

# DISSERTATION

## **Effizienzsteigerung im Eisenbahnverkehr: Geringere Kosten für Verdichtung und Qualitätssteigerung im Regional- und Vorortverkehr Südmährens**

ausgeführt zum Zwecke der Erlangung des akademischen Grades eines Doktors der technischen Wissenschaften unter der Leitung von

**Ao. Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. Georg Hauger**

und

**Ass.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. Bardo Hörl**

Department für Raumentwicklung, Infrastruktur- und Umweltplanung (280)

eingereicht an der Technischen Universität Wien  
Fakultät für Architektur und Raumplanung

von

**Harald Buschbacher**

Matrikelnummer: 9725625  
Bürgerspitalgasse 21, 1060 Wien  
harald.buschbacher@reflex.at

Wien, im März 2008

## **Kurzfassung**

Gegenstand der Dissertation ist der Eisenbahnvorort- und -regionalverkehr im Südmährischen Kreis und die Möglichkeiten der Steigerung seiner Effizienz in einem Zeithorizont bis etwa 2015 - 2018. Die Effizienzpotenziale werden durch die Bewertung verschiedener Varianten identifiziert: Der erste Schwerpunkt der Arbeit sind Fahrplan- und Betriebsvarianten, welche sich voneinander in folgenden Kriterien unterscheiden:

- Anbindung der Nebenstrecken an die Hauptstrecken des Vorortverkehrs (Umsteigen, direkte Linien oder Flügelzüge)
- Haltestellenbedienung im Vorortverkehr (nur Regionalzüge, oder auch Eilzüge oder Einbindung der Schnellzüge in den Regionalverkehr)
- Einbindung des Vorortverkehrs in die Stadt (klassische Vollbahn oder Stadtreregionalbahn)
- Gegebenenfalls Anpassung der Beförderungskapazität an die zeitlichen Nachfrageschwankungen (Anpassung der Intervalle oder der Kapazitäten der einzelnen Züge)

Der zweite Schwerpunkt sind Varianten des Umbaus des Bahnknotens und Hauptbahnhofs in Brno inklusive eines neuen Entwurfs eines vereinfachten Umbaus. Das Bindeglied zwischen dem ersten und dem zweiten Teil sind die Fahrplan- und Betriebsvarianten mit der Stadtreregionalbahn, welche den vereinfachten Umbau ermöglicht. Die Hauptergebnisse sind die internen Kosten der einzelnen Varianten aus Sicht des Aufgabenträgers, in absoluten Zahlen wie auch im Verhältnis zur Betriebsleistung. Den Abschluss bilden Empfehlungen für Verkehrsunternehmen, für Schienenfahrzeughersteller und für die Tschechische Republik, den Südmährischen Kreis und die Stadt Brno als verantwortliche Gebietskörperschaften.

## **Abstract**

The subject of this thesis is the suburban and regional railway passenger transport in the Southern Moravian province (southeastern Czech republic) and the possibilities of increasing its efficiency on a timescale lasting until about 2015-18. The potentials of increasing efficiency are identified by assessing of various variants: The first focus of the paper are variants of schedules and operation, distinguished by the following criteria:

- Connection between branch lines and the suburban main lines (changing, direct routes or coupling of through coaches)
- Service of halts in suburban transport (only stopping trains or also regional expresses or integration of fast trains into the regional transport system)
- Embedding of the suburban services into the city (conventional heavy rail or tram-train)
- Eventually adjustment of the transport capacity to the time variations in the demand.

The second focus are variants of the conversion of the railway junction and main station in Brno including a new draft of a simplified reconstruction. The first and the second part are related by the variants of schedules and operation with tram-train-services, which make the simplified conversion possible. The main results are the internal costs of the variants from the point of view of the public transport authorities, in absolute figures as well as in proportion to the traffic performance. As a conclusion, there are recommendations for transport operators, rolling stock manufacturers and the Czech Republic, the Southern Moravian province and the City of Brno as the responsible territorial authorities.

## **Danksagung**

Ich danke allen, die mit ihren Ratschlägen und der Weitergabe von Informationen zur Realisierung dieser Arbeit beigetragen haben, insbesondere:

- Dr. Bardo Hörl für die angenehme und sorgfältige Betreuung und Begleitung und ebenso den Begutachtern Prof. Georg Hauger und Doz. Pavel Drdla
- Ing. Jiří Kotrman vom Kreiszentrum Brno von ČD für die Bereitstellung der Daten über die Fahrgastfrequenzen, welche entscheidend dazu beitrugen, die Arbeit zu ermöglichen.
- Ing. Zbyňek Budiš von IKP CE für die detaillierten Unterlagen zum Generel dopravy
- Ing. Zdenka Šamánková von der Abteilung Raumplanung und Stadtentwicklung der Stadt Brno für genauere Informationen über die Projekte Bahnhofsumbau und Nord-Süd-Durchmesser
- Martin Robeš von der Bürgerinitiative „nádraží v centru“ für die Dokumentation und Kostenrechnung der Variante „Bahnhof im Zentrum“
- Ing. Rudolf John vom DPMB (Verkehrsbetrieb Brno) für die Zurverfügungstellung der Kalkulation für den Straßenbahnbetrieb
- Dipl.-Ing. Axel Kühn für fachliche Tipps zum Thema Stadtreionalbahn
- Ing. Igor Kokojan von der Infrastrukturverwaltung SŽDC (Bauleitung Olomouc) für wertvolle Tipps und Informationen zur Eisenbahninfrastruktur
- Ing. Vít Janoš, Ph.D. von der Verkehrsfakultät der TU Praha für Streckendaten für die Fahrzeitsimulationen
- Ing. Jiří Segeřa von ČKD Vagonka für technische Daten von Fahrzeugen und genauere Informationen über Wartung und Lebensdauer von Fahrzeugen
- Ing. Pavel Šiman für nützliche Erklärungen für die Schätzung der rekuperierbaren Anteile an Traktionsenergie

Weiters möchte ich somit meinem Vater Dr. Horst Lampl für die stilistische und ortografische Korrektur der deutschen Fassung danken sowie Lukaši Krásňan für die sprachliche Korrektur der tschechischen Fassung und nicht zuletzt meiner Frau als Familienerhalterin sowie meinen Eltern und Schwiegereltern für die häufige Kinderbetreuung und meinen Kindern für die Geduld mit dem Papa, der „seine Diss schreibt, damit er so gemütlich beim Computer sitzen kann“.

## Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	9
1.1	Ziel und Gegenstand der Arbeit: Steigerung der Kosteneffizienz	9
1.2	Eisenbahnvorort- und Regionalverkehr	9
1.3	Der Südmährische Kreis als Untersuchungsregion	10
1.4	Zeithorizont der Untersuchung	10
1.5	Grundsätzliche methodische Vorgangsweise: Vergleichende Kostenbewertung verschiedener Angebotsvarianten	11
1.6	Grobgliederung der Arbeit	11
2	Rahmenbedingungen für den Eisenbahnregional- und vorortverkehr im Südmährischen Kreis	13
2.1	Grundlegende Geografie des Südmährischen Kreises (Jihomoravský kraj)	13
2.1.1	Lage des Südmährischen Kreises	13
2.1.2	Topografie	15
2.1.3	Siedlungsstruktur	16
2.1.4	Demografische und Wirtschaftsstruktur	16
2.2	Wichtigste Verkehrsbeziehungen im öffentlichen Verkehr	17
2.3	Ausgangszustand der Eisenbahninfrastruktur	18
2.3.1	Eisenbahninfrastruktur in Brno	19
2.3.2	Eisenbahninfrastruktur außerhalb von Brno	19
2.3.2.1	Status quo der Eisenbahninfrastruktur	19
2.3.2.2	Beabsichtigte Infrastrukturausbauten	20
2.3.2.2.1	Offizielles Szenario	20
2.3.2.2.2	Andere Szenarien	21
2.4	Vom Kreis angestrebter Umfang des Eisenbahnpersonenverkehrs	22
2.5	Verkehrsverbund des Südmährischen Kreises (IDS JMK)	23
2.6	Elemente eines bestehenden Taktfahrplans als überregionale Rahmenbedingungen für den Variantenentwurf	24
2.6.1	Bestehende Elemente eines Taktverkehrs rund um den Südmährischen Kreis	24
2.6.2	Verknüpfung zwischen den einzelnen Streckenbündeln im Taktverkehr	25
3	Methodik der Untersuchung	30
3.1	Vorüberlegungen zu Effizienzsteigerungsmöglichkeiten im Eisenbahnvorort- und -regionalverkehr	30
3.2	Verglichene Fahrplan- und Betriebsvarianten (allgemein)	32
3.2.1	Varianten der Verknüpfung von Nebenstrecken mit der Hauptstrecke des Vorortverkehrs	32
3.2.2	Varianten der Haltestellenbedienung auf den Hauptstrecken des Vorortverkehrs	33
3.2.3	Varianten der Einbindung des Vorortverkehrs in die Stadt	34
3.2.4	Varianten der Anpassung der Beförderungskapazität an die zeitlichen Nachfrageschwankungen	35
3.2.5	Anschlüsse	36
3.2.6	Nicht berücksichtigte Fahrplan- und Betriebsvarianten	36
3.3	Varianten des Bahnknotens und Hauptbahnhof in Brno	37
3.4	Einteilung der Region in Streckenbündel	38
3.5	Erhebung der Rahmenbedingungen für den Variantenentwurf	39
3.5.1	Abschätzung der künftig vorhandenen Eisenbahninfrastruktur	39
3.5.2	Bestimmung einer realistischen Bandbreite von Betriebsleistungen	39
3.5.3	Abschätzung der künftigen Fahrgastfrequenzen der einzelnen Streckenabschnitte	40
3.5.3.1	Derzeitige Fahrgastfrequenzen der einzelnen Streckenabschnitte	40
3.5.3.2	Abschätzung der Veränderungen der Fahrgastfrequenzen der einzelnen Streckenabschnitte	40
3.5.3.3	Abschätzung der Tagesganglinien der Fahrgastfrequenzen der einzelnen Streckenabschnitte	41
3.5.4	Feststellung der Rahmenbedingungen für den Taktverkehr	41
3.5.4.1	Untersuchung der derzeitigen Fahrpläne auf Elemente eines Taktverkehrs in den benachbarten Kreisen	41
3.5.4.2	Fahrzeitsimulationen auf ausgewählten Strecken	42
3.6	Entwurf der Fahrplan- und Betriebsvarianten und Berechnung der Mengengerüste	42
3.6.1	Entwurf von Varianten innerhalb der einzelnen Streckenbündel	42
3.6.1.1	Entwurf der Hauptvarianten	42
3.6.1.2	Verteilung der Fahrgäste auf einzelne Züge	43
3.6.1.3	Entwurf von Varianten mit zeitlicher Anpassung der Beförderungskapazität	43
3.6.2	Entwurf von Varianten mit Durchbindung von Zügen mehrerer Streckenbündel	44
3.6.3	Variantendefinition und Berechnung der Mengengerüste	44
3.7	Abschätzung von Kostensätzen	45
3.8	Entwurf und Bewertung der Variante eines vereinfachten Umbaus des Bahnknotens Brno	46
3.9	Plausibilitätsprüfungen der Ergebnisse	46
4	Kostensätze (Einheitspreise) für die Bewertung der Varianten	48
4.1	Überblick über die berücksichtigten Kostenkomponenten und ihre Bedeutung	48
4.2	Wechselkurs, Preisstand, Inflation und Zinssatz	49
4.3	Fahrbetriebskosten	50
4.3.1	Fahrzeugkosten	50
4.3.1.1	Fahrzeugamortisationskosten	50
4.3.1.1.1	Anschaffungspreise von Elektro- und Dieselmotoren	50
4.3.1.1.2	Anschaffungspreise von Tram-Train-Fahrzeugen für die Stadtrationalbahn	52
4.3.1.1.3	Zusatzkosten für Hybridfahrzeuge	52

4.3.1.1.4	Zusatzkosten elektrischer Zweisystemfahrzeuge .....	53
4.3.1.1.5	Zusatzkosten für automatische Kupplungen .....	53
4.3.1.1.6	Lebensdauer der Fahrzeuge, Reservefahrzeuge und Annuitätenberechnung .....	53
4.3.1.2	Fahrzeuginstandhaltungskosten .....	55
4.3.2	Traktionsenergiekosten .....	56
4.3.2.1	Spezifischer Energieinhalt und Wirkungsgrad der Energieumwandlung .....	56
4.3.2.2	Traktionsstrompreis .....	56
4.3.2.3	Kraftstoffpreis .....	56
4.3.3	Personalkosten (volle Lohnkosten inkl. Lohnnebenkosten) .....	57
4.4	Infrastrukturkosten .....	58
4.4.1	Kosten für Instandhaltung bestehender Infrastruktur und Betriebsführung = Infrastrukturbenützungsentgelte .....	58
4.4.2	Zusätzliche Investitionskosten variantenspezifischer Infrastrukturausbauten .....	58
4.4.2.1	Vollbahninfrastruktur .....	58
4.4.2.1.1	Ausbau zweigleisiger Abschnitte und Ausweichen .....	58
4.4.2.1.2	Elektrifizierung von Streckenabschnitten .....	59
4.4.2.1.3	Neubaustrecken .....	60
4.4.2.1.4	Verlängerung von Vollbahn-Bahnsteigen .....	60
4.4.2.2	Straßenbahninfrastruktur .....	60
4.4.2.2.1	Übergangsstrecken für die Stadtrationalbahn inkl. Brücken .....	60
4.4.2.2.2	Neubau und Verlängerung von Straßenbahn-Bahnsteigen .....	61
4.4.2.2.3	Stadtrationalbahn-Abstellgleise .....	61
4.4.2.3	Lebensdauer und Annuitätenberechnung .....	61
4.5	Einsparungen durch Stadtrationalbahn-Kompensationseffekte .....	62
4.5.1	Anschaffung und Amortisation von Straßenbahnfahrzeugen .....	63
4.5.2	Energie und Wartung .....	64
4.5.3	Fahrpersonal .....	64
4.5.4	Infrastrukturbenützungsentgelte .....	64
4.6	Einsparungen durch Reduktion von Autobus-Parallelverkehr .....	64
5	Effizienzorientierte Bewertung der Fahrplan- und Betriebsvarianten nach Streckenbündeln .....	65
5.1	Erläuterungen .....	65
5.1.1	Abgrenzung der Streckenbündel .....	65
5.1.2	Erläuterungen zu den Variantentabellen .....	66
5.2	Streckenbündel Nord .....	69
5.2.1	Rahmenbedingungen für die Fahrplan- und Betriebsvarianten .....	70
5.2.1.1	Geografische und zeitliche Nachfragecharakteristik .....	70
5.2.1.2	Infrastrukturelle Voraussetzungen .....	73
5.2.1.3	Angestrebter Angebotsumfang .....	74
5.2.1.4	Umsteigeknoten Bahn-Bus im Rahmen des Verkehrsverbunds .....	75
5.2.1.5	Möglichkeiten der Einbindung in die Stadt als Stadtrationalbahn .....	75
5.2.2	Verglichene Fahrplan- und Betriebsvarianten .....	76
5.2.3	Kosteneffizienz der Fahrplan- und Betriebsvarianten .....	88
5.2.3.1	Gesamte (berücksichtigte) Kosten allgemein .....	88
5.2.3.2	Kosten nach Fahrplan- und Betriebsvarianten .....	90
5.2.3.2.1	Verknüpfung zwischen Haupt- und Nebenstrecken und Haltestellenbedienung im Vorortverkehr .....	90
5.2.3.2.2	Traktion (im Falle direkter Linien) .....	90
5.2.3.2.3	Einbindung in die Stadt .....	90
5.2.3.2.4	Zeitliche Anpassung der Beförderungskapazität .....	91
5.2.3.2.5	Angebotsumfang .....	91
5.2.3.3	Zusammenhang zwischen Kosteneffizienz und nichtmonetären Indikatoren .....	92
5.2.3.3.1	Auslastung der Beförderungskapazität .....	92
5.2.3.3.2	Traktionsenergieverbrauch .....	93
5.2.3.3.3	Umlaufgeschwindigkeit und Auslastung des Fahrzeugparks .....	94
5.3	Streckenbündel Nordost .....	94
5.3.1	Rahmenbedingungen für die Fahrplan- und Betriebsvarianten .....	95
5.3.1.1	Geografische und zeitliche Nachfragecharakteristik .....	95
5.3.1.2	Infrastrukturelle Voraussetzungen .....	99
5.3.1.3	Angestrebter Angebotsumfang .....	101
5.3.1.4	Umsteigeknoten Bahn – Bus im Rahmen des Verkehrsverbunds .....	102
5.3.1.5	Möglichkeiten der Einbindung in die Stadt als Stadtrationalbahn .....	102
5.3.2	Verglichene Fahrplan- und Betriebsvarianten .....	106
5.3.3	Kosteneffizienz der Fahrplan- und Betriebsvarianten .....	120
5.3.3.1	Gesamte (berücksichtigte) Kosten allgemein .....	120
5.3.3.2	Kosten nach Fahrplan- und Betriebsvarianten .....	122
5.3.3.2.1	Verknüpfung von Haupt- und Nebenstrecken, Haltestellenbedienung im Vorortverkehr .....	122
5.3.3.2.2	Einbindung in die Stadt .....	122
5.3.3.2.3	Zeitliche Anpassung der Beförderungskapazität .....	122
5.3.3.3	Zusammenhang zwischen Kosteneffizienz und nichtmonetären Indikatoren .....	123
5.3.3.3.1	Auslastung der Beförderungskapazität .....	123
5.3.3.3.2	Traktionsenergieverbrauch .....	124

5.3.3.3.3	Umlaufgeschwindigkeit und Auslastung der Fahrzeugkapazitäten .....	125
5.4	Streckenbündel Südost .....	125
5.4.1	Rahmenbedingungen für die Fahrplan- und Betriebsvarianten .....	126
5.4.1.1	Geografische und zeitliche Nachfragecharakteristik .....	127
5.4.1.2	Infrastrukturelle Voraussetzungen .....	131
5.4.1.3	Angestrebter Angebotsumfang .....	132
5.4.1.4	Umsteigeknoten Bahn – Bus im Rahmen des Verkehrsverbunds .....	134
5.4.1.5	Möglichkeiten der Einbindung in die Stadt als Stadtrationalbahn .....	134
5.4.2	Verglichene Fahrplan- und Betriebsvarianten .....	134
5.4.3	Kosteneffizienz der Fahrplan- und Betriebsvarianten .....	143
5.4.3.1	Gesamte (berücksichtigte) Kosten allgemein .....	143
5.4.3.2	Kosten nach Fahrplan- und Betriebsvarianten .....	145
5.4.3.2.1	Anbindung zwischen Haupt- und Nebenstrecken und Haltestellenbedienung im Vorortverkehr .....	145
5.4.3.2.2	Traktion (im Falle direkter Linien) .....	145
5.4.3.2.3	Einbindung in die Stadt .....	145
5.4.3.2.4	Zeitliche Anpassung der Beförderungskapazität .....	146
5.4.3.3	Zusammenhang zwischen Kosteneffizienz und nichtmonetären Indikatoren .....	147
5.4.3.3.1	Auslastung der Beförderungskapazität .....	147
5.4.3.3.2	Traktionsenergieverbrauch .....	148
5.4.3.3.3	Umlaufgeschwindigkeit und Ausnutzung der Fahrzeugkapazitäten .....	149
5.5	Streckenbündel Südwest .....	150
5.5.1	Rahmenbedingungen für die Fahrplan- und Betriebsvarianten .....	151
5.5.1.1	Geografische und zeitliche Nachfragecharakteristik .....	152
5.5.1.2	Infrastrukturelle Voraussetzungen .....	160
5.5.1.3	Angestrebter Angebotsumfang .....	162
5.5.1.4	Umsteigeknoten Bahn – Bus im Rahmen des Verkehrsverbunds .....	164
5.5.1.5	Möglichkeiten der Einbindung in die Stadt als Stadtrationalbahn .....	165
5.5.2	Verglichene Fahrplan- und Betriebsvarianten .....	165
5.5.3	Kosteneffizienz der Fahrplan- und Betriebsvarianten .....	180
5.5.3.1	Gesamte (berücksichtigte) Kosten allgemein .....	180
5.5.3.2	Kosten nach Fahrplan- und Betriebsvarianten .....	182
5.5.3.2.1	Verknüpfung zwischen Haupt- und Nebenstrecken und Haltestellenbedienung im Vorortverkehr .....	182
5.5.3.2.2	Traktion .....	182
5.5.3.2.3	Zeitliche und räumliche Anpassung der Beförderungskapazität .....	182
5.5.3.2.4	Umfang des Zugangebots .....	183
5.5.3.3	Zusammenhang zwischen Kosteneffizienz und nichtmonetären Indikatoren .....	184
5.5.3.3.1	Auslastung der Beförderungskapazität .....	184
5.5.3.3.2	Traktionsenergieverbrauch .....	185
5.5.3.3.3	Umlaufgeschwindigkeit und Ausnutzung der Fahrzeugkapazitäten .....	186
5.6	Streckenbündel Nordwest .....	186
5.6.1	Rahmenbedingungen für die Fahrplan- und Betriebsvarianten .....	187
5.6.1.1	Geografische und zeitliche Nachfragecharakteristik .....	188
5.6.1.2	Infrastrukturelle Voraussetzungen .....	191
5.6.1.3	Angestrebter Angebotsumfang .....	192
5.6.1.4	Umsteigeknoten Bahn – Bus im Rahmen des Verkehrsverbunds .....	193
5.6.1.5	Möglichkeiten der Einbindung in die Stadt als Stadtrationalbahn .....	193
5.6.2	Verglichene Fahrplan- und Betriebsvarianten .....	196
5.6.3	Kosteneffizienz der Fahrplan- und Betriebsvarianten .....	209
5.6.3.1	Gesamte (berücksichtigte) Kosten allgemein .....	209
5.6.3.2	Kosten nach Fahrplan- und Betriebsvarianten .....	211
5.6.3.2.1	Verknüpfung zwischen Haupt- und Nebenstrecken und Haltestellenbedienung im Vorortverkehr .....	211
5.6.3.2.2	Traktion (bei direkten Linien) .....	211
5.6.3.2.3	Einbindung in die Stadt .....	211
5.6.3.2.4	Zeitliche Anpassung der Beförderungskapazität .....	212
5.6.3.2.5	Umfang des Zugangebots .....	212
5.6.3.3	Zusammenhang zwischen Kosteneffizienz und nichtmonetären Indikatoren .....	213
5.6.3.3.1	Auslastung der Beförderungskapazität .....	213
5.6.3.3.2	Traktionsenergieverbrauch .....	214
5.6.3.3.3	Umlaufgeschwindigkeit und Ausnutzung der Fahrzeugkapazitäten .....	215
5.7	Streckenbündel Břeclav – Hodonín .....	216
5.7.1	Rahmenbedingungen für die Fahrplan- und Betriebsvarianten .....	217
5.7.1.1	Geografische und zeitliche Nachfragecharakteristik .....	218
5.7.1.2	Infrastrukturelle Voraussetzungen .....	223
5.7.1.3	Angestrebter Angebotsumfang .....	224
5.7.1.4	Umsteigeknoten Bahn – Bus im Rahmen des Verkehrsverbunds .....	226
5.7.2	Verglichene Fahrplan- und Betriebsvarianten .....	227
5.7.3	Kosteneffizienz der Fahrplan- und Betriebsvarianten .....	237
5.7.3.1	Gesamte (berücksichtigte) Kosten allgemein .....	237
5.7.3.2	Kosten nach Fahrplan- und Betriebsvarianten .....	239

5.7.3.2.1	Szenarien der Infrastrukturentwicklung .....	239
5.7.3.2.2	Verknüpfung zwischen Haupt- und Nebenstrecken.....	239
5.7.3.2.3	Zeitliche Anpassung der Beförderungskapazität .....	239
5.7.3.2.4	Umfang des Zugverkehrsangebots und Anpassung an die Varianten am Streckenbündel Südost.....	239
5.7.3.3	Zusammenhang zwischen Kosteneffizienz und nichtmonetären Indikatoren .....	241
5.7.3.3.1	Auslastung der Beförderungskapazität.....	241
5.7.3.3.2	Traktionsenergieverbrauch .....	242
5.7.3.3.3	Umlaufgeschwindigkeit und Ausnutzung der Fahrzeugkapazitäten .....	243
5.8	Fahrplan- und Betriebsvarianten mit Durchbindung von Zügen mehrerer Streckenbündel .....	243
5.8.1	Durchbindung von Zügen durch Brno .....	243
5.8.1.1	Durchbindung von Zügen durch Brno bei den Varianten ohne Einbindung der Schnellzüge.....	243
5.8.1.2	Durchbindung von Zügen durch Brno mit Einbindung des Schnellzugsverkehrs und Flügelzügen .....	247
5.8.1.3	Durchbindung durch Brno in Varianten mit Stadtrationalbahn.....	251
5.8.1.3.1	Durchbindung von Vollbahnzügen durch Brno hl.n. ....	251
5.8.1.3.2	Durchbindung von Stadtrationalbahnkursen durch Brno .....	255
5.8.2	Mögliche Durchbindungen zwischen Streckenbündeln außerhalb von Brno .....	256
5.8.2.1	Mögliche Durchbindungen durch den Knoten Břeclav.....	256
5.8.2.2	Mögliche Durchbindungen durch den Knoten Veselí nad Moravou.....	257
5.8.2.3	Mögliche Durchbindungen durch den Knoten Kyjov .....	258
5.8.2.4	Mögliche Durchbindung durch den Bahnhof Čejč.....	258
5.8.3	Einsparungspotenziale der Fahrplan- und Betriebsvarianten mit Durchbindung von Zügen mehrerer Streckenbündel .....	258
6	Bahnknoten Brno: Entwurf und Bewertung eines möglichen Umbaus mit Stadtrationalbahn.....	260
6.1	Varianten des Hauptbahnhofs in Brno inkl. der erforderlichen Umbauten des Bahnknotens .....	261
6.1.1	Status quo .....	262
6.1.2	Neubau des Hauptbahnhofs in neuer Lage .....	263
6.1.3	Neubau des Hauptbahnhofs an der bestehenden Personenverkehrsstrecke.....	265
6.1.4	Varianten eines vereinfachten Umbaus des Hauptbahnhofs mit Stadtrationalbahn .....	269
6.1.4.1	Präambel .....	269
6.1.4.2	Mögliche Anwendung des Systems Stadtrationalbahn in Brno .....	270
6.1.4.3	Weiterführung der Stadtrationalbahnlinien innerhalb der Stadt .....	271
6.1.4.4	Varianten von Gleiskonfiguration und Linienführung .....	274
6.1.4.4.1	Variante mit sechs Durchfahrtsgleisen inkl. zweier einzelner Güterverkehrsgleise .....	276
6.1.4.4.2	Variante mit sechs Durchfahrtsgleisen inkl. zweier Güterverkehrsgleise in der Mitte .....	278
6.1.4.4.3	Variante mit sieben Durchfahrtsgleisen inkl. zweier einzelner Güterverkehrsgleise .....	278
6.1.4.4.4	Mögliche Durchbindung von Zügen bis Židenice oder Horní Heršpice .....	279
6.1.4.5	Vergleich der Anzahl an Zügen und Bahnsteigen in den Varianten „Neubau im Zentrum“ und „vereinfachter Umbau mit Stadtrationalbahn“ .....	280
6.1.4.6	Städtebaulicher Entwurf.....	281
6.1.4.6.1	Eine städtebauliche Achse: Boulevard für alle Verkehrsträger .....	283
6.1.4.6.2	Zwei städtebauliche Achsen: Hauptstraße und Fußgängerzone.....	285
6.2	Langfristige Schieneninfrastrukturprojekte in Brno mit Bezug zum Umbau des Hauptbahnhofs .....	289
6.2.1	Eisenbahn- oder Straßenbahndurchmesser in Nord-Süd-Richtung .....	289
6.2.1.1	Isolierte U-Bahn mit Umsteigen auf Straßenbahn und Vollbahn .....	289
6.2.1.2	Straßenbahndurchmesser.....	289
6.2.1.3	Vollbahndurchmesser .....	289
6.2.1.4	Stadtrationalbahn-Durchmesser .....	291
6.2.2	Anbindung von Brno an zukünftige Hochgeschwindigkeitsstrecken .....	293
6.3	Kostenbewertung des vereinfachten Umbaus des Bahnknotens und Hauptbahnhofs Brno mit Einführung der Stadtrationalbahn.....	295
6.3.1	Abstellbahnhof .....	295
6.3.2	Modernisierung der Personenverkehrsstrecke Modřice – Hlavní nádraží – Hády .....	296
6.3.3	Modernisierung anderer Bahnhöfe .....	299
6.3.4	Modernisierung der Güterverkehrsstrecke .....	299
6.3.5	Streckenumlegung Brno – Ponětovice über den Flughafen und eine neue Haltestelle Komárov .....	299
6.3.6	Umlegung der Güterverkehrsstrecke und Verbindung Modřice – Sokolnice.....	300
6.3.7	Neubau des Nord-Süd-Durchmessers.....	300
6.3.8	Vergleich mit den Kosten der Variante mit Bahnhofsverlegung .....	300
6.3.9	Indexierung der Baukosten des Umbaus des Bahnknotens Brno .....	301
6.3.10	Zusammenfassung der zusätzlichen Kosten der Fahrplan- und Betriebsvarianten mit Stadtrationalbahn .....	301
6.4	Kostenvergleich der Varianten des Umbaus des Bahnknotens Brno.....	302
6.5	Vergleich der Vor- und Nachteile der Varianten des Umbaus von Bahnknoten und Hauptbahnhof Brno .....	305
6.6	Kofinanzierung des Umbaus von Bahnknoten und Hauptbahnhof Brno aus EU-Fonds .....	306
7	Zusammenfassung, Genauigkeit und Übertragbarkeit der Ergebnisse.....	308
7.1	Zusammenfassung der Ergebnisse .....	308
7.1.1	Einfluss der Fahrplan- und Betriebsvarianten auf die gesamten berücksichtigten Kosten .....	308
7.1.2	Einsparungsmöglichkeiten durch zeitliche Anpassung der Beförderungskapazität .....	309
7.1.3	Effizienz von Varianten der Verknüpfung von Haupt- und Nebenstrecken und Haltestellenbedienung im Vorortverkehr.....	311
7.1.4	Einsparungen bei Durchbindung von Zügen (insbesondere durch Brno).....	312
7.1.5	Vergleich der Kostenstruktur zwischen effizienteren und ineffizienteren Varianten .....	312

7.1.6	Kosten und sonstige Vor- und Nachteile der Varianten des Umbaus des Bahnknotens Brno; mögliches Stadtregionalbahnsystem für Brno .....	313
7.2	Mögliche Abweichungen der Ergebnisse von der Realität und Übertragbarkeit der Ergebnisse auf andere Regionen .....	313
7.2.1	Weitere Plausibilitätsprüfungen der Ergebnisse .....	313
7.2.2	Zuverlässigkeit der Ergebnisse im Hinblick auf mögliche Fehlerquellen .....	314
7.2.3	Übertragbarkeit der Ergebnisse auf andere Regionen .....	315
8	Empfehlungen: Schritte zu einem attraktiveren Regional- und Vorortverkehr zu akzeptablen Kosten .....	317
8.1	Empfehlungen für Verkehrsunternehmen .....	317
8.2	Empfehlungen für Schienenfahrzeughersteller .....	317
8.3	Empfehlungen für Besteller (Organisation des gemeinwirtschaftlichen Verkehrsangebots) .....	319
8.4	Empfehlungen für die Stadt Brno (Umbau des Bahnknotens und Linienführung in der Stadt) .....	321
8.5	Empfehlungen für den Südmährischen Kreis (Entwicklung des Streckennetzes des Eisenbahnpersonenverkehrs) .....	323
8.6	Empfehlungen für den Staat (Steuerpolitik) .....	324
8.7	Empfehlungen für den Eigentümer und Betreiber der Bahnstrecken .....	324
Anhang	.....	325
A	Annahmen und Berechnungen bezüglich Fahrgastzuwächsen .....	325
B	Detaillierte Beschreibung der Methodik zur Bestimmung der Tagesganglinien .....	328
B.I	Fahrgästezahlungen an ausgewählten Bahnhöfen .....	328
B.II	Berechnung der Tagesganglinien .....	329
B.III	Detaillierergebnisse der Tagesganglinien - Zählung .....	331
B.III.a	Abweichung der gesamten Fahrgastzahlen von den ÖD-Ergebnissen .....	331
B.III.b	Tagesgangliniendiagramme für die einzelnen Streckenabschnitte, für die die Zählungen durchgeführt wurden .....	332
B.IV	Extrapolation der Tagesganglinien auf das gesamte Gebiet des Südmährischen Kreises .....	337
B.IV.a	Als Beispiel herangezogene Tagesganglinien und ihre Anteile für die einzelnen Streckenabschnitte .....	338
C	Abfahrts- und Ankunftszeiten an den benachbarten Knotenbahnhöfen .....	352
D	Fahrzeitsimulationen auf ausgewählten Streckenabschnitten .....	355
D.I	Auswahl der Beispieltrecken, Zuggattungen und Fahrzeuge .....	355
D.II	Ausgangsdaten und Annahmen .....	356
D.III	Fahrzeitsimulationen für kritische Streckenabschnitte aus Sicht des integralen Taktfahrplans .....	359
E	Detaillierte Beschreibung der Methodik zur Variantendefinition und Berechnung der Mengengerüste .....	360
E.I	Definition der Streckenabschnitte .....	360
E.I.a	Exkurs: Berechnung des Energieverbrauchs der Züge .....	360
E.II	Definition der Umläufe - allgemein .....	366
E.III	Umlaufdefinition bei Untervarianten mit zeitlicher Kapazitätsanpassung .....	371
E.IV	Berechnung der Mengengerüste .....	373
E.IV.a	Umlaufweise berechnete Kennzahlen .....	373
E.IV.b	Variantenweise berechnete Kennzahlen .....	373
F	Detaillierte Beschreibung der örtlichen Gegebenheiten für Einführung der Stadtregionalbahn .....	381
G	Ergebnisse in Zahlen: Berücksichtigte Kosten der Angebots- und Betriebsvarianten innerhalb der einzelnen Streckenbündel (Preisstand 2017) .....	387
H	Abbildungsverzeichnis .....	395
I	Tabellenverzeichnis .....	400
J	Verwendete Informationsquellen .....	401

# 1 Einleitung

## 1.1 Ziel und Gegenstand der Arbeit: Steigerung der Kosteneffizienz

Der öffentliche Stadt-, Vorort- und Regionalverkehr wird in ganz Europa in der Regel in erheblichem Ausmaß durch Zuschüsse aus öffentlichen Budgets finanziert. Die Gewährung dieser Zuschüsse, ohne welche der öffentliche Verkehr zweifellos nur in viel geringerem Umfang und schlechterer Qualität existieren würde, wird wie folgt gerechtfertigt:

- Der öffentliche Verkehr hat in der Regel geringere externe Kosten als der motorisierte Individualverkehr. Aus Gründen der politischen Akzeptanz sind die Kosten, welche der motorisierte Individualverkehr durch Luftverschmutzung, Verkehrsunfälle und Straßenüberlastung verursacht, nicht in vollem Maße internalisiert. Attraktiver öffentlicher Verkehr wird daher als weniger schädliche Alternative unterstützt, er kann weiters zur Durchsetzbarkeit von Einschränkungen oder finanziellen Belastungen für den motorisierten Individualverkehr beitragen und stellt eine gewisse Vorbereitung für den Fall der Verknappung und Verteuerung fossiler Energieträger dar.
- Die Flächenerschließung mit öffentlichen Verkehrsmitteln sichert eine gewisse Mobilität auch für jene Personen, die aus finanziellen, Alters-, Gesundheits- oder sonstigen Gründen vorübergehend oder dauerhaft keine Möglichkeit haben, Auto zu fahren. Damit trägt der öffentliche Verkehr auch zur sozialen und wirtschaftlichen Entwicklung der Region bei.
- Teilweise ist der öffentliche Verkehr, besonders der Eisenbahnverkehr, durch hohe Fixkosten seiner Bereitstellung und konstante Grenzkosten seiner Benützung charakterisiert, was bedeutet, dass Vollkosten deckende Fahrpreise ineffizient wären.

Die Effizienz einer öffentlichen Dienstleistung entspricht dem Verhältnis der erwünschten Wirkungen zu den Kosten ihrer Erbringung. Der Schwerpunkt dieser Arbeit sind die Kosten des Angebots im Eisenbahnverkehr. Die Monetarisierung (Quantifizierung und Bewertung) der erwünschten Endeffekte ist sehr schwierig: Für die Quantifizierung der Verringerung des motorisierten Individualverkehrs wäre zumindest eine detaillierte Verkehrsnachfragemodellierung erforderlich, die Bewertung der weiteren Wirkungen ist noch schwieriger.

Daher wird in dieser Untersuchung in erster Linie die Kosteneffizienz betrachtet, die Ergebnisse sind Fahrplan- und Betriebsvarianten mit geringsten Kosten im Verhältnis zum Angebotsumfang (ausgedrückt in Zug-km pro Woche) und zu qualitativen Kriterien. Von diesen Ergebnissen werden Empfehlungen abgeleitet, sowohl für Politik und Verwaltung als auch für Verkehrsunternehmen und Fahrzeughersteller.

Umgekehrt widmet sich diese Untersuchung nicht möglichen Zugewinnen oder Verlusten an Fahrgästen oder der Entwicklung der Fahrscheineinnahmen. Es wird im Vorhinein eine Bandbreite realistischer Betriebsleistungen angenommen, und jedenfalls ist es nicht Gegenstand dieser Untersuchung, einen ökonomisch optimalen oder „richtigen“ Angebotsumfang im öffentlichen Verkehr festzustellen.

## 1.2 Eisenbahnvorort- und Regionalverkehr

Der Öffentliche Verkehr gliedert sich in Stadt-, Vorort-, Regional- und Fernverkehr auf Schiene und Straße, im weiteren Sinne sind auch Schiffs- und Flugverkehr enthalten. Der Eisenbahnverkehr hat im System des Öffentlichen Verkehrs in der Regel eine Rückgratfunktion: Wo es zur Überlagerung verschiedener Fahrgastströme und dadurch zu höheren Fahrgastfrequenzen auf bestimmten Strecken des öffentlichen Verkehrs kommt, können die gegenüber dem Autobus höheren Infrastruktur- und Fahrzeugkosten durch bessere Nutzung des Fahrpersonals gerechtfertigt sein, aber auch durch die höhere Attraktivität des Schienenverkehrs, die durch folgende Vorteile bedingt ist:

- Höhere Fahrgeschwindigkeit auf gut ausgebauten Strecken auch im Ortsgebiet
- Unabhängigkeit von der Verkehrssituation (Staus, Wetter etc.)
- Größere, geräumigere und dadurch komfortablere Fahrzeuge

## 1 Einleitung

- Einfachere Beförderung von Kinderwägen und Fahrrädern
- Angenehmere Fahrdynamik.

Die Steigerung der Kosteneffizienz ist im Bereich des Eisenbahnvorort- und Regionalverkehrs eine besonders interessante Aufgabe: Im Vergleich zum Autobusverkehr gibt es viel mehr verschiedene Fahrplan- und Betriebsvarianten, denn Züge können geteilt und durch zusätzliche Waggons verstärkt und es können Flügelzüge gebildet werden. Auf gut ausgebauten Strecken sind erhebliche Zeitersparnisse möglich, wenn beschleunigte Züge in weniger wichtigen Haltestellen durchfahren. Es können elektrische, Diesel- und Hybridgarnituren eingesetzt werden, in jüngster Zeit auch Stadtregionalbahnen, die nicht nur Vollbahn-, sondern auch Straßenbahngleise befahren. Größere Einsparungspotenziale sind auch deshalb zu erwarten, weil es sich um einen traditionell monopolisierten und verstaatlichten Bereich handelt, während der konkurrierende Autobusverkehr viel öfter von gewinnorientierten Privatunternehmen angeboten wird, die sich doch in einem gewissen Wettbewerb befinden.

Als Vorort- und Regionalverkehr wurden die vom *Kreis* bestellten und finanzierten Regional- und Eilzüge vollständig berücksichtigt. Die Schnellzüge, welche vom *Zentralstaat* bestellt und finanziert werden und teilweise in die Verkehrsverbünde der Kreise integriert sind, wurden nur hinsichtlich der Fahrgastzahlen auf regionalen Fahrten berücksichtigt, der eigenwirtschaftliche Bahnverkehr (Zuggattungen EC, IC und SC) wurde gar nicht in diese Untersuchung einbezogen. Der Straßenbahnverkehr wurde hinsichtlich Kompatibilität und möglicher Synergieeffekte mit der in einigen Varianten erwogenen Stadtregionalbahn berücksichtigt.

Der Schwerpunkt der Arbeit liegt beim Fahrplan und im Bahnbetrieb, Ausnahmen sind Infrastrukturausbauten, welche für die Machbarkeit bestimmter Varianten unersetzlich sind (beispielsweise die Elektrifizierung von Nebenstrecken) und die Frage des Umbaus des Bahnknotens Brno.

### 1.3 Der Südmährische Kreis als Untersuchungsregion

Verschiedene Konzepte des Eisenbahnvorort- und -Regionalverkehrs erfordern unterschiedliche Eigenschaften der eingesetzten Fahrzeuge. Im Südmährischen Kreis ist, wie im Großteil der Tschechischen Republik, der Fahrzeugpark des Vorort- und -regionalverkehrs stark veraltet und in naher Zukunft wird seine Erneuerung durch Ankauf neuer oder Modernisierung bestehender Fahrzeuge unumgänglich. Für die vorliegende Aufgabenstellung ist der Südmährische Kreis auch hinsichtlich seiner Größe und der seiner Hauptstadt Brno gut geeignet: Das Bahnnetz und die Verkehrsbeziehungen sind zwar übersichtlicher als etwa in Praha und dem Mittelböhmischen Kreis, dennoch ermöglicht das große Einzugsgebiet von Brno und das verzweigte Bahnnetz zahlreiche verschiedene Fahrplan- und Betriebskonzepte. Der Bahnverkehr hat um Brno auch größere Bedeutung als bei den kleineren Kreisstädten und der Kreis strebt zumindest im Vorortverkehr auch eine dynamische Entwicklung des Eisenbahnverkehrs an.

Als Beispielregion für das gegebene Thema ist der Südmährische Kreis auch wegen der Problematik möglicher Varianten des Umbaus von Bahnknoten und Hauptbahnhof in Brno besonders interessant. Dieser Thematik ist das ganze Kapitel 6 gewidmet, es beinhaltet auch den Entwurf einer weiteren, eigenen Variante mit Schätzung von Kosten, Vor- und Nachteilen im Vergleich mit den bisher erwogenen Varianten.

Eine genauere Beschreibung des Südmährischen Kreises ist im Kapitel 2 zu finden.

### 1.4 Zeithorizont der Untersuchung

Der Zeithorizont dieser Untersuchung ist in etwa 2015-2018, also jener Zeitraum, bis zu dem eine umfangreiche Erneuerung des Wagenparks denkbar ist. Bis zu diesem Zeitraum sind auch konkretere Planungen bezüglich Infrastrukturausbau und angestrebtem Angebotsumfang auf den einzelnen Strecken verfügbar. Alle Ergebnisse beziehen sich auf das prognostizierte Preisniveau des Jahres 2017.

## 1.5 Grundsätzliche methodische Vorgangsweise: Vergleichende Kostenbewertung verschiedener Angebotsvarianten

Die Möglichkeiten der Effizienzsteigerung werden nicht als Änderungen auf Grundlage des derzeitigen Betriebs identifiziert, sondern dadurch, dass verschiedene Angebotsvarianten des Regional- und Vorortverkehrs neu entworfen und hinsichtlich ihrer Kosten bewertet werden:

- Fahrplan- und Betriebsvarianten:
  - Varianten der Anbindung von Nebenstrecken an die Hauptstrecken des Vorortverkehrs:
    - Umsteigen
    - Direkte Linien
      - Elektrifizierung von Nebenstrecken
      - Dieselantrieb auch unter Fahrdraht
      - Einsatz von Hybridfahrzeugen
    - Flügelzüge (umsteigefreie Verbindungen durch Teilen und Kuppeln von Garnituren an Knotenbahnhöfen)
  - Varianten der Haltestellenbedienung im Vorortverkehr
    - Nur Regionalzüge, die in allen Stationen halten
    - Regional- und Eilzüge, die im Stadt-Umland nur in bedeutenden bzw. Knotenbahnhöfen halten
    - Eventuell Einbindung der Schnellzüge in den Regionalverkehr
  - Varianten der Einbindung des Vorortverkehrs in die Stadt
    - Ausschließlich konventionelle Züge über Vollbahnstrecken
    - Teilweise Stadtreregionalbahn (Tram-Train-Garnituren, die auch Straßenbahnstrecken benützen)
    - Endstation aller Züge in der Stadt
    - Teilweise Durchbindung gegenüberliegender Linien zu einer Stadtdurchfahrt
  - Varianten der zeitlichen Kapazitätsanpassung
    - Konstante Beförderungskapazitäten den ganzen Tag über
    - Intervallanpassung
    - Teilen und Verstärken von Garnituren an Endbahnhöfen
    - Teilen und Verstärken von Garnituren auch an Unterwegsbahnhöfen
- Varianten des Umbaus von Bahnknoten und Hauptbahnhof Brno
  - Bahnhofsverlegung (bereits ausgearbeitete und bewertete Variante)
  - Neubau des Hauptbahnhofs im Zentrum (bereits ausgearbeitete und bewertete Variante)
  - Vereinfachter Umbau des Hauptbahnhofs (im Rahmen dieser Arbeit neu entworfene und bewertete Variante).

Der Status quo stellt keine Variante dar, da er nicht den vorausgesetzten Rahmenbedingungen zum Zeithorizont der Arbeit entspricht, als „Nullvarianten“ wurden jedoch Varianten entworfen und bewertet, die dem heutigen Betrieb mit moderneren Fahrzeugen und einem dichteren Fahrplan entsprechen.

Die methodische Vorgehensweise zeichnet sich durch folgende wesentliche Schritte aus:

1. Erhebung von Rahmenbedingungen für Fahrplan- und Betriebsvarianten
2. Entwurf von Fahrplan- und Betriebsvarianten
3. Berechnung der Mengengerüste
4. Abschätzung von Kostensätzen
5. Kostenberechnung für die Fahrplan- und Betriebsvarianten
6. Entwurf der Variante eines vereinfachten Umbaus des Bahnknotens und Hauptbahnhofs in Brno mit Einführung der Stadtreregionalbahn
7. Kostenschätzung für die Variante eines vereinfachten Umbaus des Bahnknotens und Hauptbahnhofs in Brno (mit Berücksichtigung der zusätzlichen Kosten der Fahrplan- und Betriebsvarianten mit Stadtreregionalbahn)

## 1.6 Grobgliederung der Arbeit

Das der Einleitung folgende zweite Kapitel widmet sich dem südmährischen Kreis und seinen Eisenbahnen in dem Ausmaß, das notwendig ist, um den Text auch LeserInnen verständlich zu machen,

## 1 Einleitung

welche die Beispielregion nicht besonders gut kennen. Weiters sind hier auf Kreisebene alle Informationen zusammengefasst, die für den Variantenentwurf erforderlich sind (mit Ausnahme der Problematik des Bahnknotens Brno). Dabei geht es insbesondere um den derzeitigen Zustand der Infrastruktur und geplante Ausbauten, um die derzeitigen und die erwartbaren Fahrgastfrequenzen, um den vom Kreis angestrebten Angebotsumfang und um zu berücksichtigende und zu erhaltende Elemente eines integralen Taktfahrplans.

Im dritten Kapitel wird die Methodik beschrieben, mit der die Grundlagen erhoben, die Varianten entworfen und definiert, die Mengengerüste, Kostensätze und schlussendlich die Ergebnisse berechnet wurden. Zwecks Übersichtlichkeit sind einige sehr genaue Beschreibungen einiger Schritte im Anhang untergebracht, auf den an den jeweiligen Stellen verwiesen wird.

Das vierte Kapitel behandelt die Kostensätze, d.h. spezifische Einheitskosten, wie beispielsweise die Kosten pro Arbeitsstunde eines/r TriebfahrzeugführerIn oder pro MJ Traktionsstrom nach Abzug von Verlusten.

Das fünfte und umfangreichste Kapitel ist nach den einzelnen Streckenbündel gegliedert, wobei jeweils die Ausgangssituation, danach die Fahrplan- und Betriebsvarianten und schließlich die Ergebnisse, d.h. die Kosten dieser Varianten dargestellt sind. Am Ende dieses Kapitels werden die Varianten mit Verknüpfung mehrerer Streckenbündel beschrieben und bewertet.

Im sechsten Kapitel ist das Thema Schieneninfrastruktur in Brno zusammengefasst, d.h. in erster Linie die Frage des Umbaus des Hauptbahnhofs und Bahnknotens Brno. Nach einem Überblick über die Entwicklung dieser Debatte in der Vergangenheit und der Präsentation der zwei wesentlichen bisherigen Varianten Bahnhofsverlegung und Neubau im Zentrum wird der Entwurf eines vereinfachten Umbaus des Hauptbahnhofs und Bahnknotens vorgestellt, welcher durch die Einführung der Stadtrationalbahn ermöglicht wird. Weiters enthält dieses Kapitel eine Kostenschätzung eines solchen vereinfachten Umbaus und abschließend einen Vergleich der Gesamtkosten und der sonstigen Vor- und Nachteile dieser drei Varianten.

Das siebte Kapitel ist die Zusammenfassung der wesentlichen Ergebnisse, weiters wird hier die Zuverlässigkeit, Plausibilität und Übertragbarkeit der Ergebnisse beurteilt.

Der Abschluss der Arbeit ist das achte Kapitel mit Empfehlungen, sowohl für die verschiedenen betroffenen Organisationen des öffentlichen Sektors als auch für Verkehrsunternehmen und Schienenfahrzeughersteller.

## **2 Rahmenbedingungen für den Eisenbahnregional- und vorortverkehr im Südmährischen Kreis**

In diesem Kapitel wird kurz die Siedlungs-, Wirtschafts und Verkehrsgeografie des Südmährischen Kreises beschreiben, weiters die allgemeinen Bedingungen für die Entwicklung des Regional- und Vorortverkehrs auf Kreisebene. Detailliertere Informationen sind in den Kapiteln über die einzelnen Streckenbündel bzw. über die Schieneninfrastruktur in Brno enthalten.

### **2.1 Grundlegende Geografie des Südmährischen Kreises (Jihomoravský kraj)**

#### **2.1.1 Lage des Südmährischen Kreises**

Der Südmährische Kreis ist eine von 14 Verwaltungseinheiten der Tschechischen Republik, die gemäß dem System der europäischen Statistikregionen als NUTS-III-Region geführt werden. Der Südmährische Kreis liegt am südöstlichen Rand der tschechischen Republik und grenzt an den Südböhmischen Kreis und die Kreise Vysočina, Pardubice, Olomouc und Zlín, an Österreich und die Slowakei (siehe Abbildung 1).

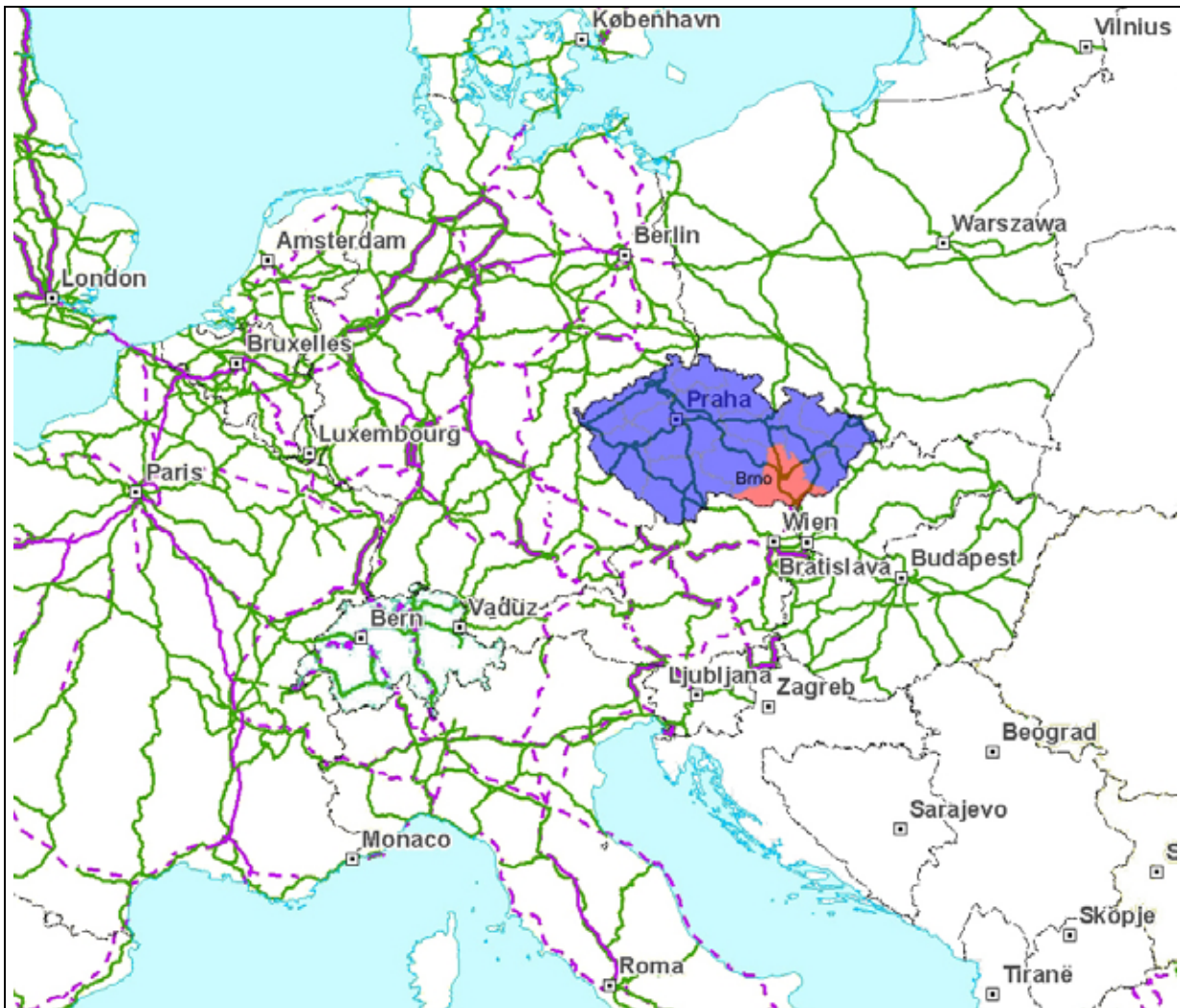
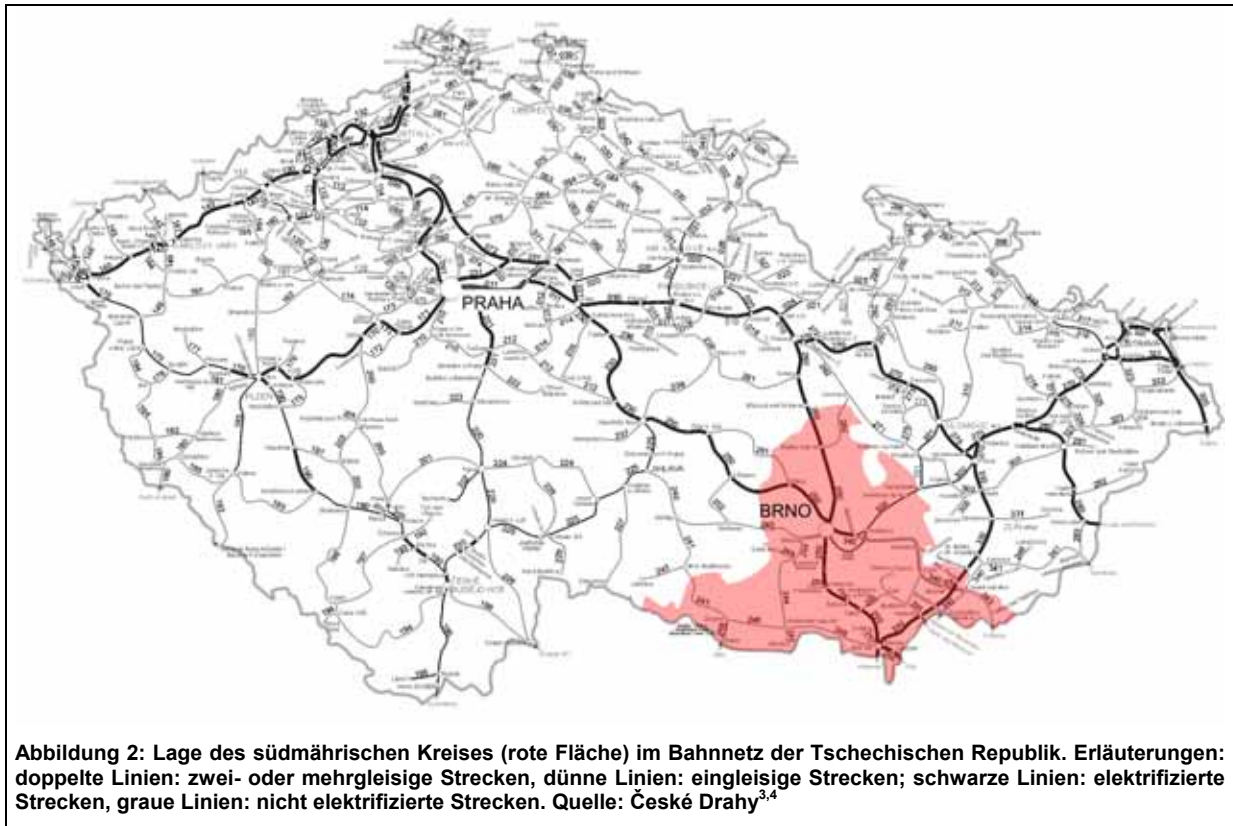


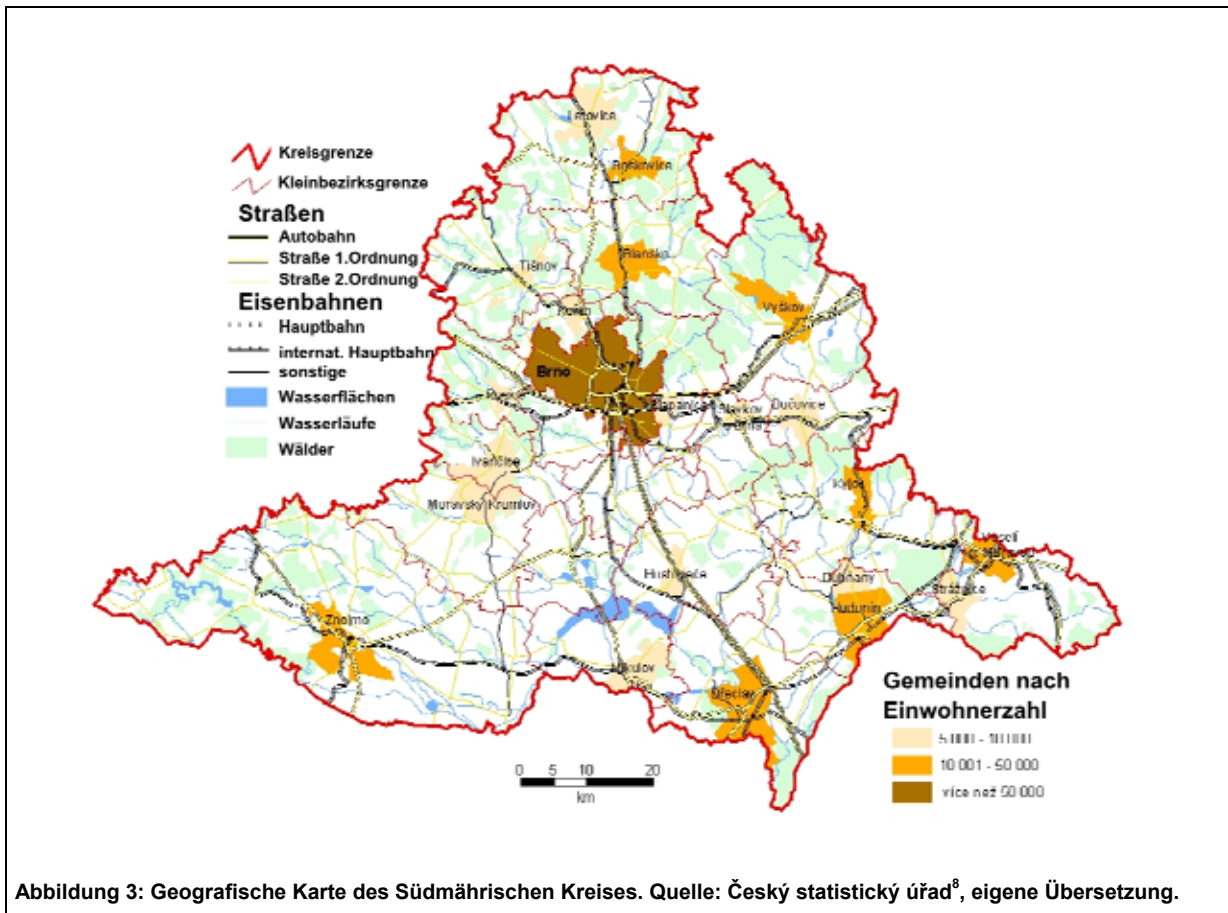
Abbildung 1: Lage des Südmährischen Kreises in der Tschechischen Republik und in Europa, Einbindung in das Hauptbahnnetz. Erläuterungen: Blaue Fläche: Tschechische Republik, rote Fläche: Südmährischer Kreis; grüne Linien: konventionelle Hauptbahnen, violette Linien: Hochgeschwindigkeitsstrecken, strichlierte Linien: geplante Hochgeschwindigkeitsstrecken. Quellen: Europäische Kommission<sup>1</sup>, geografický server<sup>2</sup>, Karte farblich angepasst und ergänzt.

Der Südmährische Kreis liegt am vierten und sechsten paneuropäischen multimodalen Korridor. Während die Hauptstadt und größte Stadt des Kreises Brno ist, kreuzen sich die am besten ausgebauten Bahnstrecken, eben diese Korridore, im 60 km entfernten Bahnhof Břeclav. In Abbildung 2 ist das bestehende Bahnnetz Tschechiens und des Südmährischen Kreises dargestellt: Wichtige Strecken gesamtstaatlicher Bedeutung sind im Gebiet des Südmährischen Kreises die Strecken 250/260/270 Břeclav – Brno – Česká Třebová – Praha und 330/270 Břeclav – Přerov – Ostrava, welche beide „Strecken europäischer Bedeutung“ darstellen und in den letzten Jahren als Transitzkorridore umfangreich modernisiert wurden. Während die Strecke Břeclav – Přerov vor allem im Güterverkehr große Bedeutung hat, sind für den nationalen Fernverkehr die Strecken 250 Brno – Havlíčkův Brod – Kolín – Praha und die noch eingleisige Strecke 300 Brno – Nezamyslice – Olomouc/Přerov von größerer Bedeutung. Zweitrangige Bedeutung hat die noch nicht elektrifizierte Strecke 240 Brno – Jihlava.



### 2.1.2 Topografie<sup>5,6</sup>

Durch den süd-mährischen Kreis verlaufen im wesentlichen die Flüsse Morava (March) und Dýje (Thaya) mit den Zuflüssen Svatka und Svítava, welche durch Brno fließen. Die Niederungen im südöstlichen Teil des Kreises (die Ebenen der March, teils auch der Thaya und der Svatka) haben noch pannonischen Charakter, der restliche Teil ist von Hügelland dominiert: auf der westlichen Seite von Znojmo bis Tišnov durch die Ausläufer der Böhmischemährischen Höhe, im Norden durch den Mährischen Karst und den Wald von Ždanice, auf der östlichen Seite durch die Weißen Karpaten. Während in der pannonischen Landschaft der Bau leistungsfähiger Bahnstrecken relativ einfach ist (die TEN-Strecken 250 südlich von Brno und 330 haben eine Streckenhöchstgeschwindigkeit von 160 km/h, vom Unter- und Oberbau her noch mehr), ist das hügelige bis bergige Gelände in den restlichen Teilen des Kreises für die Eisenbahn spürbar hinderlicher als für das Straßennetz. Der Streckenabschnitt Brno – Česká Třebová hat auch als TEN-Strecke eine Streckenhöchstgeschwindigkeit von nur etwa 80-120, für Neigezüge 100-140 km/h<sup>7</sup>, auch im Regionalverkehr zwingt die Topografie einige Strecken zu einer ungünstigen Streckenführung mit Umwegen, geringen Streckenhöchstgeschwindigkeiten oder unangemessenen Entfernungen zwischen Haltepunkten und Ortszentren.



### 2.1.3 Siedlungsstruktur

Der Südmährische Kreis (Karte siehe Abbildung 3) hat eine Fläche von 7200 km<sup>2</sup>, auf der 1,130.000 Einwohner leben<sup>9</sup>. Wichtige Städte sind<sup>10</sup>:

- Brno: 370.000 Einwohner (Kreishauptstadt)<sup>a</sup>
- Znojmo: 35.000 Einwohner (Bezirksstadt)
- Hodonín: 26.000 Einwohner (Bezirksstadt)
- Břeclav: 26.000 Einwohner (Bezirksstadt)
- Vyškov: 22.000 Einwohner (Bezirksstadt)
- Blansko: 20.000 Einwohner (Bezirksstadt)
- Kyjov: 12.000 Einwohner
- Veselí nad Moravou: 12.000 Einwohner
- Boskovice: 11.000 Einwohner

Die Bevölkerungsdichte<sup>11</sup> liegt mit etwa 160 Personen/km<sup>2</sup> etwas über dem Durchschnitt der Tschechischen Republik. Innerhalb des Kreises haben die größte Bevölkerungsdichte natürlich die Stadt Brno und ihr Umland (Bezirk Brno-Land), von den anderen Bezirken sind Blansko (114 Personen/km<sup>2</sup>) und Hodonín (144) stärker urbanisiert, mittlere Bevölkerungsdichten haben die Bezirke Břeclav (104) und Vyškov (98). Mit Abstand am dünnsten besiedelt ist der Bezirk Znojmo mit nur 70 Personen pro km<sup>2</sup>.

### 2.1.4 Demografische und Wirtschaftsstruktur<sup>12,13,14,15</sup>

Aus Sicht der demografischen Entwicklung und der Wirtschaftsstruktur sind innerhalb des südmährischen Kreises drei Gebiete zu erkennen:

<sup>a</sup> Auch in der deutschen Fassung dieser Arbeit werden lediglich die tschechischen Ortsnamen verwendet, da die deutschen Namen in aktuellen Fahrplänen, Landkarten etc. nicht wieder gefunden werden können. Auf die Anführung der Ortsnamen in beiden Sprachen wurde im Interesse besserer Lesbarkeit verzichtet.

## 2 Rahmenbedingungen für den Eisenbahnregional- und vorortverkehr im Südmährischen Kreis

1. Die Stadt Brno und ihr weiteres Umland sind von überdurchschnittlichen Löhnen, unterdurchschnittlicher Arbeitslosigkeit und mit Ausnahme des Bezirks Brno-Stadt, wo vermutlich die Suburbanisierung wirkt, von einem Bevölkerungszuwachs gekennzeichnet. In Brno dominiert der dritte (Dienstleistungs-) Sektor, im Umland der zweite (Industrie).
2. Im südöstlichen Ausläufer des Kreises, der durch die mittelgroßen Städte Břeclav, Hodonín, Kyjov und Veselí nad Moravou mäßig urbanen Charakter hat, arbeiten die meisten Menschen im industriellen Sektor, hier sind traditionell der Kohlebergbau (Lignit), Öl- und Gasförderung, Chemie- und Glasindustrie sowie Baustoffherstellung vertreten. Die Löhne sind in diesem Gebiet mäßig unterdurchschnittlich, die Arbeitslosigkeit überdurchschnittlich und es überwiegt der Bevölkerungsrückgang.
3. Im südwestlichen Teil des Kreises, mit Znojmo als einziger nennenswerter Stadt, ist die Landwirtschaft der stärkste Sektor. Die durchschnittlichen Löhne sind dort die niedrigsten im ganzen Kreis, die Arbeitslosigkeit am höchsten. Die Bevölkerung ist im Vergleich zur Fläche gering, aber stabil. Am schlechtesten ist die Situation nicht in der Stadt Znojmo und ihrer unmittelbaren Umgebung selbst, sondern in den weiter entfernten Gemeinden, etwa jenen nordwestlich von Znojmo oder zwischen Znojmo und Mikulov.

Die wirtschaftliche Charakteristik des ganzen Kreises entspricht etwa seiner Siedlungsstruktur mit der zweitgrößten Stadt der Tschechischen Republik: Das erreichte wirtschaftliche Niveau liegt etwa im Durchschnitt der Tschechischen Republik, was freilich nach Abzug der höchsten Werte in der Hauptstadt Praha eine bessere Position unter den restlichen Kreisen bedeutet.

### **2.2 Wichtigste Verkehrsbeziehungen im öffentlichen Verkehr<sup>16</sup>**

Das wichtigste Fahrtziel im öffentlichen Verkehr im Südmährischen Kreis ist naturgemäß seine Hauptstadt Brno. Wie in Abbildung 4 zu sehen ist, überwiegen in erheblichen Teilen des Kreises jedoch regionale Zentren: Znojmo im Südwesten, Břeclav, Hodonín, Kyjov und Veselí nad Moravou im Südosten, Vyškov und Blansko im Norden. Vereinzelt sind auch lokale Zentren wie Mikulov, Dubňany, Ivančice, Boskovice oder Slavkov u Brna erkennbar.

## 2 Rahmenbedingungen für den Eisenbahnregional- und vorortverkehr im Südmährischen Kreis

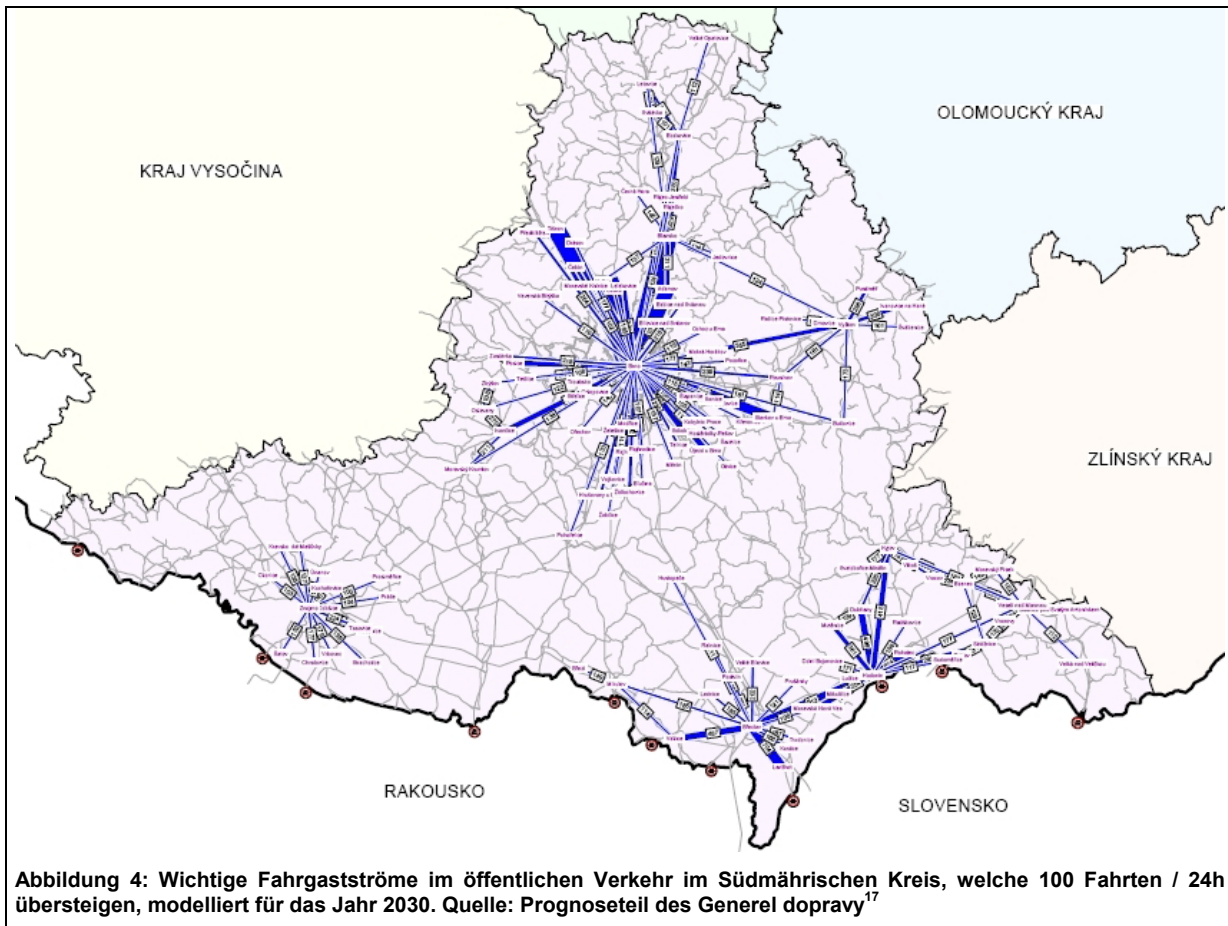
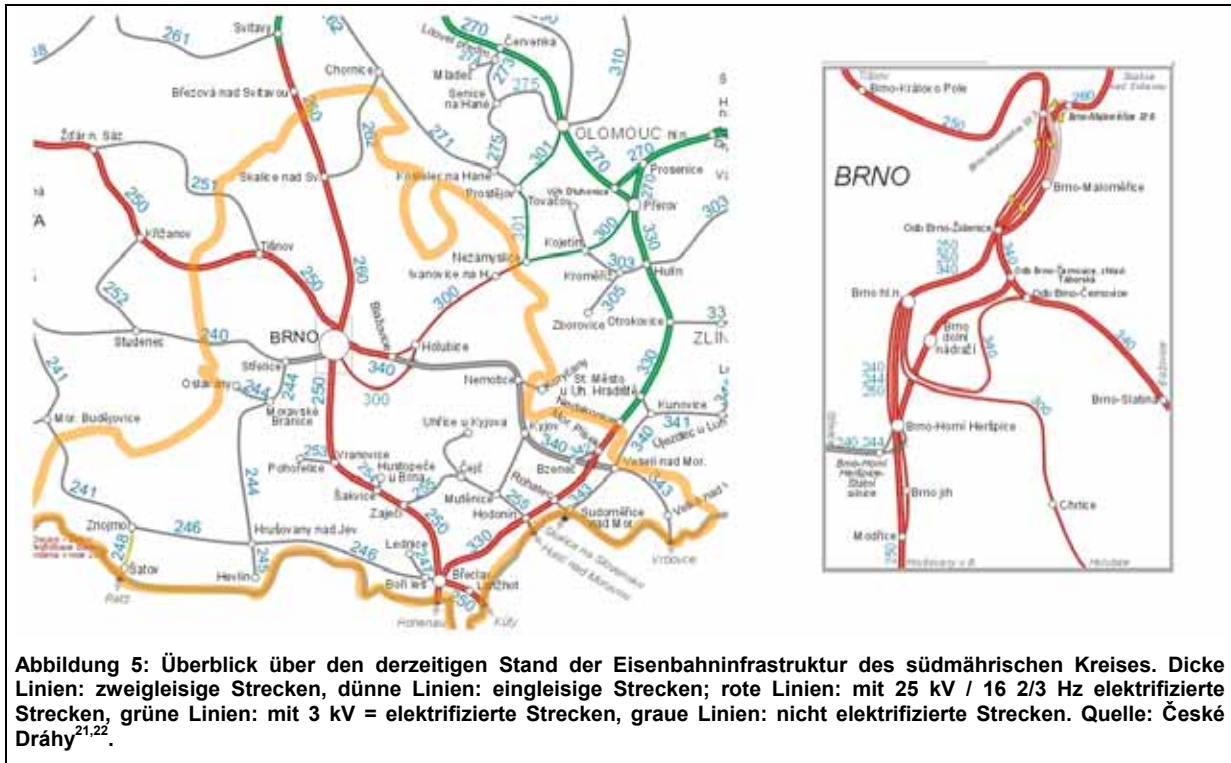


Abbildung 4: Wichtige Fahrgastströme im öffentlichen Verkehr im Südmährischen Kreis, welche 100 Fahrten / 24h übersteigen, modelliert für das Jahr 2030. Quelle: Prognose teil des General dopravy<sup>17</sup>

An der nordwestlichen Kreisgrenze gibt es erhebliche regionale Fahrgastströme über die Kreisgrenze: Für einen erheblichen Teil des Kreises Vysočina ist Brno das wichtigste Zentrum, es liegt in einer akzeptablen Entfernung zum Tagespendeln. Bis zum 31.12.2004 lag die Grenze des Südmährischen Kreises unmittelbar hinter Tíšov; danach schlossen sich jedoch 24 Gemeinden nordwestlich von Tíšov welche früher Teil des Kreises Vysočina waren, dem Südmährischen Kreis an<sup>18,19</sup>. Zeitgleich mit der Erweiterung des Kreises wurde auch der Verkehrsverbund bis zu den heutigen Kreisgrenzen bei Níhov und Nedvědice erweitert<sup>20</sup>.

### 2.3 Ausgangszustand der Eisenbahninfrastruktur

Der Status quo der Eisenbahninfrastruktur im südmährischen Kreis ist in Abbildung 5 dargestellt:



### 2.3.1 Eisenbahninfrastruktur in Brno

Bei der Modernisierung der sogenannten „Korridorstrecken“, die den transeuropäischen TEN-Korridoren entsprechen, wurden bislang die wichtigsten Bahnknoten im Urzustand belassen, im Südmährischen Kreis sind das Brno und Břeclav. In Brno dies, abgesehen vom großen Investitionsaufwand der Umbauten großer Knotenbahnhöfe, unter anderem eine Folge der langjährigen Debatte über die Varianten des Umbaus des Bahnknotens – mit Verlegung des Hauptbahnhofs oder der Beibehaltung seiner Lage. Diese Frage tangiert das Thema der Fahrplan- und Betriebsvarianten im Vorort- und Regionalverkehr insbesondere hinsichtlich der Möglichkeit der Einführung einer Stadtrationalbahn und dem damit ermöglichten vereinfachten Umbau des Hauptbahnhofs. Diese Varianten der Entwicklung der Schieneninfrastruktur in Brno werden samt allen Grundlagen und Ergebnissen im Kapitel 6 behandelt.

### 2.3.2 Eisenbahninfrastruktur außerhalb von Brno

#### 2.3.2.1 Status quo der Eisenbahninfrastruktur

Bezüglich des Infrastrukturzustands können die Bahnstrecken des südmährischen Kreises wie folgt klassifiziert werden<sup>23</sup>:

- Die am besten ausgebauten Strecken sind die bereits erwähnten „Korridorstrecken“ (Bratislava-) Lanžhot – Břeclav – Brno – Letovice (-Česká Třebová – Praha) als Teil des VI. Paneuropäischen Korridors und (Wien-) Břeclav – Moravský Písek (-Přerov – Ostrava) als Teil des IV. Paneuropäischen Korridors. Diese zweigleisigen, elektrifizierten Strecken wurden, mit Ausnahme der Knoten Brno und Břeclav, umfassend modernisiert und in den ebenen Abschnitten überwiegend für eine Geschwindigkeit von 160 km/h, im hügeligen Gebiet nördlich von Brno für eine Bandbreite von 80-120 km/h, für Neigezüge bis zu 140 km/h ausgebaut.
- Die Strecke Brno – Tišnov – Níhov (-Žďár nad Sázavou – Havlíčkův Brod – Kolín) stellte vor dem Ausbau der Korridorstrecke über Česká Třebová die Hauptverbindung Brno – Praha dar und wurden den 80er Jahren des 20. Jahrhunderts umfangreich modernisiert. Die Strecke ist zweigleisig und elektrifiziert, das Zugsicherungssystem ist relativ modern und leistungsfähig, die Bahnhöfe haben keine niveaugleichen Bahnsteigzugänge und die Streckenhöchstgeschwindigkeit ist überwiegend im Bereich 100-120 km/h.
- Die Strecke Brno – Sokolnice/Blažovice – Vyškov – Nezamyslice (-Olomouc/Přerov) ist zwar elektrifiziert; da sie jedoch eingleisig ist und teilweise veraltete Zugsicherungseinrichtungen hat,

entspricht sie kapazitätsmäßig nicht den starken Verkehrsbeziehungen in der Relation Brno – Přerov/Olomouc/Ostrava, die Streckenhöchstgeschwindigkeit liegt bei 90 km/h.

- Die Strecke Brno – Blažovice – Slavkov – Nesovice – Kyjov – Veselí nad Moravou hat kapazitätsmäßig den Vorteil, zweigleisig zu sein, ist jedoch nicht elektrifiziert. Die Streckenhöchstgeschwindigkeit beträgt überwiegend 80 km/h, die Zugsicherungseinrichtungen sind veraltet.
- Die Strecke Brno – Střelice – Zástavka u Brna (-Náměšť nad Oslavou – Třebíč – Jihlava) ist eingleisig, nicht elektrifiziert und weist überwiegend veraltete Zugsicherungseinrichtungen auf. Das hügelige bis gebirgige Gebiet bedingt niedrige Streckenhöchstgeschwindigkeiten (60-80 km/h).
- Die Strecken
  - Střelice – Moravské Bránice - Moravský Krumlov - Hrušovany nad Jevišovkou
  - Břeclav – Mikulov – Hrušovany nad Jevišovkou – Znojmo
  - Znojmo – Moravské Budějovice (-Okříšky) und
  - Rohatec – Sutoměřice nad Moravou – Veselí nad Moravouzählen zur besseren Kategorie von Strecken regionaler Bedeutung: sie haben großteils eine Streckenhöchstgeschwindigkeit von 80 km/h, die Zugsicherungseinrichtungen sind jedoch veraltet oder fehlen völlig.
- Die restlichen Strecken haben in der Regel Streckenhöchstgeschwindigkeiten von 30-50 km/h, fehlende oder völlig veraltete Zugsicherungseinrichtungen und nicht fernbediente Weichen.

### 2.3.2.2 Beabsichtigte Infrastrukturausbauten

#### 2.3.2.2.1 Offizielles Szenario

Die Infrastrukturvorhaben des Generel dopravy<sup>24,a</sup> und des „Konzepts der Verkehrserschließung des Südmährischen Kreises im Eisenbahnverkehr“<sup>25</sup> können in folgende Gruppen eingeteilt werden:

1. Projekte, über die gemäß der Etappisierung im Generel dopravy spätestens bis zur Fertigstellung dieser Arbeit definitiv entschieden sein soll und die bis zum zeitlichen Horizont dieser Arbeit fertig gestellt werden sollen:
  - Umbau des Bahnhofs Břeclav
  - Zweigleisiger Ausbau der Strecke Brno – Nezamyslice und Schleife Křenovice zwischen den Strecken 340 aus Richtung Veselí nad Moravou – Kyjov und 300 aus Richtung Brno – Újezd u Brna
  - Elektrifizierung Brno – Rapotice (-Jihlava), evtl. zweigleisiger Ausbau des Abschnitts Střelice – Zástavka u Brna oder Tetčice
  - Weitere kleinere Projekte, die zwar nicht in der Etappisierung, aber im Textteil des Generel dopravy enthalten sind und im Konzept der Verkehrserschließung des Südmährischen Kreises im Eisenbahnverkehr als prioritär angeführt werden:
    - Modernisierung und Erhöhung der Streckenhöchstgeschwindigkeit Moravské Bránice – Ivančice
    - Modernisierung und Erhöhung der Streckenhöchstgeschwindigkeit Šakvice – Hustopeče
    - Modernisierung und Erhöhung der Streckenhöchstgeschwindigkeit Tišnov – Nedvědice
2. Projekte, die unter Umständen nach Fertigstellung dieser Arbeit noch beeinflussbar sein werden, und vor dem zeitlichen Horizont dieser Arbeit fertig gestellt werden können, da sie für die 2013 geplante Ausbaustufe des Eisenbahnverkehrs im Verkehrsverbund vorausgesetzt werden:
  - Schleife Boskovice für wendefreie Fahrten Brno - Boskovice
  - Ertüchtigung und Elektrifizierung Hrušovany u Brna – Židlochovice
  - Diverse neue Haltestellen
3. Einstellung oder Stilllegung einiger Strecken: Derzeit ist der Personenverkehr auf der Strecke 257 Mutěnice – Kyjov und ab 9.12.2007 auch auf der Strecke 847 Sutoměřice nad Moravou – Skalica na Slovensku eingestellt<sup>26</sup>. Beide Strecken wurden jedoch bislang nicht stillgelegt, was ein Hindernis für ihre Reaktivierung sein könnte, wie sie in den optimistischen Varianten für das Streckenbündel Břeclav-Hodonín vorgeschlagen wird.

<sup>a</sup> Details zu den verwendeten Quellen sind im Kapitel 3.5 über die Methodik der Erhebung der Rahmenbedingungen für den Variantenentwurf zu finden.

## 2 Rahmenbedingungen für den Eisenbahnregional- und vorortverkehr im Südmährischen Kreis

Genauere Beschreibungen der angestrebten Ausbauten sind in den Kapiteln über die einzelnen Streckenbündel zu finden.

Abschließend kann festgestellt werden, dass bis zum Zeithorizont dieser Arbeit die wesentlichen Kapazitätsprobleme, und zwar die Bahnknoten Brno und Břeclav sowie die Strecke Brno – Přešov gelöst sein werden. Mit Ausnahme der Elektrifizierung der Strecke Brno – Rapotice und vereinzelter Ertüchtigungsvorhaben wird es aber zu keiner Erhöhung von Streckenhöchstgeschwindigkeiten und auch zu keinen Elektrifizierungen kommen. Daher ist es weiterhin aktuell festzustellen, welche Fahrzeitverkürzungen aufgrund neuer Fahrzeuge erreicht werden können und die Notwendigkeit von Elektrifizierungen und Erhöhungen von Streckenhöchstgeschwindigkeiten gegenüber dem Einsatz neuer Fahrzeuge zu überprüfen, insbesondere auch hinsichtlich der Erfordernisse eines integralen Taktfahrplans.

### 2.3.2.2.2 *Andere Szenarien*

Erfahrungen aus der Vergangenheit zeigen, dass Zeitpläne von Infrastrukturprojekten sehr oft zu optimistisch sind und die meisten Projekte mit erheblicher Verspätung realisiert werden<sup>27</sup>. Es ist sehr wahrscheinlich, daß zumindest ein Teil der oben angeführten Projekte abweichend von der Etappisierung im Generel dopravy zum Horizont dieser Arbeit nicht fertig gestellt werden. Beispielsweise „warten“ große Streckenausbauprojekte wie etwa Praha – Nürnberg oder Praha – Linz schon wesentlich länger auf ihre Realisierung und haben gemäß landesweiter (tschechischer) Konzepte eine höhere Priorität als die Strecke Brno – Přešov. Daher ist auch mit folgenden Szenarien zu rechnen:

- Mäßige und gleichmäßige Verzögerungen haben keine allzu großen Auswirkungen auf die Relevanz dieser Arbeit, die vorgeschlagenen Varianten können in diesem Fall etwas später realisiert werden, möglicherweise zu verschiedenen Zeiten je nach Streckenbündel
- Problematischer wäre es, wenn die Realisierung einiger bedeutender Projekte um eine größere Zeitspanne verzögert wird oder neue Konzepte auftauchen, die diese Projekte gar nicht mehr enthalten. Die größte Unsicherheit stellt in diesem Sinne der Streckenausbau Brno – Nezamyslice (-Přešov/Olomouc) dar; möglich ist eine solche Verzögerung prinzipiell aber bei allen Projekten. Die vorliegende Untersuchung kann im Hinblick auf den Arbeitsaufwand nicht allen aus möglichen Projektverzögerungen resultierenden Szenarien gerecht werden. Es ist aber nützlich die Varianten auch danach zu bewerten ob sie eher den gesamten Umfang angestrebter Infrastrukturausbauten erfordern, oder ob sie letztlich sogar mit der bestehenden Infrastruktur realisiert werden können.

Angesichts der Wahrscheinlichkeit erheblicher Verspätungen beim Infrastrukturausbau wurde als Zeithorizont dieser Arbeit der Zeitraum 2015 – 2018 gewählt (hinsichtlich der Kostenindizierung 2017), obwohl der nähere Zeithorizont des Generel dopravy das Jahr 2013 ist. 2017 ist auch ein realistischer Fertigstellungstermin für die ersten Phasen des Umbaus des Bahnknotens Brno (siehe 6.1).

In drei Fällen wird bewusst von einem weit besseren Infrastrukturzustand ausgegangen als derzeit für den zeitlichen Horizont der Arbeit zu erwarten ist:

- Die Station Bzenec-kříženi (Kreuzung) ist gemäß Generel dopravy zwar erst für den Zeitraum nach dem Horizont dieser Arbeit terminisiert, würde aber eine derartige Verbesserung der Umsteigverbindungen und eine Vereinfachung des Betriebs bringen, dass mit ihr gerechnet wurde.
- Die Erhöhung der Streckenhöchstgeschwindigkeit von derzeit minimal 40 auf 100 km/h zwischen Valtice und Hrušovany nad Jevišovkou auf allen Abschnitten außer einem fehlenden oder unzureichenden Übergangsbogen westlich von Mikulov und einem Gleisbogen mit einem Radius von 470m östlich von Novosedly ist erforderlich für die Realisierung des kreisweiten Schemas eines integralen Taktfahrplans (siehe 2.6.2)
- Der zweigleisige Ausbau des Abschnitts Střelice – Zástavka u Brna wird zwar im Generel dopravy empfohlen, ist aber derzeit in keinen anderen Eisenbahninfrastrukturausbauplänen zu finden. Ohne ihn scheint jedoch der angestrebte Halbstundentakt des Vorortverkehrs bis Zástavka u Brna mit guten Anschlüssen in Střelice undurchführbar.

## 2.4 Vom Kreis angestrebter Umfang des Eisenbahnpersonenverkehrs<sup>28,29</sup>

Die Verkehrsleistung sowohl des Eisenbahnregional- als auch des -Fernverkehrs soll nach den Vorstellungen des Kreises den Regionalverkehr bestellende Gebietskörperschaft bis zum Jahr 2013 (gegenüber 2003) um etwa 50% zunehmen (von 155.000 auf 240.000 Zugkilometer pro Woche im Regionalverkehr und von 32.000 auf 50.000 Zugkilometer im Schnellzugsverkehr<sup>a</sup>). Die Verkehrsleistung im Regionalverkehr soll bis zum Jahr 2030 sogar um etwa 75% auf 275.000 Zugkilometer pro Woche anwachsen. Dieses in Abbildung 6 dargestellte Wachstum findet insbesondere auf den stadtnahen Streckenabschnitten in der Umgebung von Brno statt, wo die Zugfrequenzen verdoppelt, manchmal auch verdreifacht werden sollen; auf den anderen Strecken (außer der Linie Břeclav – Hodonín – Veselí nad Moravou) ist eher eine Stagnation, in einigen Fällen auch die Einstellung zu erwarten. Ein überdurchschnittliches Wachstum des Regionalverkehrs ist auf den Streckenbündeln Nord und Nordwest vorgesehen, welche großteils im Nahbereich von Brno liegen und wenig Flügelstrecken aufweisen, unterdurchschnittlich soll die Verkehrsleistung auf den Streckenbündeln Südwest und Břeclav – Hodonín zunehmen.

Wie auch bei den Infrastrukturprojekten wurde im Vergleich zum Generel dopravy pessimistischer angenommen, dass der für das Jahr 2013 angestrebte Angebotsumfang erst im Jahr 2017 realisiert wird.

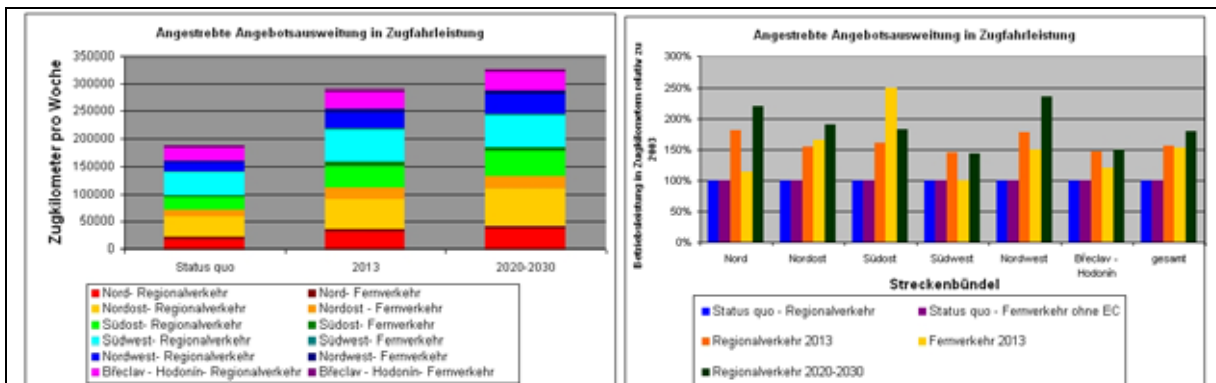
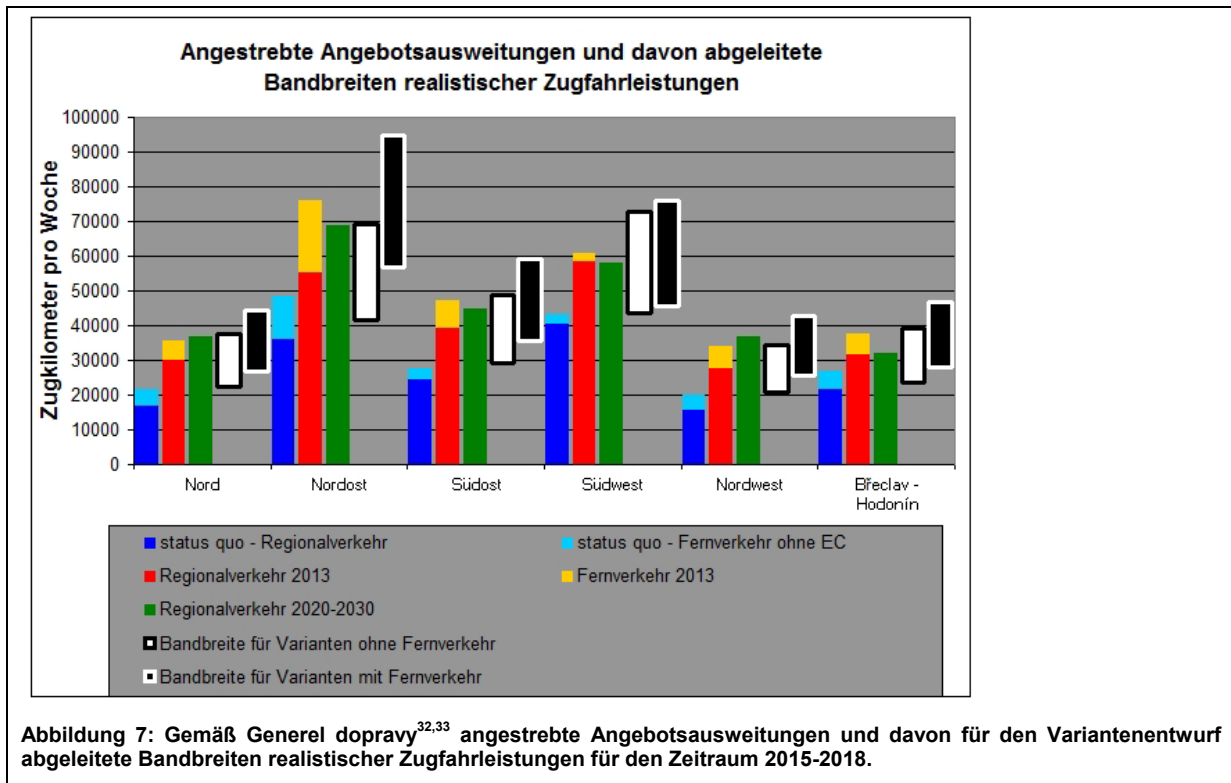


Abbildung 6 links: Gesamte angestrebte Zugfahrleistung nach Fern- und Regionalverkehr und Streckenbündeln für die Etappen 2013 und 2020-2030. (Die Zugfahrleistung des Schnellzugverkehrs für die Etappe 2020-2030 wurde als gleich jener für die Etappe 2013 angenommen).

Rechts: Angestrebte relative Zunahme der Zugfahrleistung nach Streckenbündeln; Regional- und Schnellzugsverkehr für die Etappen 2013 und 2020-2030.

Quelle: Generel dopravy<sup>30</sup> und Arbeitsunterlagen seiner Autoren<sup>31</sup>. Status quo = 2003.

<sup>a</sup> Züge der Gattungen EC, IC und SC werden in Tschechien nicht subventioniert, Schnellzüge (R) hingegen sehr wohl, und zwar durch das Verkehrsministerium.



In Abbildung 7 sind weiters die dem Variantenentwurf zugrunde gelegten Bandbreiten realistischer Betriebsleistungen nach Streckenbündeln dargestellt.

Eine genauere Beschreibung des vom Kreis angestrebten Angebotsumfangs folgt in den Kapiteln über die einzelnen Streckenbündel (siehe 5.2.1.3, 5.3.1.3, 5.4.1.3, 5.5.1.3, 5.6.1.3 und 5.7.1.3).

## 2.5 Verkehrsverbund des Südmährischen Kreises (IDS JMK)<sup>34</sup>

Seit 1. Jänner 2004 entwickelt sich etappenweise der Verkehrsverbund Südmähren (IDS JMK). Zunächst nahmen 112 Gemeinden im nahen Umland von Brno teil, bis zum 1. Juli 2007 wurde der Verkehrsverbund mehrmals erweitert (letzte Etappe siehe Abbildung 8). Derzeit bedeckt der Verkehrsverbund 41% der Fläche des Südmährischen Kreises, auf der in 50% der Gemeinden 65% seiner Bevölkerung wohnen. IDS JMK wird von der Firma KORDIS koordiniert, welche im gemeinsamen Eigentum des Südmährischen Kreises (51%) und der Stadt Brno (49%) steht<sup>35</sup>. KORDIS arbeitet mit České Dráhy, dem Verkehrsbetrieb Brno (DPMB) und einer Vielzahl von Busunternehmen zusammen. Angesichts des einheitlichen Tarifs tritt KORDIS gegenüber der Öffentlichkeit und den Fahrgästen zunehmend als einheitlicher Anbieter von öffentlichen Verkehrsdiensten auf dem Gebiet des Verkehrsverbundes auf, gibt Fahrpläne heraus, organisierte die Neunummerierung der Linien auf ein einheitliches System und hat schließlich sogar ein neues Haltestellenlogo für sämtliche Bus- und Straßenbahnhaltstellen eingeführt.

Ein wichtiges Element des IDS JMK ist jedoch nicht nur der einheitliche Tarif (parallel dazu existiert auch der Haustarif von ČD), sondern vor allem auch die Verbesserung der Fahrpläne im Sinne von Frequenz, Regelmäßigkeit und Anschlüssen.

Die Strategie von KORDIS ist die Positionierung des Schienenverkehrs als Rückgrat und die Bildung von Umsteigeterminals: Anstelle von Parallelverkehr und vielen unübersichtlichen Buslinien sollen die Fahrgäste einen Taktverkehr auf den Regionalbuslinien zur Verfügung haben, die sie zu Umsteigeterminals bringen, wo sie auf die Eisenbahn oder den innerstädtischen öffentlichen Verkehr umsteigen. Um dieses Modell des öffentlichen Verkehrs zu erreichen, werden die Fahrpläne von Eisenbahn und Straßenbahn eher auf der Grundlage des bisherigen Zustands angepasst bzw. erweitert (Die Zugfahrleistung im gesamten Kreis wurde im Zeitraum 2003 – 2006 um 7% gesteigert<sup>36</sup>), der Autobusverkehr wird hingegen völlig neu organisiert, auch mit neuer Linienführung; die Linien werden auch neu an Busunternehmen vergeben. Ein Jahr nach dem Start der ersten Etappe konnte die Anzahl beförderter Personen um 18% gesteigert werden<sup>37</sup>. Die Strategie der Rückgratfunktion der Eisenbahn ist vorteilhaft für den Bahnverkehr, die Steigerung der Fahrgastzahlen betrug beispielsweise auf der Strecke Brno – Tišnov 45%<sup>38</sup>. Ziel des Südmährischen Kreises ist die Erweiterung des Verkehrsverbundes auf



- Jihlava (gute und regelmäßige Anschlüsse nur in geografisch eher nutzlosen Relationen). Das komplexe System des Wiener Vorortverkehrs bestimmt die möglichen Zeitlagen von Abfahrten und Ankünften der Regionalzüge zu den Grenzübergängen Österreich/Tschechische Republik. Nach der Elektrifizierung der Strecke nach Znojmo wäre die Abfahrt bzw. Ankunft in Břeclav um die volle Stunde, in Znojmo um die halbe Stunde (oder umgekehrt) realistisch. Im Bahnhof Laa/Thaya sind die Ankünfte und Abfahrten um die halbe Stunde.
3. Im Gebiet Staré Město u Uherského Hradiště – Kunovice – Bynice - Trenčianská Tepla - Veselí nad Moravou – Vrbovce – Sudoměřice nad Moravou sind nur vereinzelt Elemente eines Taktverkehrs zu erkennen.

Eine detailliertere Beschreibung und ein tabellenförmiger Überblick über die Elemente eines Taktverkehrs auf den benachbarten Knotenbahnhöfen befinden sich in Anhang C.

### 2.6.2 Verknüpfung zwischen den einzelnen Streckenbündeln im Taktverkehr

Der integrale Taktverkehr ist in der Tschechischen Republik derzeit nur teilweise realisiert und seine Weiterentwicklung ist nicht Thema dieser Arbeit. Es ist aber wichtig, dass die im Rahmen dieser Arbeit entworfenen Varianten im Einklang mit bereits existierenden Elementen des übergeordneten integrierten Taktverkehrs stehen. Ein weiteres Ziel ist die Herstellung möglichst guter Anschlüsse an den Knotenbahnhöfen innerhalb des Südmährischen Kreises. Priorität hat dabei die Bildung von funktionierenden symmetrischen Knoten und von Anschlüssen in den wichtigeren Relationen unsymmetrischer Knoten in der Region. Brno Hlavní nádraží (Hauptbahnhof) selbst soll jedoch nicht die Funktion eines großen Taktknotens erfüllen. Dieser Ansatz, dem auch KORDIS als Aufgabenträger folgt<sup>40</sup>, hat folgende Hintergründe:

- Eine gemeinsame Abfahrts- und Ankunftszeit für alle Züge würde in einem so großen Knoten wie Brno große Kapazitäten des Hauptbahnhofs und der angrenzenden Streckenabschnitte erfordern.
- Eine oder zwei Abfahrts- und Ankunftszeiten pro Stunde in allen Richtungen würde eine große Spitzenbelastung im Stadtverkehr bedeuten.
- Im Falle der Führung mehrerer Linien des Vorortverkehrs über die gleichen Streckenabschnitte innerhalb der Stadt (z.B. Nord-Süd-Durchmesserstrecke, Stadtrationalbahn oder die Strecke Brno Horní Heršpice – Brno Hlavní nádraží – Brno Židenice) können abweichende Ankunfts- und Abfahrtszeiten eine dichteres Intervall auf diesen Abschnitten ermöglichen.
- Die Anzahl an Fahrgästen, welche Brno durchqueren, ist vernachlässigbar gegenüber der Anzahl der Fahrgäste aus und nach Brno<sup>41</sup>, außerdem sind eventuelle Wartezeiten im Fall kurzer (etwa halbstündiger) Intervalle im Vorortverkehr von Brno wesentlich geringer, als im Falle eines Stunden- oder sogar Zweistudentakts am Rand der Region.

Nachdem Brno keinen Taktknoten darstellt, betreffen die erforderlichen Anschlüsse an den Eisenbahnverkehr außerhalb des Südmährischen Kreises in erster Linie die einzelnen Streckenbündel und werden beim Variantenentwurf nach Streckenbündeln (siehe 5.2.2, 5.3.2, 5.4.2, 5.5.2, 5.6.2 und 5.7.2) berücksichtigt. Ausnahmen, welche eine gewisse Verknüpfung zwischen den Fahrplänen der einzelnen Streckenbündel bewirken, sind:

1. Schnellzüge (Ostrava-)Přerov – Brno – Jihlava(-České Budějovice-Plzeň), welche im Zweistudentakt mit Anschlüssen in den symmetrischen Knoten Přerov und České Budějovice verkehren.
2. Schnellzüge (Praha-)Havlíčkův Brod – Brno – Břeclav (-Bratislava), welche im Zweistudentakt mit Anschlüssen im symmetrischen Knoten Havlíčkův Brod verkehren. Bis Břeclav fahren derzeit zwar nur vier Schnellzugspaare täglich (davon zwei in der Nacht), gemäß Generel dopravy<sup>42</sup> ist aber ein dichterer Schnellzugsverkehr auf diesem Abschnitt geplant, der bereits in den nächsten Jahren realisiert werden soll.<sup>43,a</sup>
3. Weiters wird Brno von direkten Fernzügen auf der Relation Břeclav – Česká Třebová durchquert. Dort verkehren allerdings hauptsächlich EuroCity-Züge, welche nicht subventionierten Verkehr darstellen, deren Fahrpläne durch internationale Abkommen festgelegt sind und die daher im Rahmen dieser Arbeit nicht berücksichtigt werden.

---

<sup>a</sup> Stand Fahrplanjahr 2005/6 (Quelle der Grundlagen für den integralen Takt). Im Fahrplanjahr 2007 wurde der Schnellzugsverkehr auf dieser Strecke durch vier Schnellzugspaare Brno – Wien und retour ergänzt.

## 2 Rahmenbedingungen für den Eisenbahnregional- und vorortverkehr im Südmährischen Kreis

4. Auf der Nordseite des Südmährischen Kreises liegen die tangentialen Strecken, welche die einzelnen Radialen aus Brno verbinden, ausschließlich auf dem Territorium der benachbarten Kreise, und insbesondere auf der Strecke Praha – Česká Třebová – Olomouc – Přerov/Ostrava wäre es unrealistisch, den dichten Verkehr mit allen Anschlüssen an vielen Knotenbahnhöfen an die Bedürfnisse des Regionalverkehrs innerhalb des Südmährischen Kreises anzupassen. Südlich von Brno ist die Situation anders: Die tangentialen Strecken Přerov-Břeclav-Znojmo-Okřísky-Jihlava-Havlíčkův Brod liegen zu großen Teilen auf dem Gebiet des Südmährischen Kreises und es gibt keine sonderlich optimierten Anschlüsse in die Slowakei und nach Österreich, welche beeinträchtigt werden könnten. Daher ist es auf dieser Verbindung durchaus zielführend, die Anschlüsse zu optimieren und eine Kette regionaler Taktknoten zu bilden.

Der Entwurf eines Taktschemas auf Kreisebene für weitere Verfeinerungen auf der Ebene der Streckenbündel ist in Abbildung 9: dargestellt:

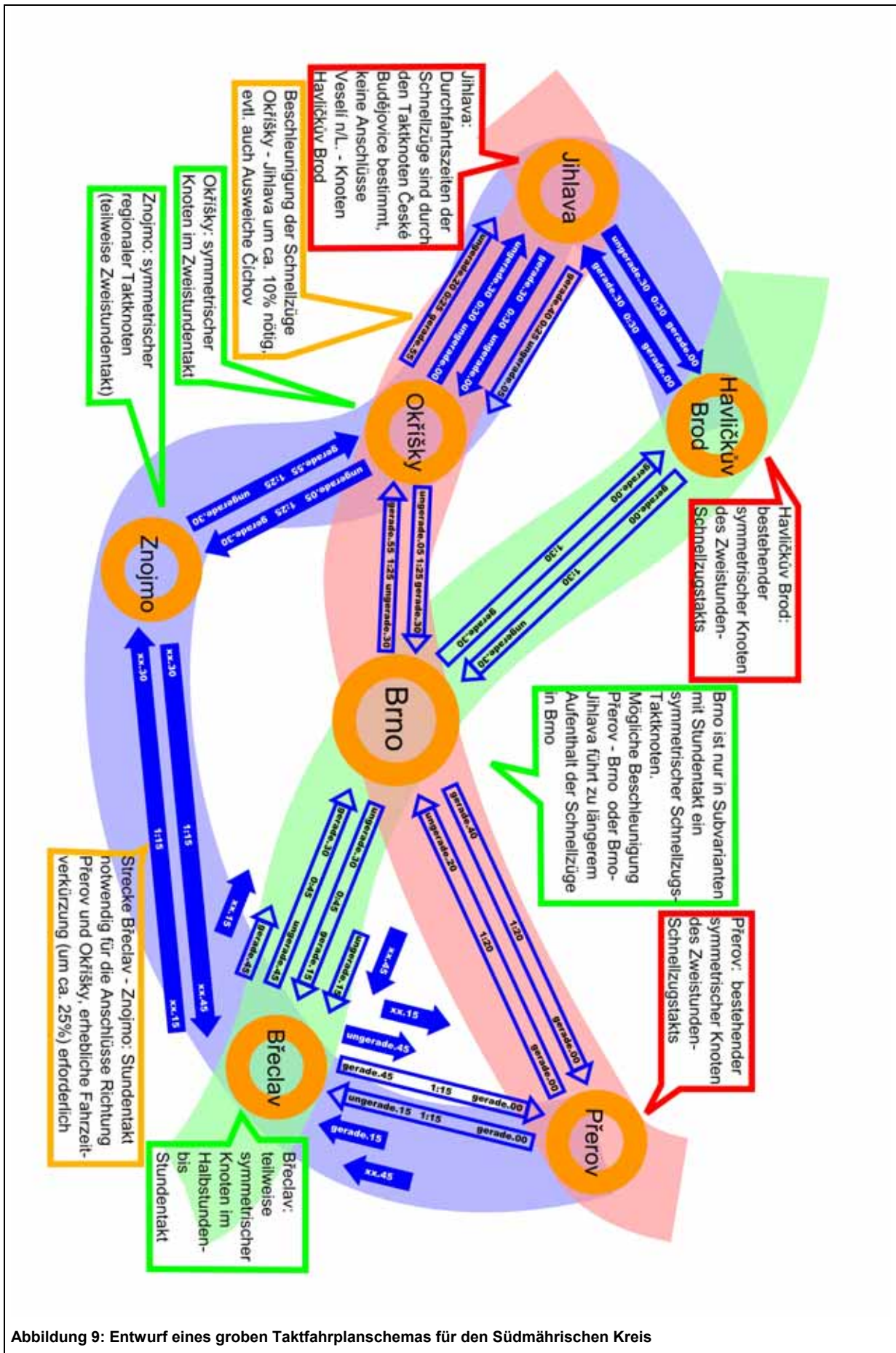


Abbildung 9: Entwurf eines groben Taktfahrplanschemas für den Südmährischen Kreis



Dieser Entwurf geht überwiegend von den derzeitigen Fahrzeiten und Intervallen aus. Erhebliche Beschleunigungen sind nur zwischen Břeclav und Znojmo erforderlich, in einem gewissen Ausmaß auch zwischen Okříšky und Jihlava oder zwischen Jihlava und Havlíčkův Brod. Während die Beschleunigung zwischen Okříšky und Jihlava auch durch den Einsatz moderner, stärker motorisierter Dieselfahrzeuge erreichbar ist, sind für die geforderte Fahrzeitverkürzung auf der Strecke Břeclav – Znojmo kleinere Infrastrukturausbauten unumgänglich. Auch wenn diese Infrastrukturmaßnahmen im Generel dopravy nicht ausdrücklich vorgeschlagen werden, wird wegen ihrer großen Bedeutung für die Attraktivität des Eisenbahnverkehrs für die weitere Arbeit von ihrer Machbarkeit ausgegangen. Details über die Fahrzeitsimulationen und mögliche Lösungen für die Fahrzeitverkürzung siehe Anhang D.

Mit einer erheblichen Angebotsverdichtung wurde im Knoten Břeclav gerechnet, ansonsten ist gemäß dem Generel dopravy eher zu erwarten, daß auf einigen Strecken statt einem Zweistundentakt ein Stundentakt angeboten werden wird.

In diesem „minimalistischen“ Entwurf eines integralen Taktfahrplans auf Kreisebene ist Brno auch im Schnellzugsverkehr kein Taktknoten – die Fahrplanlagen der Schnellzugsdurchfahrten sind zwar immer zur halben Stunde, aufgrund des Zweistundentakts sind Anschlüsse jedoch nur in den geografisch nutzlosen Relationen Havlíčkův Brod – Jihlava und Přerov – Břeclav gegeben. Auf Streckenbündelebene sind jedoch in den Fahrplanvarianten mit Einbindung der Schnellzüge in den Regionalverkehr die Intervalle auf eine Stunde oder eine halbe Stunde verkürzt, sodass Brno in diesen Varianten die Funktion eines symmetrischen Taktknotens im Schnellzugsverkehr wahrnimmt, was für einige Relationen mittlerer Entfernung von Nutzen ist, beispielsweise Břeclav – Jihlava, Přerov – Žďár nad Sázavou und dergleichen.

Mögliche Fahrzeitverkürzungen auf einigen Strecken (aufgrund von Infrastrukturverbesserungen oder neuer Fahrzeuge) wären in den meisten Fällen für dieses Taktschema nicht erforderlich, können aber dennoch nützlich sein, wenn längere Umsteigezeiten das Verspätungsrisiko senken oder wenn der

## 2 Rahmenbedingungen für den Eisenbahnregional- und vorortverkehr im Südmährischen Kreis

wichtigste Fahrgaststrom nur zwischen zwei benachbarten Knoten verläuft. Ein gutes Beispiel für eine solche Situation sind die Schnellzüge (Ostrava-)Přerov – Brno – Jihlava(-České Budějovice-Plzeň): Eine Fahrzeitverkürzung kann bringt für Fahrgäste von Přerov nach Jihlava keinen Nutzen (alle längeren Relationen können ohnehin schneller über Praha gefahren werden), da diese Schnellzüge an beiden Enden in die symmetrischen Taktknoten Přerov und České Budějovice eingebunden sind. Die beste Lösung wäre daher eine Verlängerung der Aufenthalte dieser Züge in Brno, da die Fahrgastströme (Ostrava –) Přerov – Brno und Brno – Jihlava (– České Budějovice) bestimmt größer sind, als der Fahrgaststrom zwischen den viel kleineren Städten Přerov und Jihlava. Auch wenn sich die gesamte Fahrzeit der Züge durch diese Beschleunigungen nicht ändert, bringt diese Variante doch schnellere Verbindungen aus Brno nach Jihlava und České Budějovice bzw. nach Přerov und Ostrava. Insbesondere im Fall der Einbindung der Schnellzüge in den Regionalverkehr wäre es auch denkbar, dass Infrastrukturausbauten oder leistungsfähigere Fahrzeuge dazu genutzt werden, dass die Schnellzüge bei gleicher Fahrzeit in mehr Bahnhöfen halten.

## 3 Methodik der Untersuchung

In diesem Kapitel werden die wesentlichen Schritte von der Erhebung der örtlichen Gegebenheiten und allgemeiner Kostensätze über die Variantendefinition und die Berechnung der Mengengerüste bis zu den Endergebnissen genauer beschrieben. Nicht erwähnt werden triviale Schritte oder Quellen und Methoden, die untrennbar mit den konkreten Werten in den jeweiligen Kapiteln verbunden sind, weiters sind einige genaue Beschreibungen sehr komplizierter Schritte erst im Anhang angeführt, beispielsweise der Traktionsenergieverbrauch, die Zählung, Auswertung und Extrapolation der Tagesganglinien der Fahrgastfrequenzen oder die Fahrzeitsimulationen.

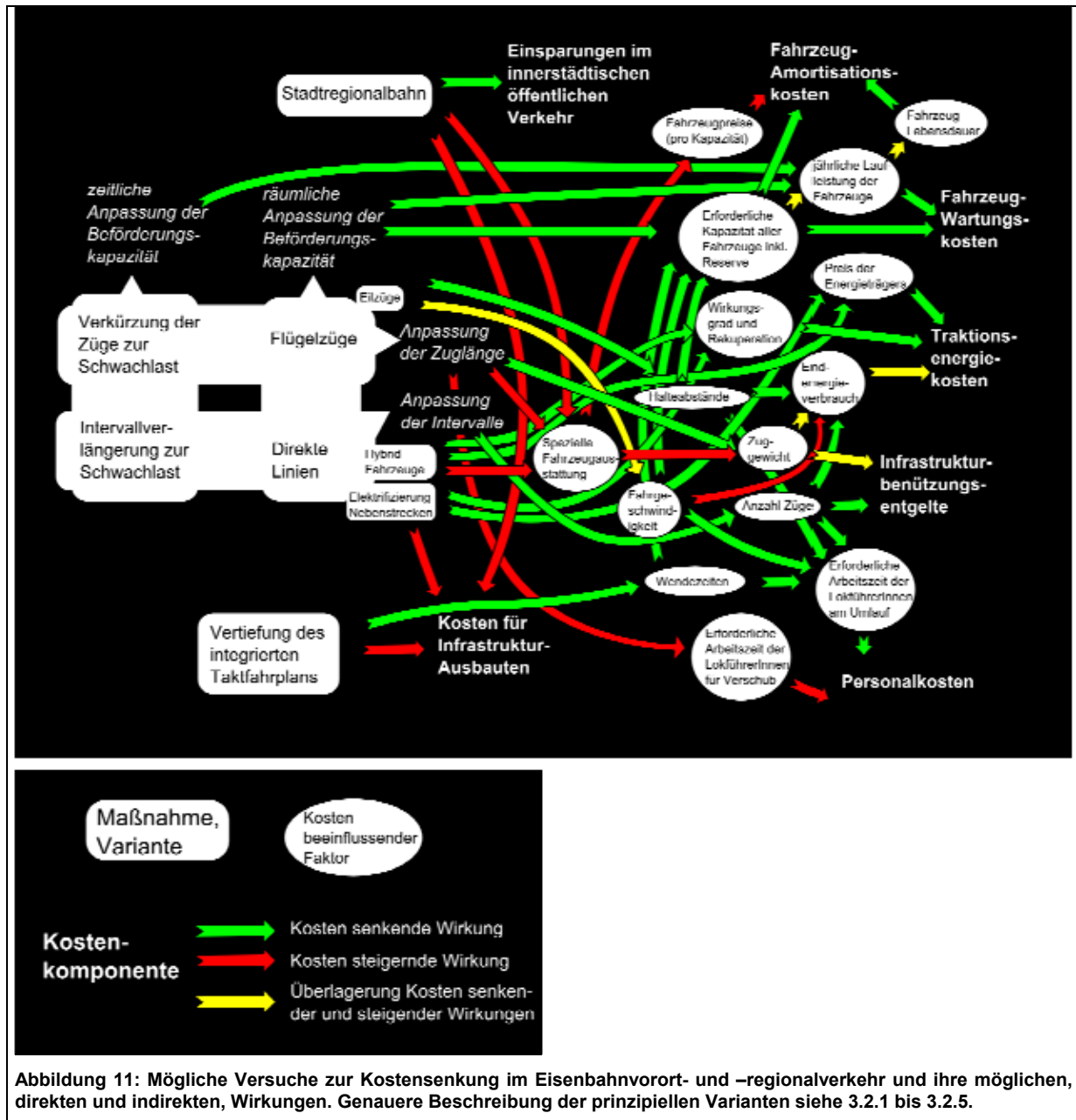
### 3.1 Vorüberlegungen zu Effizienzsteigerungsmöglichkeiten im Eisenbahnvorort- und -regionalverkehr

Im Hinblick auf den zeitlichen Horizont und die bis dahin vorausgesetzten Infrastrukturausbauten und die Erneuerung des Fahrzeugparks, aber auch wegen der vom Kreis angestrebten Erweiterung des Zugangebots wird auf der Suche nach Effizienzsteigerungsmöglichkeiten nicht vom derzeitigen Betrieb des Eisenbahnvorort- und Regionalverkehrs ausgegangen.

Wenngleich der derzeitige Betrieb nicht bewertet wurde, wurde eine bestimmte Form von „Nullvarianten“ gebildet, und zwar einfache, übliche Fahrplan- und Betriebsvarianten, welche mehr oder weniger den derzeitigen Betrieb mit moderneren Fahrzeugen und dichterem Fahrplan, teilweise auf modernisierter Infrastruktur darstellen. Ausgehend von einer solchen „Nullvariante“ eines einfachen Betriebs mit:

- Umsteigen an Knotenbahnhöfen
- ausschließlich Regionalzügen und
- ohne zeitliche Anpassung der Beförderungskapazität an die Tagesganglinien der Nachfrage

sind von komplizierteren Varianten zwar erhebliche Einsparungen, aber auch eine ganze Reihe zusätzlicher Kosten zu erwarten: Beispielsweise kann die Anpassung der Zuglängen an die zeitliche und räumliche Nachfragecharakteristik zwar Energie, Fahrzeugabnutzung und Infrastrukturbenützungsentgelte sparen und fallweise auch die Anzahl benötigter Fahrzeuge reduzieren. Dies erfordert jedoch automatische Kupplungen und erhöht die Personalkosten um den erforderlichen Verschub. Spezielle Fahrzeugausrüstung ist weiters notwendig für Konzepte mit Hybridtraktion oder Stadtregionalbahnen, die dadurch bedingten höheren Fahrzeugpreise müssen gegenüber den Ersparnissen bei Energiekosten bzw. Entlastung des Straßenbahnbetriebs abgewogen werden. Variantenspezifisch kommen auch Kosten für Infrastrukturausbauten zum Tragen, beispielsweise für Elektrifizierung, welche dafür geringere Traktionsenergiekosten bringt, oder für Kapazitätssteigerungen zum Zweck der Vertiefung des integralen Taktfahrplans, welcher in der Regel wiederum kürzere Stehzeiten der Fahrzeuge an den Endstationen ermöglicht.

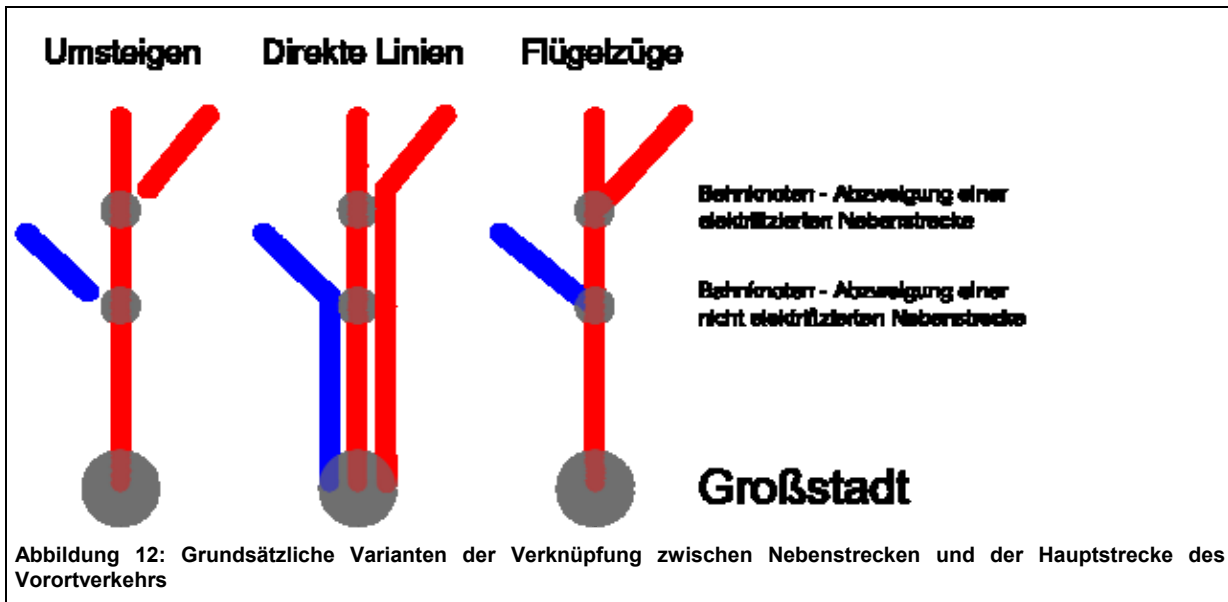


In Abbildung 11 sind, ausgehend von der „Nullvariante“ eines einfachen, üblichen Betriebs, alle anderen in dieser Untersuchung berücksichtigten Varianten als Kostensenkungsmaßnahmen dargestellt. Weiters sind die Wirkungen dieser Maßnahmen dargestellt, sowohl auf wichtige, Kosten beeinflussende Faktoren als auch direkt auf einige Kostenkomponenten. Wie der Abbildung zu entnehmen ist, gibt es nur eine einzige Maßnahme, von der nur Kosten senkende Wirkungen ausgehen, und zwar die Intervallverlängerung zu Zeiten und auf Strecken geringerer Fahrgastfrequenz, also durch die Führung direkter Linien von der Großstadt auf Flügelstrecken und durch Intervallverlängerung außerhalb der Stoßzeiten. Das bedeutet jedoch eine Reduktion des Angebotsumfangs, wodurch, umgerechnet auf die Betriebsleistung, alle anderen, durch die Maßnahme nicht beeinflussten Kostenkomponenten steigen. Ansonsten sind die verschiedenen Wirkungen kompliziert genug verflochten, dass es keine Maßnahmen gibt, die „selbstverständlich“ die Kosten gegenüber der Nullvariante verringern können. Daher wurden die Möglichkeiten zur Kostensenkung nicht als von der „Nullvariante“ ausgehende „Optimierungsmaßnahmen“ erarbeitet, sondern es wurden viele eigenständige Varianten entworfen (für verschiedene Teile des Kreises insgesamt etwa 200). Für die einzelnen Varianten wurden einzeln alle wesentlichen Betriebskostenkomponenten abgeschätzt (inklusive Fahrzeugamortisationskosten und Infrastrukturbenützungsentgelten), gegebenenfalls auch Kosten für variantenspezifische Infrastrukturausbauten. Vernachlässigt wurden nur kleinere und für Fahrplan- und Betriebsvarianten unspezifische Posten. Am effizientesten sind die Varianten mit den geringsten Kosten, insbesondere in Relation zu den Betriebskosten und qualitativen Kriterien. Der Unterschied zwischen der erwähnten

Nullvariante und der günstigsten Variante stellt die „möglichen Einsparungen“ oder das „Effizienzsteigerungspotenzial“ dar.

## 3.2 Vergleichene Fahrplan- und Betriebsvarianten (allgemein)

### 3.2.1 Varianten der Verknüpfung von Nebenstrecken mit der Hauptstrecke des Vorortverkehrs



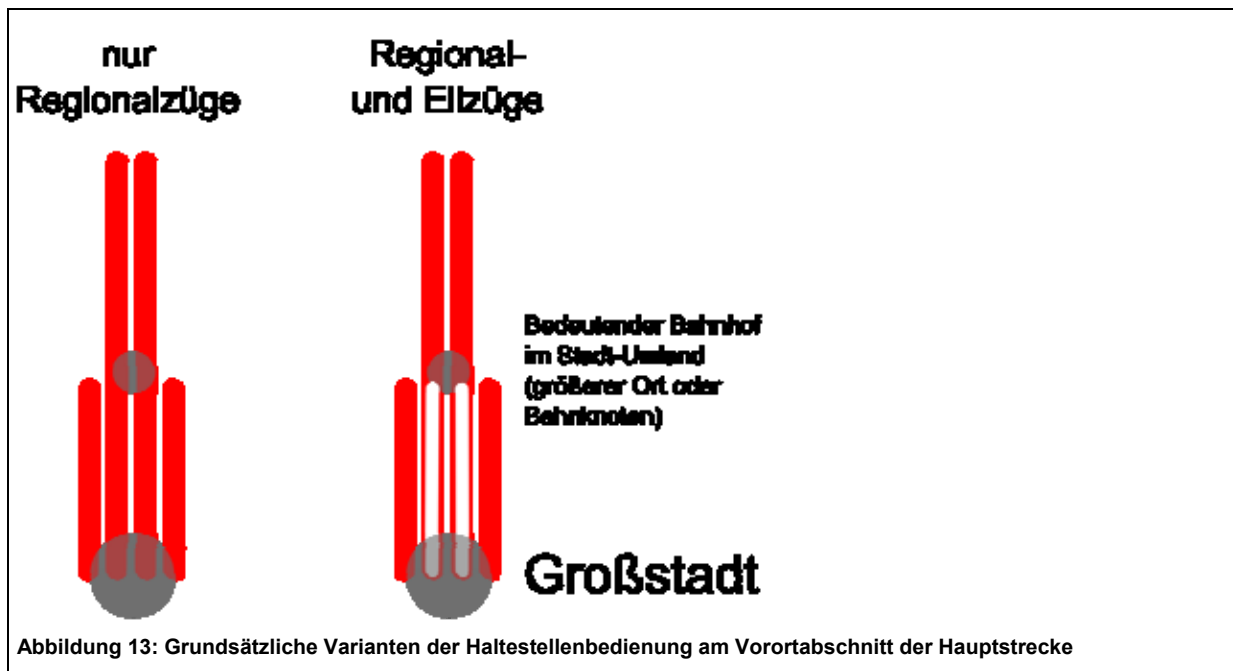
In Abbildung 12 sind die grundsätzlichen Varianten der Verknüpfung zwischen der Hauptstrecke des Vorortverkehrs und ihren Flügelstrecken dargestellt, wie sie in dieser Untersuchung berücksichtigt werden. Am einfachsten ist die Variante mit Umsteigen (links), welche jedoch für die Fahrgäste unbequemer ist und unter Umständen zu ineffizient kurzen Umläufen auf der Nebenstrecke führt. Varianten mit direkten Linien (Mitte) haben den Vorteil kürzerer Intervalle am stärker belasteten Vorortabschnitt, Varianten mit Flügelzügen (rechts) ermöglichen hingegen bei gleicher Betriebsleistung dichtere Intervalle auf den Flügelstrecken und dem peripheren Abschnitt der Hauptstrecke. Die Varianten mit Umsteigen oder Flügelzügen haben den Nachteil einer größeren Instabilität des Betriebs, weil Verspätungen von den Flügelstrecken auf die Hauptstrecke übertragen werden können, wo der Zug den Anschluss bzw. das Ankuppeln der Kurswagen abwarten muss.

Ist die Nebenstrecke nicht elektrifiziert, werden im Falle direkter Linien folgende Untervarianten verfolgt:

- Investition in die Elektrifizierung der Nebenstrecken, welche geringere Betriebskosten im elektrischen Betrieb auf der ganzen Linie ermöglicht
- Einsatz von Dieselfahrzeugen auch unter Fahrdraht, was umsteigefreie Verbindungen auch ohne Elektrifizierung der Nebenstrecke ermöglicht
- Anschaffung teurerer Hybridfahrzeuge, mit denen sich die Nachteile der Dieseltraktion auf die Nebenstrecke begrenzen lassen, welche zu elektrifizieren sich nicht auszahlt

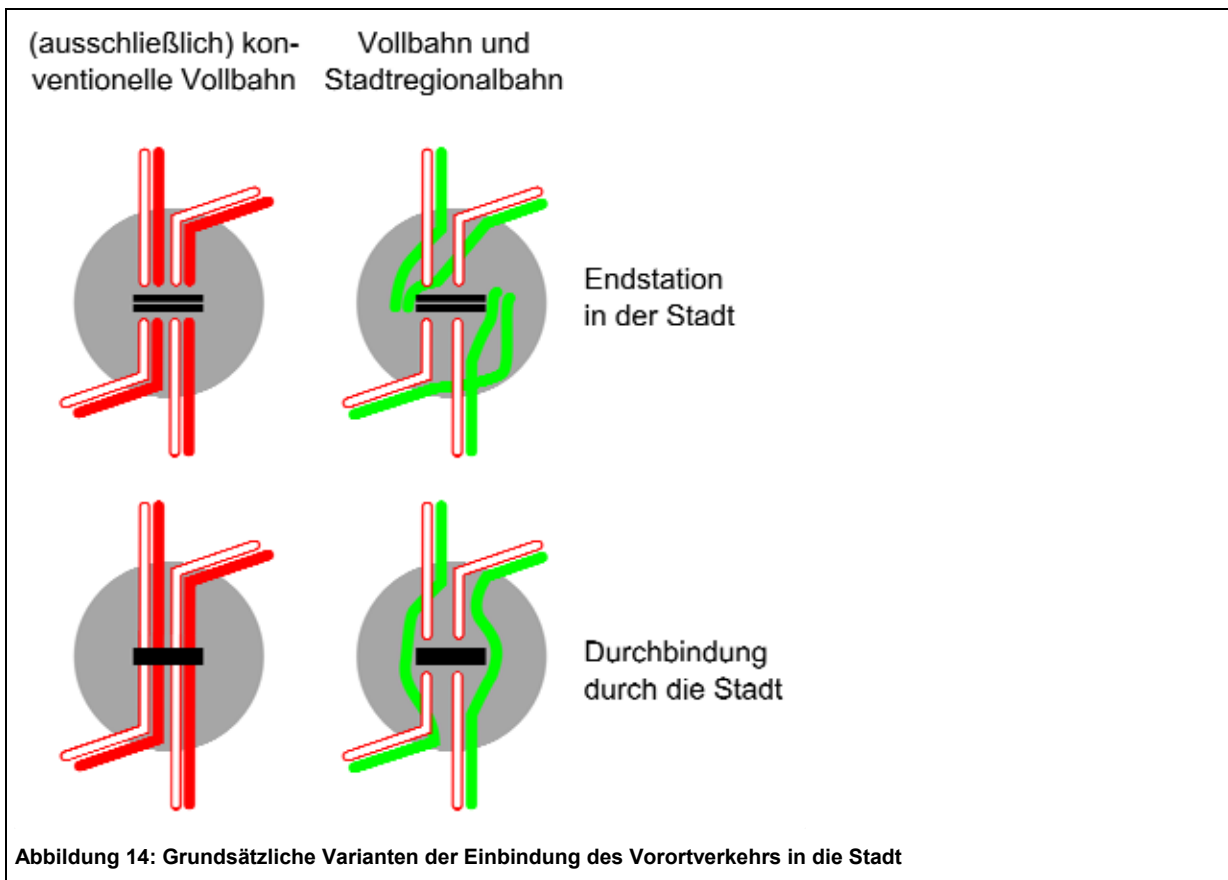
Bei den Varianten mit Umsteigen wird mit elektrischem Betrieb auf der Hauptstrecke und Dieselpetrieb auf der Nebenstrecke gerechnet, bei den Varianten mit Flügelzügen mit der Bildung gemischter Garnituren (auf der elektrifizierten Hauptstrecke werden die Dieselptriebwagen von den elektrischen Fahrzeugen des Flügelzugs gezogen).

### 3.2.2 Varianten der Haltestellenbedienung auf den Hauptstrecken des Vorortverkehrs



In Abbildung 13 sind die grundsätzlichen Varianten der Haltestellenbedienung auf den Hauptstrecken des Vorortverkehrs dargestellt, wie sie in dieser Untersuchung berücksichtigt wurden: Gegenüber der Variante, die nur Regionalzüge enthält (links), hat die Variante mit Eilzügen (rechts) den Vorteil kürzerer Fahrzeiten für die Fahrgäste aus dem weiteren Umland und von den wichtigeren Stationen im näheren Umland. Ein Nachteil ist das längere Intervall für die kleineren Haltestellen im näheren Umland und die aufgrund der Fahrzeitunterschiede unregelmäßigen Intervalle an einem der Enden des Abschnitts, der von Regional- und Eilzügen befahren wird.

### 3.2.3 Varianten der Einbindung des Vorortverkehrs in die Stadt



In Abbildung 14 sind die grundsätzlichen Varianten der Einbindung des Vorortverkehrs in die Stadt dargestellt, wie sie in dieser Arbeit berücksichtigt wurden.

Varianten mit Endstation aller Züge in der Stadt sind Varianten innerhalb der einzelnen, voneinander unabhängigen Streckenbündel, Varianten mit Durchbindung durch die Stadt sind Varianten mit Verknüpfung mehrerer Streckenbündel. Die Durchbindung der Züge durch die Stadt ist für die Fahrgäste bequemer, da sie in manchen Fällen Umstiege ersparen kann. Hinsichtlich der Betriebskosten kann sie vorteilhaft sein, wenn Stehzeiten von Fahrzeugen und Personal entfallen, es kann aber auch zu Kostensteigerungen kommen, wenn die Anpassung der Beförderungskapazität an die tatsächliche Nachfrage verhindert wird.

Weiters wird die Möglichkeit einer Einbindung des Vorortverkehrs in die Stadt in Form einer Stadtregionalbahn verfolgt, welche auf Vollbahnstrecken in die Stadt kommt und auf Straßenbahngleisen weiterfährt. Der Stadtregionalbahnbetrieb als solcher ist grundsätzlich teurer als der Vollbahnbetrieb, weil zusätzliche Infrastruktur notwendig ist, aber auch teurere Fahrzeuge mit spezieller Ausrüstung für die Gleisgeometrie beider Systeme, Elektro-Zweissystemausrüstung, Zugsicherungssystem, mehr einzuhaltende Vorschriften bezüglich Wagenkastensteifigkeit, Achslasten etc. Diese zusätzlichen Kosten der Varianten mit Stadtregionalbahn werden auf Streckenbündelniveau bestimmt, wobei auch mögliche Einsparungen wegen der Entlastung des Straßenbahnbetriebs berücksichtigt wurden.

Während die Aufgabe eines Stadtregionalbahnsystems, die die prinzipiell höheren Betriebskosten rechtfertigt, in der Regel eine attraktivere Verbindung vom Umland in die Stadt ist, wird eine Stadtregionalbahn für Brno im Rahmen dieser Arbeit deshalb erwogen, weil sie eine vereinfachte, finanziell günstigere Variante des Umbaus von Bahnknoten und Hauptbahnhof ermöglichen könnte (siehe 3.3)

### 3.2.4 Varianten der Anpassung der Beförderungskapazität an die zeitlichen Nachfrageschwankungen

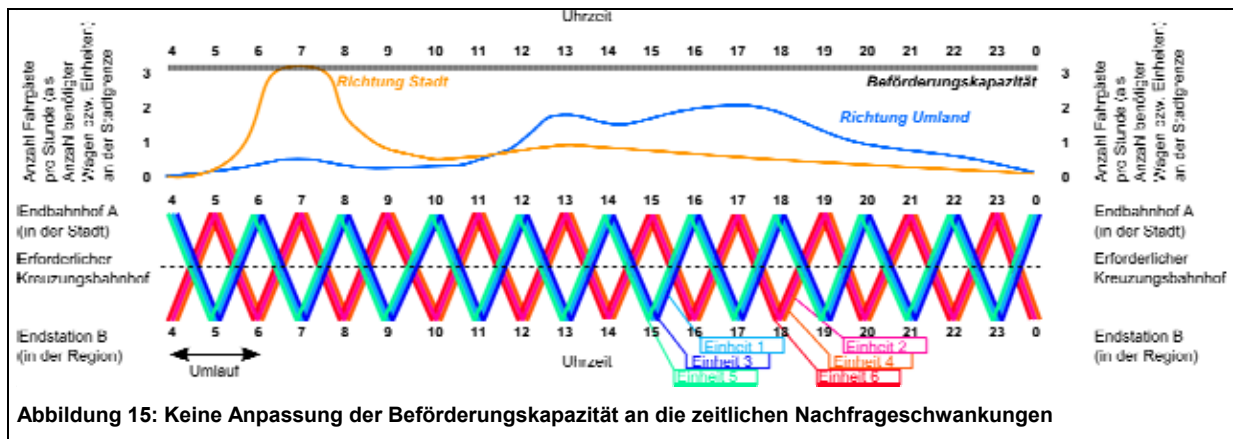


Abbildung 15: Keine Anpassung der Beförderungskapazität an die zeitlichen Nachfrageschwankungen

In Abbildung 15 ist ein frei gewähltes Beispiel einer Tagesganglinie von Fahrgastfrequenzen und einer Betriebsvariante mit Stundentakt und konstanter Beförderungskapazität den ganzen Tag über dargestellt. Die Beförderungskapazität ist nur etwa zwei Stunden lang ausgelastet, im Fahrzeugpark sind insgesamt sechs Kapazitätseinheiten erforderlich.

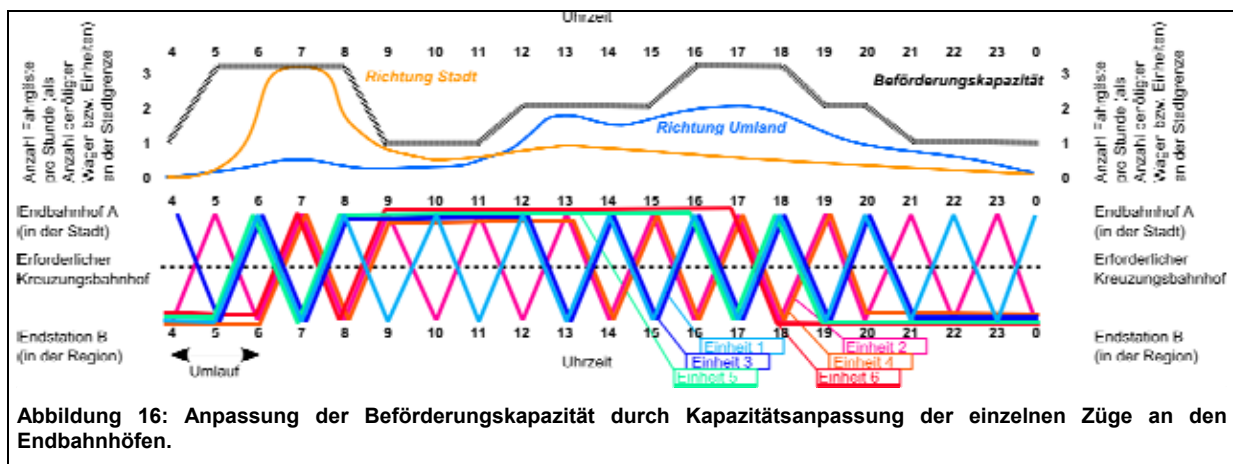


Abbildung 16: Anpassung der Beförderungskapazität durch Kapazitätsanpassung der einzelnen Züge an den Endbahnhöfen.

In Abbildung 16 ist eine Variante mit Anpassung der Kapazitäten der einzelnen Züge durch Teilen und Verstärken an den Endbahnhöfen dargestellt. Die erforderliche Anzahl an Fahrzeugen ist gleich, die mittlere Beförderungskapazität jedoch erheblich geringer, trotzdem genügt sie zur Hauptverkehrszeit für die gegebene Fahrgastfrequenz.

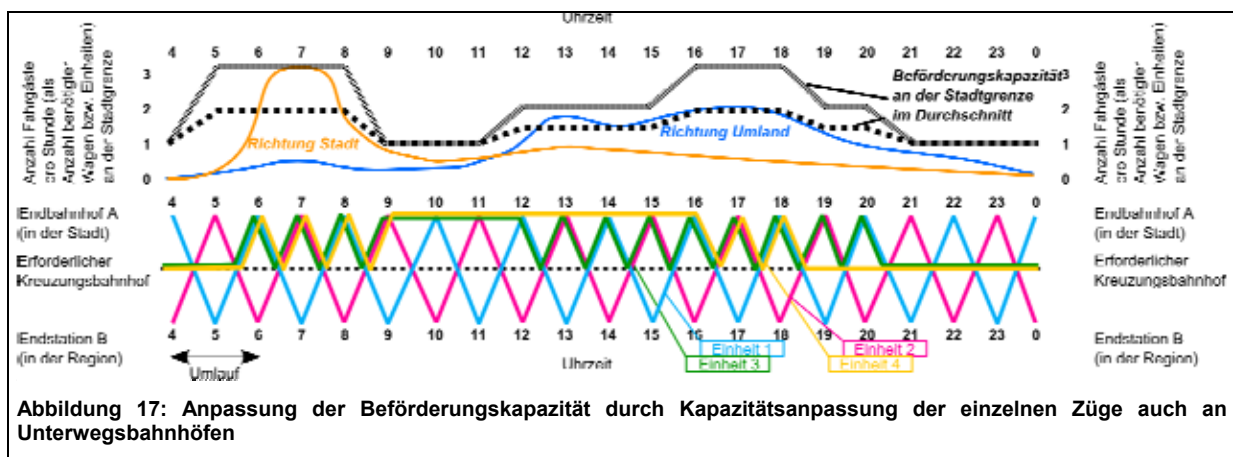
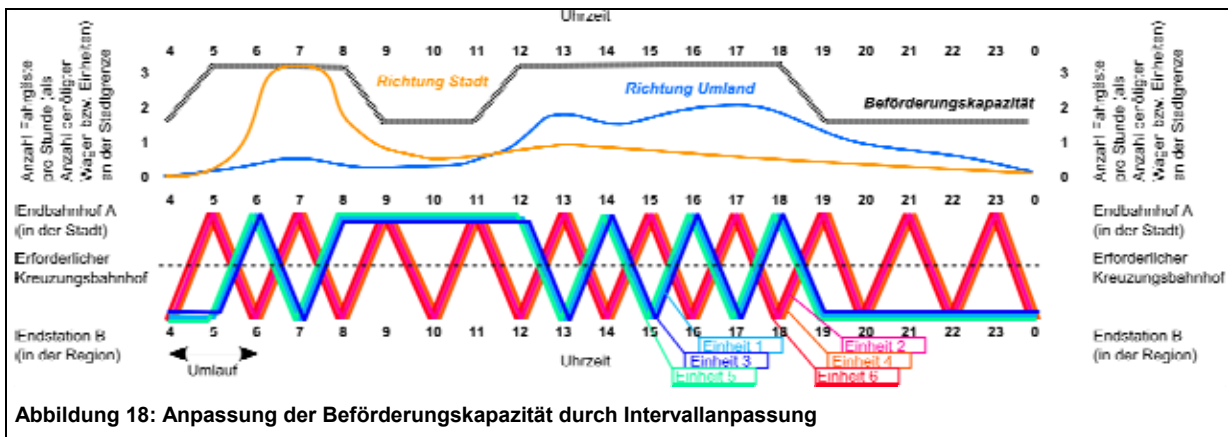


Abbildung 17: Anpassung der Beförderungskapazität durch Kapazitätsanpassung der einzelnen Züge auch an Unterwegsbahnhöfen

Die exakteste Anpassung der Beförderungskapazität an die Tagesganglinie der Nachfrage ist in Abbildung 17 zu sehen: In der Regel sinken die Fahrgastfrequenzen schnell mit der Entfernung von der Stadt. Die Anpassung der Beförderungskapazität nur auf der stadtseitigen Hälfte der Strecke erfordert zwar das Teilen und Verstärken der Garnituren innerhalb der kurzen Haltezeit an einem Unterwegsbahnhof. Das Ergebnis ist jedoch eine noch wesentlich geringere mittlere Beförderungskapazität und somit bei Abdeckung der selben Tagesganglinie eine wesentlich höhere mittlere Kapazitätsauslastung, zusätzlich verkleinert sich auch der erforderliche Fahrzeugpark - anstelle von sechs reichen hier vier Einheiten. Für eine solche Variante sind jedoch wegen der kurzen Zeit für Teilen und Verstärken der Garnituren zusätzliche und auf kleineren Bahnhöfen möglicherweise nicht effizient auslastbare Arbeitskräfte für Abstellen und Bereitstellen der Fahrzeuge erforderlich.



In Abbildung 18 ist die Intervallanpassung dargestellt: Außerhalb der Hauptverkehrszeiten wird nur ein Zweistundentakt angeboten. Die Beförderungskapazität ist dadurch besser ausgelastet als ohne Anpassung, nähert sich der Tagesganglinie aber nicht so gut wie bei der Kapazitätsanpassung der einzelnen Züge. Die Anzahl erforderlicher Fahrzeuge ist die selbe wie ohne Kapazitätsanpassung: sechs Einheiten. Im Vergleich zu den oben angeführten drei Beispielen ist diese Variante für die Fahrgäste zwar eindeutig schlechter, sie hat jedoch auch eine geringere Betriebsleistung und ist daher grundsätzlich nicht vergleichbar. Bezogen auf die Betriebsleistung ist nicht eindeutig zu sagen, was für die Fahrgäste vorteilhafter ist: kürzeste Intervalle zu den Zeiten, zu denen die meisten Fahrgäste fahren, oder ein gut merkbarer, verlässlicher Takt (inkl. Anschlüssen) den ganzen Tag über.

### 3.2.5 Anschlüsse

Unterschiedliche Intervalle und Fahrzeiten auf den einzelnen Streckenabschnitten beeinflussen naturgemäß die Möglichkeit, Anschlüsse zu bilden. Daher ist das allgemeine Ziel eines integralen Taktfahrplans mit guten Anschlüssen auf allen Relationen der jeweiligen Umsteigeknoten in den einzelnen Fahrplanvarianten in unterschiedlichem Ausmaß verwirklicht.

### 3.2.6 Nicht berücksichtigte Fahrplan- und Betriebsvarianten

Die oben vorgestellten grundsätzlichen Fahrplan- und Betriebsvarianten sind zwar noch relativ überschaubar, durch die Kombination der einzelnen Kriterien kommt es jedoch zu einer Vervielfachung, durch die schnell eine nicht bewältigbare Zahl an Gesamtvarianten erreicht wird. Um einen noch einigermaßen überblickbaren Rahmen einzuhalten, sind bei den oben angeführten Kriterien (3.2.1 bis 3.2.5) nicht alle denkbaren Varianten enthalten und weiters wurden einige Variantenkombinationen verworfen. Konkret wurden folgende Varianten und Untervarianten von Variantenentwurf und –bewertung ausgeschlossen:

- Elektrifizierung, Einsatz von Dieselfahrzeugen unter Fahrdrat und Einsatz von Hybridfahrzeugen wurde nur bei Nebenstrecken und dort nur in den Varianten mit direkten Linien erwogen. Im Falle von Flügelzügen wurde nur mit gemischten Garnituren gerechnet, da die Fahrzeitsimulationen gezeigt haben, dass der Antrieb von Dieselmotoren in gemischten Garnituren mit Ausnahme jener Fälle, in denen Verspätungen aufgeholt werden müssen, ausgeschaltet bleiben kann und die Dieselmotoren von den Elektromotoren der gemischten Garnitur gezogen werden können. Die Elektrifizierung längerer Strecken (beispielsweise Blažovice – Veselí nad Moravou, Rohatec – Veselí nad Moravou oder Střelice – Hrušovany nad Jevišovkou) wurde nicht erwogen,

da sich gezeigt hat, dass bei den bestehenden Streckenhöchstgeschwindigkeiten moderne Dieselfahrzeuge praktisch die gleichen Fahrzeiten erzielen wie elektrisch angetriebene Fahrzeuge. Mehr über die Simulationsergebnisse siehe Anhang D.

- Nicht berücksichtigt wurden weiters einige kompliziertere Betriebsvarianten bei verschiedenen Traktionssystemen, beispielsweise Lokwechsel mit manueller Kupplung oder dass ein Dieseltriebwagen einen Elektrotriebwagen zieht.
- Bei der Stadtregionalbahn wurden aus einer Vielzahl denkbarer Varianten von Linienführung innerhalb der Stadt nur zwei Untervarianten berücksichtigt, die vermutlich die beste Bilanz von Betriebskosten der Stadtregionalbahn und Einsparungen durch Entlastung des Straßenbahnbetriebs haben: Endstation der Züge am gegenüberliegenden Rand des Stadtzentrums oder Durchbindung durch die Stadt (siehe 6.1.4.3 und 5.8.1.3.2).
- Weiters wurde die Möglichkeit der Durchbindung der Vorortzüge über eine neue, unterirdische Durchmesserstrecke mit einigen Haltestellen (S-Bahn-Prinzip) nicht weiter verfolgt, da ein solcher Durchmesser zwar für Brno erwogen wird (siehe 6.2), seine Errichtung realistischweise aber nicht im Zeithorizont dieser Arbeit zu erwarten ist.
- Verworfen wurde weiters die Variante, dass Fahrgäste entlang der Hauptstrecke von einer großen Garnitur des Vorortverkehrs in eine kleine Garnitur des Regionalverkehrs umsteigen müssen.
- Die Kombination direkter Linien und der Führung von Eil- und Regionalzügen wurde auch ausgeschlossen, da es unlogisch erscheint, dass die Fahrgäste von einem oder mehreren Streckenästen nicht in den Genuß der kürzeren Eilzugsfahrzeiten kämen oder umsteigen müssten, was ja wiederum den Vorteil der umsteigefreien, direkten Linie zunichte machen würde.
- Auch die Kombination von direkten Linien und Intervallanpassung wurde verworfen: Durch die Überlagerung von zwei Linien mit einem Intervall von 30 Minuten zur Hauptverkehrszeit und 60 Minuten zur Schwachlast würde das Problem auftreten, dass es entweder zur Schwachlastzeit zu einem unregelmäßigen Intervall von 15 + 45 Minuten auf dem gemeinsamen Abschnitt der beiden Linien kommt oder dass auf einer der Linien die Abfahrts- und Ankunftszeiten zwischen Hauptverkehrs- und Schwachlastzeit um 15 Minuten verschoben werden müssen, was für die Fahrgäste ziemlich unübersichtlich und unverständlich wäre.
- Die Anpassung der Beförderungskapazität an die zeitlichen Nachfrageschwankungen wäre theoretisch noch wesentlich detaillierter und in vielfältigerer Weise möglich. Dies hätte jedoch nicht nur die Variantenzahl erhöht, sondern auch genauere Daten über die Fahrgastfrequenzen und deren Tagesganglinien erfordert.

Es wurde nicht mit konkreten Fahrzeugen konkreter Hersteller gerechnet, sondern mit Fahrzeugen mit bestimmtem Antrieb und Kapazität, deren Gewichte, Längen etc. anhand einer Reihe von Beispielen realer Fahrzeuge geschätzt wurde.

### 3.3 Varianten des Bahnknotens und Hauptbahnhofs in Brno

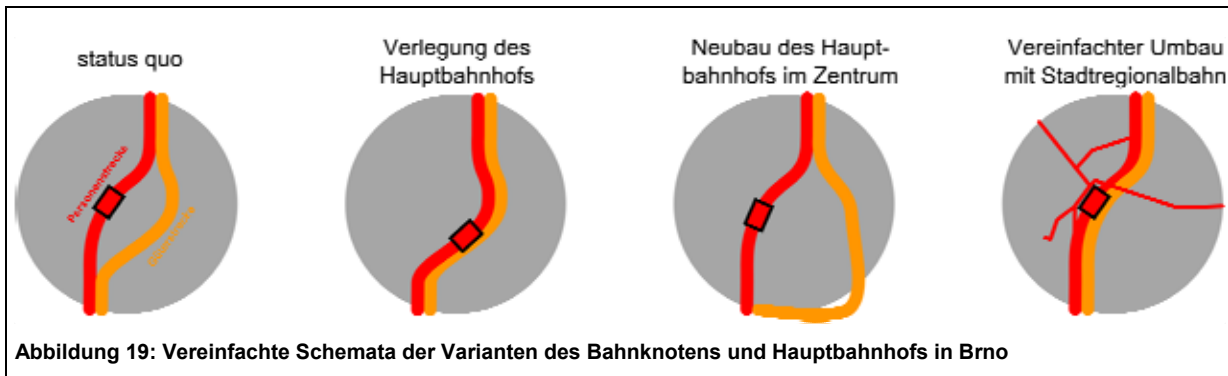
Der derzeitige Zustand des Hauptbahnhofs in Brno (Brno hl.n.) entspricht nicht den heutigen und zukünftigen Anforderungen eines dichten und qualitativ hochwertigen Vorortverkehrs. Bislang wurden von verschiedenen politischen Akteuren zwei Hauptvarianten erarbeitet und von einem von diesen gemeinsam ausgewählten Autorenteam hinsichtlich ihrer Kosten, Vor- und Nachteile bewertet:

- Verlegung des Hauptbahnhofs an die Stelle der derzeitigen Güterverkehrsstrecke, 700m südlich vom bestehenden Bahnhof, mit Stilllegung der bestehenden Personenverkehrsstrecke
- Neubau des Bahnhofs im Zentrum, unmittelbar südlich vom bestehenden Bahnhof an der Personenverkehrsstrecke, langfristig mit Umlegung der derzeitigen Güterverkehrsstrecke

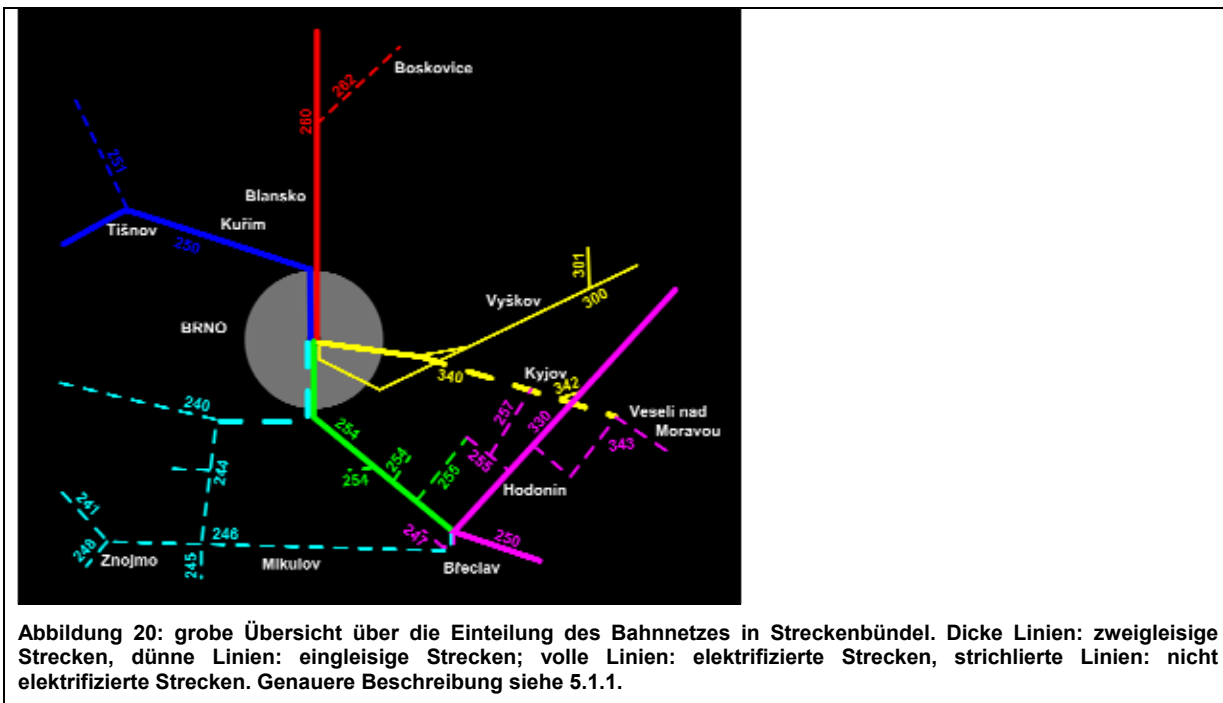
In Fortsetzung der Fahrplan- und Betriebsvarianten mit Stadtregionalbahn wird eine dritte, neue Variante vorgeschlagen: Ein vereinfachter Umbau des Hauptbahnhofs und Bahnknotens, welcher durch die Entlastung der Bahnsteigkanten und Zulaufstrecken des Hauptbahnhofs ermöglicht wird. In dieser Variante werden Personen- und Güterverkehrsstrecke in der Lage der derzeitigen Personenverkehrsstrecke zusammengelegt, der bestehende Bahnhof wird im Vergleich zur Variante „Neubau im Zentrum“ weniger umfangreich umgebaut:

- Ersatz von Bahnsteigen in ungeeigneter Lage durch neue in anderer Lage
- Neue Überführung als weitere Verbindung der Bahnsteige untereinander und mit der Umgebung
- Maßnahmen zum Schutz der Fahrgäste und der Umgebung vor dem Lärm der Güterzüge

Die verschiedenen Varianten des Umbaus von Bahnknoten und Hauptbahnhof Brno sind stark vereinfacht in Abbildung 19 dargestellt:



### 3.4 Einteilung der Region in Streckenbündel



Das südmährische Bahnnetz wurde in sechs Streckenbündel eingeteilt (siehe Abbildung 20). Zweck dieser Einteilung ist, dass die wichtigsten Varianten des Betriebs auf den Hauptstrecken des Vorortverkehrs und auf den Nebenstrecken für jedes Streckenbündel einzeln beurteilt werden können, erst danach werden Varianten mit der Verknüpfung mehrerer Streckenbündel mit durchgehenden Linien gebildet. Die einzelnen Varianten für jedes Streckenbündel extra zu bewerten ermöglicht eine gewisse Abschätzung, ob die jeweiligen Ergebnisse verallgemeinerbar oder eher auf örtliche Charakteristika zurückzuführen sind. Fünf der sechs Streckenbündel gehen von einer Radialstrecke von Brno aus und sind nach der jeweiligen Himmelsrichtung bezeichnet, das sechste enthält die Strecken im Gebiet Břeclav – Hodonín entlang der Hauptstrecke 330 (Wien/Bratislava-) Břeclav – Hodonín – Moravský Písek (-Přerov – Ostrava). Tangentiale Strecken wurden so zugeteilt, dass mit einer möglichst geringen Anzahl an Fahrgästen zu rechnen ist, die zwischen Streckenbündeln umsteigen. Eine genauere Beschreibung dieser Einteilung in Streckenbündel, welche unter Umständen auch zur Abgrenzung von Ausschreibungslosen verwendet werden könnte, ist im Kapitel 5.1.1 zu finden.

## 3.5 Erhebung der Rahmenbedingungen für den Variantenentwurf

### 3.5.1 Abschätzung der künftig vorhandenen Eisenbahninfrastruktur

Der Ausgangszustand für künftige Fahrplan- und Betriebsvarianten, insbesondere betreffend die Eisenbahninfrastruktur und den geplanten Leistungsumfang im öffentlichen Schienenpersonenverkehr, welchen der Kreis als Aufgabenträger zu finanzieren bereit ist, wird in erster Linie im Entwurfsteil des „Generel dopravy“<sup>44</sup>, eine Art Generalverkehrsplan für Südmähren, skizziert. Dieses Dokument widmet sich zwar auch einem eher langfristigen Horizont; für detailliertere Informationen und zur Klärung der Frage, welche Projekte bis zum Horizont dieser Arbeit (etwa der Zeitraum 2015 – 2018) fertig gestellt sein, und welche bis zur Fertigstellung dieser Arbeit noch beeinflussbar sein werden, hat der Verfasser einen der Autoren dieses Dokuments, Herrn Zbyněk Budiš persönlich getroffen<sup>45</sup>. Das Generel dopravy ist in erster Linie zur Unterstützung der Raumplanung des Kreises und der Gemeinden bestimmt und des weiteren als Grundlage für strategische Planungen des Kreises gedacht<sup>46</sup>. Es ist rechtlich nicht bindend, sondern eher eine Grundlage für weitere Studien. Insbesondere im längeren Zeithorizont ist die Realisierung der enthaltenen Vorhaben daher fraglich. In den Kapiteln über die Eisenbahninfrastruktur und den öffentlichen Verkehr drückt es aus:

- Vorhaben des Kreises im Bereich Eisenbahninfrastruktur und öffentlicher Verkehr
- Vorhaben der Aufgabenträgerorganisation (Firma KORDIS JMK) im Bereich Eisenbahninfrastruktur und öffentlicher Verkehr
- weitere Vorschläge der Autoren des Generel dopravy.

Abgesehen vom Generel dopravy verfügt der Verfasser über einen Entwurf eines „Konzepts der Verkehrserschließung des Südmährischen Kreises im Eisenbahnverkehr“<sup>47</sup>, bei dem es sich um eine Arbeitsunterlage nichtöffentlicher Charakter des Aufgabenträgers KORDIS JMK und des Amtes der Südmährischen Kreisregierung handelt. Dieses Dokument hat einen eher kürzeren zeitlichen Horizont als die vorliegende Arbeit (die nächsten 4 bis 6 Fahrplanperioden) und geht vom heutigen Stand aus, insbesondere bezüglich der Fahrpläne. Das Konzept beschreibt die dringendsten Infrastrukturmaßnahmen und beschäftigt sich umfangreicher als das Generel dopravy mit den Bestrebungen zur Einstellung des Personenverkehrs auf einigen Strecken.

Das „Konzept der Verkehrserschließung des Südmährischen Kreises im Eisenbahnverkehr“ erwähnt zwar vereinzelt mögliche Bahnhöfe für Zugsbegegnungen, ansonsten enthalten jedoch beide Dokumente keine Aussagen betreffend einen integralen Taktfahrplan. Die vorgeschlagenen Intervalle und Fahrzeiten werden ohne Rücksicht auf die Möglichkeit beurteilt, Anschlüsse zu bilden, es werden auch keine möglichen Knoten des integralen Takts und kritische Fahrzeiten zwischen diesen berücksichtigt. Bei der Erarbeitung des Generel dopravy wurde auch nicht mit der Erneuerung des Fahrzeugparks und den damit zusammenhängenden Möglichkeiten von Fahrzeitverkürzungen insbesondere auf nicht elektrifizierten Strecken gerechnet.<sup>48</sup> Es ist jedoch nicht realistisch, den Vorort- und Regionalverkehr im angestrebten Ausmaß mit dem derzeit bestehenden Fahrzeugpark (siehe 2.4) zu verdichten. Das Durchschnittsalter der Fahrzeuge im Regionalverkehr beträgt 25-30 Jahre<sup>49</sup>; schon jetzt fehlen Fahrzeuge bestimmter Kategorien<sup>50</sup>.

### 3.5.2 Bestimmung einer realistischen Bandbreite von Betriebsleistungen

Im Generel dopravy<sup>51</sup> werden für die einzelnen Bahnstrecken Frequenzen von Regional- und Fernzügen (Anzahl Züge pro Tag und Richtung) für das Jahr 2013 sowie Intervalle auf (sich teilweise überlagernden) SPNV-Linien im Rahmen des Verkehrsverbundes (IDS JMK) für das Jahr 2013 und die Zeitspanne 2020 – 2030 vorgeschlagen. Aufgrund der vom Verfasser des entsprechenden Teils des Generel dopravy<sup>52</sup> zur Verfügung gestellten Arbeitsunterlagen konnte der angestrebte Angebotsumfang exakt als Betriebsleistung in Zug-km pro Woche quantifiziert werden.

Für jedes Streckenbündel wurde eine Bandbreite von 25% über oder unter der im Generel dopravy angeführten Betriebsleistungen festgelegt, und zwar mit oder ohne Integration des vom Zentralstaat finanzierten und organisierten Schnellzugsverkehrs. So können Varianten gebildet werden, welche zwar eine unterschiedliche Verteilung der Betriebsleistung zwischen verschiedenen Gebieten (beispielsweise zwischen Stadt-Umland und ländlichem Raum) aufweisen können, die gesamte Betriebsleistung darf jedoch das ungefähre Niveau, welches der Kreis zu finanzieren bereit ist, nicht über- oder unterschreiten.

### **3.5.3 Abschätzung der künftigen Fahrgastfrequenzen der einzelnen Streckenabschnitte**

#### **3.5.3.1 Derzeitige Fahrgastfrequenzen der einzelnen Streckenabschnitte**

Der Verfasser verfügt über Ergebnisse einer Fahrgastzählung von ČD vom Frühling 2005 in Tabellenform (MS Excel)<sup>53</sup>, welche

- für den gesamten subventionierten Verkehr (Regional-, Eil- und Schnellzüge)
- für jeden Abschnitt
- aller Strecken (gemäß Kursbuchnummerierung), welche den südmährischen Kreis berühren
- in jeder Richtung
- jeweils extra für Werkstage, Samstag und Sonntag
- die Belastung der einzelnen Züge, Ein- und Ausstiege
- in Personen pro 24 Stunden enthält.

Diese Daten stellen sensible Unternehmensdaten von České Drahy a.s. dar und werden daher im Rahmen dieser Arbeit nicht in Tabellenform veröffentlicht. Angeführt werden nur vereinzelte absolute Zahlen, ansonsten relative Zahlen (beispielsweise der Anteil der Fahrgäste einzelner Strecken an der Gesamtzahl aller Fahrgäste, die durch Brno fahren) oder umgerechnete Daten (beispielsweise Durchschnittszahlen für alle Wochentage oder abgeschätzte Tagesganglinien). Eine weitere Informationsquelle ist der Entwurf des „Konzepts der Verkehrserschließung des Südmährischen Kreises im Eisenbahnverkehr“<sup>54</sup>, aus dem zum Teil auch Informationen über den Anteil des Schnellzugsverkehrs oder regionaler Fahrten in Schnellzügen herauszulesen sind.

#### **3.5.3.2 Abschätzung der Veränderungen der Fahrgastfrequenzen der einzelnen Streckenabschnitte**

Wesentlich schwieriger als die Feststellung der aktuellen Fahrgastfrequenzen der einzelnen Strecken ist deren Veränderung von heute bis zum Planungshorizont mit der vorausgesetzten Verbesserung und Erweiterung des Angebots vor allem im Vorortverkehr. Im Rahmen der Erstellung des Generel dopravy wurden von der Firma CityPlan aktuelle und mögliche zukünftige Personenverkehrsstärken für die Jahre 2013 und 2030 prognostiziert. Das benützte Verkehrsnachfragemodell ist jedoch – zumindest im Bereich des Eisenbahnverkehrs – nicht mit wirklichen Fahrgastzahlen kalibriert, da die Firma CityPlan nicht über diese Zahlen verfügt.<sup>55</sup> Der Unterschied zwischen den Ergebnissen des Verkehrsnachfragemodells und der Realität war aber recht groß und die prognostizierten Fahrgastzahlen (für heute ebenso wie für die Zukunft) wurden vom Verkehrsverbund (Firma KORDIS, welche die Ergebnisse der Fahrgastzählungen hat) als unglaublich niedrig eingeschätzt<sup>56</sup>. Das Generel dopravy (der veröffentlichte Entwurfsteil) enthält daher eher wenig Daten über die prognostizierte Inanspruchnahme der Strecken des Südmährischen Kreises, es existiert ein Schema mit „angenommenen“ (nicht prognostizierten) Intensitäten des Vorortverkehrs für das Jahr 2013<sup>57</sup>, welches in erster Linie ein erhebliches Wachstum (bis zur Vervielfachung) auf den nahen Vorortstrecken um Brno ausweist. Mögliche Gründe für die Annahme eines solchen Wachstums sind vor allem die Suburbanisierung von Brno und die Verbesserung des Vorortverkehrs. In weiter von Brno entfernten Gebieten werden nur vereinzelt größere Steigerungen der Fahrgastfrequenzen angenommen, beispiesweise im (auch in gewissem Maß urbanisierten) Gebiet Břeclav – Hodonín – Kyjov – Veselí nad Moravou. Ansonsten wurde anscheinend damit gerechnet, daß der Anteil des öffentlichen Verkehrs an der gesamten Verkehrsleistung zumindest langsamer abnimmt als die gesamte Verkehrsleistung wächst: Abgesehen von jenen Strecken, die das Generel dopravy zur Einstellung empfiehlt, wird nirgends von einem Rückgang der Fahrgastfrequenzen ausgegangen, auch nicht beispielsweise bei der Strecke Tišnov – Nedvědice (-Nové Město na Moravě – Žďár nad Sazavou), deren Fahrgastfrequenzen bereits einige Jahre hindurch deutlich fallen.<sup>58</sup> Weiters finden sich im Entwurf des „Konzepts der Verkehrserschließung des Südmährischen Kreises im Eisenbahnverkehr“<sup>59</sup> vereinzelte Äußerungen über erwartete Entwicklung der Fahrgastzahlen einzelner Strecken in näherer Zukunft, beispielsweise aufgrund von Erweiterungen des Verkehrsverbunds oder des Ausbaus paralleler Schnellstraßen oder Autobahnen.

Die Annahmen des Generel dopravy wurden nicht in vollem Ausmaß übernommen, da der Verdacht besteht, dass das ganze Dokument eher optimistischen Charakter hat und bis zum Jahr 2013 auch von Infrastrukturausbauten ausgeht, deren rechtzeitige Fertigstellung durchaus zweifelhaft ist. Die Entwicklung der Fahrgastzahlen wurde als Mischung aus dem Status quo und den Annahmen des Generel dopravy<sup>60</sup> unter Berücksichtigung von Informationen aus dem Entwurf eines „Konzepts der Verkehrserschließung des Südmährischen Kreises im Eisenbahnverkehr“<sup>61</sup> und einigen eigenen Überlegungen geschätzt. Die zu erwartenden Fahrgastfrequenzen der einzelnen Streckenabschnitte

gehört naturgemäß zu den wichtigsten Ausgangsdaten für die Bildung der Varianten, welche im Rahmen dieser Arbeit verglichen werden. Dennoch stellt diese Abschätzung nur den aus Sicht des Verfassers wahrscheinlichsten zukünftigen Zustand dar. Im Rahmen dieser Arbeit sind weder Zeit noch Ressourcen für eine genauere und verlässlichere Prognose vorhanden, nachdem bereits im Rahmen der Erarbeitung des Generel dopravy die Ergebnisse des Verkehrsnachfragemodells nicht zufriedenstellend waren. Auch wenn sich die tatsächlichen Fahrgastfrequenzen einiger Streckenabschnitte im Südmährischen Kreis in Zukunft erheblich von den Annahmen dieser Arbeit unterscheiden können, sind die angenommenen Fahrgastzahlen jedenfalls realistisch genug, um allgemeine Ergebnisse für Regionen ähnlicher Charakteristik zu erhalten.

Detailliertere Informationen, auf welchen Abschnitten welcher Zuwachs an Fahrgästen angenommen wurde, sind in Anhang A zu finden.

#### **3.5.3.3 Abschätzung der Tagesganglinien der Fahrgastfrequenzen der einzelnen Streckenabschnitte**

Um die benötigte Kapazität des Zugverkehrs (Platzkapazität der Fahrzeuge und Frequenz) festzustellen und Varianten der Anpassung der angebotenen Kapazität an die zeitlichen Nachfrageschwankungen zu entwerfen, sind zumindest ungefähre Informationen darüber notwendig, wieviele Personen auf welchen Streckenabschnitten zu welcher Uhrzeit in welche Richtung unterwegs sind.

Die Tagesganglinien der Fahrgastfrequenzen wurden wie folgt abgeschätzt:

- Fahrgastzählungen an drei Bahnhöfen unterschiedlicher Charakteristik, mit denen zehn Streckenabschnitte abgedeckt sind, an einem Werktag über die ganze Betriebszeit (Betriebsbeginn bis Betriebsschluss)
- Umrechnung der Zählungsergebnisse in plausible Tagesganglinien
- Extrapolation auf das gesamte Netz des südmährischen Kreises und betroffene Streckenabschnitte in den Nachbarbereichen.

Den wöchentlichen Nachfrageschwankungen wurde nur durch die Annahme Rechnung getragen, dass am Wochenende der Fahrplan so weit eingeschränkt wird, dass die wöchentliche Betriebsleistung der 6,5-fachen Betriebsleistung eines Werktags entspricht.

Details und Ergebnisse der Zählungen und Berechnungen der Tagesganglinien sind im Anhang B.III zu finden.

### **3.5.4 Feststellung der Rahmenbedingungen für den Taktverkehr**

#### **3.5.4.1 Untersuchung der derzeitigen Fahrpläne auf Elemente eines Taktverkehrs in den benachbarten Kreisen**

Prinzipiell wurden in dieser Arbeit nicht die genauen Fahrplanlagen aller Züge berücksichtigt. Es ist zwar nötig, die gesamte Streckenkapazität der einzelnen Strecken und mögliche Kreuzungspunkte auf eingleisigen Strecken zu überprüfen, die genauen Fahrplanlagen von Güterzügen und Fernzügen im Personenverkehr wurden jedoch nicht berücksichtigt (mit Ausnahme der Schnellzüge, welche in einigen Varianten in das Betriebskonzept des Vorort- und Regionalverkehrs integriert werden können). Der Grund für diese Vereinfachung ist nicht nur der begrenzte Arbeitsumfang, sondern auch die Unsicherheit betreffend der zukünftigen Entwicklung und auch der Ergebnisse der internationalen Fahrplankonferenzen. Eine Ausnahme stellen jedoch die Anschlüsse an den Knotenbahnhöfen hinter der Gebietsgrenze dar: Hier ist zwar auch nicht sicher, ob sich nicht die bestehenden Fahrpläne in den nächsten Jahren ändern werden; einige Ankunfts- und Abfahrtszeiten an diesen Knotenbahnhöfen eignen sich aber gut als mögliche Fixpunkte für die Takterstellung im Südmährischen Kreis. Jedenfalls muss auf diese Knoten Rücksicht genommen werden, damit Fahrplanänderungen im Südmährischen Kreis nicht zu Anschlußbrüchen in den benachbarten Kreisen führen. Daher wurde für jeden benachbarten Knotenbahnhof aus dem Kursbuch erhoben<sup>62</sup>, welche Abfahrts- und Ankunftszeiten in welchen Richtungen sich im derzeitigen Fahrplan regelmäßig wiederholen, welche Anschlüsse planmäßig gegeben sind und in welchen Richtungen bzw. Relationen keine guten Anschlüsse vorkommen oder welche Relationen aus geografischen Gründen keine Anschlüsse erfordern. Schlussendlich wurden einige wichtige, erhaltenswerte Taktknoten festgestellt und ein grobes Schema mit grundlegenden Elementen des Taktverkehrs im Südmährischen Kreis entworfen (siehe 2.6.2).

Um auf den Verkehr auf südmährischem Territorium bezogene Kosten zu errechnen, wurden auch die entworfenen Varianten *rechnerisch* auf den südmährischen Kreis begrenzt; erforderlichenfalls wurden die Linien bis zu einer End- oder Kreuzungsstation im Nachbarkreis verlängert und die Kosten auf die betroffenen Kreise aufgeteilt. Es wird jedoch davon ausgegangen, dass die Linien in Wirklichkeit weiter in die Nachbarkreise hineinführen, was insbesondere bei der Bildung der Fahrplanvarianten berücksichtigt wurde (z.B. Anschlüsse der Regionalzüge in Česká Třebová, welche rechnerisch in Letovice enden).

#### 3.5.4.2 Fahrzeitsimulationen auf ausgewählten Strecken

Der erwähnte Entwurf grundlegender Elemente eines integralen Taktfahrplans im Südmährischen Kreis erfordert Fahrzeitverkürzungen auf einigen Streckenabschnitten. Um zu überprüfen, ob solche Fahrzeitverkürzungen ohne bzw. mit realistischen Infrastrukturausbauten erreichbar sind, wurden Fahrzeitsimulationen mit dem Programm OpenTrack durchgeführt. Hauptsächlich wurden Fahrzeiten mit neuen Fahrzeugen auf bestehender oder geringfügig verbesserter Infrastruktur simuliert, zum Vergleich wurden aber auch die Fahrzeiten mit den bestehenden Fahrzeugen simuliert. Darüber hinaus wurden als Grundlage für die Variantenvorauswahl auf einigen Streckenabschnitten Fahrzeiten von Regional- und Eilzügen sowie von elektrischen, Diesel- und gemischten Garnituren simuliert. Details über die Fahrzeitsimulationen sind in Anhang D zu finden.

## 3.6 Entwurf der Fahrplan- und Betriebsvarianten und Berechnung der Mengengerüste

### 3.6.1 Entwurf von Varianten innerhalb der einzelnen Streckenbündel

In der ersten, genaueren Etappe wurden nur Betriebsvarianten innerhalb eines Streckenbündels gebildet, d.h. ohne Durchbindung durch Brno und ohne mögliche Verbindung der Streckenbündel Nordost, Südost, Südwest und Břeclav-Hodonín.

#### 3.6.1.1 Entwurf der Hauptvarianten

Zunächst wurden Hauptvarianten, bereits mit detailliertem Fahrplanentwurf, gebildet. Diese Hauptvarianten unterscheiden sich nach den Kriterien Verknüpfung von Haupt- und Nebenstrecken (inkl. verwendeter Traktion), Haltestellenbedienung im Vorortverkehr und Einbindung des Vorortverkehrs in die Stadt. Damit können die Umsteigemöglichkeiten in symmetrischen und unsymmetrischen Taktknoten bestimmt werden, darüber hinaus sind damit die Wendezeiten an den Endstationen definiert. Für jedes Streckenbündel wurden 6 - 19 solcher Hauptvarianten ohne zeitliche Kapazitätsanpassung gebildet, auf allen Streckenbündeln zusammen sind es 74. In jedem Fall wurde eine sogenannte „einfachste Variante“ mit Umsteigen auf die Nebenstrecken, ohne Eilzüge bzw. ohne Einbindung der Schnellzüge in den Regionalverkehr, ohne Stadtroubalbah und ohne zeitliche Kapazitätsanpassung gebildet, sowie weitere „einfach, übliche Varianten“, welche keine komplizierteren Betriebselemente wie beispielsweise die Bildung von Flügelzügen oder das Teilen und Verstärken von Zügen enthalten. Eine solche „Nullvariante“ muss zwar nicht mit dem derzeitigen Betrieb ident sein, sie sollte aber auch nicht unrealistisch und unsinnig sein, daher gibt es z.B. auch keine Variante, bei der Fahrgäste zwischen Brno und Moravský Krumlov in Střelice umsteigen müssten.

Was die betriebliche Machbarkeit der Fahrplanvarianten betrifft, insbesondere bezüglich der Streckenkapazitäten, wurden mögliche Kreuzungsbahnhöfe auf eingleisigen Strecken berücksichtigt, wobei die zugrunde gelegten Fahrzeiten in einigen kritischen Fällen mit Simulationen überprüft (siehe D) und ansonsten anhand der Simulationsergebnisse ähnlicher Strecken geschätzt wurden. Ansonsten wurde der Aspekt der Streckenkapazitäten nur grob berücksichtigt:

- Es wurde darauf geachtet, dass auf stärker belasteten eingleisigen Strecken nicht alle möglichen Kreuzungsbahnhöfe benützt werden (Möglichkeit, Kreuzungen im Verspätungsfall zu verlegen, Kreuzungsmöglichkeit mit Güterzügen).
- Im Falle dichter Folgen von Regionalzügen und beschleunigter Züge wurde darauf geachtet, dass dazwischen Trassen für Güterzüge und eigenwirtschaftlichen Fernverkehr frei bleiben.
- Für kapazitätsmäßig aufwändigere Varianten und problematischere Abschnitte wurde ein Vergleich der Anzahl an Zügen und der ganztägigen Streckenkapazität für den Status quo und die erwartbare Entwicklung sowie für die erwogene Variante durchgeführt und gegebenenfalls Maßnahmen zur Kapazitätssteigerung vorgeschlagen.

Wenngleich keine offensichtlich undurchführbaren Varianten bewertet wurden, kann die betriebliche Machbarkeit aller entworfenen Varianten nicht völlig garantiert werden. Sollte die Realisierung einer bestimmten Variante angestrebt werden, sollte der erste Schritt dazu die Überprüfung ihrer Machbarkeit mit detaillierten Simulationen sein.

Varianten, bei denen größere Zweifel hinsichtlich ihrer betrieblichen Machbarkeit bestehen, werden bei den Variantenbeschreibungen (siehe 5.3.2, 5.5.2 und 5.6.2) eigens kommentiert.

#### 3.6.1.2 Verteilung der Fahrgäste auf einzelne Züge

Der nächste Schritt war die Verteilung der geschätzten Spitzenbelastung auf die einzelnen Züge, um die benötigten Kapazitäten der einzusetzenden Garnituren zu bestimmen. Im Fall, dass auf einer bestimmten Strecke nur Regionalzüge mit gleichem Zuglauf und gleichen Anschlüssen verkehren, ist dieser Schritt eine triviale Division der Anzahl an Fahrgästen pro Stunde durch die Anzahl an Zügen pro Stunde. Wesentlich komplizierter war dieser Schritt jedoch in folgenden Fällen:

- Werden Regional- und Eilzüge (ggf. Schnellzüge) geführt, hat nur ein Teil der Fahrgäste die Möglichkeit, die schnelleren Züge zu benutzen, für diese sind die Eil- oder Schnellzüge aufgrund der kürzeren Fahrzeit hingegen attraktiver, als die Regionalzüge.
- Wenn jeder zweite Zug bis zu einem fernen Streckenendbahnhof fährt und jeder zweite nur einen kürzeren Streckenabschnitt im Stadt-Umland bedient, ist der Zug mit dem längeren Zuglauf naturgemäß stärker besetzt, als jener mit dem kürzeren, weil in letzterem keine Fahrgäste von den weiter entfernten Stationen sind, die sich dafür auf die halbe Anzahl an Zügen konzentrieren. Dieser Effekt war bei der Fahrgastzählung im Fall der Regionalzüge von und nach Vranovice und Břeclav im Bahnhof Hrušovany u Brna (siehe Anhang B.II) eindeutig festzustellen.
- Das selbe gilt, wenn nur ein Teil der Züge bestimmte Anschlüsse in Knotenbahnhöfen hat.

Die Aufteilung der Spitzenbelastung war unerwartet schwierig. Die erste Grundlage dafür waren die offiziellen Fahrgastzählungen<sup>63</sup>, welche nicht nur die Fahrgastfrequenzen der einzelnen Abschnitte, sondern auch die Anzahl ein- und aussteigender Fahrgäste an den einzelnen Stationen erfassen, nicht hingegen tatsächliche Fahrgastströme (von – nach). Die zweite und letzte Grundlage waren die Volkszählungsergebnisse, welche nur zur Orientierung verwendet wurden, welche Städte und Gemeinden in welchem Ausmaß Zentrumsfunktionen haben können.<sup>64</sup> Mit den offiziellen Fahrgastzahlen konnte die relative Bedeutung der einzelnen Stationen abgeschätzt werden und somit der Anteil der Fahrgäste, die Eilzüge verwenden können, sowie jener, welche in einer Gemeinde wohnen, in der keine Eilzüge halten. Durch den Vergleich der Ein- und Aussteigenden nach Fahrtrichtungen war auch eine gewisse Schätzung möglich, welcher Anteil der Fahrgäste in welche Zentren strebt (z.B. am südlichen Abschnitt der Strecke 250 nach Brno oder nach Břeclav). Die Verteilung der Fahrgäste von den größeren Stationen auf Regional- und in der jeweiligen Station haltende Eilzüge wurde vom Verfasser mit Hinblick auf die Fahrzeitunterschiede abgeschätzt, berücksichtigt wurde weiters, ob der Regionalzug eher zwischen zwei Eilzügen oder eher parallel verkehrt (d.h. fast gleichzeitige Ankunft bei deutlich früherer Abfahrt oder fast gleichzeitige Abfahrt bei deutlich späterer Ankunft).

In einigen Fällen wurden unterschiedliche Verteilungen je nach Richtung bzw. Tageszeit geschätzt: In der Nähe regionaler Zentren überlagern sich die Fahrgastströme von kleineren Gemeinden in das regionale Zentrum und aus dem regionalen Zentrum und den kleineren Gemeinden zusammen in die Großstadt. Beispielsweise ist am Streckenabschnitt Kuřim – Tišnov zu erwarten, dass der Anteil der Fahrgäste im Schnell- oder Eilzug morgens Richtung Brno und nachmittags Richtung Tišnov höher ist als umgekehrt morgens in Richtung Tišnov und nachmittags in Richtung Brno (im Sinne der Fahrten von und nach Brno also entgegen der Hauptverkehrszeiten), da hier Fahrten zwischen Tišnov und den kleineren Gemeinden südöstlich von Tišnova und somit Fahrten im Regionalzug dominieren.

Neben der Berechnung und Extrapolation der Tagesganglinien zählt die Verteilung der Fahrgäste auf die einzelnen Züge sicherlich zu den problematischsten Schritten und wahrscheinlichsten Fehlerquellen im Rahmen dieser Arbeit.

#### 3.6.1.3 Entwurf von Varianten mit zeitlicher Anpassung der Beförderungskapazität

Aus den Tagesganglinien und der Verteilung der Fahrgastzahlen auf die einzelnen Zuggattungen wurde nicht nur die maximale benötigte Kapazität zu den Hauptverkehrszeiten festgestellt, sondern auch eine mögliche Verringerung der Beförderungskapazität außerhalb der Stoßzeiten. Es wurden folgende Variantengruppen mit zeitlicher Anpassung der Beförderungskapazität gebildet und teilweise auch miteinander kombiniert:

- Anpassung der Kapazität der einzelnen Züge nur an Endbahnhöfen

### 3 Methodik der Untersuchung

- Anpassung der Kapazität der einzelnen Züge mit Teilen und Verstärken von Garnituren auch an Unterwegsbahnhöfen
- Intervallanpassung

Dabei wurde auch die geographische Orientierung der Spitzen berücksichtigt, d.h. ob während der gesamten Stoßzeit in beiden Richtungen mit verstärkten Garnituren gefahren werden muss, oder ob eine Richtung überwiegt (in der Regel morgens nach Brno und nachmittags in die Region) und Fahrten in die Gegenrichtung nur in dem Ausmaß nötig sind, als wieder Garnituren für weitere Fahrten in Richtung der Spitze benötigt werden.

#### 3.6.2 Entwurf von Varianten mit Durchbindung von Zügen mehrerer Streckenbündel

Ausgehend von den Varianten der einzelnen Streckenbündel wurden noch Varianten mit Verknüpfung von zwei oder mehr Streckenbündeln gebildet. Dies bedeutet insbesondere die Durchbindung direkter Züge durch Brno, es wurden aber auch mögliche Verknüpfungen der Streckenbündel Nordost und Břeclav – Hodonín in Kyjov und Veselí nad Moravou, der Streckenbündel Südost und Břeclav – Hodonín in Břeclav oder Čejč und der Streckenbündel Südost und Südwest ebenso in Břeclav geprüft.

Während innerhalb der einzelnen Streckenbündel eine große Zahl voneinander unabhängiger Varianten entworfen und bewertet wurden, wurden im Fall der Verknüpfung zweier oder mehrerer Streckenbündel nur ungefähre Einsparungen bestimmt, die durch die Durchbindung der Züge erzielt werden können:

- Reduktion der Beschäftigtenzahlen bzw. der Gesamtarbeitszeit des Fahrpersonals wegen entfallender Wartezeiten
- Reduktion der Anzahl benötigter Fahrzeuge aufgrund verkürzter Wendezeiten (die größere jährliche Laufleistung und dadurch bedingte kürzere Lebensdauer der restlichen Fahrzeuge wurde berücksichtigt)

Die Varianten mit Verknüpfung zweier Streckenbündel (in der Regel als Durchbindung durch Brno) sind insofern schwierig, als die benötigten Kapazitäten auf den einzelnen Streckenästen sehr unterschiedlich sind. Varianten mit einer solchen Durchbindung, die auf einem Ast zum Einsatz wesentlicher größerer Garnituren als notwendig führt, wurden nicht in Betracht gezogen, da nach den Ergebnissen der Varianten ohne Durchbindung (große Bedeutung der Anpassung der Beförderungskapazität an die tatsächlichen Fahrgastfrequenzen, siehe 7.1.2) bereits zu erwarten war, dass sie eindeutig viel teurer wären als das Wenden der Züge am Hauptbahnhof: Durch die Verkürzung der Wendezeiten lassen sich nur Fahrpersonal-Arbeitszeiten und Fahrzeug-Amortisationskosten beeinflussen (letzere allerdings aufgrund größerer jährlicher Laufleistung und kürzerer Lebensdauer in geringerem Ausmaß als auf den ersten Blick zu erwarten wäre), Fahrten mit unangemessen großen Garnituren hingegen verursachen höhere Kosten für Fahrzeugamortisation, Wartung und Traktionsenergie sowie höhere Entgelte für die Streckenerhaltung.

Es wurde daher angenommen, dass stets nur ein Teil der Garnitur, der der erforderlichen Kapazität am schwächeren Streckenast entspricht, durchgebunden wird, der restliche Teil verbleibt in Brno und fährt mit dem nächsten Zug zurück. Im Falle von Flügelzügen, vor allem aber bei zeitlicher Kapazitätsanpassung der einzelnen Züge kann das sehr komplizierte Zugskompositionen und schlussendlich undurchführbare Verschiebewegungen in Brno h.l.n. (Hauptbahnhof) erfordern, daher wurden die möglichen Einsparungen stets mit den Kosten der Varianten ohne zeitliche Anpassung der Beförderungskapazität verglichen. Im Falle von Varianten mit zeitlicher Anpassung der Beförderungskapazität wären die berücksichtigten Einsparungen zwar prozentuell höher, es könnten aber weitere Kosten durch Verschiebung oder geringere Möglichkeiten der Kapazitätsanpassung auftreten.

#### 3.6.3 Variantendefinition und Berechnung der Mengengerüste

Der Variantenentwurf bedeutete zugleich die Definition der Varianten und parallel dazu die Berechnung der Mengengerüste. Das grundlegende Element für Variantendefinition und Berechnung der Mengengerüste sind die Umläufe: Ein Umlauf wird durch eine Folge von Streckenabschnitten definiert, die von bestimmten Garnituren in einem bestimmten Intervall von Betriebsbeginn bis Betriebsschluss<sup>a</sup> befahren werden. Aus den Eigenschaften von Garnituren und Abschnitten wurden im Detail die wichtigsten Indikatoren berechnet, und zwar:

- erforderliche Anzahl Fahrzeuge nach Größe und Antrieb (es wurde jedoch nicht mit konkreten Modellen konkreter Hersteller gerechnet)

<sup>a</sup> Bei Kapazitätsanpassung durch Intervallanpassung nur während der Hauptverkehrszeiten

### 3 Methodik der Untersuchung

- tägliche Laufleistung dieser Fahrzeuge
- Arbeitszeit von Fahrpersonal „am Umlauf“
- Traktions-Endenergieverbrauch (nach Energieträger)
- Infrastrukturbenützungsentgelte.

Die angeführten Indikatoren wurden für alle Umläufe, aus denen sich eine Variante zusammensetzt, aufaddiert und mit den folgenden, nicht Umlauf- sondern variantenweisen Indikatoren ergänzt:

- Variantenspezifisch erforderliche Ausbauten von Vollbahn- oder Straßenbahninfrastruktur
- Arbeitszeit für Verschub (Bereitstellen und Abstellen von Garnituren)
- Kompensationseffekte durch entfallende Straßenbahnleistungen wegen der Stadtrationalbahn, in einem Fall (umfangreichere Varianten am Streckenbündel Břeclav – Hodonín) auch Reduktion von Autobus-Parallelverkehr

Eine genauere Beschreibung der Methodik von Variantendefinition und Berechnung der Mengengerüste befindet sich in Anhang E.

### 3.7 Abschätzung von Kostensätzen

Mit Ausnahme der Baukosten des vereinfachten Umbaus des Bahnknotens Brno, die anhand der Kostenrechnung der Variante mit Bahnhofsneubau im Zentrum extra abgeschätzt wurden, wurden die Endergebnisse nach dem Prinzip  $\text{Gesamtkosten} = \Sigma (\text{Mengengerüste} * \text{Kostensätze})$  berechnet.

Daher wurden für die Rahmenbedingungen der Tschechischen Republik, ansonsten aber allgemeine nicht regions- oder variantenspezifische Kostensätze bzw. Einheitspreise abgeschätzt:

- **Fahrbetriebskosten**
  - **Fahrzeugkosten**
    - Fahrzeugamortisationskosten pro Jahr und Sitzplatz
    - Fahrzeugwartungskosten pro zurückgelegtem Platzkilometer
  - Energieträgerpreise und Wirkungsgrad der Energieumwandlung
  - Volle Arbeitskosten pro TriebfahrzeugführerInnenstunde
- **Infrastrukturkosten**
  - Kosten für Erhaltung bestehender Infrastruktur und Betriebsleitung = Infrastrukturbenützungsentgelte
  - Kosten für Infrastrukturausbauten (pro Kilometer Elektrifizierung, zweigleisigen Ausbaus etc. nach Schwierigkeitsgraden der Projekte)
- **Einsparungen durch Stadtrationalbahn-Kompensationseffekte<sup>a</sup>** (pro wegen der Stadtrationalbahn nicht benötigter Straßenbahngarnitur, Wagen-km oder brtkm)

Die Kostensätze wurden anhand verschiedenster Quellen geschätzt und mithilfe des Verbraucherpreisindex, des Baukostenindex bzw. der Lohnsteigerungsraten zum Jahr 2017 prognostiziert.

Alle Kosten wurden ohne Mehrwertsteuer berechnet bzw. es wurde bei allen aufgefundenen Quellen angenommen, dass es sich um Preise ohne MwSt. handelt, denn es war nirgends angegeben, ob es sich um Netto- oder Bruttopreise handelt.

Nicht berücksichtigt wurden Fahrscheinerlöse sowie folgende Kostenbestandteile:

1. Kosten für Infrastrukturausbau und Erhaltung (ausgenommen variantenspezifische Infrastrukturausbauten), weil diese vom Verkehrsunternehmen bzw. dem Aufgabenträger nur im Ausmaß der Infrastrukturbenützungsentgelte bezahlt werden
2. Kleinere Kostenbestandteile, von denen zu erwarten ist, dass sie vom Betriebskonzept unabhängig sind, beispielsweise Verwaltung
3. Kleinere Kostenbestandteile, von denen zu erwarten ist, dass sie zu größeren, berücksichtigten Kostenkomponenten proportional sind, beispielsweise Kosten für das Abstellen der Züge in

---

<sup>a</sup> Die Einsparungen durch Stadtrationalbahn-Kompensationseffekte können die zusätzlichen Kosten der Varianten mit Stadtrationalbahn nur verringern, die Stadtrationalbahnvarianten sind auch mit Berücksichtigung der Kompensationseffekte teurer als konventionelle Varianten. Details siehe Ergebnisse: 5.2.3.2.3, 5.3.3.2.2, 5.4.3.2.3 und 5.6.3.2.3.

- Depots, Versicherung, Hilfsenergie, Vandalismus, Vorheizungen und sonstige Vorbereitung der Fahrzeuge vor deren Einsatz
4. Kosten in Verbindung mit dem Fahrscheinverkauf und -kontrolle, welche einer Verringerung der Erlöse, nicht jedoch Kosten des Eisenbahnverkehrsangebots darstellen. Es wurden keine Kosten für SchaffnerInnen berücksichtigt, das aber auch, weil eine gewisse Wahrscheinlichkeit besteht, dass die Züge im Vorort- und Regionalverkehr mit modernen Garnituren ohne SchaffnerInnen verkehren werden.
  5. Kosten für die Steigerung der Leistungsfähigkeit von Zugleit- und –sicherungssystemen: In einigen Varianten ist zwar die Notwendigkeit einer variantenspezifischen Modernisierung zu erwarten, ihre Bewertung würde jedoch sehr genaue Informationen über den Status quo dieser Infrastruktur erfordern, evtl. auch Simulationen, mit welchen Maßnahmen welcher Fahrplan eingehalten werden kann.

Externe Kosten des Eisenbahnverkehrs und dank attraktivem Angebot im öffentlichen Verkehr möglicherweise vermiedenen Autoverkehrs, insbesondere Auswirkungen auf Umwelt und Verkehrssicherheit, wurden nicht quantifiziert, die Attraktivität der einzelnen Fahrplanvarianten und der Energieverbrauch des Zugverkehrs wurden allerdings in den abschließenden Empfehlungen qualitativ berücksichtigt.

Die genaue Vorgangsweise zur Feststellung der einzelnen Kostensätze ist untrennbar mit den konkreten Werten verbunden und daher im entsprechenden Kapitel 4 erläutert.

## 3.8 Entwurf und Bewertung der Variante eines vereinfachten Umbaus des Bahnknotens Brno

Ausgehend von der Hypothese, dass die durch Einführung einer Stadtrationalbahn bewirkte Entlastung der Bahnsteigkanten des Hauptbahnhofs einen weniger aufwändigen Bahnhofsumbau ermöglichen könnte, wurden Varianten eines vereinfachten Umbaus des Hauptbahnhofs gebildet. Die Vorgangsweise bei Entwurf und Bewertung dieser Varianten war folgende:

- Entwurf möglicher und vergleichsweise einfacher Anpassungen der Gleisanlagen sowie von Gleisbelegungsmodellen
- Skizzen städtebaulicher Lösungen
- Kostenschätzung für den Umbau des Hauptbahnhofs auf Grundlage von Kostenrechnungen für die Variante der Bürgerinitiative „Nádraží v centru“ („Bahnhof im Zentrum“)

Bei der Erarbeitung der Variante des vereinfachten Bahnhofsumbaus, der städtebaulichen Vorschläge und der entsprechenden Kostenschätzungen konnte nicht die selbe Genauigkeit erzielt werden, wie im Bereich der Fahrplan- und Betriebsvarianten, da die benötigten Informationen nicht ausreichend zur Verfügung standen und auch der Arbeitsumfang den Rahmen einer Dissertation sprengen würde. Es handelt sich daher eher um ungefähre Relationen der zusätzlichen Betriebs- und Infrastrukturkosten der Stadtrationalbahn zu den mittels vereinfachtem Bahnhofsumbau erzielten Einsparungen

Die exakte Vorgangsweise ist untrennbar mit dem Variantenentwurf bzw. den Ergebnissen verbunden und daher in den Kapiteln 6.1.4 und 6.3 dargelegt, wo auch die verwendeten Informationsquellen angeführt sind.

## 3.9 Plausibilitätsprüfungen der Ergebnisse

Um die Plausibilität der Kostensätze (aber auch der sonstigen Berechnungen) zu überprüfen, wurden folgende Vergleiche mit anderen Informationsquellen gezogen (siehe 7.2.1 betreffend die Ergebnisse):

- Vergleich des Verhältnisses der Anschaffungs- und Wartungskosten zueinander mit publizierten Erfahrungswerten
- Die gesamte Kostenstruktur der Fahrplan- und Betriebsvarianten (ausgenommen Stadtrationalbahnvarianten und variantenspezifische Infrastrukturausbauten) wurde mit Angaben von Siemens über die Wirtschaftlichkeit des Betriebs der Garnitur Desiro Classic verglichen.
- Die Gesamtkosten pro Zug-km wurden mit den Ergebnissen von Ausschreibungen für einige Linien sowie mit Beispielen für Zuschüsse an Verkehrsunternehmen verglichen.

### 3 Methodik der Untersuchung

- Der Primärenergieverbrauch pro Personenkilometer und die durchschnittliche Sitzplatzauslastung wurden mit einer Studie über den Energieverbrauch des Eisenbahnpersonenverkehrs in Deutschland verglichen.
- Die mittlere Umlaufgeschwindigkeit wurde mit jenem Wert verglichen, der in der oben angeführten Modellrechnung von Siemens angeführt wurde.
- Der für den Verfasser unerwartet niedrige Anteil der Fahrpersonalkosten wurde mit der Personalstruktur integrierter Eisenbahnunternehmen verglichen.