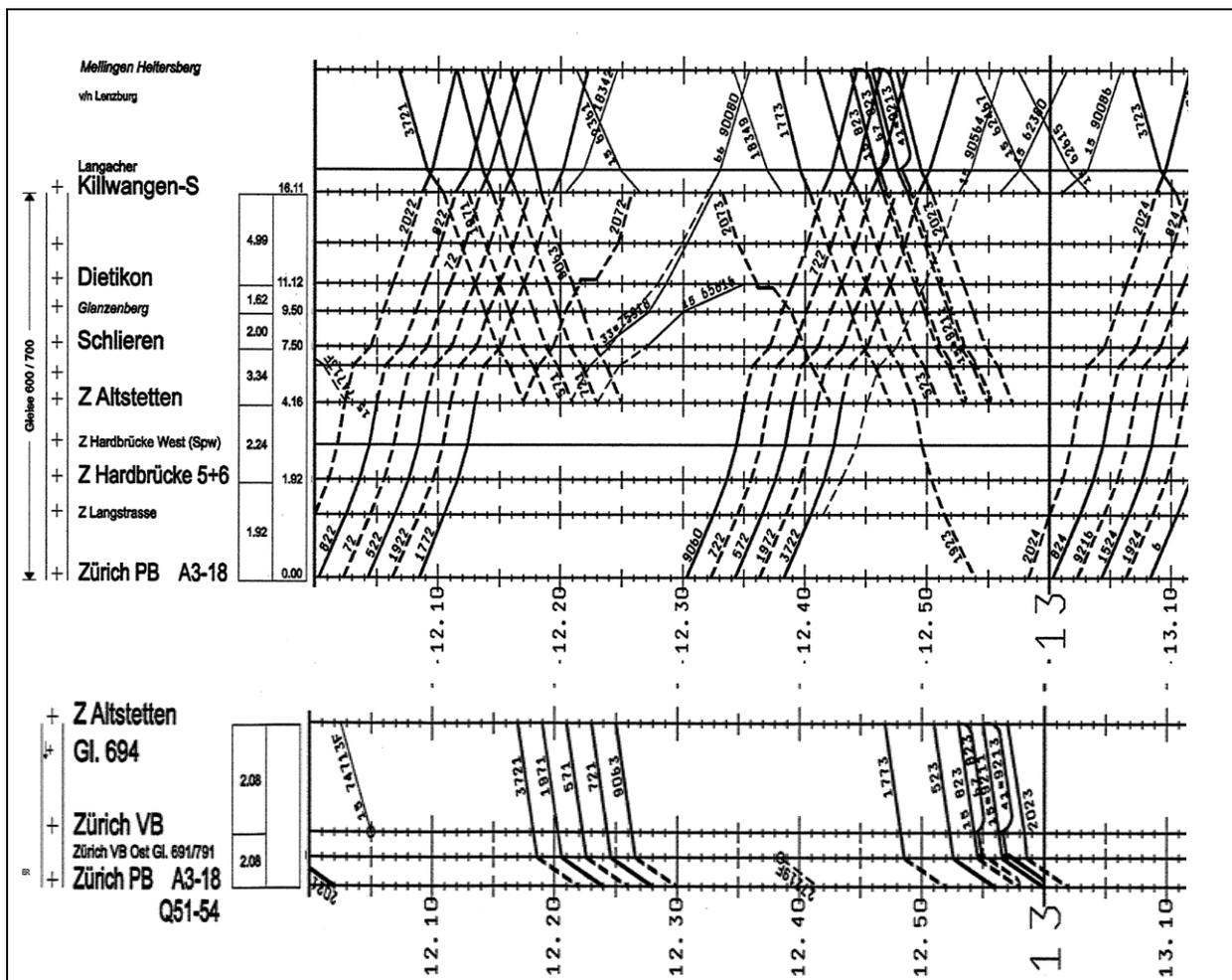


Abbildung 3-17: Bildfahrplan der Strecke Zürich HB - Killwangen-Spreitenbach; Quelle: [25]

Sonderfall: Parallele Linien zwischen zwei Taktknoten

Einen Sonderfall hinsichtlich der Auswirkungen auf die Fahrzeit zwischen den Knoten stellen Linien dar, die auf der Gesamtstrecke zwischen zwei Taktknoten dieselbe Strecke befahren.

3. Grundlagen des Integrierten Taktfahrplans

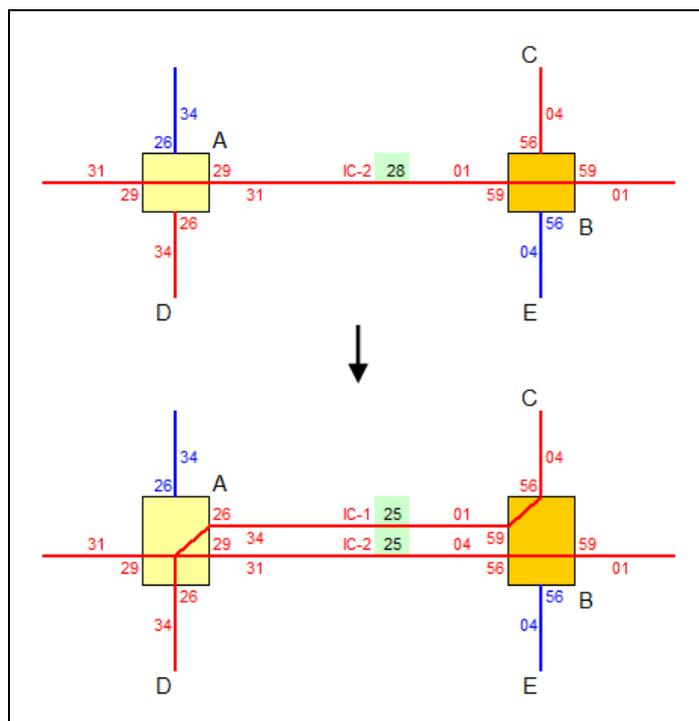


Abbildung 3-18: Erforderliche Fahrzeitverkürzung infolge parallel fahrender Linien

Aus Abbildung 3-18 ist ersichtlich, dass die Durchbindung zu einer durchgehenden Linie CD, die zwischen A und B parallel zu einer anderen Fernverkehrslinie geführt wird, auf den ersten Blick eine um drei Minuten kürzere Fahrzeit (nämlich 25 statt 28 Minuten) zwischen A und B und somit ggf. zusätzliche Fahrzeitverkürzungsanforderungen bewirkt.

Bei näherer Betrachtung (Abbildung 3-19) zeigt sich aber, dass für die Fernverkehrslinie IC 1 im Knoten B eine Abfahrt vor der Symmetriezeit bzw. eine Ankunft danach möglich ist.

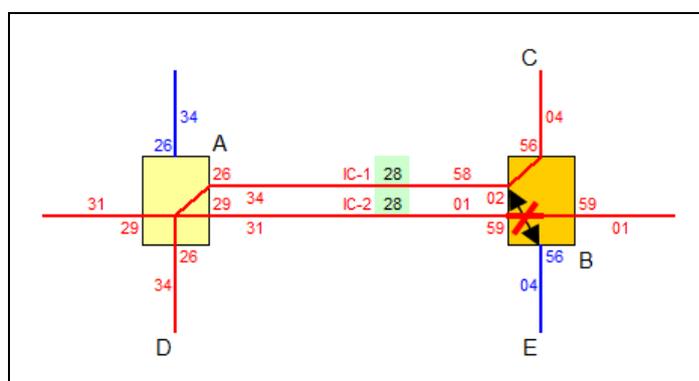


Abbildung 3-19: Vermiedene Fahrzeitverkürzungsnotwendigkeit durch Anschlussverzicht

Es gehen dabei zwar im Knoten B die Anschlüsse vom Nahverkehr (z. B. von E) auf die Fernverkehrslinie IC 1 in Richtung A und darüber hinaus verloren. Die Relation EA kann aber problemlos mit Umsteigen auf die Linie IC 2 angeboten werden, die Relation

3. Grundlagen des Integrierten Taktfahrplans

ED erfordert dann zweimaliges Umsteigen (in A vom Nahverkehr auf die Linie IC 2, in B von der Linie IC 2 auf die Linie IC 1).

Somit kann unter Wahrung aller Relationen die Fahrzeit zwischen A und B auf 28 Minuten angehoben werden.

3.4.5. Minimale Pufferzeit bei kreuzenden Fahrten

Unter Umständen können auch Züge von unterschiedlichen Strecken nicht gleichzeitig ein- bzw. ausfahren. Dies ist von der Gleis- bzw. Bahnsteigkonfiguration abhängig, aber auch von den gewünschten Linienführungen (Durchbindungen).

An Knoten, an denen sich zwei Linien kreuzen, kommt es entweder bei der Ankunft oder bei der Abfahrt zu kreuzenden Fahrten, die entsprechende Pufferzeiten erfordern. In Abbildung 3-20 ist anhand eines vereinfachten Gleisschemas ein Beispiel für diesen Fall dargestellt. Dabei ist zur Vermeidung von Kreuzungskonflikten eine Pufferzeit von 3 Minuten zwischen den Abfahrten nach B und D bzw. den Ankünften aus B und D berücksichtigt.

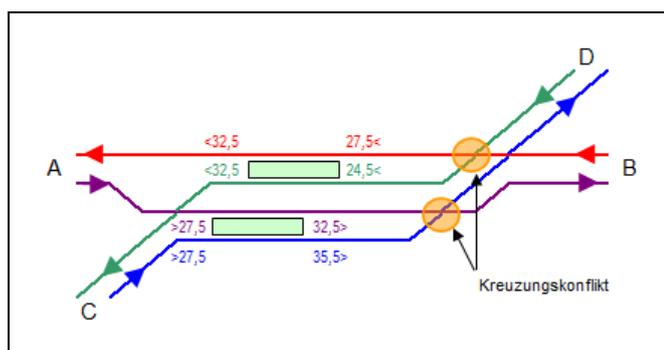


Abbildung 3-20: Kreuzungskonflikt bei kreuzenden Fahrten

Mit einer kreuzungsfreien Einbindung der beiden Strecken durch passende Über- oder Unterwerfungen kann der Konfliktpunkt beseitigt und eine gleichzeitige Ein- und Ausfahrt ermöglicht werden. Wie aus Abbildung 3-21 ersichtlich ist, wird dadurch auch die Fahrzeitsituation für den Zug in Richtung D entspannt, für den nun eine um drei Minuten längere Fahrzeit möglich ist. Die Errichtung kreuzungsfreier Einbindungen kann daher in derartigen Fällen auch als Alternative zu fahrzeitverkürzenden Maßnahmen auf der Strecke gesehen werden.

3. Grundlagen des Integrierten Taktfahrplans

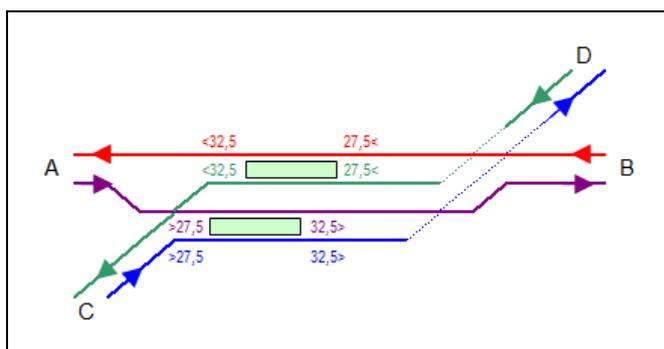


Abbildung 3-21: Vermeidung eines Kreuzungskonflikts durch eine Unterwerfung

In der Fahrplanpraxis ist an derartigen Knoten oft eine alternierende Durchbindung erwünscht, um Reisenden abwechselnde Direktverbindungen (z. B. gerade Stunde AB und CD, ungerade Stunde AD und CB) zu ermöglichen. Um auch die jeweils andere Durchbindungsvariante zu ermöglichen, sind entsprechende Weichenverbindungen und "Bypässe" erforderlich, wie aus Abbildung 3-22 ersichtlich ist.

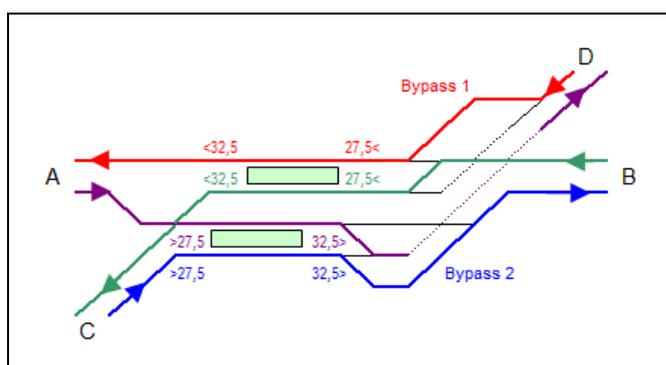


Abbildung 3-22: Zusätzliche kreuzungsfreie Fahrmöglichkeiten durch "Bypässe"

Konflikte zwischen einem einfahrenden und einem ausfahrenden Zug sind in einem Integrierten Taktfahrplan in der Regel unproblematisch, da in einem symmetrischen Taktknoten zwischen dem letzten ankommenden und dem ersten abfahrenden Zug ohnehin einige Minuten liegen. Aus diesem Grund sind in den obigen Darstellungen nur jene kreuzungsfreie Einbindungen dargestellt, die für parallele Einfahrten bzw. für parallele Ausfahrten erforderlich sind, während eine aus fahrplanmäßig aber nicht erforderliche parallele Abwicklung der Einfahrt von A und der Ausfahrt nach C eine zusätzliche Über- oder Unterwerfung erfordern würde. Eine solche kann nur in dicht befahrenen Knoten aus Kapazitätsgründen durch den übrigen Verkehr (Güterverkehr, nicht in den Taktknoten eingebundener Nahverkehr) argumentiert werden.

Ein Beispiel für einen entsprechend ausgebauten Knoten stellt der in Bau befindliche Wiener Hauptbahnhof dar. Durch entsprechende Über- bzw. Unterwerfungen sowie die dazugehörigen Bypässe können künftig sowohl direkte Züge Südbahn (via Pottendorfer Linie) – Nordbahn (oder Bratislava via Marchegg) und Westbahn – Ostbahn einerseits als auch Südbahn (via Pottendorfer Linie) – Ostbahn und Westbahn – Nordbahn (oder

3. Grundlagen des Integrierten Taktfahrplans

Bratislava via Marchegg) andererseits immer gleichzeitig ein- und ausfahren. Dies gilt natürlich auch für die jeweilige Gegenrichtung.

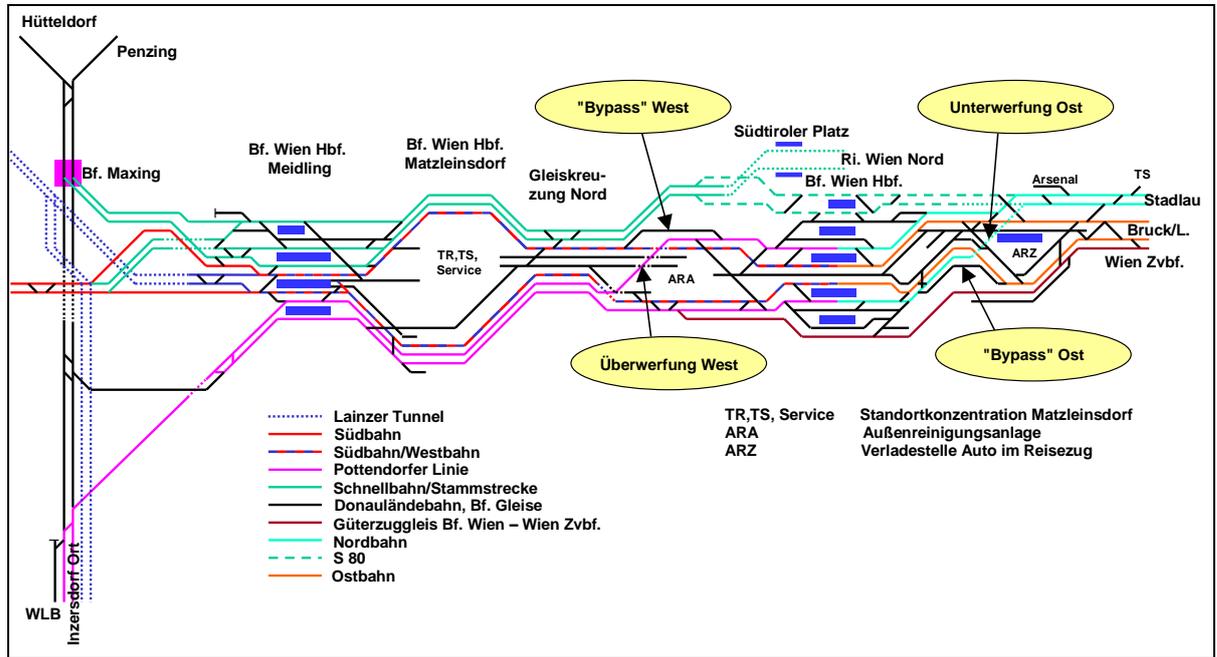


Abbildung 3-23: Vereinfachtes Gleisschema Wien Hbf; Quelle: [28]

3.4.6. Fahrtrichtungswechsel

Im Falle eines Fahrtrichtungswechsels ist in der Regel nicht die erforderliche Fahrgastwechseldauer sondern die für den Fahrtrichtungswechsel aus betrieblichen Gründen erforderliche Zeit maßgeblich.

Zugtyp	Bahnhof	Fahrplanjahr	Zug	Ankunft	Abfahrt	Aufenthalt
ICE	Stuttgart Hbf	2009	ICE 513	10:08	10:12	4 min
DB IC-Wendezug	Stuttgart Hbf	2009	EC 317	7:54	7:58	4 min
DB-IC-Wendezug	Selzthal	2009	EC 317	14:40	14:46	6 min
ÖBB 5022	Gleisdorf	2009	8672	7:58	8:01	3 min
ÖBB 4024	Selzthal	2009	4490	22:18	22:24	6 min

Tabelle 3-2: Dauer des Fahrtrichtungswechsel anhand verschiedener Beispiele

Wenn an einem Taktknoten ein Fahrtrichtungswechsel einer Linie erfolgt, dann können die sich dort begegnenden Züge dieser Linie nicht gleichzeitig ein- und ausfahren, da sich deren Fahrstraßen entweder beim Einfahren oder beim Ausfahren kreuzen.

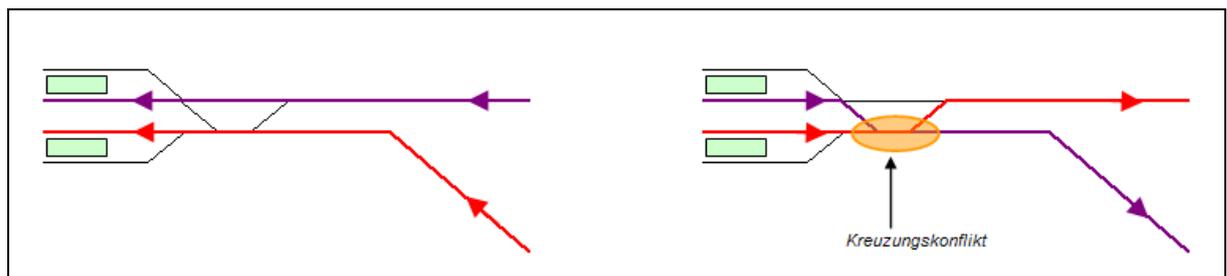


Abbildung 3-24: Kreuzungskonflikt bei Fahrtrichtungswechsel

3. Grundlagen des Integrierten Taktfahrplans

Dieser Umstand muss bei der Festlegung der Ankunfts- und Abfahrtszeiten berücksichtigt werden und spielt vor allem bei Kopfbahnhöfen eine Rolle.

Im Beispiel aus Abbildung 3-25 ergeben sich Verschiebungen der Fahrzeiten zwischen den Taktknoten infolge der Berücksichtigung einer Pufferzeit von 2' zwischen den kreuzenden Fahrten (siehe auch Kapitel 3.4.5). Weiters muss das Umsteigen von der im Knoten A abzweigenden Linien in Richtung C und umgekehrt bahnsteiggleich erfolgen, da ansonsten die Übergangszeit zu kurz wäre (siehe auch Kapitel 3.4.2). Alternativ dazu müsste die Ankunft der abzweigenden Linie bereits um ..26 statt um ..27 erfolgen, um in beide Richtungen (B und C) eine ausreichende Übergangszeit zu ermöglichen.

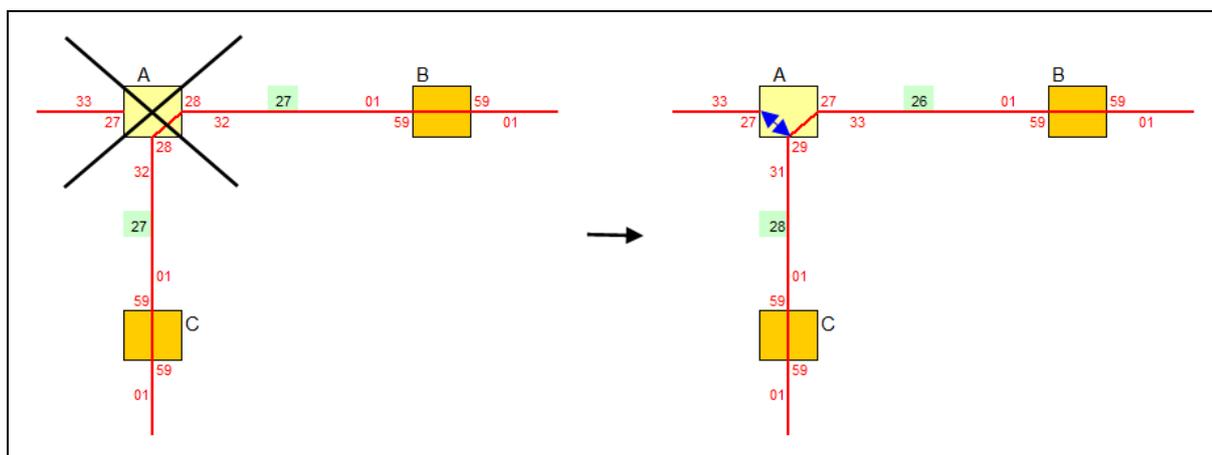


Abbildung 3-25: Fahrplansystematik bei einem Knoten mit Fahrtrichtungswechsel

Mit passenden Über- oder Unterwerfungen kann jedoch auch bei Fahrtrichtungswechsel ein gleichzeitiges Ein- und Ausfahren ermöglicht werden.

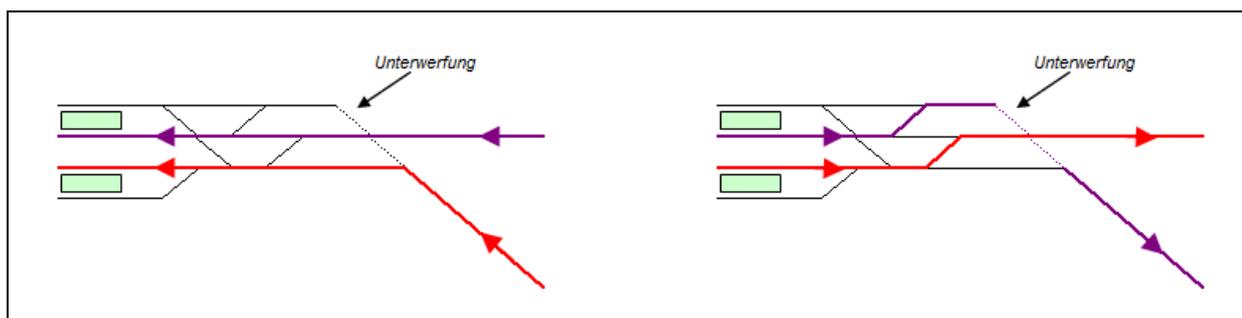


Abbildung 3-26: Unterwerfung zur Vermeidung eines Kreuzungskonfliktes bei Fahrtrichtungswechsel

Ein Beispiel dafür ist der Kopfbahnhof Zürich HB, wo zahlreiche Fernverkehrslinien von der Ost- in die Westschweiz ihre Fahrtrichtung wechseln. Durch eine entsprechende Einbindung der Linie von Zürich Wipkingen, die von den Zügen aus St. Gallen, Konstanz oder Romanshorn benutzt wird, kann für durchgebundene Züge nach bzw. von Richtung Olten, Bern, Biel/Bienne ein Kreuzungskonflikt beim Ein- bzw. Ausfahren vermieden werden.

3. Grundlagen des Integrierten Taktfahrplans

Bei zweigleisigen Strecken wie hier ist es dafür aber zusätzlich erforderlich, dass die Züge von einer Strecke im Rechtsfahrbetrieb und von der anderen im Linksfahrbetrieb in den Kopfbahnhof einfahren. Aus diesem Grund gibt es bereits einige Kilometer westlich von Zürich auf Höhe des Rangierbahnhofs Limmattal eine Überwerfung, mit der auf der Strecke von Olten vom in der Schweiz üblichen Linksfahrbetrieb kreuzungsfrei auf den Rechtsfahrbetrieb gewechselt wird. Mit dieser Überwerfung wird gleichzeitig der Übergang vom viergleisigen Richtungsbetrieb auf den Linienbetrieb (eine zweigleisige Strecke für den Fernverkehr, die zweite für den S-Bahn-Verkehr) gewechselt.

Eine stark vereinfachte Darstellung dieser Gleiskonfiguration ist aus Abbildung 3-27 ersichtlich.

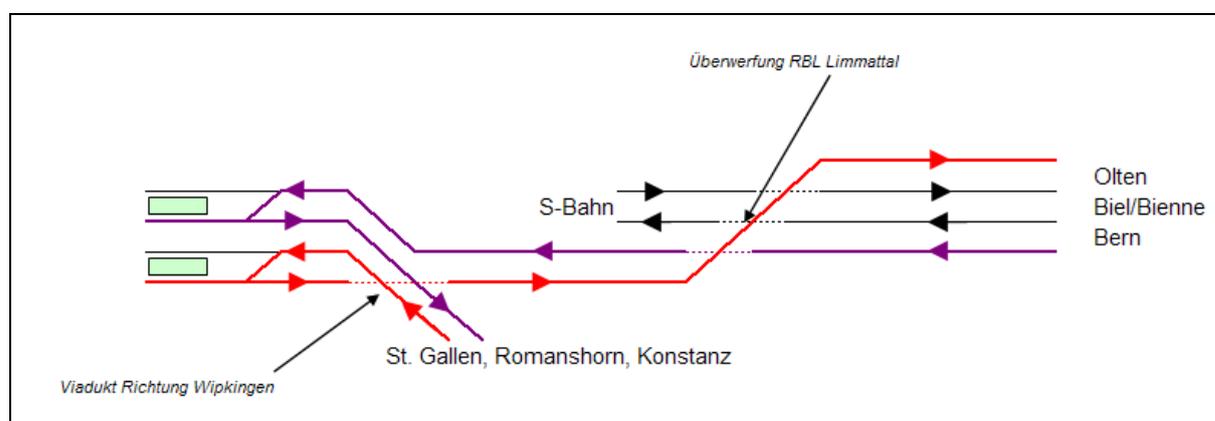


Abbildung 3-27: Gleiskonfiguration im Zulauf auf Zürich HB (stark vereinfacht)

4. Konzeption eines Integrierten Taktfahrplans

In einem ersten Schritt werden mögliche Zielkantenfahrzeiten ermittelt, deren Umsetzbarkeit mit dem gewählten Zeithorizont angepassten Maßnahmen möglich erscheint.

Aus den Kantenfahrzeiten ergeben sich die erforderlichen fahrplanmäßigen Fahrzeiten zwischen den Knoten. Dabei sind die anteiligen Knotenaufenthaltsdauern von besonderer Bedeutung.

Während die Kantenfahrzeiten nur in sehr großen Schritten und mit meist weitreichenden Auswirkungen auf das Netz veränderbar sind, besteht durch Modifikationen in den Knoten die Möglichkeit, die erforderlichen fahrplanmäßigen Fahrzeiten auf den Strecken in die eine oder andere Richtung im Minutenbereich zu beeinflussen, um den Fahrzeitverkürzungsbedarf lokal besser zu verteilen.

Aus der fahrplanmäßigen Zielfahrzeit ergibt sich wiederum ein Fahrzeitunterschied zu einem Referenzzustand, der durch geeignete Maßnahmen ausgeglichen werden muss. Der zu überwindende Fahrzeitunterschied zu einem gewünschten Soll-Zustand ist aber nicht nur von der Zielfahrzeit abhängig, sondern auch vom Ausmaß der Fahrzeitreserven und von den fahrdynamischen Eigenschaften des eingesetzten Fahrzeuges.

Erst nach Festlegung von Zielfahrzeit, Fahrzeitreserve und Fahrzeugeigenschaften können die richtigen Maßnahmen zur Erreichung des Zielzustandes benannt werden.

Bei der Wahl der Maßnahmen besteht dabei eine relativ hohe Flexibilität, die von entfallenden Zwischenhalten über erhöhte Bogengeschwindigkeiten bis zu Linienverbesserungen reicht.

Maßnahmen zur Fahrzeitverkürzung sind ausschließlich nach ihrem Teilbeitrag zur Erreichung einer bestimmten Zielfahrzeit zu beurteilen; die effizientesten Maßnahmen sollen letztendlich zur Umsetzung ausgewählt werden.

Eine konkrete Streckenausbaugeschwindigkeit kann dabei nie ein formulierter Zielzustand sein, sondern nur eines von mehreren Merkmalen eines die Fahrzeitanforderung in Summe erfüllenden Maßnahmenbündels.

Vorgehensweise beim Infrastrukturausbau

Die ideale Vorgehensweise für einen Infrastrukturausbau basierend auf dem Integrierten Taktfahrplan ist in Abbildung 4-1 dargestellt.

4. Konzeption eines Integrierten Taktfahrplans

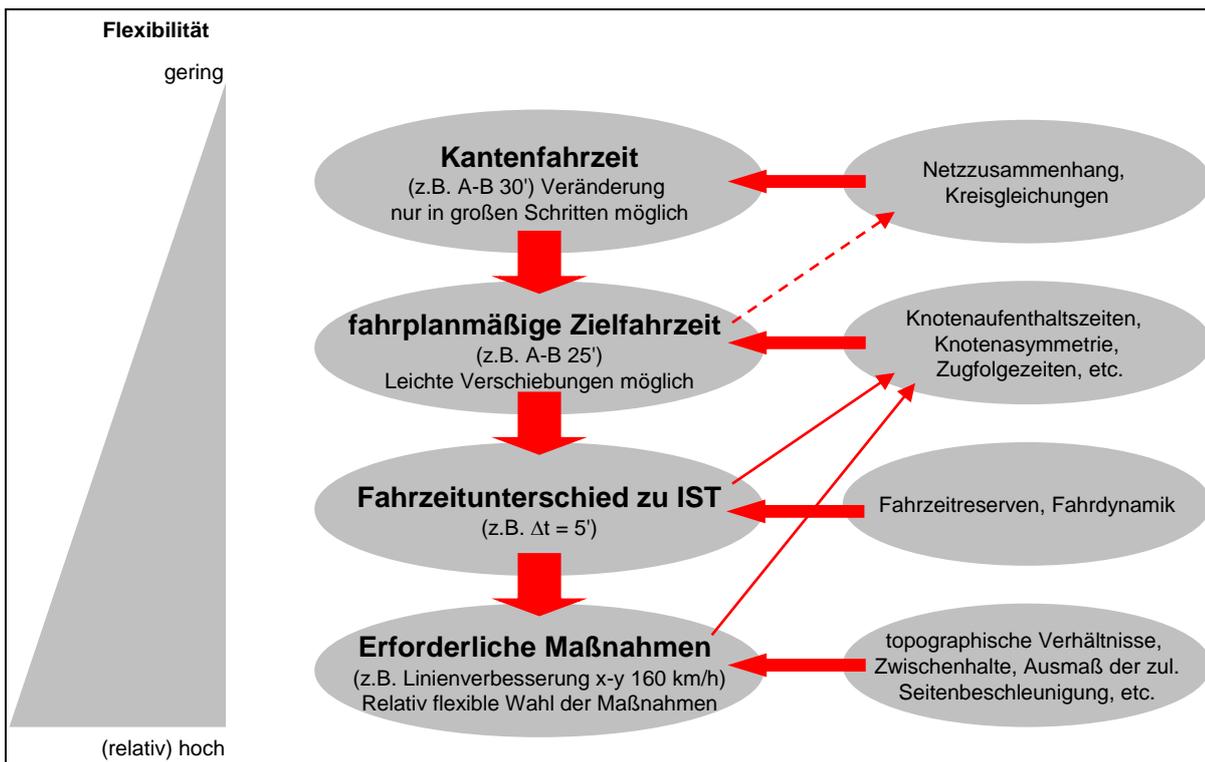


Abbildung 4-1: Vorgehensweise für einen zielgerichteten, ITF-kompatiblen Infrastrukturausbau

Natürlich müssen die gewählten Kantenfahrzeiten mit realistischen Maßnahmen möglich sein und natürlich besteht auch die Möglichkeit für Rückkoppelungen. Aber im Wesentlichen bestimmen die Kantenfahrzeiten, in welcher Art der Infrastrukturausbau erfolgen muss.

Diese Vorgehensweise steht in konträrem Gegensatz zur "klassischen" Vorgehensweise, bei der sich ausgehend von einer mehr oder weniger willkürlich festgelegten Ausbaugeschwindigkeit die zwischen zwei Knoten mögliche Fahrzeit ergibt (vgl. Abbildung 4-2).

4. Konzeption eines Integrierten Taktfahrplans

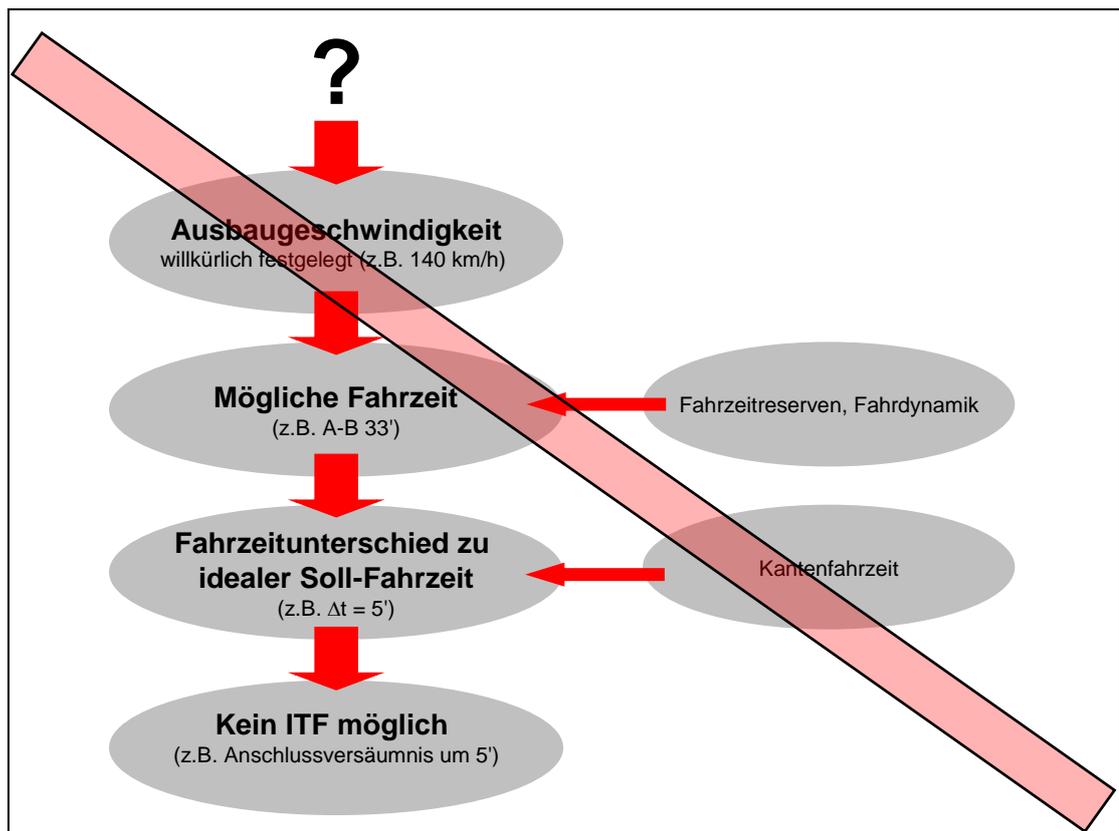


Abbildung 4-2: "Klassische" Vorgehensweise beim Infrastrukturausbau

4.1. Kantenfahrzeiten

Die Festlegung sinnvoller Kantenfahrzeiten ist in der Regel ein iterativer Prozess. Zum einen sollen die mathematischen Bedingungen in Form der Begegnungs- und der Kreisgleichung erfüllt, zum anderen ist die Umsetzbarkeit und Verhältnismäßigkeit von allenfalls erforderlichen Maßnahmen zur Fahrzeitverkürzung zu berücksichtigen.

Darüber hinaus sollen auch zusätzliche Überlegungen der Fahrplankonzeption wie z. B. unterschiedlich schnelle Zugsysteme auf derselben Kante oder unterschiedliche Intervalle je nach Kante in die Überlegungen einfließen.

In den nachfolgenden Ausführungen wird eine strukturierte Möglichkeit zur Ermittlung sinnvoller Kantenfahrzeiten aufgezeigt. Dabei werden in einem ersten Schritt die Kantenfahrzeiten für den Grundtakt definiert, wobei dabei von einem einheitlichen Intervall und von keinen unterschiedlich schnellen Zugsystemen ausgegangen wird.

In einem zweiten Schritt erfolgt eine Modifikation der Kantenfahrzeiten, bei der einerseits die Umsetzbarkeit und Verhältnismäßigkeit von Maßnahmen und andererseits die oben erwähnten fahrplankonzeptionellen Überlegungen berücksichtigt werden.

In den nachfolgenden Überlegungen wird von einem Taktintervall von 60' als Grundangebot ausgegangen, die Überlegungen gelten aber unter Berücksichtigung des entsprechenden Umrechnungsfaktor auch für beliebige andere Taktintervalle.

4.1.1. Ermittlung der Kantenfahrzeiten

4.1.1.1. Definition der Kanten und Knoten

Zunächst sind die maßgeblichen Kanten und Knoten zu definieren. Maßgebliche Kanten sind alle Kanten, auf denen ein vertakteter Fernverkehr angeboten werden soll. Zusätzlich können auch Kanten mit einem beschleunigten Regionalverkehr berücksichtigt werden, wenn diese als bedeutende Querverbindung zweier Fernverkehrslinien eine netzbildende Funktion haben.

Maßgebliche Knoten sind zum einen jene, an denen drei oder mehr Fernverkehrslinien aufeinander treffen. Zum anderen sollen auch wichtige Umsteigeknoten zwischen Fern- und Regionalverkehr berücksichtigt werden.

4.1.1.2. Vorhandene Kantenfahrzeiten

Weiters stellen die auf Basis der bestehenden möglichen Kantenfahrzeiten einen wichtigen Ausgangswert dar, da sich auf deren Basis der Fahrzeitverkürzungsbedarf ergibt.

Die vorhandenen Kantenfahrzeiten ergeben sich aus den fahrplanmäßigen Fahrzeiten zwischen zwei Knoten zuzüglich der anteiligen Knotenaufenthaltsdauern.

4.1.1.3. Modifikation der Knoten

Wenn die vorhandene Kantenfahrzeit zwischen zwei Knoten unter dem halben Taktintervall liegt, muss entweder die Kantenfahrzeit künstlich gedehnt werden oder aber es kann nur an einem der beiden Knoten ein vollwertiger Taktknoten eingerichtet werden.

Eine Fahrzeitverlängerung kommt nur dann in Frage, wenn sie nur wenige Minuten beträgt. In der Regel muss in solchen Fällen einer der beiden Knoten aufgelöst werden.

4.1.1.4. Soll-Kantenfahrzeiten

Auf Basis der Knoten und Kanten sowie der vorhandenen Kantenfahrzeiten können Soll-Kantenfahrzeiten ermittelt werden. Dabei sind die Begegnungs- und Kreisgleichungen zu erfüllen.

Bei einfachen Netzen ist dabei eine manuelle, iterative Festlegung der Kantenfahrzeiten unter Abwägung der mit realistischen Maßnahmen möglichen Fahrzeitverkürzungen kein besonderes Problem. Bei größeren Netzen ist hingegen eine automatisierte Ermittlung von Kantenfahrzeiten sinnvoll.

Für eine automatisierte Ermittlung optimaler Kantenfahrzeiten in einem realen Netz ist eine entsprechende Zielfunktion erforderlich. Eine Minimierung der Kantenfahrzeiten

4. Konzeption eines Integrierten Taktfahrplans

stellt eine theoretisch mögliche Zielfunktion dar, die dadurch erfüllt wird, dass alle Kantenfahrzeiten 0 betragen.

Praxistauglichere Zielfunktionen basieren daher auf den erforderlichen Fahrzeitveränderungen gegenüber der vorhandenen Kantenfahrzeit. Im einfachsten Fall kann die Zielfunktion eine Minimierung der erforderlichen Fahrzeitveränderungen sein [26].

Diese Zielfunktion kann z. B. durch eine Gewichtung der Fahrzeitveränderungen mit der Bedeutung der jeweiligen Kante oder durch eine Verknüpfung der Fahrzeitveränderungen mit dazu erforderlichen konkreten Maßnahmen und Kosten erweitert werden [26].

Unter Berücksichtigung der erforderlichen Fahrzeitveränderungen können die Begegnungs- bzw. Kreisgleichungen wie folgt formuliert werden:

$$t_{k,vorh} - \Delta t = n \cdot T/2$$

$$\sum t_{k,vorh} - \Delta t = n \cdot T$$

mit:

$t_{k,vorh}$	vorhandene Kantenfahrzeit
Δt	erforderliche Fahrzeitveränderung
n	natürliche Zahl
T	Taktintervall

EDV-Programme zur automatisierten Ermittlung von Kantenfahrzeiten wurden bereits in der Vergangenheit entwickelt. Beispiele dafür wurden in [27] und [26] vorgestellt.

4.1.2. Modifikation der Kantenfahrzeiten

Zur grobe Abschätzung der Umsetzbarkeit einer Kantenfahrzeit kann aus der Kantenfahrzeit die fahrplanmäßige Fahrzeit errechnet werden und daraus wiederum unter Berücksichtigung der Halte (inkl. Beschleunigungs- und Bremsvorgang) eine durchschnittlich erforderliche Ausbaugeschwindigkeit ermittelt werden.

Anhand der jeweiligen topographischen Verhältnisse sowie der Bedeutung der jeweiligen Kante kann sodann eine Abschätzung der Umsetzbarkeit sowie der Verhältnismäßigkeit der allenfalls erforderlichen Maßnahmen getroffen werden.

4. Konzeption eines Integrierten Taktfahrplans

Wenn die idealtypische Kantenfahrzeit Fahrzeitverkürzungen erfordert, die nicht oder nur mit unverhältnismäßig aufwändigen Maßnahmen erreicht werden können, ist eine Modifikation der Kantenfahrzeit erforderlich.

4.1.2.1. Veränderung der Kantenfahrzeit um +/- 60 Minuten

Bei einem Stundentakt als Grundangebot kann die Kantenfahrzeit jedoch nur um +/- 60 Minuten verändert werden, ohne dass es Auswirkungen auf andere Kanten gibt.

4.1.2.2. Veränderung der Kantenfahrzeit um +/- 30 Minuten

Veränderungen einer Kantenfahrzeit um +/- 30 Minuten führen in einem geschlossenen Kreis dazu, dass die Kreisgleichung nicht mehr erfüllt ist und Anschlüsse verloren gehen. Im Beispiel aus Abbildung 4-3 können infolge der Verlängerung der Kantenfahrzeit FG um 30 Minuten im Knoten F die Anschlüsse nicht mehr hergestellt werden, da die Kante FG an diesen Knoten um eine halbe Stunde versetzt "andockt".

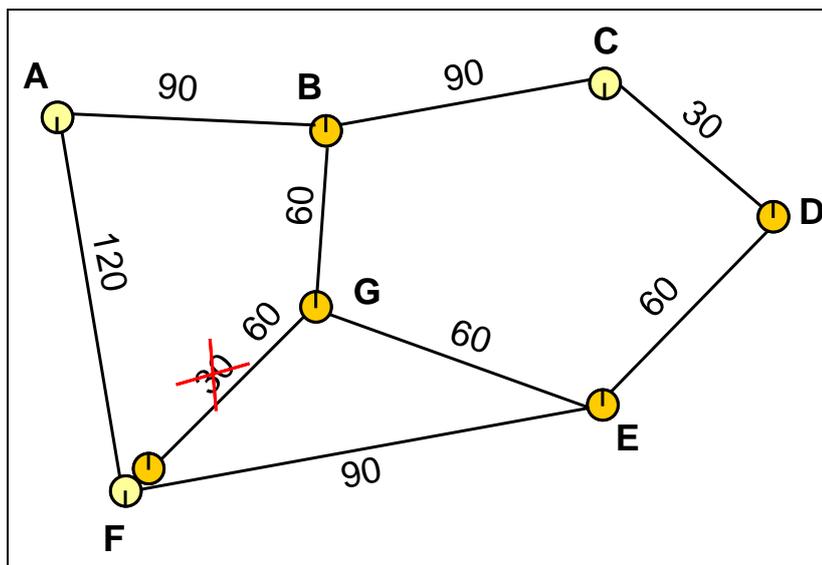


Abbildung 4-3: Auswirkung der Veränderung einer Kantenfahrzeit um 30' auf die Knotenstruktur

Um die Anschlüsse in F zu ermöglichen, müssen daher auch andere Kantenfahrzeiten um jeweils 30 Minuten verändert werden (vgl. Abbildung 4-4). Mit einer Verlängerung der Kantenfahrzeiten EF und AF um jeweils 30 Minuten würde F auch in Bezug auf diese Kanten zu einem Taktknoten zur Minute 30 werden.

Alternativ dazu könnte auch die Kantenfahrzeit AF um 30 Minuten verkürzt statt verlängert werden (von ursprünglich 120 auf 90 statt 150 Minuten).

4. Konzeption eines Integrierten Taktfahrplans

Anhand von Abbildung 4-6 zeigt sich, dass man bei Veränderung einer Kante um 30 Minuten einen Schnitt durch das Netz ziehen kann, entlang dessen alle Kanten ebenfalls um 30 Minuten verändert werden müssen.

Derartig weit reichende Veränderungen von Kantenfahrzeiten sind nur dann sinnvoll, wenn durch längere Kantenfahrzeiten auch an anderer Stelle die Situation entspannt wird und unverhältnismäßige Infrastrukturmaßnahmen vermieden werden können oder wenn – bei einer Verkürzung – auch die kürzere Kantenfahrzeiten mit verhältnismäßigen Maßnahmen erreicht werden kann.

Dabei soll jedenfalls die Bedingung eingehalten werden, dass die Summe der Veränderungen der Kantenfahrzeiten in jedem Kreis dem Taktintervall oder einem Vielfachen davon entspricht. Nur dann erfüllt auch das modifizierte Netz alle Kreisgleichungen.

Unter Umständen lässt es sich jedoch nicht vermeiden bzw. ist es zweckmäßiger, auf die Erfüllung aller Kreisgleichungen und somit auf einzelne Umsteigebeziehungen zu verzichten.

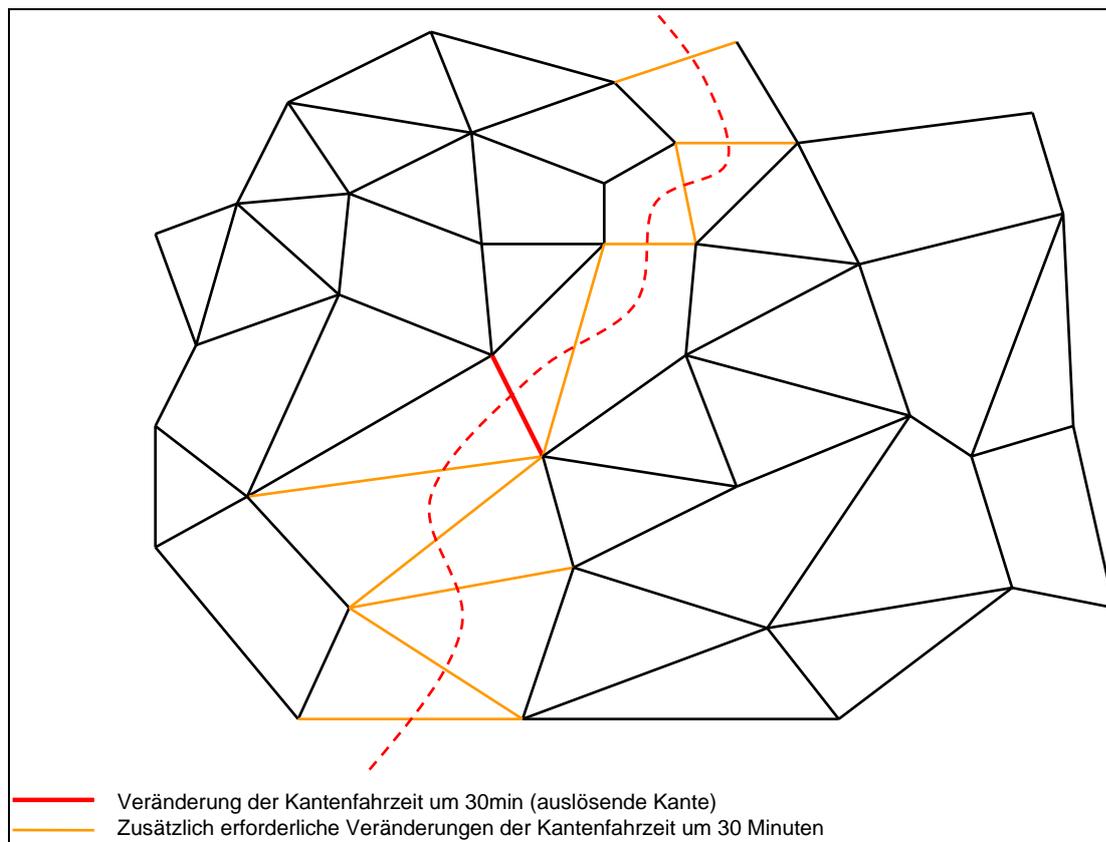


Abbildung 4-6: Großräumige Auswirkungen von Kantenfahrzeitveränderungen um 30'

4. Konzeption eines Integrierten Taktfahrplans

4.1.2.3. Auflösen von Knoten

Unter Umständen können auch Knoten aufgelöst werden, das heißt Kantenfahrzeiten gewählt werden, welche die Begegnungsgleichung nicht erfüllen. Dadurch müssen jedenfalls bestimmte Umsteigebeziehungen entfallen, außerdem werden die Möglichkeiten für eine optimale Anbindung des Regionalverkehrs erschwert, da die Fernverkehrszüge nicht mehr einheitlich zur Symmetriezeit im Knoten sind, sondern auf verschiedene Zeitpunkte in der Stunde verteilt sind.

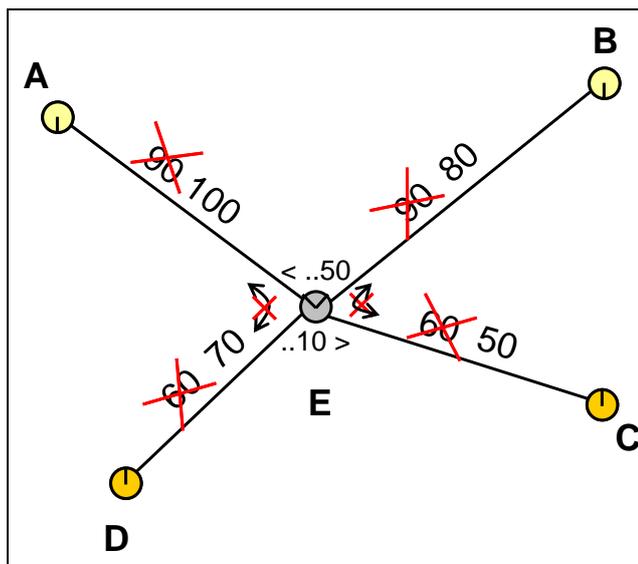


Abbildung 4-7: Auflösen eines Taktknotens

Im Beispiel in Abbildung 4-7 wird der Taktknoten in E aufgelöst. Die Ankünfte aus A und D sowie die Abfahrten nach C und B erfolgen um die Minute 10, die Ankünfte aus B und C bzw. die Abfahrten nach A und D um die Minute 50.

Somit bestehen in den Relationen AD und BC keine schlanken Anschlüsse mehr, während die Relationen AC, AB, BD und CD weiterhin möglich sind. Weiters wird durch die uneinheitlichen Abfahrts- bzw. Ankunftszeiten des Fernverkehrs eine Anbindung des Nahverkehrs erschwert.

4.1.2.4. Einrichtung von Halbknoten

Wenn beim Auflösen eines Taktknotens Kantenfahrzeiten gewählt werden, die zwar nicht einem halben Vielfachen des Taktintervalls entsprechen, sondern einem Vielfachen eines Viertels des Taktintervalls (also z. B. 15 oder 45 Minuten bei einem Stundentakt), kommt es bei einem Stundentakt zu so genannten Halbknoten zu den Minuten ..15 und ..45 (im Gegensatz zu einem Vollknoten zur Minute ..00 oder ..30). Die Fernverkehrszüge sind auf diese beiden Halbknoten aufgeteilt und es bestehen daher nicht mehr alle Umsteigemöglichkeiten im Fernverkehr.

In Ballungszentren kann jedoch von einem Nahverkehr im Halbstundentakt ausgegangen werden, sodass dann die Umsteigebeziehungen zwischen Fern- und

4. Konzeption eines Integrierten Taktfahrplans

Nahverkehr sowie innerhalb des Nahverkehrs trotzdem optimal gestaltet werden können.

Die Einrichtung derartiger Halbknoten ist daher in Ballungszentren mit dichtem Nahverkehr unter Umständen eine sinnvolle Maßnahme zur Modifikation der Kantenfahrzeiten.

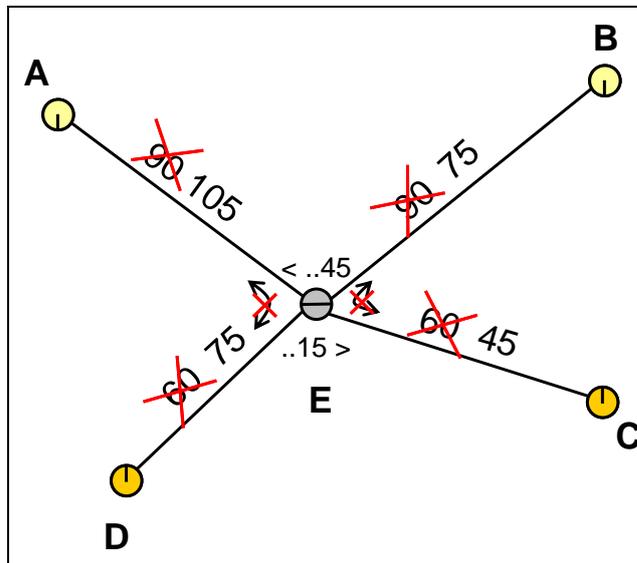


Abbildung 4-8: Einrichtung eines Halbknotens

Aus Abbildung 4-8 ist ersichtlich, dass im Fernverkehr dieselben Umsteigerelationen entfallen, wie beim Auflösen eines Knotens. Dadurch dass die Fernverkehrszüge nun aber um eine halbe Stunde (statt um 20/40 Minuten) versetzt sind, können bei einem Halbstundentakt im Nahverkehr trotzdem optimale Umsteigeverbindungen zwischen Fern- und Nahverkehr geschaffen werden.

4.1.3. Selektiver Halbstundentakt

Wenn auf einer oder mehreren Kanten in einem Kreis ein dichterer Takt als im restlichen Netz angeboten wird, muss in diesem Kreis die Kreisgleichung nicht unbedingt erfüllt sein, ohne dass es zu gravierenden Verschlechterungen der Umsteigebeziehungen kommt.

4. Konzeption eines Integrierten Taktfahrplans

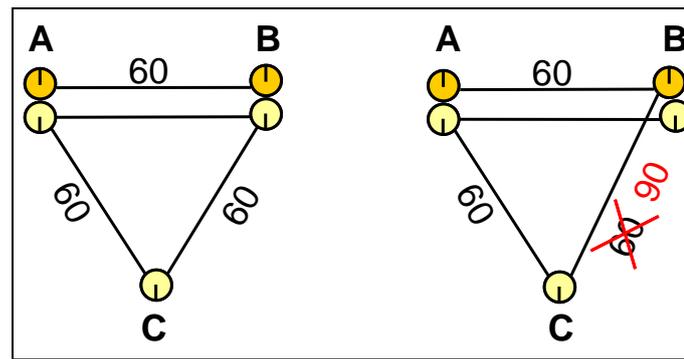


Abbildung 4-9: Verzicht auf die Erfüllung der Kreisgleichung bei einem halbierten Taktintervall auf einer Kante

Aus Abbildung 4-9 ist ersichtlich, dass in einem Kreis mit den Kanten AB, BC, und CA bei einem Halbstundentakt zwischen A und B, die Kantenfahrzeit zwischen B und C nicht unbedingt 60 Minuten betragen muss, womit die Kreisgleichung erfüllt wäre.

Die Kantenfahrzeit der Kante BC kann auch auf 90 Minuten angehoben werden um z. B. aufwändige Infrastrukturmaßnahmen zwischen B und C zu vermeiden. Der Eckanschluss in B wird dann mit dem Zusatzzug AB hergestellt.

Dadurch dass die Kreisgleichung aber nicht erfüllt ist, kommt es bei Rundfahrten im Kreis entweder in A oder in B zu einer halbstündigen Wartezeit.

Echte Rundfahrten im Kreis haben keine relevante praktische Bedeutung, allerdings ist auch bei Fahrten von nahe an B gelegenen Zwischenhalten der Kante BC zu nahe an A gelegenen Zwischenhalten der Kante AC, für die der Weg über B und A (mit zweimaligem Umsteigen) grundsätzlich schneller ist als die Fahrt über B, entweder in A oder in B eine halbstündige Wartezeit erforderlich. Es kann allerdings davon ausgegangen werden, dass auch diese Fahrten über zwei Knoten nur eine geringe Bedeutung haben.

4.1.4. Halbknoten mit selektivem Halbstundentakt

Durch die Einrichtung eines Halbstundentaktes auf einzelnen Kanten im Zulauf auf einen so genannten Halbknoten (vgl. Kapitel 4.1.2.4) können die Nachteile eines Halbknotens teilweise oder gänzlich kompensiert werden. Im nachfolgenden Beispiel kann durch einen Halbstundentakt DE der Anschluss in der Relation AD wieder hergestellt werden (Abbildung 4-10). Durch eine Ausweitung des Halbstundentaktes auf die Relation EC kann auch der Anschluss in der Relation BC ermöglicht werden (Abbildung 4-11).

4. Konzeption eines Integrierten Taktfahrplans

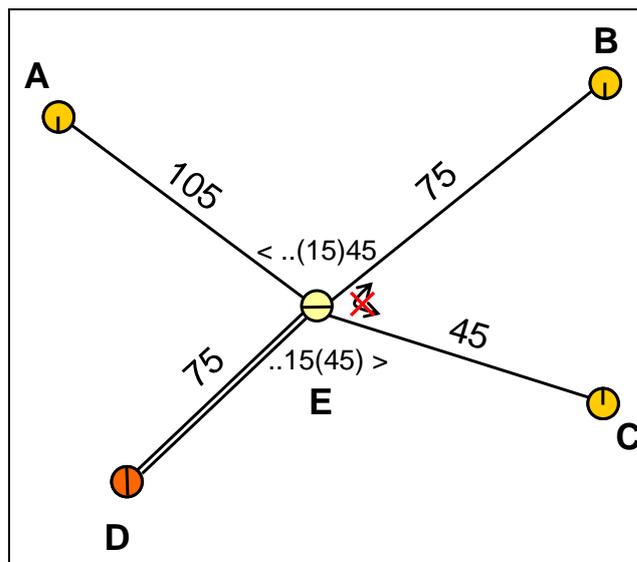


Abbildung 4-10: Selektive Herstellung der Umsteigebeziehungen durch selektiven Halbstundentakt

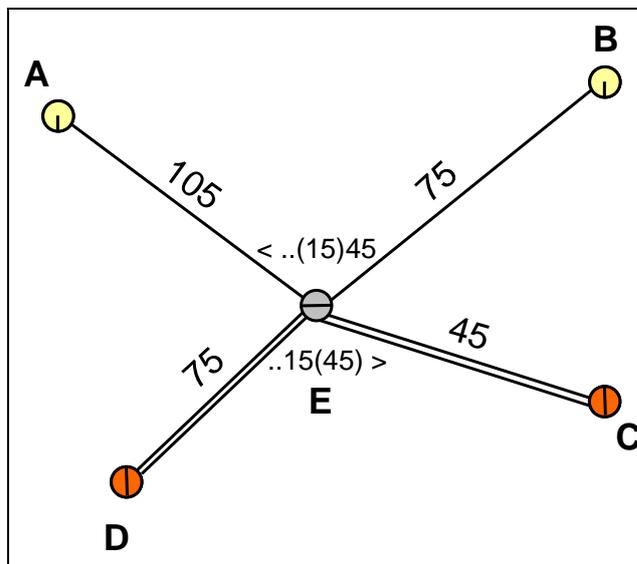


Abbildung 4-11: Gänzliche Herstellung der Umsteigebeziehungen durch erweiterten selektiven Halbstundentakt

4.1.5. Einbeziehung unterschiedlich schneller Zugsysteme

Auf ausgewählten, stark nachgefragten Relationen gibt es in der Fahrplanpraxis oft zwei verschieden schnelle Zugsysteme im Fernverkehr. In Tabelle 4-1 sind dazu einige Beispiele angeführt.

	Langsameres Zugsystem		Schnelleres Zugsystem		
	Zwischenhalte	Fahrzeit	Bezeichnung	Zwischenhalte	Fahrzeit
Wien Westbf – Salzburg Hbf	8	3h05	Railjet	2	2h39
Praha hl. n. – Ostrava hl. n.	8	3h50	SuperCity	3	3h04
Roma Termini – Bologna Centrale	6	4h06	Alta Velocità	1	2h22

Tabelle 4-1: Beispiele unterschiedlich schneller Zugsysteme im Fahrplan 2010

Während das schnellere Zugsystem primär die großen Ballungszentren bedient, dient das langsamere Zugsystem in der Regel der Anbindung weiterer überregionaler Zentren

4. Konzeption eines Integrierten Taktfahrplans

und Knoten an den Fernverkehr. Aus diesem Grund ist auch das langsamere Zugsystem bei der Konzeption eines Integrierten Taktfahrplans maßgebend.

Das jeweils schnellere Zugsystem soll jedoch trotzdem so gut wie möglich in den Taktfahrplan integriert sein und in diesem keinen Fremdkörper darstellen.

In Abhängigkeit vom Ausmaß des Fahrzeitunterschiedes zwischen den beiden Zugsystemen können bei der Berücksichtigung in einem Integrierten Taktfahrplan zwei Fälle unterschieden werden.

An einem Ende der von beiden Zugsystemen bedienten Strecke sollen in jedem Fall beide Zugsysteme in denselben Taktknoten eingebunden sein. Der langsamere Zug verlässt den Knoten kurz nach dem schnelleren Zug bzw. kommt in der Gegenrichtung kurz vor dem schnelleren Zug an. Im weiteren Streckenverlauf wächst der zeitliche Abstand zwischen den beiden Zügen kontinuierlich an, da der langsamere Zug auch die Unterwegsknoten und weitere Zwischenhalte bedient. Je nach Länge der von beiden Zügen befahrenen Strecke sollte über die Gesamtstrecke ein Fahrzeitunterschied von einem vollen oder halben Taktintervall angestrebt werden.

Im Fall 1 ist der schnellere Zug am Ende der Strecke wieder in den Taktknoten des Grundtaktes eingebunden. Die Ankunft dort erfolgt kurz nach jenem Grundtakt-Zug, der am Ausgangsbahnhof eine Stunde vor Abfahrt des schnelleren Zuges abgefahren ist.

Im Fall 2 entspricht der erzielbare Fahrzeitunterschied nur dem halben Taktintervall. Das schnellere Zugsystem bildet dann am Ende der Strecke einen zweiten, um eine halbe Stunde versetzten Taktknoten.

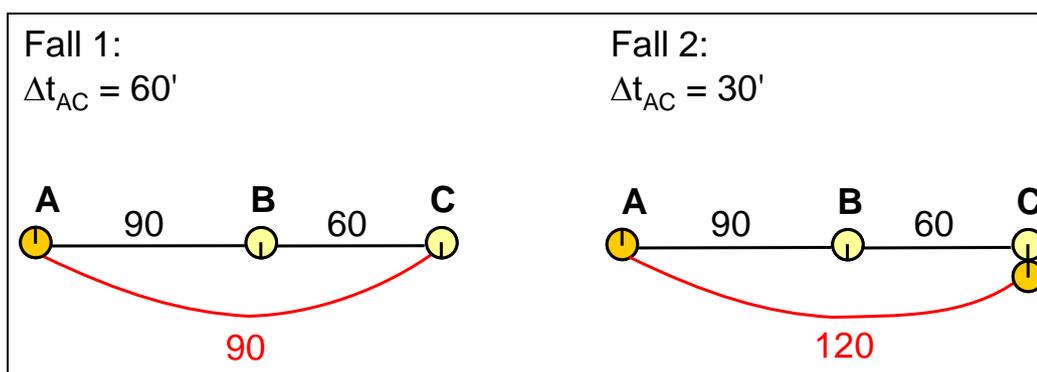


Abbildung 4-12: Unterschiedlich schnelle Zugsysteme in einer Knotensystematik

In Abbildung 4-12 sind diese beiden Fälle für einen Stundentakt beispielhaft dargestellt. Im Fall 1 werden A und C von beiden Zugsystemen zur gleichen Zeit bedient. Im Fall 2 trifft dies nur auf A zu, der Taktknoten in C wird um eine halbe Stunde versetzt bedient.

Der Unterwegsknoten B wird in beiden Fällen nur vom Grundtakt bedient. Das schließt zwar nicht aus, dass der schnellere Zug dort hält, allerdings wird der Halt des schnelleren Zuges in der Regel nicht zur Symmetriezeit erfolgen; somit bildet der schnellere Zug dort keinen Taktknoten.

4. Konzeption eines Integrierten Taktfahrplans

Fall 1 und Fall 2 haben unterschiedliche Vor- und Nachteile.

Eine Einbindung des schnelleren Zugsystems in den Taktknoten des Grundtaktes, die sich im Fall 1 sowohl in A als auch in C ergibt, ermöglicht zum einen, dass dort für beide Zugsysteme alle Umsteigebeziehungen möglich sind.

Zum anderen wird dadurch auch ermöglicht, dass der schnellere Zug jenseits des jeweiligen Taktknotens als Zug des Grundtaktes durchgebunden werden kann und im Sinne kurzer Reisezeiten auf längeren Strecken auch soll. Der Zug des Grundtaktes dient dann auch als Verteiler und Zubringer. Ein praktisches Beispiel dafür stellt der Knoten Salzburg im Fahrplan 2010 dar. Der IC-Grundtakt von Wien endet in der Regel in Salzburg. Stattdessen werden die schnelleren Railjet-Züge nach München bzw. Innsbruck weitergeführt. Der IC dient für die vom Railjet nicht bedienten Unterwegshalte zwischen Wien und Salzburg als Zubringer zum Railjet bzw. symmetrisch dazu als Verteiler in der Gegenrichtung.

Im Fall 2 ist das schnellere Zugsystem nur in A in den Taktknoten des Grundtaktes integriert. Dies ermöglicht wiederum eine flexiblere Wahl der Kantenfahrzeit bei den weiteren in den Knoten C eingebundenen Kanten, da hier auch die Aussagen aus Kapitel 4.1.3 bezüglich selektiver Intervallhalbierungen gelten und die weiteren Kanten in C sowohl an den Taktknoten des Grundtaktes als auch an den Taktknoten des schnelleren Zugsystems angebunden werden können.

Im Fall 2 sollte als der Endpunkt mit versetztem Taktknoten (hier C) jeweils jener Ort mit der höheren Zentralität ausgewählt werden. Große Städte mit zentraler Funktion für Wirtschaft und Tourismus haben eine in Relation zum Umsteigeverkehr höhere Bedeutung als Ausgangs- und Endpunkt von Reisen. Der Nachteil, dass nicht alle Züge in denselben Taktknoten eingebunden sind, sondern teilweise um 30 Minuten versetzt sind, ist an zentralen Orten weniger störend.

Berücksichtigung in den Kreisgleichungen

Unterschiedlich schnelle Zugsysteme können auch mittels der Kreisgleichung abgebildet werden, indem eine zusätzliche Kante eingeführt wird.

Wenn dabei das schnellere Zugsystem zwischen dem Anfangs- und Endpunkt eine um 30' kürzere Kantenfahrzeit als der Grundtakt aufweist, dann muss zusätzlich an jenem Endpunkt, an dem zwischen den beiden Zugsystemen ein Zeitversatz um 30' vorgesehen ist, ein zusätzlicher Taktknoten eingeführt werden. Dieser ist mit dem am selben Ort befindlichen Taktknoten des Grundtaktes durch eine virtuelle Kante mit der Kantenfahrzeit 30' verbunden. Diese virtuelle Kante ermöglicht einerseits die Berücksichtigung des schnelleren Zugsystems in Form einer zusätzlichen Kreisgleichung. Sie bildet andererseits auch die Wartezeit ab, die sich beim Umsteigen zwischen nicht an denselben Taktknoten angebundenen Linien ergibt.

4. Konzeption eines Integrierten Taktfahrplans

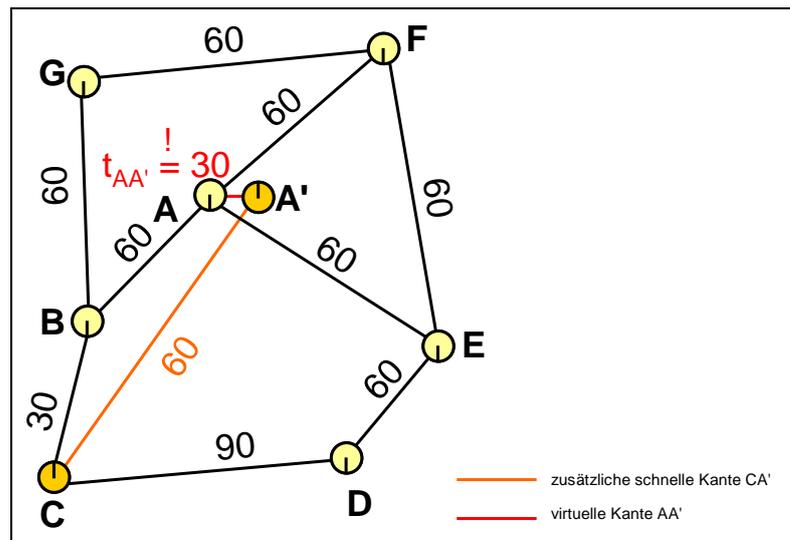


Abbildung 4-13: Zusätzliche schnelle Kante mit zeitversetztem Knoten A'

Im Beispiel aus Abbildung 4-13 ergeben sich folgende Kreisgleichungen:

Kreis 1: $t_{AB} + t_{BC} + t_{CD} + t_{DE} + t_{EA} = n \cdot T$

Kreis 2: $t_{EA} + t_{EF} + t_{FA} = n \cdot T$

Kreis 3: $t_{AB} + t_{BG} + t_{GF} + t_{FA} = n \cdot T$

neuer Kreis 4: $t_{AB} + t_{BC} + t_{CA'} + 30 = n \cdot T$

Wenn die Kante von F nicht an den Taktnoten A (und somit an den Grundtakt) angebunden werden muss, sondern die Wahlfreiheit zwischen der Anbindung an A oder A' ermöglicht werden soll, können die Kreisgleichungen wie folgt formuliert werden:

Kreis 1: $t_{AB} + t_{BC} + t_{CD} + t_{DE} + t_{EA} = n \cdot T$

Kreis 2: $t_{EA} + t_{EF} + t_{FA/A'} = \frac{1}{2} \cdot n \cdot T$

Kreis 3: $t_{AB} + t_{BG} + t_{GF} + t_{FA/A'} = \frac{1}{2} \cdot n \cdot T$

neuer Kreis 4: $t_{AB} + t_{BC} + t_{CA'} + 30 = n \cdot T$

In den Kreisen 2 und 3 darf die Summe der Kantenfahrzeiten nun auch einem halben Vielfachen des Taktintervalls entsprechen.

Um dabei sicherzustellen, dass die Kanten aus E und G in F nicht um das halbe Taktintervall versetzt sind, muss zusätzlich die Kreisgleichung für den linear unabhängigen Kreis ABGF EA erfüllt werden:

4. Konzeption eines Integrierten Taktfahrplans

neuer Kreis 5:

$$t_{AB} + t_{BG} + t_{GF} + t_{EF} + t_{EA} = n \cdot T$$

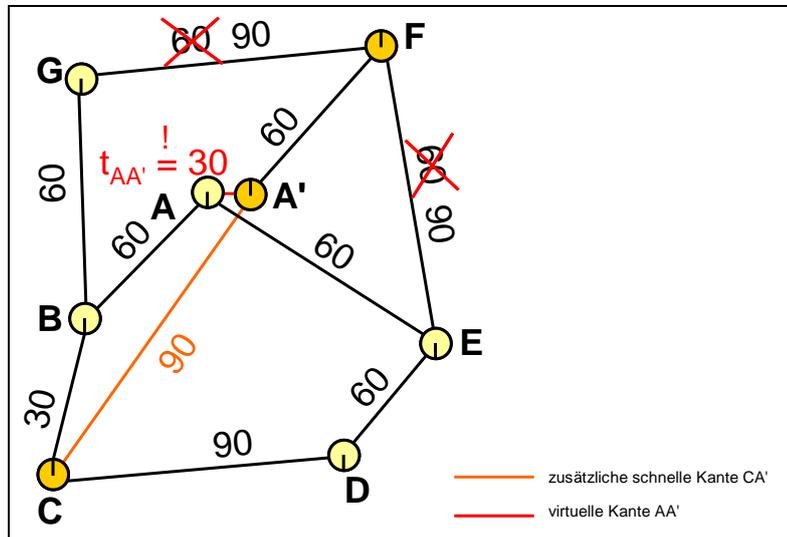


Abbildung 4-14: Erweiterte Flexibilität bei der Wahl der Kantenfahrzeiten durch unterschiedlich schnelle Zugsysteme

Die zusätzliche Kreisgleichung für den Kreis 5 bedingt, dass die durch die Anbindung an A' statt an A ermöglichte Veränderung der Summe der Kantenfahrzeiten für die Kreise 2 und 3 gleich hoch oder um ein ganzes Taktintervall verschieden ist. Dies kann sicher gestellt werden, indem Kantenfahrzeit entweder einer von beiden Kreisen gemeinsam benutzte Kante (hier FA') oder zweier nicht gemeinsam benutzten Kanten um jeweils ein halbes Taktintervall verändert wird. Letztere Vorgehensweise wurde im dargestellten Beispiel gewählt, in dem die Kantenfahrzeiten GF und EF um jeweils 30' angehoben wurden.

Die Kreisgleichung für den linear unabhängigen Kreis 5 muss jedoch nicht erfüllt werden, wenn für die Kante AF ein Halbstundentakt zugelassen wird und wenn auf den Anschluss EFG verzichtet werden kann.

Die bereits angesprochene höhere Flexibilität, die durch versetzte Taktknoten infolge eines schnelleren Zugsystems entsteht, kann somit auch in Form der Kreisgleichungen abgebildet werden. Selektive Halbstundentakte gemäß Kapitel 4.1.3 können dabei analog zu schnelleren Zugsystemen ebenfalls durch zusätzliche Taktknoten und virtuelle Kanten berücksichtigt werden.

Auswirkungen auf die erforderliche Fahrzeit und die Taktknotendauer

Wenn beide Zugsysteme an einem Ende oder an beiden Enden in denselben Taktknoten eingebunden sind, ist zu beachten, dass sich dadurch die Knotenaufenthaltsdauer für den Zug des Grundtaktes im Ausmaß der Zugfolgezeit verlängert, da dieser den

4. Konzeption eines Integrierten Taktfahrplans

Taktnoten erst nach dem schnelleren Zug verlassen kann bzw. in der Gegenrichtung bereits kurz davor ankommen muss.

Im gleichen Ausmaß sinkt die erforderliche Fahrzeit bis zum nächsten Knoten. Durch die zusätzliche Berücksichtigung eines schnelleren Zugsystems ergeben sich also ambitioniertere Fahrzeitanforderungen für den Grundtakt.

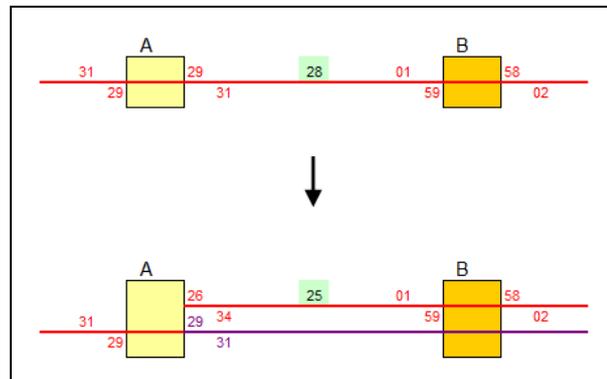


Abbildung 4-15: Erforderliche Fahrzeitverkürzung durch Einführung eines schnelleren Zugsystems

4.2. Systemfahrplan

Die definierten Kantenfahrzeiten sowie die erforderlichen anteiligen Knotenaufenthaltsdauern dienen als Grundlage für die Erstellung eines konkreten Systemfahrplans. Erst daraus sind die tatsächlichen erforderlichen fahrplanmäßigen Fahrzeiten zwischen den Knoten ersichtlich.

Dabei ist aber kein Fahrplan für den ganzen Tag erforderlich, aufgrund des sich stündlich wiederholenden Angebotes genügt ein Fahrplan für eine Musterstunde. Aus diesem Grund wurde hier dafür die Bezeichnung "Systemfahrplan" gewählt.

Für die Darstellung des Systemfahrplans bietet sich eine so genannte Netzgrafik an. Die Netzgrafik stellt das Liniennetz und dessen Fahrplan schematisch dar. Jede Zuglinie entspricht einer Linie in der Netzgrafik. Aus der Netzgrafik sind die Abhängigkeiten (z. B. Übergangszeiten beim Umsteigen) zwischen den einzelnen Linien in den Knoten auf den ersten Blick erkennbar.

In den vorangegangenen Kapiteln wurde zur Erläuterung von bestimmten Zusammenhängen bereits die Darstellungsform der Netzgrafik gewählt, wobei nur kleine Ausschnitte aus einem Netz dargestellt sind. Eine Legende befindet sich im Anhang dieser Arbeit.

Im Idealfall ergibt sich der Systemfahrplan mit allen Abfahrts- und Ankunftszeiten in den Knoten sowie den Fahrzeiten zwischen den Knoten aus den Kantenfahrzeiten und den anteiligen Knotenaufenthaltsdauern. In der Praxis sind jedoch oft kleinere Abweichungen von diesem Idealzustand erforderlich und auch sinnvoll, um mit ausgewogenen Maßnahmen das Auslangen zu finden. Damit ist Feinjustierung der

4. Konzeption eines Integrierten Taktfahrplans

Zielfahrzeiten im Minutenbereich gemeint, wodurch die Kantenfahrzeiten und somit das Grundprinzip des ITF nicht angetastet werden, aber leichte Verschiebungen des Maßnahmenbedarfs zwischen benachbarten Kanten ermöglicht werden.

Die Erstellung des Systemfahrplans ist daher ein iterativer Prozess, in den die Möglichkeiten der Feinjustierung der Zielfahrzeiten sowie die möglichen Maßnahmen zur Fahrzeitverkürzung einfließen.

4.3. Feinjustierung der Zielfahrzeiten

Nachstehend werden verschiedene Möglichkeiten zur Feinjustierung der Zielfahrzeiten vorgestellt. Diese dienen dazu, den Fahrzeitverkürzungsbedarf auf einzelnen Kanten zu minimieren. In den meisten Fällen geht dies aber mit einem höheren Fahrzeitverkürzungsbedarf auf anderen Kanten einher.

4.3.1.1. Knotenasymmetrie

Unter Umständen kann es sinnvoll sein, an einem Knoten für eine Kante den Systemkreuzungspunkt zur Symmetrieminute etwas außerhalb des Knotens zu legen. Dadurch kann für diese Kante eine etwas längere Fahrzeit zugelassen werden. Gleichzeitig kommen die Züge dieser Kante erst nach der Symmetrieminute am Knoten an, bzw. fahren in der Gegenrichtung bereits kurz davor ab.

Der Knoten kann dann dahingehend als "asymmetrisch" bezeichnet werden, dass der zeitliche Mittelpunkt zwischen der Ankunft eines Zuges und der Weiterfahrt (desselben Zuges) nicht mehr mit der Symmetrieminute zusammenfällt (z.B. Ankunft um ..01, Weiterfahrt um ..03 statt Ankunft um ..29 und Abfahrt um ..31). Der Fahrplan an sich bleibt dennoch symmetrisch, d. h. einer Ankunft um ..01 steht eine Abfahrt des Gegenzuges um ..59 gegenüber.

Eine derartige Knotenasymmetrie wiederum bedeutet, dass alle anderen Züge dementsprechend früher ankommen bzw. später abfahren müssen, um dennoch alle Anschlüsse zu gewährleisten. Auf diesen Kanten muss dann die Fahrzeit im jenem Ausmaß gekürzt werden, in dem sie auf der einen Kante verlängert wird.

4. Konzeption eines Integrierten Taktfahrplans

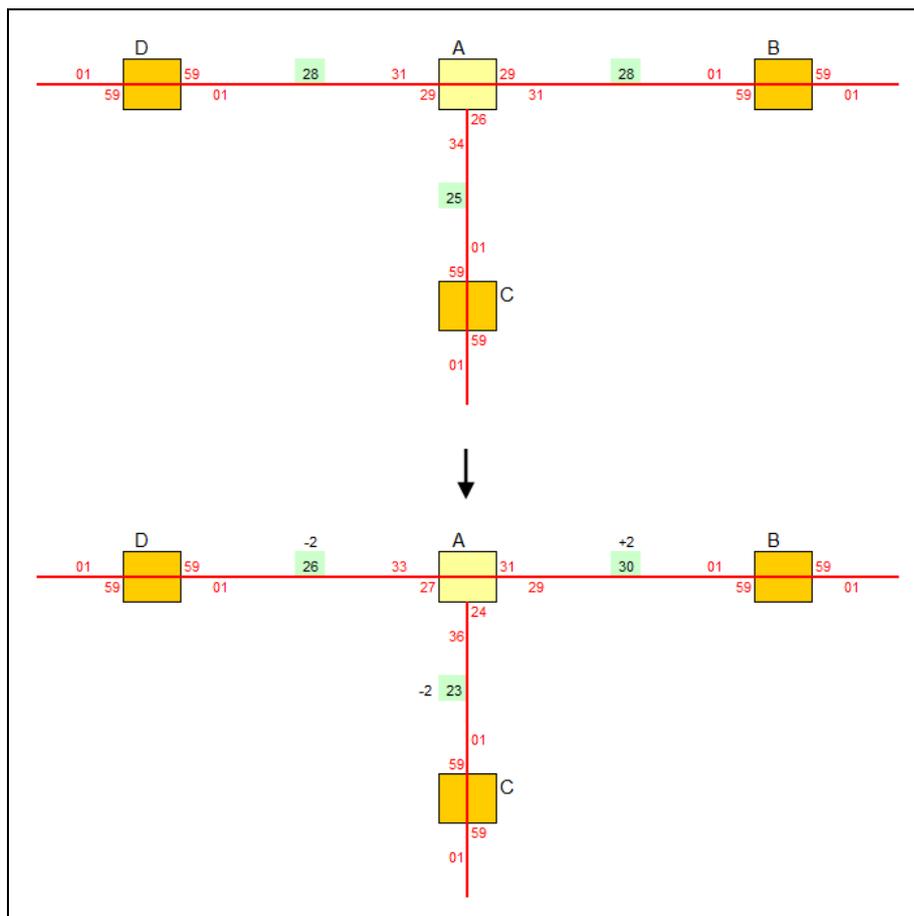


Abbildung 4-16: Knotenasymmetrie

Ein Beispiel dafür ist in Abbildung 4-16 dargestellt. Die Verlängerung der Fahrzeit AB um zwei Minuten erfordert gleichzeitig eine Verkürzung der Fahrzeiten AC und AD um ebenfalls jeweils zwei Minuten. Gleichzeitig verlängert sich dadurch die Knotendauer von 8 auf 12 Minuten. Auch die späteste Ankunft bzw. früheste Abfahrt für Zubringer- bzw. Verteilverkehre (Regionalzüge und Busse) verschieben sich um zwei Minuten, wodurch sich einerseits auch die Umsteigewartezeiten verlängern, andererseits wird dadurch unter Umständen auch auf den Zubringerlinien die Fahrzeitsituation angespannter.

Ein derartiger asymmetrischer Knoten kann dennoch unter Umständen sinnvoll sein, wenn auf einer Kante die ideale Zielfahrzeit nur schwer erreichbar ist, während auf allen anderen zulaufenden Kanten die idealen Zielfahrzeiten mit keinem oder insgesamt geringerem Aufwand im gleichem Ausmaß unterboten werden kann.

Es ist aber offensichtlich, dass in einem Knoten mit n zulaufenden Kanten, nur auf einer einzigen Kante die Fahrzeit erhöht werden darf, während sie gleichzeitig auf $n-1$ Kanten im selben Ausmaß verkürzt werden muss.

Eine Notwendigkeit für eine Knotenasymmetrie ergibt sich auch bei Linien mit Fahrtrichtungswechsel in einem Taktknoten (vgl. Kapitel 3.4.6).

4. Konzeption eines Integrierten Taktfahrplans

4.3.1.2. Abtausch der Einfahr- und Ausfahrreihenfolge

Bei zwei Zügen, die aufgrund eines Kreuzungskonfliktes oder eines von beiden Zügen benutzten Streckenabschnittes nicht gleichzeitig ausfahren bzw. einfahren können, kann die Reihenfolge der Abfahrt bzw. Ankunft umgekehrt werden. Dies ist dann sinnvoll, wenn dadurch das Ausmaß der erforderlichen Fahrzeitverkürzungen besser – das heißt im Sinne geringerer Investitionskosten – verteilt werden kann.

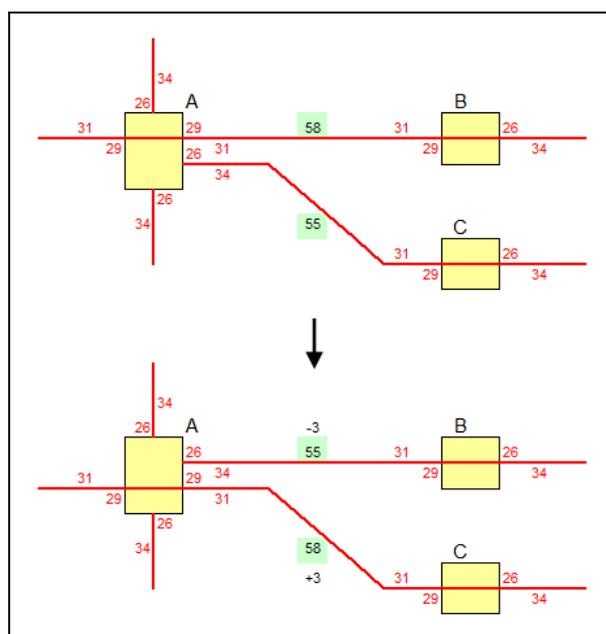


Abbildung 4-17: Abtausch der Einfahr- und Ausfahrreihenfolge

In Beispiel in Abbildung 4-17 kann durch einen Abtausch der Einfahr- bzw. Ausfahrreihenfolge der Züge nach/von B und C die Fahrzeit AC um drei Minuten gedehnt werden. Gleichzeitig muss die Fahrzeit AB um drei Minuten gekürzt werden, was insgesamt durchaus sinnvoll ist, wenn die kürzere Fahrzeit hier ohne oder mit geringerem Aufwand als zwischen A und C erreicht werden kann.

Im vorliegenden Beispiel ergibt sich dadurch aber gleichzeitig in A eine geänderte Durchbindung. Hier muss nun statt des Zuges von B der Zug von C durchgebunden, da ansonsten die Übergangszeit von C zu gering wäre.

Wenn jedoch unbedingt der Zug von B in A durchgebunden werden soll, dann muss für die Umsteigerelation von C eine entsprechende Übergangszeit (allenfalls bahnsteiggleiches Umsteigen) vorgesehen werden, wodurch sich in diesem Beispiel aufgrund des nur zweiminütigen Haltes im Falle einer Durchbindung insgesamt wieder ein erhöhter Fahrzeitverkürzungsbedarf ergibt.

Eine derartige Auswirkung auf Durchbindungen muss es nicht immer geben, anhand des Beispiels soll jedoch gezeigt werden, welche zusätzlichen Aspekte gegebenenfalls zu bedenken sind.

4. Konzeption eines Integrierten Taktfahrplans

4.3.1.3. Reduktion der anteiligen Knotenaufenthaltsdauern

Unter bestimmten Voraussetzungen ist statt einem Abtausch der Zugreihenfolge zwischen zwei Linien in Summe auch eine Reduktion der anteiligen Knotenaufenthaltsdauern möglich.

Bahnsteiggleiche Anschlüsse

Unter bestimmten Umständen (entsprechende Gleis- und Bahnsteigkonfiguration) kann mit bahnsteiggleichen Anschlüssen für einzelne Linien eine Verkürzung der Übergangszeiten ermöglicht und somit eine längere Fahrzeit auf der Strecke erlaubt werden.

Über- oder Unterwerfungen

Wenn der Zeitversatz zwischen zwei aus- oder einfahrenden Zügen infolge von Kreuzungskonflikten erforderlich ist, dann kann durch die Errichtung entsprechender Über- oder Unterwerfungen ein gleichzeitiges Aus- und Einfahren ermöglicht werden. Somit können die anteiligen Knotenaufenthaltsdauern in Summe reduziert werden.

Über- und Unterwerfungen erhöhen somit nicht nur die Knotenkapazität, sondern sie können in bestimmten Fällen auch dazu beitragen, den Bedarf für fahrzeitverkürzende Maßnahme auf den Strecken zu reduzieren.

Befahren des Gegengleises

Wenn zwei Linien im Nahbereich eines Knotens über dieselbe, zweigleisige Strecke geführt werden, wird in der Regel von einer zeitversetzten Abfahrt bzw. Ankunft ausgegangen.

Wenn aber einer der beiden Züge bis zur Streckenverzweigung das Gegengleis benützt, können beide Züge gleichzeitig ausfahren (vgl. Abbildung 4-18).

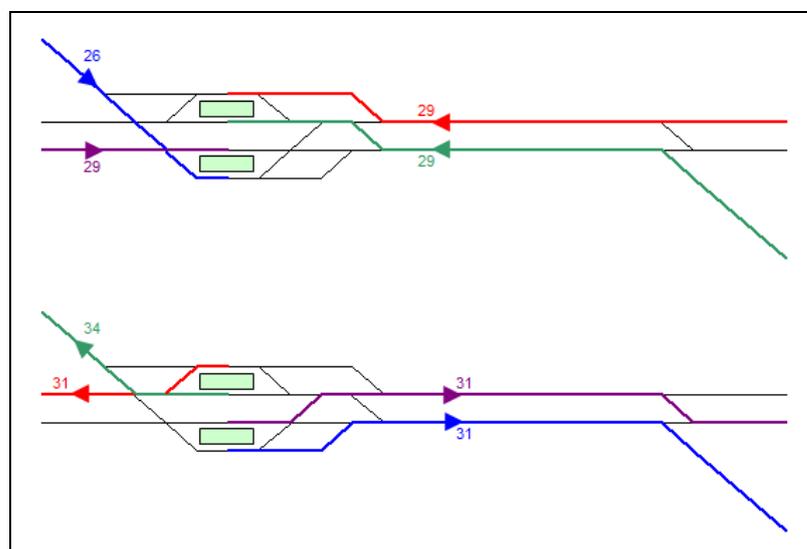


Abbildung 4-18: Gleichzeitiges Ein- und Ausfahren mit Gegengleisfahren

4. Konzeption eines Integrierten Taktfahrplans

Vorraussetzung dafür ist, dass die Strecke für Gleiswechselbetrieb ausgerüstet ist und dass die Streckenkapazität dies zulässt. In einem ITF kann zumindest davon ausgegangen werden, dass unmittelbar nach der Abfahrt an einem Taktknoten kein Gegenverkehr durch andere Personenzüge der Gegengleisfahrt entgegensteht, da diese ebenfalls in den Taktknoten eingebunden und daher vor der Abfahrt anderer Züge ankommen sollten. Eine Ausnahme sind Strecken um Ballungszentren, wo bei einem sehr dichten Nahverkehrstakt von einem ständigen Gegenverkehr ausgegangen werden muss.

Abgesehen von diesen Fällen ist es also – natürlich neben der Länge des betroffenen Streckenabschnittes bis zum Verzweigungspunkt – das Ausmaß des Güterverkehrs, das die Möglichkeit des Gegengleisfahrens entscheidend beeinflusst.

Bei allen Maßnahmen, die auf gleichzeitiges Ein- und Ausfahren abzielen sind jedoch immer zusätzlich die minimalen Übergangszeiten zu beachten, die unter Umständen gleichzeitiges Ein- und Ausfahren nicht erlauben oder in einzelnen Relationen bahnsteiggleiches Umsteigen erfordern.

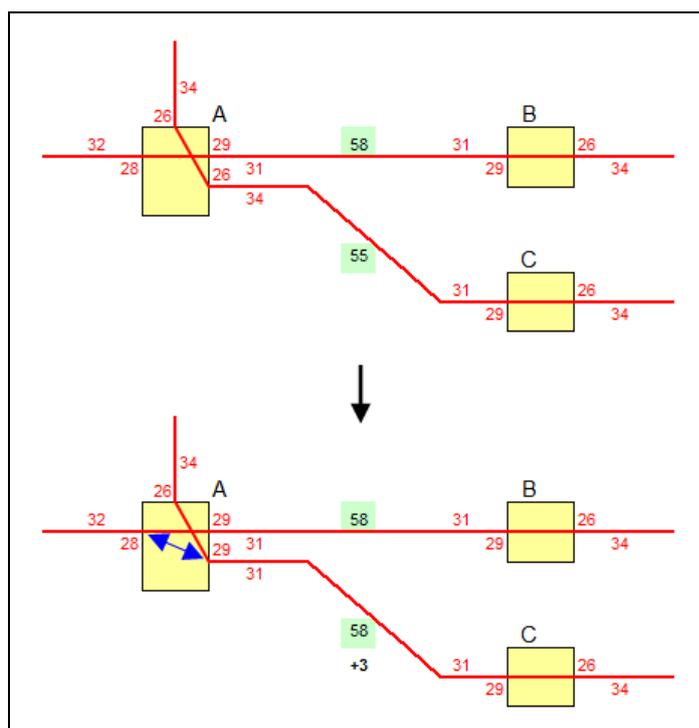


Abbildung 4-19: Ermöglichung längerer Fahrzeiten durch gleichzeitiges Ein- und Ausfahren

4.4. Maßnahmen zur Fahrzeitverkürzung

In den meisten Fällen sind die Fahrzeitziele nur durch Fahrzeitverkürzungen erreichbar. Zur Fahrzeitverkürzung können verschiedene nachstehend beschriebene Maßnahmen in Betracht gezogen werden. Die Festlegung der Maßnahmen zur Erreichung einer bestimmten Fahrzeit erfordert eine genaue Fahrzeitberechnung.

4. Konzeption eines Integrierten Taktfahrplans

Vorraussetzung für eine genaue Fahrzeitberechnung ist die Kenntnis bzw. Festlegung folgender Parameter:

- fahrdynamische Eigenschaften des eingesetzten Zuges
- Ausmaß der Fahrzeitreserve

4.4.1. Verringerung der Fahrzeitreserven

Da ein Integrierter Taktfahrplan eine hohe Pünktlichkeit erfordert, sind ausreichende dimensionierte Fahrzeitreserven erforderlich. Eine Verringerung der Fahrzeitreserven sollte daher nur in Ausnahmefällen angewandt werden, um ein konkretes Fahrzeitziel zu erreichen.

4.4.2. Fahrzeugparameter

Durch eine leistungsstärkere Motorisierung oder ein verringertes Zuggewicht verbessert sich das Beschleunigungsvermögen eines Zuges, wodurch sich die Fahrzeit verkürzt. Vor allem auf Steigungsstrecken und bei häufigen Halten wirkt sich dieser Aspekt merkbar aus.

Auch eine veränderte Bremsverzögerung wirkt sich auf die Fahrzeit aus.

4.4.3. Halteanzahl

Die Reduktion allfälliger Zwischenhalte kann ein effizientes Mittel zur Fahrzeitverkürzung sein. Im Einzelfall ist eine Abwägung der Vor- und Nachteile erforderlich, wobei neben dem lokalen Fahrgastpotential auch allfällige alternative Anbindungsmöglichkeiten eine Rolle spielen.

Die Fahrzeitverkürzung durch einen Haltentfall ist von der Geschwindigkeit, der Haltedauer und dem Beschleunigungs- und Bremsverhalten des Zuges abhängig. Bei einer Haltedauer von zwei Minuten und einer Bremsverzögerung von $0,7 \text{ m/s}^2$ wurden für einen Zug bestehend aus einer Lokomotive des Typs Siemens ES64U2 und 7 Reisezugwagen (Anm.: Mit diesem Modellzug wurden alle weiteren Fahrzeitberechnungen in dieser Arbeit durchgeführt) die in Tabelle 3-1 angegebenen Werte für die mögliche Fahrzeitverkürzung ermittelt.

Geschwindigkeit	Fahrzeitverkürzung infolge Haltentfall
120 km/h	3,0'
160 km/h	3,4'
200 km/h	3,8'

Tabelle 4-2: Fahrzeitverkürzung infolge Haltentfall

4.4.4. Halte­dauer

Die Halte­dauer an Zwischenhalten ist im Wesentlichen durch die Fahrgastwech­sel­dauer bestimmt. Konventionelle Fernverkehrs­züge haben in der Regel Hochflureinstiege und an jedem Waggonende eine einflügelige Tür. Durch mehr und/oder breitere Türen sowie durch Niederflureinstiege besteht auch im Fernverkehr ein Potential zur Verkürzung der Halte­dauern.

Eine Möglichkeit zur Fahrzeitverkürzung bieten auch Grenzaufenthalte. Durch Mehrsystemtrieb­fahrzeuge und ein einheitliches Sicherungssystem (ETCS) können Grenzaufenthalte gekürzt werden oder sogar gänzlich entfallen, wenn sie aus kommerzieller Sicht nicht erforderlich sind und die Voraussetzungen für einen aufenthaltslosen Systemwechsel geschaffen sind.

4.4.5. Optimierung bei vorhandener Trassierung

Auf vielen Strecken wird die aufgrund der Trassierung theoretisch mögliche Höchstgeschwindigkeit nicht ausgefahren. Die Höchstgeschwindigkeit wird neben der Trassierung durch folgende Parameter beeinflusst:

- Vorsignalabstände
- Oberleitungsbauart
- Oberbauzustand/Weichenbauart
- Art der Sicherung von Eisenbahnkreuzungen
- Fahrdynamik

Sofern nicht fahrdynamische Überlegungen (bei einer lokalen Geschwindigkeitsanhebung und einer niedrigeren Geschwindigkeit in den benachbarten Abschnitten sollte die höhere Geschwindigkeit über eine längere Strecke gehalten werden können) dagegen sprechen sind derartige Geschwindigkeitsanhebungen ein wirksames und effizientes Mittel zur Fahrzeitverkürzung.

Die Bestandsinfrastruktur sollte daher vor allem auf derartige Potentiale hin überprüft werden und die – zumindest bei einer Ausbaugeschwindigkeit bis 160 km/h – verhältnismäßig günstigen Maßnahmen jedenfalls im Zuge von Ersatzinvestitionen umgesetzt werden.

4.4.6. Erhöhte Bogengeschwindigkeit

Die zulässige Höchstgeschwindigkeit in Bögen wird vom Radius, von der vorhandenen Überhöhung und von der zulässigen Seitenbeschleunigung (in Gleisebene) bestimmt.

4. Konzeption eines Integrierten Taktfahrplans

$$v = 13 \cdot r \cdot \sqrt{p + \frac{\ddot{u}}{153}}$$

mit:

- v Geschwindigkeit [km/h]
- r Radius [m]
- p Seitenbeschleunigung [m/s²]
- ü Überhöhung [mm]

Während der Radius in der Regel nur mit aufwändigen Linienverbesserungen vergrößert werden kann, sind die beiden anderen Parameter (p und ü) bis zu einem gewissen Grad veränderbar.

Vergrößerung der Überhöhung

Die Überhöhung wird durch folgende Rahmenbedingungen beeinflusst:

- Länge der Überhöhungsrampe (= Länge des Übergangsbogens)
Rampenneigungen sollen nicht steiler als 1:600 geplant werden [29].
- Maximale Überhöhung
Diese beträgt in Österreich in der Regel 160 mm, an Bahnsteigen 60 mm (in Ausnahmefällen 100 mm) [29].
- Maximaler Überhöhungsüberschuss für einen Güterzug
Der empfohlene Grenzwert in Österreich beträgt 35 mm (75 mm bei fester Fahrbahn), dies entspricht einer negativen Seitenbeschleunigung von -0,23 m/s² (bzw. -0,49 m/s²) [29].

Die vorhandene Überhöhung nutzt die sich daraus ergebenden Grenzwerte nicht immer vollständig aus; in diesen Fällen kann eine Geschwindigkeitserhöhung durch eine Vergrößerung der Überhöhung erreicht werden.

Erhöhung der Seitenbeschleunigung

Die zulässigen Höchstgeschwindigkeiten im Streckennetz der ÖBB errechnen sich im Regelfall auf Basis eines Überhöhungsfehlbetrags von 100 mm, dies entspricht einer Seitenbeschleunigung von 0,65 m/s² [30].

4. Konzeption eines Integrierten Taktfahrplans

In Ausnahmefällen ist für bestimmte Züge eine höhere Seitenbeschleunigung von 0,85 oder 0,9 m/s² zugelassen. Dies war in der Vergangenheit vor allem für mit Triebzügen der Baureihe 4010 geführte Züge vorgesehen, um auf einzelnen Strecken vor allem für Tagesrandverbindungen kürzere Fahrzeiten zu ermöglichen.

Gegenwärtig wird zum einen auf einzelnen Regionalbahnen für Triebzüge der Baureihen 5022, 5047 und 4023/4024/4124 abschnittsweise mit erhöhter Seitenbeschleunigung von 0,85 m/s² gefahren. Zum anderen ist auf der Westbahnstrecke in den Abschnitten Wien – St. Pölten und Attnang-Puchheim – Salzburg auch für mit der Baureihe 1016/1116 bespannte Schnellzüge (darunter die Railjet-Züge) eine Seitenbeschleunigung von bis zu 0,9 m/s² zulässig [31].

Im internationalen Vergleich mit Deutschland und der Schweiz sind die derzeitigen Regelungen in Österreich relativ konservativ:

	Regelfall	Ausnahmefall (z. B. für bestimmte Fahrzeuge)
Österreich [30] [31]	0,65 m/s ² (ü _r = 100 mm)	0,90 m/s ² (ü _r = 138 mm)
Deutschland [32]	0,85 m/s ² (ü _r = 130 mm)	1,10 m/s ² (ü _r = 170 mm)
Schweiz [33]		
80-200 km/h	0,98 m/s ² (ü _r = 150 mm)	1,08 m/s ² (ü _r = 165 mm)
< 80 km/h sowie wenn R < 650 m	0,80 m/s ² (ü _r = 122 mm)	0,85 m/s ² (ü _r = 130 mm)

Tabelle 4-3: Vergleich der zulässigen Seitenbeschleunigungen in Österreich, Deutschland und der Schweiz

Mit einer generellen Erhöhung der Seitenbeschleunigung auf international durchaus übliche 0,85 m/s² für konventionelle Reisezüge sowie auf 1,0 m/s² für gleisfreundliche Fahrzeuge könnten in Österreich die Fahrzeitziele wesentlich leichter und kostengünstiger erreicht werden als mit aufwändigen Linienverbesserungen.

Wirkung auf den Fahrgast

Aufgrund der gefederten Fahrwerke bewirkt die Seitenbeschleunigung bei konventionellen Fahrzeugen eine Neigung (gegenüber der Gleisebene) nach außen, wodurch die in Wagenkastenebene – und somit auf den Fahrgast – wirkende Seitenbeschleunigung höher ist als jene in der Gleisebene.

Dabei gilt folgender Zusammenhang:

4. Konzeption eines Integrierten Taktfahrplans

$$p_w = (1+s) p_g$$

mit

p_g Seitenbeschleunigung in der Gleisebene [m/s²]

p_w auf den Fahrgast wirkende Seitenbeschleunigung [m/s²]

s Neigekoeffizient, bei den meisten heute eingesetzten Fahrzeugen: 0,4

Als akzeptabler Höchstwert für die auf den Fahrgast wirkende Seitenbeschleunigung gelten 1,5 m/s² [33]. Dies entspricht einer maximalen Seitenbeschleunigung in der Gleisebene von 1,07 m/s².

Für eine weitere Erhöhung der Seitenbeschleunigung (in der Gleisebene) sind daher Maßnahmen erforderlich, die die in der Wagenkastenebene wirkende Seitenbeschleunigung reduziert.

Einsatz von Neigetechnik

Die bereits bei vielen Zügen angewandte Neigetechnik bewirkt eine zwangsweise Neigung des Wagenkastens um bis zu 8° nach innen, wodurch sich die auf den Fahrgast wirkende Seitenbeschleunigung in Wagenkastenebene reduziert. Die Seitenbeschleunigung in der Gleisebene kann somit auf 2,0 m/s² angehoben werden [34].

Die von Talgo verwendete passive Neigetechnik basiert darauf, dass der Aufhängungspunkt des Wagenkastens über dem Schwerpunkt liegt, wodurch die Zentrifugalkraft den Wagenkasten nach außen pendeln lässt. Die zusätzliche Neigung gegenüber der Gleisebene beträgt dadurch bis zu 3,5°. Die Seitenbeschleunigung in der Gleisebene wird vom Hersteller Talgo mit 1,5 m/s² angegeben [35].

Wankkompensation

Eine relativ neue Entwicklung ist die so genannte Wankkompensation. Der Anstoß dazu kam aus dem Fahrzeitreduktionsziel für die Strecke Bern – Lausanne in der Schweiz: Dort soll die Kantenfahrzeit langfristig von 75' auf 60' reduziert werden. Diese Fahrzeitreduktion allein mit Linienverbesserungen zu erreichen wird aber als zu teuer erachtet. Gleichzeitig ist der Einsatz von Neigezügen aus Kapazitätsgründen nicht möglich. Die konventionelle Neigetechnik kann nämlich bei Doppelstockzügen nicht angewandt werden (Komfort im oberen Stockwerk, Überschreitung des Lichtraumprofils aufgrund der Fahrzeughöhe), der Einsatz von einstöckigen Zügen ist aber aufgrund der hohen Nachfrage nicht möglich.

Die Wankkompensation stellt einen Kompromiss dar: Mit ihr wird gerade jene Neigung kompensiert, die sich in bei konventionellen Fahrzeugen aufgrund der gefederten Fahrwerke in Wagenkastenebene nach außen einstellt. Sie stellt sicher, dass die auf den

4. Konzeption eines Integrierten Taktfahrplans

Fahrgast wirkende Seitenbeschleunigung nicht größer ist als jene in der Gleisebene. Letztere kann somit auf bis zu $1,35 \text{ m/s}^2$ angehoben werden [36].

Mit dem Einsatz der Wankkompensation können ansonsten erforderliche Linienverbesserungen reduziert werden. Damit einher geht eine Reduktion der Infrastrukturinvestitionen um über 1000 Mio. CHF, während die fahrzeugseitigen Zusatzkosten für die Wankkompensation nur 100 Mio. CHF betragen [37].

Die Ausschreibung für die Beschaffung von mit einer das Prinzip der Wankkompensation ermöglichenden Technologie ausgestatteten Züge wurde im Mai 2010 abgeschlossen, der Zuschlag für die 59 Doppelstocktriebzüge erging an Bombardier Transportation.

Fahrzeitnutzen infolge höherer Bogengeschwindigkeiten

In Tabelle 4-4 und Tabelle 4-5 sind die absoluten Bogengeschwindigkeiten bzw. die prozentuelle Steigerung derselben bei höheren Seitenbeschleunigungen im Vergleich zu $0,65 \text{ m/s}^2$ aufgelistet.

R [m]	ü [mm]	v [km/h]					
		ÖBB Regelfall p = 0,65 m/s ²	Konventionelle Fahrzeuge p = 0,85 m/s ²	Gleisfreundliche Fahrzeuge p = 1,0 m/s ²	Wank- kompensation p = 1,35 m/s ²	Passive Neigetechnik p = 1,5 m/s ²	Aktive Neigetechnik p = 2,0 m/s ²
300	160	81	86	89	97	100	109
400	160	94	99	103	112	115	126
500	160	105	111	115	125	129	141
600	160	115	122	126	137	141	154
700	160	124	131	136	148	152	166
800	160	133	140	146	158	163	178
900	160	141	149	155	167	173	189
1000	152	146	155	161	175	180	197
1100	141	150	159	166	180	186	204
1200	133	154	164	171	186	192	211
1300	125	157	168	175	191	198	218
1400	119	161	172	180	197	203	225
1500	113	165	176	184	202	209	231
1600	108	168	180	188	207	214	237
1700	104	171	184	193	212	219	243
1800	100	175	188	197	217	224	249
1900	97	178	191	201	221	229	255
2000	94	181	195	205	226	234	261

Tabelle 4-4: Bogengeschwindigkeiten bei unterschiedlichen Seitenbeschleunigungen und Radien mit maximaler Überhöhung

4. Konzeption eines Integrierten Taktfahrplans

R [m]	ü [mm]	p = 0,85 m/s ²	p = 1,0 m/s ²	p = 1,35 m/s ²	p = 1,5 m/s ²	p = 2,0 m/s ²
300	160	6%	10%	19%	23%	34%
400	160	6%	10%	19%	23%	34%
500	160	6%	10%	19%	23%	34%
600	160	6%	10%	19%	23%	34%
700	160	6%	10%	19%	23%	34%
800	160	6%	10%	19%	23%	34%
900	160	6%	10%	19%	23%	34%
1000	152	6%	10%	19%	23%	35%
1100	141	6%	11%	20%	24%	36%
1200	133	6%	11%	21%	25%	37%
1300	125	7%	11%	22%	26%	39%
1400	119	7%	12%	22%	26%	40%
1500	113	7%	12%	23%	27%	40%
1600	108	7%	12%	23%	28%	41%
1700	104	7%	12%	24%	28%	42%
1800	100	7%	13%	24%	29%	43%
1900	97	8%	13%	24%	29%	43%
2000	94	8%	13%	25%	29%	44%

Tabelle 4-5: Bogengeschwindigkeiten bei $p > 0,65 \text{ m/s}^2$ verglichen mit Bogengeschwindigkeiten bei $p = 0,65 \text{ m/s}^2$

Der Fahrzeitnutzen wird maximiert, wenn die höhere Bogengeschwindigkeit nicht nur zur Beseitigung von lokalen Geschwindigkeitseinbrüchen genutzt wird, sondern damit einhergehend auch die Geschwindigkeit auf den geraden Streckenabschnitten im selben Ausmaß bis auf maximal 160 km/h angehoben wird. Die Geschwindigkeit auf den geraden Streckenabschnitten ist derzeit oft aus fahrdynamischen Überlegungen niedriger und hängt davon ab, welche Geschwindigkeit sich ausgehend von den zulässigen, niedrigeren Geschwindigkeiten in den benachbarten Abschnitten überhaupt erreichen und eine bestimmte Dauer halten lässt. Wenn aber die Geschwindigkeiten in den Nachbarabschnitten angehoben werden, dann kann nach dieser Überlegung auch in den Zwischenabschnitten eine höhere Geschwindigkeit erreicht werden.

Das Optimierungsziel durch erhöhte Bogengeschwindigkeiten lautet nun nicht mehr "Harmonisierung des Geschwindigkeitsprofils" sondern "Maximierung des Fahrzeitnutzens" – und somit Minimierung der ansonsten zur Fahrzeitverkürzung erforderlichen Linienverbesserungen (vgl. Abbildung 4-20 und Abbildung 4-21).

4. Konzeption eines Integrierten Taktfahrplans

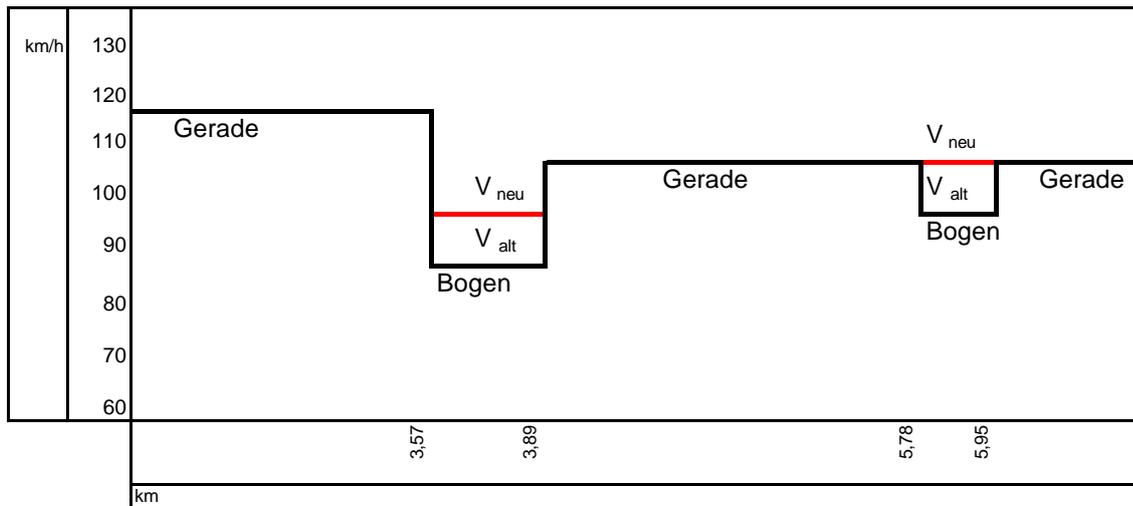


Abbildung 4-20: Optimierungsziel "Harmonisierung des Geschwindigkeitsprofils" durch höhere Bogengeschwindigkeiten

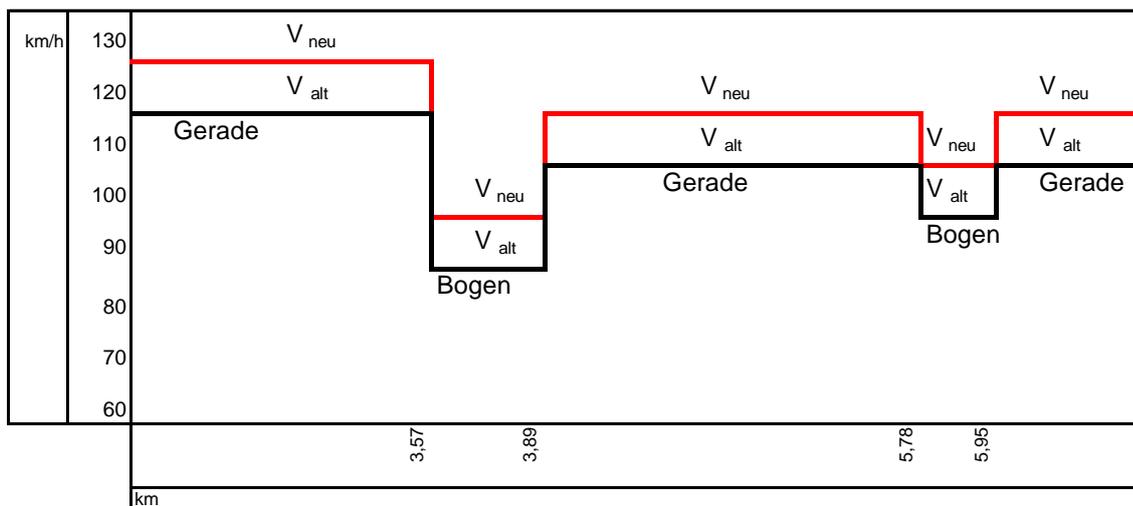


Abbildung 4-21: Optimierungsziel "Maximierung des Fahrzeitnutzens" durch höhere Bogengeschwindigkeiten

Daraus ergibt sich, dass man mit dem Optimierungsziel "Maximierung des Fahrzeitnutzens" im Idealfall von einem durchgehend erhöhten Geschwindigkeitsprofil ausgehen kann.

Eine Abschätzung der Fahrzeitverkürzungspotentiale ist aus Tabelle 4-6 und Tabelle 4-7 ersichtlich. Darin ist für eine 50 km lange Strecke für den in Kapitel 4.4.3 definierten Modellzug die Fahrzeit (inkl. 10% Fahrzeitreserve) bzw. Fahrzeitverkürzung bei unterschiedlichen Geschwindigkeitsniveaus und unterschiedlichen Seitenbeschleunigungen angegeben. Das Geschwindigkeitsniveau bei erhöhter Seitenbeschleunigung von 0,85, 1,0, 1,35, 1,5 bzw. 2,0 m/s^2 ist dabei gegenüber 0,65 m/s^2 entsprechend den Werten aus Tabelle 4-5 um 6, 10, 19%, 23 bzw. 34% (minimale Werte bei maximaler Überhöhung) erhöht.

4. Konzeption eines Integrierten Taktfahrplans

Ausgangs- geschwindig- keitsniveau bei	Fahrzeit [min]					
	p = 0,65 m/s ²	p = 0,85 m/s ²	p = 1,0 m/s ²	p = 1,35 m/s ²	p = 1,5 m/s ²	p = 2,0 m/s ²
0,65 m/s ²	80/100/120 km/h	85/106/127 km/h	88/110/132 km/h	95/119/143 km/h	98/123/147 km/h	107/134/161 km/h
80 km/h	41,9	39,6	38,3	35,6	34,5	31,8
100 km/h	33,9	32,1	31,0	28,8	27,9	25,8
120 km/h	28,6	27,1	26,2	24,4	23,8	22,1

Tabelle 4-6: Fahrzeiten bei unterschiedlicher Seitenbeschleunigung auf einer 50 km langen Strecke

Ausgangsgeschwindigkeits- niveau bei 0,65 m/s ²	Fahrzeitverkürzung				
	p = 0,85 m/s ²	p = 1,0 m/s ²	p = 1,0 m/s ²	p = 1,5 m/s ²	p = 2,0 m/s ²
	85/106/127 km/h	88/110/132 km/h	95/119/143 km/h	98/123/147 km/h	107/134/161 km/h
80 km/h	6%	9%	15%	18%	24%
100 km/h	5%	9%	15%	18%	24%
120 km/h	5%	8%	15%	17%	23%

Tabelle 4-7: Prozentuelle Fahrzeitverkürzung infolge unterschiedlicher Seitenbeschleunigung auf einer 50 km langen Strecke

Durch die Erhöhung der Bogengeschwindigkeiten sind also Fahrzeitverkürzungen von bis zu 25% möglich.

Voraussetzung für die Erhöhung der Bogengeschwindigkeiten ist der je nach Ausmaß der Seitenbeschleunigung angepasste Fahrzeugeinsatz, aber auch Anpassungen an der Infrastruktur (ggf. Vorsignalabstände, Sicherheitsabstände, Lage der Schließkontakte für Eisenbahnkreuzungen, Fahrleitungsbauart, etc.).

4.4.7. Bahnhofsoptimierung (Einfahrgeschwindigkeiten)

In Bahnhofsbereichen bestehen Geschwindigkeitseinschränkungen, wenn beim Ein- und Ausfahren Weichen in der Ablenkung befahren werden. Je nach den örtlichen Verhältnissen kann der Einbau von Weichen, die für eine höhere Geschwindigkeit bei Fahrten in die Ablenkung geeignet sind, einen nennenswerten Beitrag zur Fahrzeitverkürzung bewirken. Unter Umständen ist aufgrund der größeren Länge von Weichen für höhere Abzweiggeschwindigkeiten dabei ein umfangreicherer Umbau der Gleisanlagen erforderlich.

Zu berücksichtigen ist dabei auch, dass derzeit die niedrigere Geschwindigkeit beim Einfahren in der Regel bereits ab dem Einfahrsignal gilt. Durch die Einführung von ETCS kann die Streckengeschwindigkeit künftig bis zur den Geschwindigkeitseinbruch verursachenden Weiche ausgefahren werden, wodurch sich auch dadurch Fahrzeitverkürzungen ergeben.

4.4.8. Linienverbesserungen und Neubaustrecken

Durch Linienverbesserungen und Neubaustrecken wird einerseits die Geschwindigkeit erhöht und andererseits die Streckenlänge verkürzt. Sie stellen in der Regel die aufwändigsten Maßnahmen zur Fahrzeitverkürzung dar. Trotzdem sind Linienverbesserungen und Neubaustrecken in vielen Fällen nicht vermeidbar, da insbesondere im Alpenraum die bestehende Trassierung von Eisenbahnstrecken auch bei optimaler Ausnutzung keine konkurrenzfähigen und taktfahrplankompatiblen Reisezeiten ermöglicht.

Wenn Linienverbesserungen erforderlich sind, dann ist wenigen Linienverbesserungen mit hohem Fahrzeitnutzen der Vorzug gegenüber mehreren Linienverbesserungen mit jeweils geringem Fahrzeitnutzen zu geben. Weiters sollten Linienverbesserungen primär dort erfolgen, wo die topographischen Verhältnisse günstig sind.

Fahrzeitverkürzungen durch Linienverbesserungen bzw. Neubaustrecken sind vor allem auf Streckenabschnitten mit Kapazitätsengpässen sinnvoll. Einerseits ist oft bei einem ohnehin erforderlichen zweigleisigen Ausbau einer eingleisigen Strecke eine Linienverbesserung mit relativ geringem Zusatzaufwand möglich. Andererseits kann bei Neubaustrecken oder auch bei längeren Linienverbesserungen die Bestandstrasse weiterhin für den Nah- und/oder Güterverkehr genutzt werden.

4.4.9. Verbindungsschleifen

Eine Verbindungsschleife zweier Strecken, die es ermöglicht einen Bahnhof, an dem ansonsten ein Fahrtrichtungswechsel erforderlich wäre, zu umfahren, stellt grundsätzlich eine sehr effiziente Maßnahme zur Fahrzeitverkürzung dar. Bei einer für den Fahrgastwechsel erforderlichen Aufenthaltsdauer von 5' und einem ersatzlosen Entfall des Haltes am Fahrtrichtungswechselbahnhof kann man von einer Fahrzeitverkürzung von mindestens 7' ausgehen (wenn man noch ca. 1' für die Zeitverluste infolge Bremsen und Anfahren und ca. 1' infolge der Streckenverkürzung einrechnet).

Derartige Verbindungsschleifen bieten sich an, wenn der Halt am Fahrtrichtungswechselbahnhof hinsichtlich der Fahrgastpotentiale keine allzu große Bedeutung hat.

Verbindungsschleifen sind aber für den Personenverkehr kontraproduktiv, wenn dadurch ein Taktknoten umfahren wird. Dann ist der die Verbindungsschleife nutzende Zug nicht mehr in den Taktknoten eingebunden, wodurch die dort vorgesehenen Umsteigerelationen nicht mehr hergestellt werden können.

Theoretisch kann der Taktknoten auf den jeweils nächsten Bahnhof verschoben werden. Dies kann jedoch zusätzliche Probleme verursachen, wie anhand des folgenden Beispiels gezeigt werden soll:

4. Konzeption eines Integrierten Taktfahrplans

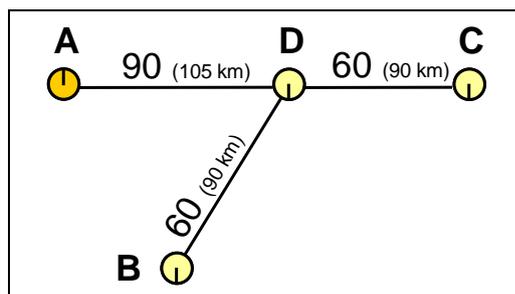


Abbildung 4-22: Knotenstruktur ohne Verbindungsschleife in D

In Abbildung 4-22 stellt D einen Taktknoten am Verknüpfungspunkt der Linien von A, B und C dar. Dabei sind die Züge der Relation AB durchgebunden. Die Züge von C enden in D. Für die durchgebundenen Züge der Relation AB ist in D ein Fahrtrichtungswechsel erforderlich. Die Zielfahrzeiten sind aus Abbildung 4-23 ersichtlich.

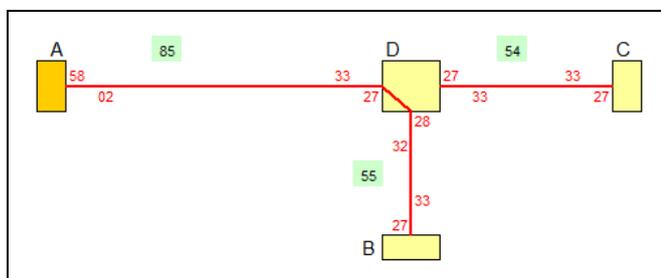


Abbildung 4-23: Netzgrafik ohne Verbindungsschleife in D

Mit einer Verbindungsschleife zur Vermeidung dieses Fahrtrichtungswechsels müsste der Taktknoten entweder auf den nächsten Bahnhof der Strecke nach A oder der Strecke nach B verschoben werden. Mit einer Verschiebung des Taktknotens auf den ca. 5 km Richtung A gelegenen Bahnhof E stellt sich die Knotenstruktur wie in Abbildung 4-24 skizziert dar.

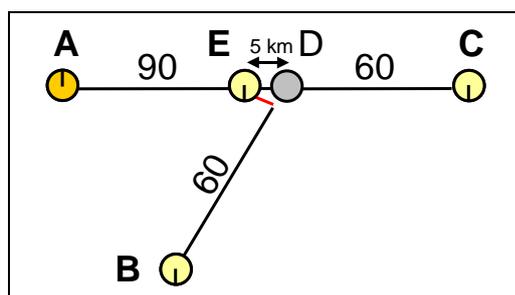


Abbildung 4-24: Knotenstruktur mit Verbindungsschleife bei D

Aus der Netzgrafik (Abbildung 4-25) sind die dann erforderlichen Zielfahrzeiten ersichtlich.

4. Konzeption eines Integrierten Taktfahrplans

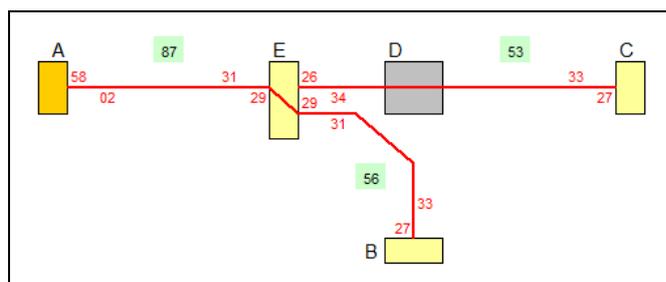


Abbildung 4-25: Netzgrafik mit Verbindungsschleife bei D

	l_{vorh}	l_{neu}	t_{vorh}	t_{neu}	V_{vorh}	V_{neu}
Kante	[km]		[min]		[km/h]	
AD (wird zu AE)	105	100	85	87	74,1	69,0
BD (wird zu BE)	90	94	55	56	98,2	100,7
CD (wird zu CE)	90	95	54	53	100,0	107,5
SUMME	285	289	194	196	88,1	88,5

Tabelle 4-8: Fahrzeiten und Reisegeschwindigkeiten infolge einer Verbindungsschleife bei D

Durch den Knoten in E statt D ist in Richtung A ein niedrigeres Geschwindigkeitsniveau erforderlich (vgl. Tabelle 4-8). Auch in Richtung B sind gegenüber der Variante ohne Schleife neben der Schleife noch zusätzliche Maßnahmen zur Anhebung des Geschwindigkeitsniveaus erforderlich. Dabei ist eine Streckenverkürzung um 1 km infolge der Schleife bereits eingerechnet. In Richtung C ist ein deutlich höheres Geschwindigkeitsniveau erforderlich, da hier nun für eine um 5 km längere Strecke eine sogar geringfügig kürzere Fahrzeit zur Verfügung steht.

In Summe ist mit einer Schleife ein durch zusätzliche Maßnahmen zu erreichendes um 0,4 km/h höheres Geschwindigkeitsniveau erforderlich.

Zusammenfassend kann folgendes festgehalten werden:

Verbindungsschleifen um potentielle Taktknoten erhöhen tendenziell den netzweiten Fahrzeitverkürzungsbedarf. Dieser Effekt ist umso stärker, je weiter der Taktknoten vom ursprünglichen Ort verschoben werden muss und je mehr Kanten in den Taktknoten eingebunden sind. Es entspannt sich dadurch lediglich die Fahrzeitsituation in jener Richtung, in die der Taktknoten verschoben wurde. In die anderen Richtungen sind jedoch höhere Geschwindigkeitsniveaus erforderlich.

Verbindungsschleifen um ein potentielle Taktknoten können also nur dann empfohlen werden, wenn jene Kante, in die der Taktknoten verschoben wird (im Beispiel die Kante nach A), ein sehr ambitioniertes Fahrzeitziel aufweist, welches auf diese Art entspannt werden kann; und wenn die somit nicht mehr erforderlichen Infrastrukturmaßnahmen nicht gleichzeitig durch die für die etwas ehrgeizigeren Fahrzeitziele auf den anderen Kanten (nach B und C) erforderlichen Maßnahmen hinsichtlich der Investitionshöhe kompensiert werden.

4.4.10. Weitere Infrastrukturanforderungen

4.4.10.1. Knotenkapazität

In einem Integrierten Taktfahrplan treffen in den Taktknoten die Züge aus verschiedenen Richtungen immer gleichzeitig aufeinander. Dies erfordert dementsprechend leistungsfähige Knotenbahnhöfe.

Die Knotenbahnhöfe müssen einerseits eine ausreichende Bahnsteigkapazität aufweisen, das heißt die Anzahl der Bahnsteigkanten muss der Anzahl der in einen Taktknoten eingebundenen Züge entsprechen (und somit in der Regel der Anzahl der auf einen Taktknoten zulaufenden Linien).

Die Berücksichtigung der Bahnsteigkapazitäten allein ist jedoch nicht ausreichend, die Züge müssen natürlich auch von den jeweiligen Streckengleisen auf die Bahnsteiggleise zufahren können bzw. wieder auf die Streckengleise hinausfahren können – und das möglichst gleichzeitig. Entsprechende Weichenverbindungen oder Über- bzw. Unterwerfungen, die paralleles Ausfahren bzw. Einfahren ermöglichen, sind daher für das Funktionieren eines Taktknotens unerlässlich.

4.4.10.2. Kreuzungspunkte auf eingleisigen Strecken

Damit ein Taktfahrplan auch auf eingleisigen Strecken funktioniert, ist nicht nur die Gewährleistung der Zielfahrzeit zwischen den Taktknoten erforderlich, sondern auch das Vorhandensein von dazwischen liegenden Kreuzungsmöglichkeiten an den dafür benötigten Punkten.

An den Systemkreuzungspunkten begegnen sich zur vollen oder halben Stunde jeweils zwei Züge einer Taktlinie. Jeder Taktknoten kann somit auch als Systemkreuzungspunkt gesehen werden, jedoch sind mit der Betrachtung der Taktknoten allein nicht alle Systemkreuzungspunkte abgedeckt.

Bei einer Kantenfahrzeit von 60 Minuten oder darüber gibt es zwischen den Taktknoten weitere im Abstand von 30 Minuten angeordnete Systemkreuzungspunkte.

Wenn ein sich aus dem Taktfahrplan ergebender theoretischer Systemkreuzungspunkt nicht mit einer tatsächlich bereits existierenden Kreuzungsmöglichkeit zusammenfällt, kann zum einen eine zusätzliche Kreuzungsmöglichkeit am theoretischen Systemkreuzungspunkt errichtet werden (vgl. Abbildung 4-26).

Zum anderen kann das Problem aber auch durch eine Verkürzung der relevanten Teilstreckenfahrzeiten in dem Ausmaß, das eine Verschiebung des Systemkreuzungspunktes in eine bereits existierende Kreuzungsmöglichkeit ermöglicht, gelöst werden (vgl. Abbildung 4-27).

4. Konzeption eines Integrierten Taktfahrplans

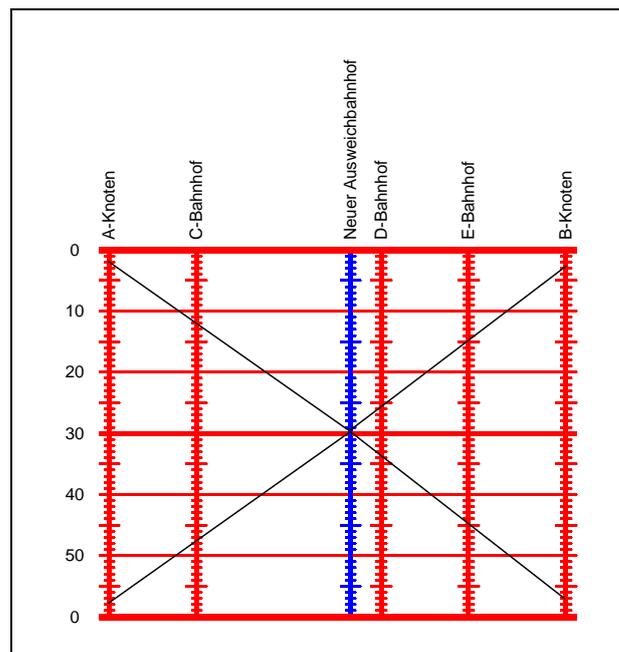


Abbildung 4-26: Zusätzlicher Kreuzungsmöglichkeit auf einer eingleisigen Strecke

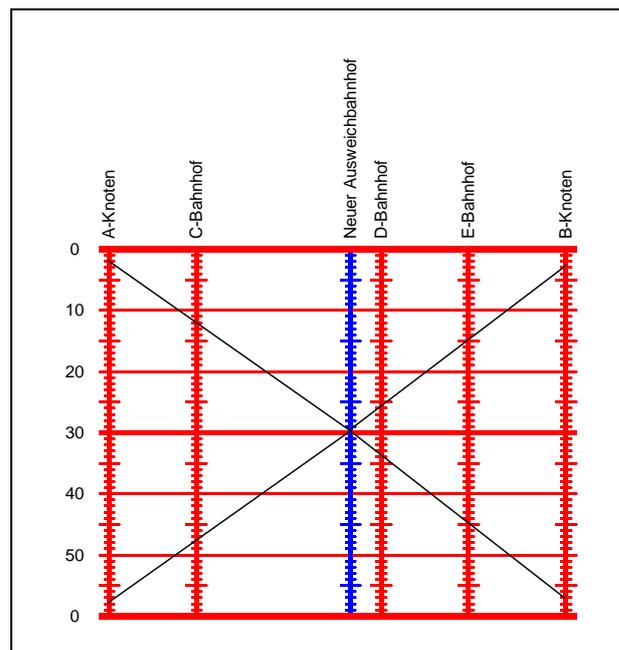


Abbildung 4-27: Verkürzung der relevanten Teilstreckenfahrzeit zur Ermöglichung der Systemkreuzung

4.4.10.3. Betriebliche Fahrplanstabilität

Ein Integrierter Taktfahrplan reagiert aufgrund der in Form von kurzen Umsteigezeiten in den Knoten bestehenden netzweiten Abhängigkeiten zwischen den einzelnen Linien relativ sensibel auf Störungen. Ankunftsverspätungen in den Taktknoten führen unweigerlich zu Folgeverspätungen oder Anschlussversäumnissen. Eine hohe Pünktlichkeit ist daher unerlässlich für das Funktionieren eines Integrierten Taktfahrplans. Diese nötige Pünktlichkeit stellt folgende Anforderungen an die Infrastruktur:

4. Konzeption eines Integrierten Taktfahrplans

- Ausreichende Fahrzeitreserven

Dabei ist jedoch zu bedenken, dass das Ausmaß der Fahrzeitreserven die erforderlichen Maßnahmen zur Erreichung der Zielfahrzeiten beeinflusst. Höhere Fahrzeiten erfordern zusätzliche fahrzeitverkürzende Maßnahmen.

- Guter Instandhaltungszustand der Infrastruktur und somit ein geringes Ausmaß an Langsamfahrstellen
- Zusätzliche Maßnahmen zur Fahrplanstabilität auf eingleisigen Strecken

Eingleisige Strecken sind hinsichtlich der Fahrplanstabilität besonders kritisch, da sich selbst geringe Verspätungen auch auf den Gegenzug übertragen. Die Fahrplanstabilität auf eingleisigen Strecken kann einerseits durch zusätzliche Fahrzeitreserven, andererseits durch Einrichtung längerer zweigleisiger Inseln um die Systemkreuzungspunkte erhöht werden (vgl. Abbildung 4-28).

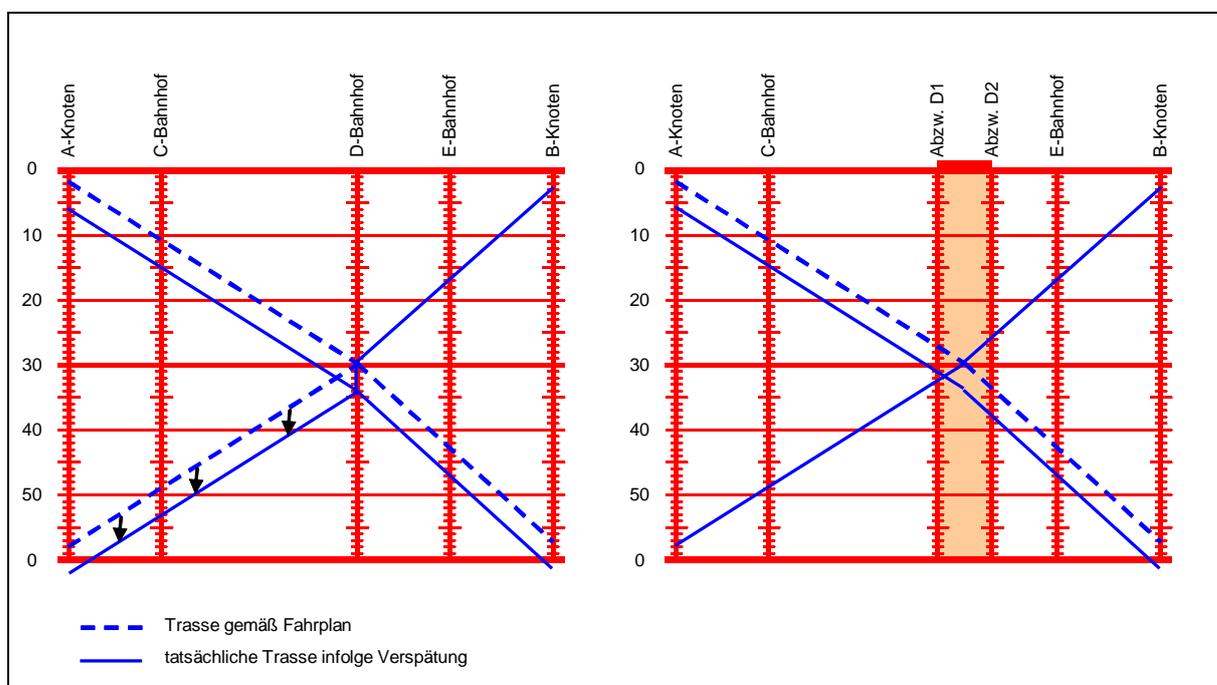


Abbildung 4-28: Zielgerichteter selektiver zweigleisiger Ausbau zur Erhöhung der Fahrplanstabilität

4.4.10.4. Planerische Fahrplanstabilität

Der Integrierte Taktfahrplan erfordert nicht nur im tagtäglichen Betrieb eine hohe Pünktlichkeit und somit eine Einhaltung der fahrplanmäßigen Fahrzeiten.

Sondern er erfordert auch, dass diese fahrplanmäßigen Fahrzeiten langfristig stabil bleiben und nicht von Jahr zu Jahr schwanken. Bereits eine Fahrzeitverlängerung um eine Minute kann bestimmte Umsteigerelationen gefährden.

Andererseits erfordert die Umsetzung von Großbauvorhaben oft länger andauernde betriebliche Einschränkungen und somit zusätzliche Fahrzeitzuschläge. Um die Auswirkungen dadurch abzufedern, dürfen die Fahrzeiten nicht zu knapp bemessen

4. Konzeption eines Integrierten Taktfahrplans

werden, sodass Sonderzuschläge bis zu einem gewissen Ausmaß nicht das gesamte netzweite Fahrplangefüge ins Wanken bringen können.

Andererseits müssen auch die Großbauvorhaben untereinander so abgestimmt sein, dass sich die Auswirkungen auf die Fahrzeit infolge mehrere Vorhaben nicht in nicht mehr fahrplankompatiblen Ausmaß aufaddieren.

Dabei ist auch zu bedenken, dass bestimmte Großbauvorhaben vor allem **vor** dem Erreichen einer taktfahrplankompatiblen Infrastruktur umgesetzt werden, da gerade mit derartigen Vorhaben das Ziel einer taktfahrplankompatiblen Infrastruktur erreicht werden soll.

Auch wenn andere Großbauvorhaben (vor allem aufwändigere Ersatzinvestitionsmaßnahmen) unabhängig davon auch nach Erreichen einer taktfahrplankompatiblen Infrastruktur erforderlich sein werden, ist es wahrscheinlich, dass Behinderungen durch Großbauvorhaben vor allem vor dem Erreichen eines bestimmten Zielzustandes (wobei dies auch Etappenziele sein können und sollen) auftreten werden.

5. ITF-Kantenfahrzeiten in Zentraleuropa

5.1. Untersuchungsgebiet und Netzstruktur

Untersuchungsgebiet

Das Untersuchungsgebiet umfasst Österreich sowie darüber hinaus das innerhalb eines eisenbahnaffinen Radius um Wien gelegene Gebiet. Als eisenbahnaffiner Radius wurde dabei eine Luftlinienentfernung von ca. 400 km festgelegt.

Dies entspricht in etwa jener Entfernung, die unter Annahme eines 25%igen Umwegfaktors (gegenüber der Luftlinie) und einer Reisegeschwindigkeit von ca. 120-130 km/h innerhalb von ca. vier Stunden zurückgelegt werden könnte. Darüber hinausgehend wird das Untersuchungsgebiet um die über den 400-km-Radius hinausgehenden Strecken von Feldkirch nach Zürich sowie von Innsbruck über Verona nach Venezia erweitert. Das Untersuchungsgebiet reicht somit im Norden bis nach Dresden, Wrocław und Kraków, im Osten bis nach Košice und Debrecen, im Süden bis nach Zagreb und Verona sowie im Westen bis nach Nürnberg, München und Zürich.

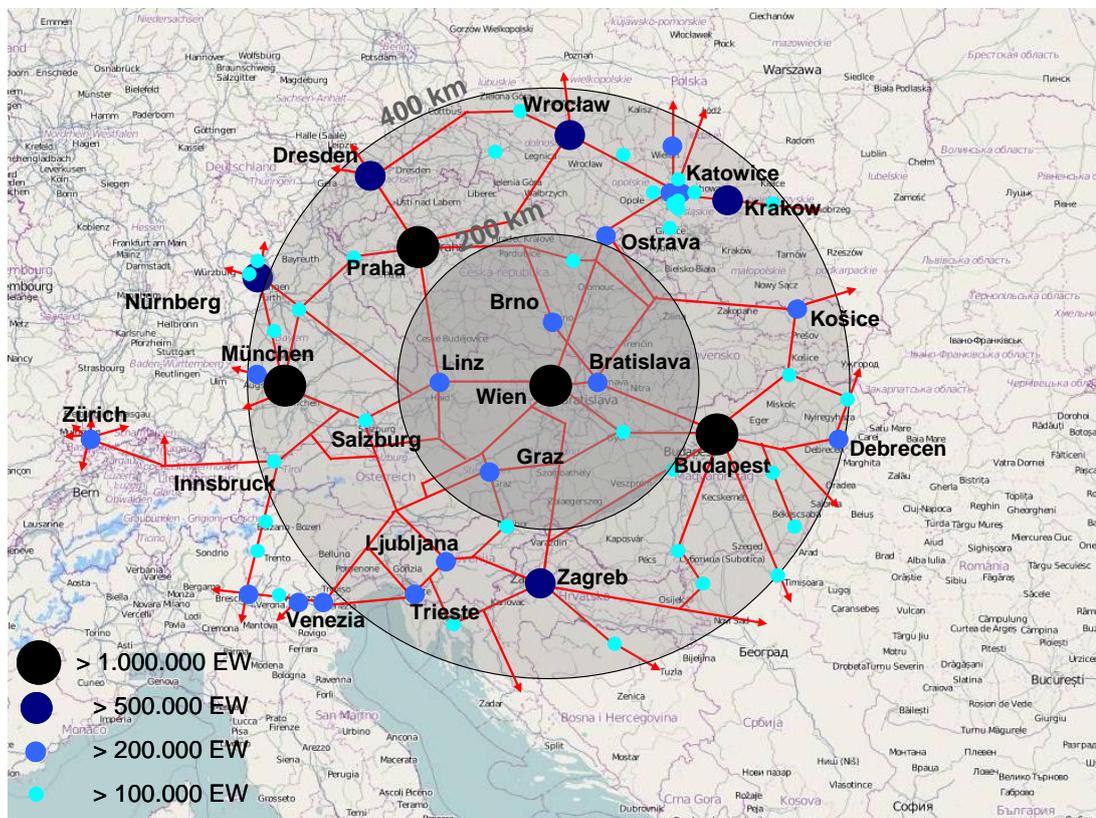


Abbildung 5-1: Städte und Agglomerationen im Untersuchungsgebiet (Karte: www.openstreetmap.org)

5. ITF-Kantenfahrzeiten in Zentraleuropa

	Einwohner Stadt	Einwohner Agglomeration	Luftlinienentfernung ab Wien [km]
Österreich			
Wien	1.690.000	1.990.000	0
Graz	250.000	330.000	145
Linz	190.000	280.000	155
Salzburg	150.000	220.000	250
Innsbruck	120.000	190.000	385
Tschechien			
Praha	1.190.000	1.420.000	250
Brno	370.000		110
Ostrava	310.000	690.000	230
Polen			
Wroclaw	630.000		325
Kraków	760.000	800.000	330
Katowice	310.000	2.550.000	300
Slowakei			
Bratislava	430.000		55
Košice	240.000		365
Ungarn			
Budapest	1.700.000	2.570.000	215
Debrecen	200.000		400
Kroatien			
Zagreb	780.000		265
Slowenien			
Ljubljana	250.000		280
Italien			
Trieste	210.000		345
Venezia	270.000		435
Verona	260.000		515
Padova	210.000		460
Deutschland			
München	1.330.000	1.940.000	355
Nürnberg	500.000	1.030.000	410
Dresden	510.000	700.000	370
Schweiz			
Zürich	370.000	1.160.000	590

Tabelle 5-1: Städte und Agglomerationen im Untersuchungsgebiet

Netzstruktur

Innerhalb Österreichs werden all jene Kanten betrachtet, die für den Fernverkehr von Relevanz sein können – also die Verbindungen von Wien mit Städten ab ca. 100.000 Einwohner einerseits und die Verbindungen zwischen diesen Städten andererseits. Auch einige ergänzende Kanten von überregionaler Bedeutung, auf denen derzeit kein vertakteter Fernverkehr stattfindet, werden untersucht.

Außerhalb Österreichs liegt der Schwerpunkt auf den für den internationalen Fernverkehr zwischen Städten ab ca. 200.000 Einwohnern in Frage kommenden Kanten.

Die gewählten Knoten basieren auf dem bestehenden Fahrplanangebot, wobei als Knoten neben Bahnhöfen, die für Umsteigerelationen zwischen Fernverkehrszügen untereinander von Bedeutung sind, auch ausgewählte Bahnhöfe mit hoher Bedeutung für die Verknüpfung zwischen Fern- und Nahverkehr herangezogen werden.

5. ITF-Kantenfahrzeiten in Zentraleuropa

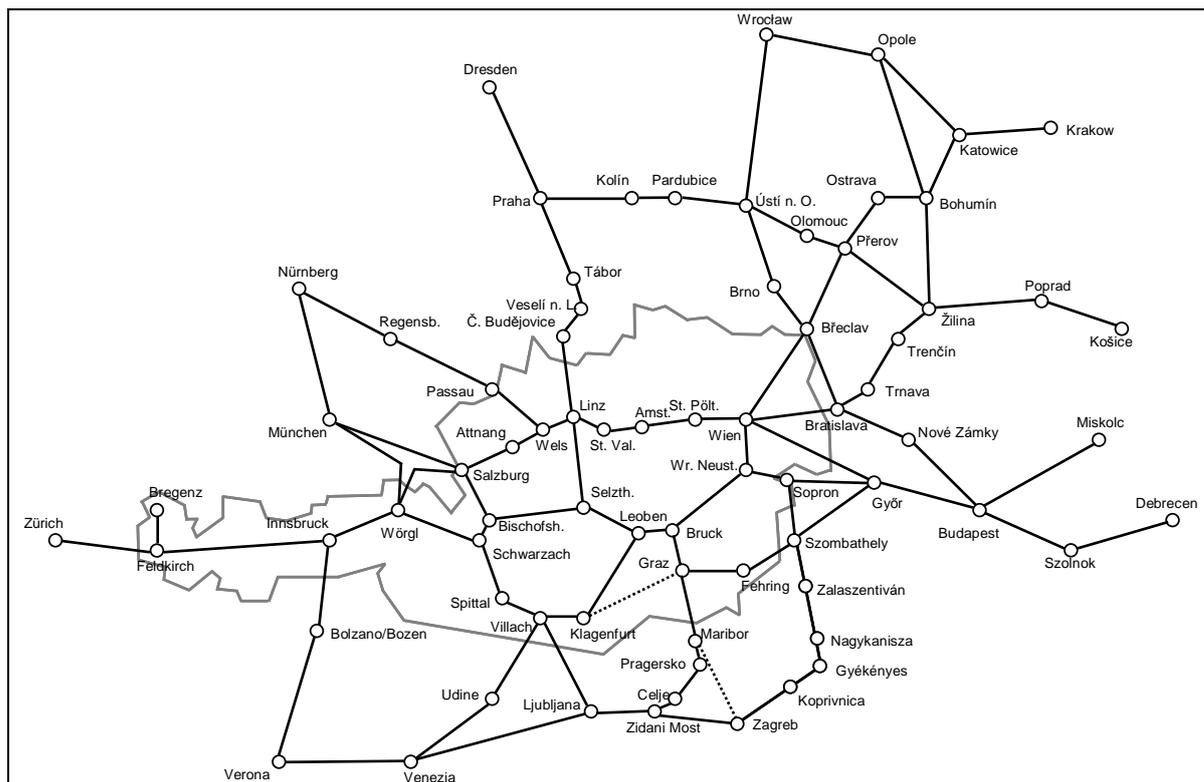


Abbildung 5-2: Netzstruktur im Untersuchungsgebiet

In der zu Grunde gelegten Netzstruktur fließen auch nachstehende Änderungen aufgrund einzelner geplanter oder bereits in Bau befindlicher Infrastrukturmaßnahmen sowie basierend auf fahrplankonzeptionellen Überlegungen ein.

Koralmbahn

Zusätzlich zum bestehenden Streckennetz wird die in Bau befindliche Koralmbahn zwischen Graz und Klagenfurt berücksichtigt.

Wien Hauptbahnhof

Im Raum Wien werden mit dem ebenfalls in Bau befindlichen Hauptbahnhof und den entsprechenden Zulaufstrecken von Westen her die Voraussetzungen für einen zentralen Fernverkehrsknoten geschaffen.

Krapina-Korridor

Als langfristige Option wird weiters auch der so genannte "Krapina-Korridor", eine vor allem in Kroatien und Südösterreich forcierte direkte Neubaustrecke von Maribor nach Zagreb, in den Überlegungen berücksichtigt [38]. Neben diesen Infrastrukturgroßprojekten, die die Netzstruktur wesentlich verändern, werden abweichend von der derzeitigen Fahrplanstruktur folgende, kleinere Modifikationen unterstellt:

5. ITF-Kantenfahrzeiten in Zentraleuropa

Verbindung Bohumín – Opole

Diese Strecke wird derzeit für den Fernverkehr nicht genutzt, könnte aber in Zukunft als direkte Verbindung aus dem Raum Ostrava in Richtung Opole – Wrocław eine gewisse Bedeutung erlangen.

Knoten Ústí nad Orlicí

Derzeit halten hochrangige Fernverkehrszüge zwischen Pardubice und Brno bzw. Olomouc in Česká Třebová (zumindest teilweise).

Andererseits zweigt in Ústí nad Orlicí die Strecke nach Wrocław über Letohrad – Lichkov – Kłodzko ab (vgl. Abbildung 5-3), die zwar derzeit für den Fernverkehr nur eine sehr geringe Bedeutung hat (ein Zugpaar), die aber mit kürzeren Fahrzeiten und passenden Anschlüssen künftig für Umsteigeverbindungen von Wien bzw. Brno Richtung Wrocław und darüber hinaus (Szczecin) in Betracht gezogen werden kann.

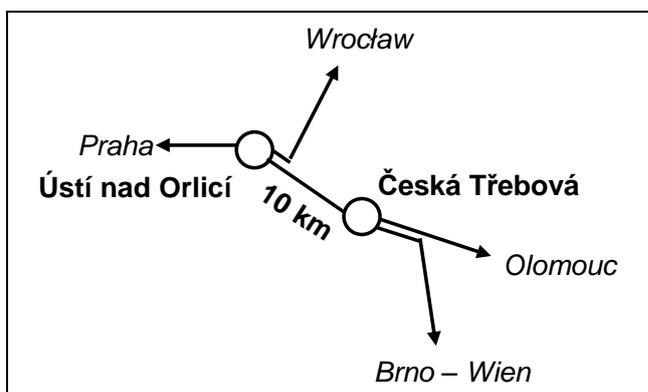


Abbildung 5-3: Knoten Ústí nad Orlicí und Česká Třebová

Dazu wäre eine Verlegung der Knotenfunktion von Česká Třebová nach Ústí nad Orlicí erforderlich, da die Einbindung der Strecke Richtung Letohrad – Wrocław keine Führung der Züge von/nach Wrocław in den Knoten Česká Třebová ermöglicht.

Hinsichtlich des lokalen Fahrgastpotentials sind die beiden Orte vergleichbar, Česká Třebová hat ca. 17.000 Einwohner, Ústí nad Orlicí hat ca. 15.000 Einwohner. Der Halt in Ústí nad Orlicí statt Česká Třebová ist natürlich nur bei jenen Zügen erforderlich, die einen Anschluss von/nach Wrocław haben.

5.2. Ausgangslage

5.2.1. Fahrzeiten – Ist-Situation

5.2.1.1. Fahrzeiten ab Wien

Aus Abbildung 5-4 sind die derzeitigen Fahrzeiten ab Wien zu wichtigen Destinationen innerhalb des Untersuchungsgebietes sowohl für die Bahn als auch für den PKW dargestellt.

Die PKW-Fahrzeiten basieren auf dem Stand Mai 2010 und wurden mittels eines Online-Routenplaners ermittelt. Es handelt sich dabei um die Fahrzeiten von Stadtmitte zu Stadtmitte.

Die Bahnfahrzeiten sind dem Fahrplan 2009 entnommen, um den Zustand vor der Umbauphase im Bereich des Wiener Südbahnhofes bzw. des künftigen Hauptbahnhofes widerzuspiegeln.

Abweichend davon wurden für Innsbruck und Zürich die Fahrzeiten des Fahrplans 2010 herangezogen, da diese Relationen bei unveränderter Infrastruktur durch eine Umstellung des Fahrplansystems im Dezember 2009 deutlich beschleunigt wurden.

Sofern ein vertaktetes Angebot besteht, wurden die Fahrzeiten der Taktzüge herangezogen. Auf den übrigen Relationen wurde die kürzeste Fahrzeit dargestellt, die aber oftmals nur einmal täglich und teilweise auch nur einer Richtung erzielt werden kann.

5. ITF-Kantenfahrzeiten in Zentraleuropa

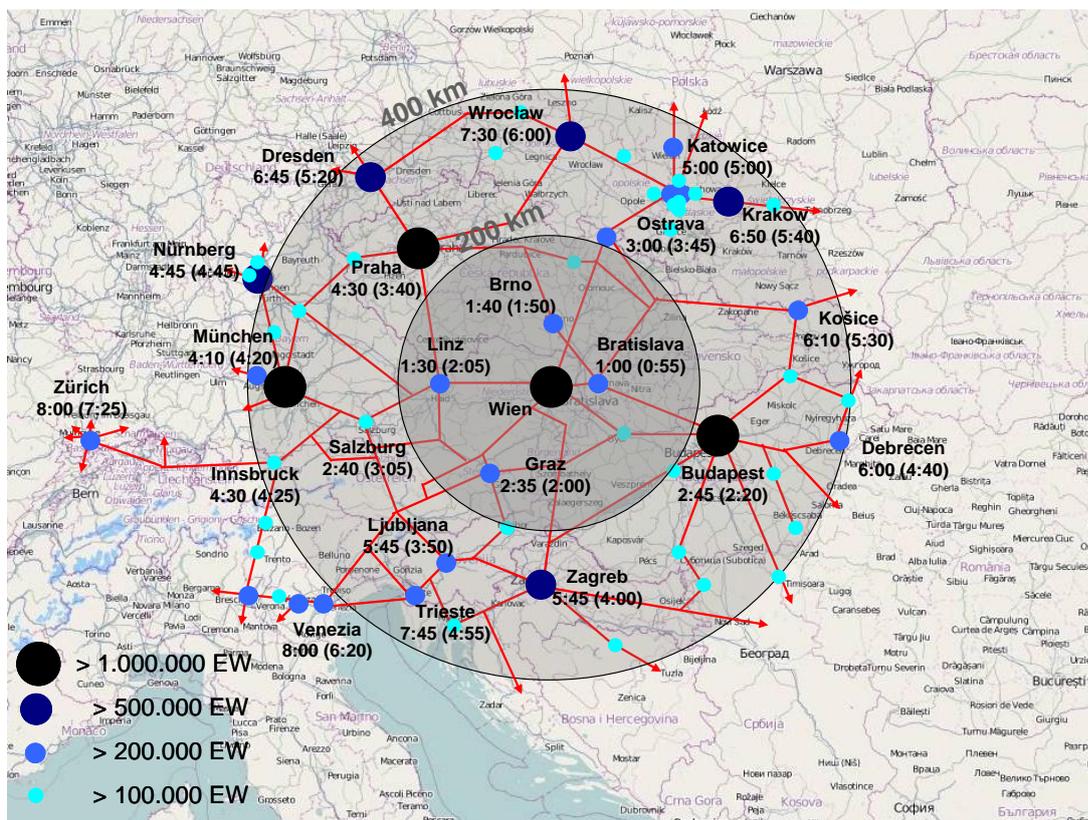


Abbildung 5-4: Reisezeiten ab Wien mit der Bahn und dem PKW (in Klammer), Ist-Zustand 2009/2010 (Karte: www.openstreetmap.org)

Es zeigt sich, dass es bei beiden Verkehrsmitteln bei den Fahrzeiten zu gleich weit entfernten Destinationen große Unterschiede gibt.

Die bezogen auf die Luftlinienentfernung kürzesten Fahrzeiten werden Richtung Westen erzielt, wobei es hier oft leichte Vorteile für die Bahn gibt. Richtung Norden und Osten sind die Reisezeiten mit dem PKW mittlerweile merkbar kürzer als mit der Bahn, obwohl die Autobahnnetz noch nicht durchgehend ausgebaut sind. Richtung Süden zeigt sich der massive Nachholbedarf bei der Eisenbahninfrastruktur im Vergleich zur bestens ausgebauten Straßeninfrastruktur.

Das aus Sicht der Bahn beste Fahrzeitverhältnis wird auf der Relation Wien – Linz (28% kürzere Reisezeit mit der Bahn) erzielt, das schlechteste Fahrzeitverhältnis besteht auf der Relation Wien – Trieste (58% längere Reisezeit mit der Bahn).

Eine detaillierte Aufstellung der Fahrzeiten sowie der Geschwindigkeiten bezogen auf die Luftlinienentfernung ist aus Tabelle 5-2 ersichtlich. Im Durchschnitt über alle betrachteten Relationen liegen die Fahrzeiten mit der Bahn um 14% über jenen des PKW.

5. ITF-Kantenfahrzeiten in Zentraleuropa

	Luftlinie	Bahn		PKW			Reisezeitverhältnis Bahn/PKW
		Fahrzeit	km/h	Fahrzeit	km/h	Autobahnanteil	
Österreich							
Graz	145	02:35	56	02:00	73	95%	29%
Linz	155	01:30	103	02:05	74	90%	-28%
Salzburg	252	02:40	95	03:05	82	94%	-14%
Innsbruck	387	04:30	86	04:25	88	97%	2%
Tschechien							
Praha	252	04:30	56	03:40	69	79%	23%
Brno	111	01:40	67	01:50	61	50%	-9%
Ostrava	229	03:00	76	03:45	61	64%	-20%
Polen							
Wrocław	325	07:30	43	06:00	54	40%	25%
Kraków	332	06:50	49	05:40	59	70%	21%
Katowice	298	05:00	60	05:00	60	63%	0%
Slowakei							
Bratislava	55	01:00	55	00:55	60	85%	9%
Košice	365	06:10	59	05:30	66	80%	12%
Ungarn							
Budapest	215	02:45	78	02:20	92	96%	18%
Debrecen	401	06:00	67	04:40	86	93%	29%
Kroatien							
Zagreb	267	05:45	46	03:55	68	91%	47%
Slowenien							
Ljubljana	278	05:45	48	03:50	73	97%	50%
Italien							
Trieste	345	07:45	45	04:55	70	96%	58%
Venezia S. L.	436	08:00	55	06:20	69	97%	26%
Deutschland							
München	356	04:10	85	04:20	82	95%	-4%
Nürnberg	412	04:45	87	04:45	87	95%	0%
Dresden	368	06:45	55	05:20	69	80%	27%
Schweiz							
Zürich	590	08:00	74	07:20	80	96%	9%
Mittelwert über alle Relationen							14%

Tabelle 5-2: Reisezeitvergleich Bahn vs. PKW ab Wien, Ist-Zustand 2009/2010

5.2.1.2. Fahrzeiten und Durchschnittsgeschwindigkeiten nach Kanten

Basis für einen Integrierten Taktfahrplan sind entsprechende Fahrzeiten zwischen den Knoten, die jeweils knapp unter der gewählten Kantenfahrzeit liegen müssen. Aus Abbildung 5-5 sind die gegenwärtigen Fahrzeiten auf den einzelnen Kanten ersichtlich. Die Fahrzeiten wurden dem Fahrplan 2009 entnommen und gelten – sofern ein vertaktetes Angebot vorhanden ist – für einen Taktzug des Grundangebotes, wobei nur konventionelle Züge und keine Züge mit Neigetechnik herangezogen wurden. Auf einzelnen Kanten, die im Fahrplanjahr 2009 von keinen Fernverkehrszügen befahren wurden, basieren die Daten auf einem anderen Fahrplanjahr.

5. ITF-Kantenfahrzeiten in Zentraleuropa

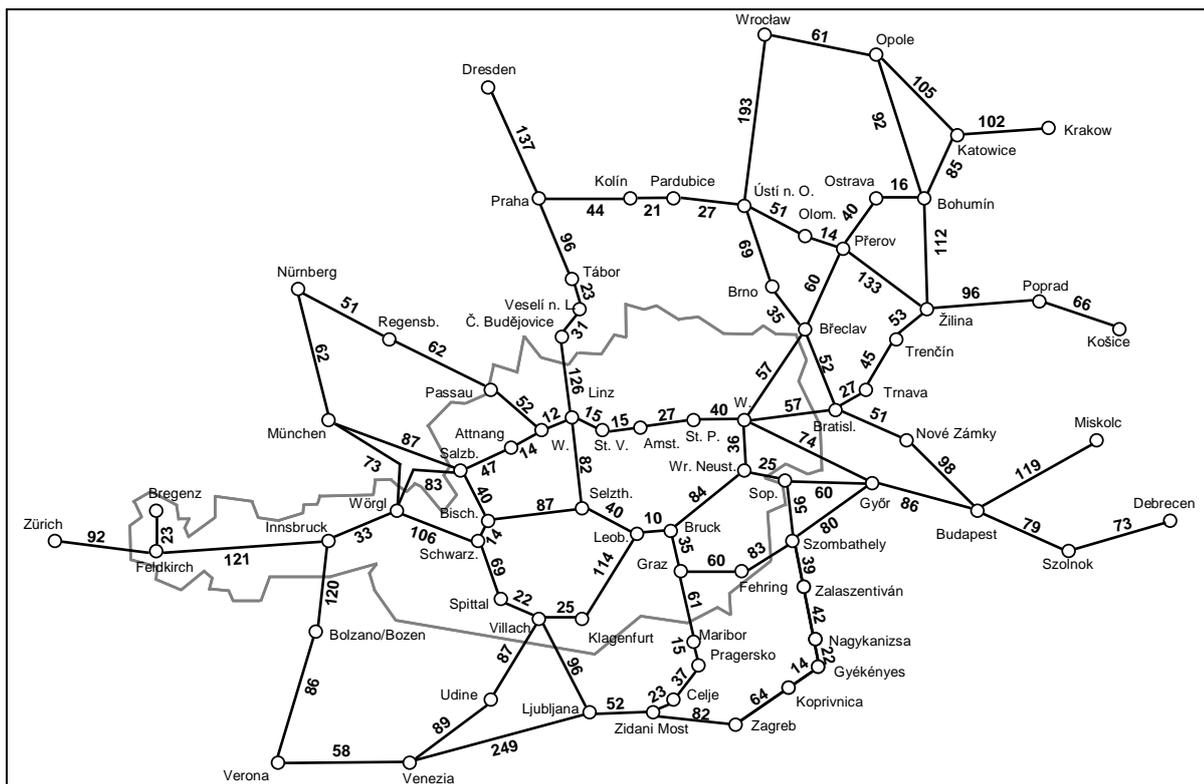


Abbildung 5-5: Fahrzeiten zwischen den Knotenpunkten, Stand 2009

Die Darstellung der erreichten Durchschnittsgeschwindigkeiten in Abbildung 5-6 zeigt deutlich die Unterschiede zwischen den einzelnen Strecken und erklärt die langen Reisezeiten vor allem Richtung Polen und Slowenien bzw. Italien.

5. ITF-Kantenfahrzeiten in Zentraleuropa

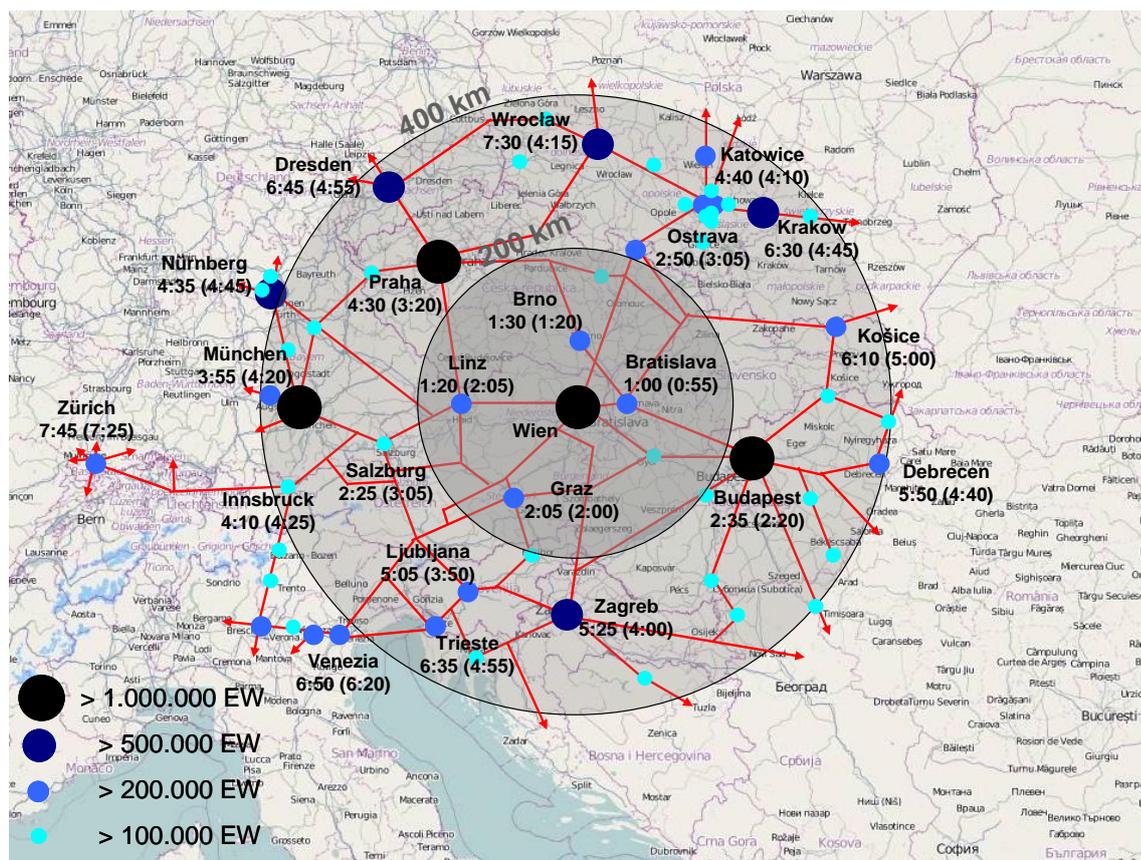


Abbildung 5-7: Reisezeiten ab Wien mit der Bahn und dem PKW (in Klammer), Referenzfall (Karte: www.openstreetmap.org)

Bei den Bahnfahrzeiten sind folgenden Fahrzeitverkürzungen gegenüber der Ist-Situation eingerechnet:

- von Wien Richtung Westen (Linz und darüber hinaus): ca. 10 Minuten Fahrzeitverkürzung bis Linz, ca. 15 Minuten Fahrzeitverkürzung bis Salzburg (infolge Ausbau der Westbahn)
- von Wien Richtung Südwesten (Graz und darüber hinaus): ca. 30 Minuten Fahrzeitverkürzung bis Graz (infolge Semmeringbasistunnel), ca. 60 Minuten Fahrzeitverkürzung bis Klagenfurt (infolge Semmeringbasistunnel und Koralmbahn)
- von Wien Richtung Osten (Budapest und darüber hinaus): ca. 10 Minuten Fahrzeitverkürzung (infolge Abfahrt vom Hauptbahnhof statt von Wien Meidling)
- Verkürzung von Grenzaufhalten bzw. Lokwechselaufhalten in Tarvisio-Boscoverde, Spielfeld-Straß, Szombathely, Nagykanizsa, Břeclav und Bohumín.

Bei den PKW-Fahrzeiten wird für alle Strecken ein Autobahnanteil von ca. 90% angenommen. Dies ist derzeit auf den Strecken von Wien nach und durch Tschechien sowie in die Slowakei noch nicht der Fall. Für diese Strecken errechnet sich die Fahrzeit

5. ITF-Kantenfahrzeiten in Zentraleuropa

im Referenzfall aus einer Durchschnittsgeschwindigkeit von 100 km/h (bezogen auf die Straßentfernung). Dieses Geschwindigkeitsniveau wird auf den übrigen Strecken bereits heute erreicht.

	Luftlinie km	Bahn		PKW		Reisezeit- verhältnis Bahn/PKW	Veränderung in Prozent- punkten ggü. Ist-Zustand
		Fahrzeit	km/h (Luftlinie)	Fahrzeit	km/h (Luftlinie)		
Österreich							
Graz	145	02:05	70	02:00	73	4%	25%
Linz	155	01:20	116	02:05	74	-36%	8%
Salzburg	252	02:25	104	03:05	82	-22%	8%
Innsbruck	387	04:10	93	04:25	88	-6%	8%
Tschechien							
Praha	252	04:30	56	03:20	76	35%	-12%
Brno	111	01:40	67	01:20	83	25%	-34%
Ostrava	229	02:50	81	03:05	74	-8%	-12%
Polen							
Wrocław	325	07:30	43	04:15	76	76%	-51%
Kraków	332	06:30	49	04:45	70	37%	-16%
Katowice	298	04:40	60	04:10	72	12%	-12%
Slowakei							
Bratislava	55	01:00	55	00:55	60	9%	0%
Košice	365	06:10	59	05:00	73	23%	-11%
Ungarn							
Budapest	215	02:35	83	02:20	92	11%	7%
Debrecen	401	05:50	69	04:40	86	25%	4%
Kroatien							
Zagreb	267	05:25	49	03:55	68	38%	9%
Slowenien							
Ljubljana	278	05:05	55	03:50	73	33%	17%
Italien							
Trieste	345	06:35	52	04:55	70	34%	24%
Venezia S. L.	436	06:50	64	06:20	69	8%	18%
Deutschland							
München	356	03:55	91	04:20	82	-10%	6%
Nürnberg	412	04:35	90	04:45	87	-4%	4%
Dresden	368	06:45	55	04:55	75	37%	-11%
Schweiz							
Zürich	590	07:45	76	07:20	80	6%	3%
Mittelwert über alle Relationen						15%	

Tabelle 5-3: Reisezeitvergleich Bahn vs. PKW ab Wien, Referenzfall

Die Veränderung der Fahrzeitverhältnisse zeigt, dass im Referenzfall die Bahn Richtung Westen weiter an Attraktivität gewinnt, dass sie in Richtung Südwesten und Ungarn teilweise aufholen kann (aber trotzdem die PKW-Reisezeiten nicht nennenswert unterbieten kann) und dass sie aufgrund des fortschreitenden Ausbaues der Autobahnnetze ohne eine Verbesserung der Schieneninfrastruktur in Richtung Osten und Norden massiv an Attraktivität gegenüber dem PKW zu verlieren droht.

Im Durchschnitt über alle Relationen würde sich das Fahrzeitverhältnis gegenüber dem Referenzfall sogar leicht zu Ungunsten der Bahn verschlechtern – auf eine durchschnittlich um 15% (statt 14%) längere Fahrzeit mit der Bahn.

5. ITF-Kantenfahrzeiten in Zentraleuropa

5.2.2.2. Fahrzeiten und Durchschnittsgeschwindigkeiten je Kante

Die Fahrzeiten je Kante sowie die Durchschnittsgeschwindigkeiten sind aus Abbildung 5-8 und Abbildung 5-9 ersichtlich. Die Fahrzeitverkürzungen infolge der darin unterstellten Infrastrukturmaßnahmen in Österreich gemäß Rahmenplan 2009-2014 des BMVIT beruhen auf eigenen Abschätzungen. Genaue Fahrzeitberechnungen werden bei der Ermittlung der weiteren Maßnahmen in Kapitel 6 durchgeführt.

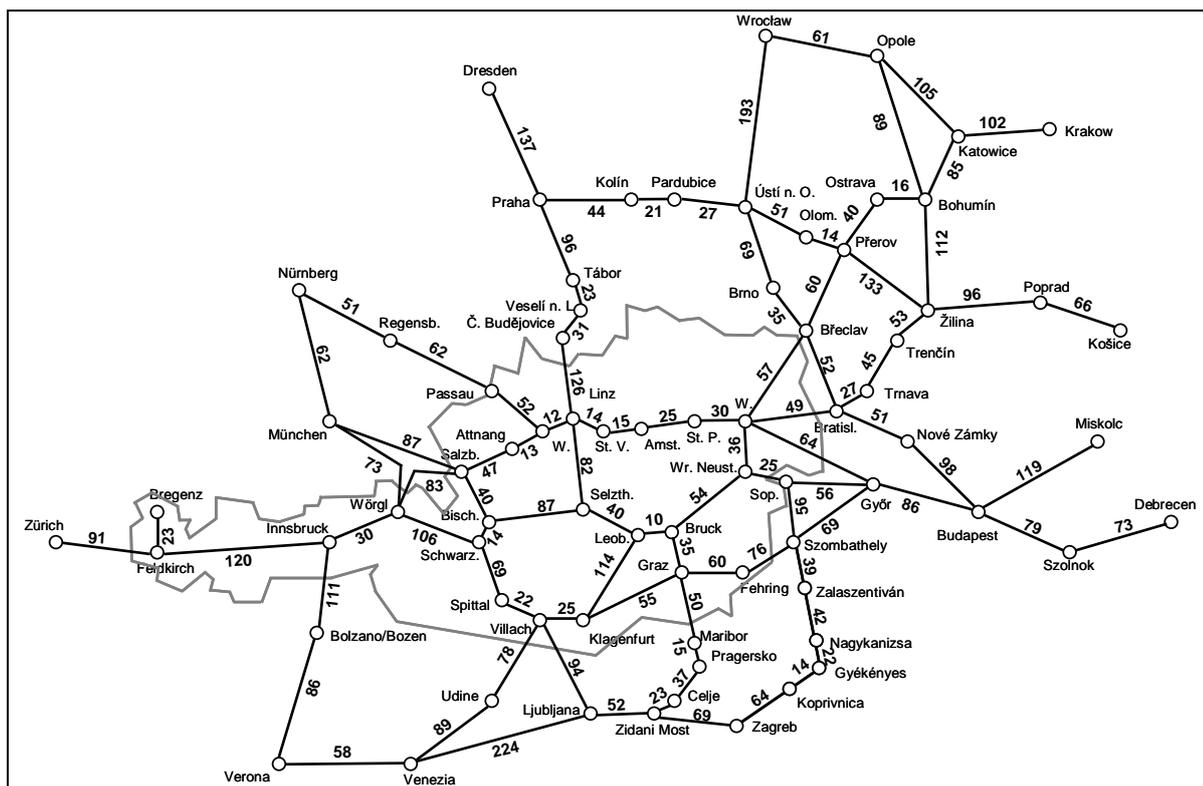


Abbildung 5-8: Fahrzeiten zwischen den Knotenpunkten, Referenzfall

5. ITF-Kantenfahrzeiten in Zentraleuropa

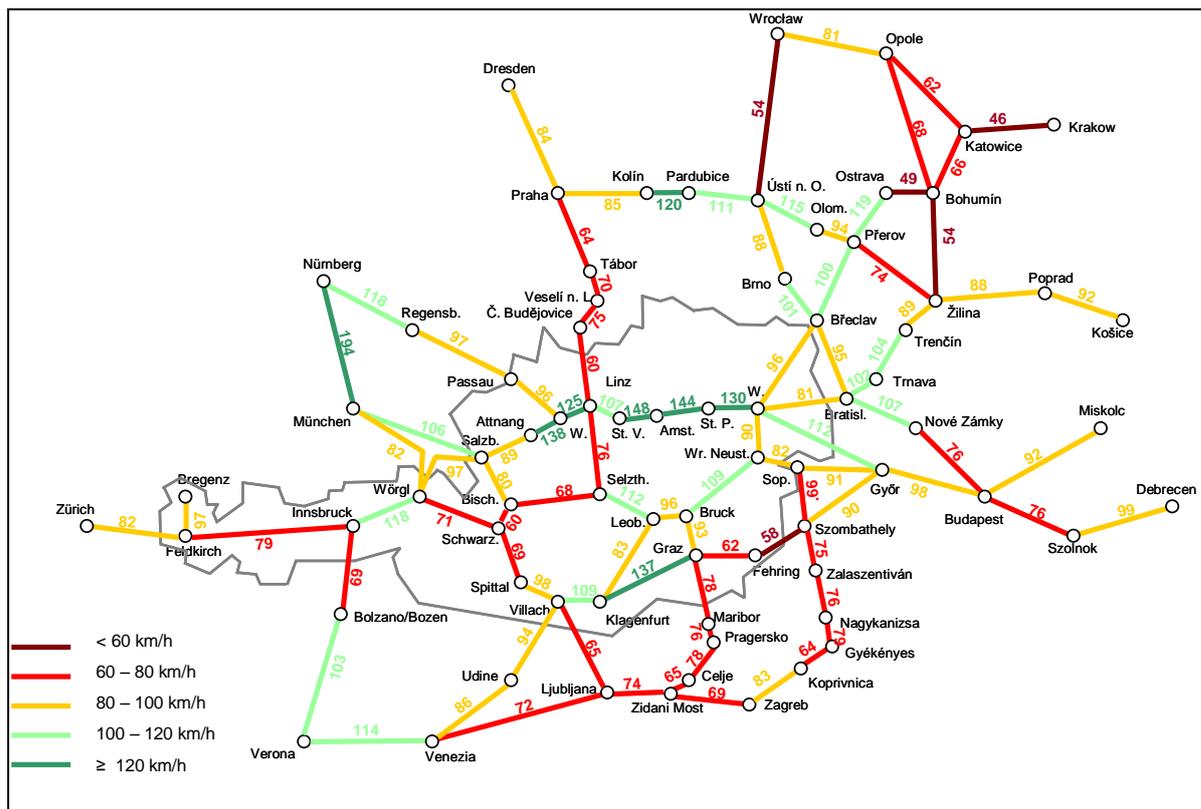


Abbildung 5-9: Durchschnittsgeschwindigkeiten je Kante, Referenzfall

5.2.3. Handlungsbedarf

Die im Referenzfall unterstellte Fortschreibung des Status quo hinsichtlich der Eisenbahninfrastruktur im benachbarten Ausland ist sicher kein realistisches Zukunftsszenario, da sich auch in diesen Ländern Ausbaumaßnahmen in Planung oder Umsetzung befinden.

Der Referenzfall zeigt aber deutlich auf, in welchen Ländern der Nachholbedarf bei der Eisenbahninfrastruktur besonders groß ist und wo die Bahn bei fortschreitendem Autobahnausbau vollkommen ins Hintertreffen zu geraten droht.

In Österreich weisen mit den unterstellten Infrastrukturmaßnahmen die Westbahn und die Südbahn ein gutes Geschwindigkeitsniveau auf, wobei trotz Semmeringbasistunnel und Koralmbahn die Westbahn deutlich vorne liegt. Die Querverbindungen fallen demgegenüber deutlich ab.

Das Geschwindigkeitsniveau auf den relevanten weiterführenden Strecken in Deutschland und Italien kann ebenfalls als passabel bezeichnet werden. Dies gilt auch für die internationalen Hauptachsen in Tschechien, der Slowakei und Ungarn. Die Relation Wien – Praha leidet allerdings trotzdem unter dem relativ hohen Umwegfaktor gegenüber der Autobahnverbindung.

Richtung Polen fällt das Geschwindigkeitsniveau dann deutlich ab, wofür vor allem der schlechte Infrastrukturzustand verantwortlich ist.

5. ITF-Kantenfahrzeiten in Zentraleuropa

Auch auf den internationalen Korridoren Richtung Slowenien und darüber hinaus sind keine attraktiven Reisezeiten möglich, wobei hier weniger der Infrastrukturzustand an sich, sondern die aufgrund der topographischen Verhältnisse eher ungünstige Trassierung verantwortlich ist. Zumindest auf der Strecke Maribor – Ljubljana werden hier mit Neigezügen etwas höhere Reisegeschwindigkeiten als die dargestellten, die für konventionelle Züge gelten, erreicht.

Handlungsbedarf besteht also einerseits hinsichtlich der Ermöglichung eines attraktiven Geschwindigkeitsniveaus. Andererseits ist ein attraktives Geschwindigkeitsniveau allein nicht ausreichend um einen Integrierten Taktfahrplan zu ermöglichen, welcher wiederum die Voraussetzung für netzweit attraktive Reisezeiten ist.

Daher müssen die Infrastrukturmaßnahmen zur Steigerung des Geschwindigkeitsniveaus auch den Kantenfahrzeitanforderungen eines Integrierten Taktfahrplans genügen. Weiters sind teilweise auch auf Strecken mit bereits passablem Geschwindigkeitsniveau noch zusätzliche Maßnahmen zur Erfüllung der Kantenfahrzeiterfordernisse nötig.

5.3. Referenzfall

5.3.1.1. Festlegung der anteiligen Knotenaufenthaltsdauern

Die anteiligen Knotenaufenthaltsdauern für die Knotenbahnhöfe im Untersuchungsgebiet sind aus Tabelle 5-5 ersichtlich. Die örtlichen Gegebenheiten (Bahnhofsconfiguration in Bezug auf parallele Fahrtrichtungen) wurden darin so weit wie möglich berücksichtigt.

Die anteiligen Knotenaufenthaltsdauern sind sehr stark davon abhängig, welche Linien in einem Knoten durchgebunden werden. Die zu Grunde gelegten Linien und Durchbindungen orientieren sich in der Regel am bestehenden Angebot.

Die ermittelten Werte der anteiligen Knotenaufenthaltsdauern basieren auf folgenden gewählten Einflussparametern (vgl. Kapitel 3.4):

Einflussparameter	Wert
Aufenthalt infolge Fahrgastwechsel, Großstädte (ab ca. 100.000 Einwohner) sowie sonstige Knoten von hoher Bedeutung	3'
Aufenthalt infolge Fahrgastwechsel, übrige Knoten	2'
Aufenthalt infolge Fahrtrichtungswechsel	5'
Umsteigezeit mit Bahnsteigwechsel	5' (München Hbf und Budapest Keleti pu.: 6 min)
Umsteigezeit bahnsteiggleich	3' (nach Möglichkeit aber 4')
Zeit zum Trennen und Vereinigen von Zugteilen	5'
Zeit zwischen Ankunft des ersten und des zweiten Zugteils beim Vereinigen	3' (außer wenn die beiden Zugteile aus entgegengesetzten Richtungen einfahren)
Zugfolgezeit	3'
Pufferzeit bei kreuzenden Fahrten	3' (in Einzelfällen 2')

Tabelle 5-4: Gewählte Parameter für die Festlegung der anteiligen Knotenaufenthaltsdauern

5. ITF-Kantenfahrzeiten in Zentraleuropa

Eine Wahl anderer Einflussparameter (z. B. einer kürzeren Zugfolgezeit von 2 Minuten, wie sie in der Schweiz auf dicht befahrenen Strecken üblich ist) ergibt automatisch andere anteilige Knotenaufenthaltsdauern und in weiterer Folge andere Fahrzeitverkürzungserfordernisse.

5. ITF-Kantenfahrzeiten in Zentraleuropa

Knoten	Kante nach	anteilige Knoten-aufent-haltszeit	Einflussparameter
Zürich HB	Feldkirch	10	
	Die derzeitige Taktlage für die Züge von/nach Österreich (ab ..40, an ..20) kann aufgrund der langfristigen Fahrplanstabilität in der Schweiz auch für längerfristige Überlegungen zu Grunde gelegt werden		
Bregenz	Feldkirch	1,5	
Feldkirch	Zürich HB	2,5	5' Aufenthalt (Trennen/Vereinigen)
	Bregenz	5,5	8' Aufenthalt (Trennen/Vereinigen 2. Garnitur)
	Innsbruck Hbf	2,5	5' Aufenthalt (Trennen/Vereinigen)
Innsbruck Hbf	Zürich HB	1,5	3' Aufenthalt
	Wörgl (Linie nach Salzburg)	1,5	3' Aufenthalt
	Wörgl (Linie nach München)	4,5	3' Zugfolgezeit
	Bolzano/Bozen	3,5	5' Umsteigezeit
	Parallelverkehr der Linien Wien – Zürich und München – Verona zwischen Wörgl und Innsbruck		
Bolzano/Bozen	Innsbruck Hbf	1,5	3' Aufenthalt
	Verona PN	1,5	3' Aufenthalt
Verona PN	Venezia Mestre	1,5	3' Aufenthalt (Linie Venezia M. – Milano C.)
	Bolzano/Bozen	3,5	5' Umsteigezeit
Venezia Mestre	Verona PN	2,5	5' Umsteigezeit
	Trieste - Ljubljana	2,5	5' Umsteigezeit
	Udine	5,5	3' Zugfolgezeit (selbe Strecke Richtung Trieste und Udine)
Wörgl Hbf	Innsbruck (Linie nach Feldk.)	1	2' Aufenthalt
	Innsbruck (Linie nach Bolzano/Bozen)	-2	3' Zugfolgezeit, Umsteigen tlw. in Innsbruck Hbf erforderlich
	Salzburg Hbf	1	2' Aufenthalt
	München Hbf	4	3' Zugfolgezeit (selbe Strecke Richtung Salzburg und München)
	Schwarzach-St. Veit	4	5' Umsteigezeit
	Parallelverkehr der Linien Wien – Zürich und München – Verona zwischen Wörgl und Innsbruck		
München Hbf	Salzburg Hbf	3	6' Umsteigezeit
	Wörgl Hbf	6	3' Zugfolgezeit (selbe Strecke Richtung Salzburg und Wörgl)
	Nürnberg Hbf	3	6' Umsteigezeit
Salzburg Hbf	Wörgl Hbf	4,5	3' Zugfolgezeit (selbe Strecke Richtung München und Wörgl)
	München Hbf	1,5	3' Aufenthalt
	Attnang-Puchheim	1,5	3' Aufenthalt
	Bischofsh. (Linie nach Schwarz.)	3,5	6' Umsteigezeit
	Bischofsh. (Linie nach Selzthal)	0,5	3' Zugfolgezeit, Umsteigen tlw. in Bischofshofen erforderlich
	Parallelverkehr der Linien Salzburg – Villach und Salzburg – Graz zwischen Salzburg und Bischofshofen		
Nürnberg	München Hbf	1,5	3' Aufenthalt (Linie München – Würzburg und darüber hinaus)
	Regensburg Hbf	3,5	5' Umsteigezeit
Schwarzach-St. Veit	Wörgl Hbf	4	5' Umsteigezeit
	Bischofsh. (Linie nach Salzburg)	1	2' Aufenthalt
	Bischofsh. (Linie nach Selzthal)	4	3' Zugfolgezeit
	Spittal-Millstättersee	1	2' Aufenthalt
	Parallelverkehr der Linien Salzburg – Villach und Graz – Wörgl zwischen Bischofshofen und Schwarzach-St. Veit		
Spittal-Millstättersee	Schwarzach-St. Veit	1	2' Aufenthalt
	Villach Hbf	1	2' Aufenthalt
Bischofshofen	Salzburg (Linie von Schwarz.)	0	2' Aufenthalt
	Salzburg (Linie von Selzthal)	3	3' Zugfolgezeit
	Bischofshofen (Spittal-M.)	2	2' Aufenthalt
	Bischofshofen (Wörgl)	-1	3' Zugfolgezeit, Umsteigen tlw. in Schwarzach-St. Veit erforderlich
	Selzthal	5	5' Umsteigezeit
	Leichte Knotenasymmetrie aufgrund Fahrtrichtungswechsel der Relation Selzthal– Salzburg erforderlich		
Attnang-	Salzburg Hbf	1	2' Aufenthalt

5. ITF-Kantenfahrzeiten in Zentraleuropa

Puchheim	Wels Hbf	1	2' Aufenthalt
Wels Hbf	Attnang-Puchheim	1	2' Aufenthalt
	Linz Hbf (Linie von Salzburg)	1	2' Aufenthalt
	Linz Hbf (Linie von Passau)	-2	3' Zugfolgezeit, Anschlüsse werden durch Linie von Salzburg hergestellt)
	Passau Hbf	4	5' Umsteigezeit
	Linie Nürnberg – Wien fährt östlich von Wels beschleunig außerhalb des Knotensystems		
Passau Hbf	Wels Hbf	1,5	3' Aufenthalt
	Regensburg Hbf	1,5	3' Aufenthalt
Regensburg Hbf	Passau Hbf	1	2' Aufenthalt
	Nürnberg Hbf	1	2' Aufenthalt
Linz Hbf	Wels Hbf (Salzburg)	1,5	3' Aufenthalt
	Wels Hbf (Passau)	4,5	3' Zugfolgezeit
	St. Valentin	1,5	3' Aufenthalt
	České Budějovice	3,5	5' Umsteigezeit
	Selzthal	3,5	5' Umsteigezeit
Villach Hbf	Spittal-Millstättersee	3,5	5' Umsteigezeit
	Klagenfurt Hbf	1,5	3' Aufenthalt
	Udine	1,5	3' Aufenthalt
	Ljubljana	4,5	3' Zugfolgezeit (selbe Strecke Richtung Udine und Ljubljana)
Udine	Klagenfurt Hbf	1,5	3' Aufenthalt
	Venezia Mestre	1,5	3' Aufenthalt
Ljubljana	Villach Hbf	1,5	3' Aufenthalt
	Zidani Most (Celje)	1,5	3' Umsteigezeit bahnsteiggleich (Richtung Villach)
	Zidani Most (Zagreb)	6,5	5' Zugfolgezeit
	Venezia Mestre	3,5	5' Umsteigezeit
	Parallelverkehr der Linien Villach – Zagreb und Venezia – Maribor zwischen Ljubljana und Zidani Most. Abweichend wird hier eine fünfminütige Zugfolgezeit unterstellt, da für beide Züge in Zidani Most nur eine Bahnsteigkante zur Verfügung steht.		
Zidani Most	Ljubljana (Linie von Celje)	-4	5' Zugfolgezeit (infolge Bahnsteigkapazität Zidani Most), Umsteigen tlw. in Ljubljana erforderlich
	Ljubljana (Linie von Zagreb)	1	2' Aufenthalt
	Zagreb gl. kol.	1	2' Aufenthalt
	Celje	6	2' Aufenthalt
Zagreb gl. kol.	Maribor (Berücksichtigung Krapina-Korridor)	4,5	3' Zugfolgezeit (selbe Strecke Richtung Maribor und Zidani Most)
	Zidani Most	1,5	3' Aufenthalt
	Koprivnica	3,5	5' Umsteigezeit
Celje	Zidani Most	1	2' Aufenthalt
	Pragersko	1	2' Aufenthalt
Pragersko	Celje	1	2' Aufenthalt
	Maribor	1	2' Aufenthalt
Maribor	Graz Hbf	1,5	3' Aufenthalt
	Zagreb gl. kol. (Berücksichtigung Krapina-Korridor)	1,5	3' Aufenthalt
	Pragersko	4,5	3' Zugfolgezeit (selbe Strecke Richtung Zagreb und Pragersko)
Graz Hbf	Klagenfurt Hbf	1,5	3' Aufenthalt
	Bruck a. d. Mur (Wr. Neustadt)	1,5	3' Aufenthalt
	Bruck a. d. Mur (Leoben)	-1,5	3' Zugfolgezeit, Umsteigen tlw. in Bruck a. d. Mur erforderlich
	Maribor	4,5	3' Zugfolgezeit (selbe Strecke Richtung Maribor und Klagenfurt)
	Fehring	3,5	5' Umsteigezeit
	Parallelverkehr der Linien Villach – Wien und Graz – Linz/Salzburg/Innsbruck zwischen Graz und Bruck a. d. Mur		
Klagenfurt Hbf	Graz Hbf	1	2' Aufenthalt
	Villach Hbf	1	2' Aufenthalt
	Leoben Hbf	4	5' Umsteigezeit

5. ITF-Kantenfahrzeiten in Zentraleuropa

Leoben Hbf	Selzthal	1	2' Aufenthalt
	Bruck (Linie von Selzthal)	1	2' Aufenthalt
	Bruck (Linie von Klagenfurt)	-2	3' Zugfolgezeit, Umsteigen tlw. in Bruck a. d. Mur erforderlich
	Klagenfurt Hbf	4	3' Zugfolgezeit
	Parallelverkehr der Linien Klagenfurt – Bruck und Linz/Salzburg/Innsbruck – Graz zwischen Leoben und Bruck a. d. Mur		
Bruck a. d. Mur	Graz (Linie von Wr. Neustadt)	0	2' Aufenthalt
	Graz (Linie von Leoben)	3	3' Zugfolgezeit
	Wr. Neustadt Hbf	2	2' Aufenthalt
	Leoben (Linie nach Selzthal)	5	5' Umsteigezeit
	Leoben (Linie nach Klagenfurt)	8	3' Zugfolgezeit
	Leichte Knotenasymmetrie aufgrund Fahrtrichtungswechsel der Relation Graz – Leoben erforderlich		
Selzthal	Leoben Hbf	3,5	5' Aufenthalt (Trennen/Vereinigen)
	Linz Hbf	1,5	5' Aufenthalt (Trennen/Vereinigen), 3' Umsteigezeit bahnsteiggleich (Linz – Bischofshofen)
	Bischofshofen	1,5	5' Aufenthalt (Trennen/Vereinigen)
	Leichte Knotenasymmetrie aufgrund Fahrtrichtungswechsel der Relation Leoben – Bischofshofen erforderlich.		
St. Valentin	Linz Hbf	1	2' Aufenthalt
	Amstetten	1	2' Aufenthalt
Amstetten	St. Valentin	1	2' Aufenthalt
	St. Pölten Hbf	1	2' Aufenthalt
St. Pölten Hbf	Amstetten	1	2' Aufenthalt
	Wien Hbf	1	2' Aufenthalt
Wien Hbf	St. Pölten Hbf	2,5	5' Umsteigezeit
	Wr. Neustadt Hbf	2,5	5' Umsteigezeit
	Břeclav	5,5	3' Zugfolgezeit (selbe Strecke Richtung Bratislava und Břeclav)
	Bratislava hl. st.	2,5	5' Umsteigezeit
	Győr	2,5	5' Umsteigezeit
Wiener Neustadt Hbf	Wien Hbf	1,5	3' Aufenthalt
	Bruck a. d. Mur	1,5	3' Aufenthalt
	Sopron	3,5	5' Umsteigezeit
České Budějovice	Linz Hbf	1,5	3' Aufenthalt
	Veselí nad Lužnicí	1,5	3' Aufenthalt
Veselí nad Lužnicí	České Budějovice	1	2' Aufenthalt
	Tábor	1	2' Aufenthalt
Tábor	Veselí nad Lužnicí	1	2' Aufenthalt
	Praha hl. n.	1	2' Aufenthalt
Praha hl. n.	Tábor	2,5	5' Umsteigezeit
	Kolín (Linie nach Brno)	2,5	5' Umsteigezeit
	Kolín (Linie nach Olomouc)	5,5	3' Zugfolgezeit
	Dresden Hbf	2,5	5' Umsteigezeit
	Parallelverkehr der Linien Praha – Wien/Budapest und Praha – Ostrava zwischen Praha und Ústí nad Orlicí		
Dresden Hbf	Praha hl. n.	1,5	3' Aufenthalt
Kolín	Praha (Linie von Brno)	1	2' Aufenthalt
	Praha (Linie von Olomouc)	-2	3' Zugfolgezeit, Umsteigen tlw. in Praha erforderlich
	Pardubice (Linie nach Brno)	1	2' Aufenthalt
	Pardubice (Linie nach Olomouc)	4	3' Zugfolgezeit
Pardubice hl. n.	Kolín (Linie von Brno)	1	2' Aufenthalt
	Kolín (Linie von Olomouc)	-2	3' Zugfolgezeit, Umsteigen tlw. in Praha erforderlich
	Ústí nad Orlicí (Linie nach Brno)	1	2' Aufenthalt
	Ústí nad Orlicí (Linie nach Olomouc)	4	3' Zugfolgezeit
Ústí nad Orlicí	Kolín (Pardubice von Brno)	1	2' Aufenthalt
	Kolín (Pardubice von Olomouc)	-2	3' Zugfolgezeit, Umsteigen tlw. in Praha erforderlich
	Brno hl. n.	1	2' Aufenthalt

5. ITF-Kantenfahrzeiten in Zentraleuropa

	Olomouc	4	3' Zugfolgezeit
	Wrocław Gl.	4	5' Umsteigezeit
Brno hl. n.	Ústí nad Orlicí	1,5	3' Aufenthalt
	Břeclav	1,5	3' Aufenthalt
Břeclav	Brno hl. n.	1,5	3' Aufenthalt bzw. Umsteigezeit bahnsteiggleich (Richtung Wien bzw. Bratislava)
	Wien Hbf	1,5	3' Aufenthalt bzw. Umsteigezeit bahnsteiggleich (Richtung Brno)
	Přerov	3,5	2' Pufferzeit bei kreuzenden Fahrten bzw. 5' Umsteigezeit (Richtung Brno)
	Bratislava hl. st.	1,5	3' Aufenthalt bzw. Umsteigezeit bahnsteiggleich (Richtung Brno)
	Linienkreuz der Linien Wien – Katowice und Budapest – Praha mit bahnsteiggleichem Korrespondenzanschluss und alternierenden Durchbindungen. Keine Anschlussherstellung in der Relation Wien Hbf – Bratislava hl. st. erforderlich.		
Olomouc hl. n.	Ústí nad Orlicí	1,5	3' Aufenthalt
	Přerov	1,5	3' Aufenthalt
Přerov	Olomouc hl. n.	1,5	5' Aufenthalt (asymmetrisch wegen Fahrtrichtungswechsel)
	Břeclav	3,5	5' Umsteigezeit
	Ostrava Svinov	3,5	5' Aufenthalt (asymmetrisch wegen Fahrtrichtungswechsel)
	Žilina	6,5	3' Zugfolgezeit (selbe Strecke Richtung Ostrava und Žilina)
	Leichte Knotenasymmetrie aufgrund Fahrtrichtungswechsel der Relation Olomouc – Ostrava erforderlich		
Ostrava Svinov	Přerov	1,5	3' Aufenthalt
	Bohumín	1,5	3' Aufenthalt
Bohumín	Ostrava Svinov	1,5	3' Aufenthalt
	Katowice	1,5	3' Aufenthalt
	Žilina	4,5	3' Zugfolgezeit
	Opole Gl.	3,5	5' Umsteigezeit
Katowice	Bohumín	1,5	3' Aufenthalt
	Opole Gl.	3,5	5' Umsteigezeit
	Kraków Gl.	3,5	5' Umsteigezeit
Opole Gl.	Katowice	1,5	3' Aufenthalt
	Bohumín	4,5	3' Zugfolgezeit (selbe Strecke Richtung Katowice und Bohumín)
	Wrocław Gl.	1,5	3' Aufenthalt
Kraków Gl.	Katowice	1,5	3' Aufenthalt
Wrocław Gl.	Opole Gl.	1,5	3' Aufenthalt
	Ústí nad Orlicí	3,5	5' Umsteigezeit
Žilina	Přerov	4,5	3' Zugfolgezeit
	Bohumín	3,5	5' Umsteigezeit
	Trenčín	1,5	3' Aufenthalt
	Poprad-Tatry	1,5	3' Aufenthalt
Poprad-Tatry	Žilina	1	2' Aufenthalt
	Košice	1	2' Aufenthalt
Košice	Poprad-Tatry	1,5	3' Aufenthalt
Trenčín	Žilina	1	2' Aufenthalt
	Trnava	1	2' Aufenthalt
Trnava	Trenčín	1	2' Aufenthalt
	Bratislava hl. st.	1	2' Aufenthalt
Bratislava hl. st.	Trnava	4,5	3' Zugfolgezeit
	Wien Hbf	4,5	3' Zugfolgezeit (selbe Strecke Richtung Wien und Břeclav)
	Břeclav	1,5	3' Aufenthalt
	Nové Zámky	1,5	3' Aufenthalt
Nové Zámky	Bratislava hl. st.	1	2' Aufenthalt
	Budapest Keleti pu.	1	2' Aufenthalt
Budapest Keleti pu.	Győr (Linie nach Wien)	3	5' Umsteigezeit
	Győr (Linie nach Sopron/Szombathely)	0	3' Zugfolgezeit, Umsteigen tlw. in Győr erforderlich
	Kelebia (Beograd)	6	3' Zugfolgezeit
	Nové Zámky	3	5' Umsteigezeit

5. ITF-Kantenfahrzeiten in Zentraleuropa

	Miskolc Tiszai pu.	9	3' Zugfolgezeit (selbe Strecke nach Nové Zámky, Miskolc und Szolnok)
	Szolnok	6	3' Zugfolgezeit (selbe Strecke nach Nové Zámky, Miskolc und Szolnok)
	Parallelverkehr der Linien Budapest – Wien und Budapest – Sopron/Szombathely zwischen Budapest und Győr		
	Züge Richtung Nové Zámky, Miskolc und Szolnok einerseits (über Kőbánya-Felső) und Richtung Győr und Kelebia (Beograd) andererseits (über Budapest Ferencváros) teilen sich im Nahbereich des Bahnhofs Budapest Keleti pu. jeweils zwei Streckengleise (eines je Fahrtrichtung)		
Miskolc Tiszai pu.	Budapest Keleti pu.	1,5	3' Aufenthalt
Szolnok	Budapest Keleti pu.	1,5	3' Umsteigezeit bahnsteiggleich (Richtung Debrecen)
	<i>Budapest Nyugati pu.</i>	1,5	3' Aufenthalt
	Debrecen	1,5	3' Aufenthalt
	<i>Arad</i>	3,5	2' Pufferzeit bei kreuzenden Fahrten bzw. 5' Umsteigezeit (Richtung Debrecen)
	Linienkreuz der Linien Budapest Nyugati pu. – Debrecen und Budapest Keleti pu. – Arad mit bahnsteiggleichem Korrespondenzanschluss und alternierenden Durchbindungen. Keine Anschlussherstellung in der Relation Budapest Keleti pu. – Budapest Nyugati pu. erforderlich. Mit diesem Linienkreuz sind Fahrten von z. B. Wien nach z. B. Debrecen ohne Bahnhofswechsel in Budapest möglich, die Reisekette kann mit zweimaligem Umsteigen innerhalb des Systems Bahn erfolgen.		
	Debrecen	Szolnok	1,5
Győr	Budapest Keleti pu. (Linie von Wien)	1,5	3' Aufenthalt
	Budapest Keleti pu. (Linie von Sopron/Szombathely)	4,5	3' Zugfolgezeit
	Wien Hbf	1,5	3' Aufenthalt
	Sopron	6,5	3' Zugfolgezeit (selbe Strecke Richtung Sopron und Szombathely)
	Szombathely	3,5	5' Umsteigezeit
	Um Fahrzeitverkürzungen auf den Kanten Győr – Szombathely und Győr – Sopron zu ermöglichen, wird eine Verschiebung des Trennens/Vereinigens dieser Züge von Csorna nach Győr unterstellt. In Győr ist aufgrund der Knotenbedingungen ohnehin ein mehrminütiger Aufenthalt erforderlich, der dafür genutzt werden kann. In Csorna kann somit der Aufenthalt auf ein Minimum gekürzt werden.		
Sopron	Wr. Neustadt Hbf	1	2' Aufenthalt
	Győr	1	2' Aufenthalt
	Szombathely	4	5' Umsteigezeit
Szombathely	Győr	1	2' Aufenthalt
	Fehring	1	2' Aufenthalt
	Sopron	4	5' Umsteigezeit
	Zalaszentiván	4	5' Umsteigezeit
Fehring	Szombathely	1	2' Aufenthalt
	Graz Hbf	1	2' Aufenthalt
Zalaszentiván	Szombathely	1	2' Aufenthalt
	Nagykanizsa	1	2' Aufenthalt
Nagykanizsa	Zalaszentiván	1	2' Aufenthalt
	Gyékényes	1	2' Aufenthalt
Gyékényes	Nagykanizsa	1,5	5' Aufenthalt (Fahrtrichtungswechsel)
	Koprivnica	3,5	5' Aufenthalt (Fahrtrichtungswechsel)
	Leichte Knotenasymmetrie aufgrund Fahrtrichtungswechsel der Relation Nagykanizsa – Koprivnica erforderlich		
Koprivnica	Gyékényes	1	2' Aufenthalt
	Zagreb gl. kol.	1	2' Aufenthalt

Tabelle 5-5: Anteilige Knotenaufenthaltsdauern der betrachteten Taktknoten

5.3.1.2. Kantenfahrzeiten

Die Kantenfahrzeiten im Referenzfall ergeben sich aus der Fahrzeit zwischen zwei Knoten (inklusive Zwischenhalte) zwischen zwei Knoten und den jeweiligen anteiligen Knotenaufenthaltsdauern. Ausgehend von den Fahrzeiten im Ist-Zustand (Fahrplan

5. ITF-Kantenfahrzeiten in Zentraleuropa

2009/2010) sind Fahrzeitverkürzungen aufgrund der im Referenzfall unterstellten Maßnahmen eingerechnet.

Die Kantenfahrzeiten im Referenzfall dienen als Grundlage für die Abschätzung des weiteren Fahrzeitverkürzungsbedarfs.

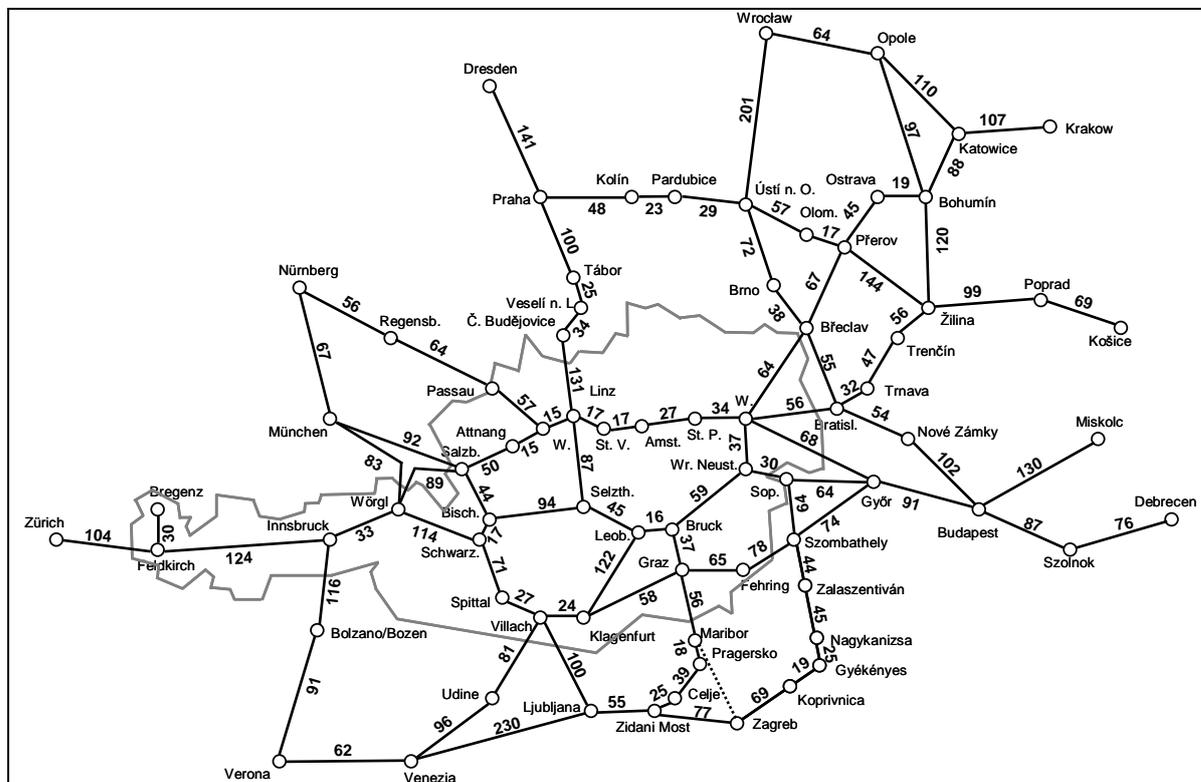


Abbildung 5-10: Kantenfahrzeiten im Referenzfall

5. ITF-Kantenfahrzeiten in Zentraleuropa

von	nach	Zugnummer (Fahrplan 2009, wenn nicht anders angegeben) und Anzahl der Zwischenhalte		Unterstellte Maßnahmen im Referenzfall und Fahrzeitverkürzung dadurch		Fahr- zeit [min]	anteilige Knoten- aufenthalts- zeit [min]		vorh. Kanten- fahrzeit [min]
				[min]	Anmerkung		t _a	t _e	
Zürich HB	Feldkirch	169	2	1	Aufenthalt Buchs 5' statt 6' (Fahr- richtungswechsel)	92	10,0	2,5	103,5
Bregenz	Feldkirch	566	1			23	1,5	5,5	30
Feldkirch	Innsbruck Hbf	566	6	1	Ausbau Klosterbogen	120	2,5	1,5	124
Innsbruck Hbf	Bolzano/Bozen	88	3	9	Aufenthalt Brennero/ Brenner 3' statt 12'	120	3,5	1,5	116
Bolzano/Bozen	Verona PN	87	2			86	1,5	3,5	91
Verona PN	Venezia Mestre	42	2			58	1,5	2,5	62
Innsbruck Hbf	Wörgl Hbf	565	1	3	Ausbau Unterinntal	30	1,5	1,0	32,5
Wörgl Hbf	München Hbf	80	3			73	4,0	6,0	83
Wörgl Hbf	Salzburg Hbf	566	1			83	1,0	4,5	88,5
München Hbf	Salzburg Hbf	63				87	3,0	1,5	91,5
München Hbf	Nürnberg Hbf	722				62	3,0	1,5	66,5
Wörgl Hbf	Schwarz.-St. Veit	668	4			106	4,0	4,0	114
Schwarzach-St. Veit	Spittal- Millstättersee	111	4			69	1,0	1,0	71
Bischofshofen	Schwarz.-St. Veit	111	1			14	2,0	1,0	17
Selzthal	Bischofshofen	317	4			87	1,5	5,0	93,5
Bischofshofen	Salzburg Hbf	112	1			40		3,5	43,5
Salzburg Hbf	Attnang- Puchheim	541	1			47	1,5	1,0	49,5
Attnang- Puchheim	Wels Hbf	644		1	Ausbau Lambach – Breitenschützing	13	1,0	1,0	15
Wels Hbf	Passau Hbf	28				52	4,0	1,0	57
Passau Hbf	Regensburg Hbf	27	1			62	1,0	1,0	64
Regensburg Hbf	Nürnberg Hbf	27				51	1,0	3,5	55,5
Wels Hbf	Linz Hbf	644				12	1,0	1,5	14,5
Spittal- Millstättersee	Villach Hbf	111				22	1,0	3,5	26,5
Villach Hbf	Udine	31	1	9	Aufenthalt Tarvisio 3' statt 12'	87	1,5	1,0	80,5
Udine	Venezia Mestre	9391	3			89	1,0	5,5	95,5
Venezia Mestre	Ljubljana	241	9	25	Aufenthalt Villa Opicina 3' statt 20'; Sežana 2' statt 10'	249	2,5	3,5	230
Villach Hbf	Ljubljana	213	3	2	Aufenthalt Jesenice 3' statt 5'	96	4,5	1,5	100
Ljubljana	Zidani Most	213				52	1,5	1,0	54,5
Zidani Most	Zagreb gl. kol.	210	3	13	Aufenthalt Dobova 3' statt 16'	82	6,0	1,5	76,5
Zidani Most	Celje	150	1			23	1,0	1,0	25
Celje	Pragersko	151				37	1,0	1,0	39
Pragersko	Maribor	151				15	1,0	1,5	17,5
Maribor	Graz Hbf	158	2	11	Aufenthalt Spielfeld- Straß 3' statt 12', Ausbau Lebring – Leibnitz	59	1,5	4,5	56
Villach Hbf	Klagenfurt Hbf	31				21	1,5	1,0	23,5
Klagenfurt Hbf	Graz Hbf	Annahme	2		über Koralmbahn	55	1,0	1,5	57,5
Klagenfurt Hbf	Leoben Hbf	31	5			114	4,0	4,0	122
Selzthal	Linz Hbf	502	2			82	1,5	3,5	87
Leoben Hbf	Selzthal	610	1			40	1,0	3,5	44,5
Leoben Hbf	Bruck/Mur	31				10	1,0	5,0	16
Bruck/Mur	Graz Hbf	151				35		1,5	36,5
Linz Hbf	St. Valentin	644		1	Ausbau Linz Ost	14	1,5	1,0	16,5

5. ITF-Kantenfahrzeiten in Zentraleuropa

St. Valentin	Amstetten	644				15	1,0	1,0	17
Amstetten	St. Pölten Hbf	644		2	Ausbau Ybbs – Amstetten	25	1,0	1,0	27
St. Pölten Hbf	Wien Hbf	63 (ab/bis Wien Westbf)	1	10	Neubaustrecke Wien – St. Pölten, ab/bis Wien Hbf	30	1,0	2,5	33,5
Wien Hbf	Wiener Neustadt	151 (3' Halt in Meidling)	1			33	2,5	1,5	37
Wiener Neustadt	Bruck/Mur	151	2	30	Semmeringbasistunnel	54	1,5	2,0	57,5
Linz Hbf	Č. Budějovice	206	3			126	3,5	1,5	131
Č. Budějovice	Veselí nad L.	206				31	1,5	1,0	33,5
Veselí nad L.	Tábor	207	1			23	1,0	1,0	25
Tábor	Praha hl. n.	207	4			96	1,0	2,5	99,5
Praha hl. n.	Dresden Hbf	178	4			137	2,5	1,5	141
Praha hl. n.	Kolín	345				44	2,5	1,0	47,5
Kolín	Pardubice hl. n.	175				21	1,0	1,0	23
Pardubice hl. n.	Ústí nad Orlicí	175 (bis Česká Třeb. abzgl. 7')				27	1,0	1,0	29
Ústí nad Orlicí	Brno hl. n.	170 (bis Česká Třeb. zzgl. 7')				69	1,0	1,5	71,5
Brno hl. n.	Břeclav	175				35	1,5	1,5	38
Břeclav	Wien Hbf	102				57	1,5	5,5	64
Ústí nad Orlicí	Olomouc hl. n.	120 (bis Česká Třeb. zzgl. 7')				51	4,0	1,5	56,5
Olomouc hl. n.	Přerov	522				14	1,5	1,5	17
Přerov	Břeclav	103	3			60	3,5	3,5	67
Přerov	Ostrava Svinov	103				40	3,5	1,5	45
Ostrava Svinov	Bohumín	103	1			16	1,5	1,5	19
Bohumín	Katowice	105	1			85	1,5	1,5	88
Bohumín	Opole Gl.	390 (Fpl. 1996/97)	3	3	Halt Chałupki 1' statt 4'	92	3,5	4,5	97
Katowice	Kraków Gl.	38100	4			102	3,5	1,5	107
Katowice	Opole Gl.	38101	3			105	3,5	1,5	110
Opole Gl.	Wrocław Gl.	16107	2			61	1,5	1,5	64
Wrocław Gl.	Ústí nad Orlicí	252	11			193	3,5	4,0	200,5
Bohumín	Žilina	140	5			112	4,5	3,5	120
Žilina	Přerov	120	5			133	4,5	6,5	144
Žilina	Poprad-Tatry	405	1			96	1,5	1,0	98,5
Poprad-Tatry	Košice	405	1			66	1,0	1,5	68,5
Žilina	Trenčín	404				53	1,5	1,0	55,5
Trenčín	Trnava	405				45	1,0	1,0	47
Trnava	Bratislava hl. st.	405				27	1,0	3,5	31,5
Břeclav	Bratislava hl. st.	175	1			52	1,5	1,5	55
Bratislava hl. st.	Wien Hbf	2518		8	Entfall von 4 Zwischenhalten (derzeit kein Fernverkehr)	49	4,5	2,5	56
Bratislava hl. st.	Nové Zámky	175				51	1,5	1,0	53,5
Nové Zámky	Budapest Keleti	170	2			98	1,0	3,0	102
Wien Hbf	Győr	63 (Fpl. 2010, ab/bis Wien Meidling)	1	10	Fahrzeit ab Wien Hbf statt ab Wien Meidling	64	2,5	1,5	68
Győr	Budapest Keleti	60	1			86	1,5	3,0	90,5
Budapest Keleti	Szolnok	375				79	6,0	1,5	86,5
Szolnok	Debrecen	655	2			73	1,5	1,5	76
Budapest Keleti	Miskolc Tiszai pu.	655	1			119	9,0	1,5	129,5
Wiener Neustadt	Sopron	9945	1			25	3,5	1,0	29,5
Sopron	Győr	924	2	4	Csorna 1 statt 4 Minuten	60	1,0	6,5	63,5

5. ITF-Kantenfahrzeiten in Zentraleuropa

Wenn ein Knoten aufgelassen werden muss, wird hier in der Regel wie folgt vorgegangen:

Bei zwei benachbarten Fernverkehrsknoten wird jener Knoten, durch dessen Aufgabe die vergleichsweise weniger bedeutende Fernverkehrsumsteigerrelation verschlechtert wird, aufgegeben. Unter Fernverkehrsknoten wird hier ein Knoten verstanden, an dem zumindest drei hier als Fernverkehr angesehene Kanten anschließen.

Bei zu nahe beieinander liegenden Knoten, von denen einer nur eine Umsteigefunktion zum Nahverkehr erfüllt, wird dieser Knoten aufgegeben.

Wenn beide Knoten nur der Verknüpfung zwischen Fern- und Nahverkehr dienen, erfolgt die Auswahl nach der Bedeutung der Knoten.

Kante	Kantenfahrzeit Referenzfall	Maßnahme
Bischofsh. – Schwarzach-St. Veit	17	kein Knoten in Schwarzach-St. Veit (Relation Graz – Selzthal (Graz) – Bischofshofen – Salzburg ist bedeutender als Villach – Schwarzach – Wörgl)
Spittal-Millstättersee – Villach	27	kein Knoten in Spittal-M. (im Gegensatz zu Villach keine Bedeutung als Fernverkehrsknoten)
Villach – Klagenfurt	24	Fahrzeitverlängerung oder Knotenasymmetrie
Zidani Most – Celje	25	Fahrzeitverlängerung oder Knotenasymmetrie
Pragersko – Maribor	18	kein Knoten in Pragersko (im Gegensatz zu Maribor keine Bedeutung als Fernverkehrsknoten)
Bruck/Mur – Leoben	16	kein Knoten in Leoben (Relation Graz – Bruck/Mur – Wr. Neustadt ist bedeutender als Selzthal – Leoben – Klagenfurt)
Attnang-Puchheim – Wels	15	kein Knoten in Wels
Wels – Linz	15	kein Knoten in Wels (Relationen Selzthal – Linz – St. Valentin (Wien) und České Budějovice – Linz – St. Valentin (Wien) bedeutender als Passau – Wels – Attnang-Puchheim (Salzburg))
Linz – St. Valentin	17	kein Knoten in St. Valentin (im Gegensatz zu Linz keine Bedeutung als Fernverkehrsknoten)
St. Valentin – Amstetten	17	kein Knoten in St. Valentin
Amstetten – St. Pölten	27	Fahrzeitverlängerung oder Knotenasymmetrie
Veselí nad Lužnicí – Tábor	25	kein Knoten in Tábor (größere Bedeutung von Veselí nad Lužnicí Umsteigeknoten)
Kolín – Pardubice	23	kein Knoten in Kolín (größere Bedeutung von Pardubice als Umsteigeknoten)
Pardubice – Ústí nad Orlicí	29	Fahrzeitverlängerung oder Knotenasymmetrie
Olomouc – Přerov	17	kein Knoten in Olomouc (im Gegensatz zu Přerov keine Bedeutung als Fernverkehrsknoten)
Ostrava – Bohumín	19	ein Knoten in Ostrava (im Gegensatz zu Bohumín keine Bedeutung als Fernverkehrsknoten)
Nagykanizsa – Gyékényes	25	kein Knoten in Gyékényes
Gyékényes – Koprivnica	19	kein Knoten in Gyékényes

Tabelle 5-7: Maßnahmen infolge zu nahe gelegener Knoten

In den wegfallenden Vollknoten ist somit keine vollständige Nahverkehrsanbindung möglich, d.h. die Anschlüsse können nicht in allen Relationen gleich gut sein, weiters kommt es bei folgenden Umsteigerrelationen im Fernverkehr zu längeren Wartezeiten:

- Schwarzach-St. Veit: von Spittal-M. nach Wörgl und v. v.
- Wels: von Attnang-P. nach Passau und v. v.
- Leoben: von Selzthal nach Klagenfurt und v. v.

5. ITF-Kantenfahrzeiten in Zentraleuropa

Unter Berücksichtigung der entfallenden Knoten ergibt sich nun folgende, modifizierte Kantenfahrzeitsituation im Referenzfall:

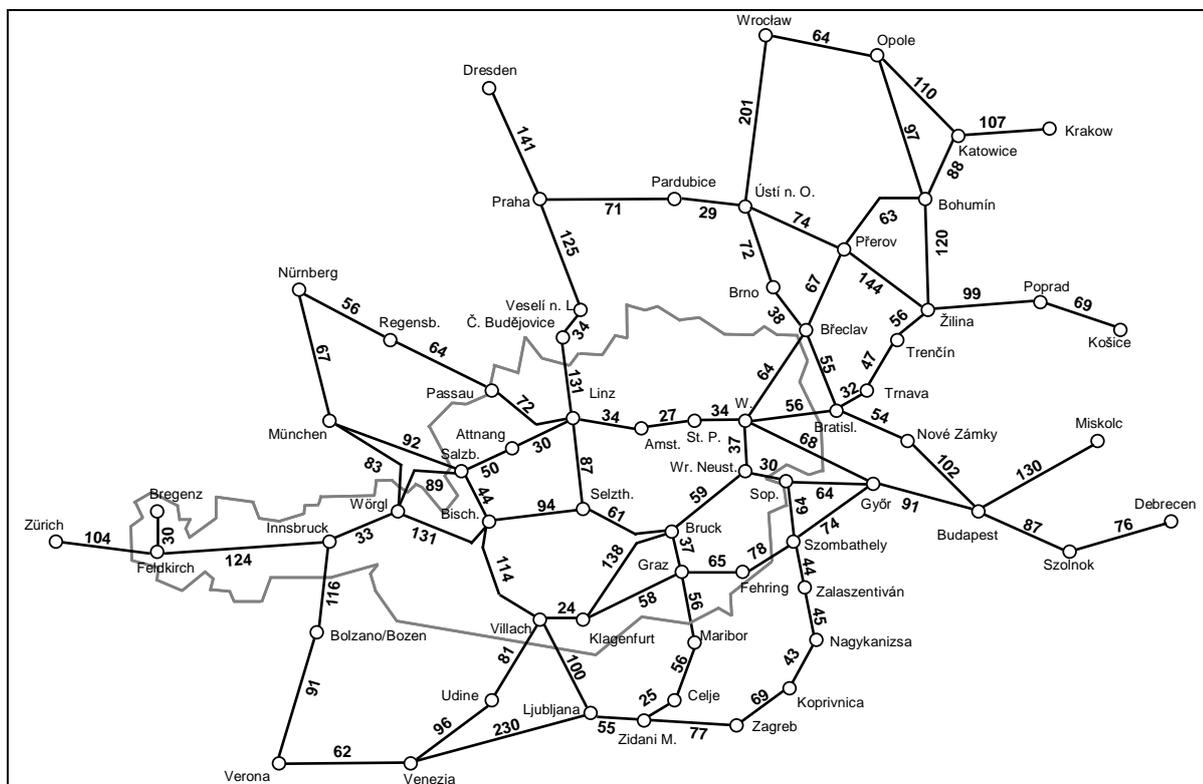


Abbildung 5-12: Modifizierte Kantenfahrzeiten im Referenzfall

5.4. Theoretischer Planfall 0

Kantenfahrzeiten

Auf Basis der Kantenfahrzeiten des Referenzfalls wurde ein den mathematischen Anforderungen entsprechendes Kantenfahrzeitgefüge definiert. Die erforderlichen Kantenfahrzeiten in diesem aus 23 Elementarkreisen bestehenden Netz basieren für die in [26] ebenfalls untersuchten Netzteile (Österreich ohne Westösterreich, Slowenien, Kroatien und Ungarn) auf den dort genannten Werten. Für die übrigen Netzteile (Westösterreich, Teile Italiens, Deutschlands, Tschechiens, Polens und der Slowakei) wurden die die Kreisgleichungen erfüllenden Kantenfahrzeiten manuell ermittelt.

Zusätzlich zu den Kanten des Referenzfalls wurde der Krapina-Korridor mit einer Kantenfahrzeit von 60 Minuten (in [38] wird eine Fahrzeit von 55' genannt) in die Betrachtungen aufgenommen.

Die Kantenfahrzeiten sind aus Abbildung 5-13 ersichtlich. Darin ist offen gelassen, welche Knoten zur halben und welche zur vollen Stunde bedient werden, da dies für die Wahl der Kantenfahrzeiten nicht von Relevanz ist. Es wird lediglich zwischen zwei Scharen von Taktknoten unterschieden, die untereinander um 30' versetzt sind.

5. ITF-Kantenfahrzeiten in Zentraleuropa

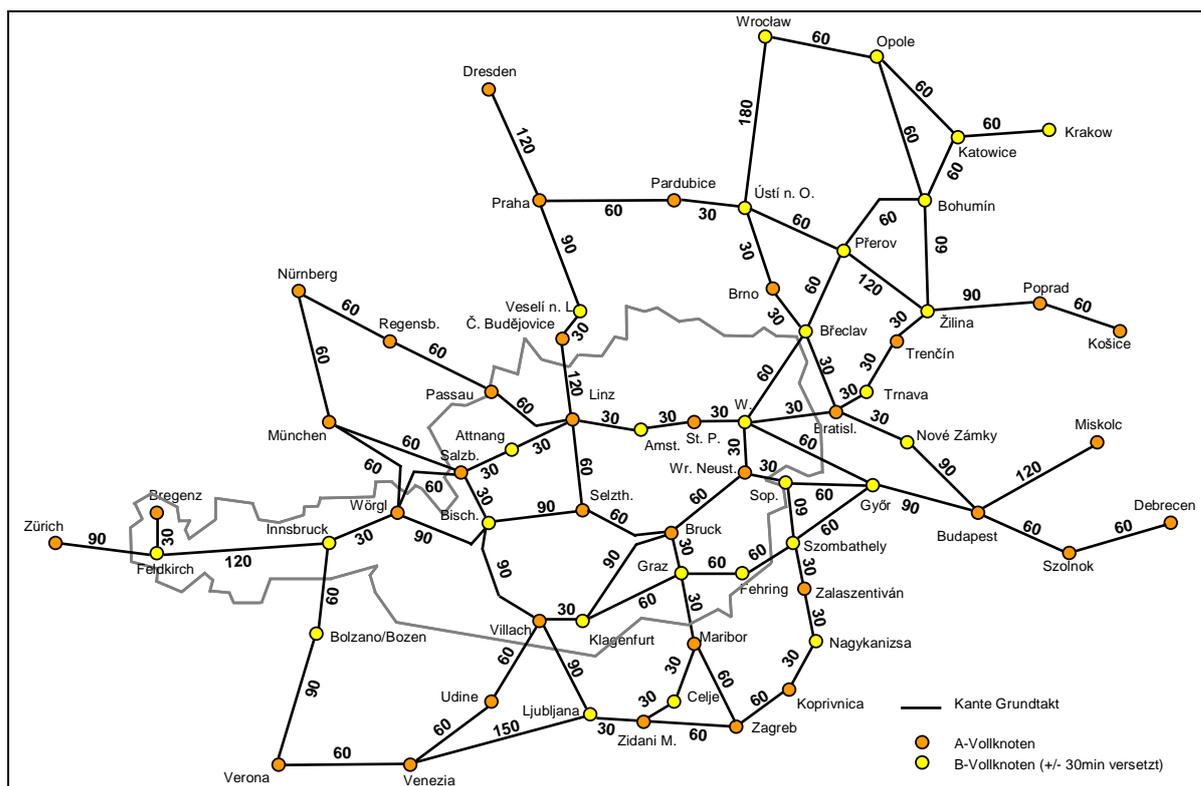


Abbildung 5-13: Knotenstruktur im Planfall 0

Abschätzung des Maßnahmenbedarfs

Auf Basis der errechneten Kantenfahrzeiten wurde eine erforderliche mittlere Ausbaugeschwindigkeit errechnet. Damit wird eine erste Einschätzung der Umsetzbarkeit der Kantenfahrzeitziele ermöglicht.

Dabei wurden die Zwischenhalte mit einer Abschätzung der Zeitverluste durch Anfahren und Beschleunigen berücksichtigt (bis 120 km/h 1 min, bis 170 km/h 1,5 min, bis 210 km/h 2 min, bis 200 km/h 2,5 min, darüber 3 min, jeweils zzgl. der Aufenthaltsdauer; diese Werte wurden für den in Kapitel 4.4.3 definierten Modellzug ermittelt). Auch eine Fahrzeitreserve von 10% liegt der Berechnung zu Grunde.

Die Ergebnisse sind in Tabelle 5-8 ersichtlich. Auf Kanten, die demzufolge besonders hohe Ausbaugeschwindigkeiten erfordern würden, wird in der Kommentarspalte besonders eingegangen. Hier ist in Einzelfällen eine Veränderung der Kantenfahrzeit erforderlich, sofern nicht durch eine entfallende Zwischenhalte, Streckenverkürzungen oder durch eine Feinjustierung in den Knoten (Ein-/Ausfahrreihenfolge, Knotenasymmetrie) ein realistischeres Geschwindigkeitsniveau ermöglicht werden kann.

5. ITF-Kantenfahrzeiten in Zentraleuropa

von	nach	t _{k,0} [min]	Halte	t _{a+te} [min]	t _{r,0} [min]	v _{th,0} [km/h]	Δt _{ref} [min]	Δv _{th,ref} [km/h]	Kommentar
Zürich HB	Feldkirch	90	2	12,5	77,5	126	-14	24	
Bregenz	Feldkirch	30	1	7,0	23,0	131	0	0	
Feldkirch	Innsbruck Hbf	120	6	4,0	116,0	104	-4	4	
Innsbruck Hbf	Bolzano/Bozen	60	3	5,0	55,0	209	-56	125	evtl. mit Brennerbasistunnel möglich, ohne Brennerbasistunnel 120' Kantenfahrzeit
Bolzano/Bozen	Verona PN	90	2	5,0	85,0	128	-1	2	
Verona PN	Venezia M.	60	2	4,0	56,0	154	-2	6	
Innsbruck Hbf	Wörgl Hbf	30	1	2,5	27,5	168	-2,5	16	
Wörgl Hbf	München Hbf	60	3	10,0	50,0	182	-23	79	weitgehender Streckenaus-/neubau mit V _{max} ≥200 erforderlich
Wörgl Hbf	Salzburg Hbf	60	1	5,5	54,5	184	-29	72	weitgehender Streckenaus-/neubau mit V _{max} ≥200 erforderlich
München Hbf	Salzburg Hbf	60	0	4,5	55,5	189	-32	72	weitgehender Streckenaus-/neubau mit V _{max} ≥200 erforderlich
München Hbf	Nürnberg Hbf	60	0	4,5	55,5	253	-6,5	30	evtl. mit weiterem Ausbau Ingolstadt – München möglich
Wörgl Hbf	Bischofshofen	90	6	9,0	81,0	147	-41	61	Andere Kantenfahrzeit erforderlich
Bischofshofen	Villach Hbf	90	7	5,5	84,5	135	-24	41	
Selzthal	Bischofshofen	90	4	6,5	83,5	88	-3,5	4	
Bischofshofen	Salzburg Hbf	30	1	3,5	26,5	158	-14	63	
Salzburg Hbf	Attnang-P.	30	1	2,5	27,5	231	-20	123	weitgehender Streckenaus-/neubau mit V _{max} ≥200 erforderlich
Attnang-P.	Linz Hbf	30	1	2,5	27,5	164	0,5	-4	
Linz Hbf	Passau Hbf	60	1	5,5	54,5	145	-12	30	
Passau Hbf	Regensburg H	60	1	2,0	58,0	125	-4	11	
Regensburg H	Nürnberg Hbf	60	0	4,5	55,5	123	4,5	-11	
Villach Hbf	Udine	60	1	2,5	57,5	157	-21	47	Feinjustierung erforderlich
Udine	Venezia M.	60	3	6,5	53,5	230	-36	123	Feinjustierung oder andere Kantenfahrzeit erforderlich
Venezia Mestre	Ljubljana	150	9	6,0	144,0	154	-80	66	
Villach Hbf	Ljubljana	90	3	6,0	84,0	90	-10	11	
Ljubljana	Zidani Most	30	0	2,5	27,5	163	-25	80	
Zidani Most	Zagreb gl. kol.	60	3	7,5	52,5	127	-17	40	
Zidani Most	Celje	30	1	2,0	28,0	67	5	-17	
Celje	Maribor	30	1	2,5	27,5	200	-26	111	Feinjustierung oder andere Kantenfahrzeit erforderlich
Maribor	Zagreb gl. kol.	60	0	9,0	51,0	147	-4	11	
Maribor	Graz Hbf	30	2	6,0	24,0	425	-26	324	Feinjustierung oder andere Kantenfahrzeit erforderlich
Villach Hbf	Klagenfurt H	30	0	2,5	27,5	95	6,5	-35	
Klagenfurt Hbf	Graz Hbf	60	2	2,5	57,5	177	2,5	-10	
Klagenfurt Hbf	Bruck/Mur	90	6	12,0	78,0	226	-48	122	Andere Kantenfahrzeit erforderlich
Selzthal	Linz Hbf	60	2	5,0	55,0	143	-27	53	
Bruck/Mur	Selzthal	60	2	8,5	51,5	135	-0,5	2	
Bruck/Mur	Graz Hbf	30	0	1,5	28,5	133	-6,5	28	
Linz Hbf	Amstetten	30	1	2,5	27,5	194	-3,5	35	
Amstetten	St. Pölten Hbf	30	0	2,0	28,0	150	3	-19	
St. Pölten Hbf	Wien Hbf	30	1	3,5	26,5	238	-3,5	49	Feinjustierung erforderlich
Wien Hbf	Wr. Neustadt	30	1	4,0	26,0	161	-7	47	
Wr. Neustadt	Bruck/Mur	60	2	3,5	56,5	131	2,5	-7	
Linz Hbf	Č. Budějovice	120	3	5,0	115,0	78	-11	7	
Č. Budějovice	Veselí nad L.	30	0	2,5	27,5	98	-3,5	11	
Veselí nad L.	Praha hl. n.	90	6	3,5	86,5	119	-35	39	
Praha hl. n.	Dresden Hbf	120	4	4,0	116,0	125	-21	24	
Praha hl. n.	Pardubice	60	1	3,5	56,5	131	-9,5	22	
Pardubice	Ústí nad Orlicí	30	0	2,0	28,0	125	1	-5	
Ústí nad Orlicí	Brno hl. n.	30	0	2,5	27,5	275	-42	177	Andere Kantenfahrzeit erforderlich
Brno hl. n.	Břeclav	30	0	3,0	27,0	154	-8	39	

5. ITF-Kantenfahrzeiten in Zentraleuropa

Břeclav	Wien Hbf	60	0	7,0	53,0	116	-4	8	
Ústí nad Orlicí	Přerov	60	1	5,5	54,5	164	-14	36	
Přerov	Břeclav	60	3	7,0	53,0	152	-7	21	
Přerov	Bohumín	60	2	5,0	55,0	132	-3	12	
Bohumín	Katowice	60	1	3,0	57,0	115	-28	39	
Bohumín	Opole Gl.	60	3	8,0	52,0	165	-37	81	
Katowice	Kraków Gl.	60	4	5,0	55,0	113	-47	57	
Katowice	Opole Gl.	60	3	5,0	55,0	164	-50	90	
Opole Gl.	Wrocław Gl.	60	2	3,0	57,0	105	-4	8	
Wrocław Gl.	Ústí nad Orlicí	180	11	7,5	172,5	78	-21	10	
Bohumín	Žilina	60	5	8,0	52,0	240	-60	172	Feinjustierung oder andere Kantenfahrzeit erforderlich
Žilina	Přerov	120	5	11,0	109,0	112	-24	22	
Žilina	Poprad-Tatry	90	1	2,5	87,5	110	-8,5	10	
Poprad-Tatry	Košice	60	1	2,5	57,5	123	-8,5	19	
Žilina	Trenčín	30	0	2,5	27,5	206	-26	106	Andere Kantenfahrzeit erforderlich
Trenčín	Trnava	30	0	2,0	28,0	200	-17	82	Andere Kantenfahrzeit erforderlich
Trnava	Bratislava	30	0	4,5	25,5	127	-1,5	10	
Břeclav	Bratislava	30	1	3,0	27,0	294	-25	181	Andere Kantenfahrzeit erforderlich
Bratislava hl. st.	Wien Hbf	30	0	7,0	23,0	209	-26	118	Andere Kantenfahrzeit erforderlich
Bratislava hl. st.	Nové Zámky	30	0	2,5	27,5	248	-24	126	Feinjustierung oder andere Kantenfahrzeit erforderlich
Nové Zámky	Budapest Kel.	90	2	4,0	86,0	104	-12	14	
Wien Hbf	Győr	60	1	4,0	56,0	158	-8	22	
Győr	Budapest Kel.	90	1	4,5	85,5	113	-0,5	1	
Budapest Kel.	Szolnok	60	0	7,5	52,5	130	-27	45	
Szolnok	Debrecen	60	2	3,0	57,0	160	-16	42	
Budapest Kel.	Miskolc T.	120	1	10,5	109,5	114	-9,5	9	
Wr. Neustadt	Sopron	30	1	4,5	25,5	101	0,5	-2	
Sopron	Győr	60	2	7,5	52,5	119	-3,5	8	
Sopron	Szombathely	60	1	8,0	52,0	84	-4	6	
Győr	Szombathely	60	1	4,5	55,5	133	-14	29	
Szombathely	Fehring	60	3	2,0	58,0	100	-18	27	
Fehring	Graz Hbf	60	3	4,5	55,5	85	-4,5	7	
Zagreb gl. kol.	Koprivnica	60	1	4,5	55,5	111	-8,5	16	
Koprivnica	Nagykanizsa	30	1	2,0	28,0	147	-13	61	
Nagykanizsa	Zalaszentiván	30	0	2,5	27,5	135	-15	50	
Zalaszentiván	Szombathely	30	1	5,0	25,0	156	-14	66	

Tabelle 5-8: Erforderliche mittlere Ausbaugeschwindigkeiten im Planfall 0

Nicht realistisch sind die Kantenfahrzeiten zum einen auf den innerösterreichischen Strecken Bruck/Mur – Klagenfurt (über Unzmarkt) und Bischofshofen – Wörgl, da aufgrund der sekundären Bedeutung dieser Strecken keine aufwändigen Ausbaumaßnahmen realistisch erscheinen.

Im Raum Bratislava sowie zwischen Brno und Ústí nad Orlicí sind die errechneten Ausbaugeschwindigkeiten nicht realistisch, hier besteht auch wenig Potential für Feinjustierungen.

Auf den übrigen kritischen Kanten besteht durch Feinjustierungen sowie entfallende Halte und Streckenverkürzungen noch ein Potential, um hinsichtlich der Ausbaugeschwindigkeit realistischere Werte zu erreichen, wie aus Tabelle 5-9 ersichtlich ist.

5. ITF-Kantenfahrzeiten in Zentraleuropa

von	nach	t _{f,0} [min]	v _{th,0} [km/h]	Feinjustierung	t _{f,0b} [min]	v _{th,0b} [km/h]
Zürich HB	Feldkirch	77,5	126		77,5	126
Bregenz	Feldkirch	23,0	131		23,0	131
Feldkirch	Innsbruck Hbf	116,0	104		116,0	104
Innsbruck Hbf	Bolzano/Bozen	55,0	209	Haltentfall Brennero/Brenner, 5 km Streckenverkürzung (Annahme mit Brennerbasistunnel)	55,0	177
Bolzano/Bozen	Verona PN	85,0	128		85,0	128
Verona PN	Venezia Mestre	56,0	154	3' Knotenasymmetrie in Venezia Mestre	53,0	165
Innsbruck Hbf	Wörgl Hbf	27,5	168		27,5	168
Wörgl Hbf	München Hbf	50,0	182		50,0	182
Wörgl Hbf	Salzburg Hbf	54,5	184		54,5	184
München Hbf	Salzburg Hbf	55,5	189		55,5	189
München Hbf	Nürnberg Hbf	55,5	253		55,5	253
Wörgl Hbf	Bischofshofen	81,0	147	Andere Kantenfahrzeit erforderlich	81,0	147
Bischofshofen	Villach Hbf	84,5	135		84,5	135
Selzthal	Bischofshofen	83,5	88		83,5	88
Bischofshofen	Salzburg Hbf	26,5	158		26,5	158
Salzburg Hbf	Attnang-Puchheim	27,5	231	Haltentfall Vöcklabruck, 5 km Streckenverkürzung (Annahme mit Neubaustrecke)	27,5	166
Attnang-Puchheim	Linz Hbf	27,5	164		27,5	164
Linz Hbf	Passau Hbf	54,5	145		54,5	145
Passau Hbf	Regensburg Hbf	58,0	125		58,0	125
Regensburg Hbf	Nürnberg Hbf	55,5	123		55,5	123
Villach Hbf	Udine	57,5	157	Haltentfall Tarvisio-Boscoverde	57,5	144
Udine	Venezia Mestre	53,5	230	Entfall von 2 Zwischenhalten à 2'	59,5	155
Venezia Mestre	Ljubljana	144,0	154	3' Knotenasymmetrie in Venezia Mestre	141,0	158
Villach Hbf	Ljubljana	84,0	90	Abtausch der Abfahrreihenfolge in Venezia Mestre (mit Zug nach Ljubljana)	84,0	90
Ljubljana	Zidani Most	27,5	163	3' Knotenasymmetrie in Venezia Mestre	27,5	163
Zidani Most	Zagreb gl. kol.	52,5	127		52,5	127
Zidani Most	Celje	28,0	67	3' Knotenasymmetrie Maribor und Celje	28,0	67
Celje	Maribor	27,5	200	Haltentfall Pragersko	27,5	175
Maribor	Zagreb gl. kol.	51,0	147	3' Knotenasymmetrie Maribor	48,0	157
Maribor	Graz Hbf	24,0	425	Haltentfall Leibnitz und Spielfeld-Straß, Abtausch der Abfahrreihenfolge in Graz Hbf (mit Zug nach Klagenfurt), 3' Knotenasymmetrie in Maribor und Celje (Celje deshalb, damit die zwischen Graz und Maribor entfallende Fahrzeitverkürzung in den entspannteren Abschnitt Celje – Ljubljana verlegt werden kann)	30,0	151
Villach Hbf	Klagenfurt Hbf	27,5	95		27,5	95
Klagenfurt Hbf	Graz Hbf	57,5	177	Abtausch der Abfahrreihenfolge in Graz (mit Zug nach Maribor)	54,5	189
Klagenfurt Hbf	Bruck/Mur	78,0	226	Andere Kantenfahrzeit erforderlich	78,0	226
Selzthal	Linz Hbf	55,0	143		55,0	143
Bruck/Mur	Selzthal	51,5	135		51,5	135
Bruck/Mur	Graz Hbf	28,5	133		28,5	133
Linz Hbf	Amstetten	27,5	194		27,5	194
Amstetten	St. Pölten Hbf	28,0	150		28,0	150
St. Pölten Hbf	Wien Hbf	26,5	238	4' Knotenasymmetrie in Wien Hbf	30,5	186
Wien Hbf	Wr. Neustadt Hbf	26,0	161	4' Knotenasymmetrie in Wien Hbf	30,0	134
Wr. Neustadt Hbf	Bruck/Mur	56,5	131		56,5	131
Linz Hbf	České Budějovice	115,0	78		115,0	78
České Budějovice	Veselí nad Lužnicí	27,5	98		27,5	98
Veselí nad Lužnicí	Praha hl. n.	86,5	119		86,5	119
Praha hl. n.	Dresden Hbf	116,0	125		116,0	125
Praha hl. n.	Pardubice hl. n.	56,5	131		56,5	131
Pardubice hl. n.	Ústí nad Orlicí	28,0	125		25,0	141
Ústí nad Orlicí	Brno hl. n.	27,5	275	Andere Kantenfahrzeit erforderlich	30,5	245
Brno hl. n.	Břeclav	27,0	154		27,0	154

5. ITF-Kantenfahrzeiten in Zentraleuropa

Břeclav	Wien Hbf	53,0	116	4' Knotenasymmetrie in Wien Hbf	49,0	127
Ústí nad Orlicí	Přerov	54,5	164		57,5	155
Přerov	Břeclav	53,0	152		53,0	152
Přerov	Bohumín	55,0	132		55,0	132
Bohumín	Katowice	57,0	115		57,0	115
Bohumín	Opole Gl.	52,0	165		52,0	165
Katowice	Kraków Gl.	55,0	113		55,0	113
Katowice	Opole Gl.	55,0	164		55,0	164
Opole Gl.	Wrocław Gl.	57,0	105		57,0	105
Wrocław Gl.	Ústí nad Orlicí	172,5	78		169,5	80
Bohumín	Žilina	52,0	240	Entfall von drei Halten à 1 Minute	52,0	157
Žilina	Přerov	109,0	112		109,0	112
Žilina	Poprad-Tatry	87,5	110		87,5	110
Poprad-Tatry	Košice	57,5	123		57,5	123
Žilina	Trenčín	27,5	206	Andere Kantenfahrzeit erforderlich	27,5	206
Trenčín	Trnava	28,0	200	Andere Kantenfahrzeit erforderlich	28,0	200
Trnava	Bratislava hl. st.	25,5	127		25,5	127
Břeclav	Bratislava hl. st.	27,0	294	Haltefall Kúty	27,0	223
Bratislava hl. st.	Wien Hbf	23,0	209	4' Knotenasymmetrie in Wien Hbf, andere Kantenfahrzeit erforderlich	19,0	277
Bratislava hl. st.	Nové Zámky	27,5	248	5' Knotenasymmetrie in Nové Zámky	32,5	198
Nové Zámky	Budapest Keleti	86,0	104	5' Knotenasymmetrie in Nové Zámky	81,0	111
Wien Hbf	Győr	56,0	158	Haltefall Hegyeshalom, 4' Knotenasymmetrie in Wien Hbf	52,0	156
Győr	Budapest Keleti	85,5	113		85,5	113
Budapest Keleti	Szolnok	52,5	130		52,5	130
Szolnok	Debrecen	57,0	160		57,0	160
Budapest Keleti	Miskolc Tiszai pu.	109,5	114		109,5	114
Wiener Neustadt	Sopron	25,5	101		25,5	101
Sopron	Győr	52,5	119		52,5	119
Sopron	Szombathely	52,0	84		52,0	84
Győr	Szombathely	55,5	133		55,5	133
Szombathely	Fehring	58,0	100	Abtausch der Abfahrreihenfolge in Szombathely (mit Zug nach Zalaszentiván)	55,0	107
Fehring	Graz Hbf	55,5	85		55,5	85
Zagreb gl. kol.	Koprivnica	55,5	111		55,5	111
Koprivnica	Nagykanizsa	28,0	147		28,0	147
Nagykanizsa	Zalaszentiván	27,5	135		27,5	135
Zalaszentiván	Szombathely	25,0	156	Abtausch der Abfahrreihenfolge in Szombathely (mit Zug nach Fehring)	27,0	142

Tabelle 5-9: modifizierte erforderliche mittlere Ausbaugeschwindigkeiten im Planfall 0

5.5. Planfall 1

Eine Abänderung der als Planfall 0 definierten Kantenfahrzeiten ist einerseits dort erforderlich, wo die ermittelten Ausbaugeschwindigkeiten auch mit den erwähnten Modifikationen (vgl. Tabelle 5-9) nicht realistisch sind. Andererseits soll auf einzelnen Strecken ein zusätzliches Zugsystem berücksichtigt werden, wodurch sich ebenfalls Auswirkungen auf das Kantenfahrzeitgefüge ergeben können.

Der so entstehende realistischere Planfall wird als Planfall 1 bezeichnet.

5.5.1.1. Erhöhung der Kantenfahrzeiten

Wörgl – Bischofshofen

Aufwändige Infrastrukturausbauten für eine Fahrzeitverkürzung um 41 Minuten sind aufgrund der sekundären Bedeutung dieser Strecke auch als Fernziel nicht realistisch. Vom Ziel der Fahrzeitgleichheit zwischen Bischofshofen und Wörgl (gleiche Fahrzeit via Salzburg und via Zell am See) muss daher abgegangen werden und die Kantenfahrzeit um 60 Minuten auf 150 Minuten angehoben werden.

Gegenüber der im Referenzfall möglichen Fahrzeit bedeutet dies eine Fahrzeitverlängerung von 19 Minuten. Diese kann z. B. für zusätzliche Halte und das Übernehmen von Regionalverkehrsaufgaben in Teilabschnitten genutzt werden.

Klagenfurt – Bruck a. d. Mur

Für diese Kante gilt dasselbe wie für die Kante Bischofshofen – Wörgl, auch hier sind zu Recht keine Infrastrukturausbauten realistisch, da als schnelle Verbindung Wien – Klagenfurt künftig die Koralmbahn zur Verfügung stehen wird.

Als logische Kantenfahrzeit ergeben sich daher 150 Minuten (somit zwischen Bruck a. d. Mur und Klagenfurt) um 60 Minuten langsamer als über die Koralmbahn). Dadurch werden gegenüber dem Referenzfall zusätzliche Halte ermöglicht, was auch der infolge Koralmbahn sinkenden Bedeutung dieser Strecke entspricht und eine Bedienung als Mischform zwischen Fern- und Nahverkehr entspricht.

Ústí nad Orlicí – Brno

Die errechnete Kantenfahrzeit von 30 Minuten zwischen Brno und Ústí nad Orlicí ist mit realistischen Maßnahmen nicht zu erreichen, da eine mittlere Ausbaugeschwindigkeit von 275 km/h erforderlich wäre. Auch mit einer dreiminütigen Knotenasymmetrie in Ústí nad Orlicí betrüge die erforderliche mittlere Ausbaugeschwindigkeit noch 245 km/h.

Zur Lösung wird vorgeschlagen, die Linien von Přerov und von Brno im Abschnitt Ústí nad Orlicí – Praha nicht gleichzeitig (d.h. de facto im Blockabstand) sondern um 30 Minuten versetzt zu führen.

Dadurch kann die Kantenfahrzeit Brno – Ústí nad Orlicí auf 60 Minuten angehoben werden. Als weiterer Vorteil entsteht zwischen Ústí nad Orlicí und Praha ein Halbstundentakt.

Diesen Vorteilen steht der Nachteil gegenüber, dass in Praha und Ústí nad Orlicí bei manchen Anschlüssen eine Wartezeit von 30 Minuten entsteht, da die Linie von Wien – Brno – Praha gegenüber der ursprünglichen Knotenstruktur in diesen Knoten um 30 Minuten versetzt ist.

5. ITF-Kantenfahrzeiten in Zentraleuropa

Um trotzdem die Umsteigerelation von Wien – Brno über Ústí nad Orlicí nach Wrocław zu ermöglichen, könnte die Kantenfahrzeit Ústí nad Orlicí – Wrocław um 30 Minuten gesenkt werden, da hier die Ausbaugeschwindigkeit noch relativ niedrig ist und zudem durch Haltereduktion ein Fahrzeitverkürzungspotential besteht.

Kanten im Raum Bratislava

Da die ursprünglichen Kantenfahrzeiten auf allen auf Bratislava zulaufenden Kanten unrealistische mittlere Ausbaugeschwindigkeiten jenseits der 200 km/h erfordern würden, wird vorgeschlagen Bratislava als Vollknoten aufzugeben und stattdessen einen 15/45-Knoten einzurichten.

Die dadurch entfallenden Umsteigebeziehungen im Fernverkehr sind von sekundärer (Žilina – Bratislava – Nové Zámky) oder nicht vorhandener Bedeutung (Wien – Bratislava – Břeclav, hier gibt es eine direkte Verbindung). Hinsichtlich der Anschlüsse zum Nahverkehr kann ein 15/45-Knoten in Bratislava auch als gleichwertig angesehen werden, da in Ballungsräumen wie Bratislava im Nahverkehr ohnehin ein Halbstundentakt üblich ist.

Dadurch kann die Kantenfahrzeit auf den Kanten Wien – Bratislava, Bratislava – Nové Zámky, Břeclav – Bratislava um jeweils 15 Minuten erhöht werden.

Da Richtung Žilina die kritischen Kanten jene von Trnava nach Trenčín und von Trenčín nach Žilina sind, werden die 15 zusätzlichen Minuten auf dieser Strecke auf alle drei Kanten (Bratislava – Trnava, Trnava – Trenčín und Trenčín – Žilina) verteilt, wodurch eine knotengerechte Bedienung von Trnava und Trenčín nicht ermöglicht werden kann.

In Summe ergibt sich dadurch auf den Strecken Wien – Žilina und Břeclav – Budapest eine Fahrzeitverlängerung von 30 Minuten. Dadurch passen diese Linien in Žilina und Budapest nicht mehr in das Knotengefüge. Während in Budapest aufgrund der höheren Zentralität und des damit höheren Anteils potentieller Reisender mit Budapest als Ausgangs- oder Endpunkt die schlechteren Umsteigeverbindungen akzeptiert werden können, sollte ein Aufbrechen des Knotens in Žilina vermieden werden. Der Netzzusammenhang kann hier dadurch gewahrt werden, dass die Kantenfahrzeiten von Žilina nach Přerov und nach Bohumín ebenfalls um 30 Minuten erhöht oder allenfalls auch verringert werden.

5.5.1.2. Unterschiedlich schnelle Zugsysteme

Auf folgenden Strecken wird ein zweites, in der Regel schnelleres Zugsystem berücksichtigt, dessen Kantenfahrzeit über die gesamte Strecke um 30 Minuten vom ursprünglichen Zugsystem abweicht. An einem der beiden Endpunkte bedienen beide Taktsysteme denselben Taktknoten, am anderen Endpunkt (und zwar jenem Ort mit höherer Zentralität und somit im Verhältnis zum Quelle-Ziel-Verkehr geringerer Bedeutung als Umsteigeknoten) sind die Taktknoten um 30 Minuten versetzt.

5. ITF-Kantenfahrzeiten in Zentraleuropa

Am jeweils anderen Endpunkt sollte das schnellere Zugsystem im Sinne kurzer Reisezeiten auf langen Strecken durchgebunden werden.

Strecke	Kommentar	Selber Taktknoten (Durchbindung des schnelleren Zugsystems)	Versetzter Taktknoten
Wien – Salzburg	Berücksichtigung des derzeitigen Railjet-Angebotes als zweites, schnelleres Zugsystem	Salzburg	Wien, St. Pölten
Wien – Villach	Berücksichtigung eines zweiten, schnelleren Zugsystems analog zur Westbahn Wien – Salzburg	Villach	Wien, Wr. Neustadt
Bohumín – Praha	Berücksichtigung des derzeitigen SuperCity-Angebotes (Pendolino) als zweites, schnelleres Zugsystem	Bohumín	Praha
Žilina – Bratislava	Berücksichtigung der derzeitigen Schnellzüge als zweites langsames (gegenüber dem IC) Zugsystem.	Žilina	Bratislava

Tabelle 5-10: Berücksichtigung unterschiedlich schneller Zugsysteme

Aufgrund dieser parallelen Zugsysteme ergeben sich folgende weitere Konsequenzen bezüglich der Netzstruktur:

Knoten Wien

In den Trassen des schnelleren Zugsystems von Salzburg bzw. Villach nach Wien werden die internationalen Züge von München, Zürich bzw. Venezia durchgebunden. Diese Züge sind somit in Wien nicht in den Knoten des Grundtaktes eingebunden, sondern um 30 Minuten versetzt.

Auf den weiterführenden internationalen Strecken von Wien Richtung Břeclav, Bratislava und Győr gibt es jedoch nur ein Zugsystem, welches im Sinne rascher internationaler Verbindungen nicht an den Knoten des Grundtaktes, sondern an den um eine halbe Stunde versetzten Knoten der beschleunigten Züge angebunden werden kann.

Dadurch ergibt sich eine Verschiebung des gesamten Knotengefüges nördlich und östlich von Wien um 30 Minuten. Die Grenzen dieser Verschiebung bildet einerseits der Knoten Praha (wodurch die Linie Richtung České Budějovice – Linz wieder an denselben Taktknoten wie die Achse Wien – Praha – Dresden angebunden ist), andererseits die Kante Győr – Budapest. Das Knotengefüge von Győr Richtung Sopron/Szombathely und darüber hinaus kann nämlich nicht verschoben werden, da ansonsten die knotengerechten Anbindungen in Graz und Zagreb nicht mehr gegeben sind.

Aus diesem Grund sind die Linien Wien – Budapest und Sopron/Szombathely – Budapest zwischen Győr und Budapest um 30 Minuten versetzt. Somit wird auch eine in der langfristigen Perspektive vorzusehende Verdichtung der derzeit nur im Zweistundentakt geführten Linie Wien – Budapest auf einen Stundentakt ermöglicht, ohne dass es dadurch zwischen Győr und Budapest zu einem zeitlichen Parallelverkehr kommt.

5. ITF-Kantenfahrzeiten in Zentraleuropa

Knoten Praha

Im Knoten Praha bindet das schnelle Zugsystem aus Bohumín an den Taktknoten der Linie Wien – Brno – Praha – Dresden an, wodurch der von der Grundtakt-Linie aus Ostrava nicht gegebene Anschluss an diesen Taktknoten zumindest teilweise kompensiert wird.

Knoten Bratislava

Das zusätzlich eingeführte langsamere Zugsystem gleicht in Bratislava die Nachteile des dortigen 15/45-Knotens teilweise aus, indem es einen Anschluss in der Relation Žilina – Bratislava – Nové Zámky ermöglicht.

5.5.1.3. Weitere Halbstundentakte

Zusätzlich zu den eingeführten unterschiedlich schnellen Zugsystemen auf den genannten Strecken wird auf der Relation München – Nürnberg der bereits bestehende Halbstundentakt ergänzt. Dadurch kommt es zwar zu keinen Auswirkungen auf den Netzzusammenhang, allerdings wird beim zusätzlichen Zug (der in München keine Anschlüsse wahrnehmen muss) eine längere Fahrzeit und somit ein Halt in Ingolstadt ermöglicht. Dessen Knotenlage in München ist dann allerdings leicht asymmetrisch.

5.5.1.4. Modifizierte Knotenstruktur

Die sich aus den beschriebenen Änderungen ergebende, modifizierte Knotenstruktur ist aus Abbildung 5-14 ersichtlich.

5. ITF-Kantenfahrzeiten in Zentraleuropa

von	nach	$t_{k,1}$ [min]	Halte	t_a+t_e [min]	$t_{f,1}$ [min]	$v_{th,1}$ [km/h]	Δt_1 [min]	$\Delta v_{th,ref}$ [km/h]
Zürich HB	Feldkirch	90	2	12,5	77,5	126	-13,5	24
Bregenz	Feldkirch	30	1	7,0	23,0	131		
Feldkirch	Innsbruck Hbf	120	6	4,0	116,0	104	-4	4
Innsbruck Hbf	Bolzano/Bozen	60	2	5,0	55,0	177	-56	94
Bolzano/Bozen	Verona PN	90	2	5,0	85,0	128	-1	2
Verona PN	Venezia Mestre	60	2	7,0	53,0	165	-5	17
Innsbruck Hbf	Wörgl Hbf	30	1	2,5	27,5	168	-2,5	16
Wörgl Hbf	München Hbf	60	3	10,0	50,0	182	-23	79
Wörgl Hbf	Salzburg Hbf	60	1	5,5	54,5	184	-28,5	72
München Hbf	Salzburg Hbf	60		4,5	55,5	189	-31,5	72
München Hbf	Nürnberg Hbf	60		4,5	55,5	253	-6,5	30
Wörgl Hbf	Bischofshofen	150	6	9,0	141,0	73	19	-13
Bischofshofen	Villach Hbf	90	7	5,5	84,5	135	-23,5	41
Selzthal	Bischofshofen	90	4	6,5	83,5	88	-3,5	4
Bischofshofen	Salzburg Hbf	30	1	3,5	26,5	158	-13,5	63
Salzburg Hbf	Attnang-Puchheim	30		5,5	24,5	190	-22,5	82
Attnang-Puchheim	Linz Hbf	30	1	2,5	27,5	164	0,5	-4
Linz Hbf	Passau Hbf	60	1	5,5	54,5	145	-11,5	30
Passau Hbf	Regensburg Hbf	60	1	2,0	58,0	125	-4	11
Regensburg Hbf	Nürnberg Hbf	60		4,5	55,5	123	4,5	-11
Villach Hbf	Udine	60		2,5	57,5	144	-20,5	34
Udine	Venezia Mestre	60	1	0,5	59,5	155	-29,5	48
Venezia Mestre	Ljubljana	150	5	9,0	141,0	145	-83	56
Villach Hbf	Ljubljana	90	3	6,0	84,0	90	-10	11
Ljubljana	Zidani Most	30		3	28	163	-24,5	80
Zidani Most	Zagreb gl. kol.	60	3	8	53	127	-16,5	40
Zidani Most	Celje	30	1	2	28	67	5	-17
Celje	Maribor	30		2,5	27,5	175	-25,5	86
Maribor	Zagreb gl. kol.	60		12,0	48,0	157	-7	21
Maribor	Graz Hbf	30			30,0	151	-20	51
Villach Hbf	Klagenfurt Hbf	30		5,5	24,5	107	3,5	-22
Klagenfurt Hbf	Graz Hbf	60	2	5,5	54,5	189	-0,5	2
Klagenfurt Hbf	Bruck/Mur	150	6	12,0	138,0	94	12	-10
Selzthal	Linz Hbf	60	2	5,0	55,0	143	-27	53
Bruck/Mur	Selzthal	60	2	8,5	51,5	135	-0,5	2
Bruck/Mur	Graz Hbf	30		1,5	28,5	133	-6,5	28
Linz Hbf	Amstetten	30	1	2,5	27,5	194	-3,5	35
Amstetten	St. Pölten Hbf	30		2,0	28,0	150	3	-19
St. Pölten Hbf	Wien Hbf	30	1	-0,5	30,5	186	0,5	-4
Wien Hbf	Wiener Neustadt Hbf	30	1		30,0	134	-3	20
Wiener Neustadt Hbf	Bruck/Mur	60	2	3,5	56,5	131	2,5	-7
Linz Hbf	České Budějovice	120	3	5,0	115,0	78	-11	7
České Budějovice	Veselí nad Lužnicí	30		2,5	27,5	98	-3,5	11
Veselí nad Lužnicí	Praha hl. n.	90	6	3,5	86,5	119	-34,5	39
Praha hl. n.	Dresden Hbf	120	4	4,0	116,0	125	-21	24
Praha hl. n.	Pardubice hl. n.	60	1	6,5	53,5	140	-12,5	30
Pardubice hl. n.	Ústí nad Orlicí	30		5,0	25,0	141	-2	11
Ústí nad Orlicí	Brno hl. n.	60		-0,5	60,5	112	-8,5	14
Brno hl. n.	Břeclav	30		3,0	27,0	154	-8	39
Břeclav	Wien Hbf	60		11,0	49,0	127	-8	19
Ústí nad Orlicí	Přerov	60	1	2,5	57,5	155	-10,5	26
Přerov	Břeclav	60		7,0	53,0	129	-7	-2
Přerov	Bohumín	60	2	8,0	52,0	141	-6	21
Bohumín	Katowice	60	1	3,0	57,0	115	-28	39
Bohumín	Opole Gl.	60	3	8,0	52,0	165	-37	81
Katowice	Kraków Gl.	60	4	5,0	55,0	113	-47	57
Katowice	Opole Gl.	60	3	5,0	55,0	164	-50	90
Opole Gl.	Wrocław Gl.	60	2	3,0	57,0	105	-4	8
Wrocław Gl.	Ústí nad Orlicí	150	11	10,5	139,5	101	-53,5	33

5. ITF-Kantenfahrzeiten in Zentraleuropa

Bohumín	Žilina	90	5	8,0	82,0	98	-30	30
Žilina	Přerov	150	5	14,0	136,0	88	3	-2
Žilina	Poprad-Tatry	90	1	2,5	87,5	110	-8,5	10
Poprad-Tatry	Košice	60	1	2,5	57,5	123	-8,5	19
Břeclav	Bratislava hl. st.	45	1	3,0	42,0	147	-10	34
Bratislava hl. st.	Wien Hbf	45		11,0	34,0	135	-15	44
Bratislava hl. st.	Nové Zámky	45		2,5	42,5	147	-8,5	25
Nové Zámky	Budapest Keleti pu.	90	2	4,0	86,0	104	-12	14
Wien Hbf	Győr	60	1	8,0	52,0	176	-12	40
Győr	Budapest Keleti pu.	90	1	4,5	85,5	113	-0,5	1
Budapest Keleti pu.	Szolnok	60		7,5	52,5	130	-26,5	45
Szolnok	Debrecen	60	2	3,0	57,0	160	-16	42
Budapest Keleti pu.	Miskolc Tiszai pu.	120	1	10,5	109,5	114	-9,5	9
Wiener Neustadt Hbf	Sopron	30	1	4,5	25,5	101	0,5	-2
Sopron	Győr	60	2	7,5	52,5	119	-3,5	8
Sopron	Szombathely	60	1	8,0	52,0	84	-4	6
Győr	Szombathely	60	1	4,5	55,5	133	-13,5	29
Szombathely	Fehring	60	3	5,0	55,0	107	-21	34
Fehring	Graz Hbf	60	3	4,5	55,5	85	-4,5	7
Zagreb gl. kol.	Koprivnica	60	1	4,5	55,5	111	-8,5	16
Koprivnica	Nagykanizsa	30	1	2,0	28,0	147	-13	61
Nagykanizsa	Zalaszentiván	30		2,5	27,5	135	-14,5	50
Zalaszentiván	Szombathely	30		3,0	27,0	128	-12	37
Salzburg Hbf	Linz Hbf	45		3,0	42,0	207	-22	75
Linz Hbf	St. Pölten Hbf	45		3,0	42,0	202	-6	27
Villach Hbf	Graz Hbf	75	1	3,0	72,0	162	2	-5
Graz Hbf	Wiener Neustadt Hbf	75		3,0	72,0	143	-12	21
Praha hl. n.	Bohumín	180	4	3,0	177,0	149	-21	17
Bratislava hl. st.	Žilina	105	2	5,0	100,0	144	-30	37
Bratislava hl. st.	Žilina	135	9	8,0	127,0	140	-33	40

Tabelle 5-11: erforderliche, mittlere Ausbaugeschwindigkeiten im Planfall 1

5.6. Planfallvarianten

Nachstehend werden einige Planfallvarianten vorgestellt, die als Alternativszenarien zum Planfall 1 oder als Etappenziele weiterverfolgt werden können.

Die Planfallvarianten betreffen zum einen Bereiche, in denen die Umsetzung des Planfalls 1 aufgrund der aufwändigen Infrastrukturmaßnahmen fraglich erscheint bzw. zumindest sehr langfristig zu sehen ist. Zum anderen betreffen sie Bereiche, in denen die Knotenstruktur des Planfalls 1 noch Schwachstellen hat:

Bereich	Aufwändige Infrastrukturmaßnahmen	Schwachstellen der Knotenstruktur
Knoten Budapest		Versetzte Taktknotenbindung der Linien aus Wien und Bratislava in Budapest
Brno – Praha		Relativ lange Fahrzeit Wien – Brno – Praha aufgrund des Umweges über Pardubice
Knoten Salzburg	Neubaustrecken im Zulauf auf den Knoten Salzburg	
Slowenien	Neubaustrecke Krapina-Korridor sowie diverse andere Ausbauten	
Innsbruck – Bolzano/Bozen	Brennerbasistunnel	

Tabelle 5-12: Auslöser zusätzlicher Planfallvarianten

5. ITF-Kantenfahrzeiten in Zentraleuropa

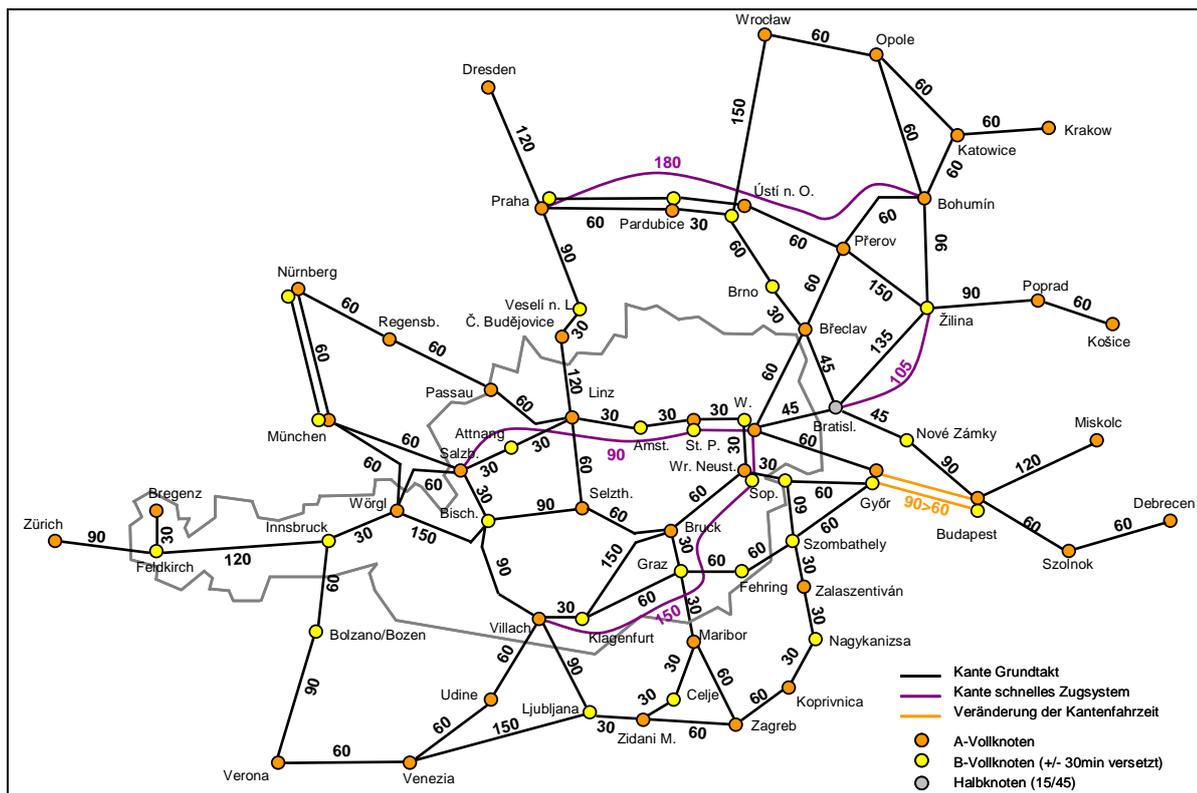


Abbildung 5-16: Knotenstruktur in Planfallvariante 1.1b

5.6.1.3. Halbknoten Budapest (Planfallvariante 1.1c)

Als Zwischenetappe zur vorigen Variante könnte ein Halbknoten in Budapest zu den Minuten 15 und 45 angestrebt werden. Dieser würde die Kantenfahrzeit Győr – Budapest gegenüber dem Planfall 1 um 15 Minuten verkürzen, jene von Nové Zámky nach Budapest um 15 Minuten erhöhen. Auch bei dieser Knotenstruktur wäre die Ankunft aus Wien und aus Bratislava zur selben Zeit.

Die Kantenfahrzeiten auf den weiterführenden Strecken von Budapest nach Szolnok und nach Miskolc wären ebenfalls um 15 Minuten entspannter, wobei Richtung Miskolc auch eine Verkürzung auf 105 Minuten (statt einer Anhebung auf 135 Minuten) denkbar ist.

5. ITF-Kantenfahrzeiten in Zentraleuropa

Brno - Přerov

Im Zusammenhang mit einer Neubaustrecke Praha – Brno ist auch der geplante Ausbau der Strecke Brno – Přerov für 200 km/h [42] zu sehen. Damit würde sich der Schnellverkehr aus dem Raum Ostrava nach Praha auf die Route über Brno verlagern, die drei größten Städte Tschechiens lägen dann auf einer durchgehenden Achse. Im Idealfall sollte dieser Ausbau eine Kantenfahrzeit von 90 Minuten zwischen Bohumín und Brno ermöglichen.

Přerov – Ostrava

Die Neubaustrecke Přerov – Ostrava wäre die logische Fortsetzung der Neubaustrecke Praha – Brno und der anschließenden Ausbaustrecke Brno – Přerov. Eine Verkürzung der Kantenfahrzeit Přerov – Bohumín von 60 auf 30 Minuten ist damit jedoch nicht realistisch. Die in [41] genannte mögliche Fahrzeit von 25 Minuten zwischen Přerov und Ostrava hl. n. legt eine Verschiebung des Knotens von Bohumín nach Ostrava hl. n. nahe.

Praha - Dresden

Hier ist eine ca. 140 km lange Neubaustrecke angedacht, diese wäre somit deutlich kürzer als die Bestandsstrecke mit einer Länge von ca. 190 km. Als Kantenfahrzeit Praha hl. n. – Dresden Hbf wären 60 Minuten möglich [41].

Praha – České Budějovice

Bei einer Trassenführung der Neubaustrecke Praha – Brno über Jihlava würde diese Strecke bis Bystřice u Benešova auch von den Zügen Richtung České Budějovice mitbenutzt werden können [40].

Um in diesem Zusammenhang beim laufenden Ausbau der Strecke Praha – České Budějovice verlorenen Aufwand zu vermeiden, wird dabei im Abschnitt nördlich von Benešov u Prahy nur die Bestandsstrecke saniert (ohne wesentliche Linienverbesserungen), während der Südabschnitt, der auch bei Führung über die Neubaustrecke weiterhin genutzt werden würde, großzügig für weitgehend 160 km/h ausgebaut wird [40].

Die Nutzung der Neubaustrecke müsste für die Kante Praha – Veselí nad Lužnicí eine Verkürzung der Kantenfahrzeit von 90 auf 60 Minuten ermöglichen.

České Budějovice – Horní Dvořiště

Auch für den Abschnitt bis zur österreichischen Grenze gibt es seitens des tschechischen Verkehrsministeriums Überlegungen für eine Neubaustrecke für 200 km/h [40]. Damit müsste die Kantenfahrzeit České Budějovice – Linz auf 90 Minuten verkürzt werden können.

5. ITF-Kantenfahrzeiten in Zentraleuropa

Auf Basis dieser Planungen bieten sich folgende zwei Planfallvarianten an:

5.6.2.1. Schnellfahrstrecken Tschechien, Phase 1 (Planfallvariante 1.2a)

Diese Planfallvariante umfasst die Neubaustrecke Praha – Jihlava – Brno sowie die Ausbaustrecke Brno – Přerov. Die Kantenfahrzeiten sind aus Abbildung 5-18 ersichtlich.

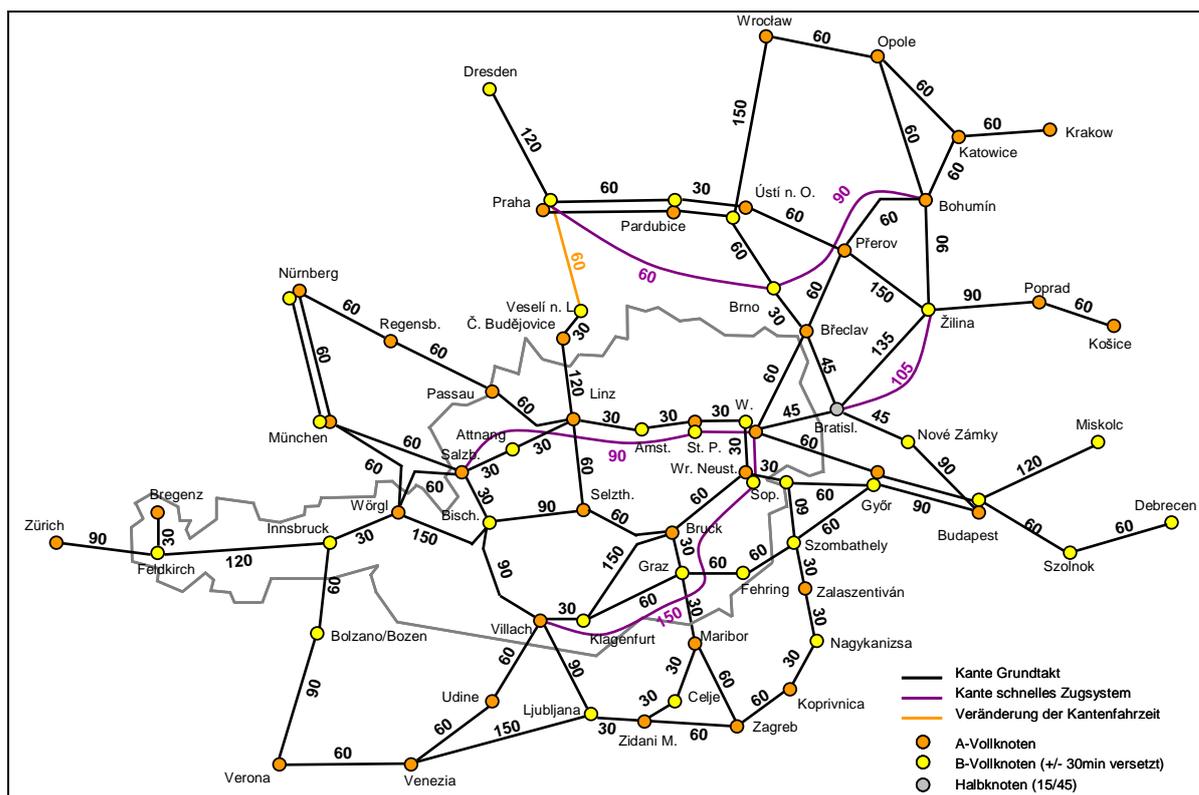


Abbildung 5-18: Knotenstruktur in Planfallvariante 1.2a

5.6.2.2. Schnellfahrstrecken Tschechien, Phase 2 (Planfallvariante 1.2b)

In dieser Planfallvariante werden zusätzlich die Neubaustrecken Přerov – Ostrava, Praha – Dresden und České Budějovice – Horní Dvořiště berücksichtigt. Diese Neubaustrecken sind hinsichtlich ihrer Kantenfahrzeitwirkung unabhängig voneinander, eine gleichzeitige Realisierung ist daher nicht erforderlich.

Durch die Verkürzung der Kantenfahrzeit Richtung Přerov von vormals 60' ab Bohumín auf 30' ab Ostrava hl. n. sind auf den weiterführenden Netzteilen Änderungen erforderlich. In Richtung Polen können die Kantenfahrzeiten unverändert bleiben (trotzdem sind weitere Fahrzeitverkürzungen erforderlich, da die Kantenfahrzeiten nun ab Ostrava hl. n. statt ab Bohumín einzuhalten sind). Die Verschiebung des Knotengefüges um 30' können durch eine andere Anbindung der Kante von Wrocław im Knoten Ústí nad Orlicí kompensiert werden. Dadurch geht die Anbindung Richtung Brno verloren, was aber angesichts der dann ohnehin über Ostrava kürzeren Fahrzeitauf der Relation Brno – Wrocław verschmerzbar ist.

5. ITF-Kantenfahrzeiten in Zentraleuropa

In Richtung Slowakei ist eine Verkürzung der Kantenfahrzeit Richtung Žilina um 30' erforderlich, um die Kompatibilität mit der dortigen Knotenstruktur herzustellen.

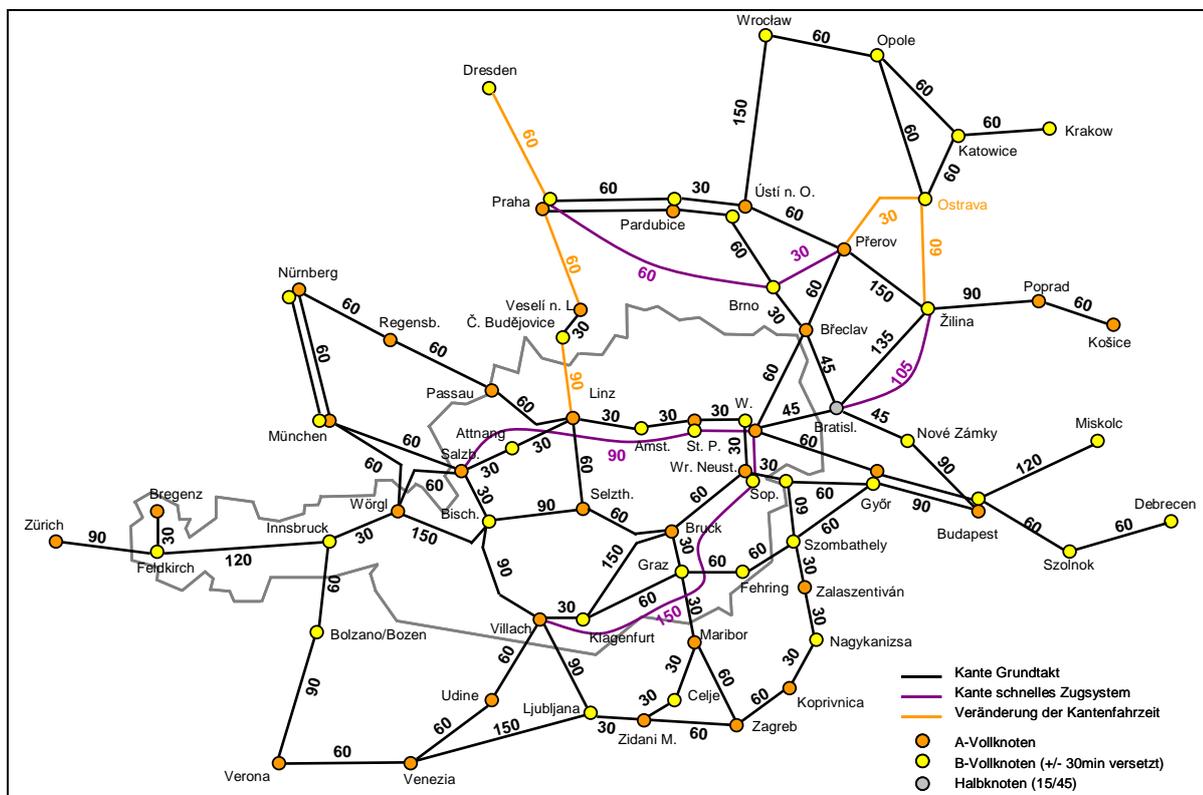


Abbildung 5-19: Knotenstruktur in Planfallvariante 1.1b

5.6.2.3. Phase 2, Untervariante Slowakei (Planfallvariante 1.2c)

Da die Kantenfahrzeit Ostrava – Žilina von 60' hier einen weitgehenden Streckenneubau erfordern würde (die tatsächliche zusätzliche Fahrzeitverkürzung gegenüber dem ursprünglichen Planfall beträgt aufgrund der Knotenverschiebung von Bohumín nach Ostrava mehr als 30 Minuten), ist alternativ dazu eine Verschiebung des Knotens Žilina möglich. Dafür wäre auf den Kanten Přerov – Žilina und Bratislava – Žilina jeweils eine Fahrzeitverkürzung um 30' erforderlich. Zwischen Přerov und Žilina wären dazu nur moderate Maßnahmen (einzelne Linienverbesserungen und/oder eine Reduktion der Zwischenhalte) erforderlich.

Zwischen Bratislava und Žilina wäre für eine Fahrzeitverkürzung um 30' ein Geschwindigkeitsniveau von etwas über 200 km/h erforderlich. Als langfristiges Szenario ist dies durchaus denkbar, da es sich dabei immerhin um die für die Slowakei sehr bedeutende Ost-West-Hauptstrecke Bratislava – Košice handelt.

5. ITF-Kantenfahrzeiten in Zentraleuropa

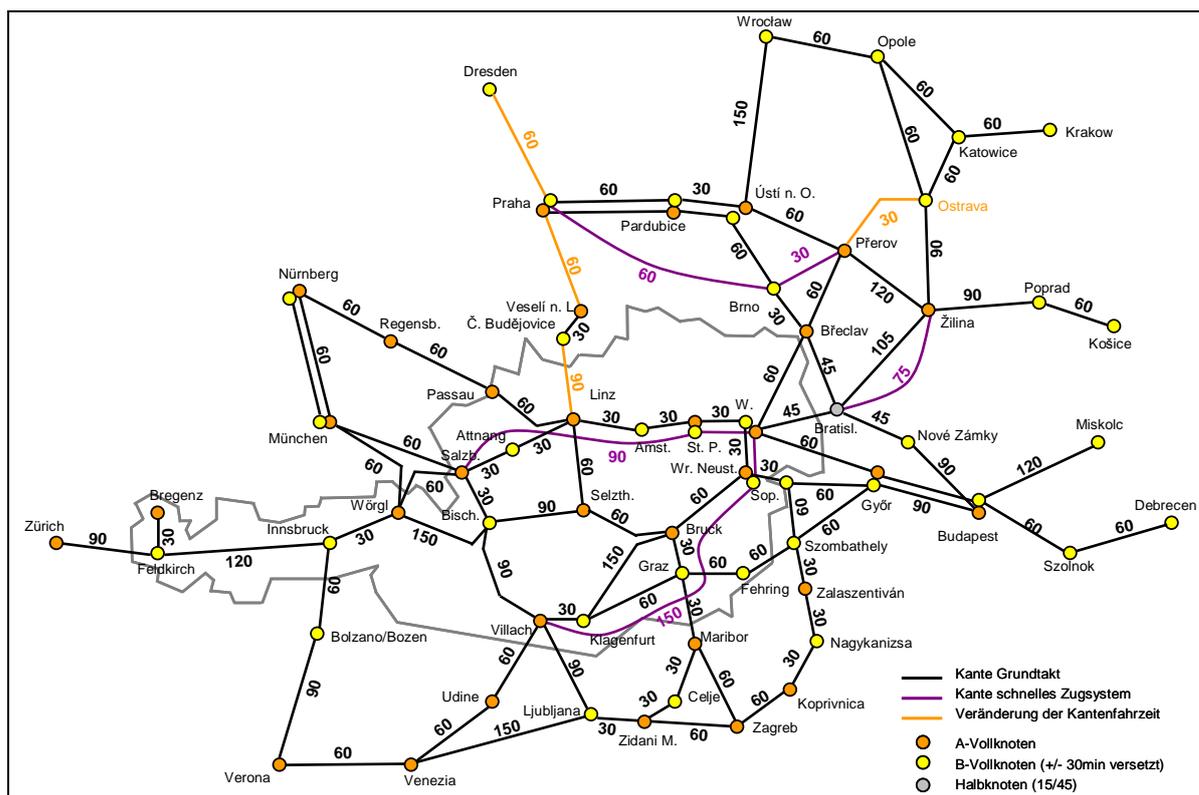


Abbildung 5-20: Knotenstruktur in Planfallvariante 1.2c

5.6.3. Halbknoten Salzburg (Planfallvariante 1.3.)

Die Kantenfahrzeiten gemäß Planfall 1 für die Kanten Attnang-Puchheim – Salzburg, Salzburg – München, Salzburg – Wörgl und Wörgl – München würden im Abschnitt Attnang-Puchheim – Salzburg – Rosenheim – München ein durchgehendes Geschwindigkeitsniveau von 200 km/h oder mehr erfordern. Derzeit sind weder in Österreich noch in Deutschland die dafür erforderlichen Maßnahmen absehbar: In Österreich ist langfristig nur eine Neubaustrecke aus dem Raum Neumarkt-Köstendorf bis nach Salzburg vorgesehen, in Deutschland ist gemäß Bundesverkehrswegeplan ein Ausbau der Strecke Freilassing – Mühldorf – München vorgesehen. Aufgrund des Umweges über Mühldorf ist damit eine Kantenfahrzeit von 60 Minuten zwischen Salzburg und München unrealistisch. Auf der bestehenden Strecke über Rosenheim sind keine nennenswerten fahrzeitverkürzenden Maßnahmen vorgesehen, somit hält sich auch das langfristige Fahrzeitverkürzungspotential auf den Kanten Salzburg – Wörgl und Wörgl – München in Grenzen. Auch auf der Tauernachse würde der Planfall 1 massive Investitionen erfordern.

Die Planfallvariante zur Entspannung der Situation um den Knoten Salzburg sieht eine Erhöhung der Kantenfahrzeiten auf allen auf Salzburg zulaufenden Kanten um 15 Minuten vor. Dadurch wird Salzburg zum Halbknoten zu den Minuten 15 und 45. Auf Relationen über den Knoten Salzburg kommt es dabei immer zu einer Fahrzeitverlängerung von 30 Minuten gegenüber dem Planfall 1.

5. ITF-Kantenfahrzeiten in Zentraleuropa

Durch den Halbknoten in Salzburg käme es auf der Relation Attnang-Puchheim (Wien) – Bischofshofen (Tauern) zusätzlich zu einer Wartezeit von 30 Minuten, welche aber durch einen Halbstundentakt auf der Westbahn Wien – Salzburg (zumindest in einzelnen Zeitlagen) kompensiert werden könnte.

Die Kantenfahrzeit Wörgl – München muss um 30 Minuten angehoben werden und wird dann in München 30 Minuten versetzt zur Kante aus Salzburg eingebunden.

Kante im Raum Salzburg	$t_{k,1}$	$t_{k,1.3}$	
Attnang-Puchheim – Salzburg	30	45	
St. Pölten – Salzburg (schnelles Zugsystem)	90	105	
Bischofshofen – Salzburg	30	45	
Salzburg – München	60	75	
Salzburg – Wörgl	60	75	
Wörgl – München	60	90	
Auswirkungen auf das übrige Netz			
Regensburg – Nürnberg	60	60	Keine Veränderung erforderlich, da die Kante in Nürnberg an den um 30 Minuten versetzten Taktknoten angebunden werden kann
Bischofshofen – Wörgl	150	120	Verkürzung auf 120 Minuten, da die 150 Minuten ohnehin schon eine Verlangsamung gegenüber dem Referenzfall darstellen und eine weitere Anhebung auf 180 Minuten daher nicht sinnvoll ist
Villach – Udine – Venezia	60+60	75+75	Verlängerung um jeweils 15 Minuten, somit Udine als Halbknoten
Venezia – Ljubljana	150	180	Verlängerung um 30 Minuten. Bei einer durchgehenden Neubaustrecke wäre evtl. auch eine Kantenfahrzeit von 120 Minuten denkbar

Tabelle 5-13: Veränderte Kantenfahrzeiten in Planfallvariante 1.3

Die Änderungen im Knoten Salzburg wirken sich auch auf das übrige Netz aus. Hier sind entlang einer durch den Knoten Salzburg führenden Schnittlinie durch das Netz ebenfalls Veränderungen der Kantenfahrzeit um 30 Minuten erforderlich (vgl. Abbildung 5-21).

5. ITF-Kantenfahrzeiten in Zentraleuropa

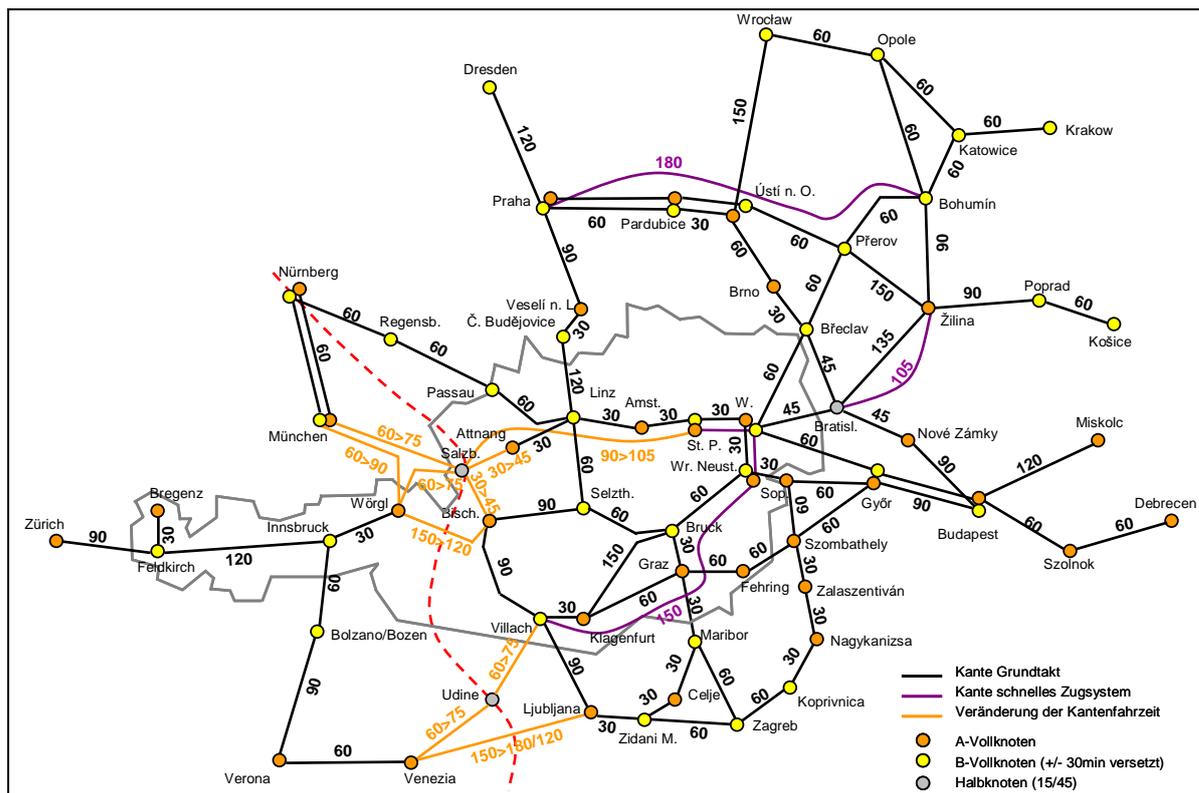


Abbildung 5-21: Knotenstruktur in Planfallvariante 1.3

5.6.4. Etappierung Slowenien (Planfallvariante 1.4)

Die Kantenfahrzeiten in und um Slowenien erfordern massive Infrastrukturinvestitionen, allen voran den Krapina-Korridor als neue Verbindung zwischen Maribor und Zagreb, welcher für die slowenische Verkehrspolitik derzeit nur eine geringe Priorität hat und primär von kroatischer und südösterreichischer (steirischer) Seite forciert wird. Für das übrige slowenische Hauptstreckennetz gibt es seitens des slowenischen Verkehrsministeriums umfangreiche Ausbaupläne (vgl. [43]), die aber realistischerweise ebenfalls nur etappenweise umgesetzt werden können.

Als Zwischenziel wird daher eine Planfallvariante ohne den Krapina-Korridor und mit deutlich entspannten Fahrzeitanforderungen auf dem übrigen slowenischen Netz definiert.

Kernpunkt ist neben dem Entfall der Kante Maribor – Zagreb die Verlängerung der Gesamtkantenfahrzeit zwischen Graz und Villach über Maribor – Ljubljana um 60 Minuten. Ljubljana wird dabei zu einem Halbknoten, in dem die wesentlichen Verknüpfungen (nämlich Zagreb – Villach, Zagreb – Venezia, Celje – Venezia sowie Celje - Villach) gewahrt bleiben. Lediglich auf der Relation Villach – Ljubljana – Venezia kommt es zu einer Wartezeit von 30 Minuten.

5. ITF-Kantenfahrzeiten in Zentraleuropa

Zwischen Graz und Ljubljana wird die Kantenfahrzeit auf drei Teilstrecken (Graz – Maribor, Maribor – Celje und Zidani Most – Ljubljana) um jeweils 15 Minuten angehoben.

Auf der Achse Villach – Zagreb verlängert sich die Kantenfahrzeit um 30 Minuten, somit verschiebt sich auch der Knoten Zagreb um 30 Minuten. Daher ist auch zwischen Szombathely und Zagreb ein zusätzlicher Spielraum von 30 Minuten vorhanden. Es bietet sich an, hier den kantenfahrzeitgerechten Ausbau der Strecke Szombathely – Zalaszentiván – Nagykanizsa zurückzustellen, da diese Strecke aus ungarischer Sicht nur eine Tangentialverbindung darstellt, während der Abschnitt Nagykanizsa – Koprivnica – Zagreb auch für die Relation Budapest – Zagreb genutzt werden kann.

Analog zur Kante Villach – Ljubljana verlängert sich die Kantenfahrzeit Venezia Mestre – Ljubljana um 15 Minuten auf 165 Minuten. Da auch diese Kantenfahrzeit einen großzügigen Streckenausbau zwischen Trieste und Ljubljana erfordert, kann je nach Fortschritt der Maßnahmen in diesem Abschnitt auch eine Kantenfahrzeit von 225 Minuten gewählt werden. Diese liegt nur wenige Minuten über der im Referenzfall möglichen Kantenfahrzeit, es wären also nur minimale Maßnahmen erforderlich.

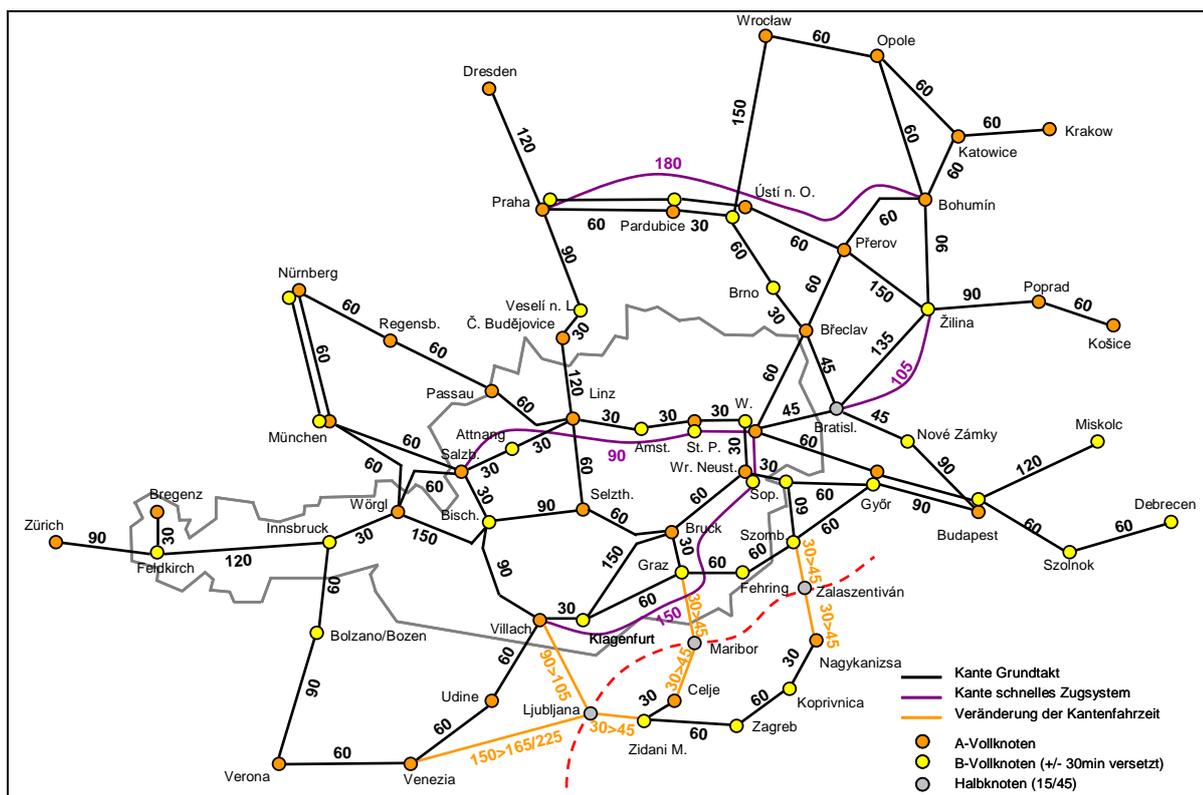


Abbildung 5-22: Knotenstruktur in Planfallvariante 1.4

5. ITF-Kantenfahrzeiten in Zentraleuropa

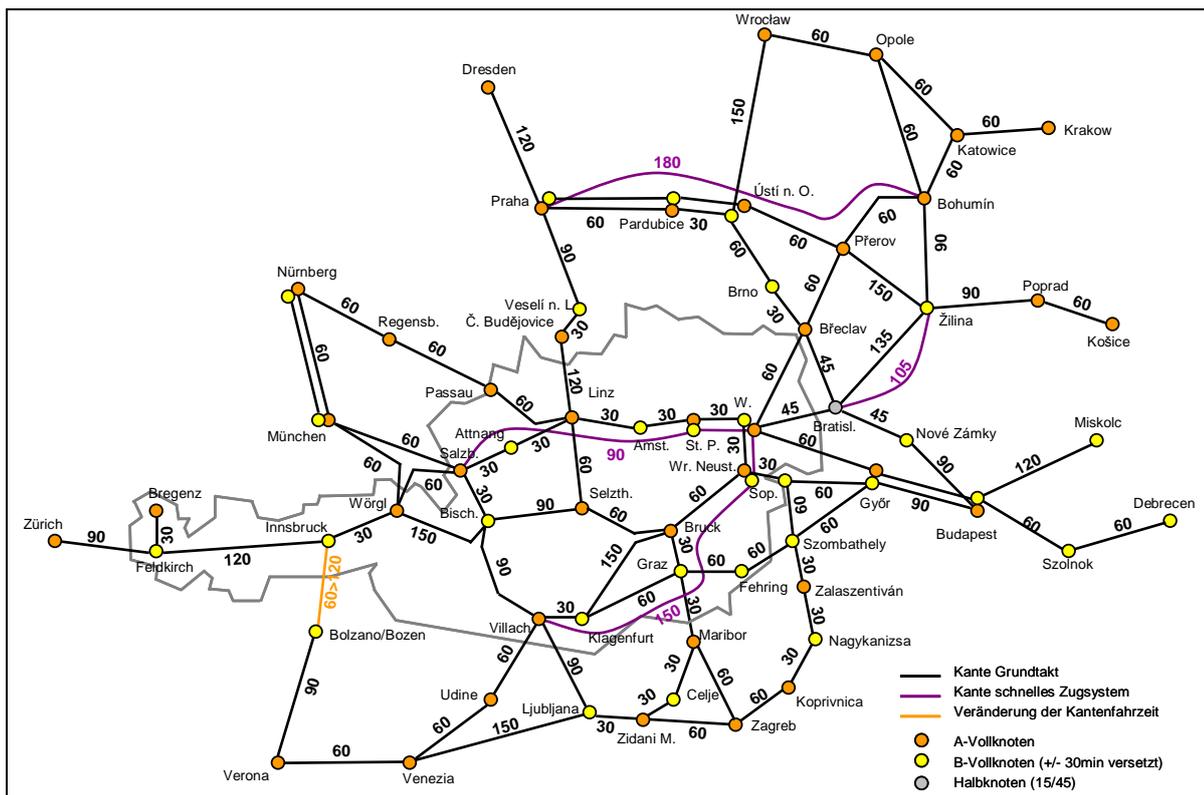


Abbildung 5-24: Knotenstruktur in Planfallvariante 1.6

6. Maßnahmen für einen ITF in Zentraleuropa

Auf Basis der gewählten Kantenfahrzeiten werden in diesem Kapitel mögliche Maßnahmen zur Erreichung der Fahrzeitziele vorgestellt.

Wie zu Beginn von Kapitel 4 erläutert, besteht bei der Wahl der Maßnahmen zur Erreichung eines bestimmten Fahrzeitziels eine relativ hohe Flexibilität.

Das Ergebnis dieses Kapitels – ein Vorschlag für ein konkretes Maßnahmenbündel – ist daher sicher nicht die einzige Lösung, sondern eine von mehreren möglichen im Rahmen der jeweiligen Einflussfaktoren.

Um den Rahmen dieser Arbeit nicht zu sprengen, werden konkrete Maßnahmenvorschläge nur für jene Kanten, die gänzlich oder teilweise in Österreich liegen, erarbeitet. Für die übrigen Kanten erfolgt nur eine Ermittlung der erforderlichen mittleren Ausbaugeschwindigkeit analog zu Kapitel 5.4ff..

6.1. Grundlagen der Fahrzeitberechnung

Für die Ermittlung der erforderlichen Maßnahmen zur Ermöglichung eines Integrierten Taktfahrplans ist eine genaue Berechnung der Fahrzeiten erforderlich. Aus diesem Grund wird nachfolgend etwas detaillierter auf die Fahrzeitberechnung eingegangen.

Die Fahrzeitberechnung erfolgte mit Hilfe einer selbst erstellten Excel-Tabelle. Die Fahrzeitberechnung erfolgt nur für eine Fahrtrichtung, wobei bei Bergstrecken jene Richtung gewählt wurde, bei der häufiger in der Steigung angefahren werden muss.

6.1.1. Fahrdynamik

Der Fahrzeitberechnung liegt ein auf allen Strecken einheitlicher Modellzug zu Grunde. Dieser Modellzug entspricht hinsichtlich der fahrdynamischen Eigenschaften einer Lokomotive des Typs Siemens ES64U2 mit 7 Reisezugwagen (vgl. 4.4.3).

Folgende Einflussparameter wurden zu Grunde gelegt:

6. Maßnahmen für einen ITF in Zentraleuropa

Zuggewicht	455 t
Anfahrzugkraft (bis ca. 40 km/h)	250 kN basierend auf Reibwert $\mu = 0,3$ (die theoretisch mögliche Anfahrzugkraft von 300 kN wird im Sinne der Berücksichtigung suboptimaler Witterungsverhältnisse nicht in Rechnung gestellt)
Weiterer Verlauf der Zugkraftkennlinie (ausgewählte Werte)	70 km/h – ~210 kN 100 km/h – ~205 kN 150 km/h – ~150 kN 200 km/h – ~115 kN 230 km/h – ~100 kN
Fahrwiderstände Triebfahrzeug	Formel: $W = a + b \cdot v + c \cdot v^2$ (mit W in [N] und v in [km/h]) Parameter: $a = 1569,9$, $b = 0$, $c = 0,296$
Fahrwiderstände Wagen	Formel: $w = A + B \cdot v^2$ (mit w in [N/t] und v in [km/h]) Parameter: $A = 19,62$, $B = 0,0025$
Bremsverzögerung	0,7 m/s ²

Tabelle 6-1: Grundlagen der Fahrzeitberechnung

Die Formeln für die Berücksichtigung der Fahrwiderstände entsprechen jenen, die seitens der ÖBB Infrastruktur AG für die Fahrzeitberechnung herangezogen werden.

Die Fahrzeitberechnung erfolgt auf Basis von 10 km/h-Schritten für die Ermittlung des jeweiligen Zugkraftüberschusses. Die Zuglänge wird beim Beschleunigen dahingehend berücksichtigt, dass der Punkt, ab dem beschleunigt werden darf, um die Zuglänge versetzt wird.

6.1.2. Infrastrukturdaten

Die Infrastrukturdaten für die Fahrzeitberechnung wurden für die österreichischen Strecken dem VzG (Verzeichnis der örtlich zulässigen Geschwindigkeiten, Stand Fahrplan 2009) der ÖBB Infrastruktur AG entnommen.

Für die in Italien, Tschechien und der Slowakei gelegenen Teilstrecken der Grenzrelationen sowie für die Strecke Salzburg – Kufstein über Rosenheim standen ebenfalls entsprechende Geschwindigkeitsdaten (z. B. fascicolo linea für Italien) zur Verfügung. Für Teilstrecken in anderen Ländern erfolgte keine genaue Fahrzeitenrechnung. Hier wurde auf Basis der aktuellen Fahrzeit eine mittlere derzeitige Höchstgeschwindigkeit ermittelt und davon ausgehend die Wirkung von Maßnahmen abgeschätzt.

Die Neigungsverhältnisse wurden nur für die österreichischen Streckenabschnitte und in vereinfachter Form dahingehend berücksichtigt, dass nur für jene Abschnitte, in denen die Geschwindigkeit höher als im vorherigen ist oder die nach einem Halt liegen, die für die Beschleunigung maßgebliche Neigung (also jene am Beginn des Abschnittes) berücksichtigt wurde.

Für zusätzliche Maßnahmen gegenüber der Bestandsinfrastruktur des Fahrplans 2009 wurden entweder vorhandene Projektinformationen der ÖBB Infrastruktur AG ausgewertet oder eigene Annahmen getroffen.

6.1.3. Fahrzeitreserve

In den Fahrzeitberechnungen ist eine Reserve von 10% (bezogen auf die Fahrzeit) eingerechnet.

Dieser Wert liegt etwas über dem UIC-Regelzuschlag, der sich aus einem fahrzeitbezogenen und einen entfernungsabhängigen Anteil ergibt. Für einen Triebzug mit einer Höchstgeschwindigkeit zwischen 161 und 200 km/h beträgt der fahrzeitbezogene Anteil des UIC-Regelzuschlages 5%. Der entfernungsabhängige Anteil beträgt eine Minute je 100 Kilometer [44]. Mit einer Reisegeschwindigkeit von ca. 100 km/h entspricht der gesamte Regelzuschlag in einer prozentuellen Reserve von 7%.

Die gewählte höhere Fahrzeitreserve von 10% (der Unterschied entspricht in etwa einer 90 Sekunden auf 100 Kilometern bei einer Reisegeschwindigkeit von 100 km/h) lässt sich folgendermaßen begründen:

- Ein Integrierter Taktfahrplan erfordert eine hohe Pünktlichkeit
- Die gewählte Fahrzeitreserve lässt bzgl. der fahrdynamischen Eigenschaften gewisse Spielräume zu, wenn auf einzelnen Strecken oder in einzelnen Zeitlagen Fahrzeuge mit anderen fahrdynamischen Eigenschaften als die des Modellzuges zum Einsatz kommen
- Des Weiteren sind dadurch gewisse Spielräume bzgl. der erforderlichen Streckenausbauten möglich, wenn in einzelnen Abschnitten die gewünschte Ausbaugeschwindigkeit aus trassierungstechnischen Gründen nicht erreichbar ist.
- Zusätzliche Reserve für Baumaßnahmen

6.1.4. Maßnahmenwirkung

6.1.4.1. Linienverbesserungen und Neubaustrecken

Trassierungsannahmen für Linienverbesserungen und Neubaustrecken wurden anhand der Österreichischen Karte 1:50.000 des BEV getroffen. Auf dieser Basis wurden auch die sich daraus ergebenden Streckenverkürzungen ermittelt.

6.1.4.2. Erhöhte Seitenbeschleunigung

Auf zahlreichen Strecken wird als Maßnahme zur Fahrzeitverkürzung eine Erhöhung der Seitenbeschleunigung von $0,65 \text{ m/s}^2$ auf $1,0 \text{ m/s}^2$ (auf einzelnen Strecken $0,85 \text{ m/s}^2$) vorgeschlagen. Den derzeitigen VzG-Daten liegt in der Regel eine Seitenbeschleunigung von $0,65 \text{ m/s}^2$ zu Grunde.

Eine Seitenbeschleunigung von $1,0 \text{ m/s}^2$ erfordert noch keine Fahrzeuge, die mit einer Technologie zur Kompensation der in Wagenkastenebene wirkenden

6. Maßnahmen für einen ITF in Zentraleuropa

Seitenbeschleunigung ausgestattet sind. Im Sinne einer Schonung des Oberbaues ist aber der Einsatz von gleisfreundlichen Fahrzeugen wünschenswert.

Für eine vereinfachte Ermittlung der Höchstgeschwindigkeiten infolge erhöhter Seitenbeschleunigung werden die bestehenden VzG-Geschwindigkeiten basierend auf den Aussagen in Kapitel 4.4.6 durchgehend um 10% erhöht. Anschließend erfolgt eine Abrundung auf volle 5 km/h-Werte.

6.1.4.3. VzG-Optimierung bei unveränderter Trassierung

Auf Basis der Daten (Radius und Überhöhung) im Bogenverzeichnis der ÖBB Infrastruktur AG wird für einzelne, bogenreiche Strecken geprüft, ob bei den vorhandenen Trassierungsparametern eine Erhöhung der im VzG enthaltenen Höchstgeschwindigkeit (mit $0,65 \text{ m/s}^2$ Seitenbeschleunigung) möglich ist bzw. ob mit erhöhter Seitenbeschleunigung ($1,0 \text{ m/s}^2$) die Geschwindigkeit gegenüber der vereinfachten Ermittlung (+ 10%) zusätzlich angehoben werden kann. Der sich so ergebende Geschwindigkeitsverlauf wird in 5 km/h-Schritten abgerundet und geglättet.

Anhebung der Überhöhung

In einzelnen Bögen wird dabei eine Anhebung der Überhöhung zur zusätzlichen Erhöhung der Geschwindigkeit vorgeschlagen. Voraussetzung dafür ist eine entsprechende Länge des Übergangsbogens.

6.1.4.4. Haltentfall und Haltedauerverkürzung

Als mögliche Maßnahme zur Fahrzeitverkürzung muss in Einzelfällen auch das bestehende Haltemuster hinterfragt werden, wenn dadurch teure Infrastrukturmaßnahmen vermieden werden können und es sich um Orte handelt, bei denen aus verschiedenen Gründen (geringer Halteabstand, geringes Fahrgastpotential und/oder Möglichkeiten einer adäquaten Alternativbedienung im Nahverkehr) eine Fernverkehrsbedienung verzichtbar erscheint.

Grenzaufenthalte

Insbesondere Aufenthalte an Grenzbahnhöfen stellen ein Potential für Fahrzeitverkürzungen dar. In den nachfolgenden Überlegungen wird davon ausgegangen, dass künftig durch den Einsatz von mehrsystemfähigen Triebfahrzeugen und des einheitlichen Zugsicherungssystems ETCS ein aufenthaltsloser Übergang zwischen den jeweiligen Landesnetzen erfolgen kann und dass dem auch keine organisatorischen Gründe entgegenstehen (ein Personalwechsel ist ggf. auf den nächstgelegenen Haltebahnhof zu verlegen).

6. Maßnahmen für einen ITF in Zentraleuropa

Grenzaufenthalte können somit gänzlich entfallen (wenn aus kommerzieller Sicht unbedeutend) oder in der Dauer auf das für den Fahrgastwechsel erforderliche Ausmaß gekürzt werden.

6.2. Planfall 1

Die definierten Kantenfahrzeiten sowie die erforderlichen Knotenaufenthaltsdauern dienen als Grundlage für die Erstellung des Systemfahrplans. Erst daraus gehen die tatsächlich erforderlichen fahrplanmäßigen Fahrzeiten hervor.

Neben den Maßnahmen zur Erreichung der Zielfahrzeiten werden auf eingleisigen Strecken auch die Erfordernisse hinsichtlich der Systemkreuzungspunkte definiert.

6.2.1. Systemfahrplan

Der Systemfahrplan wird in Form einer Netzgrafik dargestellt. Parallel dazu werden die dafür erforderlichen fahrzeitverkürzenden Maßnahmen ermittelt. Die Erstellung der Netzgrafik und die Maßnahmendefinition stellen einen iterativen Prozess dar, da in Einzelfällen die Kantenfahrzeiten mit realistischen Maßnahmen nicht zu erreichen sind und es daher zu leichten Verschiebungen im Fahrplangefüge kommt.

6.2.1.1. Berücksichtigung von Zweistudentakten

Bei der Ermittlung der Kantenfahrzeiten wurde grundsätzlich von einem Studentakt ausgegangen, wobei sich auf einzelnen Kanten durch Linienüberlagerungen ein Halbstudentakt ergibt.

In der Netzgrafik wird abweichend davon in Anlehnung an das bestehende Fahrplanangebot und auf einigen Kanten nur ein Zweistudentakt angenommen. Die davon betroffenen Linien sind aus Tabelle 6-2 ersichtlich.

6. Maßnahmen für einen ITF in Zentraleuropa

Zuglinie im Zweistundentakt	Anmerkung
Zürich/Bregenz – Feldkirch – Innsbruck – Salzburg (– Wien)	Ab Innsbruck ostwärts zusätzliches ggf. etwas langsames zweites Zugsystem (annähernd um eine Stunde versetzt). Östlich von Salzburg Intervallhalbierung mit Zug aus München
München – Salzburg (– Wien)	Zweites langsames Zugsystem (in Salzburg um eine Stunde versetzt, ab Salzburg weiter Richtung Tauern) Östlich von Salzburg Intervallhalbierung mit Zug aus Bregenz/Zürich
München – Innsbruck – Verona	
(München –) Salzburg – Villach – Ljubljana (– Zagreb)	Bis München als langsames zweites Zugsystem um eine Stunde versetzt zu Zug München – Wien Östlich von Ljubljana Intervallhalbierung mit Zug von Venezia
(Wien –) Graz – Villach – Venezia schnell	Bis Graz stündlich
Nürnberg – Linz (– Wien)	
Salzburg/Linz – Selzthal (– Graz)	Südlich von Selzthal je nach Fahrplanvariante Intervallhalbierung
Bruck/Mur – Leoben – Klagenfurt	
Graz – Maribor – Zagreb/Ljubljana	
Venezia – Ljubljana (– Zagreb)	Östlich von Ljubljana Intervallhalbierung mit Zug von Villach
Linz – České Budějovice	
(Wien –) Břeclav – Písek (– Warszawa)	Zwischen Písek und Bohumín Intervallhalbierung mit Zug aus Praha
(Wien –) Bohumín – Katowice (– Warszawa)	Zwischen Písek und Bohumín Intervallhalbierung mit Zug aus Praha
Bohumín – Opole	
Bohumín – Žilina	
Praha – Bohumín schnell	
(Praha –) Bratislava – Budapest	Bis Bratislava stündlich
Graz – Szombathely – Győr (– Budapest)	Östlich von Győr Intervallhalbierung mit Zug aus Wr. Neustadt/Sopron
Sopron – Győr (– Budapest)	Östlich von Győr Intervallhalbierung mit Zug aus Graz
Wr. Neustadt – Szombathely – Zagreb	
Ústí nad Orlicí – Wrocław	
Písek – Žilina	
Bratislava – Žilina – Košice schnell	

Tabelle 6-2: Zweistundentakte im Untersuchungsgebiet

Trotz dieser Berücksichtigung ist das in der Netzgrafik dargestellte Angebot nur als Vorschlag zu sehen, weitere Ausdünnungen oder Verdichtungen können in Abhängigkeit von der tatsächlichen Nachfrage festgelegt werden.

Auf die empfohlenen Zielfahrzeiten und die dafür erforderlichen Maßnahmen wirken sich die Variationen der Angebotsquantität jedoch nicht aus. Lediglich bei der Beurteilung der Kreuzungssituation auf eingleisigen Strecken ist dieser Aspekt zu berücksichtigen.

Ausdünnungen des Angebotes haben gewisse Einschränkungen der Umsteigebeziehungen zur Folge, auf die nachstehend eingegangen wird.

Systemische Auswirkungen von Zweistundentakten

Aufgrund der Fahrplansymmetrie (bei einem Zweistundentakt ist die Minute 00 die Symmetrieminute) funktionieren die Knoten zur vollen Stunde in der Regel auch bei einem Zweistundentakt.

6. Maßnahmen für einen ITF in Zentraleuropa

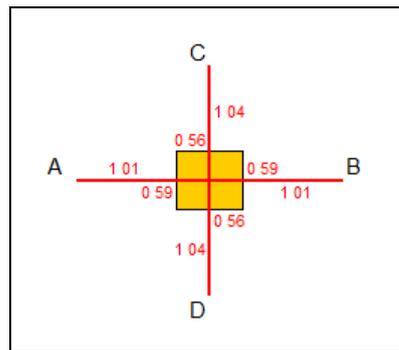


Abbildung 6-1: Taktknoten zur vollen Stunde bei einem Zweistundentakt

Bei Knoten zur halben Stunden funktionieren einzelne Anschlüsse nicht (Versatz um eine Stunde), wenn auf zumindest drei Kanten zu diesem Knoten nur ein Zweistundentakt angeboten wird. Hier ist danach zu trachten, dass davon nur Umsteigerelationen von sekundärer Bedeutung betroffen sind.

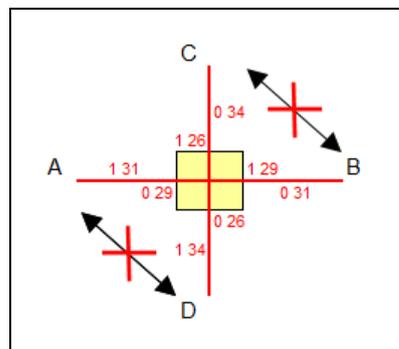


Abbildung 6-2: Taktknoten zur halben Stunde bei einem Zweistundentakt

Bei nur zwei Kanten mit Zweistundentakt kann der Fahrplan in der Regel so gestaltet werden, dass sich zwischen diesen beiden Kanten kein Stundenversatz ergibt:

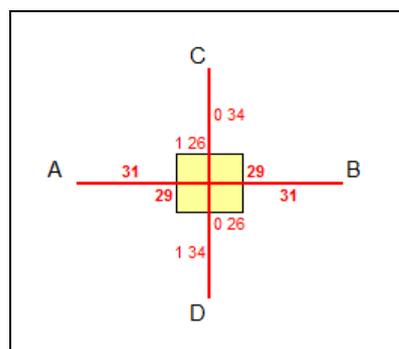


Abbildung 6-3: Taktknoten zur halben Stunden

In einem größeren Netz kann es natürlich vorkommen, dass sich durch Anschlussbedingungen an einem anderen Knoten die Stunde nicht frei wählen lässt und sich Anschlussbrüche nicht vermeiden lassen, auch wenn auf nur zwei Kanten nur ein Zweistundentakt angeboten wird.

6. Maßnahmen für einen ITF in Zentraleuropa

Weiters kann es in Fällen, wo es zwischen zwei Knoten zwei verschiedene Routen gibt, die aber jeweils nur im Zweistundentakt angeboten werden sollen, zielführend sein, diese Zweistundentakte untereinander um eine Stunde zu versetzen. Dadurch wird für durchgehende Reisende ein regelmäßigeres Angebot (Stunden- statt Zweistundentakt) ermöglicht, gleichzeitig können nicht mehr alle Umsteigerelationen angeboten werden, wie aus Abbildung 6-4 und Abbildung 6-5 beispielhaft ersichtlich ist.

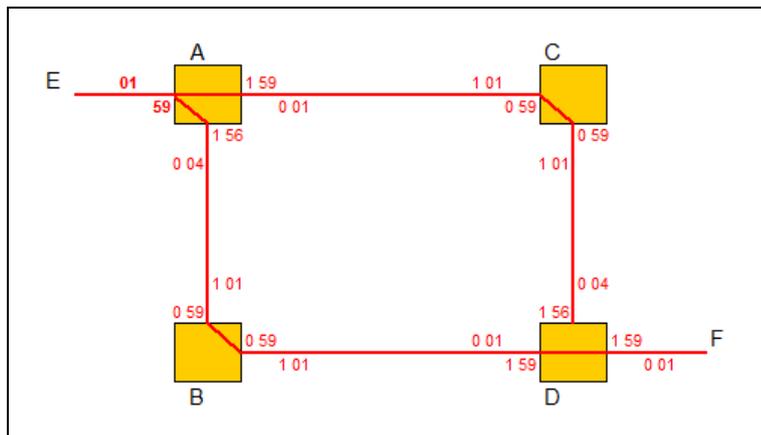


Abbildung 6-4: Zweistundentakt auf Parallelstrecken mit optimalen Anschlüssen

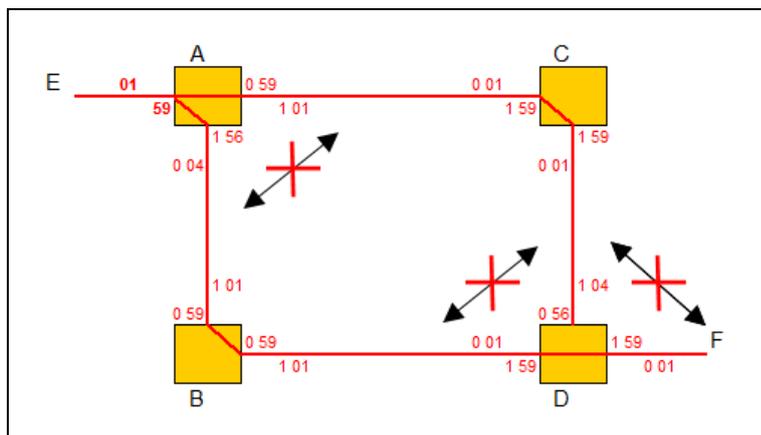


Abbildung 6-5: Zweistundentakt auf Parallelstrecken mit optimaler zeitlicher Verteilung für Fahrten AD

Ob die Intervallhalbierung auf der Relation AD Priorität gegenüber den Eck-Anschlüssen in A und D hat, ist abhängig von der Bedeutung der Relationen. Vor allem wenn es sich bei A und D um größere Städte handelt, kann es sinnvoll sein, den Verkehr zwischen diesen Städten durch eine Intervallhalbierung zu Ungunsten der Eck-Anschlüsse zu priorisieren.

Die Überlegungen zur möglichst sinnvollen Umsetzungen eines Zweistundentaktes sind jedoch eher eine Frage der konkreten Angebotsplanung durch die Eisenbahnverkehrsunternehmen. Eine Berücksichtigung bei der Festlegung langfristig sinnvoller Kantenfahrzeiten und der dafür erforderlichen Infrastrukturmaßnahmen würde aber zu weit führen.

6. Maßnahmen für einen ITF in Zentraleuropa

In diesem Sinne sind die in der Netzgrafik enthaltenen Angaben der Stunde (gerade oder ungerade) bei Zweistundentakten nur als Vorschlag bzw. als eine von mehreren möglichen Varianten zu sehen.

Ein Zweistundentakt als Grundlage für die Ermittlung langfristig anzustrebender Kantenfahrzeiten wäre jedoch nicht sinnvoll, da dann die Kantenfahrzeiten bezogen auf eine Kante nur um +/- 60 Minuten statt +/- 30 Minuten variiert werden kann (bzw. die Summe der Kantenfahrzeiten in einem Kreis nur um +/- 120 Minuten statt +/- 60 Minuten).

Dies würde auf vielen Kanten zu stark überdehnten Kantenfahrzeiten oder extrem aufwändigen Maßnahmen führen, da die Kantenfahrzeit z. B. nicht mehr 90 Minuten betragen kann, sondern auf 60 Minuten gesenkt oder auf 120 Minuten angehoben werden müsste.

6.2.1.2. Taktknoten zur vollen bzw. halben Stunde

Die Netzgrafik wird für zwei verschiedene Fahrplanvarianten erstellt, die sich durch die zeitliche Lage der Knoten unterscheiden. Jene Knoten, die in Fahrplanvariante A zur vollen Stunde bedient werden, werden in Fahrplanvariante B zur halben Stunde bedient und umgekehrt. Fahrplanvariante A geht dabei von einem Taktknoten in Zürich zur halben Stunde aus (für die Züge aus Österreich), Fahrplanvariante B von einem Taktknoten zur vollen Stunde.

Auf die erforderlichen Fahrzeiten haben diese Überlegungen keine Auswirkungen, sehr wohl jedoch auf die Anschlussgestaltung bei Zweistundentakten.

6.2.1.3. Kreuzungspunkte auf eingleisigen Strecken

Aus der Netzgrafik ergeben sich auch die erforderlichen Systemkreuzungspunkte auf eingleisigen Strecken. Bei einem Stundentakt sind die Systemkreuzungspunkte jeweils 30 Minuten voneinander entfernt und in ihrer geographischen Lage unabhängig von der zeitlichen Lage des Taktsystems (Fahrplanvariante A oder B).

Auf Strecken mit Zweistundentakt (die eingleisigen Strecken sind ohnehin jene, die für einen Zweistundentakt in Frage kommen) besteht hingegen eine Abhängigkeit zwischen der zeitlichen Lage des Taktsystems und der geographischen Lage der Systemkreuzungspunkte (jeweils 60 Minuten voneinander entfernt). Je nach Fahrplanvariante sind die Systemkreuzungspunkte um 30 Minuten versetzt.

Bei der Beschreibung der einzelnen Maßnahmen je Strecke werden grundsätzlich beide Fahrplanvarianten (also Systemkreuzungspunkte im 30'-Abstand) berücksichtigt.

6. Maßnahmen für einen ITF in Zentraleuropa

6.2.1.4. Netzgrafiken (Fahrplanvariante A und B)

Die Netzgrafiken für beide Fahrplanvarianten sind aus den nachfolgenden Abbildungen ersichtlich. Eine Legende befindet sich im Anhang.

6. Maßnahmen für einen ITF in Zentraleuropa

6. Maßnahmen für einen ITF in Zentraleuropa

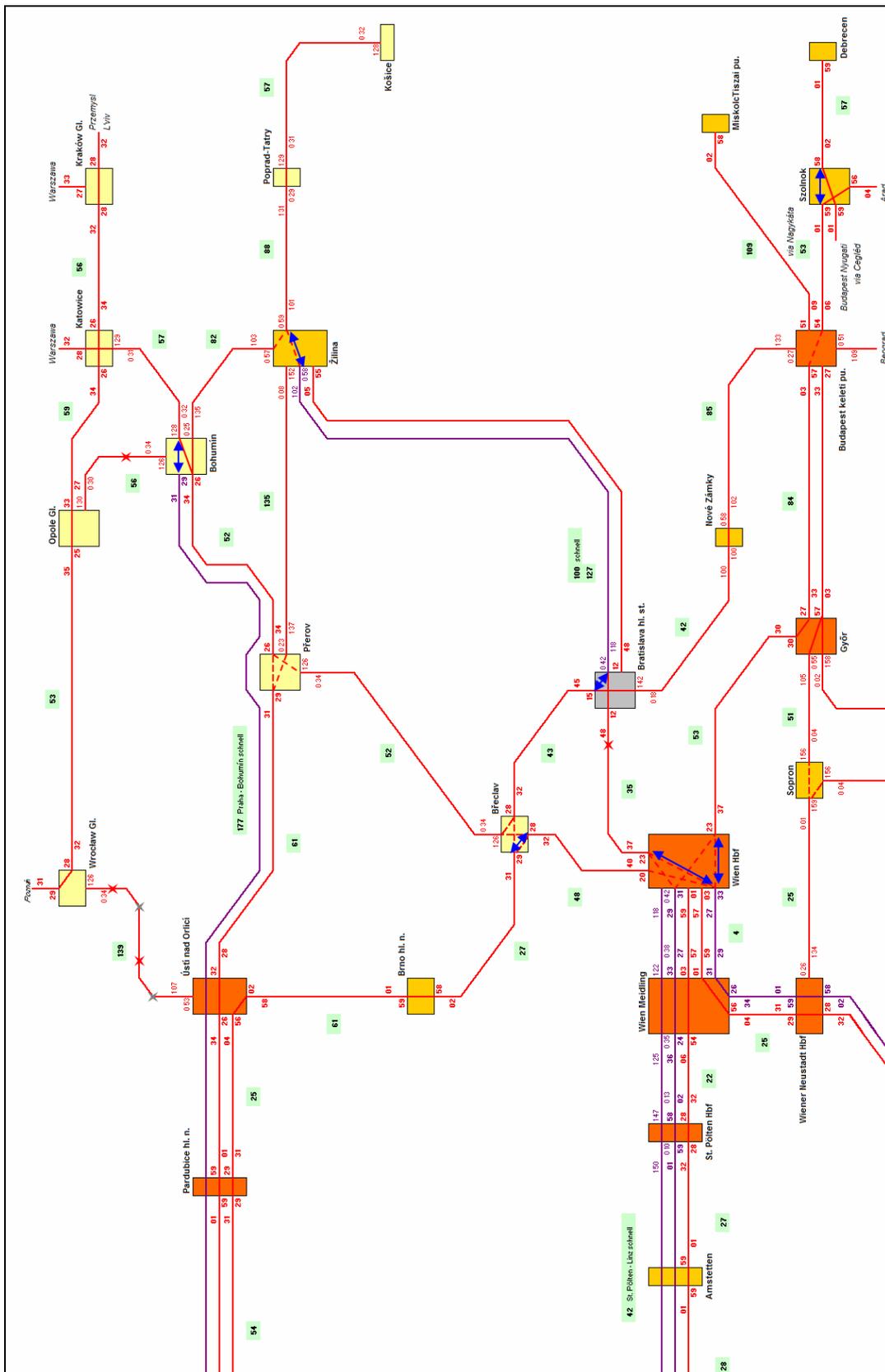


Abbildung 6-8: Netzgrafik Planfall 1, Fahrplanvariante A, Ausschnitt Nordost

6. Maßnahmen für einen ITF in Zentraleuropa

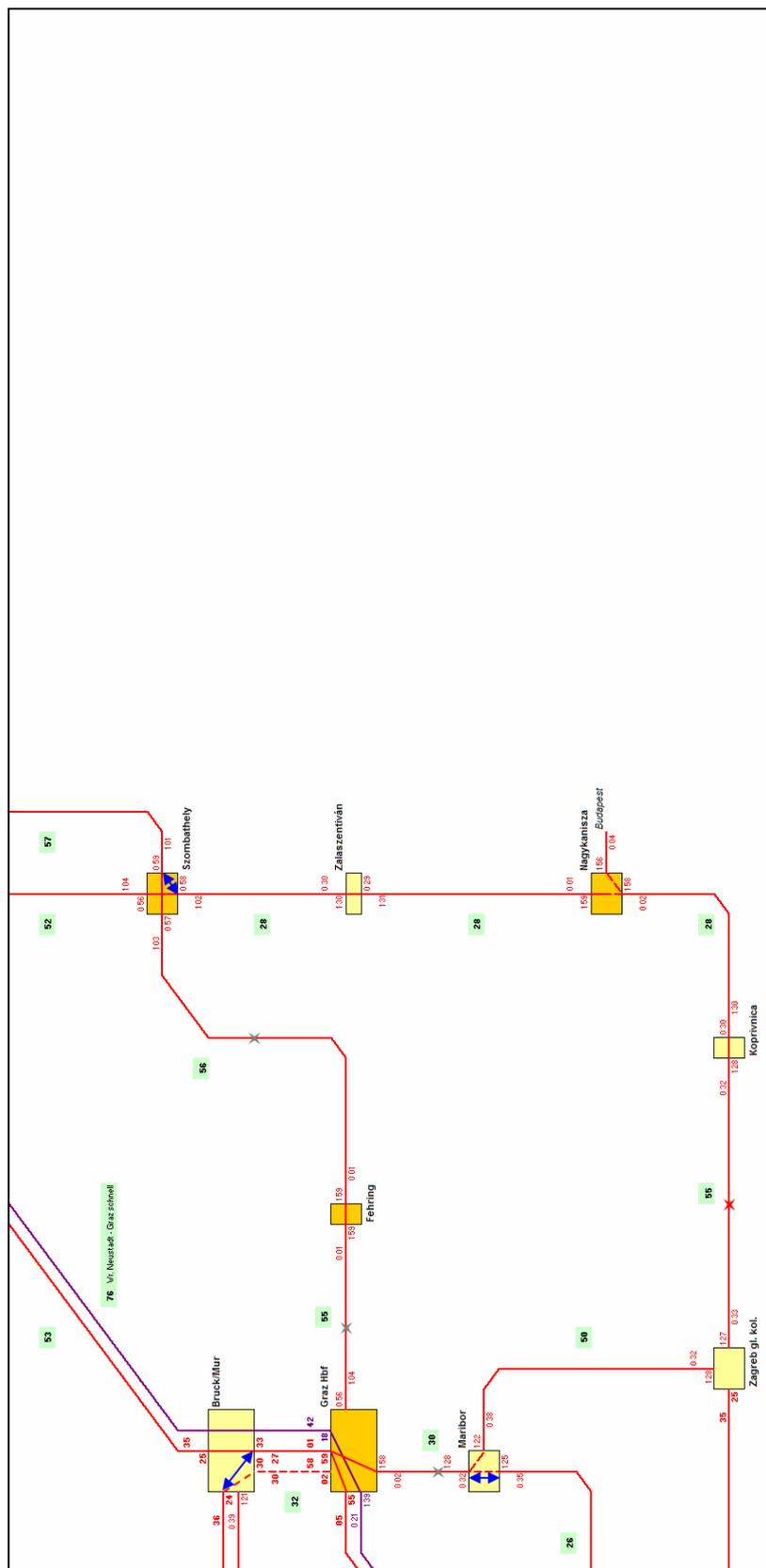


Abbildung 6-9: Netzgrafik Planfall 1, Fahrplanvariante A, Ausschnitt Südost

6. Maßnahmen für einen ITF in Zentraleuropa

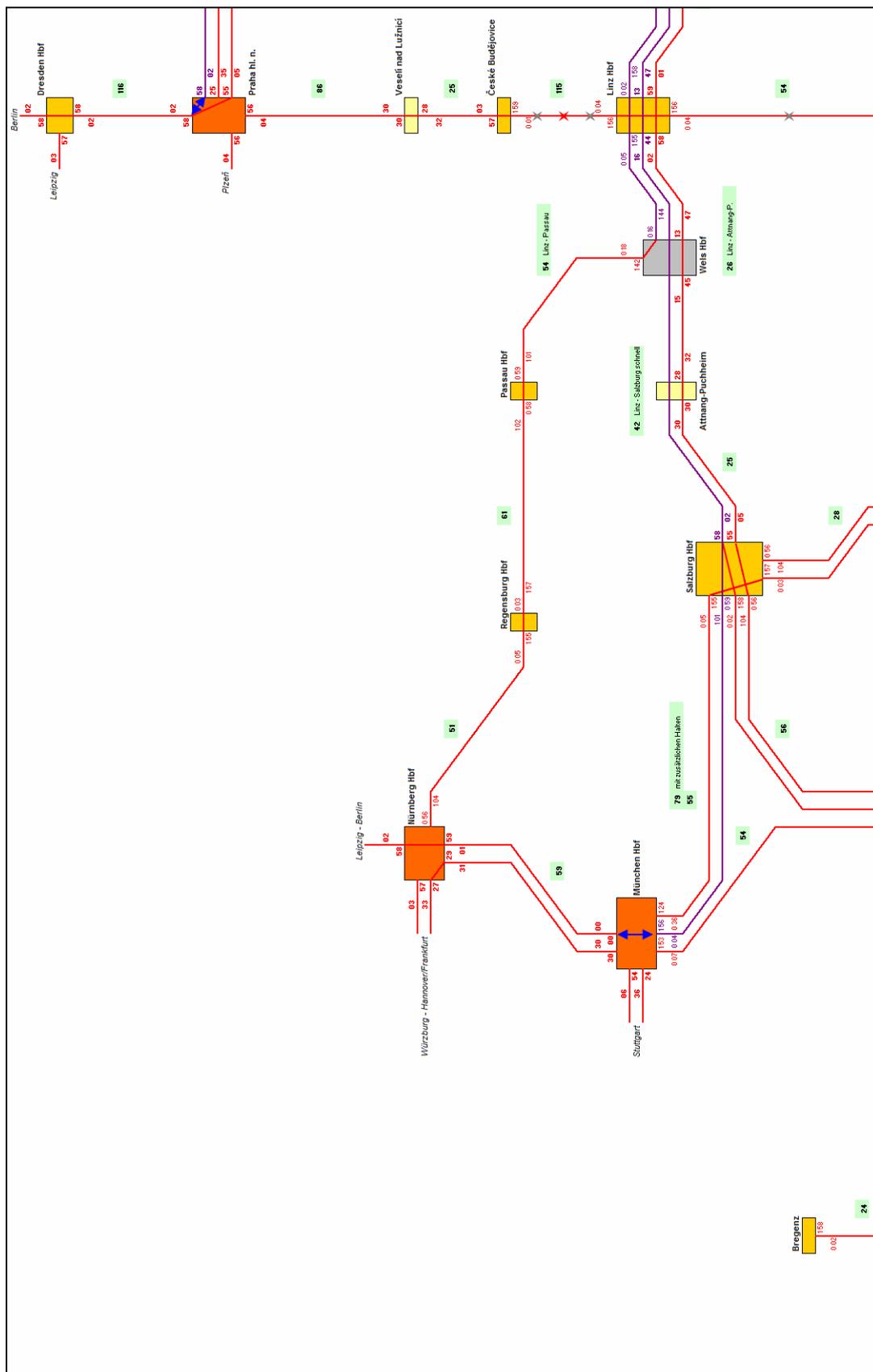


Abbildung 6-10: Netzgrafik Planfall 1, Fahrplanvariante B, Ausschnitt Nordwest

6.2.2. Maßnahmen in Österreich (inkl. Grenzrelationen)

Für ganz oder teilweise in Österreich gelegene Kanten werden nachfolgend die konkreten Maßnahmen zur Ermöglichung des Integrierten Taktfahrplans definiert. Die Fahrzeitwirkung der Maßnahmen wurden anhand einer Berechnung gemäß Kapitel 0. ermittelt.

Aus diesem Grund können die nun errechneten Fahrzeiten im Referenzfall von den in Kapitel 5.2.2 und 5.3.1.2 angegebenen Werten abweichen, da die dortigen Werte nur auf Basis der bestehenden Fahrplanzeiten (Fahrplan 2009) abgeschätzt wurden.

Für die einzelnen Strecken wird zunächst die Ausgangslage aufgrund der idealen Soll-Fahrzeit und der Fahrzeit im Referenzfall dargestellt. Die ideale Soll-Fahrzeit entspricht der Kantenfahrzeit abzüglich der anteiligen Knotenaufenthaltsdauern am Anfangs- und Endknoten. Sie berücksichtigt noch keine Knotenasymmetrien. In Wechselwirkung mit den möglichen Maßnahmen wurde dann die Soll-Fahrzeit iterativ optimiert.

Auf eingleisigen Strecken wird zusätzlich die Kreuzungssituation analysiert und daraus erforderliche Maßnahmen abgeleitet.

6.2.2.1. Wien Hbf – St. Pölten Hbf

Ausgangslage

Ideale Soll-Fahrzeit inkl. Unterwegshalte	30,5' (26,5' + 4,0' Knotenasymmetrie Wien Hbf)
Fahrzeit Referenzfall	28,4' (in Fahrtrichtung St. Pölten)
Erforderliche Fahrzeitverkürzung	keine
Infrastruktur im Referenzfall: Lainzer Tunnel Vmax 160 km/h Neubaustrecke Knoten Hadersdorf – Knoten Wagram Vmax 230 km/h Unterwegshalte: Wien Meidling 3'	

Mögliche Maßnahmen zur Fahrzeitverkürzung

Keine

Gewählte Soll-Fahrzeit und erforderliche Maßnahmen

Die ideale Soll-Fahrzeit von 26,5' kann auch mit zusätzlichen Maßnahmen nicht erreicht werden. Aus diesem Grund ist eine Knotenasymmetrie in Wien Hbf erforderlich. Dazu müssen die Fahrzeiten von Wien Hbf nach Břeclav, Bratislava und Győr zusätzlich verkürzt werden. Die Fahrzeit von Wien Hbf nach Wr. Neustadt Hbf ist davon nicht betroffen, da die Umsteigerrelation St. Pölten – Wr. Neustadt ohnehin in Wien Meidling angeboten werden kann.

Da auch die ideale Soll-Fahrzeit Wr. Neustadt Hbf – Wien Hbf nicht erreicht wird, ist die frühestmögliche Abfahrt von Wien Hbf Richtung Norden und Osten zusätzlich vorbestimmt ist. Eine zusätzliche Fahrzeitverkürzung nur auf einer der beiden Zulaufstrecken (von Wr. Neustadt bzw. von St. Pölten) ist daher nicht sinnvoll.

6. Maßnahmen für einen ITF in Zentraleuropa

Gewählte Soll-Fahrzeit gem. Netzgrafik	30,0'
Fahrzeit Referenzfall	28,4' (in Fahrtrichtung St. Pölten)
Erforderliche Fahrzeitverkürzung gem. Netzgrafik	keine
Unbedingt erforderliche Maßnahmen	
Keine	
Empfohlene Maßnahmen zur weiteren Erhöhung der Fahrplanstabilität	
Keine	

6.2.2.2. St. Pölten – Amstetten

Ausgangslage

Ideale Soll-Fahrzeit inkl. Unterwegshalte	28,0'
Fahrzeit Referenzfall	22,5' (in Fahrtrichtung Amstetten)
Erforderliche Fahrzeitverkürzung	keine
Infrastruktur im Referenzfall: Viergleisiger Ausbau Ybbs – Amstetten, Vmax 200 km/h Linienerverbesserung St. Pölten Eisbergbogen ansonsten Bestandsinfrastruktur 2009 Unterwegshalte: Keine	

Mögliche Maßnahmen zur Fahrzeitverkürzung

Eine Anhebung der Höchstgeschwindigkeit auf 230 km/h auch für den Grundtakt würde eine Fahrzeitverkürzung von ca. 2,1' ermöglichen.

Gewählte Soll-Fahrzeit und erforderliche Maßnahmen

Gewählte Soll-Fahrzeit gem. Netzgrafik	27,0'
Fahrzeit Referenzfall	22,5' (in Fahrtrichtung Amstetten)
Erforderliche Fahrzeitverkürzung gem. Netzgrafik	keine
Unbedingt erforderliche Maßnahmen	
Keine	
Optionale Maßnahmen zur weiteren Erhöhung der Fahrplanstabilität	
Anhebung der Höchstgeschwindigkeit von 200 auf 230 km/h	2,1' *
* für das schnellere Zugsystem jedoch ohnehin erforderlich	

6.2.2.3. Amstetten – Linz

Ausgangslage

Ideale Soll-Fahrzeit inkl. Unterwegshalte	27,5'
Fahrzeit Referenzfall	28,9' (in Fahrtrichtung Amstetten)
Erforderliche Fahrzeitverkürzung	1,4'
Infrastruktur im Referenzfall: Viergleisiger Ausbau Asten – Linz Kleinmünchen Ansonsten Bestandsinfrastruktur 2009 Unterwegshalte: St. Valentin 2'	

Mögliche Maßnahmen zur Fahrzeitverkürzung

Eine Anhebung der Höchstgeschwindigkeit auf 230 km/h würde eine Fahrzeitverkürzung von ca. 1,1' ermöglichen.

6. Maßnahmen für einen ITF in Zentraleuropa

Eine weitere Fahrzeitverkürzung von 0,6 Minuten wäre möglich, wenn im Zuge des viergleisigen Ausbaues Linz Hbf – Linz Kleinmünchen die Geschwindigkeit bis/ab ca. km 185 (Beginn des Bogens zwischen Linz Vbf und Linz Hbf) auf 160 km/h angehoben werden könnte.

Gewählte Soll-Fahrzeit und erforderliche Maßnahmen

Gewählte Soll-Fahrzeit gem. Netzgrafik	28,0'
Fahrzeit Referenzfall	28,9' (in Fahrtrichtung Amstetten)
Erforderliche Fahrzeitverkürzung gem. Netzgrafik	0,9'
Unbedingt erforderliche Maßnahmen	
Anhebung der Höchstgeschwindigkeit von 200 auf 230 km/h	1,1'
Empfohlene Maßnahmen zur weiteren Erhöhung der Fahrplanstabilität	
160 km/h im Bereich Linz Kleinmünchen – Linz Hbf bis km 185	0,6'
SUMME alle Maßnahmen	1,7'

Im Bereich Linz Kleinmünchen – Linz Hbf sollte im Zuge des viergleisigen Ausbaues eine weitgehende Anhebung der Höchstgeschwindigkeit auf 160 km/h im Rahmen der trassierungstechnischen Möglichkeiten (also maximal bis zum Beginn des Linksbogens zwischen Linz Verschiebebahnhof und Linz Hbf) ebenfalls im Sinne zusätzlicher Fahrzeitreserven weiterverfolgt werden.

6.2.2.4. St. Pölten – Linz (schnelleres Zugsystem)

Ausgangslage

Ideale Soll-Fahrzeit inkl. Unterwegshalte	42,0'
Fahrzeit Referenzfall	45,7' (in Fahrtrichtung Linz)
Erforderliche Fahrzeitverkürzung	3,7'
Infrastruktur im Referenzfall: Linienverbesserung St. Pölten Westeinfahrt Viergleisiger Ausbau Ybbs – Amstetten, Vmax 200 km/h Viergleisiger Ausbau Asten – Linz Kleinmünchen Ansonsten Bestandsinfrastruktur 2009 Unterwegshalte: Keine	

Mögliche Maßnahmen zur Fahrzeitverkürzung

Die Trassierung der Strecke lässt mit Ausnahme des Bahnhofsbereichs von Amstetten eine Höchstgeschwindigkeit von 250 km/h zu. Um diese Geschwindigkeit fahrplanmäßig ausfahren zu können, wären einzelne Anpassungen an Weichen, der Oberleitung etc. notwendig.

Die Erhöhung der Geschwindigkeit auf 230 km/h (dies ist die maximale Geschwindigkeit des Modellzuges) bewirkt eine Fahrzeitverkürzung von ca. 3,7'.

Eine weitere Fahrzeitverkürzung von 0,6 Minuten wäre möglich, wenn im Zuge des viergleisigen Ausbaues Linz Hbf – Linz Kleinmünchen die Geschwindigkeit bis/ab ca. km 185 (Beginn des Bogens zwischen Linz Vbf und Linz Hbf) auf 160 km/h angehoben werden könnte.

6. Maßnahmen für einen ITF in Zentraleuropa

Gewählte Soll-Fahrzeit und erforderliche Maßnahmen

Gewählte Soll-Fahrzeit gem. Netzgrafik	42,0'
Fahrzeit Referenzfall	45,7' (in Fahrtrichtung Linz)
Erforderliche Fahrzeitverkürzung gem. Netzgrafik	3,7'
Unbedingt erforderliche Maßnahmen	
Anhebung der Höchstgeschwindigkeit von 200 auf 230 km/h	3,7'
Empfohlene Maßnahmen zur weiteren Erhöhung der Fahrplanstabilität	
160 km/h im Bereich Linz Kleinmünchen – Linz Hbf bis ca. km 185	0,6'
SUMME alle Maßnahmen	4,3'

6.2.2.5. Linz – Attnang-Puchheim

Ausgangslage

Ideale Soll-Fahrzeit inkl. Unterwegshalte	27,5'
Fahrzeit Referenzfall	24,9' (in Fahrtrichtung Attnang-Puchheim)
Erforderliche Fahrzeitverkürzung	keine
Infrastruktur im Referenzfall: Linienerverbesserung Lambach – Breitenschützing (200 km/h) ansonsten Bestandsinfrastruktur 2009 Unterwegshalte: Wels 2'	

Mögliche Maßnahmen zur Fahrzeitverkürzung

Eine Anhebung der Höchstgeschwindigkeit auf 230 km/h würde eine Fahrzeitverkürzung von ca. 0,8' ermöglichen.

Gewählte Soll-Fahrzeit und erforderliche Maßnahmen

Gewählte Soll-Fahrzeit gem. Netzgrafik	26,0'
Fahrzeit Referenzfall	24,9' (in Fahrtrichtung Attnang-Puchheim)
Erforderliche Fahrzeitverkürzung gem. Netzgrafik	keine
Unbedingt erforderliche Maßnahmen	
Keine	
Empfohlene Maßnahmen zur weiteren Erhöhung der Fahrplanstabilität	
Anhebung der Höchstgeschwindigkeit von 200 auf 230 km/h	0,8' *
* für das schnellere Zugsystem jedoch ohnehin erforderlich	

6.2.2.6. Attnang-Puchheim – Salzburg

Ausgangslage

Ideale Soll-Fahrzeit inkl. Unterwegshalte	24,5'
Fahrzeit Referenzfall	45,8' (in Fahrtrichtung Salzburg)
Erforderliche Fahrzeitverkürzung	21,3'
Infrastruktur im Referenzfall: Bestandsinfrastruktur 2009 Unterwegshalte: Vöcklabruck 2'	

Mögliche Maßnahmen zur Fahrzeitverkürzung

Das Kantenfahrzeitziel von 30' erfordert in diesem Abschnitt umfangreiche Maßnahmen, die jedenfalls nur modulweise und langfristig umgesetzt werden können. Nachstehend sind die einzelnen Maßnahmen angeführt:

6. Maßnahmen für einen ITF in Zentraleuropa

- Für einen viergleisigen Ausbau (d.h. eine zweigleisige Neubaustrecke zusätzlich zur Bestandsstrecke) vom Raum Neumarkt-Köstendorf zur Schaffung zusätzlicher Kapazitäten gibt es bereits mehr oder weniger konkrete Überlegungen. Mit einer Streckenverkürzung um ca. 1,8 km, einer Höchstgeschwindigkeit von 200 km/h bis Salzburg Maria Plain und einer Anhebung der Geschwindigkeit von dort bis in den Bahnsteigbereich von Salzburg Hbf auf durchgehend 100 km/h wäre eine Fahrzeitverkürzung von 6,5' möglich.
- Ein ebenfalls geplanter Bahnhofsumbau in Attnang-Puchheim mit einer Anhebung der Geschwindigkeit auf durchgehend 120 km/h (statt 70 bzw. 100 km/h) zwischen Attnang-Puchheim und Vöcklabruck verkürzt die Fahrzeit um 0,3'.
- An einer durchgehenden Neubaustrecke für 230 km/h von ca. km 245 (zwischen Attnang-Puchheim und Vöcklabruck) und dem Beginn des Neubauabschnittes Neumarkt-Köstendorf – Salzburg führt langfristig kein Weg vorbei, wenn das Kantenfahrzeitziel von 30' erreicht werden soll. Die Fahrzeitverkürzung dadurch würde 15,9' betragen, wobei dabei ein Entfall des Haltes in Vöcklabruck sowie eine Streckenverkürzung um ca. 5 km eingerechnet ist.

In Summe beträgt die Fahrzeitverkürzung durch diese Maßnahmen 22,7'.

Gewählte Soll-Fahrzeit und erforderliche Maßnahmen

Gewählte Soll-Fahrzeit gem. Netzgrafik	25,0'
Fahrzeit Referenzfall	45,8' (in Fahrtrichtung Salzburg)
Erforderliche Fahrzeitverkürzung gem. Netzgrafik	20,8'
Unbedingt erforderliche Maßnahmen	
NBS Neumarkt-Köstendorf - Salzburg 200 km/h	6,5'
NBS Attnang-P. – Neumarkt-Köstendorf 230 km/h	15,9' (mit Haltentfall Vöcklabruck)
SUMME	22,4'
Empfohlene Maßnahmen zur weiteren Erhöhung der Fahrplanstabilität	
Bahnhofsumbau Attnang-Puchheim mit 120 km/h	0,3' *
SUMME alle Maßnahmen	22,7'
* für das schnellere Zugsystem jedoch ohnehin erforderlich	

6. Maßnahmen für einen ITF in Zentraleuropa

6.2.2.7. Linz – Salzburg (schnelleres Zugsystem)

Ausgangslage

Ideale Soll-Fahrzeit inkl. Unterwegshalte	42,0'
Fahrzeit Referenzfall	63,3' (in Fahrtrichtung Salzburg)
Erforderliche Fahrzeitverkürzung	21,3'
Infrastruktur im Referenzfall: Linienverbesserung Lambach – Breitenschützing (200 km/h) ansonsten Bestandsinfrastruktur 2009 Unterwegshalte: Keine	

Mögliche Maßnahmen zur Fahrzeitverkürzung

Auch für das schnellere Zugsystem sind umfangreiche Maßnahmen erforderlich.

- Im Zuge eines Bahnhofsumbaues in Wels soll die Durchfahrtsgeschwindigkeit auf durchgehend 160 km/h (derzeit tlw. nur 130 bzw. 140 km/h) angehoben werden, wodurch sich die Fahrzeit um ca. 0,2' verkürzt.
- Die Anhebung der Höchstgeschwindigkeit auf 230 km/h zwischen Linz und Attnang-Puchheim verkürzt die Fahrzeit um ca. 0,9'.
- Die bereits für den Grundtakt zwischen Attnang-Puchheim und Salzburg angenommenen Maßnahmen verkürzen die Fahrzeit für das schnelle Zugsystem wie folgt:

NBS Neumarkt-Köstendorf – Salzburg (200 km/h):	6,5'
Bahnhofsumbau Attnang-Puchheim (120 km/h):	0,9'
NBS Attnang-P. – Neumarkt-Köstendorf (230 km/h):	12,8'
SUMME	20,2'

Da das schnellere Zugsystem in Attnang-Puchheim nicht hält, ist der Fahrzeitnutzen durch die Geschwindigkeitsanhebung von 70 auf 120 km/h in diesem Bereich höher als für den Grundtakt. Andererseits ist der Fahrzeitnutzen durch eine Neubaustrecke Attnang-Puchheim – Salzburg geringer, da hier beim Grundtakt auch ein Entfall des Haltes in Vöcklabruck eingerechnet wurde.

Die Summe aller aufgelisteten Maßnahmen verkürzt die Fahrzeit um 21,3'.

6. Maßnahmen für einen ITF in Zentraleuropa

Gewählte Soll-Fahrzeit und erforderliche Maßnahmen

Gewählte Soll-Fahrzeit gem. Netzgrafik	42,0'
Fahrzeit Referenzfall	63,3' (in Fahrtrichtung Salzburg)
Erforderliche Fahrzeitverkürzung gem. Netzgrafik	21,3'
Unbedingt erforderliche Maßnahmen	
Bahnhofsumbau Wels (durchgehend 160 km/h)	0,2'
Anhebung der Höchstgeschwindigkeit von 200 auf 230 km/h (Linz – Attnang-P.)	0,9'
NBS Neumarkt-Köstendorf - Salzburg 200 km/h	6,5'
Bahnhofsumbau Attnang-Puchheim mit 120 km/h	0,9'
NBS Attnang-P. – Neumarkt-Köstendorf 230 km/h	12,8'
SUMME	21,3'

6.2.2.8. Linz – Passau

Ausgangslage

Ideale Soll-Fahrzeit inkl. Unterwegshalte	54,5'
Fahrzeit Referenzfall	57,2' (in Fahrtrichtung Passau)
Erforderliche Fahrzeitverkürzung	2,7'
Infrastruktur im Referenzfall: Ausbau Taufkirchen – Schärding (120 statt 110 km/h von km 59,63 bis km 61,94) Ausbau Wernstein – Staatsgrenze (durchgehend 110 km/h) Ansonsten Bestandsinfrastruktur 2009 Unterwegshalte: Wels 2'	

Mögliche Maßnahmen zur Fahrzeitverkürzung

Die Trassierung im Abschnitt zwischen der Staatsgrenze und dem Bahnhof Passau ließe auch eine höhere Geschwindigkeit als die derzeitigen 40 km/h zu. Mit einer Anhebung auf zumindest 60 km/h bis km 80,6 kann die Fahrzeit um 0,5' verkürzt werden.

Der Großteil (ca. 2,4') der erforderlichen Fahrzeitverkürzung auf dieser Strecke kann durch erhöhte Seitenbeschleunigung (1,0 m/s²) zwischen Wels und Passau ermöglicht werden.

Der Ausbau der Strecke Linz – Wels mit einer Anhebung der Höchstgeschwindigkeit auf 230 km/h bewirkt eine weitere minimale Fahrzeitverkürzung von 0,3'.

Gewählte Soll-Fahrzeit und erforderliche Maßnahmen

Gewählte Soll-Fahrzeit gem. Netzgrafik	54,0'
Fahrzeit Referenzfall	57,2' (in Fahrtrichtung Passau)
Erforderliche Fahrzeitverkürzung gem. Netzgrafik	3,2'
Unbedingt erforderliche Maßnahmen	
Einfahrt Passau 60 km/h	0,5'
Erhöhte Seitenbeschleunigung 1,0m/s ² Wels – Passau	2,4'
Anhebung der Höchstgeschwindigkeit von 200 auf 230 km/h (Linz – Wels)	0,3'
SUMME	3,2'

6. Maßnahmen für einen ITF in Zentraleuropa

6.2.2.9. Salzburg – Wörgl

Ausgangslage

Ideale Soll-Fahrzeit inkl. Unterwegshalte	54,5'
Fahrzeit Referenzfall	79,7' (in Fahrtrichtung Wörgl)
Erforderliche Fahrzeitverkürzung	25,2'
Infrastruktur im Referenzfall: Bestandsinfrastruktur 2009 Unterwegshalte: Kufstein 1'	

Mögliche Maßnahmen zur Fahrzeitverkürzung

Wie auch für die anderen Kanten im Zulauf auf den Knoten Salzburg gilt auch hier, dass das Kantenfahrzeitziel nur mit sehr umfangreichen, langfristigen Maßnahmen zu erreichen ist und eine Etappierung daher unumgänglich ist.

Durch kleinere Maßnahmen (Entfall Halt Kufstein, Anhebung der Geschwindigkeit am Westkopf des Bahnhofs Salzburg von 40 auf 100 km/h, erhöhte Seitenbeschleunigung) ist in Summe eine Fahrzeitverkürzung von 5,3' möglich.

Für den Abschnitt Rosenheim – Wörgl existieren langfristige Überlegungen für einen viergleisigen Ausbau, wobei dabei zusätzlich zur zweigleisigen Bestandsstrecke an eine Fortsetzung der zweigleisigen Neubaustrecke im Unterinntal von der Verknüpfung Kundl/Radfeld nach Norden in den Raum Rosenheim gedacht ist. Zusätzliche Kapazitäten für den Güterverkehr im Zusammenhang mit einem Brennerbasistunnel stehen dabei im Vordergrund. Mit einer Verknüpfung im Bereich Schaftebau könnte diese Neubaustrecke im Abschnitt Rosenheim – Schaftebau auch von Zügen der Kante Salzburg – Wörgl genutzt werden. Bei einer Ausbaugeschwindigkeit von 200 km/h verkürzt sich die Fahrzeit um 6,7'.

Eine weitere wesentliche Fahrzeitverkürzung ist durch eine Neubaustrecke möglich, die in Bernau von der Bestandsstrecke abzweigt und dann entlang der Autobahn bis südlich von Rosenheim (dort Einbindung in die Strecke Rosenheim – Kufstein) geführt wird. Mit einer Streckenverkürzung um 12 km und einer Ausbaugeschwindigkeit von 230 km/h ergibt sich eine Fahrzeitverkürzung von knapp 13'.

6. Maßnahmen für einen ITF in Zentraleuropa

Gewählte Soll-Fahrzeit und erforderliche Maßnahmen

Gewählte Soll-Fahrzeit gem. Netzgrafik	56,0'
Fahrzeit Referenzfall	79,7' (in Fahrtrichtung Wörgl)
Erforderliche Fahrzeitverkürzung gem. Netzgrafik	23,7'
Unbedingt erforderliche Maßnahmen	
Haltefall Kufstein	1,7'
Ausfahrgeschwindigkeit Salzburg Hbf 100 statt 40 km/h	1,1'
Erhöhte Seitenbeschleunigung 1,0 m/s ²	2,5'
Aus-/Neubaustrecke Rosenheim Süd – Verknüpfung Schafteuau 200 km/h	6,1' (mit Halt Kufstein bestenfalls teilweise nutzbar)
Autobahnnahe Neubaustrecke Bernau am Chiemsee – südlich von Rosenheim 230 km/h	12,6'
SUMME	25,0'

Für die Kante Salzburg – München sind auch im Abschnitt Salzburg – Rosenheim noch zusätzliche Maßnahmen im Gesamtausmaß von 9,7' erforderlich. Eine weitere Fahrzeitverkürzung zwischen Salzburg und Wörgl ist jedoch nicht sinnvoll, daher kann bei Umsetzung dieser Maßnahmen ein Halt in Kufstein wieder ermöglicht werden.

Die Fahrzeitverlängerung dadurch beträgt bis zu 8' (6,2' + 1,7'), da die Neubaustrecke Schafteuau – Rosenheim den Bahnhof Kufstein nicht berühren würde und somit bei einem Halt in Kufstein diese Neubaustrecke nicht oder allenfalls nur teilweise (bis zu einer eventuellen Verknüpfung zwischen Kufstein und Rosenheim) benutzt werden könnte. Die Fahrzeitverlängerung kann aber dennoch durch die zusätzlichen Maßnahmen zwischen Salzburg und Rosenheim kompensiert werden.

6.2.2.10. Salzburg – München

Ausgangslage

Ideale Soll-Fahrzeit inkl. Unterwegshalte	55,5'
Fahrzeit Referenzfall	87,0' (in Fahrtrichtung München)
Erforderliche Fahrzeitverkürzung	31,5'
Infrastruktur im Referenzfall: Bestandsinfrastruktur 2009 Unterwegshalte: Keine	

Mögliche Maßnahmen zur Fahrzeitverkürzung

Zusätzlich zu den Maßnahmen für die Kante Salzburg – Wörgl, die bis Rosenheim auch der Kante Salzburg – München zu Gute kommen, sind weitere Fahrzeitverkürzungen erforderlich.

Mit einem weiteren Ausbau für 230 km/h vom südlich von Rosenheim gelegenen Verknüpfungspunkt der Neubaustrecke von Bernau am Chiemsee mit der Strecke Rosenheim – Kufstein bis München Ostbf verkürzt sich die Fahrzeit Salzburg – München um ca. 13'. Dazu sind jedenfalls eine westliche Umfahrung von Rosenheim sowie einige Linienverbesserungen (vor allem zwischen Rosenheim und Grafing) erforderlich.

Auch zwischen Salzburg und Rosenheim sind noch weitere Maßnahmen erforderlich. Darunter fällt eine südliche Umfahrung von Traunstein im Abschnitt Rückstetten –

6. Maßnahmen für einen ITF in Zentraleuropa

Bernhaupten. Mit einer Ausbaugeschwindigkeit von 200 km/h und einer Streckenverkürzung um 2 km kann dadurch die Fahrzeit um 6' verkürzt werden.

Mit einigen Neutrassierungen ist zwischen Freilassing und Rückstetten (einige Kilometer westlich von Teisendorf) sowie zwischen Bernhaupten und Bernau am Chiemsee eine Geschwindigkeitsanhebung auf 160 km/h und somit eine Fahrzeitverkürzung um 2,3' bzw. 1,2' möglich. Mit einer Ausbaugeschwindigkeit von 200 km/h wäre im Abschnitt Bernhaupten – Bernau eine zusätzliche Fahrzeitverkürzung um 1,5' möglich.

Gewählte Soll-Fahrzeit und erforderliche Maßnahmen

Gewählte Soll-Fahrzeit gem. Netzgrafik	55,0'
Fahrzeit Referenzfall	87,0' (in Fahrtrichtung München)
Erforderliche Fahrzeitverkürzung gem. Netzgrafik	32,0'
Unbedingt erforderliche Maßnahmen	
bereits infolge Kante Salzburg – Wörgl:	
Ausfahrgeschwindigkeit Salzburg Hbf 100 statt 40 km/h	1,1'
Erhöhte Seitenbeschleunigung 1,0 m/s ²	1,8' (Teilstrecke Salzburg – Rosenheim)
Neubaustrecke Bernau am Chiemsee – südlich von Rosenheim 230 km/h	7,3' (der Nutzen dieses Ausbaues ist für die Kante Salzburg – München wesentlich geringer, da sich für diese Kante die Streckenlänge nicht im selben Ausmaß wie für die Kante Salzburg – Wörgl verkürzt)
zusätzliche Maßnahmen:	
Linienverbesserung Freilassing – Teisendorf – Rückstetten 160 km/h (ca. 10 km)	2,3'
Linienverbesserung Bernhaupten – Bernau am Chiemsee 160 km/h (ca. 14 km)	1,4'
Neubau-/Ausbaustrecke Verknüpfung Rosenheim Süd – München Ost 230 km/h	13,2'
Neubaustrecke Rückstetten – Bernhaupten 200 km/h	6,0'
SUMME	33,1'
Optionale Maßnahmen zur weiteren Erhöhung der Fahrplanstabilität	
Linienverbesserung Bernhaupten – Bernau am Chiemsee für 200 statt 160 km/h (ca. 14 km)	1,5'

In der Netzgrafik ist für den schnellen Taktverkehr Salzburg – München nur ein Zweistundentakt vorgesehen. Darüber hinaus ist in Anlehnung an den Ist-Zustand eine zweite, langsamere Fernverkehrslinie mit einer Kantenfahrzeit von 90' eingezeichnet, die somit zusätzliche Halte bedienen kann.

6.2.2.11. Wörgl – München

Ausgangslage

Ideale Soll-Fahrzeit inkl. Unterwegshalte	50,0'
Fahrzeit Referenzfall	69,3' (in Fahrtrichtung Wörgl)
Erforderliche Fahrzeitverkürzung	19,3'
Infrastruktur im Referenzfall: Bestandsinfrastruktur 2009 Unterwegshalte: München Ost 1', Rosenheim 2', Kufstein 2'	

Mögliche Maßnahmen zur Fahrzeitverkürzung

Die Maßnahmen zur Erfüllung der Fahrzeitanforderungen auf den Kanten Salzburg – Wörgl und Salzburg – München bewirken auch auf der Kante Wörgl – München eine Fahrzeitverkürzung von 16'.

6. Maßnahmen für einen ITF in Zentraleuropa

Aufgrund des Haltes in Rosenheim können diese Züge die Neu-/Ausbaustrecke vom Knoten Rosenheim Süd nur teilweise nutzen. Für die Ermittlung der Fahrzeitverkürzung wurde davon ausgegangen, dass diese Züge von Rosenheim Richtung München noch ca. 8 km auf der bestehenden Strecke fahren.

Gewählte Soll-Fahrzeit und erforderliche Maßnahmen

Gewählte Soll-Fahrzeit gem. Netzgrafik	54,0'
Fahrzeit Referenzfall	69,3' (in Fahrtrichtung Wörgl)
Erforderliche Fahrzeitverkürzung gem. Netzgrafik	15,3'
Unbedingt erforderliche Maßnahmen	
Entfall Halt Kufstein	1,7'
Erhöhte Seitenbeschleunigung 1,0 m/s ²	0,7'
Aus-/Neubaustrecke Rosenheim Süd – Verknüpfung Schaftenau 200 km/h	6,1'
Neubau-/Ausbaustrecke Verknüpfung Rosenheim Süd – München Ost 230 km/h	7,5' (Nutzung infolge Halt Rosenheim ab ca. 8 km westlich von Rosenheim, im Bereich Rosenheim Fahrt über die Bestandsstrecke)
SUMME	16,0'

6.2.2.12. Wörgl – Innsbruck

Ausgangslage

Ideale Soll-Fahrzeit inkl. Unterwegshalte	27,5'
Fahrzeit Referenzfall	24,3' (in Fahrtrichtung Innsbruck)
Erforderliche Fahrzeitverkürzung	keine
Infrastruktur im Referenzfall: NBS Kundl/Radfeld – Baumkirchen 220 km/h (ohne Halt Jenbach) Ansonsten Bestandsinfrastruktur 2009 Unterwegshalte: Keine	

Mögliche Maßnahmen zur Fahrzeitverkürzung

Keine

Gewählte Soll-Fahrzeit und erforderliche Maßnahmen

Gewählte Soll-Fahrzeit gem. Netzgrafik	25,0'
Fahrzeit Referenzfall	24,3' (in Fahrtrichtung Innsbruck)
Erforderliche Fahrzeitverkürzung gem. Netzgrafik	keine
Unbedingt erforderliche Maßnahmen	
Keine	

Als mögliche Fahrzeit für den langsameren Zug mit Halt in Jenbach und Nutzung der Neubaustrecke von der Verknüpfung Stans bis Baumkirchen wurden ca. 30' errechnet.

6. Maßnahmen für einen ITF in Zentraleuropa

6.2.2.13. Innsbruck – Feldkirch

Ausgangslage

Ideale Soll-Fahrzeit inkl. Unterwegshalte	116,0'
Fahrzeit Referenzfall	118,9' (in Fahrtrichtung Feldkirch)
Erforderliche Fahrzeitverkürzung	2,9'
Infrastruktur im Referenzfall: Linienverbesserung Klosterbogen (100 km/h ab km 134,14), ansonsten Bestandsinfrastruktur 2009 Unterwegshalte: Ötztal 1', Imst-Pitztal 1', Landeck 2', St. Anton 2', Langen 1', Bludenz 2'	

Mögliche Maßnahmen zur Fahrzeitverkürzung

Durch das Fahren mit erhöhter Seitenbeschleunigung ($1,0 \text{ m/s}^2$) kann die Fahrzeit um ca. 4,9' verkürzt werden.

Gewählte Soll-Fahrzeit und erforderliche Maßnahmen

Gewählte Soll-Fahrzeit gem. Netzgrafik	115,0'
Fahrzeit Referenzfall	118,9' (in Fahrtrichtung Feldkirch)
Erforderliche Fahrzeitverkürzung gem. Netzgrafik	3,9'
Unbedingt erforderliche Maßnahmen zur Sicherstellung der Soll-Fahrzeit	
Erhöhte Seitenbeschleunigung $1,0 \text{ m/s}^2$	4,9'

Zusätzliche Maßnahmen aufgrund des Kreuzungsgefüges

Aufgrund der teilweise eingleisigen Strecke zwischen Ötztal und Bludenz sind zusätzliche Maßnahmen erforderlich, um das Kreuzungsgefüge zu ermöglichen.

Der Grundtakt auf dieser Strecke ist nur ein Zweistudentakt, daher erfolgen die Systemkreuzungen in einem Abstand von 60 Minuten, allerdings verschieben sich die Systemkreuzungen je nach Variante um 30 Minuten.

Bei der Fahrplanvariante A sind Innsbruck und Feldkirch Taktknoten zur vollen Stunde, bei der Fahrplanvariante B hingegen zur halben Stunde.

Je nach Variante kommen die Systemkreuzungspunkte wie folgt zu liegen (in Klammer sind die theoretischen Durchfahrtszeiten unter Berücksichtigung der tatsächlichen Fahrplanzeiten inkl. Reserve in Fahrtrichtung Feldkirch bzw. in Fahrtrichtung Innsbruck angeführt):

Für Fahrplanvariante A:

- zwischen Flirsch (durch ..59,5'/.60,6') und Abzw. Flirsch 1 (durch ..62,1'/.58,2')

Für Fahrplanvariante B:

- zwischen Roppen (durch ..57,3'/.02,7') und Imst-Pitztal (durch ..01,0'/.59,0')
- zwischen Dalaas (durch ..58,6'/.01,8') und Hintergasse (durch ..02,4'/.57,7')

Damit die Systemkreuzungen in beiden Varianten möglich sind, sind weitere Fahrzeitverkürzungen und/oder kurze zweigleisige Abschnitte vor und nach den Systemkreuzungspunkten erforderlich.

6. Maßnahmen für einen ITF in Zentraleuropa

Mit folgenden Maßnahmen kann das Kreuzungsgefüge für beide Varianten ermöglicht werden:

- Entfall des Haltes in Ötztal

Der Fernverkehrshalt im Bahnhof Ötztal hat nur für den Zubringerverkehr in die Tourismusregion Ötztal eine Bedeutung, während die direkt erschlossene Siedlung Ötztal Bahnhof mit etwas mehr als 1000 Einwohnern keinen Fernverkehrshalt rechtfertigt. Diese Zubringerfunktion kann auch über den Halt in Imst-Pitztal realisiert werden, der über die Inntalautobahn aus dem Ötztal ebenfalls sehr gut erreichbar ist. Gegenüber dem Bahnhof Ötztal ist die PKW-Fahrzeit vom Bahnhof Imst-Pitztal in Orte des Ötztal um ca. 8 Minuten länger.

Die Fahrzeit Innsbruck – Feldkirch verkürzt sich durch den Entfall des Haltes Ötztal um ca. 2,1'.

- Zweigleisiger Ausbau Roppen – Imsterberg

Dieser Ausbau wäre als erste Etappe einer durchgehenden Zweigleisigkeit Ötztal – Abzw. Schönwies zu realisieren. Bei einer Ausbaugeschwindigkeit von 120 km/h (130 km/h mit erhöhter Seitenbeschleunigung) beträgt die Fahrzeitverkürzung 1,1'.

- Geschwindigkeitsanhebung Osteinfahrt Landeck

Der Geschwindigkeitsbruch in km 70,7 kann ohne Änderung an der Trassierung in den Bahnhof Landeck (km 71,8) verlegt werden, sodass sich eine geringe Fahrzeitverkürzung von 0,1' ergibt.

Durch die Zweigleisigkeit Roppen – Imsterberg kann die von Innsbruck aus gesehen erste Systemkreuzung in diesem zweigleisigen Abschnitt erfolgen.

Die Fahrzeitverkürzung infolge der genannten Maßnahmen wiederum ermöglicht, dass die anderen Systemkreuzungen in vorhandenen Bahnhöfen abgewickelt werden können.

Insgesamt stellt sich das Kreuzungsgefüge mit den vorgeschlagenen Maßnahmen wie folgt dar:

Kreuzungsgefüge bei Fahrplanvariante A			
Zug I – Fk		Pufferzeit	Zug Fk - I
ab ..01,0	Innsbruck Hbf		an ..54,3 (59,0)
2. Systemkreuzung			
an ..57,7	Flirsch	0,4' (+ 4,7')	durch ..58,1
ab ..59,7	Flirsch	1,6' (+ 1,4')	durch ..58,1
an ..54,6 (56,0)	Feldkirch		ab ..04,0

6. Maßnahmen für einen ITF in Zentraleuropa

Kreuzungsgefüge bei Fahrplanvariante B			
Zug I – Fk		Pufferzeit	Zug Fk - I
ab ..31,0	Innsbruck Hbf		an ..28,5 (29,0)
1. Systemkreuzung			
durch ..56,8	Roppen (Beginn des zweigleisigen Abschnittes)	6,2'	durch ..03,0
durch ..03,6	Imsterberg (Ende des zweigleisigen Abschnittes)	7,4'	durch ..56,2
3. Systemkreuzung			
durch ..59,2	Hintergasse	0,5' (+ 0,5')	ab ..59,7
durch ..59,2	Hintergasse	2,4' (+ 4,5')	an ..56,8
an ..21,5 (26,0)	Feldkirch		ab ..34,0

Die angegebenen Pufferzeiten stellen jene Zeitspanne von der Ankunft (bzw. Durchfahrt) des Zuges in der einen Richtung bis zur Abfahrt (bzw. Durchfahrt) des Zuges der Gegenrichtung dar (z. B. von ..57,7 bis ..58,1 in Flirsch bei Fahrplanvariante A). Der dargestellte Fahrplan hat aber auch bzgl. der Ankunftszeiten an den Knoten Innsbruck und Feldkirch noch zusätzliche Reserven (z. B. Ankunft Innsbruck schon um ..54,3 möglich statt wie erforderlich um ..59), die die Kreuzungssituation weiter entspannen.

Die üblichen 10% Fahrzeitreserve sind dabei bereits eingerechnet, diese dient daher im Verspätungsfall ebenfalls der Reduzierung von Folgeverspätungen.

Als zusätzliche optionale Maßnahmen sind zweigleisige Abschnitte in den Bereichen der erforderlichen Kreuzungshalte Flirsch und Hintergasse denkbar. Sofern ein weiterer zweigleisiger Ausbau der Arlbergstrecke aus Kapazitätsgründen erforderlich ist, sollten diese Abschnitte gegenüber anderen priorisiert werden. Ein zweigleisiger Ausbau allein aufgrund des Kreuzungsgefüges erscheint hingegen nicht angemessen, da das Kreuzungsgefüge auch ohne diese Ausbauten realisierbar ist.

Unbedingt erforderliche Maßnahmen aufgrund des Kreuzungsgefüges
Entfall Halt Ötztal (beide Fahrplanvarianten)
Zweigleisiger Ausbau Roppen – Imsterberg (beide Fahrplanvarianten)
Geschwindigkeitsanhebung Westeinfahrt Landeck (beide Fahrplanvarianten)
Optionale Maßnahmen zur zusätzlichen Optimierung
Zweigleisiger Ausbau von Flirsch westwärts (bei Fahrplanvariante A)
Zweigleisiger Ausbau von Hintergasse ostwärts (bei Fahrplanvariante B)

6.2.2.14. Feldkirch–Bregenz

Ausgangslage

Ideale Soll-Fahrzeit inkl. Unterwegshalte	23,0'
Fahrzeit Referenzfall	20,7' (in Fahrtrichtung Feldkirch)
Erforderliche Fahrzeitverkürzung	keine
Infrastruktur im Referenzfall: Bestandsinfrastruktur 2009 Unterwegshalte: Dornbirn 1'	

Mögliche Maßnahmen zur Fahrzeitverkürzung

Keine

6. Maßnahmen für einen ITF in Zentraleuropa

Gewählte Soll-Fahrzeit und erforderliche Maßnahmen

Gewählte Soll-Fahrzeit gem. Netzgrafik	24,0'
Fahrzeit Referenzfall	20,7' (in Fahrtrichtung Zürich)
Erforderliche Fahrzeitverkürzung gem. Netzgrafik	keine
Unbedingt erforderliche Maßnahmen	
Keine	
Optionale Maßnahmen zur weiteren Erhöhung der Fahrplanstabilität	
Keine	

6.2.2.15. Feldkirch–Zürich

Ausgangslage

Ideale Soll-Fahrzeit inkl. Unterwegshalte	77,5'
Fahrzeit Referenzfall	87,8' (in Fahrtrichtung Zürich)
Erforderliche Fahrzeitverkürzung	10,3'
Infrastruktur im Referenzfall: Bestandsinfrastruktur 2009 Unterwegshalte: Buchs 5', Sargans 2'	

Mögliche Maßnahmen zur Fahrzeitverkürzung

Aufgrund der Langfristigkeit der Fahrplankonzeption in der Schweiz wird eine Veränderung der Fahrplantrasse zwischen Buchs SG und Zürich HB als nicht realistisch angesehen. Für die Erforderliche Fahrzeitverkürzung gem. Netzgrafik steht daher nur der Abschnitt Feldkirch–Buchs zur Verfügung.

Es ist offensichtlich, dass eine Fahrzeitverkürzung von ca. 10' auf diesem kurzen Abschnitt (Fahrzeit im Referenzfall 14,8' inkl. Reserve) nicht durch Linienverbesserungen allein erreichbar ist. Ein nennenswertes Potential für Fahrzeitverkürzungen bietet nur der aufgrund des Fahrtrichtungswechsels lange Aufenthalt in Buchs. Eine Schleife Buchs zur Vermeidung dieses Aufenthaltes ist unumgänglich.

Eine durchgehend mit 90 km/h befahrbare Schleife Buchs, die westlich der bestehenden Rheinbrücke von der Bestandsstrecke Feldkirch–Buchs abzweigt und ca. einen Kilometer südlich des Bahnhof Buchs SG in die Bestandsstrecke Buchs–Sargans einbindet, verkürzt die Fahrzeit um ca. 6,9'.

Weitere Fahrzeitverkürzungen sind entlang der Strecke von Feldkirch bis zur Rheinbrücke erforderlich.

Durch eine Linienverbesserung von km 9,0 (östlich von Schaanwald) bis km 16,0 (Beginn des Bogens in Schaan) für 160 km/h verkürzt sich die Fahrzeit um ca. 1,5'.

Mit erhöhter Seitenbeschleunigung von 1,0 m/s² kann die Fahrzeit um 0,5' verkürzt werden. Weiters können dadurch die Trassierungsparameter für den genannten Ausbau auf 160 km/h weniger großzügig ausfallen (Mindestradius 977 m bei einer Überhöhung von 156 mm).

6. Maßnahmen für einen ITF in Zentraleuropa

Eine weitere minimale Fahrzeitverkürzung von 0,1' wird durch eine Geschwindigkeitsanhebung auf 110 km/h im geraden Abschnitt von km 16,5 bis zur Rheinbrücke ermöglicht.

Die signalisierte Ausfahrsgeschwindigkeit von Feldkirch Richtung Buchs beträgt nur 60 km/h, das VzG ließe hingegen theoretisch 90 km/h zu. Eine Anhebung der Ausfahrsgeschwindigkeit auf 90 km/h, wofür ggf. eine Adaption der Weichenstraßen erforderlich ist, verkürzt die Fahrzeit um 0,4'.

Durch eine Neutrassierung im Bereich Tosters–Schaanwald können bereits ab km 5,0 160 km/h gefahren werden. Der zusätzliche Fahrzeitgewinn dadurch beträgt 1,3', wobei eine Streckenverkürzung von 0,1 km eingerechnet ist.

Gewählte Soll-Fahrzeit und erforderliche Maßnahmen

Infolge der Maßnahmen auf der Kante Innsbruck–Feldkirch kann die Ankunftszeit von Innsbruck gegenüber der idealtypischen Annahme etwas früher gelegt werden (..56 statt ..57,5 bei Fahrplanvariante A, bei Fahrplanvariante B um eine halbe Stunde versetzt).

Die Abfahrt Richtung Zürich kann so bereits um ..01 statt ..02,5 (bzw. um ..31 bei Fahrplanvariante B) erfolgen.

Gewählte Soll-Fahrzeit gem. Netzgrafik	79,0'
Fahrzeit Referenzfall	87,8' (in Fahrtrichtung Zürich)
Erforderliche Fahrzeitverkürzung gem. Netzgrafik	8,8'
Unbedingt erforderliche Maßnahmen	
Schleife Buchs V=90 km/h	6,9'
Linienverbesserung km 9,0 bis km 16,0 160 km/h	1,5'
Erhöhte Seitenbeschleunigung 1,0 m/s ²	0,5'
Anhebung auf 110 km/h von km 16,5 bis zur Rheinbrücke	0,1'
SUMME	9,0'
Empfohlene Maßnahmen zur weiteren Erhöhung der Fahrplanstabilität	
Ausfahrt Feldkirch mit 90 km/h	0,4'
Optionale Maßnahmen zur weiteren Fahrzeitverkürzung	
Neutrassierung Tosters – Schaanwald, 160 km/h ab km 5,0	1,3'
SUMME alle Maßnahmen	10,7'

Ein allenfalls erforderlicher selektiv zweigleisiger Ausbau für eine Nahverkehrsverdichtung in Liechtenstein sollte dabei bereits eine Ausbaugeschwindigkeit von 160 km/h berücksichtigen, andernfalls ist das Kantenfahrzeitziel nicht erreichbar.

Zusätzliche Maßnahmen aufgrund des Kreuzungsgefüges

Bei Variante A erfolgt die Systemkreuzung im Bahnhof Feldkirch mit einer Pufferzeit von 2' zwischen dem ankommenden Zug aus Zürich und dem abfahrenden Zug nach Zürich.

Ein zweigleisiger Abschnitt von Feldkirch in Richtung Buchs wäre zwar im Verspätungsfall vorteilhaft (jenes Verspätungsausmaß, ab dem ein verspäteter Zug von

6. Maßnahmen für einen ITF in Zentraleuropa

Zürich auch Folgeverspätungen für den Gegenzug zur Folge hätte, wäre höher), ist aber aufgrund der dichten Bebauung nicht realistisch.

6.2.2.16. Wien Hbf – Wr. Neustadt Hbf

Ausgangslage

Ideale Soll-Fahrzeit inkl. Unterwegshalte	30,0' (26,0' + 4,0' Knotenasymmetrie Wien Hbf)
Fahrzeit Referenzfall	32,3' (in Fahrtrichtung Wr. Neustadt)
Erforderliche Fahrzeitverkürzung	2,3'
Infrastruktur im Referenzfall: Führung über Pottendorfer Linie, Ausbau Pottendorfer Linie für 200 km/h von Wien Blumental bis Wampersdorf. Ansonsten Bestandsinfrastruktur 2009 Unterwegshalte: Wien Meidling 3'	

Die Fahrzeit wäre zwar über die Südbahn trotz Ausbaues der Pottendorfer Linie zwischen Wien Meidling und Wampersdorf auf bis zu 200 km/h deutlich kürzer (ca. 28,0'). Aufgrund der vorhandenen Gleissituation im Bahnhof Wien Meidling, deren Konzeption immer von einer Führung der Südbahn-Schnellzüge über die Pottendorfer Linie ausging, wäre dann aber keine gleichzeitige Ausfahrt vom Hauptbahnhof in Richtung Westen und Süden möglich, wodurch betriebliche Restriktionen entstehen, die in der Fahrplangestaltung berücksichtigt werden müssen.

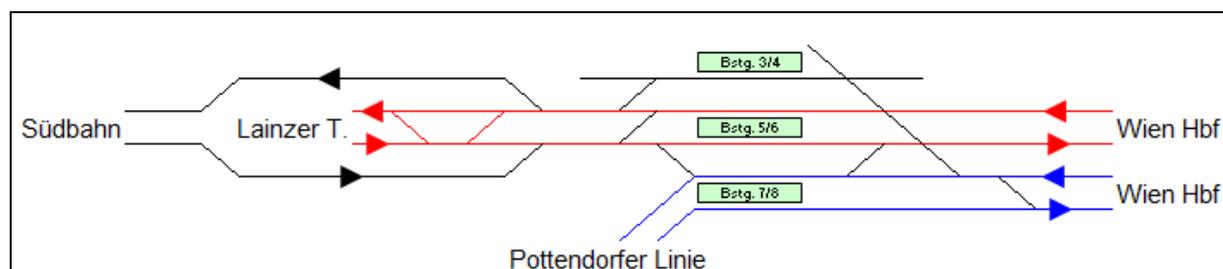


Abbildung 6-14: Gleissituation in Wien Meidling (stark vereinfachte Darstellung der Fernverkehrsgleise)

Es wird daher von einer Führung der Schnellzüge über die Pottendorfer Linie ausgegangen. Dies entspricht auch den Zielsetzungen, auf der Südbahn zusätzliche Kapazitäten für den Nahverkehr zu schaffen, und löst betriebliche Abhängigkeiten zwischen Westbahn- und Südbahnfernverkehr im Abschnitt Wien Meidling – Wien Hbf.

Mögliche Maßnahmen zur Fahrzeitverkürzung

Die Höchstgeschwindigkeit auf der bereits zweigleisig ausgebauten Strecke von Wampersdorf bis Wr. Neustadt beträgt derzeit 140 km/h. Eine Anhebung auf 160 km/h (bis zum Beginn des Einfahrbogens Wr. Neustadt in km 48,5) wäre ohne Änderung der Trassierung möglich, allenfalls sind die Überhöhungen einzelner Bögen anzupassen. Ansonsten sind unter Umständen Anpassungen der Oberleitungsbauart, der Oberbauform sowie von Vorsignalabständen etc. erforderlich. Die Fahrzeitverkürzung dadurch beträgt 1,0'.

Ein weiterer Ausbau auf 200 km/h erfordert hingegen minimale Linienverbesserungen (zumindest bei den Bögen im Bereich der A3-Querung, südlich von Ebenfurth und in km

6. Maßnahmen für einen ITF in Zentraleuropa

48,0) sowie weitere Anpassungen der Übergangsbögen und/oder Überhöhungen. Weiters wäre weitere Maßnahmen wie eine Niveaufreimachung sämtlicher Eisenbahnkreuzungen und die Vergrößerung des Gleisachsabstandes erforderlich. Die zusätzliche Fahrzeitverkürzung dadurch beträgt 1,1'.

Gewählte Soll-Fahrzeit und erforderliche Maßnahmen

Gewählte Soll-Fahrzeit gem. Netzgrafik	32,0'
Fahrzeit Referenzfall	32,3' (in Fahrtrichtung Wr. Neustadt)
Erforderliche Fahrzeitverkürzung gem. Netzgrafik	0,3'
Unbedingt erforderliche Maßnahmen	
Ausbau Wampersdorf – Wr. Neustadt 160 km/h	1,0'
Optionale Maßnahmen zur weiteren Fahrzeitverkürzung	
Ausbau Wampersdorf – Wr. Neustadt 200 km/h	1,1'
SUMME alle Maßnahmen	2,1'

Der Knoten Wien Hbf muss leicht von der Symmetriezeit abweichen, da die ideale Soll-Fahrzeit auch mit zusätzlichen Maßnahmen nicht erreichbar ist. Die zunächst angenommene Knotenasymmetrie von 4' ist nicht ausreichend und muss aufgrund der Fahrzeit Wr. Neustadt – Wien weiter angehoben werden.

Mit einem Ausbau auf 200 km/h zwischen Wampersdorf und Wr. Neustadt könnte der Knoten um eine weitere Minute in Richtung Symmetriezeit verschoben werden.

Statt einem derartigen Ausbau wird vorgeschlagen, diese eine Minute durch Maßnahmen auf den Kanten von Wien ostwärts (nach Bratislava, Břeclav und Győr) zu kompensieren. Dort sind ohnehin Maßnahmen erforderlich, allerdings bewirkt der zusätzliche Fahrzeitverkürzungsbedarf von einer Minute auf keiner dieser drei Kanten einen teuren Sprung bei der Ausbaugeschwindigkeit von 160 auf 200 km/h.

Variante über bestehende Südbahn

Solange der Ausbau der Pottendorfer Linie die geforderte Kantenfahrzeit nicht ermöglicht, müssen die Züge über die bestehende Südbahnstrecke geführt werden. Dadurch entstehen in Wien Meidling betriebliche Abhängigkeiten zum Fernverkehr der Westbahn.

Die Gleiskonfiguration in Wien Meidling sieht für Züge der Relation Hauptbahnhof – Lainzer Tunnel und Hauptbahnhof – Südbahn grundsätzlich die Benützung derselben Bahnsteige (je nach Richtung Bahnsteig 5 und 6) vor. Zwischen einem Richtung Wr. Neustadt und einem Richtung St. Pölten ausfahrenden Zug, die hintereinander denselben Bahnsteig benützen, müsste somit – bei einer Aufenthaltsdauer von 3' – eine Pufferzeit von mind. 5' eingeplant werden.

Bei einer sich aus den Zulaufstrecken von Norden und Osten ergebenden frühestmöglichen Abfahrtszeit vom Hauptbahnhof um ..57 (bzw. ..27) und einer spätestmöglichen Ankunft in Wr. Neustadt Hbf bzw. St. Pölten Hbf um ..29 (bzw. ..59) würde das bedeuten, dass von Wien Meidling entweder nach St. Pölten oder nach Wr. Neustadt eine Fahrzeit von 20' erreicht werden muss.

6. Maßnahmen für einen ITF in Zentraleuropa

		Variante 1		Variante 2	
Wien Hbf	ab	..57	..02	..57	..02
Wien Meidling	an	..01	..06	..01	..06
Wien Meidling	ab	..04	..09	..04	..09
St. Pölten Hbf	an		..29	..29	
Wr. Neustadt Hbf	an	..29			..29

Die errechnete Fahrzeit beträgt jedoch 20,8' nach Wr. Neustadt (bestehende Südbahn mit bis zu 160 km/h) bzw. 21,3' nach St. Pölten (Neubaustrecke mit bis zu 230 km/h).

Es wird daher vorgeschlagen, dass die Züge der Relation Wien – St. Pölten in Meidling in beiden Richtungen den Bahnsteig 7 benützen. Somit kann die Benützung desselben Bahnsteiges durch Westbahn- und Südbahn-Züge vermieden und die Pufferzeit auf 2' gekürzt werden. Dabei sind grundsätzlich zwei Varianten denkbar. Variante 1 basiert auf gegenüber der Ausgangsvariante (Pottendorfer Linie) unveränderten Fahrzeiten (vgl. Abb. Abbildung 6-15 und Abbildung 6-16).

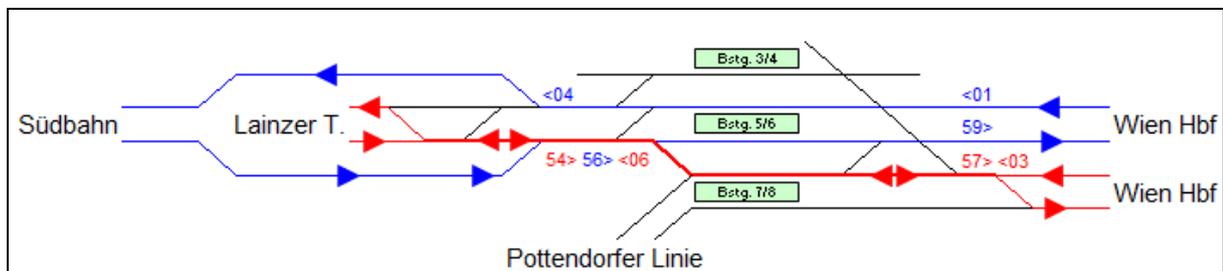


Abbildung 6-15: Betriebliche Abläufe in Wien Meidling ohne Ausbau der Pottendorfer Linie, Variante 1

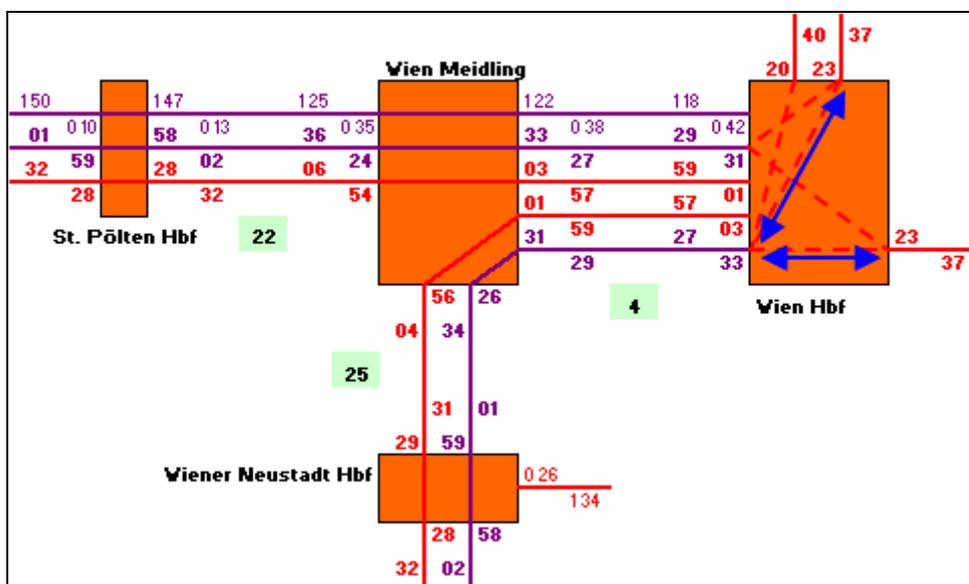


Abbildung 6-16: Netzgrafik Raum Wien, Variante 1

Variante 2 (Abbildung 6-17 und Abbildung 6-18) dreht die Reihenfolge der Züge um und erfordert nach Wr. Neustadt eine kürzere Fahrzeit sowie eine Fahrzeitverlängerung Richtung St. Pölten.

6. Maßnahmen für einen ITF in Zentraleuropa

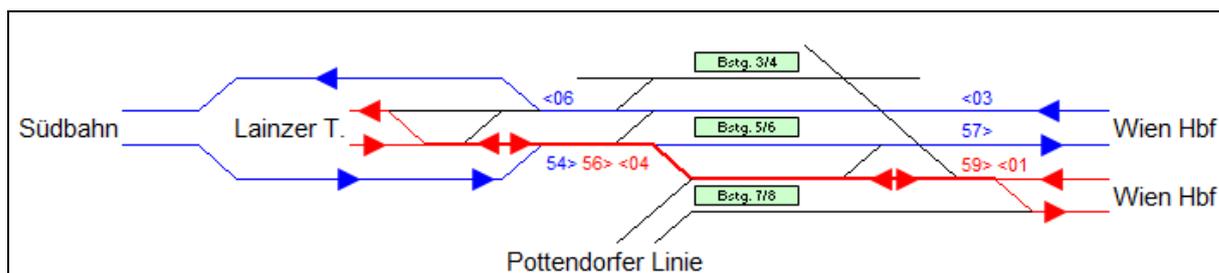


Abbildung 6-17: Betriebliche Abläufe in Wien Meidling ohne Ausbau der Pottendorfer Linie, Variante 2

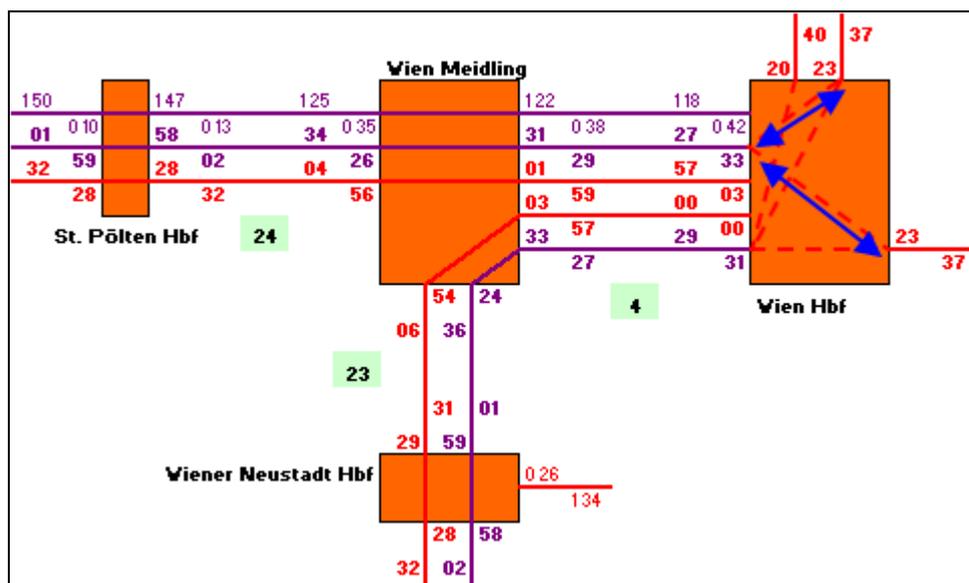


Abbildung 6-18: Netzgrafik Raum Wien, Variante 2

Die kürzere Fahrzeit nach Wr. Neustadt kann auf der Bestandsstrecke problemlos erreicht werden. Allerdings ist bei dieser Variante der zeitliche Abstand der beiden den selben Bahnsteig benutzenden Westbahn-Züge geringer (Ausfahrt Richtung Wien Hbf um ..59, Ankunft in der Gegenrichtung bereits 2' später). Weiters wird durch die kürzere Fahrzeit auf der dicht befahrenen Südbahn die Kapazität für den Nahverkehr stärker eingeschränkt.

An dieser Stelle wird daher der Variante 1 der Vorzug gegeben. Es sind aber auch noch weitere Varianten denkbar, evtl. auch mit Mitbenützung des für den S-Bahn-Verkehr vorgesehenen Bahnsteigs 4.

Faktum ist, dass ein Ausbau der Pottendorfer Linie aufgrund der Gleissituation im Bahnhof Meidling zwar nicht unbedingt erforderlich ist, jedoch – neben der Entlastung der Südbahnstrecke – auch im Bahnhof Wien Meidling aus betrieblicher Sicht Vorteile aufweist.

6. Maßnahmen für einen ITF in Zentraleuropa

6.2.2.17. Wr. Neustadt Hbf – Bruck/Mur

Ausgangslage

Ideale Soll-Fahrzeit inkl. Unterwegshalte	57,5'
Fahrzeit Referenzfall	51,0' (in Fahrtrichtung Bruck/Mur)
Erforderliche Fahrzeitverkürzung	keine
Infrastruktur im Referenzfall: Bestandsinfrastruktur 2009 + Semmeringbasistunnel mit Vmax 230 km/h Unterwegshalte: Mürrzuslag 1', Kapfenberg 1'	

Mögliche Maßnahmen zur Fahrzeitverkürzung

Die ideale Soll-Fahrzeit kann im Referenzfall für den Grundtakt-Zug bereits unterboten werden. Da aber für das schnellere Zugsystem zwischen Wr. Neustadt und Graz Fahrzeitverkürzungen erforderlich sind, werden trotzdem Maßnahmen zur Fahrzeitverkürzung vorgeschlagen.

Zum einen kann der Abschnitt Wr. Neustadt – Gloggnitz bei weitgehend unveränderter Trassierung für 160 km/h (statt 140/150 km/h) ertüchtigt werden. Die Fahrzeitverkürzung beträgt ca. 1,0'.

Zwischen Wr. Neustadt – Neunkirchen ließe die vorhandene Trassierung auch eine Höchstgeschwindigkeit von 200 km/h zu. Bei einem entsprechenden Ausbau würde sich die Fahrzeit nochmals um 0,5' verkürzen.

Der Abschnitt Mürrzuslag – Bruck a. d. Mur ist hingegen für erhöhte Seitenbeschleunigung prädestiniert. Dadurch könnte die Fahrzeit um weitere 1,3' verkürzt werden.

Gewählte Soll-Fahrzeit und erforderliche Maßnahmen

Gewählte Soll-Fahrzeit gem. Netzgrafik	53,0'
Fahrzeit Referenzfall	51,0' (in Fahrtrichtung Bruck/Mur)
Erforderliche Fahrzeitverkürzung gem. Netzgrafik	keine
Unbedingt erforderliche Maßnahmen	
Keine	
Empfohlene Maßnahmen zur weiteren Erhöhung der Fahrplanstabilität	
Ausbau Wr. Neustadt – Gloggnitz 160 km/h	1,0' *
Erhöhte Seitenbeschleunigung (1,0 m/s ²) Mürrzuslag – Bruck/Mur	1,3' *
SUMME	2,3'
Optionale Maßnahmen zur Fahrzeitverkürzung	
Ausbau Wr. Neustadt – Neunkirchen 200 km/h	0,5'
SUMME alle Maßnahmen	2,8'
* für den Grundtakt nur optional, für das schnellere Zugsystem jedoch erforderlich	

Die gewählte Soll-Fahrzeit liegt deutlich unter der idealen Soll-Fahrzeit. Dadurch kann in Bruck an der Mur eine Knotenasymmetrie zugelassen werden, wodurch die Fahrzeitanforderungen für den Abschnitt Bruck – Graz entspannt werden können.

Die fahrzeitverkürzenden Maßnahmen zwischen Wr. Neustadt und Bruck a. d. Mur sind für das schnellere Zugsystem ohnehin erforderlich und dienen dem Grundtakt daher als zusätzliche Fahrzeitreserve.

6. Maßnahmen für einen ITF in Zentraleuropa

6.2.2.18. Bruck/Mur – Graz Hbf

Ausgangslage

Ideale Soll-Fahrzeit inkl. Unterwegshalte	27,5'
Fahrzeit Referenzfall	34,1' (in Fahrtrichtung Bruck/Mur)
Erforderliche Fahrzeitverkürzung	6,6'
Infrastruktur im Referenzfall: Bestandsinfrastruktur 2009 Unterwegshalte: Keine	

Mögliche Maßnahmen zur Fahrzeitverkürzung

Für das Fahren mit erhöhter Seitenbeschleunigung von $1,0 \text{ m/s}^2$ wurde nach der vereinfachten Berechnungsmethode (Anhebung der Geschwindigkeit um 10%) ein Fahrzeitverkürzungspotential von ca. 2,2' ermittelt.

Eine Überprüfung des Bogenverzeichnisses zeigt weitere Möglichkeiten für Geschwindigkeitsanhebungen auf, die die Fahrzeit nochmals um 1,2' reduzieren.

Aufgrund der bestehenden Trassierung erscheinen weiters Neutrassierungen nördlich von Frohnleiten sowie zwischen Pernegg und Bruck an der Mur naheliegend. In diesem Bereich folgt die Bahn derzeit dem natürlichen Verlauf des Flusstales. Dies hat enge Radien und Umwege zur Folge.

Die "Linienverbesserung Peugen" würde mit einem ca. vier Kilometer langen Tunnel unter dem Gschwendtberg die Strecke um ca. 2,7 km verkürzen. Bei einer Ausbaugeschwindigkeit von 160 km/h wäre eine Fahrzeitverkürzung von 2,5' möglich.

Die insgesamt ca. sieben Kilometer lange "Linienverbesserung Zlatten" stellt eine weitgehend im Tunnel liegende gestreckte Neutrassierung zwischen Pernegg und Bruck an der Mur dar. Mit einer Streckenverkürzung von ca. 1,8 km und einer Ausbaugeschwindigkeit von 160 km/h verkürzt sich die Fahrzeit um ca. 2,3'.

Diese beiden Linienverbesserungen verkürzen aber nur die Fahrzeit, ermöglichen aber keine Vergrößerung der Streckenkapazität. Aufgrund des Nahverkehrs könnte langfristig ein Engpass vor allem im südlichen Abschnitt zwischen Graz und Frohnleiten entstehen.

Um hier zusätzliche Kapazitäten zu schaffen, könnte in einem weiten Bogen östlich von Gratkorn eine weitgehend im Tunnel geführte ca. 12 km lange Neubaustrecke von Deutschfeistritz (km 192) bis in den Norden von Graz (km 208) errichtet werden. Bei einer Ausbaugeschwindigkeit von 200 km/h wäre eine Fahrzeitverkürzung von ca. 4,5' möglich.

Der dadurch entstehende viergleisige Abschnitt würde einen attraktiven Nahverkehr auf der Bestandsstrecke und die Führung des Fern- und Güterverkehrs über die Neubaustrecke ermöglichen sowie weiters eine Verbesserung der Lärmsituation im Bereich Gratwein – Judendorf. Ob bzw. wie dabei eine durchgehende Viergleisigkeit von

6. Maßnahmen für einen ITF in Zentraleuropa

km 208 bis zum Grazer Hauptbahnhof möglich wäre, müsste aber gesondert untersucht werden.

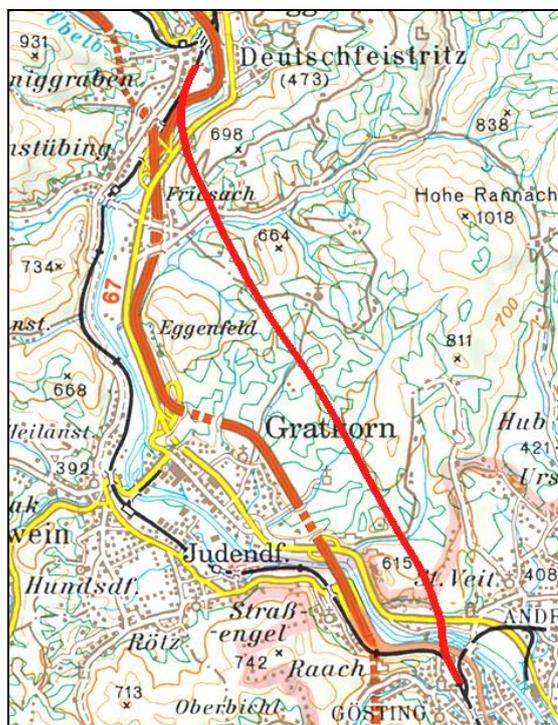


Abbildung 6-19: Trassierungsvorschlag für eine weitgehend unterirdische Neubaustrecke Deutschfeistritz – Graz (Karte: BEV Austrian Map)

Die Fahrzeitverkürzung ist mit den beiden Linienverbesserungen in Summe vergleichbar, allerdings würde eine derartige Neubaustrecke zusätzlich die Kapazität erweitern. Die gesamte Baulänge wäre mit zwölf statt elf Kilometern (Summe der beiden Linienverbesserungen) vergleichbar.

Gewählte Soll-Fahrzeit und erforderliche Maßnahmen

Gewählte Soll-Fahrzeit gem. Netzgrafik	32,0'
Fahrzeit Referenzfall	34,1' (in Fahrtrichtung Bruck/Mur)
Erforderliche Fahrzeitverkürzung gem. Netzgrafik	2,1'
Unbedingt erforderliche Maßnahmen	
Erhöhte Seitenbeschleunigung (1,0 m/s ²)	2,2'
Empfohlene Maßnahmen zur weiteren Erhöhung der Fahrplanstabilität	
VzG-Optimierung	1,2' *
Optionale Maßnahmen zur weiteren Fahrzeitverkürzung	
Neubaustrecke Deutschfeistritz – Graz 200 km/h	4,5'
Linienverbesserung Peugen 160 km/h	2,5'
Linienverbesserung Zlatten 160 km/h	2,3'
SUMME	9,3'
SUMME alle Maßnahmen	12,7'

* für den Grundtakt nur optional, für das schnellere Zugsystem jedoch erforderlich

Da im Zulauf auf den Knoten Bruck a. d. Mur sowohl von Wr. Neustadt als auch von Selzthal eine deutlich verkürzte Kantenfahrzeit erzielbar ist, kann in Bruck a. d. Mur eine leichte Knotenasymmetrie zugelassen werden.

6. Maßnahmen für einen ITF in Zentraleuropa

Dadurch kann das Fahrzeitziel für die Strecke Bruck a. d. Mur – Graz entspannt werden. Durch die verlängerte Taktknotendauer kommt es bei einzelnen Umsteigerelationen zu geringfügig längeren Wartezeiten.

Wenn künftig aus Kapazitätsgründen im südlichen Abschnitt ohnehin ein Ausbau erforderlich ist, sollte die Umsetzung der vorgeschlagenen Neubaustrecke Deutschfeistritz – Graz geprüft werden. Durch die zusätzliche Fahrzeitverkürzung von 4,5' kann dann die Knotenasymmetrie in Bruck a. d. Mur wieder entfallen.

6.2.2.19. Wr. Neustadt Hbf – Graz Hbf (schnelleres Zugsystem)

Ausgangslage

Ideale Soll-Fahrzeit inkl. Unterwegshalte	72,0'
Fahrzeit Referenzfall	80,9' (in Fahrtrichtung Graz)
Erforderliche Fahrzeitverkürzung	8,9'
Infrastruktur im Referenzfall: Bestandsinfrastruktur 2009 + Semmeringbasistunnel mit Vmax 230 km/h Unterwegshalte: Keine	

Mögliche Maßnahmen zur Fahrzeitverkürzung

Die Maßnahmen wurden bereits für den Grundtakt-Zug in den Kanten Wr. Neustadt – Bruck a. d. Mur und Bruck a. d. Mur – Graz definiert.

Gewählte Soll-Fahrzeit und erforderliche Maßnahmen

Da die Fahrzeitsituation zwischen Graz und Villach entspannter ist, kann für das schnellere Zugsystem die Fahrzeit Wr. Neustadt – Graz angehoben werden.

Gewählte Soll-Fahrzeit gem. Netzgrafik	76,0'
Fahrzeit Referenzfall	80,9' (in Fahrtrichtung Graz)
Erforderliche Fahrzeitverkürzung gem. Netzgrafik	4,9'
Unbedingt erforderliche Maßnahmen	
Ausbau Wr. Neustadt – Gloggnitz 160 km/h	1,0'
Erhöhte Seitenbeschleunigung 1,0 m/s ² Mürzzuschlag – Bruck/Mur	1,4'
Erhöhte Seitenbeschleunigung 1,0 m/s ² Bruck/Mur – Graz	2,2'
Vollständige Ausnutzung der Trassierung Bruck/Mur – Graz	1,2'
SUMME	5,8'
Optionale Maßnahmen zur weiteren Fahrzeitverkürzung	
Neubaustrecke Graz – Peggau 200 km/h	4,5'
Ausbau Wr. Neustadt – Neunkirchen 200 km/h	0,5'
Linienverbesserung Peugen 160 km/h	2,8'
Linienverbesserung Zlatten 160 km/h	2,3'
SUMME	10,1'
SUMME alle Maßnahmen	15,9'

6. Maßnahmen für einen ITF in Zentraleuropa

6.2.2.20. Graz – Klagenfurt

Ausgangslage

Ideale Soll-Fahrzeit inkl. Unterwegshalte	54,5'
Fahrzeit Referenzfall	53,0' (in Fahrtrichtung Klagenfurt)
Erforderliche Fahrzeitverkürzung	keine
Infrastruktur im Referenzfall: Neubaustrecke Koralmbahn ab Werndorf (Werndorf – Weitendorf 100 km/h, ab Weitendorf 230 km/h). Bis Werndorf Bestandsinfrastruktur 2009 Unterwegshalte: Weststeiermark 2', Lavanttal 2'	

Mögliche Maßnahmen zur Fahrzeitverkürzung

Bei einer Weiterführung der Koralmbahn bis Graz (Neutrassierung über Flughafen Graz-Thalerhof) würde der Geschwindigkeitseinbruch auf 100 km/h im Bereich der Verbindung Werndorf – Weitendorf entfallen. Die Fahrzeit verkürzt sich dadurch um 0,8'.

Gewählte Soll-Fahrzeit und erforderliche Maßnahmen

Gewählte Soll-Fahrzeit gem. Netzgrafik	54,0'
Fahrzeit Referenzfall	53,0' (in Fahrtrichtung Klagenfurt)
Erforderliche Fahrzeitverkürzung gem. Netzgrafik	keine
Optionale Maßnahmen zur weiteren Fahrzeitverkürzung	
Weiterführung der Koralmbahn Graz – Weitendorf	0,8'

6.2.2.21. Klagenfurt – Villach

Ausgangslage

Ideale Soll-Fahrzeit inkl. Unterwegshalte	24,5'
Fahrzeit Referenzfall	21,2' (in Fahrtrichtung Villach)
Erforderliche Fahrzeitverkürzung	keine
Infrastruktur im Referenzfall: Bestandsinfrastruktur 2009 Unterwegshalte: Keine	

Mögliche Maßnahmen zur Fahrzeitverkürzung

Mit erhöhter Seitenbeschleunigung zwischen Klagenfurt und Villach ist eine Fahrzeitverkürzung von ca. 1,3' möglich.

Gewählte Soll-Fahrzeit und erforderliche Maßnahmen

Gewählte Soll-Fahrzeit gem. Netzgrafik	21,0'
Fahrzeit Referenzfall	21,2' (in Fahrtrichtung Villach)
Erforderliche Fahrzeitverkürzung gem. Netzgrafik	0,2'
Unbedingt erforderliche Maßnahmen	
Erhöhte Seitenbeschleunigung 1,0 m/s ² Klagenfurt – Villach	1,3'

6. Maßnahmen für einen ITF in Zentraleuropa

6.2.2.22. Graz – Villach (schnelleres Zugsystem)

Ausgangslage

Ideale Soll-Fahrzeit inkl. Unterwegshalte	72,0'
Fahrzeit Referenzfall	66,0' (in Fahrtrichtung Villach)
Erforderliche Fahrzeitverkürzung	keine
Infrastruktur im Referenzfall: Neubaustrecke Koralmbahn ab Werndorf (Werndorf – Weitendorf 100 km/h, ab Weitendorf 230 km/h). Bis Werndorf Bestandsinfrastruktur 2009 Unterwegshalte: Klagenfurt 2'	

Mögliche Maßnahmen zur Fahrzeitverkürzung

Mit den bereits für den Grundtakt vorgeschlagenen Maßnahmen ist in Summe eine Fahrzeitverkürzung von 2,1' möglich.

Gewählte Soll-Fahrzeit und erforderliche Maßnahmen

Aufgrund der Fahrzeitsituation im benachbarten Abschnitt Wr. Neustadt – Graz wird für den Abschnitt Graz – Villach eine kürzere Fahrzeit gewählt, die jedoch auch keine zusätzlichen Maßnahmen erfordert.

Gewählte Soll-Fahrzeit gem. Netzgrafik	65,0'
Fahrzeit Referenzfall	66,0' (in Fahrtrichtung Villach)
Erforderliche Fahrzeitverkürzung gem. Netzgrafik	1,0'
Unbedingt erforderliche Maßnahmen	
Erhöhte Seitenbeschleunigung 1,0 m/s ² Klagenfurt – Villach	1,3'
Optionale Maßnahmen zur weiteren Fahrzeitverkürzung	
Weiterführung der Koralmbahn Graz – Weitendorf	0,8'
SUMME alle Maßnahmen	2,1'

6.2.2.23. Wien Hbf – Břeclav

Ausgangslage

Ideale Soll-Fahrzeit inkl. Unterwegshalte	49,0' (53,0' – 4,0' Knotenasymmetrie Wien Hbf)
Fahrzeit Referenzfall	56,0' (in Fahrtrichtung Wien)
Erforderliche Fahrzeitverkürzung	7,0'
Infrastruktur im Referenzfall: Bestandsinfrastruktur 2009. Abweichend davon wurde für die Fahrzeitberechnung die geplante Umstellung auf Rechtsfahren berücksichtigt. Unterwegshalte: Keine	

Mögliche Maßnahmen zur Fahrzeitverkürzung

Auf der Nordbahnstrecke beträgt die Streckenhöchstgeschwindigkeit derzeit nur 120 km/h, obwohl die Trassierung deutlich höhere Geschwindigkeiten erlauben würde. Ein Ausbau auf 160 km/h würde die Fahrzeit um ca. 8,5' verkürzen. An der Trassierung müssten dabei lediglich im Bereich Gänserndorf und nördlich von Angern minimale Anpassungen (größere Überhöhung) erfolgen.

Eine Geschwindigkeitsanhebung von 100 auf 160 km/h im nachfolgenden Abschnitt von der Staatsgrenze bis zum Beginn des Bahnhofes Břeclav (in km 82,3) verkürzt die

6. Maßnahmen für einen ITF in Zentraleuropa

Fahrzeit um weitere 0,9'. Der Bogen nach der Staatsgrenze hat einen Radius von ca. 1600m und würde mit einer Überhöhung von 90 mm 160 km/h erlauben.

Ein weiteres Optimierungspotential besteht im Knoten Süßenbrunn. Durch eine Anhebung der Geschwindigkeit von 50 km/h (bei Rechtsfahren in Fahrtrichtung Wien ab Zwischensignal K31 bis Ausfahrtsignal G2) auf durchgehend zumindest 60 km/h kann die Fahrzeit um 0,5' verkürzt werden. Dies erfordert eventuell den Einbau anderer Weichen, die 60 km/h in der Ablenkung zulassen. Im Abschnitt Wien Hbf – Stadlau kann das Geschwindigkeitsprofil durch Fahren mit erhöhter Seitenbeschleunigung (zumindest 0,85 m/s²) bzw. durch minimale Anpassung der Überhöhung einzelner Bögen optimiert werden. Das Fahrzeitverkürzungspotential dadurch beträgt 0,7'.

Eine Erhöhung der Ausfahrtschwindigkeit in Břeclav von 40 auf 60 km/h verkürzt die Fahrzeit um ca. 0,5'.

Bei einem allfälligen umfangreicheren Um- bzw. Neubau des Knotens Süßenbrunn sollte eine deutlich höhere Geschwindigkeit für die fernverkehrsrelevante Relation Stadlau – Gänserndorf angestrebt werden. Mit einer Geschwindigkeit von 100 km/h im Bereich des Knotens Süßenbrunn kann die Fahrzeit um 1,8' gesenkt werden. In diesem Zusammenhang ist dann auch eine Ertüchtigung des Abschnittes von Stadlau bis zum Knoten Süßenbrunn für 160 km/h zu überlegen, wodurch die Fahrzeit um weitere 0,5' sinkt.

Die topographische Situation ließe auf der Nordbahn auch höhere Geschwindigkeiten als 160 km/h zu, ohne dass aufwändige Kunstbauten errichtet werden müssten. Einige Bögen müssten jedoch gestreckt werden. Bei einem Ausbau der Strecke von Gänserndorf bis Břeclav für 200 km/h könnten weitere 3,8' gewonnen werden. Eine Trassierung für 230 km/h verkürzt die Fahrzeit nochmals um 1,8'. Im Abschnitt Süßenbrunn – Gänserndorf wäre hingegen eine höhere Ausbaugeschwindigkeit als 160 km/h aufgrund des dichteren S-Bahn-Verkehrs wenig sinnvoll.

Gewählte Soll-Fahrzeit und erforderliche Maßnahmen

Aufgrund der Knotenasymmetrie in Wien Hbf (vgl. Kapitel 6.2.2.16) müssen die Fahrzeiten von Wien Hbf Richtung Břeclav, Bratislava und Győr etwas unter der idealen Soll-Fahrzeit liegen.

6. Maßnahmen für einen ITF in Zentraleuropa

Gewählte Soll-Fahrzeit gem. Netzgrafik	48,0'
Fahrzeit Referenzfall	56,0' (in Fahrtrichtung Wien)
Erforderliche Fahrzeitverkürzung gem. Netzgrafik	8,0'
Unbedingt erforderliche Maßnahmen	
Ausbau Gänserndorf – Staatsgrenze 160 km/h	6,2'
Ausbau Staatsgrenze – km 0,83 (ČD) 160 km/h	0,9'
Knoten Süßenbrunn durchgehend 60 km/h	0,5'
Optimierung Wien Hbf – Stadlau inkl. erh. Seitenbeschleunigung	0,7'
SUMME	8,3'
Empfohlene Maßnahmen zur weiteren Erhöhung der Fahrplanstabilität	
Ausbau Süßenbrunn – Gänserndorf 160 km/h	2,3'
Optionale Maßnahmen zur weiteren Fahrzeitverkürzung	
Einfahrt Břeclav mit 60 statt 40 km/h	0,5'
Umbau Knoten Süßenbrunn für 100 km/h	1,8'
Ausbau Stadlau – Knoten Süßenbrunn 160 km/h	0,5'
Ausbau Gänserndorf – km 0,83 (ČD) 200 km/h	3,8'
Ausbau Gänserndorf – km 0,83 (ČD) 230 km/h	1,8'
SUMME	8,4'
SUMME alle Maßnahmen	19,0'

Es zeigt sich, dass die für das Funktionieren des Taktfahrplans erforderliche Fahrzeit mit moderaten Maßnahmen erreicht werden kann. Ein Ausbau der Nordbahn für 200 km/h oder mehr würde zwar die Punkt-zu-Punkt-Fahrzeit von Wien nach Prag nochmals um einige Minuten verkürzen, aber darüber hinaus keinen zusätzlichen Systemnutzen bewirken.

Der Ausbau zwischen Süßenbrunn und Gänserndorf auf 160 km/h ist zwar bei Umsetzung der anderen genannten Maßnahmen auch nicht zwingend erforderlich, die Ausbausgeschwindigkeit von 160 km/h sollte aber im Zuge von Ersatzinvestitionen unbedingt berücksichtigt werden, um einen zusätzlichen Beitrag zur Fahrplanstabilität zu liefern.

6.2.2.24. Wien Hbf – Bratislava hl. st.

Ausgangslage

Ideale Soll-Fahrzeit inkl. Unterwegshalte	34,0' (38,0' – 4,0' Knotenasymmetrie Wien Hbf)
Fahrzeit Referenzfall	47,9' (in Fahrtrichtung Bratislava)
Erforderliche Fahrzeitverkürzung	13,9'
Infrastruktur im Referenzfall: Bestandsinfrastruktur 2009, Dieseltraktion (Fahrzeitberechnung mit ÖBB-Baureihe 2016) Unterwegshalte: Keine	

Mögliche Maßnahmen zur Fahrzeitverkürzung

Mit einem Ausbau der Strecke Wien Erzherzog-Karl-Straße – Marchegg – Staatsgrenze für 160 km/h und gleichzeitiger Elektrifizierung verkürzt sich die Fahrzeit um 7,1'.

Die in Kapitel 6.2.2.24 genannten Optimierungen zwischen Wien Hbf und Stadlau (Fahrzeitverkürzung 0,7') können natürlich auch auf der Kante Wien – Bratislava genutzt werden.

Zusätzlich dazu sind auch auf slowakischer Seite Maßnahmen erforderlich:

6. Maßnahmen für einen ITF in Zentraleuropa

- Anhebung der Einfahrgeschwindigkeit in Bratislava hl. st. von 30 auf 60 km/h (durchgehend bis km 54,364)
- Ausbau von Devínska Nová Ves bis zum Beginn des Weichenbereiches Bratislava für 120 km/h.
- Ausbau der Strecke Staatsgrenze – Devínska Nová Ves für 140 km/h, Einbindung in Devínska Nová Ves in die Hauptstrecke mit 100 km/h

Diese Maßnahmen bewirken in Summe eine Fahrzeitverkürzung um 5,5'.

Als weitere Option wäre für den Ausbau Wien Erzherzog-Karl-Straße – Marchegg – Staatsgrenze auch eine höhere Ausbaugeschwindigkeit denkbar. Die zusätzliche Fahrzeitverkürzung beträgt mit 200 km/h 2,6', mit 230 km/h weitere 1,1'.

Gewählte Soll-Fahrzeit und erforderliche Maßnahmen

Aufgrund der Knotenasymmetrie in Wien Hbf (vgl. Kapitel 6.2.2.16) müssen die Fahrzeiten von Wien Hbf Richtung Břeclav, Bratislava und Győr etwas unter der idealen Soll-Fahrzeit liegen.

Gewählte Soll-Fahrzeit gem. Netzgrafik	35,0'
Fahrzeit Referenzfall	47,9' (in Fahrtrichtung Bratislava)
Erforderliche Fahrzeitverkürzung gem. Netzgrafik	12,9'
Unbedingt erforderliche Maßnahmen	
Zweigleisiger Ausbau und Elektrifizierung Wien Erzherzog-Karl-Straße – Staatsgrenze 160 km/h	7,2'
Optimierung Wien Hbf – Stadlau inkl. erh. Seitenbeschleunigung	0,7'
Einfahrt Bratislava 60 statt 30 km/h	1,6'
Ausbau Devínska Nová Ves – Bratislava 120 km/h	1,0'
Ausbau Staatsgrenze – Devínska Nová Ves 140 km/h, Einbindung Devínska Nová Ves 100 km/h	2,9'
SUMME	13,4'
Optionale Maßnahmen zur weiteren Fahrzeitverkürzung	
Ausbau Erzherzog-Karl-Straße – Staatsgrenze 200 km/h	2,6'
Ausbau Erzherzog-Karl-Straße – Staatsgrenze 230 km/h	1,1'
SUMME	3,7'
SUMME alle Maßnahmen	17,1'

Neben dem Ausbau der Strecke Wien Erzherzog-Karl-Straße – Marchegg – Staatsgrenze sind zur Erreichung der Soll-Fahrzeit zahlreiche kleinere Optimierungen vor allem auf slowakischer Seite erforderlich.

Der teure Sprung auf ein Geschwindigkeitsniveau jenseits der 160 km/h ist auch auf dieser Kante nicht erforderlich.

Zusätzliche Maßnahmen aufgrund des Kreuzungsgefüges

Sollte der Ausbau Wien Erzherzog-Karl-Straße – Marchegg in einer ersten Phase nur selektiv zweigleisig erfolgen, muss dabei jedenfalls der Abschnitt ab ca. km 32 (zumindest aber ab km 33) bis Marchegg zweigleisig ausgeführt werden, da die Systemkreuzung in diesem Abschnitt knapp westlich von Marchegg stattfindet.

6. Maßnahmen für einen ITF in Zentraleuropa

6.2.2.25. Wien Hbf – Győr

Ausgangslage

Ideale Soll-Fahrzeit inkl. Unterwegshalte	52,0' (56,0' – 4,0' Knotenasymmetrie Wien Hbf)
Fahrzeit Referenzfall	61,9' (in Fahrtrichtung Győr)
Erforderliche Fahrzeitverkürzung	9,9'
Infrastruktur im Referenzfall: Bestandsinfrastruktur 2009 Unterwegshalte: Hegyeshalom 3'	

Mögliche Maßnahmen zur Fahrzeitverkürzung

Ab Wien Zentralverschiebebahnhof bis zur Staatsgrenze beträgt die Höchstgeschwindigkeit derzeit 140 km/h mit einzelnen Einbrüchen auf 120 km/h. Ein Ausbau der Ostbahn für 160 km/h (durchgehend ab km 6,8 bis zur Staatsgrenze) bewirkt eine Fahrzeitverkürzung von ca. 4,1'. Hinsichtlich der Trassierung sind dazu lediglich einige Bogenanpassungen erforderlich (weitgehend Vergrößerung der Überhöhung auf bis zu 160mm und somit Verlängerung von Übergangsbögen).

Weiters ist zur Erreichung des Fahrzeitziels auch eine aufenthaltslose Fahrt von Wien Hbf bis Győr erforderlich. Der Entfall des im Referenzfall eingerechneten Haltes in Hegyeshalom verkürzt die Fahrzeit um 3,8'.

Eine Harmonisierung des Geschwindigkeitsbandes im Bereich Staatsgrenze – Hegyeshalom auf durchgehend 160 km/h – wie in den Abschnitten davor und danach – verkürzt die Fahrzeit um weitere 1,2'.

Im Streckenabschnitt von km 55,1 (zwischen Parndorf und Zurndorf) bis Győr wäre auch ein Ausbau auf höhere Geschwindigkeiten als 160 km/h ohne Neutrassierungen denkbar. Die Fahrzeitverkürzung dadurch beträgt mit 200 km/h 4,9' und mit 230 km/h weitere 2,7'.

Gewählte Soll-Fahrzeit und erforderliche Maßnahmen

Aufgrund der Knotenasymmetrie in Wien Hbf (vgl. Kapitel 6.2.2.16) müssen die Fahrzeiten von Wien Hbf Richtung Břeclav, Bratislava und Győr etwas unter der idealen Soll-Fahrzeit liegen.

6. Maßnahmen für einen ITF in Zentraleuropa

Gewählte Soll-Fahrzeit gem. Netzgrafik	53,0'
Fahrzeit Referenzfall	61,9' (in Fahrtrichtung Győr)
Erforderliche Fahrzeitverkürzung gem. Netzgrafik	8,9'
Unbedingt erforderliche Maßnahmen	
Ausbau Wien ZVBF – Staatsgrenze 160 km/h	4,1'
Entfall Halt Hegyeshalom	3,8'
durchgehend 160 km/h Staatsgrenze – Hegyeshalom	1,2'
SUMME	9,1'
Empfohlene Maßnahmen zur weiteren Fahrzeitverkürzung	
Ausbau km 55,1 (Nähe Zurndorf) – Győr 200 km/h	4,9'
Optionale Maßnahmen zur weiteren Fahrzeitverkürzung	
Ausbau km 55,1 (Nähe Zurndorf) – Győr 230 km/h	2,7'
SUMME alle Maßnahmen	16,7'

Auch auf dieser Relation kann ein Sprung im Geschwindigkeitsniveau auf über 160 km/h knapp, aber doch vermieden werden, wenn die Strecke ansonsten von Wien ZVBF bis Győr für durchgehend 160 km/h ertüchtigt wird. Dabei ist auch in Győr eine leichte Knotenasymmetrie unterstellt.

Zwischen Zurndorf (km 55,1) und kurz vor Győr sollte eine Geschwindigkeitsanhebung auf 200 km/h jedoch berücksichtigt werden, da dies dort ohne Trassierungsänderungen möglich ist und dadurch die Knotenasymmetrie in Győr wieder aufgehoben werden kann.

6.2.2.26. Bruck/Mur – Selzthal

Ausgangslage

Ideale Soll-Fahrzeit inkl. Unterwegshalte	51,5'
Fahrzeit Referenzfall	53,1' (in Fahrtrichtung Selzthal)
Erforderliche Fahrzeitverkürzung	1,6'
Infrastruktur im Referenzfall: Bestandsinfrastruktur 2009 Unterwegshalte: Leoben Hbf 2', St. Michael 1'	

Mögliche Maßnahmen zur Fahrzeitverkürzung

Durch eine Erhöhung der Seitenbeschleunigung auf 1,0 m/s² ist eine Fahrzeitverkürzung von ca. 2,5' möglich. Die vollständige Ausnutzung der Trassierung im Abschnitt St. Michael – Selzthal ermöglicht eine weitere Fahrzeitverkürzung um 0,9'.

Durch einen Umbau des westlichen Weichenkopfes im Bahnhof Selzthal sollte eine Erhöhung der Einfahrtgeschwindigkeit von derzeit nur 40 km/h auf 60 km/h angestrebt werden. Dadurch kann die Fahrzeit um 0,4' verkürzt werden.

Zusätzlich könnte der Halt in St. Michael entfallen, wenn dort keine Nahverkehrsverknüpfung in Richtung Knittelfeld erfolgt. Die Fahrzeitverkürzung dadurch beträgt 2,1'.

6. Maßnahmen für einen ITF in Zentraleuropa

Gewählte Soll-Fahrzeit und erforderliche Maßnahmen

Gewählte Soll-Fahrzeit gem. Netzgrafik	50,0
Fahrzeit Referenzfall	53,1' (in Fahrtrichtung Selzthal)
Erforderliche Fahrzeitverkürzung gem. Netzgrafik	3,1'
Unbedingt erforderliche Maßnahmen zur Sicherstellung der Soll-Fahrzeit	
Erhöhte Seitenbeschleunigung	2,5'
VzG-Optimierung	0,9'
SUMME	3,4'
Empfohlene Maßnahmen zur weiteren Erhöhung der Fahrplanstabilität	
Einfahrt Selzthal 60 statt 40 km/h	0,4'
Optionale Maßnahmen zur weiteren Fahrzeitverkürzung	
Entfall Halt St. Michael	2,1'
SUMME alle Maßnahmen	5,9'

Die Fahrzeit in der Netzgrafik wurde gegenüber der idealen Soll-Fahrzeit etwas kürzer gewählt. Dadurch wird die in Kapitel 6.2.2.18 erwähnte Knotenasymmetrie in Bruck a. d. Mur ermöglicht, wodurch wiederum der Ausbaubedarf zwischen Bruck a. d. Mur und Graz minimiert werden kann.

6.2.2.27. Selzthal – Linz

Ausgangslage

Ideale Soll-Fahrzeit inkl. Unterwegshalte	54,0'
Fahrzeit Referenzfall	83,8' (in Fahrtrichtung Selzthal)
Erforderliche Fahrzeitverkürzung	29,8'
Infrastruktur im Referenzfall: Bestandsinfrastruktur 2009 Unterwegshalte: Windischgarsten 1', Kirchdorf a. d. Krems 1'	

Mögliche Maßnahmen zur Fahrzeitverkürzung

Um die gewünschte Kantenfahrzeit zu erreichen, sind umfangreiche Fahrzeitverkürzungen erforderlich. Um dabei den Bedarf an Infrastrukturmaßnahmen nicht zusätzlich zu erhöhen, wird ein Entfall des Haltes in Windischgarsten empfohlen. Dadurch kann die Fahrzeit um 1,7' gekürzt werden.

Ein zukunftsweisender Neubau des Bosrucktunnels (statt einer aufwändigen Sanierung des bestehenden Tunnels zur Erfüllung der gestiegenen Anforderungen an die Tunnelsicherheit) in geänderter Linienführung mit einem Südportal im Bereich Pürgschachen und mit Auflassung der bestehenden Strecke über Ardning ermöglicht eine Fahrzeitverkürzung von ca. 4,2'. Dabei sind eine Streckenverkürzung von 2,3 km und eine Ausbaugeschwindigkeit von 160 km/h zu Grunde gelegt. Der Tunnelneubau in dieser Form wäre vor allem auch für den Güterverkehr vorteilhaft, da der steile Rampenabschnitt (bis zu 21 ‰) zwischen Pürgschachen und dem bestehenden Südportal entfällt. Die Neigung in einem neuen Tunnel wäre mit ca. 13 ‰ deutlich geringer.

Ein nennenswertes und relativ kostengünstiges Potential für Fahrzeitverkürzungen bietet auch auf dieser Strecke die Anhebung der Seitenbeschleunigung auf 1,0 m/s². Dadurch verkürzt sich die Fahrzeit um 5,1'.

6. Maßnahmen für einen ITF in Zentraleuropa

Durch eine vollständige Ausnutzung der vorhandenen Trassierung zwischen Linz und Nettingsdorf sowie zwischen Krift und Kirchdorf ist eine weitere Fahrzeitverkürzung um 0,7' möglich. Im Abschnitt Krift – Kirchdorf muss dazu in einigen Bögen die Überhöhung vergrößert werden, wodurch die Geschwindigkeit in diesem bereits vor wenigen Jahren neu trassierten Abschnitt weitgehend auf 160 km/h angehoben werden kann.

Vor allem der Verdichtung des Nahverkehrs dient der zweigleisige Ausbau Nettingsdorf – Kremsmünster. Damit dieser auch für den Fernverkehr einen optimalen Nutzen entfalten kann, ist ein Ausbau für 160 km/h (140 km/h im Bereich Neuhofen sowie zwischen Rohr und Kremsmünster) erforderlich. Die Fahrzeitverkürzung dadurch beträgt 3,1' (inkl. Umbau Bahnhof Kremsmünster mit Geschwindigkeitsanhebung am Bahnhofssüdkopf von 90 auf 105 km/h).

Darüber hinaus sind folgende Maßnahmen erforderlich, um die Kantenfahrzeit zu erreichen:

- Neutrassierung Kirchdorf – Klaus (120 km/h bis Micheldorf, 130 km/h ab Micheldorf). Bei einer Streckenverkürzung von 0,5 km beträgt die Fahrzeitverkürzung 3,3'.
- Neutrassierung Hinterstoder – Pießling-Vorderstoder für 160 km/h. Fahrzeitverkürzung: 2,1' bei einer Streckenverkürzung um 0,2'. Dieser Ausbau sollte bereits im Zuge allfälliger Ersatzinvestitionen der Brücken in diesem Bereich erfolgen. Zwischen dem Lainberg und Pießling-Vorderstoder erfordert die Ausbaugeschwindigkeit eine gänzlich neue Trassierung östlich der Autobahn, während der Ausbau zwischen Hinterstoder und dem Lainberg bestandsnah möglich ist.
- Neutrassierung Pießling-Vorderstoder – Bosrucktunnel-Nordportal für 160 km/h. In diesem Bereich ist eine entsprechende Ausbaugeschwindigkeit nur durch eine bestandsferne, autobahnparallele Trasse möglich. Im Bereich des Radingberges östlich des Bahnhofs Pießling-Vorderstoder ist möglicherweise ein Tunnelabschnitt erforderlich, ansonsten erscheint eine oberirdische Trassierung realistisch. Durch diese Neutrassierung würde sich die Streckenlänge um 2,3 km sowie die Fahrzeit um 8,4' verkürzen.
- Im topographisch schwierige Abschnitt Klaus – Hinterstoder kann der Ausbaubedarf minimiert werden. Lediglich zwischen Steyrling und Hinterstoder wäre eine Linienverbesserung für 100 km/h erforderlich.

Ob diese vier Abschnitte auch vollständig zweigleisig ausgebaut werden, ist von der erforderlichen Streckenkapazität abhängig zu machen. Bei nur selektiv zweigleisigem Ausbau ist darauf zu achten, dass die Fahrzeitverluste durch Befahren von

6. Maßnahmen für einen ITF in Zentraleuropa

Weichenverbindungen beim Übergang von zwei- auf eingleisig in der Ablenkung nicht zu einer Überschreitung der Zielfahrzeit führen.

Gewählte Soll-Fahrzeit und erforderliche Maßnahmen

Gewählte Soll-Fahrzeit gem. Netzgrafik	54,0
Fahrzeit Referenzfall	83,6' (in Fahrtrichtung Selzthal)
Erforderliche Fahrzeitverkürzung gem. Netzgrafik	29,6'
Unbedingt erforderliche Maßnahmen zur Sicherstellung der Soll-Fahrzeit	
Entfall Halt Windischgarsten	1,7'
Neubau Bosrucktunnel 160 km/h	4,1'
Erhöhte Seitenbeschleunigung 1,0 m/s ²	5,1'
VzG-Optimierung Linz – Nettingsdorf	0,2'
VzG-Optimierung Krift – Kirchdorf (tlw. 160 km/h)	0,5'
Zweigleisiger Ausbau Nettingsdorf – Kremsmünster 160/140 km/h	3,3'
Ausbau Kirchdorf – Micheldorf – Klaus 120/130 km/h	3,4'
Ausbau Hinterstoder – Pießling-Vorderstoder 160 km/h	2,1'
Neubau Pießling-Vorderstoder – Bosrucktunnel-Nordportal 160 km/h	8,4'
Ausbau Steyrling – Hinterstoder 100 km/h	1,0'
SUMME	29,8'

Aufgrund der derzeit sekundären Bedeutung für den Fernverkehr ist das Fahrzeitziel auf dieser Strecke nur etappenweise zu erreichen. In einer ersten Phase sollte dabei der Schwerpunkt einerseits auf kostengünstigen Maßnahmen (wie erhöhte Seitenbeschleunigung) andererseits auf Maßnahmen, die auch für den Güter- oder Nahverkehr einen hohen Nutzen aufweisen, gelegt werden.

Vom Fernziel einer Kantenfahrzeit von 60' zwischen Selzthal und Linz sollte aber aufgrund der Netzwirkung nicht abgegangen werden, da mögliche Etappierungen nur mit Anschlussverlusten in Linz möglich sind.

Zusätzliche Maßnahmen aufgrund des Kreuzungsgefüges

Je nach zeitlicher Lage der Taktknoten (Fahrplanvariante A: Selzthal und Linz zur Minute 30, Fahrplanvariante B: Selzthal und Linz zur Minute 00) erfolgen die Systemkreuzungen bei einem Zweistudentakt in den Knotenbahnhöfen Selzthal und Linz (Fahrplanvariante B) oder aber knapp nördlich von Kirchdorf (Fahrplanvariante A). Es ist daher ein zweigleisiger Ausbau vom Bahnhof Kirchdorf erforderlich (im Optimalfall bis zur Abzw. Wartberg 1, um eine durchgehende Zweigleisigkeit in diesem Bereich herzustellen).

Unbedingt erforderliche Maßnahmen aufgrund des Kreuzungsgefüges	
Zweigleisiger Ausbau Abzw. Wartberg 1 – Kirchdorf a. d. Krems (bei Fahrplanvariante A)	

6. Maßnahmen für einen ITF in Zentraleuropa

6.2.2.28. Selzthal – Bischofshofen

Ausgangslage

Ideale Soll-Fahrzeit inkl. Unterwegshalte	83,5'
Fahrzeit Referenzfall	86,9' (in Fahrtrichtung Selzthal)
Erforderliche Fahrzeitverkürzung	3,3'
Infrastruktur im Referenzfall: Bestandsinfrastruktur 2009 Unterwegshalte: Liezen 1', Stainach-Irdning 1', Schladming 1', Radstadt 1'	

Mögliche Maßnahmen zur Fahrzeitverkürzung

Mit erhöhter Seitenbeschleunigung sowie mit vollständiger Ausnutzung der Trassierung sowie der Optimierung einzelner Bögen (Anhebung der Überhöhung) sind auf dieser Strecke nennenswerte Fahrzeitverkürzungen von in Summe bis zu 8,9' möglich.

Gewählte Soll-Fahrzeit und erforderliche Maßnahmen

Gewählte Soll-Fahrzeit gem. Netzgrafik	82,0'
Fahrzeit Referenzfall	86,9' (in Fahrtrichtung Selzthal)
Erforderliche Fahrzeitverkürzung gem. Netzgrafik	4,9'
Unbedingt erforderliche Maßnahmen zur Sicherstellung der Soll-Fahrzeit	
Erhöhte Seitenbeschleunigung 1,0 m/s ²	4,6'
VzG-Optimierung	4,3'

Zusätzliche Maßnahmen aufgrund des Kreuzungsgefüges

Aufgrund des Zweistundentaktes erfolgen die Systemkreuzungen nur im Abstand von einer Stunde. Je nachdem, ob der Knoten Bischofshofen zur vollen (Fahrplanvariante A) oder halben Stunde (Fahrplanvariante B) stattfindet, liegen die Systemkreuzungen im Bereich zwischen Öblarn und Gröbming bzw. im Bereich Radstadt.

Die Systemkreuzung Radstadt kann im Bahnhof abgewickelt werden, dieser ist ohnehin ein fahrplanmäßiger Halt. Mit den genannten Maßnahmen zur Fahrzeitverkürzung ist die Fahrzeit im Zulauf diesen Kreuzungspunkt sehr entspannt, eine zusätzliche zweigleisige Insel im Bereich Radstadt ist daher nicht erforderlich.

Die Systemkreuzung zwischen Öblarn und Gröbming erfordert hingegen eine zusätzliche Kreuzungsmöglichkeit. Diese kann entweder als zusätzlicher Kreuzungshalt in Stein a. d. Enns erfolgen, wofür hier ein Ausweichgleis erforderlich ist. Da hier aber kein fahrplanmäßiger Halt vorgesehen ist, wäre eine längere zweigleisige Insel im Bereich Stein a. d. Enns (z. B. auf einer Länge von 1,5 km westlich von Stein bis 1,5 km östlich von Stein) vorteilhaft, sodass die Kreuzung "fliegend" abgewickelt werden kann. Weiters kann dadurch die Fahrplanstabilität verbessert werden, da erst ab einem größeren Verspätungsmaß eine Verspätungsfortpflanzung auf die Gegenrichtung erfolgt.

6. Maßnahmen für einen ITF in Zentraleuropa

Fahrplanvariante A			
Zug SI – Bo		Pufferzeit	Zug Bo - SI
ab ..31,0	Selzthal		an ..28,7
Systemkreuzung Stein a. d. Enns			
an ..58,1	Stein a. d. Enns	3,6'	ab ..01,7
ab ..01,1	Stein a. d. Enns	2,4'	an ..58,7
an ..52,9	Bischofshofen		ab ..07,0

Fahrplanvariante B			
Zug SI – Bo		Pufferzeit	Zug Bo - SI
ab ..01,0	Selzthal	2,1'	an ..58,9
Systemkreuzung Radstadt			
an ..58,1	Radstadt	3,9'	ab ..02,0
ab ..03,1	Radstadt	6,1'	an ..57,0
an ..23,0	Bischofshofen		ab ..37,0

Unbedingt erforderliche Maßnahmen aufgrund des Kreuzungsgefüges
Kreuzungsmöglichkeit im Bereich Stein bzw. zweigleisige Insel im Bereich Stein a. d. Enns (bei Fahrplanvariante A)
Optionale Maßnahmen zur zusätzlichen Optimierung
Zweigleisige Insel im Bereich Radstadt (bei Fahrplanvariante B)

Schleife Selzthal

Bezüglich der vieldiskutierten Schleife Selzthal gelten die Ausführungen in Kapitel 4.4.9. Die Errichtung dieser Schleife kann demnach angesichts der erforderlichen Zielfahrzeiten auf den Kanten Bruck/Mur – Selzthal, Selzthal – Linz und Selzthal – Bischofshofen nicht empfohlen werden. Mit der Schleife müsste der Taktknoten nach Liezen oder Rottenmann verlegt werden. Dabei würde sich die Fahrzeitsituation Richtung Bischofshofen oder Bruck/Mur entspannen. Auf diesen Kanten können die erforderlichen Zielfahrzeiten aber mit relativ geringem Aufwand ohne Linienverbesserungen erreicht werden.

Andererseits würde sich die Fahrzeitsituation auf der Kante nach Linz deutlich anspannen, da hier eine längere Strecke (ab Liezen oder Rottenmann) in annähernd derselben Fahrzeit zurückgelegt werden müsste.

Die für die Kantenfahrzeit Selzthal – Linz (60') erforderlichen Maßnahmen sind ohnedies bereits derart umfangreich, dass nur eine langfristige Umsetzung in Frage kommt. Noch darüber hinaus gehende Maßnahmen würden den Rahmen des Umsetzbaren endgültig sprengen.

Ein Taktknoten in Rottenmann oder Liezen statt in Selzthal würde somit ein langfristiges Fernziel für die Pyhrnbahn verunmöglichen und gleichzeitig auf den Strecken nach Bruck/Mur und Bischofshofen keine massiven Einsparungen bei den fahrzeitverkürzenden Investitionen bewirken.

6. Maßnahmen für einen ITF in Zentraleuropa

6.2.2.29. Bruck/Mur – Klagenfurt

Ausgangslage

Ideale Soll-Fahrzeit inkl. Unterwegshalte	139,0'
Fahrzeit Referenzfall	124,5' (in Fahrtrichtung Klagenfurt)
Erforderliche Fahrzeitverkürzung	keine
Infrastruktur im Referenzfall: Bestandsinfrastruktur 2009 Unterwegshalte: Leoben Hbf 2', Knittelfeld 1', Judenburg 1', Unzmarkt 1', Friesach 1', St. Veit a. d. Glan 1'	

Mögliche Maßnahmen zur Fahrzeitverkürzung

Mit erhöhter Seitenbeschleunigung ($1,0 \text{ m/s}^2$) könnte die Fahrzeit um ca. 6,7' verkürzt werden.

Gewählte Soll-Fahrzeit und erforderliche Maßnahmen

Gewählte Soll-Fahrzeit gem. Netzgrafik	137,0
Fahrzeit Referenzfall	124,5' (in Fahrtrichtung Klagenfurt)
Erforderliche Fahrzeitverkürzung gem. Netzgrafik	keine
Unbedingt erforderliche Maßnahmen zur Sicherstellung der Soll-Fahrzeit	
Keine	
Empfohlene Maßnahmen zur Ermöglichung weiterer Halte	
Erhöhte Seitenbeschleunigung $1,0 \text{ m/s}^2$	6,7'

Aufgrund der gewählten Kantenfahrzeit von 150' ist die Fahrzeit in diesem Abschnitt sehr entspannt.

Zur Ermöglichung zusätzlicher Halte sollte aber dennoch das Fahrzeitverkürzungspotential durch erhöhte Seitenbeschleunigung ausgeschöpft werden. Dadurch kann diese Relation mit dem Haltemuster eines beschleunigten Nahverkehrs (Regionalexpress) bedient werden.

6.2.2.30. Salzburg – Bischofshofen

Ausgangslage

Ideale Soll-Fahrzeit inkl. Unterwegshalte	26,5'
Fahrzeit Referenzfall	39,1' (in Fahrtrichtung Bischofshofen)
Erforderliche Fahrzeitverkürzung	12,6'
Infrastruktur im Referenzfall: Bestandsinfrastruktur 2009 Unterwegshalte: Golling-Abtenau 1'	

Mögliche Maßnahmen zur Fahrzeitverkürzung

Zur Fahrzeitverkürzung ist ein Bündel an Maßnahmen erforderlich. Angesichts der ambitionierten Zielfahrzeit ist ein Entfall des Haltes in Golling-Abtenau unvermeidlich, dies würde ca. 2,0' einsparen.

Für den Streckenabschnitt südlich von Golling (im Bereich Pass Lueg) gibt es Überlegungen für eine Linienverbesserung, mit der vor allem die witterungsbedingten Streckensperren (infolge von Lawinengefahr oder Muren) im Bereich des engen Salzachtales minimiert werden sollen. Durch eine weitgehend im Tunnel gelegene

6. Maßnahmen für einen ITF in Zentraleuropa

Neutrassierung bis km 35,3 für 160 km/h verkürzt sich – bei gleichzeitiger Verkürzung der Strecke um ca. 0,7 km – die Fahrzeit um ca. 2,6'. Darin ist auch ein Ausbau des Bogens südlich des Bahnhofs Golling-Abtenau auf 160 km/h unterstellt.

Für das Fahren mit erhöhter Seitenbeschleunigung ($1,0 \text{ m/s}^2$) wurde eine Fahrzeitverkürzungspotential von 2,2' ermittelt.

Mit weiteren Optimierungen (VzG-Anpassungen sowie Vergrößerung der Überhöhung in einzelnen Bögen) zwischen Salzburg und Golling-Abtenau kann die Fahrzeit nochmals um 0,8' verkürzt werden.

Mit folgenden zwei Linienverbesserungen können von km 9,5 bis km 13,8 und von km 18,1 bis zum Beginn der Neutrassierung in Golling-Abtenau längere Abschnitte für 160 km/h geschaffen werden:

- Neutrassierung zwischen Elsbethen und Puch-Urstein (in diesem Bereich befinden sich zwei Bögen mit Radien von ca. 800m) für eine Höchstgeschwindigkeit von 160 km/h (mit erhöhter Seitenbeschleunigung)
- Neutrassierung im Bereich Bad Vigaun (in diesem Bereich befinden sich zwei Bögen mit Radien von ca. 800m) für eine Höchstgeschwindigkeit von 160 km/h (mit erhöhter Seitenbeschleunigung)

Die Fahrzeitverkürzung durch diese beiden Linienverbesserungen beträgt ca. 0,3'.

Eine Fortsetzung der Neutrassierung Pass Lueg bis Werfen (auf einer Länge von ca. 10 km von km 35,3 bis km 44,9) würde bei einer Ausbaugeschwindigkeit von 140 km/h (mit erhöhter Seitenbeschleunigung) 3,8' einsparen, bei einer Ausbaugeschwindigkeit von 160 km/h 4,4'.

Im Bereich Salzburg Hbf könnte eine Anhebung der Ausfahrgeschwindigkeit (derzeit 60 km/h bis km 2,01, mit erhöhter Seitenbeschleunigung 65 km/h) zur Fahrzeitverkürzung beitragen. Mit 75 km/h statt 65 km/h könnte die Fahrzeit um 0,3' gekürzt werden, mit 85 km/h um weitere 0,2. Ggf. sind dazu Änderungen an der Trassierung in diesem Bereich erforderlich.

Gewählte Soll-Fahrzeit und erforderliche Maßnahmen

Um in diesem Abschnitt mit den vorgeschlagenen Maßnahmen das Auslangen zu finden, wird eine leichte Abweichung des Knotens Bischofshofen von der idealen Symmetriezeit vorgeschlagen (Ankunft aus Salzburg um ..01, Abfahrt nach Salzburg um ..59). Der Fahrzeitverkürzungsbedarf verschiebt sich dadurch in die Nachbarabschnitte (Richtung Villach und Selzthal).

6. Maßnahmen für einen ITF in Zentraleuropa

Gewählte Soll-Fahrzeit gem. Netzgrafik	28,0'
Fahrzeit Referenzfall	39,2' (in Fahrtrichtung Bischofshofen)
Erforderliche Fahrzeitverkürzung gem. Netzgrafik	11,2'
Unbedingt erforderliche Maßnahmen zur Sicherstellung der Soll-Fahrzeit	
Haltentfall Golling-Abtenau	2,0'
Neutrassierung Golling-Abtenau – Pass Lueg, 160 km/h	2,6'
Erhöhte Seitenbeschleunigung 1,0 m/s ²	2,2'
VzG-Optimierung Salzburg Gnigl – Golling-Abtenau	0,8'
LV Elsbethen – Puch-Urstein sowie LV Bad Vigaun	0,3'
Neutrassierung bis Werfen, 160 km/h	4,4'
SUMME	12,3'
Empfohlene Maßnahmen zur weiteren Erhöhung der Fahrplanstabilität	
Optimierung Ausfahrt Salzburg Hbf (75 oder 85 km/h)	0,3' – 0,5'

6.2.2.31. Bischofshofen – Villach

Ausgangslage

Ideale Soll-Fahrzeit inkl. Unterwegshalte	84,5'
Fahrzeit Referenzfall	102,5' (in Fahrtrichtung Villach)
Erforderliche Fahrzeitverkürzung	18,0'
Infrastruktur im Referenzfall: Liniverbesserung Abzw. Lendorf – Pusarnitz, Bereich Bahnhof Kolbnitz (ab Fahrplan 2010 verkehrswirksam), ansonsten Bestandsinfrastruktur 2009 Unterwegshalte: St. Johann im Pongau 1', Schwarzach-St. Veit 2', Dorfgastein 1', Bad Hofgastein 1', Badgastein 1', Mallnitz-Obervellach 1', Spittal-Millstättersee 1'	

Mögliche Maßnahmen zur Fahrzeitverkürzung

Für die Erforderliche Fahrzeitverkürzung gem. Netzgrafik sind umfangreiche Maßnahmen erforderlich.

Einen wesentlichen Beitrag liefert die Anhebung der Seitenbeschleunigung auf 1,0 m/s². Dadurch ist eine Fahrzeitverkürzung von ca. 5,2' möglich.

Um das Ausmaß der Infrastrukturmaßnahmen etwas verringern zu können, ist weiters der Entfall einzelner Halte erforderlich. Die Halte in St. Johann im Pongau sowie in Dorfgastein bieten sich diesbezüglich an. St. Johann in Pongau kann gemäß der Netzgrafik durch die Linie Bischofshofen – Wörgl bedient werden. Für Dorfgastein (lediglich 1700 Einwohner) wäre eine optimierte Busanbindung an den Fernverkehr (in Bad Hofgastein und/oder Schwarzach-St. Veit) anzustreben, dies könnte durch den ohnehin bereits weitgehend im Stundentakt angebotenen Busverkehr im Gasteinertal erfolgen. Der Fahrzeitgewinn durch diese beiden entfallenden Halte beträgt ca. 4,2'.

Die Fahrzeit kann also bereist ohne wesentliche Streckenausbauten um ca. 9' reduziert werden. Zusätzliche Infrastrukturmaßnahmen sind aber für eine Kantenfahrzeit von 90' dennoch unumgänglich.

Der Streckenabschnitt zwischen Spittal an der Drau und Gummern bietet noch Spielraum für verhältnismäßig einfache Maßnahmen zur Fahrzeitverkürzung. Zwischen Spittal und etwas nördlich von Ferndorf lässt die bestehende Trasse auf ca. acht

6. Maßnahmen für einen ITF in Zentraleuropa

Kilometern Länge (südlich von km 198,77) eine Geschwindigkeit von 200 km/h (statt 140 km/h) zu, so dass hier ein Ausbau für 200 km/h (Gleisachsabstand, Niveaufreimachung von Eisenbahnkreuzungen etc.) mehr oder weniger im Bestand erfolgen könnte. Der Fahrzeitgewinn beträgt 0,6'.

Auf weiteren acht Kilometern bis ca. Feistritz im Drautal ist die Geschwindigkeit von 200 km/h mit bestandsnahen Linienverbesserungen möglich (weiterer Fahrzeitgewinn 1,3'). Der weitere Abschnitt bis in den Bahnhof Gummern erfordert hingegen bei einer Neutrassierung für 200 km/h zusätzliche Drauquerungen oder eine Verlegung der Drau in den Kreuzungsbereichen (weiterer Fahrzeitgewinn 2,2').

Der Fahrzeitgewinn durch einen durchgehenden Ausbau für 200 km/h von km 198,77 bis Gummern beträgt in Summe 4,1'.

Weitere Fahrzeitverkürzungen sind nur durch einen weiteren Ausbau auf der Tauernnordrampe möglich. Ein Ausbau für 160 km/h vom Bahnhof Angertal bis zum Bahnhof Böckstein mit einer weitgehend im Tunnel verlaufenden Trasse und einem unterirdischen Bahnhof Badgastein verkürzt die Fahrzeit um 1,8' (Annahme: Streckenverkürzung um 0,4 km).

Im Bahnhof Böckstein verbliebe dann ein Geschwindigkeitseinbruch auf 100 km/h. Eine Anhebung auf durchgehend 120 km/h (wie im anschließenden Tauerntunnel) im Bahnhofsbereich spart 0,1' Fahrzeit ein.

Der zweigleisige Lückenschluss zwischen der Abzweigung Hofgastein 1 und dem Bahnhof Angertal bewirkt eine weitere Fahrzeitverkürzung von 1,5' unter der Annahme einer Geschwindigkeitsanhebung auf 130 km/h (mit erhöhter Seitenbeschleunigung).

Der Ausbau des dann letzten verbleibenden eingleisigen Abschnittes zwischen Loifarn und Abzw. Loifarn 1 für 160 km/h verkürzt die Fahrzeit um nochmals 1,8' (Annahme: Streckenverkürzung: 0,8 km).

Die Höchstgeschwindigkeit im Tauerntunnel ist derzeit trotz gerader Strecke auf 120 km/h begrenzt. Eine Anhebung der Geschwindigkeit auf 160 km/h verkürzt die Fahrzeit um 0,9'.

6. Maßnahmen für einen ITF in Zentraleuropa

Gewählte Soll-Fahrzeit und erforderliche Maßnahmen

Gewählte Soll-Fahrzeit gem. Netzgrafik	86,0'
Fahrzeit Referenzfall	102,5' (in Fahrtrichtung Villach)
Erforderliche Fahrzeitverkürzung gem. Netzgrafik	16,5'
Unbedingt erforderliche Maßnahmen zur Sicherstellung der Soll-Fahrzeit	
Erhöhte Seitenbeschleunigung 1,0 m/s ²	5,2'
Haltenfall St. Johann und Dorfgastein	4,2'
Ausbau Gummern – Spittal (km 198,77) 200 km/h	4,1'
Neutrassierung Böckstein – Badgastein – Angertal 160 km/h	1,8'
Durchfahrt Böckstein 120 km/h (1,0: 130 km/h)	0,1'
Neutrassierung Abzw. Hofgastein 1 – Angertal 130 km/h	1,5'
SUMME	16,9'
Empfohlene Maßnahmen zur weiteren Erhöhung der Fahrplanstabilität	
Geschwindigkeitsanhebung Tauern Tunnel 160 km/h	0,9'
Empfohlene Maßnahmen zur weiteren Erhöhung der Fahrplanstabilität	
Neutrassierung Loifarn – Abzw. Loifarn 1 160 km/h	1,8'
SUMME alle Maßnahmen	19,6'

Eine durchgehende Neutrassierung auf der Tauernnordrampe ist somit nicht erforderlich, der Abschnitt im Bereich der beiden Klammertunnel kann unverändert bleiben.

Ob die anderen Neutrassierungen in jedem Fall auch zweigleisig ausgebaut werden sollen, ist von der erforderlichen Streckenkapazität abhängig. Für die Erreichung der Fahrzeitziele würde auch ein eingleisiger Ausbau ausreichen, ein zweites Gleis sollte natürlich bei der Trassierung planerisch vorgesehen werden.

Zusätzliche Maßnahmen aufgrund des Kreuzungsgefüges

Mit den ausgewählten erforderlichen Maßnahmen zur Fahrzeitverkürzung kommen die Systemkreuzungen in bereits existierenden zweigleisigen Abschnitten zu liegen: Bei Fahrplanvariante A im Bereich Bad Hofgastein, bei Fahrplanvariante B im Bereich Penk – Kolbnitz. Die Frage eines zweigleisigen Ausbaues der erforderlichen Neutrassierungen ist somit unabhängig vom Kreuzungsgefüge des Fernverkehrs.

6.2.2.32. Bischofshofen – Wörgl

Ausgangslage

Ideale Soll-Fahrzeit inkl. Unterwegshalte	142,0'
Fahrzeit Referenzfall	121,4' (in Fahrtrichtung Bischofshofen)
Erforderliche Fahrzeitverkürzung	keine
Infrastruktur im Referenzfall: Bestandsinfrastruktur 2009	
Unterwegshalte: St. Johann im Pongau 1', Schwarzach-St. Veit 2', Zell am See 1', Saalfelden 1', St. Johann in Tirol 1', Kitzbühel 1'	

Mögliche Maßnahmen zur Fahrzeitverkürzung

Mit erhöhter Seitenbeschleunigung (1,0 m/s²) könnte die Fahrzeit um ca. 6,7' verkürzt werden.

6. Maßnahmen für einen ITF in Zentraleuropa

Gewählte Soll-Fahrzeit und erforderliche Maßnahmen

Gewählte Soll-Fahrzeit gem. Netzgrafik	138,0'
Fahrzeit Referenzfall	121,4' (in Fahrtrichtung Bischofshofen)
Erforderliche Fahrzeitverkürzung gem. Netzgrafik	keine
Unbedingt erforderliche Maßnahmen zur Sicherstellung der Soll-Fahrzeit	
Keine	
Optionale Maßnahmen zur Ermöglichung weiterer Halte	
Erhöhte Seitenbeschleunigung 1,0 m/s ²	6,7'

Aufgrund der gewählten Kantenfahrzeit von 150' ist die Fahrzeit in diesem Abschnitt sehr entspannt. Es können daher zusätzliche Halte bedient werden.

6.2.2.33. Linz – České Budějovice

Ausgangslage

Ideale Soll-Fahrzeit inkl. Unterwegshalte	115,0'
Fahrzeit Referenzfall	119,4' (in Fahrtrichtung České Budějovice)
Erforderliche Fahrzeitverkürzung	3,4'
Infrastruktur im Referenzfall: Bestandsinfrastruktur 2009 Unterwegs Halte: Pregarten 2', Freistadt 1', Summerau 1'	

Mögliche Maßnahmen zur Fahrzeitverkürzung

Durch einen Entfall des aus kommerzieller Sicht unbedeutenden Haltes in Summerau sowie eine Kürzung des Aufenthaltes in Pregarten auf 1,0' kann die Fahrzeit um 2,7' reduziert werden.

Primär der Verdichtung des Nahverkehrs soll ein zweigleisiger Ausbau zwischen Linz und St. Georgen an der Gusen dienen. Mit einer Ausbaugeschwindigkeit von 100 km/h ermöglicht dieser aber auch für den Fernverkehr eine Fahrzeitverkürzung von 2,7'.

Gewählte Soll-Fahrzeit und erforderliche Maßnahmen

Gewählte Soll-Fahrzeit gem. Netzgrafik	115,0'
Fahrzeit Referenzfall	119,4' (in Fahrtrichtung České Budějovice)
Erforderliche Fahrzeitverkürzung gem. Netzgrafik	4,4'
Unbedingt erforderliche Maßnahmen zur Sicherstellung der Soll-Fahrzeit	
Entfall Halt Summerau, Aufenthalt Pregarten auf 1' reduziert	2,7'
Ausbau Linz – St. Georgen 100 km/h	2,7'
SUMME	5,4'

Zusätzliche Maßnahmen aufgrund des Kreuzungsgefüges

Um die Systemkreuzungen in beiden Fahrplanvarianten zu ermöglichen, sind zusätzliche Maßnahmen zur Fahrzeitverkürzung erforderlich. Zwischen St. Georgen an der Gusen und der Staatsgrenze besteht durch eine VzG-Optimierung (Ausnutzung der tatsächlich vorhandenen Trassierungsparameter) mit gleichzeitiger Anhebung der Seitenbeschleunigung auf 1,0 m/s² ein Fahrzeitverkürzungspotential von weiteren 6,7'. Damit können in Fahrplanvariante A die Systemkreuzungen in den Bahnhöfen Pregarten und Velešín ermöglicht werden.

In Fahrplanvariante B findet die Systemkreuzung in Horní Dvořiště statt.

6. Maßnahmen für einen ITF in Zentraleuropa

Unbedingt erforderliche Maßnahmen aufgrund des Kreuzungsgefüges	
Erhöhte Seitenbeschleunigung Linz – Staatsgrenze 1,0 m/s ² (beide Fahrplanvarianten)	
VzG-Optimierung St. Georgen – Staatsgrenze (beide Fahrplanvarianten)	

6.2.2.34. Wr. Neustadt – Sopron

Ausgangslage

Ideale Soll-Fahrzeit inkl. Unterwegshalte	25,5
Fahrzeit Referenzfall	28,4' (in Fahrtrichtung Wr. Neustadt)
Erforderliche Fahrzeitverkürzung	2,9'
Infrastruktur im Referenzfall: Bestandsinfrastruktur 2009, Dieseltraktion (Fahrzeitberechnung mit ÖBB-Baureihe 2016) Unterwegshalte: Mattersburg 1'	

Mögliche Maßnahmen zur Fahrzeitverkürzung

Durch die Elektrifizierung verkürzt sich die Fahrzeit um 3,3'. Mit erhöhter Seitenbeschleunigung (1,0 m/s²) könnte die Fahrzeit um weitere 1,4' verkürzt werden.

Gewählte Soll-Fahrzeit und erforderliche Maßnahmen

Gewählte Soll-Fahrzeit gem. Netzgrafik	25,0'
Fahrzeit Referenzfall	28,4' (in Fahrtrichtung Wr. Neustadt)
Erforderliche Fahrzeitverkürzung gem. Netzgrafik	3,4'
Unbedingt erforderliche Maßnahmen zur Sicherstellung der Soll-Fahrzeit	
Elektrifizierung	3,3'
Erhöhte Seitenbeschleunigung 1,0 m/s ²	1,4'
SUMME	4,7'

Zusätzliche Maßnahmen aufgrund des Kreuzungsgefüges

Die Systemkreuzungen erfolgen in den beiden Knoten Wr. Neustadt Hbf und Sopron. Es sind daher keine zusätzlichen Maßnahmen erforderlich.

6.2.2.35. Graz – Fehring

Ausgangslage

Ideale Soll-Fahrzeit inkl. Unterwegshalte	55,5'
Fahrzeit Referenzfall	59,5' (in Fahrtrichtung Graz)
Erforderliche Fahrzeitverkürzung	4,0'
Infrastruktur im Referenzfall: Bestandsinfrastruktur 2009, Dieseltraktion (Fahrzeitberechnung mit ÖBB-Baureihe 2016) Unterwegshalte: Graz Don Bosco 1', Graz Ostbf 1', Graz Murpark 0,5', Gleisdorf 1', Feldbach 1', Lödersdorf 0,5'	

Die Verbindung Graz – Fehring – Szombathely entspricht weniger einem echten Fernverkehr, sondern stellt einen beschleunigten Nahverkehr (REX) dar.

Aus diesem Grund wurden zwischen Feldbach und Szentgotthárd alle derzeitigen Zwischenhalte des Nahverkehrs berücksichtigt, da in diesem Abschnitt zwei verschieden schnelle Zugsysteme ein Überangebot darstellen würden. Zwischen Graz und Feldbach sowie zwischen Szentgotthárd und Szombathely würde dieser Zug als

6. Maßnahmen für einen ITF in Zentraleuropa

REX (Regionalexpress) mit nur wenigen Halten verkehren, da hier von zusätzlichen Regionalzügen zur Bedienung der übrigen Halte ausgegangen wird.

Als zusätzlicher REX-Halt wurde aufgrund der Verknüpfung zum innerstädtischen Verkehr die noch zu errichtende Haltestelle Graz-Murpark berücksichtigt.

Mögliche Maßnahmen zur Fahrzeitverkürzung

Mit einem Ausbau des Streckenabschnittes Feldbach – Fehring auf 120 km/h (inkl. Bahnhofsumbau Fehring für eine durchgehende Befahrbarkeit mit 120 km/h) kann die Fahrzeit um 0,8' verkürzt werden. Ein Ausbau in diesem Bereich ist ohne Änderung der Trassierung möglich.

Auf ungarischer Seite wird die Strecke Szombathely – Szentgotthárd bereits derzeit elektrifiziert. Eine Elektrifizierung des österreichischen Streckenabschnittes Graz Ostbf – Szentgotthárd stellt die logische Weiterführung dar. Mit der Elektrifizierung verkürzt sich die Fahrzeit um 5,0'.

Gewählte Soll-Fahrzeit und erforderliche Maßnahmen

Gewählte Soll-Fahrzeit gem. Netzgrafik	55,0'
Fahrzeit Referenzfall	59,5' (in Fahrtrichtung Graz)
Erforderliche Fahrzeitverkürzung gem. Netzgrafik	4,5'
Unbedingt erforderliche Maßnahmen zur Sicherstellung der Soll-Fahrzeit	
Ausbau Feldbach – Fehring 120 km/h	0,8'
Elektrifizierung	5,0'
SUMME	5,8'

Zusätzliche Maßnahmen aufgrund des Kreuzungsgefüges

Bei der Fahrplanvariante A ist eine Systemkreuzung zwischen Graz und Fehring erforderlich. Auch bei der Fahrplanvariante B wäre diese Systemkreuzung bei einer Verdichtung auf einen Stundentakt erforderlich. Diese Systemkreuzung kann im neuen Bahnhof Lassnitztal erfolgen.

Um trotz des Kreuzungsaufenthaltes den Taktknoten in Graz Hbf rechtzeitig zu erreichen, ist zwischen Graz Hbf und Lassnitztal eine Geschwindigkeitsanhebung durch erhöhte Seitenbeschleunigung sowie zusätzlich eine Ertüchtigung des Abschnittes Graz Ostbf – Messendorf für 120 km/h (mit Ausnahme des Bogens zwischen km 244,9 und km 245,4; hier genügen 100 km/h) erforderlich. Durch diese beiden Maßnahmen, die ohne Änderung der Trassierung möglich sind, verkürzt sich die Fahrzeit zwischen Graz Hbf und Lassnitztal um 1,1' bzw. 0,6'.

Unbedingt erforderliche Maßnahmen aufgrund des Kreuzungsgefüges	
Erhöhte Seitenbeschleunigung 1,0 m/s ² Graz Hbf – Lassnitztal (bei Fahrplanvariante A)	
Ausbau Graz Ostbf – Messendorf 120 km/h (bei Fahrplanvariante A)	

6. Maßnahmen für einen ITF in Zentraleuropa

Kreuzungsgefüge bei Fahrplanvariante A			
Zug G – Feg		Pufferzeit	Zug Feg - G
ab ..34,0	Graz Hbf		an ..26,0 (26,0)
Systemkreuzung Lassnitztal			
an ..59,0	Lassnitztal	1,2' (+ 0,0')	ab ..00,2
ab ..00,0	Lassnitztal	0,8' (+ 1,6')	an ..59,2
an ..27,4 (29,0)	Fehring		ab ..31,0

Neubaustrecke Graz – Gleisdorf und weitere Ausbauszenarien östlich von Gleisdorf

Für den Abschnitt Graz/Raaba – Gleisdorf gibt es langfristige Planungen für eine Neubaustrecke, mit der auch die "Steirische Ostbahn" direkt an die Koralmbahn angeschlossen werden soll. Bei deren Umsetzung wäre durch die Fahrzeitverkürzung für den REX eine Kreuzung statt in Lassnitztal in Gleisdorf möglich und somit auch dort ein Taktknoten für die Anbindung der Strecke nach Weiz sowie regionaler Buslinien. Die gewonnene Fahrzeit zwischen Graz und Gleisdorf müsste aber im weiteren Abschnitt bis Fehring wieder kompensiert werden (z. B. durch zusätzliche Halte), da der Taktknoten Fehring nicht aufgelassen werden sollte.

Die genannte Neubaustrecke ist also aus ITF-Sicht nicht zwingend erforderlich, wenn auch sie in Bezug auf Gleisdorf eine weitere Verbesserung ermöglicht. Es sollte daher vorerst die Bestandsstrecke entsprechend den obigen Vorschlägen (Elektrifizierung, etc.) ertüchtigt werden.

Erst wenn durch einen Anstieg des Güterverkehrs in der Relation Koralmbahn – Ungarn, für den die Verbindung zur Koralmbahn primär konzipiert ist, die Kapazität der Bestandsstrecke nicht mehr ausreichen sollte, wäre die genannte Neubaustrecke erforderlich. Damit die Investitionen in die Bestandsstrecke (Elektrifizierung, aber auch die bereits in die Ausweichbahnhöfe Aital und Lassnitztal getätigten Investitionen) bei einem Bau der Neubaustrecke nicht als verlorener Aufwand gelten, wird empfohlen diese Neubaustrecke nur in der eingleisigen Variante zu errichten und die bestehende Strecke über Lassnitzhöhe für den Regionalverkehr beizubehalten.

Östlich von Gleisdorf ist auch langfristig kein höheres Geschwindigkeitsniveau als 120 km/h erforderlich, da eine mit einem weitgehenden Ausbau auf 160 km/h und/oder weniger Halten (also ein echter Fernverkehr statt eines REX) zwar theoretisch denkbare Kantenfahrzeit Graz – Szombathely von 90' (ohne Unterwegsknoten Fehring) nicht mit dem übergeordneten Knotengefüge kompatibel ist.

6. Maßnahmen für einen ITF in Zentraleuropa

6.2.2.36. Fehring – Szombathely

Ausgangslage

Ideale Soll-Fahrzeit inkl. Unterwegshalte	55,0'
Fahrzeit Referenzfall	79,6' (in Fahrtrichtung Fehring)
Erforderliche Fahrzeitverkürzung	24,6'
Infrastruktur im Referenzfall: Bestandsinfrastruktur 2009, Dieseltraktion (Fahrzeitberechnung mit ÖBB-Baureihe 2016) Unterwegshalte: Hohenbrugg a. d. Raab 0,5', Jennersdorf 1', Mogersdorf 0,5', Szentgotthárd 3', Körmend 1'	

Hinsichtlich der gewählten Unterwegshalte gilt das in Kapitel 6.2.2.35 gesagte.

Mögliche Maßnahmen zur Fahrzeitverkürzung

Seitens der Raaberbahn wird die Strecke Szombathely – Szentgotthárd elektrifiziert und für 120 km/h ertüchtigt. Gleichzeitig wird diese Strecke elektrifiziert. Die Fahrzeitverkürzung infolge der höheren Geschwindigkeit beträgt 18,4'.

Für einen durchgehenden Verkehr ist auch die Elektrifizierung des österreichischen Streckenabschnittes erforderlich. Der Fahrzeitgewinn infolge der Elektrifizierung der Gesamtstrecke Szombathely – Fehring beträgt 2,2'.

Zusätzlich dazu müsste auch der Abschnitt Szombathely – Fehring für eine Geschwindigkeit von 120 km/h ertüchtigt werden, wozu neben einer Oberbausanierung die technische Sicherung oder Auflassung sämtlicher Eisenbahnkreuzungen erforderlich wäre. Dadurch kann die Fahrzeit nochmals um 4,8' verkürzt werden.

Gewählte Soll-Fahrzeit und erforderliche Maßnahmen

Gewählte Soll-Fahrzeit gem. Netzgrafik	56,0'
Fahrzeit Referenzfall	79,6' (in Fahrtrichtung Fehring)
Erforderliche Fahrzeitverkürzung gem. Netzgrafik	23,6'
Unbedingt erforderliche Maßnahmen zur Sicherstellung der Soll-Fahrzeit	
Ausbau Szombathely – Szentgotthárd 120 km/h	18,4'
Elektrifizierung	2,2'
Ausbau Szentgotthárd – Fehring 120 km/h	4,8'
SUMME	25,4'

Zusätzliche Maßnahmen aufgrund des Kreuzungsgefüges

Bei der Fahrplanvariante A ist eine Systemkreuzung zwischen Fehring und Szombathely erforderlich. Auch bei der Fahrplanvariante B wäre diese Systemkreuzung bei einer Verdichtung auf einen Stundentakt erforderlich. Diese Systemkreuzung kann im Bahnhof Rátót abgewickelt werden. Aufgrund des erforderlichen Kreuzungshaltes verlängert sich die Fahrzeit geringfügig.

6. Maßnahmen für einen ITF in Zentraleuropa

Kreuzungsgefüge bei Fahrplanvariante A			
Zug Feg – Szomb.		Pufferzeit	Zug Szomb. - Feg
ab ..31,0	Fehring		an ..28,6 (29,0)
Systemkreuzung Rátót			
an ..59,4	Rátót	0,8' (+ 0,4')	ab ..00,2
ab ..00,4	Rátót	1,2' (+ 0,4')	an ..59,2
an ..26,6 (27,0)	Szombathely		ab ..33,0

6.2.2.37. Graz – Maribor

Ausgangslage

Ideale Soll-Fahrzeit inkl. Unterwegshalte	30,0'
Fahrzeit Referenzfall	47,4' (in Fahrtrichtung Graz)
Erforderliche Fahrzeitverkürzung	17,4'
Infrastruktur im Referenzfall: Ausbau Lebring – Leibnitz für 160 km/h, ansonsten Bestandsinfrastruktur 2009 Unterwegshalte: Leibnitz 1', Spielfeld-Straß 3'	

Mögliche Maßnahmen zur Fahrzeitverkürzung

Im Abschnitt Graz – Spielfeld-Straß wird im Zuge des geplanten durchgehenden zweigleisigen Ausbaues auch die Geschwindigkeit angehoben. Der derzeit noch eingleisige Abschnitt Werndorf – Lebring wird dabei für 160 km/h ausgelegt, wodurch sich eine Fahrzeitverkürzung von 1,7' ergibt.

Im zweiten noch eingleisigen Abschnitt Leibnitz– Spielfeld-Straß ist die Ausbaugeschwindigkeiten entsprechend der topographischen Verhältnisse abgestuft: Von Lebring bis in den Raum Wagna 160 km/h, weiter bis Ehrenhausen 150 km/h und von Ehrenhausen bis Spielfeld-Straß 120 km/h. Die mögliche Fahrzeitverkürzung in diesem Abschnitt beträgt 1,8'.

Um das langfristige Fahrzeitziel zu erreichen, ist auch ein weiterer Streckenausbau in Slowenien erforderlich. Mit einer Ausbaugeschwindigkeit von 160 km/h bis zur Staatsgrenze sowie 120 km/h im Bahnhofsbereich Spielfeld-Straß ist eine Fahrzeitverkürzung von 6,6' möglich. Darin ist auch eine Streckenverkürzung um 0,7 km eingerechnet, die sich durch neue – für die Ausbaugeschwindigkeit erforderliche – Tunnelabschnitte nördlich von Maribor und im Bereich von Šentilj ergeben würde.

Eine weitere Verkürzung der Fahrzeit um 4,1' wird durch den Entfall des Haltes in Spielfeld-Straß ermöglicht. Dies erfordert aber entweder einen aufenthaltslosen Stromsystemwechsel oder eine Verlegung des Stromsystemwechsels nach Maribor (also eine Elektrifizierung der Strecke Spielfeld-Straß – Maribor mit 15 kV/16 2/3 Hz).

Um die Kantenfahrzeit zu ermöglichen, ist zusätzlich der Entfall des Haltes Leibnitz erforderlich, wodurch sich die Fahrzeit um weitere 2,5' verkürzt. Diese restriktivere Haltepolitik entspricht dann auch dem Charakter einer europäischen Schnellverbindung Wien – Zagreb mit einer Fahrzeit von unter 3,5h.

6. Maßnahmen für einen ITF in Zentraleuropa

Die Anhebung der Seitenbeschleunigung im Abschnitt Wagna – Ehrenhausen – Spielfeld liefert ebenfalls einen kleinen Beitrag (0,3') zur Fahrzeitverkürzung.

Gewählte Soll-Fahrzeit und erforderliche Maßnahmen

Gewählte Soll-Fahrzeit gem. Netzgrafik	30,0'
Fahrzeit Referenzfall	47,4' (in Fahrtrichtung Graz)
Erforderliche Fahrzeitverkürzung gem. Netzgrafik	17,4'
Unbedingt erforderliche Maßnahmen zur Sicherstellung der Soll-Fahrzeit	
Ausbau Werndorf – Lebring 160 km/h	1,7'
Ausbau Leibnitz – Spielfeld-Straß 160/150/120 km/h	1,7'
Ausbau Spielfeld – Maribor 160 km/h	7,3'
Entfall Halt Spielfeld-Straß	4,1'
Entfall Halt Leibnitz	2,5'
Erhöhte Seitenbeschleunigung 1,0 m/s ²	0,4'
SUMME	17,7'

Mit den gewählten Maßnahmen wird eine Fahrzeit von 30' ermöglicht. Die gewünschte Kantenfahrzeit von 30' ist somit mit einer Knotenasymmetrie in Maribor möglich. In Graz muss der Zug nach Maribor jedenfalls vor dem Zug nach Klagenfurt ausfahren (bzw. symmetrisch dazu in der Gegenrichtung).

Weiters hat die Knotenasymmetrie in Maribor zur Folge, dass auf den weiterführenden Kanten nach Celje und Zagreb (Krapina-Korridor) zusätzlich Fahrzeit eingespart werden muss.

Zusätzliche Maßnahmen aufgrund des Kreuzungsgefüges

Es wird davon ausgegangen, dass mit den Maßnahmen zur Fahrzeitverkürzung ohnehin auch der durchgehende zweigleisige Ausbau erfolgt.

Bei der Fahrplanvariante B liegt die Systemkreuzung im Bereich Werndorf – Wildon, bei der Fahrplanvariante A findet zwischen Graz und Maribor keine Systemkreuzung statt.

6.2.2.38. Villach – Ljubljana

Ausgangslage

Ideale Soll-Fahrzeit inkl. Unterwegshalte	84,0
Fahrzeit Referenzfall	90,8' (in Fahrtrichtung Ljubljana)
Erforderliche Fahrzeitverkürzung	6,8'
Infrastruktur im Referenzfall: Bestandsinfrastruktur 2009 Unterwegshalte: Jesenice 3', Lesce-Bled 1', Kranj 1'	

Mögliche Maßnahmen zur Fahrzeitverkürzung

Im Streckenabschnitt Villach – Jesenice können durch folgende Optimierungen Fahrzeitverkürzungen erzielt werden.

- Ausfahrt Villach bis km 0,76 mit 60 statt 40 km/h, ab km 0,76 100 km/h
- Verbindung Villach Süd Gvbf Auen – Villach Süd Gvbf Ost mit 100 km/h statt 80 km/h
- Durchfahrt Rosenbach mit 70 statt 60 km/h

6. Maßnahmen für einen ITF in Zentraleuropa

- Einfahrt Jesenice mit 70 statt 40 km/h

Dabei handelt es sich um Beseitigung der weichenbedingten Einschränkungen im VzG, d.h. es sind entsprechende Anpassungen der Weichensituation erforderlich. Die Fahrzeit kann dadurch um 3,0' reduziert werden.

Mit erhöhter Seitenbeschleunigung ist eine zusätzliche Fahrzeitverkürzung von 1,5' möglich.

Für den Streckenabschnitt Ljubljana – Jesenice gibt es seitens des Slowenischen Verkehrsministeriums Planungen für einen großzügigen Ausbau. Mit der Realisierung des ersten Abschnittes, einer 30 km langen Neubaustrecke Ljubljana – Kranj über den Flughafen Brnik (vgl. [43]), müsste bei einer Ausbaugeschwindigkeit von 160 km/h eine Fahrzeitverkürzung von ca. 8' möglich sein. Allenfalls sind noch zusätzliche Optimierungen zwischen Kranj und Jesenice erforderlich, jedoch kein durchgehender Ausbau für 160 km/h bis Jesenice.

Gewählte Soll-Fahrzeit und erforderliche Maßnahmen

Gewählte Soll-Fahrzeit gem. Netzgrafik	80,0'
Fahrzeit Referenzfall	90,8' (in Fahrtrichtung Ljubljana)
Erforderliche Fahrzeitverkürzung gem. Netzgrafik	10,8'
Unbedingt erforderliche Maßnahmen zur Sicherstellung der Soll-Fahrzeit	
Optimierung Villach Hbf – Jesenice	3,0'
Erhöhte Seitenbeschleunigung Villach – Jesenice 1,0 m/s ²	1,5'
Neubaustrecke Ljubljana – Brnik – Kranj	in Summe mind. 6,3'
Geringfügige Optimierungen Kranj – Jesenice	
SUMME	mind. 10,8'

Zusätzliche Maßnahmen aufgrund des Kreuzungsgefüges

Die erste Systemkreuzung (bei Fahrplanvariante A) erfolgt zwischen dem Bahnhof Rosenbach und der Staatsgrenze, also im Bereich des derzeit bereits zweigleisig ausgebauten Karawankentunnels.

Die zweite Systemkreuzung (bei Fahrplanvariante B) erfolgt zwischen den Bahnhöfen Lesce-Bled und Kranj, hier ist allenfalls eine zusätzliche Kreuzungsmöglichkeit erforderlich.

6. Maßnahmen für einen ITF in Zentraleuropa

Unbedingt erforderliche Maßnahmen aufgrund des Kreuzungsgefüges	
Zweigleisigkeit Rosenbach – Jesenice (bereits vorhanden) (bei Fahrplanvariante A)	
Kreuzungsmöglichkeit zwischen Lesce-Bled und Kranj (Lage von vorhandenen Bahnhöfen ist zu prüfen, evtl. ist eine zusätzliche Kreuzungsmöglichkeit erforderlich) (bei Fahrplanvariante B)	

6.2.2.39. Villach – Udine

Ausgangslage

Ideale Soll-Fahrzeit inkl. Unterwegshalte	57,5'
Fahrzeit Referenzfall	63,0' (in Fahrtrichtung Udine)
Erforderliche Fahrzeitverkürzung	5,5'
Infrastruktur im Referenzfall: Bestandsinfrastruktur 2009 Unterwegshalte: Tarvisio Boscoverde 3'	

Die errechnete Fahrzeit im Referenzfall liegt deutlich unter der auf Basis des Fahrplans 2009 ermittelten möglichen Fahrzeit von 78' (87' abzgl. 9' Aufenthaltverkürzung Tarvisio). Die Fahrzeit laut Fahrplan 2009 nützt also die Möglichkeiten der Infrastruktur im italienischen Streckenabschnitt bei weitem nicht aus.

Mögliche Maßnahmen zur Fahrzeitverkürzung

Die Maßnahmen der Kante Villach – Ljubljana im Bereich Villach Hbf – Villach Westbf kommen auch dieser Kante zu Gute. Die Fahrzeitverkürzung dadurch beträgt 1,7'.

Mit erhöhter Seitenbeschleunigung ($1,0 \text{ m/s}^2$) auf dem österreichischen Streckenabschnitt ist eine weitere Fahrzeitverkürzung von 1,1' möglich.

Im italienischen Streckenabschnitt basieren die Höchstgeschwindigkeiten für Schnellzüge bereits auf einer Seitenbeschleunigung von $1,0 \text{ m/s}^2$ (Zugklasse "C"). Hier ist aus diesem Titel keine weitere Fahrzeitverkürzung möglich.

Um die Kantenfahrzeit zu ermöglichen, ist daher ein Entfall des Haltes in Tarvisio Boscoverde erforderlich (und somit ein aufenthaltsloser Systemwechsel). Dadurch kann die Fahrzeit um 4,1' gekürzt werden.

Gewählte Soll-Fahrzeit und erforderliche Maßnahmen

Gewählte Soll-Fahrzeit gem. Netzgrafik	57,0'
Fahrzeit Referenzfall	63,0' (in Fahrtrichtung Udine)
Erforderliche Fahrzeitverkürzung gem. Netzgrafik	6,0'
Unbedingt erforderliche Maßnahmen zur Sicherstellung der Soll-Fahrzeit	
Optimierung Villach Hbf – Villach Westbf	1,7'
Erhöhte Seitenbeschleunigung Villach Hbf – Staatsgrenze $1,0 \text{ m/s}^2$	1,1'
Entfall Halt Tarvisio Boscoverde	4,1'
SUMME	6,9'

6. Maßnahmen für einen ITF in Zentraleuropa

6.2.2.40. Innsbruck – Bolzano/Bozen

Ausgangslage

Ideale Soll-Fahrzeit inkl. Unterwegshalte	55,5'
Fahrzeit Referenzfall	101,2' (in Fahrtrichtung Bolzano/Bozen)
Erforderliche Fahrzeitverkürzung	45,7'
Infrastruktur im Referenzfall: Bestandsinfrastruktur 2009 Unterwegshalte: Brennero/Brenner 3', Fortezza/Franzensfeste 2', Bressanone/Brixen 1'	

Hinsichtlich der Fahrzeit im Referenzfall gilt das für die Kante Villach – Udine gesagte. Auch hier ergibt sich auf Basis der Fahrzeitrechnung eine um ca. 10' kürzere Fahrzeit als gemäß des Fahrplans 2009 (111' = 120' abzgl. 9' Aufenthaltskürzung Brennero/Brenner).

Mögliche Maßnahmen zur Fahrzeitverkürzung

Mit dem Brennerbasistunnel ist eine Fahrzeitverkürzung von ca. 44,2' möglich. Dabei ist eine Streckenverkürzung um 19,4 km, eine Höchstgeschwindigkeit von 230 km/h sowie eine maximale Neigung von 7,5 ‰ zu Grunde gelegt. Weiters ist darin auch eine Erhöhung der Ausfahrgeschwindigkeit aus Innsbruck Hbf auf 60 km/h unterstellt. Derzeit erlaubt hier die Signalisierung nur eine Geschwindigkeit von 40 km/h, was einen Zeitverlust von 0,7' zur Folge hat.

Zur weiteren Fahrzeitverkürzung um 2,9' trägt der Entfall des Haltes in Fortezza/Franzensfeste (ca. 1000 Einwohner) bei. Die Verknüpfung in Richtung Pustertal müsste dann im Bahnhof Bressanone/Brixen erfolgen, wofür die sogenannte Riggertalschleife (direkte Anbindung der Pustertalstrecke Richtung Süden) erforderlich wäre.

Der im Zuge des Brennerbasistunnels geplante weitere Streckenausbau südlich von Fortezza/Franzensfeste mit umfangreichen Tunnelbauten ist aufgrund der Umfahrung des Bahnhofs Bressanone/Brixen sowie des Knotens Bolzano/Bozen für den Personenverkehr weitgehend irrelevant. Eine weitere Fahrzeitverkürzung ist aber zur Einhaltung der Kantenfahrzeit ohnehin nicht erforderlich.

Gewählte Soll-Fahrzeit und erforderliche Maßnahmen

Gewählte Soll-Fahrzeit gem. Netzgrafik	55,0'
Fahrzeit Referenzfall	101,2' (in Fahrtrichtung Bolzano/Bozen)
Erforderliche Fahrzeitverkürzung gem. Netzgrafik	46,2'
Unbedingt erforderliche Maßnahmen zur Sicherstellung der Soll-Fahrzeit	
Brennerbasistunnel (inkl. Optimierung Ausfahrt Innsbruck)	44,2'
Entfall Halt Fortezza/Franzensfeste (zzgl. Riggertalschleife zwecks Anbindung Pustertal)	2,9'
SUMME	47,1'

Der Bahnhof Bressanone/Brixen würde mit diesen Maßnahmen fahrzeitmäßig auf halbem Weg zwischen Innsbruck und Bolzano/Bozen liegen und somit ebenfalls einen Taktknoten darstellen.

6.2.3. Maßnahmen außerhalb Österreichs

Für jene Kanten, die zur Gänze außerhalb Österreichs liegen, wurden keine konkreten Maßnahmenvorschläge ermittelt. In den nachstehenden Tabellen sind für diese Kanten die Fahrzeiterfordernisse gemäß der Netzgrafik sowie sich dadurch ergebende erforderliche mittlere Höchstgeschwindigkeiten angegeben. Zu Vergleichszwecken sind auch die Werte des Referenzfalls angegeben.

Die Angabe einer mittleren Höchstgeschwindigkeit kann zwar eine genaue Maßnahmendefinition basierend auf einer Fahrzeitberechnung nicht ersetzen, gibt aber einen Richtwert für mögliche Maßnahmen vor. Auf Basis dieses Richtwertes wurden grobe Aussagen hinsichtlich der Ausbauerfordernisse getroffen und in die Tabellen aufgenommen. Dabei fließen in Einzelfällen auch bereits konkrete Maßnahmen ein, die in den jeweiligen Ländern in Diskussion oder bereits in Umsetzung sind.

In den ermittelten mittleren Höchstgeschwindigkeiten sind in einigen Fällen Annahmen über entfallende Zwischenhalte berücksichtigt. Die Veränderung der Anzahl an Zwischenhalten ist ebenfalls aus den nachstehenden Tabellen ersichtlich.

6.2.3.1. Deutschland

Mit dem laufenden Ausbau Petershausen – Ingolstadt wird eine Fahrzeit Nürnberg – Ingolstadt von 59 Minuten angestrebt [45], was bei einer Kantenfahrzeit von 60 Minuten schon leichte Knotenasymmetrien erfordert. Ideal wäre eine Fahrzeit von ca. 55 Minuten.

Bei einer Fahrzeit von 59 Minuten ist mit den vorgeschlagenen Maßnahmen auf den weiterführenden Kanten München – Salzburg/Wörgl ein bahnsteiggleicher Übergang in der Relation Nürnberg – Salzburg erforderlich.

Der Anschluss Nürnberg – Augsburg (und darüber hinaus) kann unter Umständen entfallen, da für diese Relation direkte, nicht über München geführte Züge Nürnberg – Augsburg herangezogen werden können.

von	nach	$t_{t,1}$	H_1	$V_{th,1}$	$t_{t,ref}$	H_{ref}	$V_{th,ref}$	Anmerkung zu den möglichen Maßnahmen
München Hbf	Nürnberg Hbf	59	0	237	62	0	223	Ausbau Petershausen – Ingolstadt, Fahrzeitverkürzung 3 Minuten laut [45]
Passau Hbf	Regensburg Hbf	60	1	118	62	1	114	
Regensburg Hbf	Nürnberg Hbf	51	0	134	51	0	134	
Praha hl. n.	Dresden Hbf	116	4	125	137	4	101	evtl. Neutrassierung Praha – Vraňany als erste Etappe einer durchgehenden Hochgeschwindigkeitsstrecke (wird auch in [41] vorgeschlagen)
München Hbf	Wörgl Hbf							siehe Kapitel 6.2.2
München Hbf	Salzburg Hbf							siehe Kapitel 6.2.2
Wörgl Hbf	Salzburg Hbf							siehe Kapitel 6.2.2
Passau Hbf	Linz Hbf							siehe Kapitel 6.2.2

6. Maßnahmen für einen ITF in Zentraleuropa

6.2.3.2. Italien

Die Führung des Fernverkehrs Udine – Venezia Mestre über Cervignano ermöglicht eine Bündelung mit der Relation Ljubljana – Trieste – Venezia Mestre. Somit kann der Ausbaubedarf minimiert werden.

Zwischen Venezia Mestre und Verona wird die Kantenfahrzeit mit der geplanten Neubaustrecke Padova – Verona ermöglicht bzw. auch unterboten werden können.

Auf der Kante Bolzano/Bozen – Verona sind nur minimale Fahrzeitverkürzungen erforderlich.

von	nach	$t_{t,1}$	H_1	$V_{th,1}$	$t_{t,ref}$	H_{ref}	$V_{th,ref}$	Anmerkung zu den möglichen Maßnahmen
Bolzano/Bozen	Verona PN	85	2	128	86	2	126	
Verona PN	Venezia Mestre	53	2	165	58	2	148	Neubaustrecke Padova – Verona bereits in Planung laut [46]. Damit sollte sich die erforderliche Fahrzeit auch unterboten werden können.
Udine	Venezia Mestre	57	1	169	89	3	107	Führung des Fernverkehrs über Cervignano, dann kann ein Ausbau Venezia Mestre – Cervignano für 200 km/h auch für die Kante Venezia – Ljubljana genutzt werden. Ggf. Ausbau Cervignano – Udine erforderlich. Ein Ausbau Venezia Mestre – Treviso – Udine kann somit entfallen.
Venezia Mestre	Ljubljana	144	7	144	224	9	89	Neubaustrecke Trieste – Divača, weitere Linienverbesserungen Divača – Ljubljana. Ausbau Venezia Mestre – Cervignano für ~200 km/h in Zusammenhang mit der Kante Venezia – Udine.
Udine	Villach							siehe Kapitel 6.2.2
Bolzano/Bozen	Innsbruck							siehe Kapitel 6.2.2

6.2.3.3. Slowenien

Der Knoten Celje erfordert einen massiven Streckenausbau zwischen Pragersko und Celje, der topographisch sehr ungünstige Abschnitt Celje – Zidani Most kann hingegen weitgehend unverändert bleiben.

Zwischen Zidani Most und Ljubljana ist dann wieder ein großzügigerer Ausbau erforderlich, der aber auch der Relation Zagreb – Ljubljana zu Gute kommt.

Dieser Ausbau kann aber aufgrund des asymmetrischen Knotens in Zidani Most, der sich wiederum aus der entspannten Fahrzeitsituation Celje – Zidani Most ergibt, etwas weniger aufwändig erfolgen, als es für eine Kantenfahrzeit von 30 Minuten eigentlich erforderlich wäre (statt einer Fahrzeit von ca. 25 Minuten genügt hier eine Fahrzeit von 33 Minuten).

Bis zur Errichtung der Neubaustrecke Maribor – Zagreb (Krapina-Korridor) ist die Relation Maribor – Zagreb mit einer Kantenfahrzeit von 120 statt 60 Minuten über Zidani Most möglich. Der Krapina-Korridor kann somit umgesetzt werden, ohne dass sich

6. Maßnahmen für einen ITF in Zentraleuropa

dadurch im restlichen Netz der Slowenischen Eisenbahn zusätzliche Maßnahmen ergeben. Aufgrund der Knotenasymmetrie in Maribor, die sich aus der möglichen Fahrzeit Graz – Maribor ergibt, ist für den Krapina-Korridor eine etwas kürzere Fahrzeit als die in [38] genannten 55 Minuten erforderlich. Dadurch ergibt sich möglicherweise eine Notwendigkeit für einen teilweisen Ausbau des Krapina-Korridors für 200 km/h (statt 160 km/h).

Großzügige Streckenausbauten sind auch auf den internationalen Kanten Maribor – Graz sowie Ljubljana – Venezia Mestre erforderlich, während zwischen Ljubljana und Villach der Ausbau von Teilabschnitten genügt (siehe Kapitel 6.2.2)

von	nach	$t_{t,1}$	H_1	$V_{th,1}$	$t_{t,ref}$	H_{ref}	$V_{th,ref}$	Anmerkung zu den möglichen Maßnahmen
Venezia Mestre	Ljubljana	144	7	144	224	9	89	Neubaustrecke Trieste – Divača, weitere Linienverbesserungen Divača – Ljubljana. Ausbau Venezia Mestre – Cervignano für ~200 km/h in Zusammenhang mit der Kante Venezia – Udine.
Ljubljana	Zidani Most	33	0	135	52	0	83	Weitgehende Neutrassierung
Zidani Most	Zagreb gl. kol.	49	2	130	69	3	87	Weitgehende Neutrassierung, Fokus sollte im topographisch einfacheren Bereich südlich von Sevnica liegen
Zidani Most	Celje	18	0	98	23	1	83	einzelne Linienverbesserungen und/oder sonstige Optimierungen (bei auch künftigem Einsatz von Neigetechneizügen zwischen Maribor und Ljubljana ist hier keine Fahrzeitverkürzung erforderlich, diese Fahrzeit wird bereits 2009 erreicht)
Celje	Maribor	26	0	186	53	1	89	Weitgehende Neutrassierung Pragersko – Celje, Maribor – Pragersko Ausbau für 200 km/h (bestehende Trassierung)
Maribor	Zagreb gl. kol.	50	0	150	55	0	136	Strecken Neubau (Krapina-Korridor), Ausbaugeschwindigkeit evtl. abschnittsweise 200 km/h
Maribor	Graz Hbf							siehe Kapitel 6.2.2
Ljubljana	Villach							siehe Kapitel 6.2.2

6.2.3.4. Kroatien

Mit einem Geschwindigkeitsniveau von 160 km/h oder darunter kann auf den untersuchten Kanten das Auslangen gefunden werden.

von	nach	$t_{t,1}$	H_1	$V_{th,1}$	$t_{t,ref}$	H_{ref}	$V_{th,ref}$	Anmerkung zu den möglichen Maßnahmen
Zidani Most	Zagreb gl. kol.	49	2	130	69	3	87	Weitgehende Neutrassierung, Fokus sollte im topographisch einfacheren Bereich südlich von Sevnica liegen
Maribor	Zagreb gl. kol.	50	0	150	55	0	136	Strecken Neubau (Krapina-Korridor), 160-200 km/h
Zagreb gl. kol.	Koprivnica	55	1	112	64	1	96	Streckenausbau für ~140 km/h
Koprivnica	Nagykanizsa	28	0	114	41	1	86	Schleife Gyékényes sowie Streckenausbau für ~140 km/h

6. Maßnahmen für einen ITF in Zentraleuropa

6.2.3.5. Ungarn

Mit einem Geschwindigkeitsniveau von 160 km/h oder darunter kann auf den untersuchten Kanten weitgehend das Auslangen gefunden werden. Zwischen Szolnok und Debrecen ist zumindest abschnittsweise ein Geschwindigkeitsniveau von 200 km/h erforderlich.

von	nach	$t_{i,1}$	H_1	$V_{th,1}$	$t_{i,ref}$	H_{ref}	$V_{th,ref}$	Anmerkung zu den möglichen Maßnahmen
Nové Zámky	Budapest Keleti	85	2	105	98	2	90	Streckenausbau für ~120 km/h (evtl. abschnittsweise höhere Geschwindigkeit erforderlich, da Ausbaumöglichkeiten innerhalb des Budapester Stadtgebietes beschränkt sind)
Győr	Budapest Keleti	84	1	115	86	1	112	einzelne Linienverbesserungen und/oder sonstige Optimierungen
Budapest Keleti	Szolnok	53	0	129	79	0	85	Streckenausbau für ~140-160 km/h
Szolnok	Debrecen	57	2	160	73	2	118	Streckenausbau für ~160-200 km/h
Budapest Keleti	Miskolc Tiszai pu.	109	1	114	119	1	104	einzelne Linienverbesserungen und/oder sonstige Optimierungen
Sopron	Győr	51	2	127	56	2	111	Streckenausbau für ~140 km/h
Sopron	Szombathely	52	1	84	56	1	78	
Győr	Szombathely	57	1	129	69	1	103	Streckenausbau für ~140-160 km/h
Koprivnica	Nagykanizsa	28	0	114	41	1	86	Schleife Gyékényes, ansonsten Streckenausbau für ~140 km/h
Nagykanizsa	Zalaszentiván	28	0	133	42	0	86	Streckenausbau für ~140-160 km/h
Zalaszentiván	Szombathely	28	0	123	39	1	90	Streckenausbau für ~140 km/h
Szombathely	Fehring							siehe Kapitel 6.2.2
Győr	Wien Hbf							siehe Kapitel 6.2.2
Sopron	Wr. Neustadt							siehe Kapitel 6.2.2

6. Maßnahmen für einen ITF in Zentraleuropa

6.2.3.6. Slowakei

Mit einem Geschwindigkeitsniveau von 160 km/h oder darunter kann auf den untersuchten Kanten das Auslangen gefunden werden.

von	nach	$t_{t,1}$	H_1	$V_{th,1}$	$t_{t,ref}$	H_{ref}	$V_{th,ref}$	Anmerkung zu den möglichen Maßnahmen
Bohumín	Žilina	82	5	98	112	5	68	Streckenausbau für 120 km/h (evtl. nur selektiver Ausbau jedoch mit höherer Geschwindigkeit)
Žilina	Přerov	135	5	88	133	5	90	
Žilina	Poprad-Tatry	88	1	110	96	1	100	einzelne Linienverbesserungen und/oder sonstige Optimierungen
Poprad-Tatry	Košice	57	1	124	66	1	104	Streckenausbau für ~140 km/h
Břeclav	Bratislava hl. st.	43	0	131	52	1	113	Haltentfall Kúty, Streckenausbau für ~140-160 km/h
Bratislava hl. st.	Nové Zámky	42	0	149	51	0	122	Streckenausbau für ~160-200 km/h
Nové Zámky	Budapest Keleti pu.	85	2	105	98	2	90	Streckenausbau für ~120 km/h (evtl. abschnittsweise höhere Geschwindigkeit erforderlich, da Ausbaumöglichkeiten innerhalb des Budapester Stadtgebietes beschränkt sind)
Bratislava hl. st.	Žilina	100	2	144	130	2	107	
Bratislava hl. st.	Žilina (schnelleres Zugsystem)	127	9	140	160	9	100	Streckenausbau für ~160 km/h
Bratislava hl. st.	Wien Hbf							siehe Kapitel 6.2.2

6. Maßnahmen für einen ITF in Zentraleuropa

6.2.3.7. Tschechien

Der Netzgrafik sowie nachstehender Tabelle liegt eine leichte Knotenaysmmetrie in Ústí nad Orlicí zu Grunde, wodurch die Fahrzeiterfordernisse zwischen Ústí nad Orlicí und Brno sowie Přerov etwas entspannt werden können.

Mit einem Geschwindigkeitsniveau von 160 km/h oder darunter kann auf den untersuchten Kanten weitgehend das Auslangen gefunden werden. Zwischen Brno und Břeclav ist evtl. abschnittsweise eine Geschwindigkeitsanhebung auf 200 km/h erforderlich.

von	nach	$t_{f,1}$	H_1	$V_{th,1}$	$t_{f,ref}$	H_{ref}	$V_{th,ref}$	Anmerkung zu den möglichen Maßnahmen
České Budějovice	Veselí nad Lužnicí	25	0	108	31	0	86	Streckenausbau für 120-140 km/h (evtl. nur selektiver Ausbau jedoch mit höherer Geschwindigkeit)
Veselí nad Lužnicí	Praha hl. n.	86	6	127	121	6	81	Streckenausbau für ~140 km/h (evtl. nur selektiver Ausbau jedoch mit höherer Geschwindigkeit)
Praha hl. n.	Dresden Hbf	116	4	125	137	4	101	evtl. Neutrassierung Praha – Vraňany als erste Etappe einer durchgehenden Hochgeschwindigkeitsstrecke (wird auch in [41] vorgeschlagen) sowie ggf. weitere Optimierungen
Praha hl. n.	Pardubice hl. n.	54	1	138	66	1	109	Streckenausbau für ~160 km/h
Pardubice hl. n.	Ústí nad Orlicí	25	0	141	27	0	130	Streckenausbau für ~160 km/h
Ústí nad Orlicí	Brno hl. n.	61	0	111	69	0	98	einzelne Linienverbesserungen und/oder sonstige Optimierungen
Brno hl. n.	Břeclav	27	0	154	35	0	115	Streckenausbau für ~160-200 km/h
Ústí nad Orlicí	Přerov	61	1	145	68	1	128	Streckenausbau für ~160 km/h
Přerov	Břeclav	52	0	131	60	3	131	Entfall der Zwischenhalte
Přerov	Bohumín	52	2	141	58	2	120	Streckenausbau für ~160 km/h
Bohumín	Katowice	57	0	111	85	1	76	Entfall Halt Zebrzydowice, Streckenausbau für ~140 km/h
Bohumín	Opole Gl.	56	2	136	89	3	84	Streckenausbau für ~160 km/h
Wrocław Gl.	Ústí nad Orlicí	139	11	102	193	11	69	Streckenausbau für 120 km/h (evtl. nur selektiver Ausbau jedoch mit höherer Geschwindigkeit)
Bohumín	Žilina	82	5	98	112	5	68	Streckenausbau für 120 km/h (evtl. nur selektiver Ausbau jedoch mit höherer Geschwindigkeit)
Žilina	Přerov	135	5	88	133	5	90	
Břeclav	Bratislava hl. st.	43	0	131	52	1	113	Haltentfall Kúty, Streckenausbau für ~140-160 km/h
Praha hl. n.	Bohumín (schnelleres Zugsystem)	177	4	149	198	4	132	Streckenausbau für ~160 km/h
Břeclav	Wien Hbf							siehe Kapitel 6.2.2
České Budějovice	Linz Hbf							siehe Kapitel 6.2.2

6. Maßnahmen für einen ITF in Zentraleuropa

6.2.3.8. Polen

Mit einem Geschwindigkeitsniveau von 160 km/h oder darunter kann auf den untersuchten Kanten weitgehend das Auslangen gefunden werden. Lediglich zwischen Katowice und Opole ist möglicherweise auf Teilabschnitten ein höheres Geschwindigkeitsniveau erforderlich. Dieses kann zwischen Kędzierzyn-Koźle und Opole auch von der Kante Bohumín – Opole genutzt werden, womit der Ausbaubedarf zwischen Bohumín und Kędzierzyn-Koźle etwas entspannt wird.

Diese Überlegungen beruhen bereits auf einer leichten Knotenasymmetrie in Opole, wodurch der im System aber aufgrund des Umweges ohnehin nicht benötigte Anschluss Bohumín – Opole – Katowice entfällt.

von	nach	$t_{t,1}$	H_1	$V_{th,1}$	$t_{t,ref}$	H_{ref}	$V_{th,ref}$	Anmerkung zu den möglichen Maßnahmen
Bohumín	Katowice	57	1	115	85	1	76	Streckenausbau für ~140 km/h
Bohumín	Opole Gl.	56	2	136	89	3	84	Haltentfall Chałupki Streckenausbau für ~140-160 km/h gemeinsame Nutzung des Abschnittes Kędzierzyn-Koźle – Opole mit der Relation Bohumín – Opole
Katowice	Kraków Gl.	56	4	111	102	4	56	Streckenausbau für ~120-140 km/h (evtl. nur selektiver Ausbau jedoch mit höherer Geschwindigkeit)
Katowice	Opole Gl.	59	3	150	105	3	75	Streckenausbau für ~160-200 km/h, gemeinsame Nutzung des Abschnittes Kędzierzyn-Koźle – Opole mit der Relation Bohumín – Opole
Opole Gl.	Wrocław Gl.	53	2	113	61	2	97	Streckenausbau für ~120-140 km/h (evtl. nur selektiver Ausbau jedoch mit höherer Geschwindigkeit)
Wrocław Gl.	Ústí nad Orlicí	139	11	102	193	11	69	Streckenausbau für 120 km/h (evtl. nur selektiver Ausbau jedoch mit höherer Geschwindigkeit)

6.3. Planfallvarianten

Nachstehend sind die in Kapitel 5.6 vorgestellten Planfallvarianten in der Netzgrafikform dargestellt. Dabei ist jeweils nur die Fahrplanvariante A (ausgehend von einem Knoten in Zürich zur Minute 30) dargestellt. Die Zeiten in der Fahrplanvariante B sind jeweils um 30' verschoben.

6. Maßnahmen für einen ITF in Zentraleuropa

6.3.1. Knoten Budapest

6.3.1.1. Geänderte Anbindung Wien (Planfallvariante 1.1a)

Netzgrafik

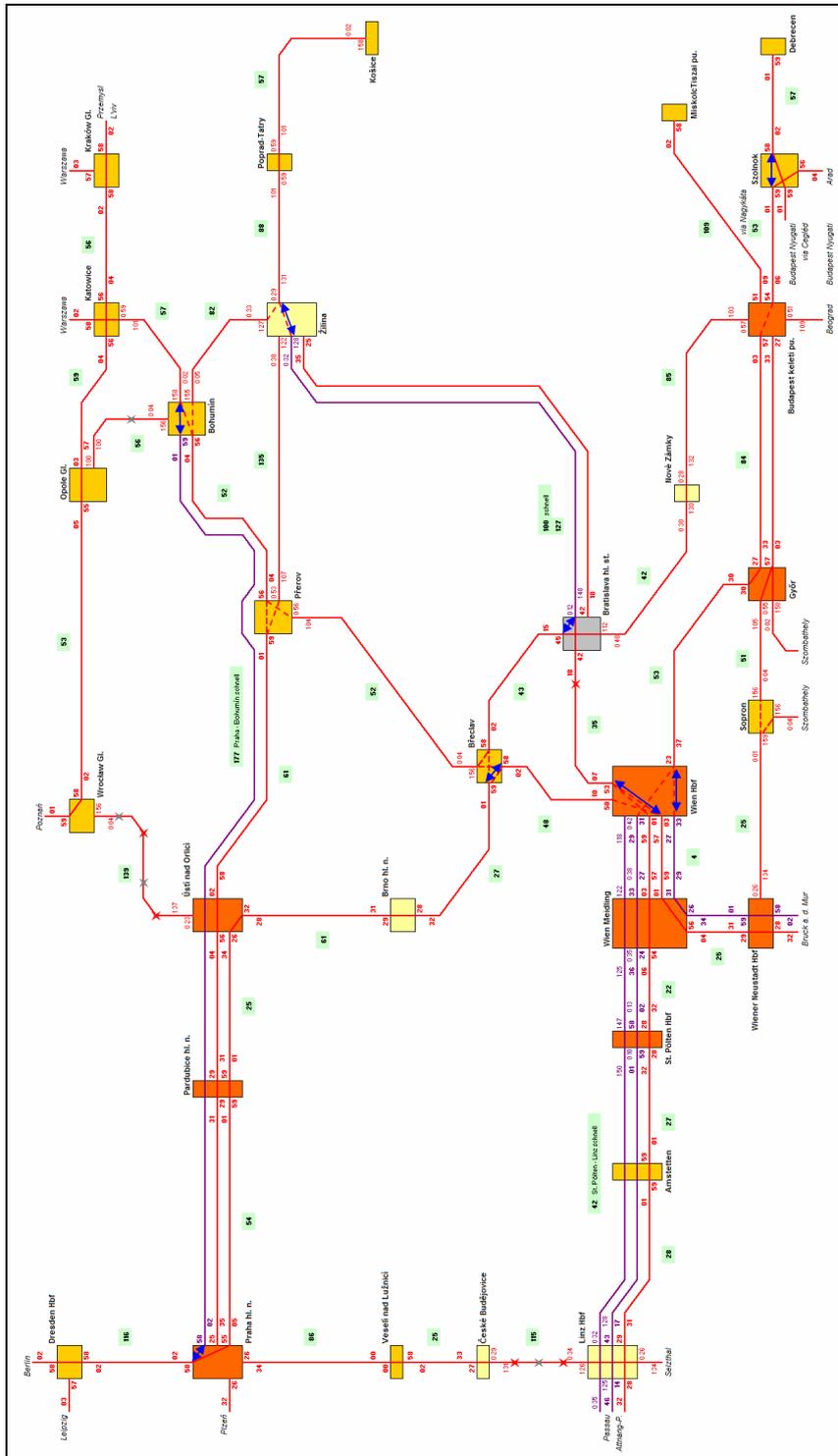


Abbildung 6-20: Netzgrafik Planfallvariante 1.1a, Fahrplanvariante A

6. Maßnahmen für einen ITF in Zentraleuropa

Maßnahmen auf gänzlich außerhalb Österreichs gelegene Kanten

Hinsichtlich der Zielfahrzeit Győr – Budapest wird hier davon ausgegangen, dass die Fahrzeitverkürzungen im Abschnitt Győr – Budapest Kelenföld erfolgen müssen; es wird daher dieser Streckenabschnitt als Teilstrecke dargestellt.

von	nach	Planfallvariante			Planfall 1			Referenzfall			Anmerkung zu den möglichen Maßnahmen
		t _f	H	V _{th}	t _{f,1}	H ₁	V _{th,1}	t _{f,ref}	H _{ref}	V _{th,ref}	
Győr	Budapest Keleti pu.	56	1	177	84	1	115	86	1	112	Aus-/Neubaustrecke Budapest Kelenföld – Győr für mind. 230 km/h, Streckenverkürzung 5 km (Annahme)
Győr	Budapest Kelenföld (Teilstrecke)	42	0	207				72	0	122	

Maßnahmen Wien Hbf – Győr

In Kapitel 6.2.2.25 wurde eine Knotenasymmetrie für Győr vorgeschlagen, um zwischen Wien und Győr mit einer geringfügig längeren Fahrzeit und somit mit einer Ausbaugeschwindigkeit von 160 km/h das Auslangen finden zu können. Die im selben Ausmaß verringerte Zielfahrzeit Győr – Budapest stellt bei einer Kantenfahrzeit von 90' kein Problem dar.

Durch die Reduktion der Kantenfahrzeit Győr – Budapest auf 60' stellt sich die Situation anders dar. Um dieses Ziel etwas leichter zu erreichen, wird daher vorgeschlagen, die Knotenasymmetrie in diesem Fall wieder rückgängig zu machen. Die Zielfahrzeit Győr – Budapest Keleti pályaudvar kann somit 56' (statt 54') betragen, jene von Wien Hbf bis Győr muss aber von 53' auf 51' reduziert werden.

Dazu ist zusätzlich ein Ausbau der Strecke Zurndorf – Győr für 200 km/h erforderlich (zumindest abschnittsweise). Im Sinne der Aufwärtskompatibilität sollte hier ein Geschwindigkeitsniveau von 200 km/h bei einem Ausbau für 160 km/h bereits berücksichtigt werden.

Gewählte Soll-Fahrzeit gem. Netzgrafik	51,0'
Fahrzeit Referenzfall	61,9'
Erforderliche Fahrzeitverkürzung gem. Netzgrafik	10,9'
Unbedingt erforderliche Maßnahmen	
Ausbau Wien ZVBF – Staatsgrenze 160 km/h	4,1'
Entfall Halt Hegyeshalom	3,8'
durchgehend 160 km/h Staatsgrenze – Hegyeshalom	1,2'
Ausbau km 55,1 (Nähe Zurndorf) – Győr 200 km/h	4,9'
SUMME	14,0'

6. Maßnahmen für einen ITF in Zentraleuropa

6.3.1.3. Halbknoten Budapest (Planfallvariante 1.1c)

Netzgrafik

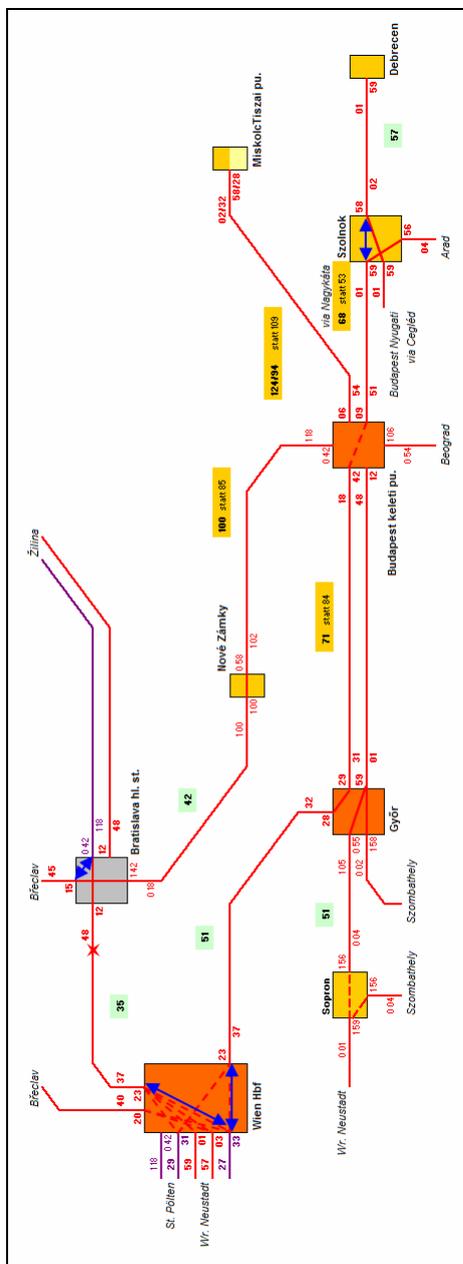


Abbildung 6-22: Netzgrafik Planfallvariante 1.1c, Fahrplanvariante A

6. Maßnahmen für einen ITF in Zentraleuropa

Maßnahmen auf gänzlich außerhalb Österreichs gelegene Kanten

von	nach	Planfallvariante			Planfall 1			Referenzfall			Anmerkung zu den möglichen Maßnahmen
		t _f	H	V _{th}	t _{f,1}	H ₁	V _{th,1}	t _{f,ref}	H _{ref}	V _{th,ref}	
Győr	Budapest Keleti	71	1	140	84	1	115	86	1	112	Teilstrecke einer Aus-/Neubaustrecke Budapest Kelenföld – Győr für mind. 230 km/h (Aufwärtskompatibilität für 60' Kantenfahrzeit muss gegeben sein)
Győr	Budapest Kelenföld (Teilstrecke)	55	0	161				72	0	122	
Nové Zámky	Budapest Keleti	100	2	88	85	2	105	98	2	90	keine Maßnahmen
Budapest Keleti	Miskolc T. (2 Varianten)	124	1	100	109	1	114	119	1	104	keine Maßnahmen
		94	1	135	109	1	114	119	1	104	Streckenausbau für 140-160 km/h
Budapest Keleti	Szolnok	68	0	99	53	0	129	79	0	85	Teilumsetzung der für Planfall 1 erforderlichen Maßnahmen (Aufwärtskompatibilität für 60' Kantenfahrzeit muss gegeben sein)

Maßnahmen Wien Hbf – Győr

Hinsichtlich der Knotenasymmetrie in Győr gilt das in Kapitel 6.3.1.2. gesagte.

Gewählte Soll-Fahrzeit gem. Netzgrafik	51,0'
Fahrzeit Referenzfall	61,9'
Erforderliche Fahrzeitverkürzung gem. Netzgrafik	10,9'
Unbedingt erforderliche Maßnahmen	
Ausbau Wien ZVBF – Staatsgrenze 160 km/h	4,1'
Entfall Halt Hegyeshalom	3,8'
durchgehend 160 km/h Staatsgrenze – Hegyeshalom	1,2'
Ausbau km 55,1 (Nähe Zurndorf) – Győr 200 km/h	4,9'
SUMME	14,0'

6. Maßnahmen für einen ITF in Zentraleuropa

6.3.2. Schnellfahrstrecken Tschechien

6.3.2.1. Schnellfahrstrecken Tschechien, Phase 1 (Planfallvariante 1.2a)

Netzgrafik

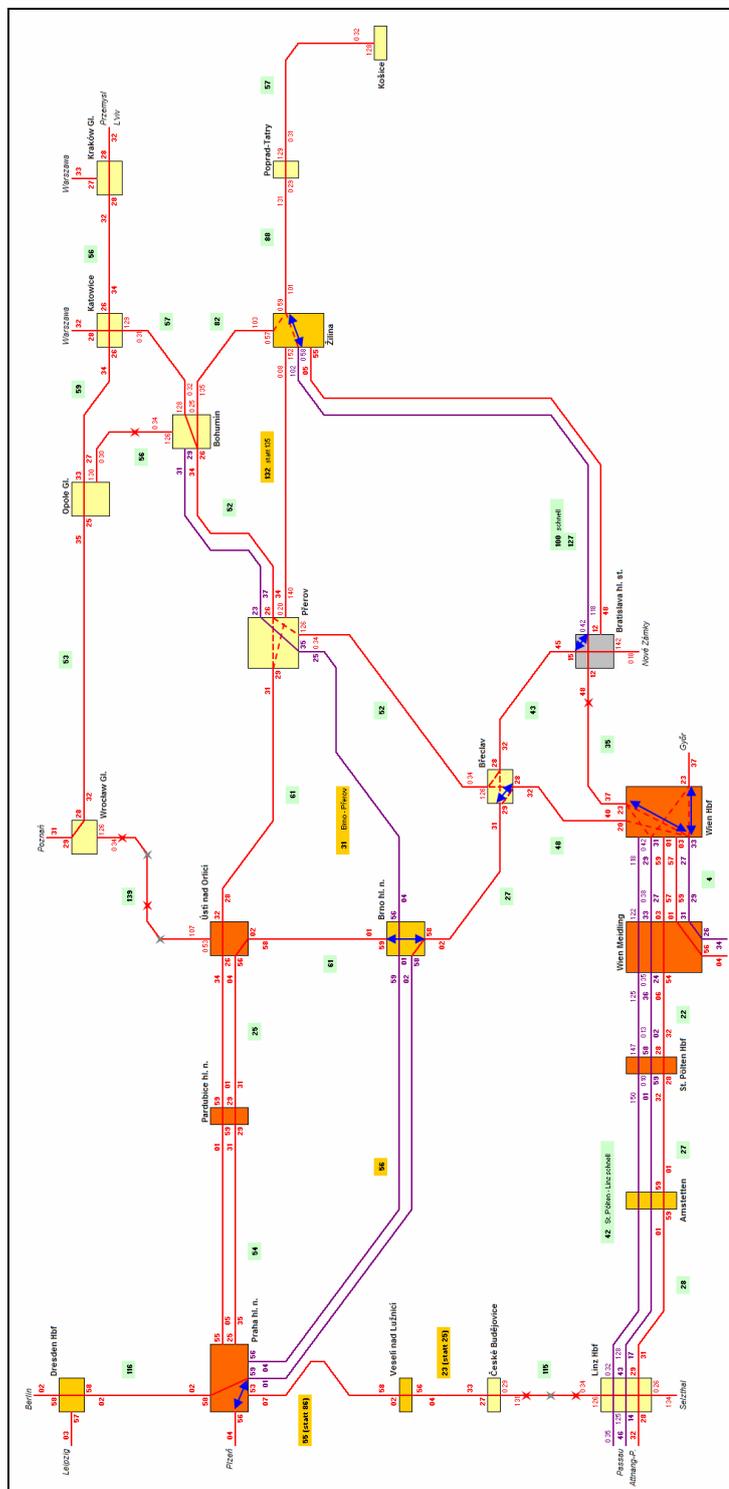


Abbildung 6-23: Netzgrafik Planfallvariante 1.2a, Fahrplanvariante A

6. Maßnahmen für einen ITF in Zentraleuropa

Der Anschluss Praha – Brno – Ústí nad Orlicí muss nicht ermöglicht werden, da diese Relation über Pardubice bei gleicher Fahrzeit angeboten wird. Der Anschluss Břeclav – Brno – Ústí nad Orlicí ist in Brno nur bahnsteiggleich möglich.

In Přerov ist die Hochgeschwindigkeitslinie Richtung Brno – Praha in dieser Phase noch nicht in den Taktknoten eingebunden, um zwischen Brno und Perov als Etappenziel noch eine etwas längere Fahrzeit erlauben zu können.

Für die Hochgeschwindigkeitslinien von Ostrava/Bohumín bzw. Bratislava/Wien ergibt sich aufgrund des übergeordneten Netzzusammenhanges, dass diese Linien in allen Planfallvarianten mit einer Neubaustrecke zwischen Brno und Praha auf dieser Neubaustrecke jeweils knapp hintereinander und nicht im Halbstundenabstand fahren. Ein Halbstundentakt wäre möglich, wenn die Linie von Bohumín/Ostrava nach Praha um 30' versetzt fährt, wodurch diese Linie aber weitergehende Anschlüsse verlieren würde. In der praktischen Umsetzung ist hier eine Abwägung zwischen optimaler Intervallhalbierung Praha – Brno und optimalen Verknüpfungen der Linie Bohumín/Ostrava – Praha erforderlich.

Maßnahmen

von	nach	Planfallvariante			Planfall 1			Referenzfall			Anmerkung zu den möglichen Maßnahmen
		t _f	H	V _{th}	t _{f,1}	H ₁	V _{th,1}	t _{f,ref}	H _{ref}	V _{th,ref}	
Přerov	Brno hl. n.	31	0	162							Weitgehende Neutrassierung (Umsetzung von Teilen des für eine Fahrzeit von 25' erforderlichen Ausbaues), Streckenlänge 80 km (vgl. [41])
Brno hl. n.	Praha hl. n.	56	0	257							Neubaustrecke 300 km/h, Streckenlänge 205 km (eigene Annahme)
Veselí nad Lužnicí	Praha hl. n.	55	1	166	86	6	127	121	6	81	Nutzung der Neubaustrecke Praha – Brno bis Bystřice u Benešova, anschließend Streckenausbau nach Erfordernis
České Budějovice	Veselí nad Lužnicí	23	0	121	25	0	108	31	0	86	Streckenausbau für 140 km/h (evtl. nur selektiver Ausbau jedoch mit höherer Geschwindigkeit)

6. Maßnahmen für einen ITF in Zentraleuropa

Bahnsteiggleiche Anschlüsse sind in Ostrava hl. n. für die Relation Břeclav – Přerov – Ostrava – Opole und in Bohumín für die Relation Ostrava – Bohumín – Žilina erforderlich.

Maßnahmen

von	nach	Planfallvariante			Planfall 1			Referenzfall			Anmerkung zu den möglichen Maßnahmen
		t _f	H	V _{th}	t _{f,1}	H ₁	V _{th,1}	t _{f,ref}	H _{ref}	V _{th,ref}	
Přerov	Brno hl. n.	25	0	208							Weitgehende Neutrassierung für 230 km/h oder mehr, Streckenlänge 72 km (vgl. [41])
Brno hl. n.	Praha hl. n.	56	0	257							Neubaustrecke, Streckenlänge 205 km (eigene Annahme)
Veselí nad Lužnicí	Praha hl. n.	55	1	166	86	6	127	121	6	81	Nutzung der Neubaustrecke Praha – Brno bis Bystřice u Benešova, anschließend Streckenausbau nach Erfordernis
České Budějovice	Veselí nad Lužnicí	23	0	121	25	0	108	31	0	86	Streckenausbau für 140 km/h (evtl. nur selektiver Ausbau jedoch mit höherer Geschwindigkeit)
Praha hl. n.	Dresden Hbf	56	0	168	116	4	125	137	4	101	Neubaustrecke, Streckenlänge 138 km (vgl. [41])
Přerov	Ostrava hl. n.	25	0	243							Neubaustrecke, Streckenlänge 80 km (vgl. [41])
Ostrava hl. n.	Opole Gl.	58	2	138							Streckenausbau für 160 km/h, Entfall Halt Chaňupki, Fahrt über Schleife Bohumín
Ostrava hl. n.	Bohumín	5	0	158				8	0	77	Streckenausbau für 160 km/h
Bohumín	Katowice	46	0	140	57	0	111	85	1	76	Streckenausbau für 160 km/h
Bohumín	Žilina	44	1	176	82	5	98	112	5	68	Weitgehende Neutrassierung für 200 km/h, Entfall mehrerer Zwischenhalte
Linz Hbf	České Budějovice	85	3	109	115	3	78	126	3	71	Neutrassierung Staatsgrenze – České Budějovice, Streckenlänge 46 km, Fahrzeit Staatsgrenze - České Budějovice, 23' laut [47]

6. Maßnahmen für einen ITF in Zentraleuropa

Maßnahmen

von	nach	Planfallvariante			Planfall 1			Referenzfall			Anmerkung zu den möglichen Maßnahmen
		t_f	H	V_{th}	$t_{f,1}$	H_1	$V_{th,1}$	$t_{f,ref}$	H_{ref}	$V_{th,ref}$	
Bohumín	Žilina	74	5	111	82	5	98	112	5	68	Streckenausbau für 120-140 km/h (evtl. nur selektiver Ausbau jedoch mit höherer Geschwindigkeit)
Bratislava hl. st.	Žilina (schnelleres Zugsystem)	70	0	193	100	2	144	130	2	107	Durchgehender Streckenaus- neubau für 200 km/h (oder abschnittsweise darüber)
Bratislava hl. st.	Žilina	97	7	197	127	9	140	160	9	100	
Žilina	Přerov	105	3	114	135	5	88	133	5	90	Streckenausbau für 120 km/h

6. Maßnahmen für einen ITF in Zentraleuropa

6.3.3. Halbknoten Salzburg (Planfallvariante 1.2)

Netzgrafik

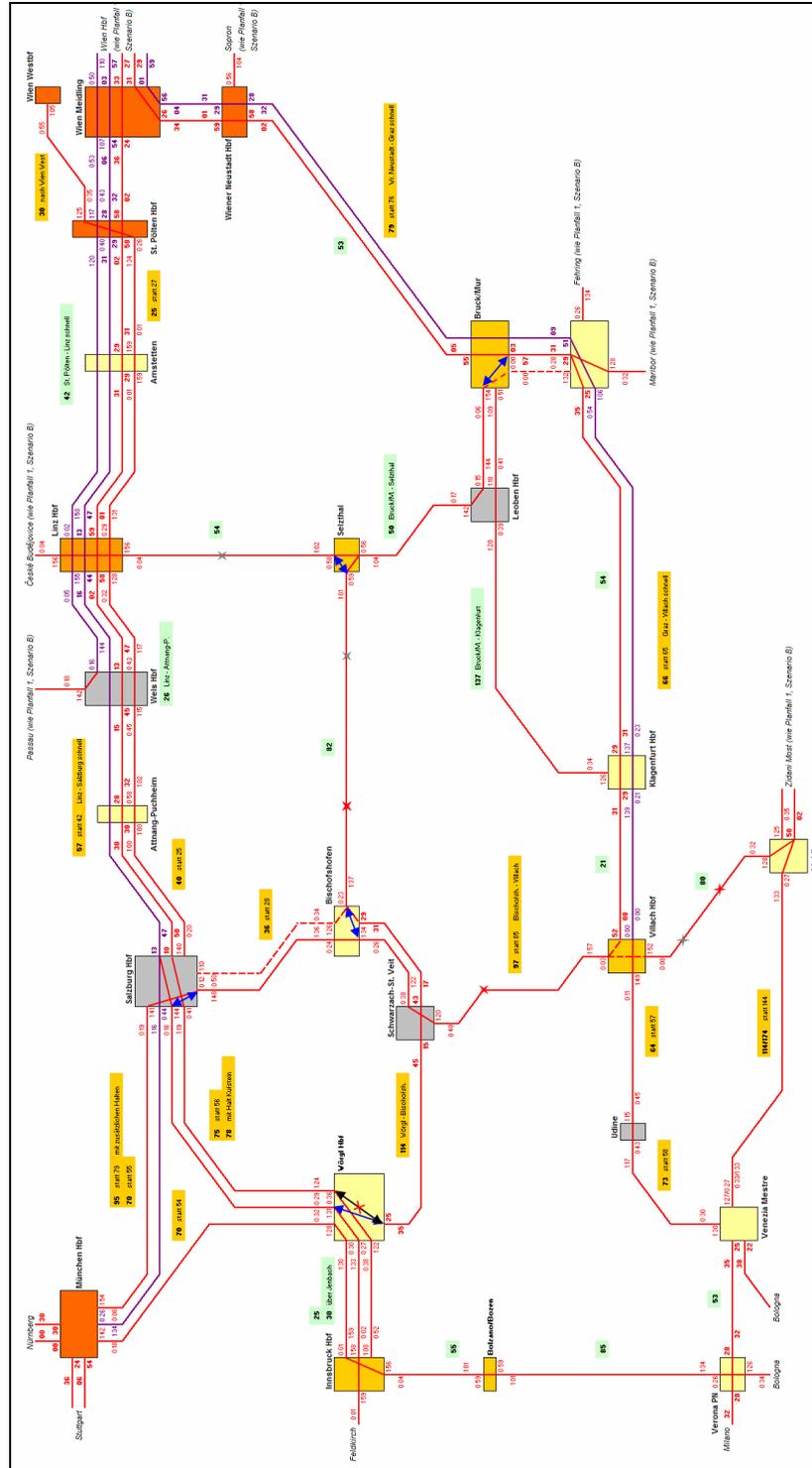


Abbildung 6-26: Netzgrafik Planfallvariante 1.3, Fahrplanvariante A

Die Verlängerung der Kantenfahrzeiten im Zulauf auf den Knoten Salzburg um jeweils 15 Minuten ermöglicht – da die neue Kantenfahrzeit von 45' nach Bischofshofen bereits ohne Maßnahmen unterschritten werden – eine Knotenasymmetrie in Bischofshofen mit

6. Maßnahmen für einen ITF in Zentraleuropa

einer früheren Abfahrt Richtung Villach. Für die Linie Richtung Selzthal – Graz kann aufgrund der Knotenasymmetrie zwischen Salzburg und Bischofshofen die Fahrzeit durch zusätzliche Halte verlängert werden.

Weiters erlaubt die aufgrund des Netzzusammenhanges um 30' entspannte Fahrzeit Villach – Udine – Venezia Mestre eine leichte Knotenasymmetrie in Villach Hbf und somit eine spätere Ankunft der Linie von Salzburg – Bischofshofen, wenn auf den Anschluss von Bischofshofen auf den schnelleren Zug Richtung Graz verzichtet wird (der Anschluss an den Grundtakt-Zug Richtung Graz bleibt erhalten).

In Summe kann somit durch den Halbknoten Salzburg auch die Fahrzeitsituation auf der Kante Bischofshofen – Villach bei an sich gleicher Kantenfahrzeit deutlich entspannt werden.

In der Netzgrafik ist auch der zusätzliche Zug Wien – Salzburg enthalten, der beim Halbknoten in Salzburg zur Herstellung des Anschlusses Wien – Bischofshofen erforderlich ist. Es wird vorgeschlagen, diesen Zug in Wien nicht zum Hauptbahnhof, sondern zum Westbahnhof zu führen. In St. Pölten bietet sich dabei eine Überholung durch das schnellere Zugsystem an, sodass wechselseitige Umsteigemöglichkeiten bestehen. Die für den Zusatzzug erforderliche kürzere Fahrzeit zwischen St. Pölten und Amstetten (25' statt 27') bedarf keiner zusätzlichen Maßnahmen, da im Referenzfall bereits eine Fahrzeit von 22,5' möglich ist.

Zusätzliche bahnsteiggleiche Anschlüsse sind auf den Relationen Selzthal – Bischofshofen – Villach und Bischofshofen – Wörgl – Salzburg erforderlich.

Maßnahmen auf gänzlich außerhalb Österreichs gelegene Kanten

von	nach	Planfallvariante			Planfall 1			Referenzfall			Anmerkung zu den möglichen Maßnahmen
		t_f	H	V_{th}	$t_{f,1}$	H_1	$V_{th,1}$	$t_{f,ref}$	H_{ref}	$V_{th,ref}$	
Udine	Venezia Mestre	73	1	128	57	1	169	89	3	110	Streckenausbau für 140-160 km/h, Entfall zweier Zwischenhalte
Venezia Mestre	Ljubljana (2 Varianten)	174	7	113	144	7	144	224	9	89	Teilumsetzung des Ausbaues für eine Kantenfahrzeit von 120'/150'
		114	7	199	144	7	144	224	9	89	Neubaustrecke Trieste – Divača, Streckenaus-/neubau Divača – Ljubljana. Ausbau Venezia Mestre – Trieste für ~200 km/h

Maßnahmen Attnang-Puchheim – Salzburg

Hier genügt eine Neutrassierung im Abschnitt Neumarkt-Köstendorf – Salzburg für 200 km/h. Eine durchgehende Neubaustrecke Attnang-Puchheim – Salzburg ist nicht erforderlich.

6. Maßnahmen für einen ITF in Zentraleuropa

Gewählte Soll-Fahrzeit gem. Netzgrafik	40,0' (statt 25')
Fahrzeit Referenzfall	45,8'
Erforderliche Fahrzeitverkürzung gem. Netzgrafik	5,8'
Unbedingt erforderliche Maßnahmen	
NBS Neumarkt-Köstendorf - Salzburg 200 km/h (inkl. Ausbau Einfahrt Salzburg)	6,5'
Empfohlene bzw. optionale Maßnahmen zur weiteren Erhöhung der Fahrplanstabilität	
Bahnhofsumbau Attnang-Puchheim mit 120 km/h	0,3' *
Nicht erforderliche Maßnahmen des Planfalls 1	
NBS Attnang-P. – Neumarkt-Köstendorf 230 km/h	15,9' (mit Haltentfall Vöcklabruck)
Bahnhofsumbau Attnang-Puchheim mit 120 km/h	0,3' *
* für das schnellere Zugsystem jedoch ohnehin erforderlich	

Maßnahmen Linz – Salzburg (schnelleres Zugsystem)

Gewählte Soll-Fahrzeit gem. Netzgrafik	57,0' (statt 42')
Fahrzeit Referenzfall	63,3'
Erforderliche Fahrzeitverkürzung gem. Netzgrafik	6,3'
Unbedingt erforderliche Maßnahmen	
NBS Neumarkt-Köstendorf - Salzburg 200 km/h (inkl. Ausbau Einfahrt Salzburg)	6,5'
Empfohlene bzw. optionale Maßnahmen zur weiteren Erhöhung der Fahrplanstabilität	
Anhebung der Höchstgeschwindigkeit von 200 auf 230 km/h (Linz – Attnang-P.)	0,9'
Bahnhofsumbau Attnang-Puchheim mit 120 km/h	0,9'
Bahnhofsumbau Wels (durchgehend 160 km/h)	0,2'
SUMME	2,0'
Nicht erforderliche Maßnahmen des Planfalls 1	
NBS Attnang-P. – Neumarkt-Köstendorf 230 km/h	12,8'

Maßnahmen Salzburg – Wörgl

Für ein Szenario mit minimalen Maßnahmen darf die maximale Fahrzeit 75' ohne einen Halt in Kufstein betragen, wenn in Kauf genommen wird, dass für den zweiten Zug mit Halt in Kufstein die weiteren Knoten in Wörgl und Innsbruck nicht erreicht werden.

Gewählte Soll-Fahrzeit gem. Netzgrafik	75,0'
Fahrzeit Referenzfall	79,7'
Erforderliche Fahrzeitverkürzung gem. Netzgrafik	4,7'
Unbedingt erforderliche Maßnahmen, Minimalszenario (75' ohne Zwischenhalt)	
Haltentfall Kufstein	1,7'
Ausfahrgeschwindigkeit Salzburg Hbf 100 statt 40 km/h	1,1'
Erhöhte Seitenbeschleunigung 1,0 m/s ²	2,5'
SUMME	5,3'
Unbedingt erforderliche Maßnahmen, Erweiterungsszenario (75' mit Halt Kufstein)	
Ausfahrgeschwindigkeit Salzburg Hbf 100 statt 40 km/h	1,1'
Erhöhte Seitenbeschleunigung 1,0 m/s ²	2,5'
Linienverbesserung Freilassing – Teisendorf – Rückstetten 160 km/h (ca. 10 km)	2,3'
SUMME	5,1'
Nicht erforderliche Maßnahmen des Planfalls 1	
Aus-/Neubaustrecke Rosenheim Süd – Verknüpfung Schaftenau 200 km/h	6,1' (mit Halt Kufstein bestenfalls teilweise nutzbar)
Autobahnnahe Neubaustrecke Bernau am Chiemsee – südlich von Rosenheim 230 km/h	12,6'
SUMME	18,7'

6. Maßnahmen für einen ITF in Zentraleuropa

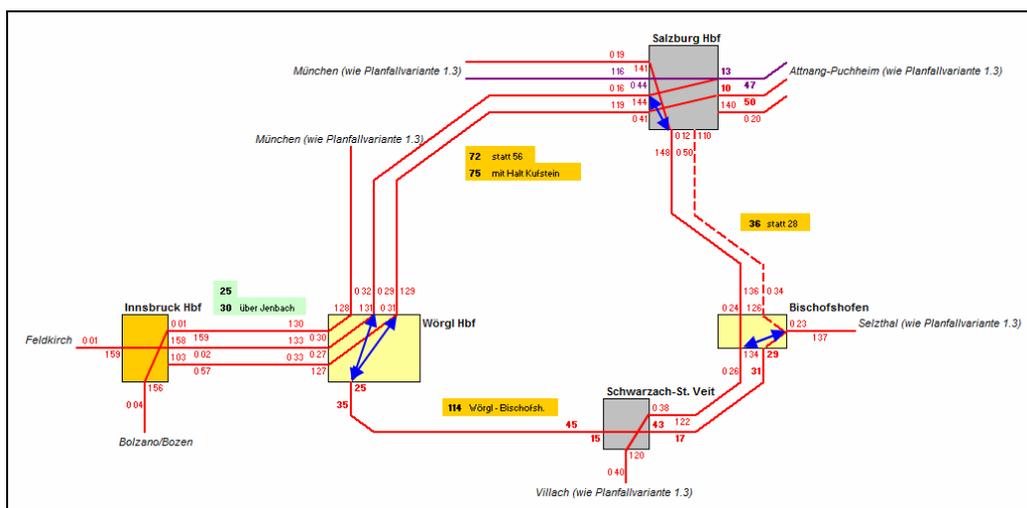


Abbildung 6-27: Netzgrafik Planfallvariante 1.2c, Fahrplanvariante A, Erweiterungsszenario Salzburg – Wörgl

Maßnahmen Salzburg – München

Entsprechend den Aussagen in Kapitel 5.6.3 soll die Planfallvariante 1.3 einen Ausbau der Strecke Freilassing – Mühldorf – München berücksichtigen. Mit diesem kann die gewünschte Kantenfahrzeit erreicht werden, allerdings ist zumindest abschnittsweise eine Ausbaugeschwindigkeit von 200 km/h statt 160 km/h empfehlenswert, um die Zielfahrzeit von 70' sicherzustellen.

Gewählte Soll-Fahrzeit gem. Netzgrafik	70,0'
Fahrzeit Referenzfall = Fahrplan 2009	87,0'
Erforderliche Fahrzeitverkürzung gem. Netzgrafik	17,0'
Unbedingt erforderliche Maßnahmen	
Umleitung über Mühldorf und Ausbau Freilassing – Mühldorf – München Ost 160 km/h	16,3'
Ausfahrgeschwindigkeit Salzburg Hbf 100 statt 40 km/h	1,4'
SUMME	17,7'
Empfohlene Maßnahmen zur weiteren Erhöhung der Fahrplanstabilität	
Ausbaugeschwindigkeit 200 km/h statt 160 km/h auf zumindest 15 km Streckenlänge	1,0'
SUMME alle Maßnahmen	18,7'
Nicht erforderliche Maßnahmen des Planfalls 1	
Linienverbesserung Freilassing – Teisendorf – Rückstetten 160 km/h (ca. 10 km)	2,3' *
Linienverbesserung Bernhaupten – Bernau am Chiemsee 160 km/h (ca. 14 km)	1,4'
Neubau-/Ausbaustrecke Verknüpfung Rosenheim Süd – München Ost 230 km/h	13,2'
Neubaustrecke Rückstetten – Bernhaupten 200 km/h	6,0'
Linienverbesserung Bernhaupten – Bernau am Chiemsee für 200 statt 160 km/h (ca. 14 km)	1,5'
* jedoch für Kante Salzburg – Wörgl im Erweiterungsszenario erforderlich	

Maßnahmen München – Wörgl

Die gewünschte Fahrzeit kann bereits im Bestand deutlich unterboten werden.

6. Maßnahmen für einen ITF in Zentraleuropa

Gewählte Soll-Fahrzeit gem. Netzgrafik	81,0'
Fahrzeit Referenzfall = Fahrplan 2009	73,0'
Erforderliche Fahrzeitverkürzung gem. Netzgrafik	keine
Unbedingt erforderliche Maßnahmen	
keine	
Nicht erforderliche Maßnahmen des Planfalls 1	
Ausbau Rosenheim – München Ost 230 km/h	ca. 14,0'
Selektiver Entfall von Zwischenhalten in München Ost, Rosenheim und/oder Kufstein	mind. 5'

Maßnahmen Salzburg – Bischofshofen

Zwischen Salzburg und Bischofshofen sind zur Erreichung der Kantenfahrzeit Neutrassierungen nicht unbedingt erforderlich, da mit erhöhter Seitenbeschleunigung und einem Entfall des Haltes in Golling-Abtenau das Auslangen gefunden werden kann.

Die geplante Neutrassierung im Bereich Pass Lueg ist jedoch trotzdem aus Gründen der Betriebssicherheit argumentierbar, da hier die bestehende Trasse aufgrund der exponierten Lage immer wieder von Lawinen- und Murenabhängen betroffen ist. Die Neutrassierung sollte im Sinne der Zukunftssicherheit jedenfalls mit einer Ausbaugeschwindigkeit von 160 km/h umgesetzt werden, um eine Aufwärtskompatibilität zum Planfall 1 zu ermöglichen. Bei Umsetzung dieser Neutrassierung könnte der Halt in Golling-Abtenau wieder ermöglicht werden.

Gewählte Soll-Fahrzeit gem. Netzgrafik	36,0'
Fahrzeit Referenzfall	39,2'
Erforderliche Fahrzeitverkürzung gem. Netzgrafik	3,2'
Unbedingt erforderliche Maßnahmen	
Erhöhte Seitenbeschleunigung 1,0 m/s ²	2,4'
Haltentfall Golling-Abtenau	2,0'
SUMME	4,4'
Empfohlene Maßnahmen zur weiteren Erhöhung der Fahrplanstabilität	
Neutrassierung Golling-Abtenau – Pass Lueg, 160 km/h	2,6'
SUMME alle Maßnahmen	7,0'
Nicht erforderliche Maßnahmen des Planfalls 1	
VzG-Optimierung Salzburg Gnigl – Golling-Abtenau	0,8'
LV Elsbethen – Puch-Urstein sowie LV Bad Vigaun	0,3'
Neutrassierung bis Werfen, 160 km/h	4,4'
Optimierung Ausfahrt Salzburg Hbf (75 oder 85 km/h)	0,3' – 0,5'

Maßnahmen Bischofshofen – Villach

Auch zwischen Bischofshofen und Villach sind keine weiteren Neutrassierungen erforderlich, wenn mit erhöhter Seitenbeschleunigung gefahren wird und die Halte in St. Johann und Dorfgastein entfallen. Zur Fahrzeitverkürzung alleine würden die erhöhte Seitenbeschleunigung sowie der Entfall eines Haltes genügen. Dann allerdings fällt die Systemkreuzung (in Fahrplanvariante A) in den eingleisigen Abschnitt zwischen Abzw. Hofgastein 1 und Angertal. Mit dem Entfall beider genannter Halte verschiebt sich die Systemkreuzung in den zweigleisigen Abschnitt Angertal – Abzw. Angertal 1.

Eine wesentlich teurere Alternative zum Entfall der genannten Halte wäre die Umsetzung der Neutrassierung für 130 km/h samt zweigleisigem Ausbau zwischen

6. Maßnahmen für einen ITF in Zentraleuropa

Abzw. Hofgastein 1 und Angertal. Damit kann die Systemkreuzung in diesem Abschnitt erfolgen.

Gewählte Soll-Fahrzeit gem. Netzgrafik	97,0'
Fahrzeit Referenzfall	102,5'
Erforderliche Fahrzeitverkürzung gem. Netzgrafik	5,5'
Unbedingt erforderliche Maßnahmen , Variante 1	
Erhöhte Seitenbeschleunigung 1,0 m/s ²	5,2'
Haltentfall St. Johann und Dorfgastein	4,2' (bei Fahrplanvariante B ist der Entfall eines Haltes ausreichend)
SUMME	9,4'
Unbedingt erforderliche Maßnahmen, Variante 2 (bei Fahrplanvariante A)	
Erhöhte Seitenbeschleunigung 1,0 m/s ²	5,2'
Neutrassierung und zweigleisiger Ausbau Abzw. Hofgastein 1 – Angertal 130 km/h	1,5'
SUMME	6,7'
Nicht erforderliche Maßnahmen des Planfalls 1	
bei Variante 2: Haltentfall St. Johann und Dorfgastein	4,2'
Ausbau Gummern – Spittal (km 198,77) 200 km/h	4,1'
Neutrassierung Bockstein – Badgastein – Angertal 160 km/h	1,8'
Durchfahrt Bockstein 120 km/h (1,0: 130 km/h)	0,1'
bei Variante 1: Neutrassierung und zweigleisiger Ausbau Abzw. Hofgastein 1 – Angertal 130 km/h	1,5'
Geschwindigkeitsanhebung Tauertunnel 160 km/h	0,9'
Neutrassierung Loifarn – Abzw. Loifarn 1 160 km/h	1,8'

Maßnahmen Bischofshofen – Wörgl

Die Planfallvariante 1.3. sieht für diese Strecke eine deutlich kürzere Kantenfahrzeit vor. Diese kann aber dennoch mit "weichen" Maßnahmen wie erhöhter Seitenbeschleunigung und Haltereduktion erreicht werden. Das im Planfall 1 aufgrund der entspannten Fahrzeit vorgeschlagene einem REX (Regionalexpress) entsprechende Haltemuster ist jedoch in dieser Planfallvariante nicht möglich.

Gewählte Soll-Fahrzeit gem. Netzgrafik	114,0'
Fahrzeit Referenzfall	121,4'
Erforderliche Fahrzeitverkürzung gem. Netzgrafik	7,4'
Unbedingt erforderliche Maßnahmen	
Erhöhte Seitenbeschleunigung 1,0 m/s ²	6,7'
Haltentfall St. Johann	1,9'
SUMME	8,6'

Variante Bischofshofen – Wörgl

Ein abweichendes Fahrplanmodell für diese Kante würde keine Verkürzung der Kantenfahrzeit erfordern und somit wie der Planfall 1 zusätzliche Halte ermöglichen. Dabei wird von einer durchgehenden Linie von Salzburg ausgegangen, die dort eine halbe Stunde versetzt abfährt, somit aber – aufgrund des Halbknötens – Anschluss von/nach Wien hat. Der Anschluss Selzthal – Bischofshofen – Wörgl wäre dann aber nicht möglich, stattdessen kann in Schwarzach-St. Veit ein schlanker Eck-Anschluss

6.3.4. Etappierung Slowenien (Planfallvariante 1.4)

Netzgrafik

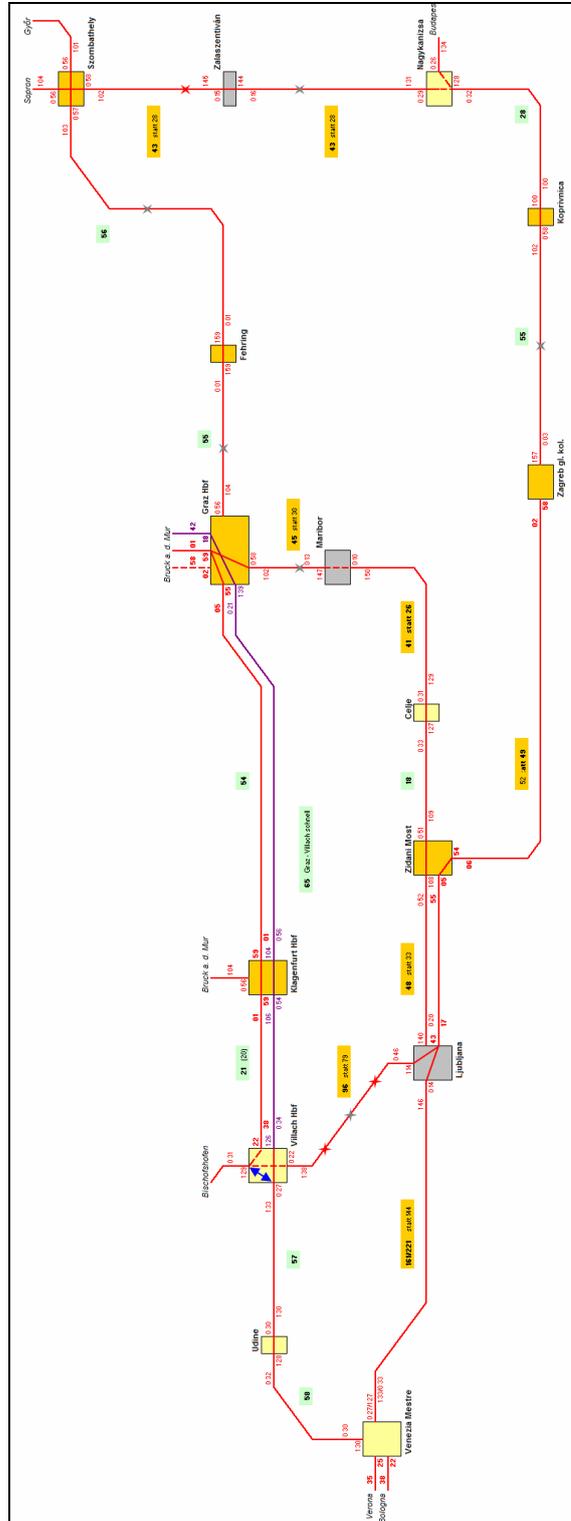


Abbildung 6-29: Netzgrafik Planfallvariante 1.4, Fahrplanvariante A

6. Maßnahmen für einen ITF in Zentraleuropa

Gänzlich außerhalb Österreichs gelegene Kanten

von	nach	Planfallvariante			Planfall 1			Referenzfall			Anmerkung zu den möglichen Maßnahmen
		t _i	H	V _{th}	t _{i,1}	H ₁	V _{th,1}	t _{i,ref}	H _{ref}	V _{th,ref}	
Venezia Mestre	Ljubljana (2 Varianten)	161	7	127	144	7	144	224	9	89	Umsetzung eines Teiles des für den Planfall 1 erforderlichen Ausbaues
		221	9	90	144	7	144	224	9	89	
Ljubljana	Zidani Most	48	0	90	33	0	135	52	0	83	Umsetzung eines Teiles des für den Planfall 1 erforderlichen Ausbaues
Zidani Most	Celje	18	0	98	18	0	98	23	1	83	einzelne Linienverbesserungen und/oder sonstige Optimierungen (bei auch künftigem Einsatz von Neigetechnikzügen zwischen Maribor und Ljubljana ist hier keine Fahrzeitverkürzung erforderlich, diese Fahrzeit wurde bereits 2009 erreicht)
Celje	Maribor	40	0	114	26	0	186	53	1	89	Umsetzung eines Teiles des für den Planfall 1 erforderlichen Ausbaues (bei auch künftigem Einsatz von Neigetechnikzügen zwischen Maribor und Ljubljana ist hier nur eine Fahrzeitverkürzung von 3' erforderlich, da eine Fahrzeit von 43' bereits 2009 erreicht wurde)
Zidani Most	Zagreb gl. kol.	52	2	121	49	2	130	69	3	87	Weitgehende Neutrassierung, Fokus sollte im topographisch einfacheren Bereich südlich von Sevnica liegen.
Nagykanizsa	Zalaszentiván	43	0	83	28	0	133	42	0	86	keine Maßnahmen nötig
Zalaszentiván	Szombathely	43	1	81	28	0	123	39	1	90	keine Maßnahmen nötig

Graz – Maribor

Die Kantenfahrzeit kann entweder mit weiteren Infrastrukturmaßnahmen im österreichischen Streckenabschnitt (Ausbau Werndorf – Lebring oder Leibnitz – Spielfeld, eines der beiden Ausbauprojekte reicht aus) oder aber mit einer Kürzung des Aufenthaltes in Spielfeld-Straß von 3' auf 1,5' erreicht werden.

Die Systemkreuzung auf der in dieser Planfallvariante nicht durchgehend zweigleisigen Strecke würde im Bahnhof Spielfeld-Straß erfolgen.

6. Maßnahmen für einen ITF in Zentraleuropa

Gewählte Soll-Fahrzeit gem. Netzgrafik	46,0'
Fahrzeit Referenzfall	47,4'
Erforderliche Fahrzeitverkürzung gem. Netzgrafik	1,4'
Unbedingt erforderliche Maßnahmen, Variante 1	
Ausbau Werndorf – Lebring 160 km/h	1,7'
Unbedingt erforderliche Maßnahmen, Variante 2	
Ausbau Leibnitz – Spielfeld-Straß 160/150/120 km/h	1,7'
Unbedingt erforderliche Maßnahmen, Variante 3	
Verkürzung Halt Spielfeld-Straß auf 1,5'	1,5'
Nicht erforderliche Maßnahmen des Planfalls 1	
Ausbau Spielfeld – Maribor 160 km/h	7,3'
Entfall Halt Leibnitz	2,5'
Erhöhte Seitenbeschleunigung 1,0 m/s ²	0,4'
bei Varianten 2 und 3: Ausbau Werndorf – Lebring 160 km/h	1,7'
bei Varianten 1 und 3: Ausbau Leibnitz – Spielfeld-Straß 160/150/120 km/h	1,7'
Entfall Halt Spielfeld-Straß	4,1'

Villach – Ljubljana

Bezogen auf die Gesamtstrecke kann die Soll-Fahrzeit ohne Maßnahmen erreicht werden. Zur Ermöglichung der Systemkreuzung (bei Fahrplanvariante A) im Bereich Rosenbach ist jedoch zwischen Villach und Rosenbach eine kürzere Fahrzeit erforderlich.

Im slowenischen Streckenabschnitt können die Systemkreuzungen in den Bahnhöfen Lesce-Bled (Fahrplanvariante B) bzw. Medvode (Fahrplanvariante A) erfolgen.

Gewählte Soll-Fahrzeit gem. Netzgrafik	96,0'
Fahrzeit Referenzfall	90,8'
Erforderliche Fahrzeitverkürzung gem. Netzgrafik	keine
Unbedingt erforderliche Maßnahmen	
Optimierung Villach Hbf – Jesenice	3,0' (um die Systemkreuzung im Bereich Rosenbach in Fahrplanvariante A zu ermöglichen)
Nicht erforderliche Maßnahmen des Planfalls 1	
Erhöhte Seitenbeschleunigung Villach – Jesenice 1,0 m/s ²	1,5'
Neubaustrecke Ljubljana – Brnik – Kranj	in Summe mind. 7,3'
Geringfügige Optimierungen Kranj – Jesenice	

6. Maßnahmen für einen ITF in Zentraleuropa

6.3.5. Planfallkombination 1.3 und 1.4 (Planfallvariante 1.5)

Netzgrafik

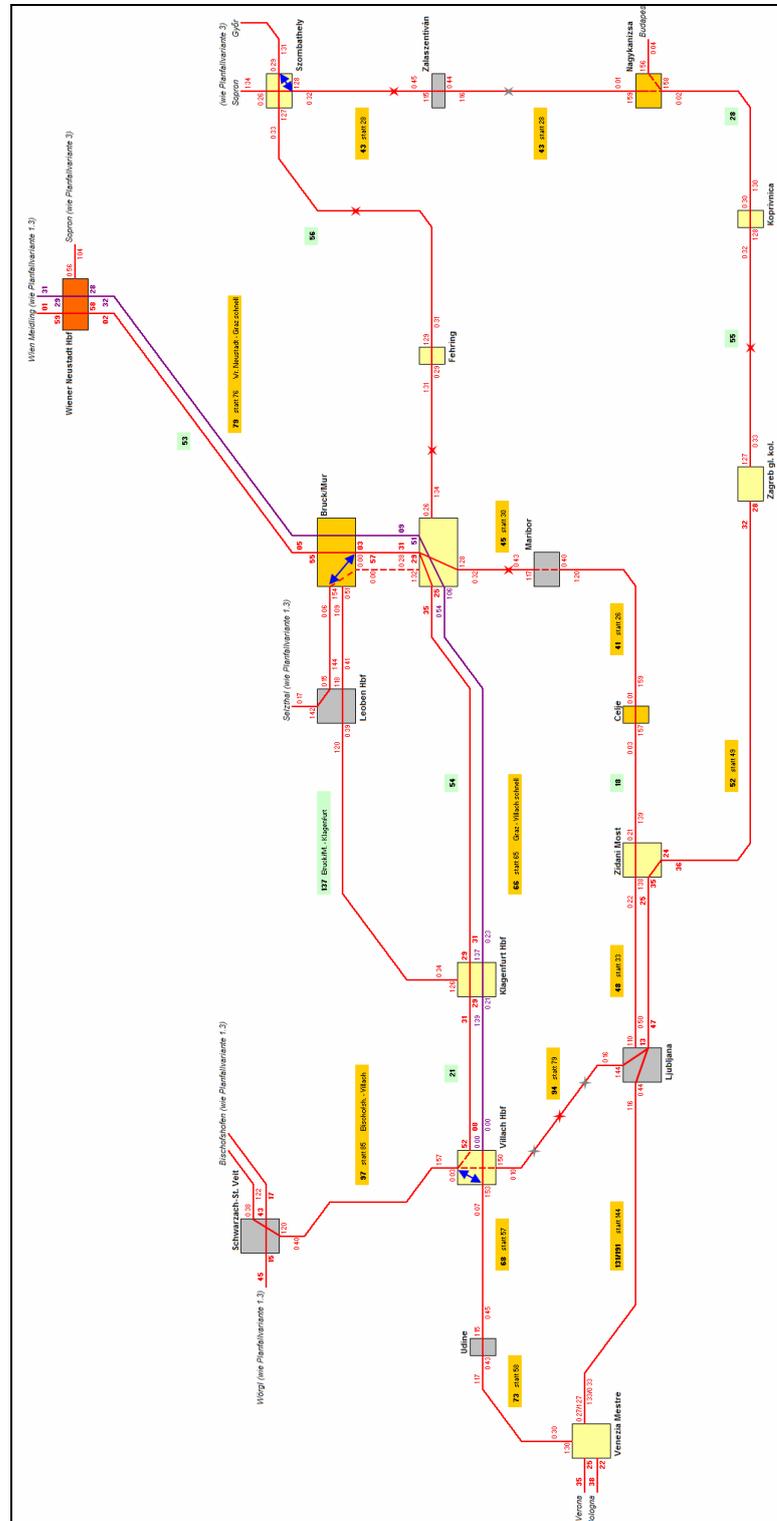


Abbildung 6-30: Netzgrafik Planfallvariante 1.5, Fahrplanvariante A

6. Maßnahmen für einen ITF in Zentraleuropa

Gänzlich außerhalb Österreichs gelegene Kanten

von	nach	Planfallvariante			Planfall 1			Referenzfall			Anmerkung zu den möglichen Maßnahmen
		t _f	H	V _{th}	t _{f,1}	H ₁	V _{th,1}	t _{f,ref}	H _{ref}	V _{th,ref}	
Venezia Mestre	Ljubljana (2 Varianten)	131	7	161	144	7	144	224	9	89	nur sinnvoll, wenn im Endausbau eine Kantenfahrzeit von 120' gem. Planfallvariante 1.3 angestrebt wird, dann Umsetzung eines Teiles des dafür erforderlichen Ausbaues
		191	9	106	144	7	144	224	9	89	Umsetzung eines Teiles des für den Planfall 1 erforderlichen Ausbaues

Villach – Ljubljana

Bezogen auf die Gesamtstrecke kann die Soll-Fahrzeit ohne Maßnahmen erreicht werden. Zur Ermöglichung der Systemkreuzung (Fahrplanvariante B) im Bereich Rosenbach ist jedoch zwischen Villach und Rosenbach eine kürzere Fahrzeit (aufgrund der geänderten Ausfahrreihenfolge in Villach Hbf um 2' kürzer als in der Planfallvariante 1.4) erforderlich.

Im slowenischen Streckenabschnitt können die Systemkreuzungen in den Bahnhöfen Lesce-Bled (Fahrplanvariante A) bzw. Medvode (Fahrplanvariante B) erfolgen.

Gewählte Soll-Fahrzeit gem. Netzgrafik	94,0'
Fahrzeit Referenzfall	90,8'
Erforderliche Fahrzeitverkürzung gem. Netzgrafik	keine
Unbedingt erforderliche Maßnahmen zur Sicherstellung der Soll-Fahrzeit	
Optimierung Villach Hbf – Jesenice	3,0' (um die Systemkreuzung im Bereich Rosenbach in Fahrplanvariante B zu ermöglichen)
Erhöhte Seitenbeschleunigung Villach – Jesenice 1,0 m/s ²	1,5' (um die Systemkreuzung im Bereich Rosenbach in Fahrplanvariante B zu ermöglichen)
Nicht erforderliche Maßnahmen des Planfalls 1	
Erhöhte Seitenbeschleunigung Villach – Jesenice 1,0 m/s ²	1,5'
Neubaustrecke Ljubljana – Brnik – Kranj	in Summe mind. 7,3'
Geringfügige Optimierungen Kranj – Jesenice	

Graz – Maribor

Zu beachten ist, dass sich gegenüber der Planfallvariante 1.4 hinsichtlich der Systemkreuzung Änderungen ergeben. In Planfallvariante 1.4 erfolgt die Systemkreuzung im Bereich Spielfeld bei der Fahrplanvariante B (Knoten Zürich zur Minute 00), in Planfallvariante 1.5 aber bei der Fahrplanvariante A (Knoten Zürich zur Minute 30).

6.3.6. Ohne Brennerbasistunnel (Planfallvariante 1.6)

Netzgrafik

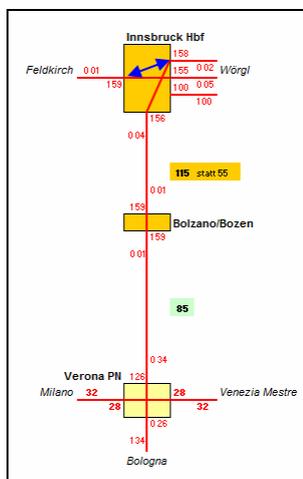


Abbildung 6-31: Netzgrafik Planfallvariante 1.6, Fahrplanvariante A

Maßnahmen Innsbruck – Bolzano/Bozen

Ohne den Brennerbasistunnel kann zwischen Innsbruck und Bolzano/Bozen eine um 60' längere Fahrzeit zugelassen werden; diese erfordert gegenüber dem Ist-Zustand keine zusätzlichen infrastrukturellen Maßnahmen.

Gewählte Soll-Fahrzeit gem. Netzgrafik	115,0'
Fahrzeit Referenzfall	101,2'
Erforderliche Fahrzeitverkürzung gem. Netzgrafik	keine
Unbedingt erforderliche Maßnahmen zur Sicherstellung der Soll-Fahrzeit	
keine	
Nicht erforderliche Maßnahmen des Planfalls 1	
Brennerbasistunnel (inkl. Optimierung Ausfahrt Innsbruck)	44,2'
Entfall Halt Fortezza/Franzensfeste (zzgl. Riggertalschleife zwecks Anbindung Pustertal)	2,9'

6.4. Umsetzungsplan für Österreich

Der vorgestellte Planfall für einen langfristig umsetzbaren ITF in Zentraleuropa sowie die zusätzlichen Planfallvarianten können als Basis für einen stufenweisen Umsetzungsplan in Österreich herangezogen werden.

6.4.1. Zusätzliche Etappierstufen

Um dabei auch für einen relativ kurzfristigen Zeithorizont (ca. 2020 - 2025) eine Perspektive für einen ITF aufzuzeigen, werden dazu zusätzlich noch folgende zwei Etappierstufen definiert und in Form einer Netzgrafik (jeweils basierend auf Fahrplanvariante A mit Knoten in Zürich zur Minute 30) dargestellt.

6. Maßnahmen für einen ITF in Zentraleuropa

Pyhrnbahn

Der Ausbau der Strecke Selzthal – Linz für eine Kantenfahrzeit von 60' ist eine sehr langfristige Zielsetzung, die sich aber aus den mathematischen Bedingungen für einen ITF ergibt. Jegliche Etappierung ist daher mit Einschränkungen hinsichtlich der Anschlussqualität verbunden. Mit einer Kantenfahrzeit von ca. 75' statt 60' kann in Linz zumindest der Anschluss an das schnellere Zugsystem Richtung Salzburg ermöglicht werden. Um den Anschluss bzw. die Durchbindung Richtung České Budějovice – Praha zu ermöglichen, wird auch die Kantenfahrzeit Linz – České Budějovice um 15' verlängert, wodurch sich in weitere Folge zwischen České Budějovice und Praha eine Drehung um 30' ergibt.

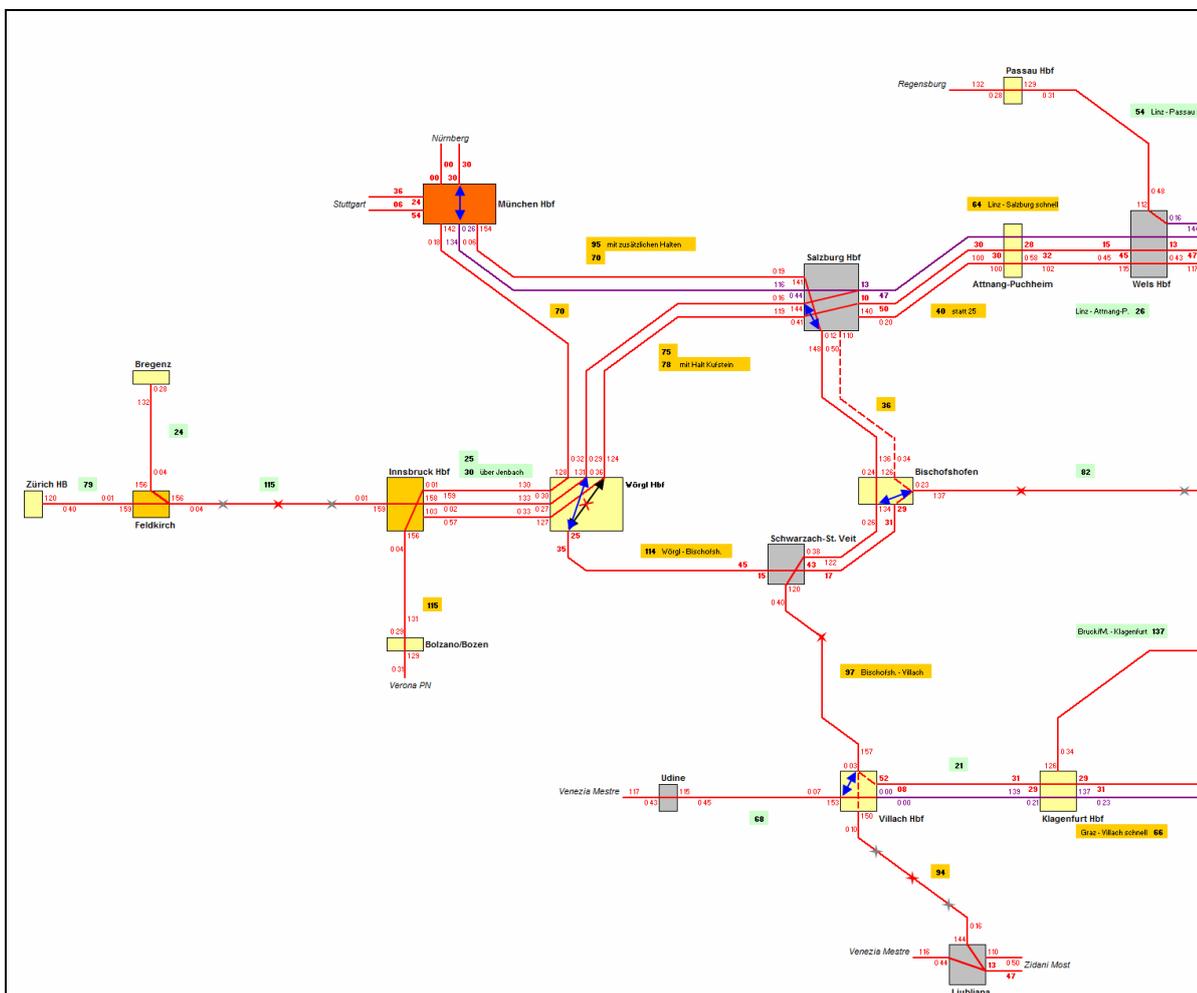


Abbildung 6-32: Netzgrafik Österreich, Etappierungsstufe Pyhrnbahn, Fahrplanvariante A, Ausschnitt West

6. Maßnahmen für einen ITF in Zentraleuropa

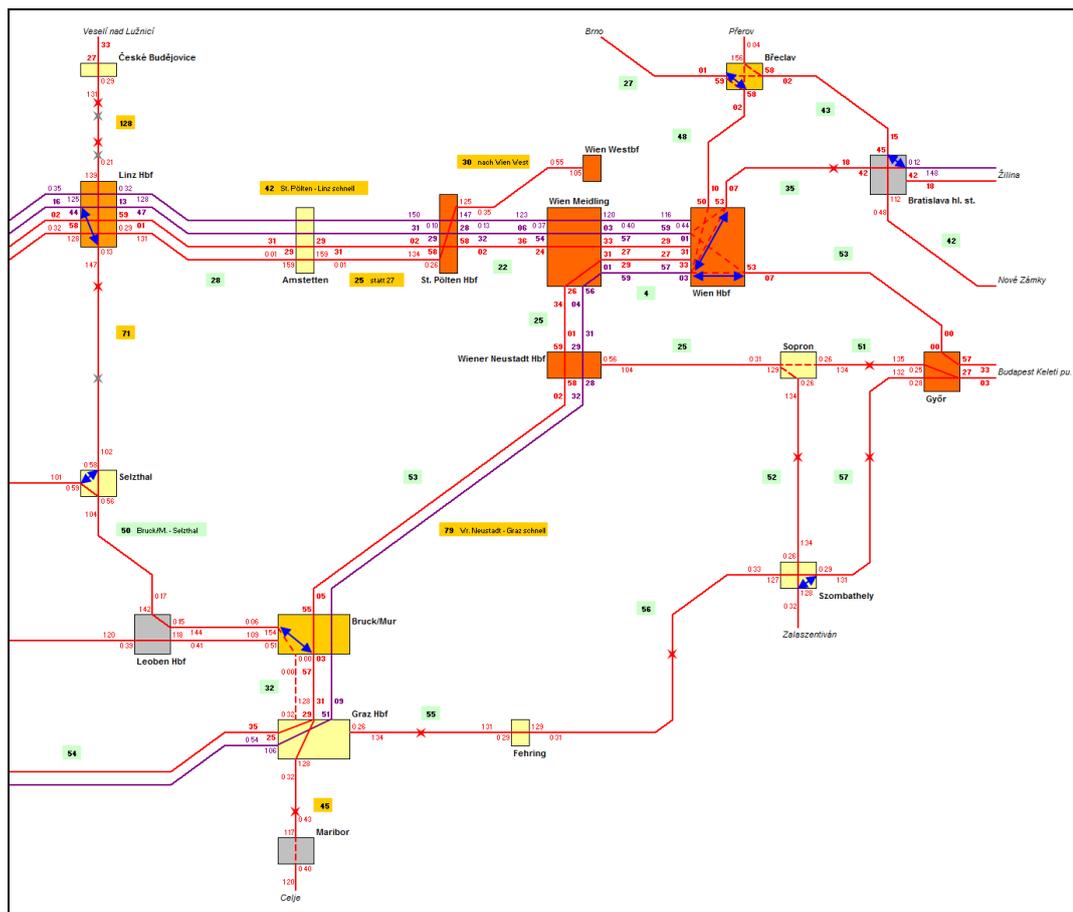


Abbildung 6-33: Netzgrafik Österreich, Etappierungsstufe Pyhrnbahn, Fahrplanvariante A, Ausschnitt Ost

Knoten Salzburg

Auch die Umsetzung aller für einen Halbknoten in Salzburg zu den Minuten 15 und 45 erforderlichen Maßnahmen (unter anderem die Neubaustrecke Neumarkt-Köstendorf – Salzburg) ist für den oben genannten Zeithorizont nicht realistisch. Bis zur Umsetzung dieser Maßnahmen wird für die gesamte Westbahn von einer an das bestehende Angebot angelehnten Fahrplansystematik ausgegangen. Dabei kommt es in Wörgl, Innsbruck und Feldkirch zu keiner Knotenbildung im Sinne des ITF.

Auf der Südbahn sowie den alpinen Querverbindungen ist ab Inbetriebnahme von Koralmbahn und Semmeringbasistunnel bei Umsetzung einzelner Kontextmaßnahmen eine weitgehend der Planfallvariante 1.3 (Halbknoten Salzburg) entsprechende Knotenstruktur möglich. Lediglich im Zulauf auf den Knoten Salzburg verlängern sich die Fahrzeiten nochmals (bereits die Planfallvariante 1.3. sieht gegenüber dem Planfall 1 eine Entspannung um 15' vor), sodass in Bischofshofen der Eck-Anschluss Selzthal – Bischofshofen – Villach nicht mehr aufrecht erhalten werden kann.

6. Maßnahmen für einen ITF in Zentraleuropa

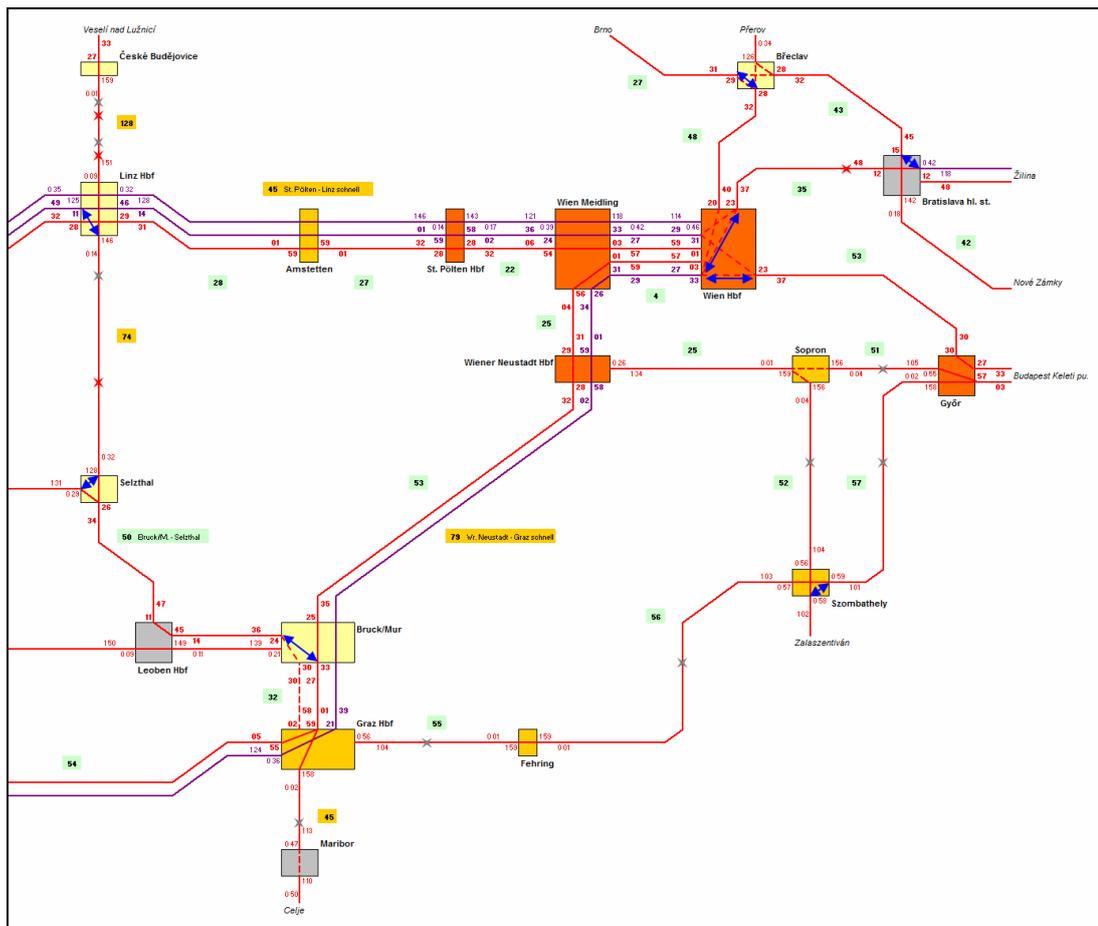


Abbildung 6-35: Netzgrafik Österreich, Etappierungsstufe Knoten Salzburg, Fahrplanvariante A, Ausschnitt Ost

6.4.2. Etappenmatrix

In der so genannten Etappenmatrix (Tabelle 6-3) ist ein Vorschlag für eine zeitliche Abfolge der einzelnen auf den Planfallvarianten basierenden ITF-Etappen dargestellt. Darin sind die Fahrzeiterfordernisse der einzelnen Etappen für jede gänzlich oder teilweise in Österreich liegende Kante dargestellt. Auslöser jeder Etappe sind jeweils bestimmte Großprojekte, die um einen ITF zu ermöglichen jeweils ein unterschiedlich hohes Ausmaß an gleichzeitig umzusetzenden Kontextmaßnahmen erfordern. Die farbliche Darstellung ermöglicht einen guten Überblick über die netzweiten Fahrzeiterfordernisse.

6. Maßnahmen für einen ITF in Zentraleuropa

Etappe		1	2	3	4	5	6	
Auslösende Großprojekte		SBT + KAB	NBS Neum.- Köstendorf – Salzburg	Vollausbau Pyhrnbahn	Brennerbasis- tunnel	Vollausbau Slowenien	NBS Attnang – Salzburg	
Möglicher Zeithorizont		~2020- 2025	~2025- 2030	~2025-35			>2040	
Westbahn Wien - Salzburg		Fahrzeit [min]						
Wien Hbf	St. Pölten	28,4	29	29	29	29	29	
St. Pölten	Amstetten	22,5	27	25	25	25	27	
Amstetten	Linz	28,9	28 (1)	28	28	28	28	
St. Pölten	Linz	45,7	45 (1)	42	42	42	42	
Linz	Attnang-P.	24,9	26	26	26	26	26	
Attnang-P	Salzburg	45,8	50	40	40	40	25	
Linz	Salzburg	63,3	64	64	57	57	42	
Linz	Passau	57,2	54 (1)	54	54	54	54	
Westösterreich		Fahrzeit [min]						
Salzburg	Wörgl	79,7	81	75	75	75	56	
Wörgl	Innsbruck	24,3	25	25	25	25	25	
Salzburg	München	87,0	87	70	70	70	55	
München	Wörgl	73,0	75	75	75	75	54	
Innsbruck	Feldkirch	118,9	119	115	115	115	115	
Feldkirch	Bregenz	20,7	24	24	24	24	24	
Feldkirch	Zürich	87,8	89	79	79	79	79	
Südbahn Wien – Villach		Fahrzeit [min]						
Wien Hbf	Wr. Neustadt	32,3	32 (1)	32	32	32	32	
Wr. Neustadt	Bruck a. d. Mur	51,0	53	53	53	53	53	
Bruck a. d. Mur	Graz	34,1	32	32	32	32	32	
Wr. Neustadt	Graz	80,9	79	79	79	79	76	
Graz	Klagenfurt	53,0	54	54	54	54	54	
Klagenfurt	Villach	21,2	21	21	21	21	21	
Graz	Villach	66,0	66	66	66	66	65	
Internationale Anbindungen Wien		Fahrzeit [min]						
Wien Hbf	Břeclav	56,0	48 (1)	48	48	48	48	
Wien Hbf	Bratislava	47,9	35 (1)	35	35	35	35	
Wien Hbf	Győr	61,9	53 (1)(3)	53 (3)	53 (3)	53 (3)	53 (3)	
Querverbindungen		Fahrzeit [min]						
Bruck a. d. Mur	Selzthal	53,1	50	50	50	50	50	
Selzthal	Linz	83,8	74 (4)	71 (4)	54	54	54	
Selzthal	Bischofshofen	86,9	88 (4)	82	82	82	82	
Bruck a. d. Mur	Klagenfurt	124,5	137	137	137	137	137	
Salzburg	Bischofshofen	39,1	40	37	37	37	28	
Bischofshofen	Villach	102,5	103	97	97	97	85	
Bischofshofen	Wörgl	121,4	131	114	114	114	138	
Sonstige internationale Anbindungen		Fahrzeit [min]						
Linz	České Budějovice	122,2	128 (4)	128 (4)	115	115	115	
Wr. Neustadt	Sopron	28,4	25 (1)	25	25	25	25	
Graz	Fehring	59,5	55	55	55	55	55	
Fehring	Szombathely	79,6	56	56	56	56	56	
Graz	Maribor	47,4	45	45	45	30	30	
Villach	Ljubljana	90,8	94 (2)	94 (2)	94 (2)	80	80	
Villach	Udine	63,0	68	68	68	64	57	
Innsbruck	Bolzano/Bozen	101,2	115	115	115	55	55	

(1) unabhängig von Semmeringbasistunnel und Koralmbahn, frühere Umsetzung ist daher zu empfehlen
(2) keine Fahrzeitverkürzung erforderlich, aber Maßnahmen infolge Kreuzungsgefüge notwendig (siehe Kapitel 6.3.4)
(3) Fahrzeit 51' ohne Knotenasymmetrie in Győr (siehe Kapitel 6.3.1.2)
(4) Kreuzungsgefüge ist für Maßnahmendefinition zu beachten

Tabelle 6-3: Etappenmatrix für Kanten in Österreich

6. Maßnahmen für einen ITF in Zentraleuropa

Etappe 1 – ab Inbetriebnahme Semmeringbasistunnel und Koralmbahn

Diese beiden Großprojekte erfordern eine Neukonzeption des gesamten österreichischen Fernverkehrs abseits der Westbahn. Dazu sind gegenüber dem Referenzfall (Ist-Situation zzgl. Maßnahmen des Rahmenplans 2009-2014) weitere Fahrzeitverkürzungen auf verschiedenen Kanten erforderlich, allen voran im Bereich der Knoten Bruck a. d. Mur und Graz.

Weiters sind auch auf anderen Strecken Fahrzeitverkürzungen erforderlich, die nicht ursächlich durch diese Großprojekte ausgelöst werden, sondern unabhängig davon schon vorher wünschenswert wären. Dies betrifft vor allem den Zulauf auf den Knoten Wien Hbf von Norden und Osten her (Břeclav, Bratislava und Győr) sowie die Kanten Amstetten – Linz und Linz – Passau. Zum Ausbau der Pottendorfer Linie gilt das in Kapitel 6.2.2.16 gesagte.

Etappe 2 – ab NBS Neumarkt-Köstendorf – Salzburg

Um diese Neubaustrecke in einem ITF verwerten zu können, sind in weitem Umkreis um den Knoten Salzburg zahlreiche zusätzliche Maßnahmen erforderlich, die auch Strecken in Deutschland und sogar der Schweiz bzw. dem Fürstentum Liechtenstein (Ausbau Feldkirch – Buchs inkl. Schleife Buchs) betreffen. Diese Maßnahmen ermöglichen im über Salzburg geführten Ost-West-Verkehr insgesamt eine Fahrzeitverkürzung von einer halben Stunde.

Etappen 3, 4 und 5 – ab Vollausbau Pyhrnbahn, Brennerbasistunnel bzw. Vollausbau Slowenien

Diese drei Etappen weisen jeweils nur sehr lokale Fahrzeitverkürzungserfordernisse auf. Sie sind in der zeitlichen Abfolge untereinander verschiebbar und könnten theoretisch auch bereits auf die Etappe 1 aufgesetzt werden.

Etappe 6 – ab durchgehender NBS Attnang-Puchheim – Salzburg (Vollumsetzung Planfall 1)

Die Fortführung der Neubaustrecke Neumarkt-Köstendorf – Salzburg bis Attnang-Puchheim löst umfangreiche weitere Maßnahmen aus. Zum einen ist im Zulauf von Villach auf den Knoten Salzburg eine Fahrzeitverkürzung im selben Ausmaß (15') erforderlich.

Aber auch westlich von Salzburg sind Fahrzeitverkürzungen dieser Größenordnung erforderlich, um von den mit der Etappe 2 und dem Halbknoten in Salzburg umgesetzten 75'-Kanten nach München und Wörgl wieder auf durch 30' teilbare Kantenfahrzeiten zu kommen und somit auf eine Vollknotenstruktur westlich von Salzburg. Die Fahrzeiten im Ost-West-Verkehr über den Knoten Salzburg wären in Summe gegenüber der Etappe 2 um 30' und gegenüber der Etappe 1 um 60' kürzer.

6. Maßnahmen für einen ITF in Zentraleuropa

Der Ausbau Freilassing – Mühldorf – München der Etappe 2 wäre dabei aber als verlorener Aufwand zu betrachten, da er eine Kantenfahrzeit von 60' zwischen Salzburg und München nicht ermöglicht und dann – auch aufgrund der 60'-Kantenfahrzeit Salzburg – Wörgl – ohnehin zwischen Freilassing und Rosenheim eine weitgehende Neutrassierung notwendig wäre.

Die volle Aufwärtskompatibilität der Etappe 2 mit einem Halbknoten in Salzburg auf die Etappe 6 ist daher nicht gegeben.

Eine volle Umsetzung der Etappe 6 (60' Fahrzeitverkürzung über Salzburg mit Vollknoten) OHNE die Zwischenstufe der Etappe 2 (30' Fahrzeitverkürzung über Salzburg mit Halbknoten) ist jedoch aufgrund der umfangreichen Maßnahmen nicht realistisch.

Eine andere Möglichkeit wäre die Teilumsetzung (ohne der Etappe 2 als Zwischenstufe) der Etappe 6 in der Form, dass die Fahrzeitverkürzungen nur östlich bzw. südlich von Salzburg erfolgen und dass westlich von Salzburg die Knotenstruktur der Etappe 1 beibehalten wird. Diese ist hier ja bereits mit den Fahrzeiten des Referenzfalls möglich, allerdings ermöglicht sie in Wörgl, Innsbruck und Feldkirch keine ITF-Vollknoten. Dennoch wären auch in diesem Fall die mehr oder weniger gleichzeitig umzusetzenden Maßnahmen sehr umfangreich, da neben einer durchgehenden Neubaustrecke Attnang-Puchheim – Salzburg auch ein Vollausbau der Tauernachse von Salzburg bis Villach nötig wäre.

6.4.3. Modifizierter Planfall 1 als Etappe 6

Eine weitere Möglichkeit könnte in einem ersten Schritt die Etappe 2, die ja eine in sich schlüssige und sinnvolle Variante mit moderaten Maßnahmen darstellt, vorsehen.

In weiterer Folge könnten dann aus der Etappe 6 (entsprechend Planfall 1) nur jene Maßnahmen umgesetzt werden, die für die 60'-Kantenfahrzeit Salzburg – Wörgl benötigt werden. Die Kantenfahrzeit Salzburg – München bliebe bei 75' (über Mühldorf mit Streckenausbau). Diese Kante würde dann in München zwar nicht taktknotengerecht "andocken", sondern um 15' versetzt, was zumindest für den Quell-Ziel-Verkehr von und nach München kein Nachteil ist. Bei Umsteigerrelationen über München kommt es aber zu einer Wartezeit von 15'.

Zwischen Wörgl und München kann die Kantenfahrzeit von 60' auch ohne eine Aus- bzw. Neubaustrecke Rosenheim – München realisiert werden, wenn die Halte in München Ost und Rosenheim entfallen.

6. Maßnahmen für einen ITF in Zentraleuropa

Gewählte Soll-Fahrzeit gem. Netzgrafik	62,0' (mit Halt Kufstein)
Fahrzeit Referenzfall	79,7'
Erforderliche Fahrzeitverkürzung gem. Netzgrafik	17,7'
Unbedingt erforderliche Maßnahmen	
Ausfahrgeschwindigkeit Salzburg Hbf 100 statt 40 km/h	1,1'
Erhöhte Seitenbeschleunigung 1,0 m/s ²	2,5'
Autobahnahe Neubaustrecke Bernau am Chiemsee – südlich von Rosenheim 230 km/h	12,6'
Linienverbesserung Freilassing – Teisendorf – Rückstetten 160 km/h (ca. 10 km)	2,3'
SUMME alle Maßnahmen	18,5'

Maßnahmen Salzburg – München

Die Fahrzeit und somit die Maßnahmen entsprechen der Planfallvariante 1.3. (siehe Kapitel 6.3.3). Wesentliche ursprünglich im Planfall 1 vorgesehene Maßnahmen zwischen Salzburg und Rosenheim und Rosenheim – München können damit zu Gunsten eines Ausbaues der Strecke über Mühldorf, der sich bereits in vorhergehenden Etappen sinnvoll in ein Fahrplangefüge integrieren lässt, entfallen.

Maßnahmen Wörgl – München

Mit einem Entfall der Halte in München Ost und Rosenheim kann auch ohne weitere Infrastrukturmaßnahmen zwischen Rosenheim und München die Kantenfahrzeit erreicht werden.

Aus Gründen der Fahrplanstabilität sollte die Neu-/Ausbaustrecke von der Verknüpfung Schaftenau bis Rosenheim aber für 230 km/h ausgelegt werden.

Gewählte Soll-Fahrzeit gem. Netzgrafik	55,0'
Fahrzeit Referenzfall	69,3'
Erforderliche Fahrzeitverkürzung gem. Netzgrafik	14,3'
Unbedingt erforderliche Maßnahmen	
Entfall Halt Kufstein	1,7'
Erhöhte Seitenbeschleunigung 1,0 m/s ²	0,7'
Aus-/Neubaustrecke Rosenheim Süd – Verknüpfung Schaftenau 200 km/h	6,1'
Haltentfall Rosenheim und München Ost	5,8'
SUMME	14,3'
Empfohlene Maßnahmen zur zusätzlichen Fahrplanstabilität	
Aus-/Neubaustrecke Rosenheim Süd – Verknüpfung Schaftenau 230 statt 200 km/h	1,2'
SUMME alle Maßnahmen	15,5'

6. Maßnahmen für einen ITF in Zentraleuropa

6.4.4. Etappenmatrix mit modifiziertem Planfall 1

Etappe		1	2	3	4	5	6 (mod.)	
Auslösende Großprojekte		SFT + KAB	NBS Neum.-Köstendorf – Salzburg	Vollausbau Pyhrnbahn	Brennerbasis-tunnel	Vollausbau Slowenien	NBS Attnang – Salzburg	
Möglicher Zeithorizont		~2020-2025	~2025-2030	~2025-35			>2040	
Westbahn Wien - Salzburg		Fahrzeit [min]						
Wien Hbf	St. Pölten	28,4	29	29	29	29	29	
St. Pölten	Amstetten	22,5	27	25	25	25	27	
Amstetten	Linz	28,9	28 (1)	28	28	28	28	
St. Pölten	Linz	45,7	45 (1)	42	42	42	42	
Linz	Attnang-P.	24,9	26	26	26	26	26	
Attnang-P	Salzburg	45,8	50	40	40	40	25	
Linz	Salzburg	63,3	64	64	57	57	42	
Linz	Passau	57,2	54 (1)	54	54	54	54	
Westösterreich		Fahrzeit [min]						
Salzburg	Wörgl	79,7	81	75	75	75	57	
Wörgl	Innsbruck	24,3	25	25	25	25	25	
Salzburg	München	87,0	87	70	70	70	70	
München	Wörgl	73,0	75	75	75	75	57	
Innsbruck	Feldkirch	118,9	119	115	115	115	115	
Feldkirch	Bregenz	20,7	24	24	24	24	24	
Feldkirch	Zürich	87,8	89	79	79	79	79	
Südbahn Wien – Villach		Fahrzeit [min]						
Wien Hbf	Wr. Neustadt	32,3	32 (1)	32	32	32	32	
Wr. Neustadt	Bruck a. d. Mur	51,0	53	53	53	53	53	
Bruck a. d. Mur	Graz	34,1	32	32	32	32	32	
Wr. Neustadt	Graz	80,9	79	79	79	79	76	
Graz	Klagenfurt	53,0	54	54	54	54	54	
Klagenfurt	Villach	21,2	21	21	21	21	21	
Graz	Villach	66,0	66	66	66	66	65	
Internationale Anbindungen Wien		Fahrzeit [min]						
Wien Hbf	Břeclav	56,0	48 (1)	48	48	48	48	
Wien Hbf	Bratislava	47,9	35 (1)	35	35	35	35	
Wien Hbf	Győr	61,9	53 (1)(3)	53 (3)	53 (3)	53 (3)	53 (3)	
Querverbindungen		Fahrzeit [min]						
Bruck a. d. Mur	Selzthal	53,1	50	50	50	50	50	
Selzthal	Linz	83,8	74 (4)	71 (4)	54	54	54	
Selzthal	Bischofshofen	86,9	88 (4)	82	82	82	82	
Bruck a. d. Mur	Klagenfurt	124,5	137	137	137	137	137	
Salzburg	Bischofshofen	39,1	40	37	37	37	28	
Bischofshofen	Villach	102,5	103	97	97	97	85	
Bischofshofen	Wörgl	121,4	131	114	114	114	138	
Sonstige internationale Anbindungen		Fahrzeit [min]						
Linz	České Budějovice	122,2	128 (4)	128 (4)	115	115	115	
Wr. Neustadt	Sopron	28,4	25 (1)	25	25	25	25	
Graz	Fehring	59,5	55	55	55	55	55	
Fehring	Szombathely	79,6	56	56	56	56	56	
Graz	Maribor	47,4	45	45	45	30	30	
Villach	Ljubljana	90,8	94 (2)	94 (2)	94 (2)	80	80	
Villach	Udine	63,0	68	68	68	64	57	
Innsbruck	Bolzano/Bozen	101,2	115	115	115	55	55	

(1) unabhängig von Semmeringbasistunnel und Koralmbahn, frühere Umsetzung ist daher zu empfehlen
(2) keine Fahrzeitverkürzung erforderlich, aber Maßnahmen infolge Kreuzungsgefüge notwendig (siehe Kapitel 6.3.4)
(3) Fahrzeit 51' ohne Knotenasymmetrie in Győr (siehe Kapitel 6.3.1.2)
(4) Kreuzungsgefüge ist für Maßnahmendefinition zu beachten

Tabelle 6-4: Etappenmatrix für Kanten in Österreich mit modifiziertem Planfall 1 als Etappe 6

6.4.5. Kompatibilität zu Planfallvarianten außerhalb Österreichs

Die vorgeschlagenen Etappen für Österreich sind in der Regel unabhängig von verschiedenen Planfallvarianten für die benachbarten Länder. Wenn auf den in diesen Etappen mitberücksichtigten Grenzrelationen (also bis zum nächsten Taktknoten im Ausland, z. B. Wien – Břeclav, Wien – Győr etc.) die geforderten Kantenfahrzeiten ermöglicht werden, können für die weiteren Netzteile im Ausland verschiedene Planfallvarianten gewählt werden (unter Umständen auch solche, die hier nicht vorgestellt wurden), ohne dass sich die erforderlichen Kantenfahrzeiten in Österreich verändern müssen.

Ob bzw. wann z. B. es in Tschechien zur Umsetzung der skizzierten Schnellfahrstrecken kommt, hat auf die Kante Wien Hbf – Břeclav keinen Einfluss.

Einzige Ausnahme ist Slowenien, wo sich verschiedene Ausbauszenarien auch auf die grenzüberschreitenden Kanten Graz – Maribor und Villach – Ljubljana auswirken. Aus diesem Grund wurde dafür auch für Österreich eine gesonderte Etappe definiert, die in Abstimmung mit Slowenien umgesetzt werden müsste.

Aufgrund der Bedeutung für den innerösterreichischen Verkehr können auch die Kanten im Dreieck Salzburg – Wörgl – München nicht isoliert vom restlichen Netzzustand in Österreich betrachtet werden.

Eine geringfügige Abhängigkeit gibt es im Falle der Kante Wien – Győr, für die zwar die Kantenfahrzeit in allen Planfallvarianten gleich bleibt, wo sich aber bei umfangreicheren Maßnahmen östlich von Győr aufgrund einer leichten Verschiebung im Knoten Győr die tatsächliche Soll-Fahrzeit geringfügig verkürzt. Die dafür erforderlichen zusätzlichen Maßnahmen müssen daher jedenfalls planerisch berücksichtigt werden, sodass sie bei Bedarf umgesetzt werden können.

6.4.6. Reisezeitvergleiche

Für zwei mögliche Planfallkombinationen werden nachstehend zum einen die Reisezeiten ab Wien mit dem Referenzfall verglichen.

Zum anderen wird dargestellt, wie sich die Reisezeiten zwischen den vom Fernverkehr bedienten Landeshauptstädten Österreichs durch die Umsetzung der beiden Planfallkombinationen bezogen auf den Ist-Zustand (Fahrplan 2010) entwickeln.

Die erste Planfallkombination ist aus den Planfallvarianten 1.5 und 1.1c zusammengestellt. Sie geht also von einem Halbknoten in Salzburg und einer ersten Etappe einer deutlichen Beschleunigung der Strecke Győr – Budapest (75' Kantenfahrzeit) aus. Ein Vollausbau der Pyhrnbahn wird noch nicht hinterlegt. In Slowenien und Kroatien ist in diesem Szenario nur eine Teilumsetzung des Endausbaues

6. Maßnahmen für einen ITF in Zentraleuropa

enthalten. In Tschechien sind noch keine Schnellfahrstrecken berücksichtigt. Bezogen auf Österreich entspricht diese Planfallkombination der Etappe 2.

Die zweite Planfallkombination, deren zeitlicher Horizont deutlich langfristiger ist, geht von einer Umsetzung des modifizierten Planfalls 1 aus, also von weiteren wesentlichen Fahrzeitverkürzungen im Bereich Salzburg (sie entspricht somit der modifizierten Etappe 6 für Österreich).

Zusätzlich sind die Planfallvarianten 1.1b (durchgehende Schnellfahrstrecke Győr – Budapest) und 1.2a (erste Phase Schnellfahrstrecken in Tschechien) berücksichtigt.

6.4.6.1. Reisezeiten ab Wien – Vergleich zum Referenzfall

Der Reisezeitvergleich in Tabelle 6-5 zeigt, dass mit der ersten Planfallkombination allen auf betrachteten Relationen ab Wien teils deutliche Verbesserungen gegenüber dem Referenzfall erzielt werden. Im Durchschnitt über alle Relationen ergibt sich bereits ein Reisezeitverhältnis zu Gunsten der Bahn, wenn auch einzelne Relationen nach wie vor mit dem PKW deutlich schneller sind.

6. Maßnahmen für einen ITF in Zentraleuropa

	Bahn			PKW		Reisezeit- verhältnis Bahn/PKW	Veränderung in Prozent- punkten ggü. Referenzfall
	Luftlinie km	Fahrzeit	km/h (Luftlinie)	Fahrzeit	km/h (Luftlinie)		
Österreich							
Graz	145	01:54	76	02:00	73	-5%	9%
Linz	155	01:14	126	02:05	74	-41%	5%
Salzburg	252	02:14	113	03:05	82	-28%	6%
Innsbruck	387	03:59	97	04:25	88	-10%	4%
Tschechien							
Praha	252	03:45	67	03:20	76	13%	23%
Brno	111	01:18	85	01:20	83	-2%	28%
Ostrava	229	02:36	88	03:05	74	-16%	8%
Polen							
Wrocław	325	04:46	68	04:15	76	12%	64%
Kraków	332	04:48	69	04:45	70	1%	36%
Katowice	298	03:49	78	04:10	72	-8%	20%
Slowakei							
Bratislava	55	00:35	94	00:55	60	-36%	45%
Košice	365	04:51	75	05:00	73	-3%	26%
Ungarn							
Budapest	215	02:05	103	02:20	92	-11%	21%
Debrecen	401	04:22	92	04:40	86	-6%	31%
Kroatien							
Zagreb	267	05:00	53	03:55	68	28%	11%
Slowenien							
Ljubljana	278	04:43	59	03:50	73	23%	10%
Italien							
Trieste	345	05:30 (1)	63	04:55	70	12%	22%
Venezia S. L.	436	05:45	76	06:20	69	-9%	17%
Deutschland							
München	356	03:27	103	04:20	82	-20%	11%
Nürnberg	412	04:08	100	04:45	87	-13%	9%
Dresden	368	05:48	63	04:55	75	18%	19%
Schweiz							
Zürich	590	07:21	80	07:20	80	0%	5%
Mittelwert über alle Relationen						-5%	
(1) über Udine mit Umsteigen, Annahme Udine – Trieste ca. 1:15							

Tabelle 6-5: Reisezeitvergleich Bahn vs. PKW ab Wien, Kombination aus Planfallvariante 1.5 und 1.1c

6. Maßnahmen für einen ITF in Zentraleuropa

Der Vorsprung der Bahn kann mit der zweiten Planfallkombination noch deutlich ausgebaut werden (Tabelle 6-6). Auch auf den Relationen nach Praha sowie Richtung Slowenien und Kroatien sind dann konkurrenzfähige Reisezeiten möglich.

	Luftlinie km	Bahn		PKW		Fahrzeit- verhältnis Bahn/PKW	Veränderung in Prozent- punkten ggü. Referenzfall
		Fahrzeit	km/h (Luftlinie)	Fahrzeit	km/h (Luftlinie)		
Österreich							
Graz	145	01:51	78	02:00	73	-8%	12%
Linz	155	01:14	126	02:05	74	-41%	5%
Salzburg	252	01:59	127	03:05	82	-36%	14%
Innsbruck	387	03:26	113	04:25	88	-22%	17%
Tschechien							
Praha	252	02:19	109	03:20	76	-31%	66%
Brno	111	01:18	85	01:20	83	-2%	28%
Ostrava	229	02:36	88	03:05	74	-16%	8%
Polen							
Wrocław	325	04:46	68	04:15	76	12%	64%
Kraków	332	04:48	69	04:45	70	1%	36%
Katowice	298	03:49	78	04:10	72	-8%	20%
Slowakei							
Bratislava	55	00:35	94	00:55	60	-36%	45%
Košice	365	04:51	75	05:00	73	-3%	26%
Ungarn							
Budapest	215	01:50	117	02:20	92	-21%	32%
Debrecen	401	03:52	104	04:40	86	-17%	42%
Kroatien							
Zagreb	267	03:31	76	03:55	68	-10%	49%
Slowenien							
Ljubljana	278	03:58	70	03:50	73	3%	29%
Italien							
Trieste	345	05:15	66	04:55	70	7%	27%
Venezia S. L.	436	05:15	83	06:20	69	-17%	25%
Deutschland							
München	356	03:15	110	04:20	82	-25%	15%
Nürnberg	412	04:08	100	04:45	87	-13%	9%
Dresden	368	04:18	86	04:55	75	-13%	50%
Schweiz							
Zürich	590	06:51	86	07:20	80	-7%	12%
Mittelwert über alle Relationen						-14%	

(1) über Udine mit Umsteigen, Annahme Udine – Trieste ca. 1:15

Tabelle 6-6: Reisezeitvergleich Bahn vs. PKW ab Wien, modifizierter Planfall 1 mit Planfallvarianten 1.1b und 1.2a

6.4.6.2. Reisezeiten im innerösterreichischen Fernverkehr

Die Verkürzung der Reisezeiten zwischen den vom Fernverkehr bedienten Landeshauptstädten ist für die beiden Planfallkombinationen (entsprechend Etappe 2 und modifizierte Etappe 6) aus Tabelle 6-7 und Tabelle 6-8 ersichtlich.

6. Maßnahmen für einen ITF in Zentraleuropa

	Bregenz	Graz	Innsbruck	Klagenfurt	Linz	Salzburg	St. Pölten	Wien						
Bregenz														
Graz	07:53	-42												
Innsbruck	02:27	8	05:23	-35										
Klagenfurt	06:57	-33	00:43	-77	04:27	-38								
Linz	05:12	-11	02:42	-11	02:42	-16	03:25	-33						
Salzburg	04:12	0	03:37	-29	01:42	-7	02:41	-21	00:57	-8				
St. Pölten	05:27	-44	02:19	-74	03:27	-22	03:05	-126	00:42	-6	01:42	-14		
Wien	06:29	-24	01:54	-43	03:59	-32	02:40	-68	01:14	-16	02:14	-24	00:29	-11

Tabelle 6-7: Reisezeiten im innerösterreichischen Fernverkehr bei Etappe 2 verglichen mit dem Ist-Zustand 2010

	Bregenz	Graz	Innsbruck	Klagenfurt	Linz	Salzburg	St. Pölten	Wien						
Bregenz														
Graz	07:23	-72												
Innsbruck	02:27	8	04:50	-68										
Klagenfurt	06:27	-63	00:43	-77	03:54	-71								
Linz	04:42	-41	02:25	-28	02:09	-49	03:25	-33						
Salzburg	03:57	-15	03:22	-44	01:24	-25	02:26	-36	00:42	-23				
St. Pölten	05:27	-44	02:16	-77	02:54	-55	03:02	-129	00:42	-6	01:27	-29		
Wien	05:59	-54	01:51	-46	03:26	-65	02:37	-71	01:14	-16	01:59	-39	00:29	-11

Tabelle 6-8: Reisezeiten im innerösterreichischen Fernverkehr bei modifizierter Etappe 6 verglichen mit dem Ist-Zustand 2010

Reisezeiten ab Wien beziehen sich immer auf Wien Hauptbahnhof bzw. für die dem Vergleich zu Grunde gelegten Reisezeiten 2010 auf Wien Westbahnhof und Wien Südbahnhof (letztere basierend auf den Zeiten ab Wien Meidling zzgl. 7').

Weiters ist anzumerken, dass als Vergleichsgrundlage die jeweils schnellste Verbindung im Fahrplan 2010 herangezogen wurde, auch wenn diese nicht regelmäßig im Takt angeboten wird. Dies trifft auf die Strecke Wien – Klagenfurt, Graz – Linz, Graz – Innsbruck sowie Salzburg – Innsbruck – Bregenz zu. Die genannten Reisezeiten für die zwei künftigen ITF-Etappen gelten aber nicht nur für einzelne Verbindungen, sondern im Takt. Somit ergeben sich z. B. Richtung Bregenz teils recht geringe Reisezeitverkürzungen oder sogar Reisezeitverlängerungen, da der als Vergleichsgrundlage herangezogene schnellste Zug zwischen Bregenz und Innsbruck im Fahrplan 2010 in Feldkirch keinen verlängerten Aufenthalt zum Vereinigen mit einem Zugteil aus Zürich hat. Im Durchschnitt über alle Verbindungen des Tages sähe der Vergleich also anders aus.

In der Etappe 6 wären in der Fahrplanvariante B (Knoten Zürich zur vollen Stunde) ab Graz bzw. Klagenfurt Richtung Westen (Salzburg, Innsbruck, Bregenz) noch um 16' bzw. 5' kürzere Reisezeiten als angegeben möglich, da in dieser Fahrplanvariante in Villach ein Übergang nicht nur vom Grundtakt, sondern auch vom schnellen Zug aus Wien in Richtung Tauern besteht. In der Fahrplanvariante A liegen der schnellere Zug von Wien und der Zug Richtung Salzburg in Villach aber um eine Stunde auseinander. Tabelle 6-8 bildet somit diesbezüglich die ungünstigere Fahrplanvariante ab.

7. Zusammenfassung und Empfehlungen

7.1. Eigenschaften und Infrastrukturanforderungen eines ITF

Die auf optimalen Umsteigebedingungen in den Knotenbahnhöfen beruhende Philosophie eines Integrierten Taktfahrplans (ITF) erfordert bestimmte Kantenfahrzeiten zwischen den einzelnen Taktknoten. Diese Kantenfahrzeiten beruhen auf zwei mathematischen Gleichungen. (Begegnungsgleichung und Kreisgleichung).

Die Umsetzung eines ITF in einem vorgegebenen Netz ist in der Regel nicht ohne Maßnahmen zur Fahrzeitverkürzung möglich.

Erhöhung der Flexibilität durch Modifikation der Knotenstruktur

Ein ITF, das tatsächlich sämtliche Kreisgleichungen in einem Netz erfüllt, kann jedoch in Teilbereichen unrealistische oder nur sehr langfristig umsetzbare Maßnahmen erfordern. Mit der vorliegenden Arbeit werden Möglichkeiten aufgezeigt, unter welchen Umständen die strengen Anforderungen aus Kreisgleichungen aufgeweicht werden können. Dabei kann gezeigt werden, dass es neben der einfachsten Möglichkeit in Form der gänzlichen Auflösung bestimmter Knoten, auch deutlich systematischere Wege zur Adaption eines ITF-Knotengefüges gibt.

Diese beruhen auf der Einrichtung von sogenannten Halbknoten, der Berücksichtigung von selektiven Intervallhalbierungen sowie von unterschiedlich schnellen Zugsystemen, wie sie in vielen Eisenbahnnetzen vorkommen. Für letztere werden Möglichkeiten zur systematischen Einbindung in ein ITF-Knotensystem vorgestellt, die in weiterer Folge dem System zu zusätzlicher Flexibilität und somit einfacherer Umsetzbarkeit verhelfen.

Von der Kantenfahrzeit zur fahrplanmäßigen Zielfahrzeit

Ein konkreter Fahrzeitverkürzungsbedarf lässt sich jedoch nicht von den Kantenfahrzeiten alleine ableiten, es ist dafür zunächst die Kenntnis der tatsächlich erforderlichen fahrplanmäßigen Fahrzeit erforderlich.

Aus diesem Grund bedürfen die Zusammenhänge zwischen der Kantenfahrzeit und der sich daraus ergebenden fahrplanmäßigen Fahrzeit besonderer Beachtung. Die den Fahrplan beeinflussenden Vorgänge in den jeweiligen Knotenbahnhöfen (wie z. B. Umsteigen der Fahrgäste, Fahrtrichtungswechsel, Restriktionen der gleichzeitigen Fahrmöglichkeiten etc.) spielen dabei eine besondere Rolle. Über sie wird die sogenannte anteilige Knotenaufenthaltsdauer definiert. Die fahrplanmäßige Fahrzeit zwischen zwei

7. Zusammenfassung und Empfehlungen

Knoten entspricht der Kantenfahrzeit abzüglich der anteiligen Knotenaufenthaltsdauern an beiden Knoten.

Ohne eine diesbezügliche Analyse der Knotenbahnhöfe (die auf eine Ausarbeitung eines genauen Zielfahrplanes für eine Musterstunde hinausläuft) ist keine Festlegung der fahrplanmäßigen Zielfahrzeiten möglich.

Die so ermittelte fahrplanmäßige Zielfahrzeit je Kante kann durch Feinjustierungen in den Knoten wie z. B. eine Abänderung der Aus-/Einfahrreihenfolge von Zügen, die aufgrund der Gleiskonfiguration nicht gleichzeitig aus- bzw. einfahren können, oder durch geringfügige Verschiebungen von erforderlichen Fahrzeitverkürzungen zwischen benachbarten Kanten (sogenannte Knotenasymmetrie) noch modifiziert werden, um ggf. mit in Summe günstigere oder einfacher umsetzbaren Maßnahmen das Auslangen zu finden.

Parameter der Fahrzeitberechnung sind langfristige Planungsgrundlagen

In weiterer Folge ist für die Ermittlung eines konkreten Fahrzeitverkürzungsbedarfs eine Festlegung der Fahrzeitreserven sowie der fahrdynamischen Eigenschaften des der Fahrzeitberechnung zu Grunde zu legenden Zuges unabdingbar. Diese Parameter stellen somit wichtige Planungsgrundlagen für einen langfristigen Infrastrukturausbau dar; es müssen daher langfristig stabile Festlegungen dieser Parameter getroffen werden, die im Zweifelsfall auf der sicheren Seite liegen sollten.

Maßnahmen zur Fahrzeitverkürzung – viele Wege führen zum Ziel

Steht der tatsächliche Fahrzeitverkürzungsbedarf fest, bieten sich zahlreiche Möglichkeiten das gesetzte Ziel zu erreichen. An dieser Stelle werden vor allem Möglichkeiten vorgestellt, die ohne aufwändige Neutrassierungen das Auslangen finden.

Die Möglichkeiten der bestehenden Trassierung werden heute oft nur unzureichend ausgenützt. Mit einer Erhöhung der Bogengeschwindigkeiten lassen sich mit verhältnismäßig niedrigem Aufwand nennenswerte Fahrzeitverkürzungen erzielen, vor allem wenn mit erhöhten Bogengeschwindigkeiten (und somit erhöhten Seitenbeschleunigungen) auch eine durchgehende Geschwindigkeitsanhebung in den Zwischengeraden zwischen zwei Bögen einhergeht.

Verschieden hohe Werte der Seitenbeschleunigung stellen verschiedene Anforderungen an die Konstruktionseigenschaften des eingesetzten Fahrzeuges. Diese reichen von bestimmten Anforderungen hinsichtlich der Gleisfreundlichkeit des Fahrzeuges bis zur aus Komfortgründen erforderlichen Kompensation der höheren Seitenbeschleunigung durch passive bzw. aktive Neigetechnik.

Weiters stellen alle nicht von den wesentlichen Trassierungsparametern Radius und Überhöhung ausgehenden Einschränkungen der Geschwindigkeit aus z. B.

7. Zusammenfassung und Empfehlungen

signalisierungstechnischen Gründen oder infolge von Eisenbahnkreuzungen (Lage der Einschaltkontakte etc.) ein Potential für kostengünstig zu realisierende Fahrzeitverkürzungen dar. In diese Kategorie fallen auch Einschränkungen infolge von der Ablenkung zu befahrenden Weichen in Knoten- oder Haltebahnhöfen. Die Weichenkonfigurationen sollten so gewählt werden, dass sich daraus keine fahrzeitrelevanten Geschwindigkeitseinschränkungen ergeben.

Auch der Entfall von Zwischenhalten kann ein wirksames und kostengünstiges Mittel zu Fahrzeitverkürzung sein, die Frage der Ersatzbedienung ist aber ggf. zu klären.

Erst wenn diese "weichen" Möglichkeiten zur Fahrzeitverkürzung ausgeschöpft sind, sollte nach dem Motto "Technik statt Beton" aufwändige Linienverbesserungen oder Neubaustrecken in Betracht gezogen werden.

Weitere Anforderungen an die Infrastruktur

Neben der Zielfahrzeit zwischen zwei Knoten ist noch eine ausreichende Knotenkapazität sowie auf eingleisigen Strecken das Vorhandensein von Kreuzungsmöglichkeiten an den benötigten Stellen sicherzustellen.

7.2. Entwicklung von ITF-Szenarien für Zentraleuropa

ITF-Knotenstruktur

Ausgehend von einer Analyse der bestehenden Fahrzeiten bzw. der Fahrzeiten, die in einem auf den mehr oder weniger indisponiblen geplanten Ausbaumaßnahmen in Österreich basierenden Referenzfall möglich wären, wurde ein Szenario für eine langfristig anzustrebende Knotenstruktur erarbeitet. Dazu wurden auch die anteiligen Knotenaufenthaltsdauern systematisch erfasst und berücksichtigt.

In der vorgeschlagenen Knotenstruktur finden die zuvor skizzierten systematischen Möglichkeiten zur Modifikation der Knotenstruktur durch Halbstundentakte, Halbknoten und unterschiedlich schnelle Zugsysteme Eingang. Die theoretische Machbarkeit der definierten Knotenstruktur wurde durch eine grobe Abschätzung der erforderlichen mittleren Ausbaugeschwindigkeiten überprüft und untermauert.

Zur etappenweisen Umsetzbarkeit sowie zur Berücksichtigung zusätzlicher Infrastrukturvorhaben wurden weitere Planfallvarianten aufgezeigt.

Systemfahrplan und Maßnahmen

Für alle Planfallvarianten wurde ein möglicher Systemfahrplan in Form einer Netzgrafik erstellt. Für diesen Systemfahrplan wurden sodann Überlegungen hinsichtlich der erforderlichen Maßnahmen angestellt. Für gänzlich außerhalb Österreichs gelegene Kanten sind darunter grobe Aussagen zu erforderlichen Geschwindigkeitsniveaus zu verstehen.

7. Zusammenfassung und Empfehlungen

Für die Kanten in Österreich inklusive der Grenzrelationen wurden basierend auf genauen Fahrzeitberechnungen konkrete Maßnahmenvorschläge gemacht. Diese basieren auf einer Fahrzeitreserve von 10% und einem Modellzug mit den fahrdynamischen Eigenschaften einer siebenteiligen Railjet-Garnitur. Hinsichtlich der Bogengeschwindigkeiten wird in vielen Fällen von einer Erhöhung der Seitenbeschleunigung auf $1,0 \text{ m/s}^2$ ausgegangen. Dieses Ausmaß an Seitenbeschleunigung ermöglicht teilweise nennenswerte Fahrzeitverkürzungen, erfordert aber keine fahrzeugseitigen technischen Einrichtungen zur Reduktion der Seitenbeschleunigung in Wagenkastenebene. Dieser Wert der Seitenbeschleunigung kann als Kompromiss zwischen Optimierung auf der Infrastrukturseite (geringeres Ausmaß an teuren Linienverbesserungen) und auf der EVU-Seite (Vermeidung höherer Fahrzeugkosten bei Einsatz von Neigetechnik) angesehen werden.

Die Maßnahmenvorschläge für Österreich beinhalten nicht nur die zur Fahrzeitverkürzung erforderlichen Maßnahmen sondern auch jene zur Ermöglichung des Kreuzungsgefüges auf eingleisigen Strecken.

Aus den verschiedenen Planfallvarianten wurden sodann schlüssige auf- bzw. abwärtskompatible Etappen erarbeitet und die jeweils erforderlichen Zielfahrzeiten je Kanten in einer Matrix gegenübergestellt. Diese Matrix zeigt, dass einerseits eine stufenweise Umsetzung eines ITF möglich ist und dass andererseits enge fahrplantechnische Zusammenhänge zwischen mitunter weit voneinander entfernten Infrastrukturmaßnahmen vorliegen, die eine möglichst gleichzeitige Umsetzung der jeweiligen Maßnahmen nahe legen.

Diese Zusammenhänge sind allerdings nicht so weitreichend, dass andere Knotenstrukturen in den Nachbarländern die gewählten Kantenfahrzeiten für Österreich in Frage stellen, lediglich in bestimmten Grenzabschnitten besteht ein zwingender Abstimmungsbedarf.

7.3. Empfehlungen

7.3.1. Empfehlungen zu Planungsgrundsätzen

Ein Ausbau der Eisenbahninfrastruktur ist teuer. Die Umsetzung einzelner Maßnahmen muss daher wohl überlegt und fundiert untermauert werden.

Der Integrierte Taktfahrplan (ITF) ermöglicht einerseits ein netzweit attraktives Angebot des öffentlichen Verkehrs, bei dem möglichst viele Kunden von Fahrzeitverkürzungen profitieren. Er bietet sich aber andererseits als Planungsgrundlage für einen maßvollen und zielgerichteten Infrastrukturausbau an.

7. Zusammenfassung und Empfehlungen

Im Sinne eines effizienten Ressourceneinsatzes wird empfohlen, für die Planung der künftigen Eisenbahninfrastruktur in Zentraleuropa als Planungsgrundlage einen Integrierten Taktfahrplan zu Grunde zu legen.

Der ITF als Zielszenario erfordert aber in gewisser Weise eine Änderung der Planungskultur. Die künftigen Fahrzeiten dürfen sich nicht auf Basis irgendeiner künftigen Infrastruktur ergeben, sondern es müssen die künftigen Maßnahmen ausgehend von den jeweiligen Zielfahrzeiten entwickelt werden. Dabei muss von stabilen Werten für die Fahrzeitreserven und die fahrdynamischen Eigenschaften des eingesetzten Rollmaterials ausgegangen werden können.

An dieser Stelle sei nochmals auf die zu Beginn von Kapitel 4 erläuterten Planungsgrundsätze hingewiesen, die auf einen Infrastrukturausbau ausgehend von angestrebten Kantenfahrzeiten abzielen:

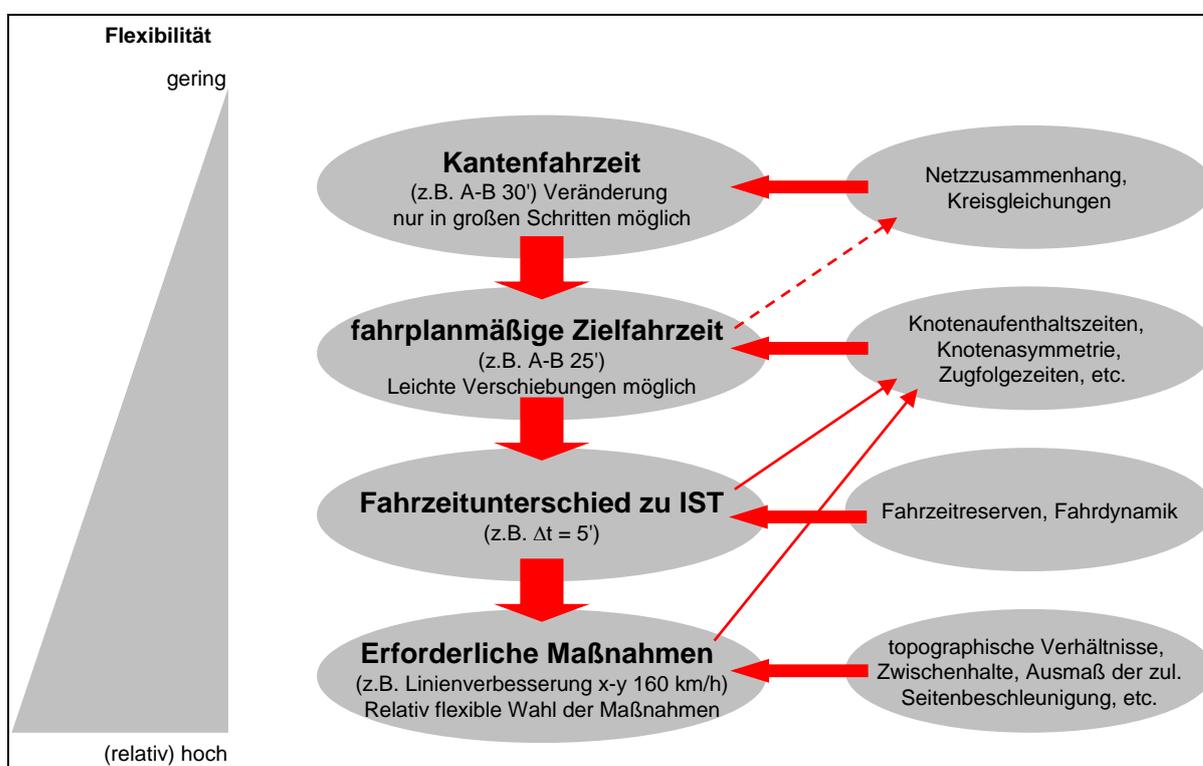


Abbildung 7-1: Vorgehensweise für einen zielgerichteten, ITF-kompatiblen Infrastrukturausbau

7.3.2. Empfehlungen für das gewählte Untersuchungsgebiet

Der hier vorgestellte Planfall für Zentraleuropa bzw. die Planfallvarianten stellen in sich schlüssige und mit konkreten Überlegungen zu den erforderlichen Maßnahmen hinterlegte ITF-Szenarien dar, die eine Grundlage für einen langfristigen Infrastrukturausbau darstellen können.

Für das Funktionieren des ITF ist das hier vorgestellte Grundgerüst des Fernverkehrs nur eine Rahmenbedingung. Der Nahverkehr, auf den in dieser Arbeit nicht gesondert

7. Zusammenfassung und Empfehlungen

eingegangen wurde, muss einerseits optimal an die Taktknoten des Fernverkehrs angebunden sein. Andererseits muss der Nahverkehr inklusive Bus auch abseits der vom Fernverkehr bedienten Strecken den Grundsätzen des ITF folgen.

Aus der zusätzlichen Berücksichtigung des Nahverkehrs können sich außerdem in kleinem Ausmaß Rückwirkungen auf den Systemfahrplan im Fernverkehr oder aber zusätzliche Infrastrukturmaßnahmen (z. B. auf eingleisigen Strecken infolge des Kreuzungsgefüges zwischen Fern- und Nahverkehr) ergeben.

Österreich

Der Planfall 1 sollte als langfristiges Fernziel in den laufenden Planungen berücksichtigt werden, wobei an dieser Stelle aus Gründen einer aufwärtskompatiblen Etappierbarkeit für den Bereich Salzburg – München eine Modifikation des Planfalls 6 empfohlen wird. Maßnahmen, die kurzfristiger umgesetzt werden, dürfen die für den Planfall 1 erforderlichen Maßnahmen nicht verunmöglichen oder gegenüber diesen einen hohen verlorenen Aufwand darstellen. Die Frage nach einem möglichen Umsetzungszeitpunkt für den Planfall 1 ist aus heutiger Sicht nur schwer beantwortbar.

Die Planfallvariante 1.3 mit einem Halbknoten in Salzburg ist eine wesentliche Etappe, die mit einer Neubaustrecke Neumarkt-Köstendorf – Salzburg mit einem absehbaren Zeithorizont um 2030 umsetzbar wäre. Dabei müssen aber zahlreiche Anforderungen hinsichtlich der Kontextprojekte beachtet werden.

Davor ist das Hauptaugenmerk einerseits auf Optimierungsmaßnahmen im restlichen Netz (vor allem grenzüberschreitende Kanten von Wien Richtung Norden und Osten sowie einzelne Abschnitte der Westbahn) und andererseits auf jene Kontextprojekte zu legen, damit mit Semmeringbasistunnel und Koralmbahn eine ITF-Systematik auf der Südbahn und den Querverbindungen ermöglicht wird.

Mit einem ITF kann nicht für oder gegen einen Brennerbasistunnel argumentiert werden, da dieser aufgrund der Verkürzung der Kantenfahrzeit um 60' als ITF-neutrale Maßnahmen anzusehen ist. Die Frage der Umsetzung bzw. des Umsetzungszeitpunktes eines Brennerbasistunnels ist daher aus anderen Gesichtspunkten zu beurteilen. Für den Integrierten Taktfahrplan ist der Brennerbasistunnel nicht von besonderer Priorität.

Deutschland

Im Zusammenhang mit den verschiedenen für Österreich definierten Etappen im Raum Salzburg ergeben sich unterschiedliche Anforderungen an die Infrastruktur im Dreieck Salzburg – München – Wörgl. Der geplante Ausbau Salzburg – Mühldorf – München kann mit diesen Anforderungen in Einklang gebracht werden und ist ein Kontextprojekt zur Neubaustrecke Neumarkt-Köstendorf – Salzburg in Österreich.

Der sogenannte "Zulauf Nord" als Fortsetzung der viergleisigen Unterinntalstrecke in den Raum Rosenheim ist aus ITF-Sicht nur im Planfall 1 als Fernziel erforderlich.

7. Zusammenfassung und Empfehlungen

Schweiz, Liechtenstein

Zu beachten sind die mit der Planfallvariante 1.3. (Halbknoten Salzburg) in Zusammenhang stehenden Maßnahmen im Bereich Feldkirch – Buchs.

Slowenien, Kroatien

In einer ersten Phase sind nur zwischen Maribor und Celje sowie zwischen Zidani Most und Ljubljana Fahrtzeitverkürzungen geringeren Ausmaßes erforderlich. Für einen Taktknoten in Zagreb müssen zwischen Zidani Most und Zagreb sowie von Zagreb Richtung Ungarn bereits umfangreichere Infrastrukturausbauten erfolgen.

In einer zweiten Phase sind dann umfangreiche Infrastrukturmaßnahmen auf den weiteren Kanten Sloweniens (mit Ausnahme des Abschnittes Zidani Most – Celje) erforderlich. Dabei bietet sich auch die Umsetzung des Krapina-Korridors an.

Ungarn, Slowakei, Tschechien sowie Polen

Die Umsetzung des Basisszenarios gemäß Planfall 1 sollte mittelfristig bis ~2020 angestrebt werden. Darüber hinaus können die aufgezeigten Varianten zur weiteren Beschleunigung der Strecke Wien – Budapest sowie für den Bau von Hochgeschwindigkeitsstrecken in Tschechien in Betracht gezogen werden.

Konkrete Maßnahmen zur Fahrtzeitverkürzung

Die in dieser Arbeit für Österreich (inkl. grenzüberschreitende Kanten) vorgeschlagenen Maßnahmen zur Fahrtzeitverkürzung stellen sicher nur eine von mehreren Möglichkeiten zur Erreichung der jeweiligen Zielfahrzeiten dar. Sie beruhen auf bestimmten Annahmen zur Fahrdynamik und zu Fahrzeireserven. Andere fahrdynamische Werte oder ein anderes Reserveausmaß führen automatisch zu einer Veränderung des Maßnahmenbedarfs. Für eine definitive Festlegung des Maßnahmenbedarfs ist daher zunächst eine Festlegung dieser nicht unwesentlichen Einflussparameter erforderlich.

Bei der Maßnahmenermittlung hat sich gezeigt, dass bereits mit einer durchgehenden Anhebung des Geschwindigkeitsniveaus infolge auf $1,0 \text{ m/s}^2$ erhöhter Seitenbeschleunigung auf vielen Strecken die Zielfahrzeiten ganz oder teilweise erreicht werden können, wodurch teure Neutrassierungen vermieden werden können. Auch abgesehen von höheren Bogengeschwindigkeiten bietet die vorhandene Trassierung in vielen Fällen noch nicht ausgeschöpfte Potentiale zur Fahrtzeitverkürzung. In diese Richtung gehende Überlegungen sollen daher unbedingt weiterverfolgt werden.

Mit kürzeren Zugfolgezeiten als die dieser Arbeit zu Grunde gelegten 3' oder zusätzlichen Über-/Unterwerfungen zwecks kreuzungsfreiem Ein- und Ausfahren könnten in einzelnen Netzteilen die Zielfahrzeiten noch etwas angehoben werden und

7. Zusammenfassung und Empfehlungen

somit der Maßnahmenbedarf reduziert werden. Möglichkeiten dazu sollten ggf. ebenfalls geprüft werden.

Die Möglichkeiten der Einführung von ETCS (entfallende Grenzaufenthalte, bessere Ausnutzung der tatsächlichen Gleiskonfiguration beim Befahren von Weichen in die Ablenkung) dürfen nicht ausser Acht gelassen werden. Die durch ETCS vorgegebene Bremsverzögerung darf zu keinen Verschlechterungen gegenüber der derzeitigen Praxis (derzeitige Grundlage für die Fahrzeitberechnung in Österreich: $0,7 \text{ m/s}^2$) und somit zu Fahrzeitverlängerungen führen; im Nahverkehr ist umgekehrt eine deutlich höhere Bremsverzögerung als Fahrzeitberechnungsgrundlage wünschenswert (bis $1,0 \text{ m/s}^2$).

Umsetzung in einem liberalisierten Markt

Die langfristige Entwicklung eines Integrierten Taktfahrplans und der dazugehörigen Infrastrukturmaßnahmen erfordert im Idealfall eine Planung aus einer Hand und auch eine Abstimmung über Staatsgrenzen hinaus. Im zunehmend liberalisierten Bahnmarkt Europas sind aber Eisenbahninfrastrukturunternehmen (EIU) und Eisenbahnverkehrsunternehmen (EVU) mehr oder weniger stark voneinander getrennt. Die Voraussetzungen für eine integrierte Planung von Fahrplan und Infrastruktur sind also nicht optimal – zumindest auf den ersten Blick.

Warum in eine auf einem exakten Zielfahrplan basierende Infrastruktur investieren, wenn nicht garantiert werden kann, dass der hinterlegte Zielfahrplan tatsächlich eines Tages von einem EVU so gefahren wird?

Zum einen ist der ITF durchaus auch im Interesse der meisten EVUs. Wenn die Infrastruktur die entsprechenden Voraussetzungen bietet, wäre es auch aus EVU-Sicht wenig sinnvoll, den Fahrplan gerade so zu gestalten, dass die potentiellen Taktknoten nicht zu den Symmetriezeiten bedient werden, zumindest unter der Voraussetzung, dass die dazu geplanten Fahrplantrassen auch mit den vorhandenen Fahrzeugen gefahren werden können.

Weiters wird ein großer Teil des Schienenpersonenverkehrs nicht eigenwirtschaftlich erbracht (vor allem der Nahverkehr, in manchen Ländern aber auch Teile des Fernverkehrs). Hier liegt es im Interesse der öffentlichen Hand, dass einerseits der Infrastrukturausbau sparsam und zielgerichtet erfolgt und dass andererseits die bestellten Verkehre möglichst attraktiv und effizient abgewickelt werden. Der ITF bietet die dafür nötigen Voraussetzungen. Der Besteller der Verkehrsleistungen hat es in der Hand, für eine entsprechende Fahrplangestaltung und somit für eine darauf abgestimmte Infrastrukturentwicklung zu sorgen.

Das bereits zu Beginn dieser Arbeit angesprochene Beispiel aus Frankreich zeigt, dass unter Umständen die Liberalisierung sogar einen ITF begünstigt: Dort geht der Infrastrukturbetreiber RFF dazu über, den Taktfahrplan selbst zu planen und an EVUs nur verfügbare Takttrassen zu vergeben. Dies mit dem Argument, dass durch

7. Zusammenfassung und Empfehlungen

unkoordinierte und teilweise nicht vertaktete Fahrplantrassen die Kapazität des Netzes sinkt – ein nicht uninteressanter Ansatz, dessen Übernahme sich in Zukunft vielleicht auch andere Eisenbahninfrastrukturunternehmen angesichts der Herausforderung einer möglichst diskriminierungsfreien Trassenvergabe bei gleichzeitig möglichst hoher Netzauslastung überlegen werden.

In jedem Fall ist aber ein gewisses Ausmaß an längerfristiger Abstimmung zwischen EIUs und EVUs erforderlich, vor allem wenn es um die Einschätzung der Marktfähigkeit von Fahrplantrassen, den erforderlichen fahrdynamischen Eigenschaften des eingesetzten Rollmaterials und um die Trassenkompatibilität über Staatsgrenzen hinaus geht.

Glossar

European Train Control System (ETCS) Ein europaweit einheitliches Zugsicherungssystem, welches künftig die nationalen Sicherungssysteme ersetzen und somit grenzüberschreitende Verkehre vereinfachen soll

Halbknoten Taktknoten, der um $\frac{1}{4}$ des Taktintervalls von der Symmetrieminute versetzt ist. Halbknoten finden im zeitlichen Abstand eines halben Taktintervalls und somit doppelt so oft wie Vollknoten statt. In einen Halbknoten ist alternierend von jeder berücksichtigten Linie nur jeweils eine Fahrtrichtung eingebunden, es ergeben sich daher teilweise Wartezeiten beim Umsteigen

Integrierter Taktfahrplan Taktfahrplan, der durch die Bildung von Taktknoten, an denen sich alle Züge und Busse mehr oder weniger gleichzeitig treffen, optimale Anschlüsse ermöglicht; in der Literatur ist auch der inhaltlich deckungsgleiche Begriff "Integraler Taktfahrplan" verbreitet

Intervallhalbierung Taktverdichtung in der Form, dass sich die Fahrpläne zweier paralleler Linien des Öffentlichen Verkehrs genau so ergänzen, dass sich Fahrmöglichkeiten im Abstand des halben Taktintervalls ergeben

Kantenfahrzeit Fahrzeit zwischen zwei Taktknoten inklusive der jeweils halben Aufenthaltsdauer an beiden Taktknoten

Knotenasymmetrie Ein Taktknoten weist dann eine Knotenasymmetrie auf, wenn für einzelne Linien die zeitliche Mitte zwischen Ankunft und Weiterfahrt nicht mit der Symmetrieminute zusammenfällt (Ankunft teilweise nach der Symmetrieminute, Weiterfahrt kurz danach; in der Gegenrichtung Abfahrt vor der Symmetrieminute, Ankunft kurz davor).

Linienverbesserung Kleinräumige, bestandsnahe Begradigung einer Strecke zur Erzielung höherer Geschwindigkeiten

Netzgrafik Grafische Darstellung des Systemfahrplans; wird teilweise auch als Linientaktkarte bezeichnet

Referenzfall Ein Planungsszenario bei welchem gegenüber dem Ausgangszustand alle außer den explizit genannten Rahmenbedingungen gleich bleiben (ceteris paribus Annahme)

Seitenbeschleunigung In Querrichtung wirkende Beschleunigung beim Befahren von Bögen

- Symmetrieminute** Jene Minute(n), an der(denen) bei einem Integrierten Taktfahrplan der gesamte Fahrplan gespiegelt ist. Jeweils zur (zu den) Symmetrieminute(n) begegnen sich die Züge gleicher Gattung im gesamten Streckennetz
- Systemfahrplan** Fahrplan für eine Musterstunde am Tag; dieser Fahrplan wiederholt sich bei einem Taktfahrplan stündlich
- Taktfahrplan** Fahrplan, der sich durch stündlich wiederholende Abfahrtszeiten auszeichnet
- Taktknoten** Knotenpunkt des Öffentlichen Verkehrs, an welchem regelmäßig Züge und Busse aus verschiedenen Richtungen gleichzeitig eintreffen und kurz danach abfahren und so Anschlüsse mit kurzen Wartezeiten ermöglichen
- Unterwerfung** Bauwerk, welches durch eine Unterführung eines Gleises unter einem anderen kreuzungsfreie Fahrten ermöglicht
- Übergangsbogen** Trassierungselement mit kontinuierlich verändernder Krümmung zur Vermeidung des Rucks beim Übergang zwischen Gerade und Kreisbogen bzw. zwischen zwei Kreisbögen. Sofern im Kreisbogen eine Überhöhung ausgeführt wird, geht die Veränderung der Krümmung mit der Veränderung der Überhöhung einher.
- Überhöhung** Relativer Höhenunterschied zwischen der Außen- und Innenschiene in einem Bogen zur Reduktion der in Gleisebene wirkenden Seitenbeschleunigung; ermöglicht bei konstantem Radius eine höhere Geschwindigkeit
- Überwerfung** Bauwerk, welches durch eine Überführung eines Gleises über einem anderen kreuzungsfreie Fahrten ermöglicht
- Vollknoten** Taktknoten, der zur Symmetrieminute und im zeitlichen Abstand eines ganzen Taktintervalls stattfindet; in einen Vollknoten sind immer beide Fahrtrichtungen der berücksichtigten Linien eingebunden, Umsteigen ist daher immer mit kurzen Wartezeiten möglich
- Verzeichnis der örtlich zulässigen Geschwindigkeiten (VzG)** Beinhaltet die auf dem Streckennetz der ÖBB erlaubten Höchstgeschwindigkeiten

Literaturverzeichnis

- [1] Huerlimann G.: *Die Eisenbahn der Zukunft, Modernisierung, Automatisierung und Schnellverkehr bei den SBB im Kontext von Krisen und Wandel (1965 – 2000)*, Dissertation, ETH Zürich, 2006
- [2] Wikipedia: *Bahn 2000*, verfügbar unter http://de.wikipedia.org/wiki/Bahn_2000 [Datum des Zugriffs 9.10.2010]
- [3] Bundesamt für Verkehr: *Zukünftige Entwicklung der Eisenbahnprojekte*, verfügbar unter <http://www.bav.admin.ch/zeb/index.html?lang=de> [Datum des Zugriffs 9.10.2010]
- [4] Wikipedia: *InterCity*, verfügbar unter <http://de.wikipedia.org/wiki/InterCity> [Datum des Zugriffs 9.10.2010]
- [5] Initiative Deutschlandtakt, verfügbar unter <http://www.deutschland-takt.de> [Datum des Zugriffs 9.10.2010]
- [6] Österreichische Raumordnungskonferenz: *ÖROK-Empfehlungen zur Weiterentwicklung des NAT 91 zum IT 2000*, verfügbar unter http://www.oerok.gv.at/fileadmin/Bilder/5.Reiter-Publikationen/OEROK-Empfehlungen/oerok_empfehlung_36.pdf [Datum des Zugriffs 9.10.2010]
- [7] Regionale Schienen: *Österreich ist auf dem Weg zum Integralen Taktfahrplan*, verfügbar unter http://www.regionale-schienen.at/0_thema_200806.asp?mid=23 [Datum des Zugriffs 9.10.2010]
- [8] Montanaro G., Cosandey E., Stähli L.: *Rhin-Rhone HSL sparks 2012 timetable revolution in France*, In: *EURAILmag Business&Technology, issue 21*, S. 106 – 108, verfügbar unter http://www.sma-partner.ch/index.php?option=com_rokdownloads&task=download&id=221&Itemid=161 [Datum des Zugriffs 30.9.2010]
- [9] SMA und Partner AG: *Geschäftsbericht 2008*, S. 15 – 18, verfügbar unter http://www.sma-partner.ch/index.php?option=com_rokdownloads&task=download&id=194%3geschaeftsbericht_2008&Itemid=162&lang=de [Datum des Zugriffs 30.9.2010]

Literaturverzeichnis

- [10] Neue Zürcher Zeitung: *Wie der Taktfahrplan Frankreich erobert*, Artikel vom 28.1.2010, verfügbar unter http://www.nzz.ch/magazin/mobil/wie_der_taktfahrplan_frankreich_erobert_1.4665763.html [Datum des Zugriffs 8.10.2010]
- [11] Baudyš K., Janoš V., Pospíšil J.: *Railway Timetable in Czech Republic*, In: *Proceedings of the 6th International Scientific Conference TRANSBALTICA 2009*, verfügbar unter http://www.vgtu.lt/upload/leid_konf/audys_7-10.pdf [Datum des Zugriffs 29.9.2010]
- [12] Kormányos L., Vincze B.: *Introduction of the periodic timetable on the Hungarian railway network, etappe 1*, verfügbar unter http://vbnet.hu/doc/2007_zel_periodic.pdf [Datum des Zugriffs: 4.10.2010]
- [13] Kormányos L.: *Building up a railway-based integrated public transport system in Hungary*, In: *From Horse-drawn Railway to High-speed Transportation Systems, April 17 - 19, 2007 Prague, Czech Republic*, verfügbar unter <http://www.railway2007.fd.cvut.cz/proceedings/Kormanyos.pdf> [Datum des Zugriffs 4.10.2010]
- [14] Kormányos L., Tánczos K.: *Conditions of a quality public railway service in Hungary*, In: *Periodica Polytechnica ser. transp. eng. vol. 35, no. 1-2, S. 23 - 34*, verfügbar unter http://www.pp.bme.hu/tr/2007_1/pdf/tr2007_1_03.pdf [Datum des Zugriffs 4.10.2010]
- [15] Thomas Cook Publishing: *European rail timetable, issue march 2010*, ISSN 0952-620X
- [16] Thomas Cook Publishing: *Overseas timetable, issue march/april 2010*, ISSN 0144-7475
- [17] Yang D., Nie L., Tan Y., He Z., Zhang Y.: *Working out an incomplete cyclic timetable for high-speed railways by computer* In: *Computers in Railways XII*, S. 889 - 900, verfügbar unter <http://library.witpress.com/pages/dlfreepaper.asp?pID=21482> [Datum des Zugriffs 29.9.2010]
- [18] Clever R.: *Integrated Timed Transfer – a European Perspective* In: *Transportation Research Record 1571*, S. 109 – 115, verfügbar unter http://www.webs1.uidaho.edu/ce574f09/resources/trr_articles-transit_networks/TRR1571_pg109.pdf [Datum des Zugriffs: 29.9.2010]
- [19] Maxwell R.: *Intercity Rail Fixed-Interval, Timed-Transfer, Multihub System* In: *Transportation Research Record 1691*, S. 1 – 11, verfügbar unter <http://thinkmetric.com/pubs/itt/Maxwell1999.pdf> [Datum des Zugriffs: 29.9.2010]
- [20] Borza V., Kormányos L., Vincze B.: *New regular interval timetables in operation on the suburban lines of the Hungarian State Railways*, verfügbar unter http://vbnet.hu/doc/2005_zel_regular_interval_timetable_suburban_mav.pdf [Datum des Zugriffs 4.10.2010]

Literaturverzeichnis

- [21] Tzieropoulos P., Emery D.: *How regular is a regular-interval timetable? Theoretical foundations and assessment methodology* In: *STRC 9th Swiss Transport Research Conference, September 2009*, verfügbar unter <http://www.strc.ch/conferences/2009/Tzieropoulos.pdf> [Datum des Zugriffs: 29.9.2010]
- [22] Bundesamt für Verkehr: *ZEB, Medienorientierung 7.4.2007*, verfügbar unter <http://www.bav.admin.ch/zeb/01343/index.html?lang=de&download=M3wBUQC u/8ulmKDu36WenojQ1NTTjaXZnqWfVpzLhmfhnapmmc7Zi6rZnqCkkIN1fXd9b KbXrZ2lhtTN34al3p6YrY7P1oah162apo3X1cjYh2+hoJVn6w==&>.pdf [Datum des Zugriffs: 9.10.2010]
- [23] Durrer P., Meiner H., Stähli S.: *Bahn 2000, Die Zukunft der Schweizer Bahnen* In: *ETR 35 (1986), H.5 – Mai*
- [24] Grafik Fahrplansymmetrie im Taktknoten Wattwil (Fahrplan 1999); zur Verfügung gestellt von Turbo und SOB
- [25] Bildfahrplan der Strecke 16 (Zürich Oerlikon – Urdorf, Zürich PB – Zürich Mülligen, Zürich PB – Killwangen-Spreitenbach – Brugg AG), Fahrplan 2010, verfügbar unter http://www.fahrplanfelder.ch/fileadmin/fap_pdf_graphic_tt/G16.pdf [Datum des Zugriffs 9.10.2010]
- [26] Weis P.: *Konstruktionsprinzip eines Taktfahrplans*, Diplomarbeit, TU Graz, 2005
- [27] Lichtenegger M.: *Der Taktfahrplan*, Dissertation, TU Graz, 1991
- [28] ÖBB Netz- und Streckenentwicklung: *Bf Wien Hbf, Betriebskonzept, Betriebsprogramme*, Stand 2007
- [29] ÖBB / HLAG / BEG: *Richtlinien für das Entwerfen von Bahnstrecken – Hochleistungsstrecken*, 2002
- [30] ÖBB Infrastruktur: *Handbuch zur Erstellung des Verzeichnisses der örtlich zulässigen Geschwindigkeiten, Version 3.0 vom 6.4.2006*
- [31] ÖBB Infrastruktur: *Anhang 4 zum Handbuch – Fahren mit erhöhter Seitenbeschleunigung, Version 1.3. vom 25.9.2009*
- [32] Jochim H.: *Grundlagen des Schienenverkehrs I – Gleisbau und Trassierung*, Vorlesungsskriptum an der FH Aachen, Mai 2005, verfügbar unter http://www.bauweb.fh-aachen.de/verkehrswesen/public/H6_Schiene_2008.pdf [Datum des Zugriffs: 9.10.2010]
- [33] Bundesamt für Verkehr: *Ausführungsbestimmungen zur Eisenbahnverordnung*, Ausgabe vom 1.7.2010, verfügbar unter <http://www.bav.admin.ch/dokumentation/grundlagen/00663/index.html?lang=de>

Literaturverzeichnis

- &download=M3wBUQCu/8ulmKDu36WenQ1NTTjaXZnqWfVpzLhmfhnapmm
c7Zi6rZnqCkkIN3g3Z9bKbXrZ2lhtTN34al3p6YrY7P1oah162apo3X1cjYh2+hoJVn
6w==&.pdf [Datum des Zugriffs: 9.10.2010]
- [34] Langer H. G., Teichmann M.: *"Sipko" – das System zum schnelleren Fahren im Bogen*, In: *Eisenbahn Österreich*, 4/2010, S. 184-185
- [35] Patentes Talgo S.A.: *Talgo XXI – zuverlässige Neigetechnik für den hochwertigen Regional- und Fernverkehr*, verfügbar unter <http://www.talgo.de/download/Talgo%20XXI%20Folder.pdf> [Datum des Zugriffs 31.3.2010]
- [36] Schneider R.: *Wankkompensation und aktive Radsatzsteuerung "Flexx Tronic" von Bombardier* In: *Eisenbahn Österreich*, 4/2010, S. 174-181
- [37] SBB: *SBB erteilt Bombardier den Auftrag zum Bau von 59 Doppelstockzügen für den Fernverkehr*, Medienmitteilung vom 12.5.2010
- [38] Österreichisches Institut für Raumplanung: *Korridor Xa – direkte Schienenverbindung Maribor – Zagreb: Strategische Bedeutung, Trassenvorauswahl und Nachfragepotential*, November 2007
- [39] BMVIT / ÖBB Infrastruktur AG: *Rahmenplan 2009-2014, Szenario 17 vom 8.3.2008*
- [40] Ministerstvo dopravy, Kušnír J.: *Rozvojové záměry na železnici*, Präsentation des tschechischen Verkehrsministeriums, verfügbar unter http://www.mdcz.cz/NR/ronlyres/A12401DC-D45A-4785-97B9-146A333124BD/0/5KV_3_RozvojoveZameryVRT.pps [Datum des Zugriffs: 28.7.2010]
- [41] Tikman P.: *Studie VRT – analýza přepravních vztahů a výhledové možnosti dopravních systémů ve vybraných směrech*, Präsentation bei der Konferenz *High Speed Railway Transport in the World and in the Czech Republic, Praha 2007*, verfügbar unter <http://vrt.fd.cvut.cz/data/konference/28p.pdf> [Datum des Zugriffs: 9.8.2010]
- [42] Railway Gazette International: *200 km/h on Czech tracks*, Online-Artikel vom 23.9.2009, verfügbar unter <http://www.railwaygazette.com/news/single-view/view/200-kmh-on-czech-tracks.html> [Datum des Zugriffs: 14.2.2010]
- [43] Republika Slovenija, Ministrstvo za promet: *Resolucija o nacionalnih razvojnih projektih za obdobje 2007 – 2023, modernizacija železniškega omrežja*, Präsentation des slowenischen Verkehrsministeriums, verfügbar unter http://www.mzp.gov.si/fileadmin/mzp.gov.si/pageuploads/06RESOLUCIJA_2007-23_0711.ppt [Datum des Zugriffs: 23.2.2010]
- [44] UIC-Merkblattt 451-1 VE: *In den Fahrplänen vorzusehende Fahrzeitzuschläge, um die pünktliche Betriebsabwicklung zu gewährleisten*

Literaturverzeichnis

- [45] tz-online.de: *Deutsche Bahn: 200 Millionen für drei Minuten*, Bericht vom 18.6.2010, verfügbar unter <http://www.tz-online.de/nachrichten/bayern/bahn-jagt-minuten-809920.html> [Datum des Zugriffs: 9.8.2010]
- [46] Rete Ferroviaria Italiana (RFI): *Verona-Padova-Venezia*, verfügbar unter <http://www.rfi.it/cms/v/index.jsp?vgnextoid=f8fcb4050e64c110VgnVCM1000003f16f90aRCRD> [Datum des Zugriffs: 9.8.2010]
- [47] IV Korridor: *Projektinformationen zum Abschnitt České Budějovice – Horní Dvořiště*, verfügbar unter <http://www.4-koridor.cz/index.php?t=article&n=clanek-budoucnost-60> [Datum des Zugriffs: 29.3.2010]

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 2-1: Knotensystem Schweiz mit ZEB (2030)	19
Abbildung 2-2: Für den Fahrplan 2009 geplante Knotenstruktur in Ungarn.....	22
Abbildung 2-3: Fahrzeitverkürzungen zwischen den Kantonshauptorten infolge ZEB ..	26
Abbildung 3-1: Funktionsschema eines Taktknotens	27
Abbildung 3-2: zeitlicher Abstand zwischen zwei Taktknoten.....	28
Abbildung 3-3: Prinzip des Integrierten Taktfahrplans.....	28
Abbildung 3-4: Fahrplansymmetrie infolge Knotenbildung am Beispiel Wattwil (CH) ..	29
Abbildung 3-5: Symmetrischer und asymmetrischer Taktfahrplan	30
Abbildung 3-6: Schlechte Anschlussqualität in einem Taktknoten durch unterschiedliche Symmetrieminuten.....	31
Abbildung 3-7: Verbesserung der Anschlussqualität in einem Knoten durch eine einheitliche Symmetrieminute.....	31
Abbildung 3-8: Kantenfahrzeiten zur Erfüllung der Begegnungsgleichung.....	32
Abbildung 3-9: Kantenfahrzeiten in einem Kreis ohne Erfüllung der Kreisgleichung.....	33
Abbildung 3-10: Kantenfahrzeiten in einem Kreis mit Erfüllung der Kreisgleichung.....	34
Abbildung 3-11: Arten von Kreisen in einem Netz	35
Abbildung 3-12: Übersicht über verschiedene Fahrzeitbegriffe	36
Abbildung 3-13: Anteilige Knotenaufenthaltsdauer infolge Fahrgastwechsel	37
Abbildung 3-14: Anteilige Knotenaufenthaltsdauer infolge Mindestübergangszeit beim Umsteigen.....	38
Abbildung 3-15: Anteilige Knotenaufenthaltsdauer infolge minimaler Zugfolgezeit	39
Abbildung 3-16: Taktknoten Zürich HB (IC- und Interregio-Züge)	40
Abbildung 3-17: Bildfahrplan der Strecke Zürich HB - Killwangen-Spreitenbach.....	41
Abbildung 3-18: Erforderliche Fahrzeitverkürzung infolge parallel fahrender Linien	42
Abbildung 3-19: Vermiedene Fahrzeitverkürzungsnotwendigkeit durch Anschlussverzicht.....	42
Abbildung 3-20: Kreuzungskonflikt bei kreuzenden Fahrten	43

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 3-21: Vermeidung eines Kreuzungskonflikt durch eine Unterwerfung	44
Abbildung 3-22: Zusätzliche kreuzungsfreie Fahrmöglichkeiten durch "Bypässe"	44
Abbildung 3-23: Vereinfachtes Gleisschema Wien Hbf.....	45
Abbildung 3-24: Kreuzungskonflikt bei Fahrtrichtungswechsel	45
Abbildung 3-25: Fahrplansystematik bei einem Knoten mit Fahrtrichtungswechsel.....	46
Abbildung 3-26: Unterwerfung zur Vermeidung eines Kreuzungskonfliktes bei Fahrtrichtungswechsel	46
Abbildung 3-27: Gleiskonfiguration im Zulauf auf Zürich HB (stark vereinfacht).....	47
Abbildung 4-1: Vorgehensweise für einen zielgerichteten, ITF-kompatiblen Infrastrukturausbau	50
Abbildung 4-2: "Klassische" Vorgehensweise beim Infrastrukturausbau	51
Abbildung 4-3: Auswirkung der Veränderung einer Kantenfahrzeit um 30' auf die Knotenstruktur	54
Abbildung 4-4: Erforderliche Kantenfahrzeitveränderungen infolge der Veränderung einer Kantenfahrzeit um 30'	55
Abbildung 4-5: Kleinräumige Auswirkungen von Kantenfahrzeitveränderungen um 30'	55
Abbildung 4-6: Großräumige Auswirkungen von Kantenfahrzeitveränderungen um 30'	56
Abbildung 4-7: Auflösen eines Taktknotens	57
Abbildung 4-8: Einrichtung eines Halbknotens.....	58
Abbildung 4-9: Verzicht auf die Erfüllung der Kreisgleichung bei einem halbierten Taktintervall auf einer Kante	59
Abbildung 4-10: Selektive Herstellung der Umsteigebeziehungen durch selektiven Halbstundentakt	60
Abbildung 4-11: Gänzliche Herstellung der Umsteigebeziehungen durch erweiterten selektiven Halbstundentakt	60
Abbildung 4-12: Unterschiedlich schnelle Zugsystem in einer Knotensystematik	61
Abbildung 4-13: Zusätzliche schnelle Kante mit zeitversetztem Knoten A'	63
Abbildung 4-14: Erweiterte Flexibilität bei der Wahl der Kantenfahrzeiten durch unterschiedlich schnelle Zugsysteme.....	64
Abbildung 4-15: Erforderliche Fahrzeitverkürzung durch Einführung eines schnelleren Zugsystems	65

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 4-16: Knotenasymmetrie.....	67
Abbildung 4-17: Abtausch der Einfahr- und Ausfahrreihenfolge.....	68
Abbildung 4-18: Gleichzeitiges Ein- und Ausfahren mit Gegengleisfahren.....	69
Abbildung 4-19: Ermöglichung längerer Fahrzeiten durch gleichzeitiges Ein- und Ausfahren	70
Abbildung 4-20: Optimierungsziel "Harmonisierung des Geschwindigkeitsprofils" durch höhere Bogengeschwindigkeiten	78
Abbildung 4-21: Optimierungsziel "Maximierung des Fahrzeitnutzens" durch höhere Bogengeschwindigkeiten.....	78
Abbildung 4-22: Knotenstruktur ohne Verbindungsschleife in D	81
Abbildung 4-23: Netzgrafik ohne Verbindungsschleife in D.....	81
Abbildung 4-24: Knotenstruktur mit Verbindungsschleife bei D	81
Abbildung 4-25: Netzgrafik mit Verbindungsschleife bei D.....	82
Abbildung 4-26: Zusätzlicher Kreuzungsmöglichkeit auf einer eingleisigen Strecke.....	84
Abbildung 4-27: Verkürzung der relevanten Teilstreckenfahrzeit zur Ermöglichung der Systemkreuzung	84
Abbildung 4-28: Zielgerichteter selektiver zweigleisiger Ausbau zur Erhöhung der Fahrplanstabilität.....	85
Abbildung 5-1: Städte und Agglomerationen im Untersuchungsgebiet (Karte: www.openstreetmap.org)	87
Abbildung 5-2: Netzstruktur im Untersuchungsgebiet.....	89
Abbildung 5-3: Knoten Ústí nad Orlicí und Česká Třebová	90
Abbildung 5-4: Reisezeiten ab Wien mit der Bahn und dem PKW (in Klammer), Ist-Zustand 2009/2010.....	92
Abbildung 5-5: Fahrzeiten zwischen den Knotenpunkten, Stand 2009.....	94
Abbildung 5-6: Durchschnittsgeschwindigkeiten je Kante, Stand 2009.....	95
Abbildung 5-7: Reisezeiten ab Wien mit der Bahn und dem PKW (in Klammer), Referenzfall.....	96
Abbildung 5-8: Fahrzeiten zwischen den Knotenpunkten, Referenzfall	98
Abbildung 5-9: Durchschnittsgeschwindigkeiten je Kante, Referenzfall.....	99
Abbildung 5-10: Kantenfahrzeiten im Referenzfall.....	107
Abbildung 5-11: Zu nahe gelegene Knoten im Referenzfall	110

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 5-12: Modifizierte Kantenfahrzeiten im Referenzfall.....	112
Abbildung 5-13: Knotenstruktur im Planfall 0.....	113
Abbildung 5-14: Knotenstruktur im Planfall 1.....	122
Abbildung 5-15: Knotenstruktur in Planfallvariante 1.1a	125
Abbildung 5-16: Knotenstruktur in Planfallvariante 1.1b	126
Abbildung 5-17: Knotenstruktur in Planfallvariante 1.1c.....	127
Abbildung 5-18: Knotenstruktur in Planfallvariante 1.2a	129
Abbildung 5-19: Knotenstruktur in Planfallvariante 1.1b	130
Abbildung 5-20: Knotenstruktur in Planfallvariante 1.2c.....	131
Abbildung 5-21: Knotenstruktur in Planfallvariante 1.3	133
Abbildung 5-22: Knotenstruktur in Planfallvariante 1.4	134
Abbildung 5-23: Knotenstruktur in Planfallvariante 1.5	135
Abbildung 5-24: Knotenstruktur in Planfallvariante 1.6	136
Abbildung 6-1: Taktknoten zur vollen Stunde bei einem Zweistundentakt	143
Abbildung 6-2: Taktknoten zur halben Stunde bei einem Zweistundentakt	143
Abbildung 6-3: Taktknoten zur halben Stunden	143
Abbildung 6-4: Zweistundentakt auf Parallelstrecken mit optimalen Anschlüssen.....	144
Abbildung 6-5: Zweistundentakt auf Parallelstrecken mit optimaler zeitlicher Verteilung für Fahrten AD.....	144
Abbildung 6-6: Netzgrafik Planfall 1, Fahrplanvariante A, Ausschnitt Nordwest	148
Abbildung 6-7: Netzgrafik Planfall 1, Fahrplanvariante A, Ausschnitt Südwest.....	149
Abbildung 6-8: Netzgrafik Planfall 1, Fahrplanvariante A, Ausschnitt Nordost	150
Abbildung 6-9: Netzgrafik Planfall 1, Fahrplanvariante A, Ausschnitt Südost.....	151
Abbildung 6-10: Netzgrafik Planfall 1, Fahrplanvariante B, Ausschnitt Nordwest.....	152
Abbildung 6-11: Netzgrafik Planfall 1, Fahrplanvariante B, Ausschnitt Südwest	153
Abbildung 6-12: Netzgrafik Planfall 1, Fahrplanvariante B, Ausschnitt Nordost	154
Abbildung 6-13: Netzgrafik Planfall 1, Fahrplanvariante B, Ausschnitt Südost.....	155
Abbildung 6-14: Gleissituation in Wien Meidling (stark vereinfachte Darstellung der Fernverkehrsgleise).....	172
Abbildung 6-15: Betriebliche Abläufe in Wien Meidling ohne Ausbau der Pottendorfer Linie, Variante 1.....	174

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 6-16: Netzgrafik Raum Wien, Variante 1	174
Abbildung 6-17: Betriebliche Abläufe in Wien Meidling ohne Ausbau der Pottendorfer Linie, Variante 2.....	175
Abbildung 6-18: Netzgrafik Raum Wien, Variante 2	175
Abbildung 6-19: Trassierungsvorschlag für eine weitgehend unterirdische Neubaustrecke Deutschfeistritz – Graz.....	178
Abbildung 6-20: Netzgrafik Planfallvariante 1.1a, Fahrplanvariante A.....	214
Abbildung 6-21: Netzgrafik Planfallvariante 1.1b, Fahrplanvariante A.....	215
Abbildung 6-22: Netzgrafik Planfallvariante 1.1c, Fahrplanvariante A.....	217
Abbildung 6-23: Netzgrafik Planfallvariante 1.2a, Fahrplanvariante A.....	219
Abbildung 6-24: Netzgrafik Planfallvariante 1.2b, Fahrplanvariante A.....	221
Abbildung 6-25: Netzgrafik Planfallvariante 1.2c, Fahrplanvariante A.....	223
Abbildung 6-26: Netzgrafik Planfallvariante 1.3, Fahrplanvariante A.....	225
Abbildung 6-27: Netzgrafik Planfallvariante 1.2c, Fahrplanvariante A, Erweiterungsszenario Salzburg – Wörgl.....	228
Abbildung 6-28: Netzgrafik Planfallvariante 1.2c, Fahrplanvariante A, REX-Szenario Bischofshofen – Wörgl	231
Abbildung 6-29: Netzgrafik Planfallvariante 1.4, Fahrplanvariante A.....	232
Abbildung 6-30: Netzgrafik Planfallvariante 1.5, Fahrplanvariante A.....	235
Abbildung 6-31: Netzgrafik Planfallvariante 1.6, Fahrplanvariante A.....	237
Abbildung 6-32: Netzgrafik Österreich, Etappierungsstufe Pyhrnbahn, Fahrplanvariante A, Ausschnitt West.....	238
Abbildung 6-33: Netzgrafik Österreich, Etappierungsstufe Pyhrnbahn, Fahrplanvariante A, Ausschnitt Ost.....	239
Abbildung 6-34: Netzgrafik Österreich, Etappierungsstufe Knoten Salzburg, Fahrplanvariante A, Ausschnitt West	240
Abbildung 6-35: Netzgrafik Österreich, Etappierungsstufe Knoten Salzburg, Fahrplanvariante A, Ausschnitt Ost	241
Abbildung 6-36: Netzgrafik modifizierter Planfall 1, Fahrplanvariante A	245
Abbildung 7-1: Vorgehensweise für einen zielgerichteten, ITF-kompatiblen Infrastrukturausbau	257

Anhang

Legende zu den Netzgrafiken

