

Machbarkeitsstudie Knoten Prag

Das lange Warten auf unterirdische Durchmesserlinien in Prag hat einen Meilenstein erreicht. Eine kürzlich abgeschlossene Machbarkeitsstudie beurteilte Lösungsansätze für den Eisenbahnknoten, der schon heute an seine Kapazitätsgrenze stößt. Die Umsetzung der Vorzugsvariante hat das Potenzial, die Mobilität in der Hauptstadtregion nachhaltig zu verbessern.



1. Historische Entwicklung

Lange Zeit existierte in Prag kein Knoten im eigentlichen Sinne, da zwischen den Kopfbahnhöfen einzelner Eisenbahngesellschaften keine Gleisverbindungen bestanden. Im Jahr 1872 verband eine Strecke erstmals die bis dahin getrennten Kopfbahnhöfe miteinander. Die Verstaatlichung der Eisenbahngesellschaften nach 1918 führte zu einer ersten Konsolidierung des Knotens mit dem Ziel, einen zentralen Personenbahnhof zu schaffen und zugleich den Güterverkehr aus dem Stadtzentrum heraus zu verlagern.

Anfang der 1960er-Jahre wurde die Konzeption des Knotens weiterentwickelt. Sie enthielt einerseits neue Anbindungen des zentralen Durchgangsbahnhofs, andererseits den neuen Abstellbahnhof Süd sowie am Stadtrand entlang geführte Güterverkehrsstrecken mit Anbindungen an den zentralen Rangierbahnhof. Die Umsetzung in den nächsten Jahrzehnten verlief langsam.

Eine steigende Verkehrsnachfrage zu Beginn des neuen Jahrtausends beschleunigte die Entwicklung der Vision einer S-Bahn mit segregierten Durchmesserstrecken im zentralen Knoten. Die Notwendigkeit zur Trennung der S-Bahn von anderen Verkehrsarten wurde im Jahr 2017 durch die Entscheidung über die Umsetzung eines Hochgeschwindigkeitsbahnsystems in Tschechien weiter verstärkt. Hierfür ist im Knoten Prag jedoch aktuell keine ausreichende Kapazität verfügbar.

Im Jahr 2020 gab der nationale Eisenbahninfrastrukturbetreiber Správa železnic die Machbarkeitsstudie des Knotens Prag in Auftrag, die Gegenstand dieses Artikels ist. Das Ziel der Studie war die Entwicklung einer Konzeption für den Knoten mit Zeithorizont 2050, einschließlich des Nach-

weises der technischen, betrieblichen und volkswirtschaftlichen Machbarkeit.

Die Studie wurde von einem Konsortium aus den Unternehmen Mott MacDonald (Konsortialführer), AFRY, EKOLA, SAGASTA und SMA durchgeführt und in der ersten Hälfte des Jahres 2025 abgeschlossen.

Dieser Beitrag konzentriert sich auf die Vorstellung der Angebots- und Betriebsplanung. Die Wechselwirkungen mit den bautechnischen Lösungsansätzen, der Verkehrsnachfrage und der volkswirtschaftlichen Bewertung sind nicht Bestandteil dieses Artikels.

2. Allgemeine Grundsätze und Ausgangspunkte

Der Knoten Prag stellt im tschechischen Eisenbahnnetz aus Sicht der Angebotssplaner ein sogenanntes „freies Ende“ dar. Aufgrund der hohen Frequenz der Verbindungen und der vorherrschenden Verkehrsnachfrage mit Start- bzw. Zielort in Prag ist es im Knoten Prag nicht primäres Ziel, konkrete kurze Umsteigeverbindungen zu erreichen. Stattdessen sind die Fahrlagen der Personenverkehrslinien in kleineren Knoten des umliegenden Netzes verankert, wo bei geringerer Verbindungsfrequenz die Sicherstellung von optimalen Umsteigeverbindungen erforderlich ist. Die Fahrplankonstruktion erfolgte daher in allen Varianten der Studie von den Umsteigeknoten im Außernetz in Richtung Prag.

Das Mengengerüst der Linien im Außernetz wurde aus bestehenden Machbarkeitsstudien übernommen, mit den Aufgabenträgern grundlegend aktualisiert, durch ein Verkehrsmodell validiert und in allen Varianten unverändert beibehalten.

Das zugrunde gelegte Fernverkehrskonzept des tschechischen Verkehrsminis-



Ing. Martin Koudelka

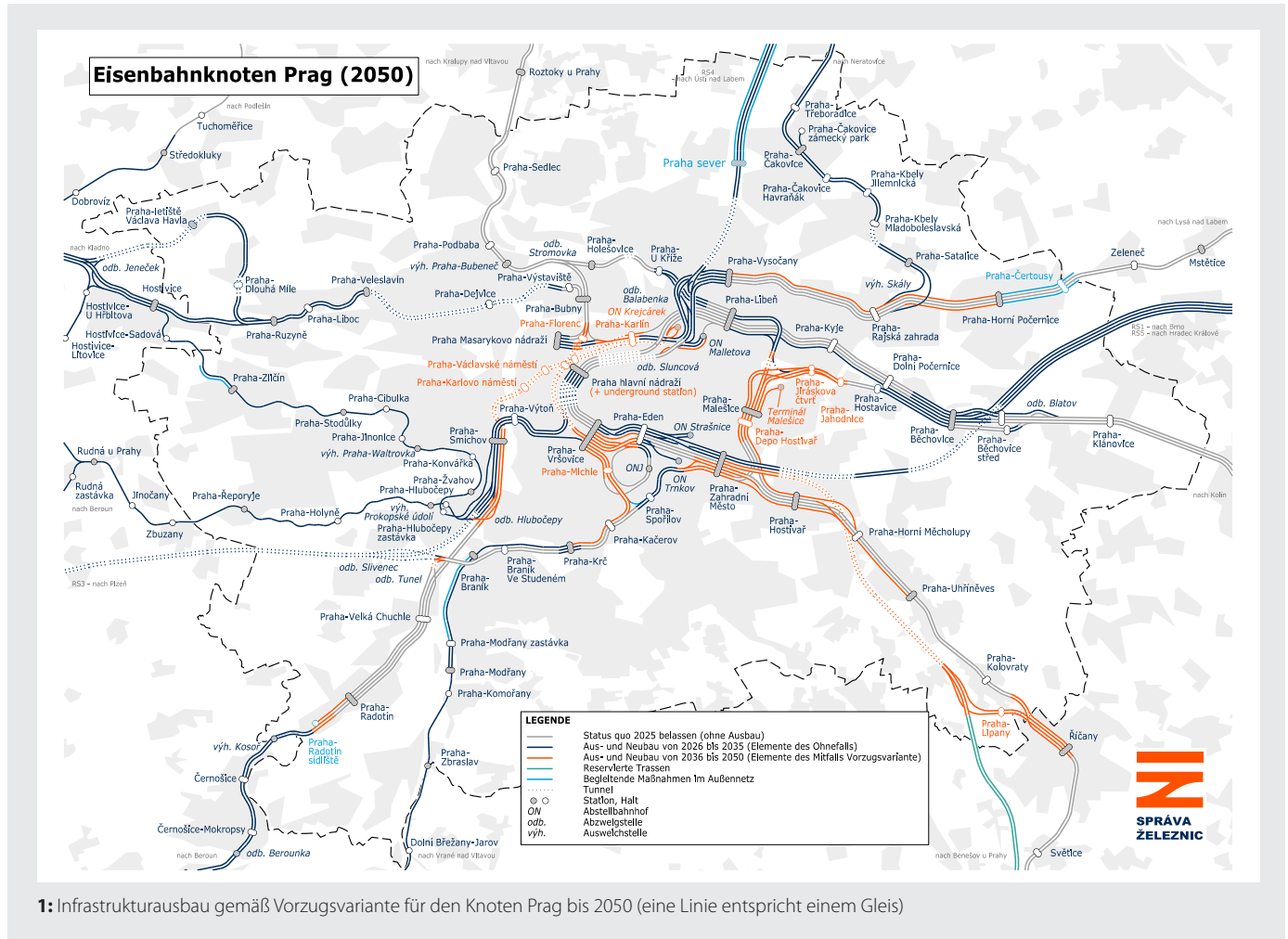
Senior Consultant
SMA (Deutschland) GmbH
m.koudelka@sma-partner.com

teriums enthielt langfristig geplante Hochgeschwindigkeitslinien und konventionelle Fernverkehrslinien. Während der Hochgeschwindigkeitsverkehr außerhalb der Knoten in Tschechien möglichst getrennt von den anderen Verkehrsarten verkehren soll, war der Grad der Trennung der Verkehrsarten im Knoten Prag nicht vorgegeben bzw. sollte Gegenstand der Variantenentwicklung sein.

Im Regional- und S-Bahnverkehr basierte das Angebotskonzept auf den langfristigen Planungen des regionalen Aufgabenträgers, aus denen in Zusammenarbeit mit dem städtischen Aufgabenträger die initiale Verkehrsmenge in Prag abgeleitet wurde. Eine grundlegende Anforderung der beteiligten Aufgabenträger war der

Im Rahmen der Studie wurde eine Vorzugsvariante entwickelt, die den Zielzustand des Verkehrsangebots und der Infrastruktur im Knoten Prag im Jahr 2050 definiert.





Einsatz von doppelstöckigen Fahrzeugen mit hoher Sitzplatzkapazität auf den Hauptachsen der S-Bahn, die aufgrund der geringeren Anzahl von Türen und längeren Fahrgastwechselzeiten höhere Ansprüche an die Kapazität der Infrastruktur stellen als einstöckige Fahrzeuge.

Im Güterverkehr diente das nationale Güterverkehrsmodell des tschechischen Verkehrsministeriums als Quelle der prognostizierten Nachfrage, aus dem die Menge der erforderlichen Systemtrassen für Güterzüge abgeleitet wurde.

Aus den Anforderungen an das Verkehrsmengengerüst ergab sich eine asymmetrische Belastung des Knotens, wobei die Anzahl der Linien aus nördlicher und östlicher Richtung diejenigen aus westlicher und südlicher Richtung übersteigt. Das Ungleichgewicht wurde im Fernverkehr durch die Umroufung eines Teils der Linien aus Osten zum südlichen Knoteneingang und deren Verbindung mit den Linien aus Norden teilweise reduziert; auch im S-Bahnverkehr strebten die Planungen möglichst viele Durchbindungen an.

Dennoch machte sich die asymmetrische Belastung des Knotens durch erhöhten Abstell- und Wendegleisbedarf jeweils in Fahrtrichtung hinter dem zentralen Knoten bemerkbar. Für den Fall eines weiteren Anstiegs der Verkehrsmenge aus östlicher Richtung sollte der Masaryk-Kopfbahnhof als Kapazitätsreserve erhalten bleiben.

Aufgrund der geomorphologischen und städtebaulichen Rahmenbedingungen blieb die Anzahl der Strecken bzw. Gleise, an die der oberirdische Teil des Hauptbahnhofs angebunden ist, in allen Varianten unverändert. Wie im Status quo münden in den südlichen Bahnhofskopf drei zweigleisige Tunnel, während der nördliche Bahnhofskopf nur in zwei zweigleisige Tunnel übergeht. Diese Asymmetrie führt dazu, dass einer der beiden nördlichen Tunnel stark ausgelastet ist, und zwar in Richtung Praha-Vysočany bzw. Dresden.

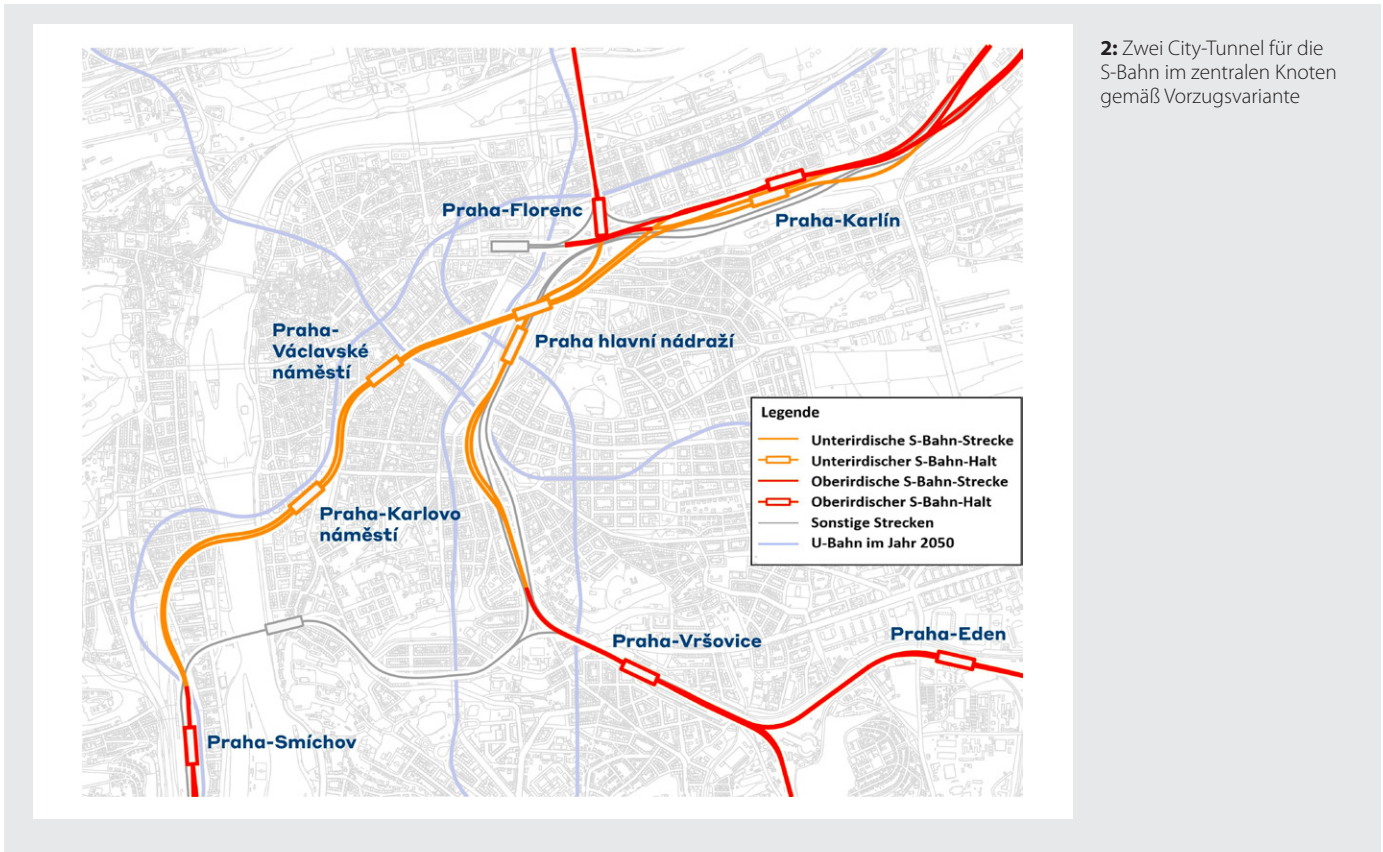
Im gesamten Knoten ist der Einsatz des Sicherungssystems ETCS L2 mit kurzen Blöcken in stark ausgelasteten Streckenabschnitten und eine Umstellung des Traktionssystems auf 25 kV 50 Hz vorgesehen.

3. Ohnefall

Der Ohnefall stellt die Referenzvariante dar, die zum Vergleich mit den Mitfällen dient. Er umfasst alle bereits genehmigten und finanziell abgesicherten Vorhaben, jedoch erfolgt darüber hinaus keine weitere Entwicklung des Knotens.

Aufgrund der unzureichenden Kapazität weist der Ohnefall betriebliche Maßnahmen auf, die das Verkehrsangebot im Vergleich zu den Mitfällen verschlechtern und/oder die Betriebskosten der Eisenbahn erhöhen. Diese Maßnahmen umfassen insbesondere:

- Verlangsamung der Linien zur Homogenisierung der Geschwindigkeit oder zur Vermeidung von Konflikten an niveaugleichen Abzweigen
- Verschiebung der Fahrpläne in einen unregelmäßigen Takt
- Umroufung von Linien von den nachgefragten Laufwegen
- Einkürzung oder Ablehnung von Linien oder bestimmten Fahrplänen
- Auslassen ausgewählter Halte



2: Zwei City-Tunnel für die S-Bahn im zentralen Knoten gemäß Vorzugsvariante

Diese Maßnahmen kommen bereits heute im stark ausgelasteten Knoten Prag zur Anwendung.

4. Mitfälle

Mit den Mitfällen wurde der Ohnefall angepasst, um eine umsetzbare Lösung der identifizierten Mängel zu eruieren. Der entworfene Zielfahrplan stellt dabei Anforderungen an die Infrastruktur, um die Kapazität zu erhöhen.

Um ein breites Spektrum möglicher konzeptioneller Ansätze für die Gestaltung eines komplexen Knotens zu prüfen, wurden die Mitfälle in mehreren Phasen mit zunehmend höherem Detaillierungsgrad modelliert. Bei der betrieblichen Planung kam hierbei die Software Viriato zum Einsatz, die eine variable Einstellung und schrittweise Erhöhung des Detaillierungsgrades ermöglicht.

4.1. Vorläufige Varianten

In einem ersten Schritt wurde eine Vielzahl von alternativen Lösungsansätzen für einzelne Teilbereiche des Knotens und der zwischen ihnen zu erwartenden Abhängigkeiten theoretisch beschrieben. Offensichtlich nicht realisierbare Teillösungen wurden

frühzeitig ausgeschlossen. Auf Grundlage der verbliebenen, miteinander kompatiblen Teillösungen erfolgte die Zusammenstellung von sechs vorläufigen Varianten für den gesamten Knoten. Diese Varianten wurden mit einem makroskopischen Fahrplan, einer Bewertung der Reaktion der Verkehrsnachfrage, einer vereinfachten bautechnischen Lösung und einer vereinfachten volkswirtschaftlichen Bewertung ausgearbeitet.

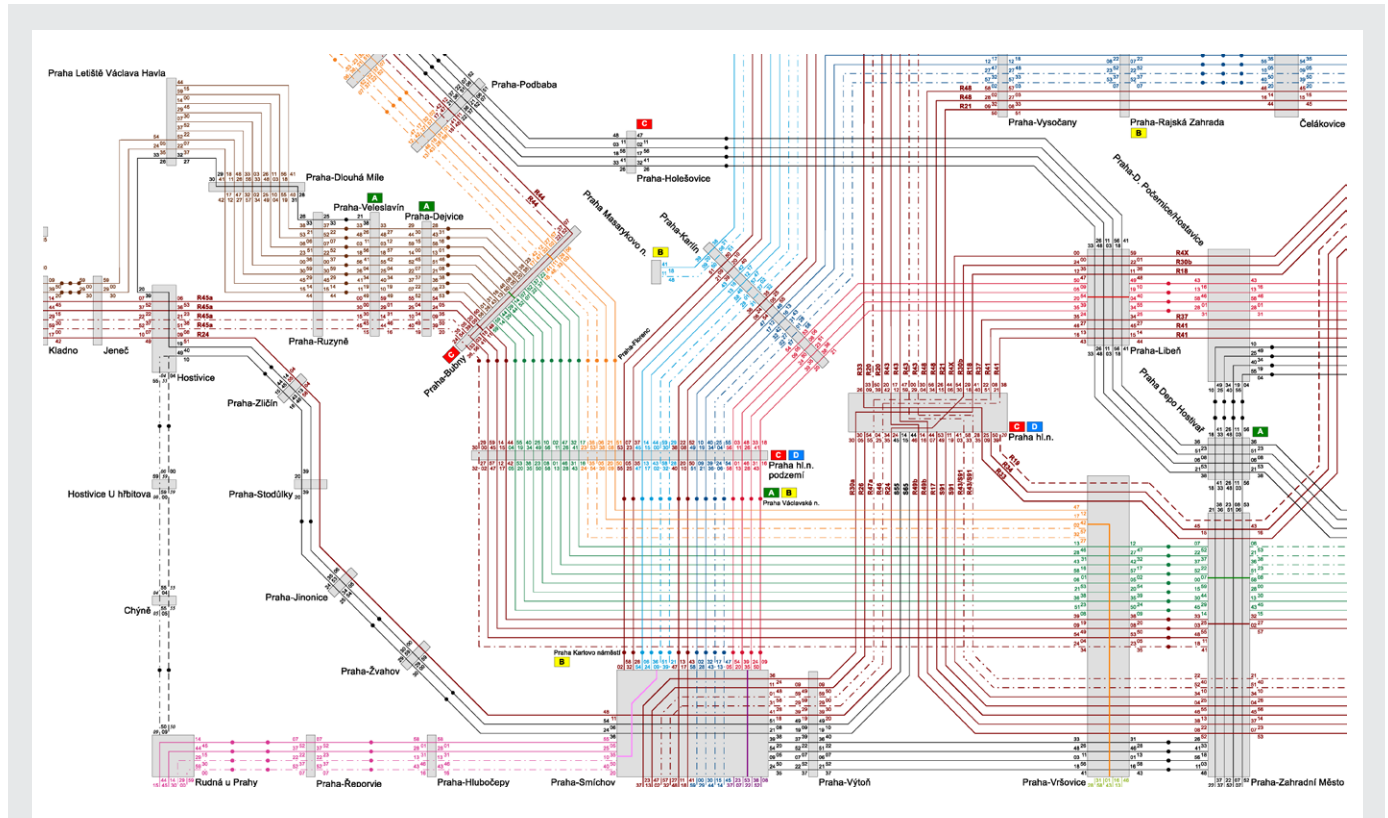
In vier der vorläufigen Varianten wurde der S-Bahn-Verkehr und in zwei vorläufigen Varianten der Fernverkehr in neue City-Tunnel verlegt. In den Varianten mit unterirdisch geführtem Fernverkehr ergaben sich Nachteile aus der deutlich höheren Heterogenität der im Außennetz verankerten Fernverkehrstrassen im Vergleich zur Homogenität des S-Bahnverkehrs mit mehreren Freiheitsgraden. Aufgrund längerer Synchronisationszeiten bei Durchbindungen der Fernverkehrslinien und längerer Fahrgastwechselzeiten im Vergleich zum S-Bahn-Verkehr konnte die Kapazität der investitionsintensiven unterirdischen Fernverkehrsstation nicht effektiv ausgenutzt werden. Infolgedessen konnte die unterirdische Station nicht die genügende Menge von Fernverkehrslinien übernehmen, sodass die oberirdische

Infrastruktur für die Einführung des S-Bahn-Systems nicht ausreichend entlastet wurde. Aus den genannten und anderen nicht betrieblichen Gründen wurden die zwei Varianten mit Fernverkehr im City-Tunnel nicht weiterverfolgt.

Die vier Varianten mit der unterirdisch verlegten S-Bahn unterschieden sich in der Anzahl der Stammstrecken (eine gemeinsame für alle Äste oder zwei für unterschiedliche Astgruppen), in der Wechselmöglichkeit zwischen den zwei Stammstrecken, in der Trassenführung der Tunnel und der Anzahl der unterirdischen Halte. In Abhängigkeit von der konkreten Variante ergänzten begleitende oberirdische Infrastrukturmaßnahmen die Gesamtlösung. Falls diese auch im Außennetz erforderlich waren, wurden sie in die Bewertung des Knotens einbezogen. Die Varianten mit der S-Bahn im City-Tunnel wiesen gute Chancen auf eine positive Bewertung auf und wurden daher weiterverfolgt.

4.2 Entwurfsvarianten

Die Erkenntnisse aus der Erarbeitung der sechs vorläufigen Varianten flossen in die Erstellung von drei Entwurfsvarianten ein, die sich einer vollständigen Bewertung unterzogen:



3: Ausschnitt aus der S-Bahn-Netzgrafik der Vorzugsvariante (Fernverkehr nicht vollständig dargestellt)

- Die Variante N1 umfasst zwei lange City-Tunnel mit einer Vielzahl von unterirdischen Halten, die eine flächendeckende Bedienung des Stadtzentrums und eine Reduzierung der Umstiege ermöglichen.
- Die Variante N2 akzentuiert hingegen die schnelle Durchfahrt unter dem Stadtzentrum mit zwei kurzen und direkt geführten City-Tunneln sowie mit einer geringen Anzahl unterirdischer Halte, die nur an den wichtigsten Verkehrsknotenpunkten liegen. Für die flächendeckende Bedienung sorgt wie im Status quo die U-Bahn.
- Die Variante N3 behält weitgehend die Betriebsprinzipien der Variante N1 bei. Im Gegensatz zu den Varianten N1 und N2 ist der unterirdische Teil der Zentralstation jedoch nicht direkt unter dem bestehenden Hauptbahnhof angelegt, sondern zwischen dem Hauptbahnhof und dem Wenzelsplatz vorgesehen.

Auf Grundlage der Bewertungsergebnisse wurde die Variante N2 empfohlen. Zu der empfohlenen Variante brachten alle Stakeholder endgültige Stellungnahmen ein, deren Berücksichtigung zu einer Ergänzung zweier zusätzlicher Halte auf den Stamm-

strecken führte. Diese Iteration erzielte einen Kompromiss zwischen den Varianten N1 und N2, wodurch die Akzeptanz der Variante N2 bei allen Beteiligten deutlich stieg.

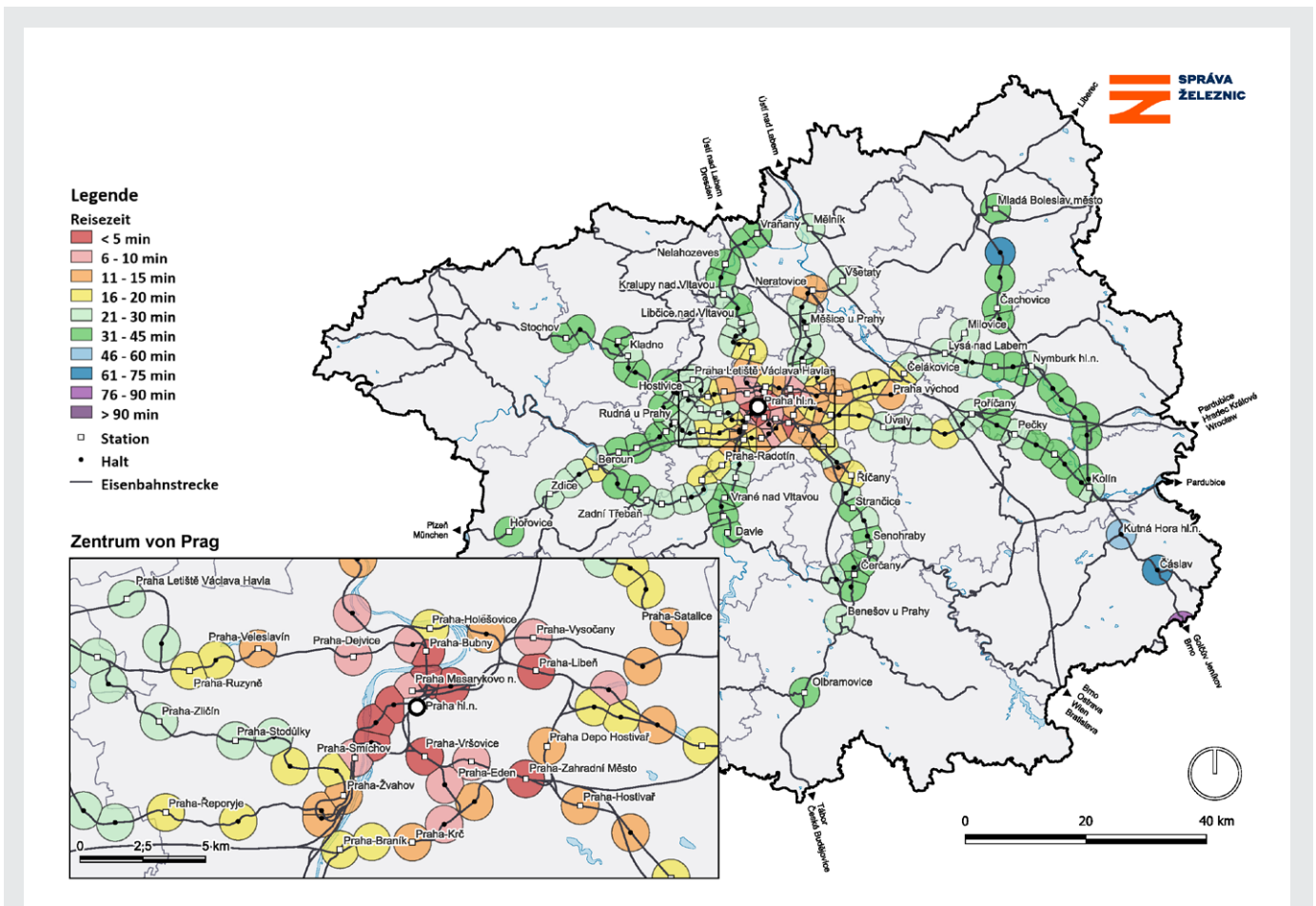
4.3. Vorzugsvariante

Der S-Bahnverkehr wird in der Vorzugsvariante N2 in zwei voneinander unabhängige City-Tunnel verlegt, die kreuzförmig angeordnet sind und durch eine zentrale Umstiegsstation auf zwei Ebenen unter dem bestehenden Hauptbahnhof führen. Der erste City-Tunnel schließt im Norden am Negrelli-Viadukt an, verläuft längs unter den bestehenden Bahnsteigen des Hauptbahnhofs und mündet im Bereich der südlichen Portale der bestehenden Vinohrady-Tunnel. Der zweite City-Tunnel beginnt im nördlichen Bahnhofskopf von Praha-Smíchov, verläuft quer unter der Moldau und dem Hauptbahnhof (unterhalb des ersten City-Tunnels) und mündet im Bereich Karlín in die Strecke Masaryk-Bahnhof – Praha-Libeň/Vyšehrad.

Hinter den neuen City-Tunneln stehen neu gebaute Wende- und Abstellkapazitäten zur Verfügung. Unterirdische Halte mit jeweils einer Bahnsteigkante pro Rich-

tung sind am Karlsplatz, Wenzelsplatz, in Karlín und unterhalb des Hauptbahnhofs geplant. Aufgrund des hohen Fahrgastwechsels bzw. der erforderlichen Fahrgastwechselzeiten an diesen Halten und des Einsatzes von doppelstöckigen Fahrzeugen sind auf den Stammstrecken jeweils 16 Trassen pro Stunde und Richtung vorgesehen. Im Falle einer zukünftigen Umstellung auf einstöckige Fahrzeuge mit mehreren Türen würde die Kapazität der Stammstrecken durch eine Verkürzung der Fahrgastwechselzeiten steigen.

Die S-Bahn-Strecken, die an die City-Tunnel anschließen, sind weitgehend vom Fern- und Güterverkehr getrennt. Im Stadtgebiet und im nahen Ballungsgebiet verkehrt die S-Bahn im Grundtakt von 15 bis 7,5 Minuten. Die Express-S-Bahn bindet die äußere Region an das Stadtzentrum im Grundtakt von 30 bis 15 Minuten an. Sie überholt dabei die S-Bahn in drei- und viergleisigen Streckenabschnitten oder auf den Fernverkehrsstrecken und verkehrt teilweise auch über den oberirdisch gelegenen Teil des Hauptbahnhofs. Auf den ausgebauten Güterumgehungsstrecken sind drei tangentielle S-Bahn-Linien im Grundtakt von 15 Minuten vorgesehen.



4: Reisezeiten gemäß der Vorzugsvariante aus der Zentralstation Praha hl.n. (Prag Hbf)

Quelle der Hintergrundkarte: ČÚZK (Lizenz CC BY 4.0)

Der Fernverkehr verkehrt im Linienbetrieb ausschließlich über den oberirdischen Teil des Hauptbahnhofs. Zur effektiven Kapazitätsnutzung wird eine parallele Führung der Züge ohne Streckenwechsel im Hauptbahnhof angestrebt. Neue niveaufreie Verflechtungen paralleler Zulaufstrecken im Streckenabschnitt Praha-Zahradní Město–Praha-Vršovice erhöhen indirekt die Kapazität der östlichen Gleisgruppe des Hauptbahnhofs.

Die Systemtrassen des Güterverkehrs nutzen die Lücken zwischen den Trassen des Personenverkehrs. Systemtrassen für Transitgüterzüge sind ohne Betriebshalte und Überholungen im Knoten konstruiert, was einerseits in kurzen Transportzeiten und andererseits in kurzen Belegungszeiten der Knoteninfrastruktur resultiert. In mehreren Betriebsstellen des Knotens können 740 m lange Güterzüge bei Bedarf gepuffert werden und in alternative Trassen übergehen.

Die maßgebenden Vorteile der Vorzugsvariante bestehen in den kurzen Rei-

sezeiten der (Express-)S-Bahn, in kurzen Umsteigezeiten sowie in kurzen und direkt geführten City-Tunneln mit Halten, die nur an den wichtigsten Verkehrsknotenpunkten liegen. Die kurzen City-Tunnel bringen Vorteile sowohl auf der Kostenseite als auch bei der Erreichbarkeit aller oberirdischen S-Bahn-Äste sowie Wende- und Abstellkapazitäten.

5. Fazit

Im Ergebnis eröffnet die Machbarkeitsstudie neue Perspektiven im langfristigen Zeithorizont. Die Trennung der S-Bahn vom Fernverkehr und die systematische Integration des Güterverkehrs ermöglicht eine erhebliche Steigerung der Kapazität des Knotens und eine wesentliche Verbesserung des Verkehrsangebots gegenüber dem Status quo. Die Studie beweist zudem die Wirtschaftlichkeit der Vorzugsvariante. Sie dient daher als strategische Grundlage für die nachfolgenden Phasen der Projektvorbereitung und die koordinierte

Entwicklung des Eisenbahnverkehrs in der Metropolregion Prag.

Literatur

Eisenbahnknoten Prag (ŽUP). Online verfügbar unter: <https://www.spravazeleznic.cz/zup> (zuletzt abgerufen am 18.12.2025, 14:25 Uhr MEZ).

Summary

Feasibility Study of the Prague Railway Node

Developed as a part of the study, a feasible solution defines the target rail service concept and infrastructure for the Prague node in 2050. The proposal includes, among other elements, two new underground tunnels that enable the implementation of a largely segregated S-Bahn system. The article outlines the development process and discusses the key design and operational aspects of the proposed solution.