

## 7 Zusammenfassung, Genauigkeit und Übertragbarkeit der Ergebnisse

Dieses Kapitel ist eine übersichtliche Zusammenfassung der Ergebnisse des Vergleichs der Fahrplan- und Betriebsvarianten der einzelnen Streckenbündel, aber auch der Fahrplan- und Betriebsvarianten mit Verknüpfung mehrerer Streckenbündel sowie der Varianten des Umbaus von Bahnknoten und Hauptbahnhof Brno. Weiters wird die Plausibilität der Ergebnisse und ihre Übertragbarkeit auf andere Regionen oder andere Segmente des Eisenbahnverkehrs beleuchtet.

Angeführte „Einsparungen“ von Varianten bestimmter Eigenschaften, beispielsweise mit zeitlicher Anpassung der Beförderungskapazität beziehen sich auf ansonsten gleiche oder ähnliche Fahrplanvarianten ohne dieses Element eines Betriebskonzepts, zusammengefasste „Einsparungspotenziale“ beziehen sich auf die jeweilige „Nullvariante“ d.h. auf übliche, einfache Varianten, die dem heutigen Betrieb mit dichterem Fahrplan und moderneren Fahrzeugen gleichen (siehe 1.5).

Prozentzahlen sind wie folgt zu verstehen:

- Wenn nicht anders angeführt, beziehen sich „Unterschiede zwischen Varianten“ oder „Einsparungen“ stets auf den größeren Wert (teurere Variante = 100%)
- „B hat gegenüber A um 20% geringere Kosten“ oder „B ist um 20% günstiger als A“ bedeutet: A = 100%, B = 80%
- „B hat gegenüber A um 20% höhere Kosten“ oder „B ist um 20% teurer als A“ bedeutet: A = 100%, B = 120%

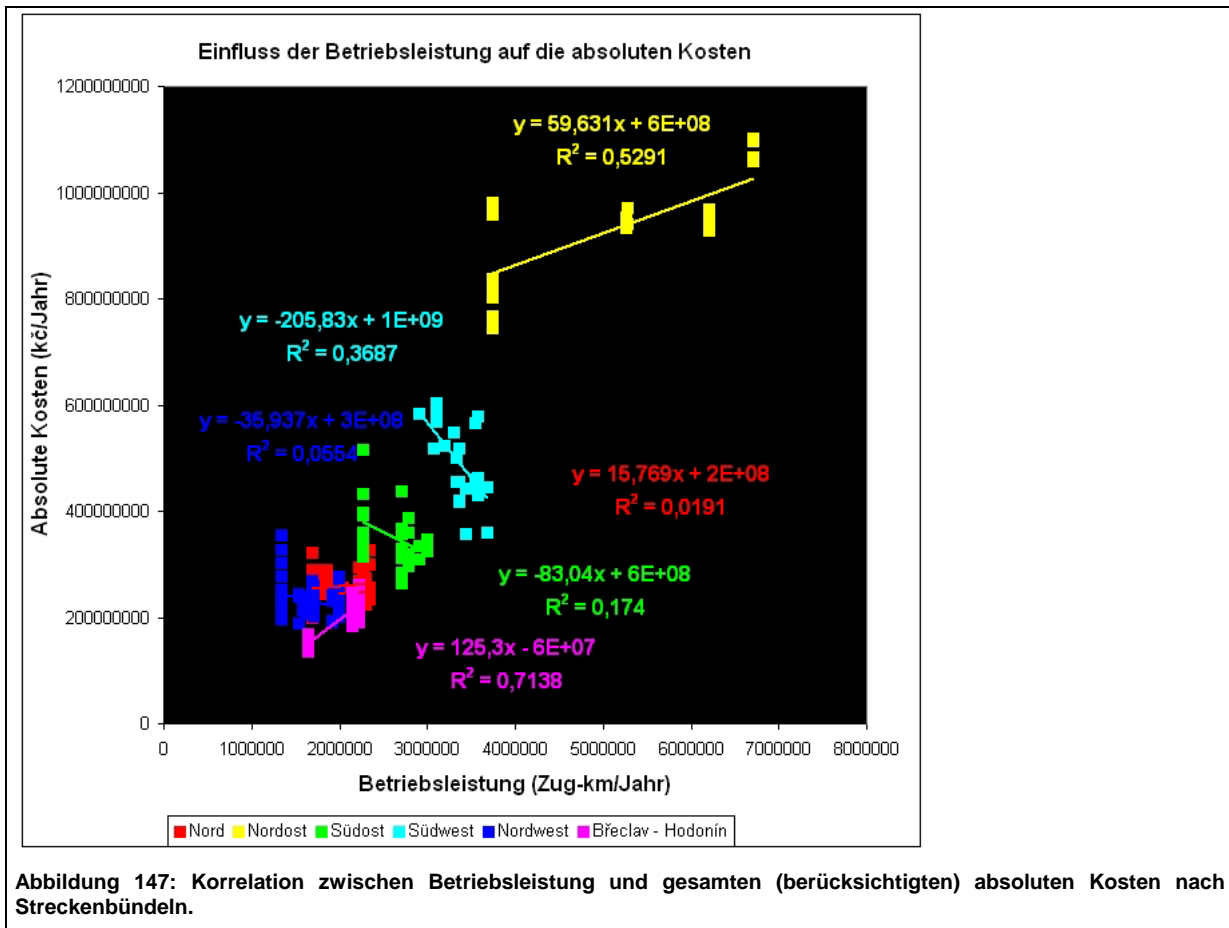
### 7.1 Zusammenfassung der Ergebnisse

#### 7.1.1 Einfluss der Fahrplan- und Betriebsvarianten auf die gesamten berücksichtigten Kosten

Die Auswahl von Fahrplan- und Betriebsvarianten im Sinne der Verknüpfung von Haupt- und Nebenstrecken, der Haltestellenbedienung im Vorortverkehr, der Einbindung in die Stadt und der zeitlichen Anpassung der Beförderungskapazität hat großen Einfluss auf die Gesamtkosten und damit auf die Finanzierbarkeit des Eisenbahnvorort- und Regionalverkehrs. Im Vergleich mit üblichen, einfachen Fahrplan- und Betriebsvarianten, in der Regel mit Umsteigen an Knotenbahnhöfen, ohne beschleunigte Vorortzüge und ohne zeitliche Anpassung der Beförderungskapazität haben effizientere, aber durchaus realistische Betriebsvarianten um etwa 20-25% niedrigere gesamte berücksichtigte Kosten. Betrieblich schwierigere Varianten<sup>a</sup>, beispielsweise mit Flügelzügen, mit Teilen und Verstärken von Zügen auch auf Unterwegsbahnhöfen oder mit Einsatz ungewöhnlich kleiner Garnituren sparen 30-40% der gesamten berücksichtigten Kosten, im Vergleich zu den am schlechtesten bewerteten Varianten sogar bis zu 50%.

---

<sup>a</sup> Zusätzliche Kosten für die „betriebliche Kompliziertheit“ einiger Varianten konnten nur in Form zusätzlicher Kosten für verschiebendes Personal quantifiziert werden; nicht berücksichtigt wurden Kosten für gegebenenfalls häufigere Betriebsstörungen, Verspätungen etc. Im Zusammenhang mit Flügelzügen und den oft geäußerten Bedenken, dass die Züge von den Seitenstrecken Verspätungen auf die Hauptstrecke übertragen können, ist anzumerken, dass ein ähnliches Risiko auch die Varianten mit Umsteigen haben. Der Zug auf der Hauptstrecke kann zwar um selbst pünktlich zu bleiben den Anschluss nicht abwarten, genauso kann er aber auch einen verspäteten Zugteil von der Nebenstrecke nicht mitbefördern. Probleme mit der Überfüllung des nächstfolgenden Zugs oder mit dem Fehlen einer Garnitur, die aus Verspätungsgründen noch nicht zum Ort der Wende gekommen ist, können auch in den Varianten mit Umsteigen auftreten. Weniger abhängig sind nur die Varianten mit direkten Linien, wengleich auch hier der Verlust von Anschlüssen auf weniger wichtigen Relationen drohen kann (beispielsweise Boskovice – Česká Třebová).



Nur auf den Streckenbündeln Nordost und Břeclav – Hodonín, wo es jeweils zwei Hauptvarianten mit sehr unterschiedlicher Betriebsleistung gibt, ist ein deutlicher Zusammenhang gegeben, dass die umfangreicheren Varianten höhere Kosten haben. (siehe Abbildung 147). Es ist auch klar zu sehen, dass die größeren Streckenbündel mit höheren Kosten verbunden sind, als die kleineren. Ansonsten ist aber im Rahmen der verglichenen Varianten in den Grenzen einer „realistischen“ Betriebsleistung (siehe 2.4) der unterschiedliche Umfang des Zugangebots nicht die Ursache für unterschiedliche Kosten; in einigen Fällen ist die Korrelation sogar so, dass Varianten mit höherer Betriebsleistung tendenziell absolut kostengünstiger sind. Das lässt sich damit erklären, dass mit der Verstärkung des Verkehrs auf den Vorortestrecken eine bessere Fahrzeugauslastung erzielt werden kann; umgekehrt führen Zweistundentakte auf von der Stadt weiter entfernten Abschnitten häufig zu großen Auslastungsschwankungen innerhalb eines Umlaufs.

### 7.1.2 Einsparungsmöglichkeiten durch zeitliche Anpassung der Beförderungskapazität

Das Hauptergebnis der Arbeit sind große mögliche Einsparungen durch die Anpassung der Beförderungskapazität an die Tagesganglinie der Fahrgastfrequenzen, insbesondere durch Anpassung der Kapazität der einzelnen Züge. Im Vergleich der günstigsten Varianten mit und ohne zeitlicher Anpassung der Beförderungskapazität an die Tagesganglinie sind auf den radialen Streckenbündeln (das sind alle außer dem Streckenbündel Břeclav – Hodonín) die gesamten berücksichtigten Kosten im Falle der effizientesten Anpassung der Beförderungskapazität um 19 bis 27% niedriger gegenüber Varianten ohne Anpassung. Wenn die betrieblich komplizierteren Varianten mit Teilen und Verstärken an Unterwegsbahnhöfen außer acht gelassen werden, betragen die möglichen Einsparungen gegenüber einem Betrieb mit gleicher Beförderungskapazität den ganzen Tag über noch 15 bis 20%. Am Streckenbündel Břeclav-Hodonín ist der Unterschied geringer (ca. 15% mit Teilen und Verstärken der Garnituren auch an Unterwegsbahnhöfen und 10% mit Anpassung der Kapazität der Garnituren nur an den Endstationen). Die geringere Bedeutung der Tagesganglinien auf diesem Streckenbündel ist logisch, denn es handelt sich um ein polyzentrisches Gebiet (hauptsächlich Břeclav und Hodonín, zweitrangig Veselí nad Moravou und Kyjov), was beidseitige Hauptverkehrszeiten und damit naturgemäß bessere Fahrzeugauslastung bewirkt.

Auf einigen Streckenbündeln unterscheidet sich die günstigste Variante ohne zeitliche Kapazitätsanpassung von der günstigsten mit Anpassung auch in anderen Parametern, beispielsweise kann ohne zeitliche Kapazitätsanpassung eine Elektrifizierung gerechtfertigt, mit Anpassung hingegen Dieseltraktion günstiger sein. Im Vergleich sonst gleicher Varianten sind Varianten mit zeitlicher Anpassung der Beförderungskapazitäten in vereinzelt Fällen sogar um etwa 35% günstiger. In den spezifischen Kosten pro Betriebsleistung (Kč/Zug-km) ist der Unterschied zwischen Varianten mit und ohne zeitliche Anpassung der Beförderungskapazität ähnlich wie in absoluten Zahlen.

Was die Anpassung der Beförderungskapazität betrifft, ist im Vergleich der Varianten, die im Rahmen dieser Arbeit bewertet wurden ein größerer Einfluss durch Kapazitätsanpassung der einzelnen Züge, als durch Intervallanpassung zu sehen. Das kann aber auch dadurch bedingt sein, dass hinsichtlich der Intervalle nicht allzu viele verschiedene Varianten gebildet wurden.

Im Vergleich zu den anderen Ergebnissen ist in der Frage der möglichen Einsparungen durch zeitliche Anpassung der Beförderungskapazität eine relativ hohe Genauigkeit zu erwarten: Zwar sind als kritische Schätzungen die Extrapolation der Tagesganglinien, die Verteilung der Fahrgäste auf Zuggattungen und die Lebensdauerfunktionen der Fahrzeuge in Abhängigkeit von der jährlichen Laufleistung zu nennen. Doch obwohl die angeführten Fehlerquellen die Höhe der möglichen Unterschiede beeinflussen können, ist die Tendenz eindeutig, denn mit der zeitlichen Anpassung der Beförderungskapazität können gleich mehrere Kostenkomponenten reduziert werden: Fahrzeugamortisationskosten (dank längerer Lebensdauer, im Fall von Teilen und Verstärken an Unterwegsbahnhöfen auch geringere Anzahl benötigter Fahrzeuge), Fahrzeugwartung, Traktionsenergieverbrauch und Infrastrukturbenutzungsentgelte. Demgegenüber sind die zusätzlichen Kosten, welche beim Teilen und Verstärken der Garnituren anfallen, und nämlich die Lohnkosten der verschiebenden TriebfahrzeugführerInnen und Kosten für automatische Kupplungen vernachlässigbar.

Es wäre zwar denkbar, dass kleinere Fahrzeuge höhere spezifische Preise pro Sitzplatz aufweisen, ein Vergleich der Preise von Schienenfahrzeugen aus etwa 25 Beispielen von Fahrzeugbeschaffungen hat dies jedoch nicht bestätigt. Weiters wäre es möglich, dass im Fall der Anschaffung von kleineren Fahrzeugen ein eventuell höherer Preis durch einen Mengenrabatt bei Bestellung einer größeren Anzahl von Fahrzeugen kompensiert wird.

Weiters ist zu bedenken, dass der Betrieb ohne zeitliche Kapazitätsanpassung noch wesentlich ineffizienter sein kann als den Berechnungen zu entnehmen ist, denn es wurde stets davon ausgegangen, dass die Kapazität der eingesetzten Garnitur (abgesehen von den kleinsten Fahrzeugen) um höchstens 25 Sitzplätze größer ist als die größte Fahrgastzahl am Umlauf. Es ist zwar durchaus möglich, am Markt Fahrzeuge zu finden, die sich in ihrer Kapazität nur um 25 Plätze unterscheiden, in Wirklichkeit verwenden viele Eisenbahnverkehrsunternehmen jedoch nur eine geringere Anzahl an Fahrzeugtypen, insbesondere solche, die für effizienten Betrieb ohne Kuppeln und Umspannen von Lokomotiven an den Endbahnhöfen geeignet sind. Durchaus realistisch ist zum Beispiel, dass nur vierachsige Dieseldieselmotoren, aus drei Wagen zusammengesetzte Elektrogarnituren und vier- bis siebenteilige Wendezüge zur Verfügung stehen. Aus diesem Grund, aber auch wegen der Durchbindung zweier gegenüberliegender Radialstrecken mit unterschiedlicher Fahrgastfrequenz, kann es dazu kommen, dass auch in der totalen Hauptverkehrszeit nicht voll ausgelastet, d.h. bei weitem nicht alle Sitzplätze besetzt sind. Dies kann auch der Grund dafür sein, dass für den Eisenbahnpersonenverkehr in Deutschland noch höhere Energieverbrauchswerte errechnet wurden als in den schlechteren Varianten dieser Arbeit<sup>506</sup>.

Bei den Varianten mit Teilen und Verstärken der Garnituren hat das mögliche Problem, dass keine Fahrzeuge mit gewünschter Kapazität zur Verfügung stehen, geringeren Einfluss auf die Gesamtkosten: Es ist zum Beispiel denkbar, dass die vorgeschlagene Kapazität 225 Plätze beträgt, die in 100 Plätze den ganzen Tag über und 125 Plätze nur zur Hauptverkehrszeit von 4.30-8 und 13.30-17 Uhr geteilt werden soll. Wenn keine Fahrzeuge mit 100 Plätzen, sondern nur mit 125 Plätzen vorhanden sind, kann dafür die Zeit der Verstärkung verkürzt werden, beispielsweise auf 5-8.30 und 14-16.30.

Während die Verlängerung der Intervalle außerhalb der Stoßzeiten den Fahrgästen einen unzuverlässigen und schlecht merkbaren Fahrplan bringt, ist der Einfluss der Anpassung der Kapazität der Garnituren auf die Attraktivität des Eisenbahnverkehrs eher vernachlässigbar: In allen Varianten orientiert sich die benötigte Kapazität so an der angenommenen Fahrgastfrequenz, dass die vorhandenen Sitzplätze ausreichen. Leute, die gerne in halbleeren Zügen fahren, müssen auch bei Anpassung der Beförderungskapazität nicht befürchten, nie mehr ihre Füße auf den Platz gegenüber legen zu können: Ohne Teilen und Verstärken der Garnituren beträgt die mittlere Auslastung der Sitzplätze in der Regel 20-25% und ist somit wohl ähnlich schlecht wie im Autoverkehr; mit Anpassung der Beförderungskapazität erreicht sie zumeist 32-37%, in vereinzelt Fällen bis zu 45%. Diese Erhöhung der durchschnittlichen Auslastung ermöglicht einen durchschnittlichen Primärenergieverbrauch, der in der Regel 1,4 – 2,4 l Diesel pro 100 Pkm entspricht, während sich in den Varianten ohne zeitliche Kapazitätsanpassung der Primärenergieverbrauch bereits dem Wert von 3-3,5 l / 100 Pkm nähert. Große

Traktionsenergieeinsparungen bedeuten auch, dass der Nutzen der Anpassung der Beförderungskapazität mit dem erwarteten Anstieg der Energiepreise noch größer wird.

Die zeitliche Anpassung der Beförderungskapazität an die Tagesganglinien durch Teilen und Verstärken der Garnituren ist nicht nur eine Möglichkeit, die Kosten des Eisenbahnpersonenverkehrs ohne Verringerung seiner Attraktivität zu senken, es handelt sich auch um eine Maßnahme, die gleichzeitig Geld aus öffentlichen Budgets spart, Emissionen und Energieverbrauch senkt und dennoch ohne Verringerung von Beschäftigung und Lohnniveau auskommt. In einigen Varianten ist sogar ein wenig zusätzliches Fahrpersonal für Verschub und Abstellen von Fahrzeugen erforderlich. Geringere Abnutzung von Fahrzeugen und Strecken kann zwar eine geringere Anzahl benötigter Arbeitskräfte in diesen Bereichen bewirken, hierbei handelt es aber nicht um spezifische Personalrationalisierung, sondern um geringeren Bedarf an Zukäufen von Vorleistungen: es reduziert sich nicht nur der Bedarf an Arbeit, sondern auch an den anderen Produktionsfaktoren (Rohstoffe und Kapital). Insbesondere geringere Ausgaben für Traktionsenergie bedeuten, dass für den Fall, dass die eingesparten Beträge in die Erweiterung des Angebotsumfangs des öffentlichen Verkehrs oder in andere öffentliche Dienste oder Steuersenkungen investiert werden, eher eine Zunahme als eine Abnahme der Beschäftigung zu erwarten ist.

### **7.1.3 Effizienz von Varianten der Verknüpfung von Haupt- und Nebenstrecken und Haltestellenbedienung im Vorortverkehr**

Die Frage der Verknüpfung von Haupt- und Nebenstrecken (Umsteigen, direkte Linien oder Flügelzüge) und der Haltestellenbedienung im Vorortverkehr (nur Regionalzüge, auch Eilzüge oder Einbindung des Schnellzugsverkehrs) hat nur zweitrangige Bedeutung für die Gesamtkosten. Auf einem Streckenbündel (Südost) ist die Führung von Flügelschnellzügen erheblich (um 15-20%) günstiger als direkte Linien. Auf einem weiteren Streckenbündel wurde eine solche Variante zwar als günstigste errechnet, allerdings nur deshalb, weil damit der zweigleisige Ausbau eines Streckenabschnitts entfällt; hinsichtlich der betrieblichen Machbarkeit dieser Variante besteht jedoch Unklarheit. Auf drei weiteren Streckenbündeln ist der Unterschied zwischen den Varianten der Verknüpfung von Haupt- und Nebenstrecken und der Haltestellenbedienung im Vorortverkehr eher vernachlässigbar (kleiner als 5%), am sechsten (Břeclav – Hodonín) wurden nur Varianten mit Einbindung der Schnellzüge bewertet. Tendenziell sind Flügelzüge umso effizienter, je verzweigter das Streckenbündel ist. Die Varianten mit Einbindung der Schnellzüge und somit in der Regel mit Flügelzügen haben jedoch innerhalb der verglichenen Fahrplan- und Betriebsvarianten meistens höhere Betriebsleistungen und sind daher in den Kosten pro Zug-km überwiegend günstiger.

Varianten mit Umsteigen wurden nicht immer in allen Untervarianten berechnet (insbesondere was die zeitliche Anpassung der Beförderungskapazität betrifft), im Vergleich ohne zeitliche Kapazitätsanpassung waren sie jedoch nie deutlich günstiger als die für die Fahrgäste viel attraktivere Varianten mit direkten Linien oder Flügelzügen. Durch Teilen und Verstärken der Garnituren den Tag über, gegebenenfalls auch an Unterwegsbahnhöfen verringert sich der Vorteil der Umsteigevarianten, dass auf den Nebenstrecken kleinere Garnituren eingesetzt werden. Es ist daher nicht zu erwarten, dass eine Variante mit Umsteigen und zeitlicher Anpassung der Beförderungskapazität effizienter wäre als eine sonst gleiche umsteigefreie Variante.

Ob direkte Linien und (ausschließlich) überall haltende Züge, Flügelschnellzüge oder gemischte Varianten aus der Sicht der Kosten für den Besteller günstiger sind, hängt von den örtlichen Gegebenheiten ab. Es gibt kein gleiches Ergebnis für alle bewerteten Streckenbündel und somit ist es gewiss nicht möglich, eine allgemeine Empfehlung abzugeben. Ähnlich ist die Frage der Attraktivität für die Fahrgäste: Der Vorteil der Varianten mit Einbindung der Schnellzüge oder mit Eilzügen ist die schnellere Verbindung von den größeren Bahnhöfen und den Nebenstrecken in die Stadt (in der Regel in einer Größenordnung von 5-10 Minuten Fahrzeitgewinn), der Vorteil der Varianten mit direkten Linien und ausschließlich Regionalzügen ist die größere Anzahl an Verbindungen an den kleineren Haltestellen (wo die beschleunigten Züge durchfahren) und gleichmäßigere Intervalle an den größeren Bahnhöfen, da die Folge von einerseits überall haltenden und andererseits beschleunigten Zügen zumindest an einem Ende der Strecke unregelmäßige Intervalle bedeutet. Jedenfalls sind aber die Varianten mit Einbindung der Schnellzüge in den Regionalverkehr für die Fahrgäste im Fernverkehr attraktiver, da die Intervallverkürzung bei den Schnellzügen in Brno bessere Anschlüsse in den Relationen Břeclav – Jihlava und Přerov – Havlíčkův Brod ermöglicht.

Fast auf allen vier Streckenbündeln, wo Untervarianten mit Hybridfahrzeugen erwogen wurden, ist der Unterschied zwischen der Hybridtraktion und einer der konventionellen Traktionen minimal, wahrscheinlich unter der Genauigkeit der Abschätzung der Kostensätze oder des Endenergieverbrauchs. Deutlich günstiger sind Varianten mit Hybridfahrzeugen nur am Streckenbündel Nordwest (Linie Brno – Tišnov – Bystřice nad Pernštejnem) mit Intervallanpassung oder Kapazitätsanpassung der einzelnen

Züge an den Endstationen und am Streckenbündel Südwest (Brno – Střelice – Moravské Bránice und weiter) im Fall der Variante mit direkten Linien und ohne zeitliche Anpassung der Beförderungskapazität. Ansonsten sind die Ergebnisse des Vergleichs von Diesel- und Elektrotraktion wie folgt:

- Am Streckenbündel Nord (Linie Brno – Skalice nad Svitavou – Boskovice) sind die Varianten mit direkten Linien absolut günstiger, bei spezifischen Kosten jedoch die Varianten mit Flügelzügen, bei denen die Traktionsfrage dadurch gelöst wird, dass die als Dieseltriebwagen geführten Kurswagen von den elektrischen Fahrzeugen einer Garnitur gemischter Traktion gezogen werden. Fällt die Entscheidung für eine Variante mit direkten Linien, sind ohne zeitliche Anpassung der Beförderungskapazität, mit Intervallanpassung oder mit Teilen und Verstärken von Garnituren an Endbahnhöfen die Varianten mit Elektrifizierung kostengünstiger. Bei den Varianten mit Teilen und Verstärken der Garnituren auch an Unterwegsbahnhöfen sind die Kosten der verschiedenen Traktionsvarianten praktisch gleich.
- Am Streckenbündel Südost (Linien Brno – Hrušovany u Brna – Židlochovice und Brno – Šakvice – Hustopeče) sind generell Flügelzüge deutlich günstiger. Wenn dennoch zugunsten direkter Linien entschieden wird, beispielsweise aus Sorge wegen des komplizierteren Betriebs mit häufigeren Verspätungen, ist jedenfalls die Elektrifizierung günstiger als die Fahrt mit Dieselantrieb auch unter Fahrdracht.
- Auch am Streckenbündel Nordwest (Linie Brno – Tišnov – Bystřice nad Pernštejnem) sind die Varianten mit Flügelzügen oder auch mit Umsteigen generell günstiger als die Varianten mit direkten Linien, der Unterschied ist aber geringer als am Streckenbündel Südost. Die Elektrifizierung der Strecke Tišnov – Bystřice nad Pernštejnem wäre nur in der allgemein ineffizientesten Variante gerechtfertigt, nämlich direkte Linien ohne zeitliche Anpassung der Beförderungskapazität.

### 7.1.4 Einsparungen bei Durchbindung von Zügen (insbesondere durch Brno)

Unerwartet gering sind die möglichen Einsparungen durch die Verknüpfung mehrerer Streckenbündel, insbesondere durch die Durchbindung von Zügen gegenüberliegender Streckenbündel durch Brno. Die Einsparungen durch den Entfall von Wartezeiten von Personal und Fahrzeugen betragen maximal 4% der Gesamtkosten ansonsten gleicher Varianten auf den betroffenen Streckenbündeln, wobei ein Drittel dieser Einsparungen auch dadurch erreichbar ist, dass die TriebfahrzeugführerInnen zwischen den wartenden Garnituren umsteigen. Oft sind Varianten mit Durchbindung auch teurer, und zwar deshalb, weil unterschiedliche Fahrgastfrequenzen auf den einzelnen Streckenästen unangemessen große Garnituren auf einem Ast erfordern. Für die Fahrgäste kann eine Durchbindung zwar Umstiege sparen, nicht wünschenswert ist es jedoch, wenn durch die Anpassung der Ankunfts- und Abfahrtszeiten der Züge von den betroffenen Streckenbündeln in Brno Knoten des integralen Takts in der Region gestört werden.

Anders ist die Situation am Bahnknoten Břeclav: Dort ermöglicht die Durchbindung der Schnellzüge Brno – Břeclav und der Züge Břeclav – Hodonín nicht nur Einsparungen von Personal- und Fahrzeugamortisationskosten (ca. 2,4% aller berücksichtigten Kosten auf den Streckenbündeln Südost und Břeclav – Hodonín), sondern ermöglicht auch umsteigefreie und gegenüber dem Autobus erheblich schnellere Fahrten Hodonín – Brno.

### 7.1.5 Vergleich der Kostenstruktur zwischen effizienteren und ineffizienteren Varianten

Teilt man die Varianten in die Gruppen:

- „teuerste“,
- „Nullvarianten“ (dem derzeitigen Betrieb ähnlich, tendenziell mit Umsteigen und ohne zeitliche Anpassung der Beförderungskapazität),
- „sparsame konventionellere“ (mit zeitlicher Kapazitätsanpassung an Endbahnhöfen) und
- „sparsamste“ (Anpassung auch an Unterwegsbahnhöfen, kleine Fahrzeuge)

sind im Mittel aller Streckenbündel folgende Veränderungen in der Kostenstruktur von den teuersten zu den sparsamsten Varianten zu erkennen:

- Am deutlichsten fällt der Anteil der Energiekosten, und zwar von 25% auf 15%. Dabei haben die teuersten Varianten einen sehr hohen Anteil an Kraftstoffkosten (20% der Gesamtkosten),

ansonsten sind die Anteile von Kraftstoff- und Stromkosten etwa gleich hoch. Auch der Anteil der Kosten für Fahrzeuginstandhaltung fällt von 25% auf 20%.

- Die Kosten für Fahrzeuganschaffung und -amortisation haben mit Ausnahme der teuersten Varianten einen konstanten Anteil von 36%.
- Die Infrastrukturbenützungsentgelte fallen weniger deutlich als die anderen Kostenkomponenten, daher erhöht sich ihr Anteil von 9% auf 13%.
- Der einzige Posten, der auch absolut ein wenig steigt, sind die Fahrpersonalkosten, ihr Anteil beträgt im Fall der schlechtesten Varianten 6%, bei den effizientesten hingegen bereits 13%.

### 7.1.6 Kosten und sonstige Vor- und Nachteile der Varianten des Umbaus des Bahnknotens Brno; mögliches Stadtreregionalbahnsystem für Brno

Ein Spezifikum von Brno ist die Problematik der Kapazitäts- und Qualitätssteigerung des Bahnknotens mit der Frage der Lage des Hauptbahnhofs. Daher sind auch die Ergebnisse im Bereich Stadtreregionalbahn keinesfalls auf irgendwelche anderen Regionen übertragbar.

Die Variante mit der Verlegung des Hauptbahnhofs ist im kürzesten Zeithorizont (etwa bis zum Jahr 2015) inklusive der Kosten für Straßenbahnstrecken und zusätzliche Betriebsleistungen im öffentlichen Stadtverkehr um etwa 50% teurer als die Variante mit dem Bahnhofsumbau im Zentrum. Im mittleren Zeithorizont reduziert sich der Unterschied zwischen Bahnhofsverlegung und Neubau im Zentrum auf etwa 20% und der zeitlich unbestimmte, langfristige angestrebte Zustand ist in diesen zwei, bisher erwogenen Varianten fast gleich teuer.

Für die im Rahmen dieser Arbeit neu entworfene Variante eines vereinfachten Umbaus von Bahnknoten und Hauptbahnhof Brno mit Einführung einer Stadtreregionalbahn wurden inklusive der Zusatzkosten für Infrastruktur und Betrieb der Stadtreregionalbahn gegenüber der Neubauvariante im Zentrum kurzfristig etwas geringere (ca. 10%), mittelfristig ungefähr gleiche und langfristig viel (etwa 45%) geringere Kosten berechnet. Die Varianten sind allerdings qualitativ kaum vergleichbar. Beispielsweise würde der vereinfachte Bahnhofsumbau einen früheren Bau des Nord-Süd-Durchmessers bedeuten, allerdings eher in einer Minimalvariante.

Die Wahrscheinlichkeit größerer Abweichungen der Berechnungsergebnisse von der Wirklichkeit ist bei der Bewertung der Variante eines vereinfachten Bahnhofsumbaus in Relation zu seinem Neubau viel größer als bei den anderen Ergebnissen. Konkret sind folgende mögliche Fehlerquellen anzugeben:

- Verteilung der Fahrgäste zwischen Stadtreregionalbahn und Flügelschnellzügen (eventuell droht die Überlastung der Stadtreregionalbahn)
- Kosten für spezifische Infrastrukturausbauten für die Stadtreregionalbahn
- Kosten für die Zweisystemfahrzeuge (große Preisschwankungen wegen der kurzen Herstellungsgeschichte und einer geringen Anzahl an Beispielen)
- Einsparungen durch Kompensationseffekte der Stadtreregionalbahn durch Entlastung des sonstigen innerstädtischen öffentlichen Verkehrs
- Kosten für den vereinfachten Umbau des Hauptbahnhofs und der vorgeschlagenen Variante des Nord-Süd-Durchmessers im Vergleich zur Neubauvariante im Zentrum

## 7.2 Mögliche Abweichungen der Ergebnisse von der Realität und Übertragbarkeit der Ergebnisse auf andere Regionen

### 7.2.1 Weitere Plausibilitätsprüfungen der Ergebnisse

Abgesehen von den bei den einzelnen Streckenbündeln angeführten Referenzergebnissen (Zuschüsse für gemeinwirtschaftliche Leistungen und Primärenergieverbräuche) wurden noch folgende Plausibilitätsprüfungen der Ergebnisse durchgeführt:

1. Über den gesamten Lebenszyklus betragen die Wartungskosten im Fall des Hochgeschwindigkeitszugs ICE 1<sup>507</sup> 66% seiner Anschaffungskosten, bei den Stuttgarter Stadtbahnwagen DT8<sup>508</sup> ist dieses Verhältnis 1:2. In einer ähnlichen Größenordnung sind die Relationen zwischen Amortisations- und Wartungskosten auch bei den Ergebnissen der einzelnen Streckenbündel (siehe 7.1.5).

2. Gemäß Unterlagen von Siemens über die Wirtschaftlichkeit des Betriebs des Triebwagens Desiro Classic<sup>510</sup> setzen sich die spezifischen Kosten wie in Abbildung 148 dargestellt zusammen. Die geringeren Gesamtkosten, aber auch die höheren Anteile der Kosten für Traktionsenergie, Fahrpersonal und Infrastrukturbenützungsentgelte ist damit erklärbar, dass die Züge des Regional- und Vorortverkehrs im Südmährischen Kreis im Mittel länger sind, als der Triebzug Desiro Classic (daher geringere Bedeutung der Fahrpersonalkosten und der Entgelte für die Betriebsführung) und teilweise in elektrischer Traktion geführt werden (daher geringere Traktionsenergiekosten). In der zugrunde liegenden Rechnung wird von einer Umlaufgeschwindigkeit von 40 km/h ausgegangen, in der selben Größenordnung liegen auch die für die einzelnen Varianten errechneten Umlaufgeschwindigkeiten.
3. Auf den ersten Blick überraschend ist der geringe Anteil der Fahrpersonalkosten, immerhin ist die Eisenbahn für ihre hohen Personalkosten und häufige und umstrittene Versuche, diese zu senken, bekannt. Der Widerspruch zu den geringen Anteilen der unmittelbaren Lohnkosten der Betriebsvarianten, die in dieser Arbeit verglichen worden sind, lässt sich damit erklären, dass beispielsweise nur eine/r von zehn ÖBB-MitarbeiterInnen TriebfahrzeugführerIn ist<sup>511</sup>. Die Lohnkosten für die restlichen Beschäftigten verstecken sich entweder in anderen Posten (Infrastruktur, Fahrzeughaltung) oder betreffen überhaupt nicht berücksichtigte Kostenbestandteile (Fahrkartenverkauf und -kontrolle, Verwaltung) oder hängen überwiegend mit dem Güterverkehr zusammen (Verschub).

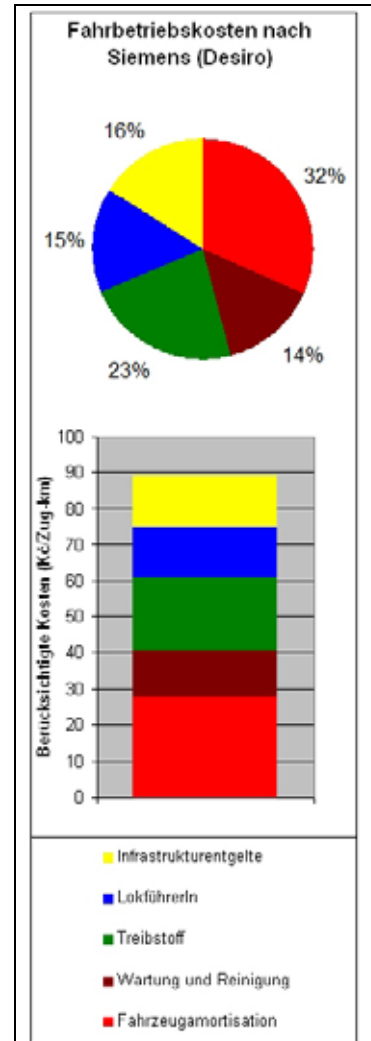


Abbildung 148: Kostenstruktur des Betriebs des Dieseltriebwagens Desiro Classic. Quelle: Siemens<sup>509</sup> Die Kosten sind auf den Preisstand des Jahres 2017 hochgerechnet.

## 7.2.2 Zuverlässigkeit der Ergebnisse im Hinblick auf mögliche Fehlerquellen

Den geringsten Zweifel gibt es beim Ergebnis, dass die Anpassung der Beförderungskapazität an die zeitlichen Schwankungen der Verkehrsnachfrage große Einsparungen in den Betriebskosten ermöglicht. Eine solche Anpassung spart gleich bei mehreren Kostenbestandteilen: Fahrzeugamortisation, Fahrzeugwartung, Traktionsenergie und Benützungsentgelte. Die Lohnkosten für zusätzliche, verschiebende TriebfahrzeugführerInnen und die Kosten für automatische Kupplungen sind in vernachlässigbarer Höhe. Eine größere Unsicherheit stellt in diesem Zusammenhang nur die Lebensdauer der Fahrzeuge und das Maß ihrer Abhängigkeit von der jährlichen Laufleistung dar, oder aber auch möglicherweise höhere spezifische Kosten kleinerer Fahrzeuge, obwohl bei den benutzten Beispielen von Fahrzeugpreisen keine solche Korrelation festzustellen war.

Mit größerer Unsicherheit behaftet ist die Grundannahme der Realisierung eines integralen Taktfahrplans (siehe 2.6.2) im Sinne der Perfektionierung der existierenden Elemente eines überregionalen integralen Takts und der Berücksichtigung der Prinzipien des integralen Takts innerhalb der Streckenbündel. In den benutzten Unterlagen<sup>512,513</sup> ist weder das Ziel eines integralen Taktfahrplans angeführt noch sind es einige erforderliche Infrastrukturausbauten. Für den Fall, dass der integrale Taktfahrplan nicht verwirklicht wird, hätte dies vermutlich größere Auswirkungen auf die Attraktivität des Angebots an Eisenbahnverkehr als auf seine Kosten: Am ehesten sind ohne integralen Takt längere Wendezeiten zu erwarten und somit höhere Kosten aufgrund eines großen Bedarfs an Fahrzeugen, die dafür eine geringere jährliche Laufleistung erbringen, aber auch wegen längerer ungenützter Arbeitszeit von TriebfahrzeugführerInnen. Das sollte aber keinen großen Einfluss auf die Ergebnisse im Ganzen haben, denn bei den einzelnen Varianten ist kein besonders enger Zusammenhang zwischen Umlaufgeschwindigkeit bzw. Ausnutzung des Fahrzeugparks und den Gesamtkosten festzustellen.

Die größte Wahrscheinlichkeit höherer Kosten infolge von Berechnungsunschärfen oder unerwarteten Realisierungshindernissen ist bei der Variante des vereinfachten Umbaus von Hauptbahnhof und Bahnknoten Brno mit Stadtrationalbahn zu erwarten:

- Die Machbarkeit der Fahrplan- und Betriebsvarianten mit Stadtrationalbahn hängt von der richtigen Schätzung der Anzahl an Fahrgästen in den Zügen zur Hauptverkehrszeit ab, welche wiederum beeinflusst wird durch die Steigerung der Fahrgastfrequenzen bis zum Zeithorizont der Arbeit, von den Tagesganglinien und der Verteilung der Fahrgastzahlen zwischen Stadtrationalbahnen und Schnellzügen. Um das Überfüllungsrisiko zu verringern, wurde mit keinerlei Stehplätzen gerechnet (mit diesen wäre eine Stadtrationalbahnvariante beispielsweise auch am Streckenbündel Südwest möglich gewesen)
- Weiters erfordern die kurzen Intervalle der Stadtrationalbahn insbesondere auf den Streckenbündeln Nordost und Nordwest Streckenkapazitäten, die möglicherweise nur mit größerem Aufwand zu erzielen sind.
- Eine gewisse Unsicherheit stellen auch die Kosten für variantenspezifische Infrastruktur sowie die Kompensationseffekte der Stadtrationalbahn dar, welche im Vergleich der Fahrplan- und Betriebsvarianten oft von entscheidender Bedeutung sind. Wegen dieser Ungenauigkeiten wurde insofern besonders vorsichtig vorgegangen, als die Kompensationseffekte eher pessimistisch berechnet wurden und von ihnen noch ein Drittel als „Sicherheitsfaktor“ abgezogen wurde.
- Die Machbarkeit des vereinfachten Umbaus selbst müsste noch einer Überprüfung unterzogen werden, etwa hinsichtlich der Statik des Bahnhausunterbaus und der exakten geometrischen Verhältnisse.
- Auch die Kostenschätzung des vereinfachten Umbaus hat noch nicht die erforderliche Genauigkeit, um eine Entscheidung über solch hohe Summen begründen zu können. Abgesehen von der verhältnismäßig groben Methodik der Abschätzung des baulichen Aufwands ist auch zu bedenken, dass als Grundlage für die Kostenschätzung die Kostenschätzungen der anderen Varianten dienen, sodass sich Fehler aus diesen fortpflanzen können.

### 7.2.3 Übertragbarkeit der Ergebnisse auf andere Regionen

Es ist anzunehmen, dass das Ergebnis eines großen Einsparungspotenzials durch zeitliche Anpassung der Beförderungskapazität, insbesondere durch Kapazitätsanpassung der einzelnen Züge, gut verallgemeinerbar ist. Die Ergebnisse sind für alle Streckenbündel mit Vorortverkehr ähnlich, den erheblichen Einsparungen an Fahrzeugamortisationskosten, Fahrzeugwartungskosten, Traktionsenergiekosten und Infrastrukturbenutzungsentgelten stehen eher vernachlässigbare zusätzliche Personalkosten für das Teilen, Abstellen und Verstärken von Garnituren gegenüber.

Dieses Ergebnis gilt daher wahrscheinlich für alle Fälle von Eisenbahnverkehr im weiteren Umland von Großstädten, wo die Verkehrsnachfrage durch starke Spitzen mit ausgeprägter Orientierung geprägt ist und Taktverkehr vorliegt. Die relative Bedeutung dieser Einsparungen kann jedoch erheblich vom Trassenpreissystem und dem Lohn- und Energiepreinsniveau beeinflusst werden. Eine wesentlich geringere Bedeutung der Möglichkeit des Verstärkens und Teilens von Garnituren ist in folgenden Fällen zu erwarten:

- Innerhalb großer Städte sind die Spitzen der Nachfrage einerseits insofern geringer, als der öffentliche Verkehr in größerem Ausmaß auch für andere Zwecke als die Fahrt zu Arbeit und Ausbildung verwendet wird, darüber hinaus sind die Spitzen nicht so eindeutig gerichtet – auch wenn die Arbeitsplätze im Zentrum oder den Handels- und Industriezonen der Stadt überwiegen, wird doch im Grunde genommen zwischen allen Stadtteilen zur Arbeit gefahren. Weiters herrscht hier nicht Takt-, sondern Intervallverkehr vor und in gewissen Grenzen bewirkt die Anpassung der Intervalle weder Probleme mit der Attraktivität des öffentlichen Verkehrsangebots noch mit der Einhaltung von Anschlüssen noch mit der Kapazität der Infrastruktur. Anders als im Regionalverkehr ist es im öffentlichen Stadtverkehr für die Fahrgäste auch akzeptabler, im Fahrzeug zu stehen.
- Aufgrund der zweiseitigen Nachfragecharakteristik ist die Notwendigkeit der Anpassung der Beförderungskapazität auch in polyzentrischen Regionen außerhalb des Umlands von Großstädten deutlich geringer; dies ist den Ergebnissen für das Streckenbündel Břeclav – Hodonín klar zu entnehmen.
- Im Fernverkehr ist die Situation gänzlich anders: Die Entfernungen und Fahrzeiten sind Großteils zu lang für tägliche Wege. Es gibt zwar auch hier gewisse Tages-, vor allem aber Wochenspitzen, ihre relative Bedeutung ist aber kleiner, denn es überlagern sich mehrere Fahrtzwecke: Anders als bei den täglichen Wegen zur Arbeit oder Ausbildung kann das Bedürfnis, auf Dienstreisen, Urlaub oder Besuche zu fahren zu verschiedenen Stunden des Tages oder Tagen der Woche auftreten. Wenn eine Linie des Fernverkehrs ähnlich große Städte miteinander verbindet, sind eventuelle Spitzen (morgens und abends oder am Wochenende) zweiseitige, während der Vorort- und Regionalverkehr eindeutig Umland und ländlichen Raum als vorwiegende Wohnregionen mit der Stadt verbindet, wo sich die Arbeitsplätze konzentrieren. Nicht zuletzt ist es im Fernverkehr durchaus realistisch, dass



## 7 Zusammenfassung, Genauigkeit und Übertragbarkeit der Ergebnisse

niedrigere Fahrpreise außerhalb der Hauptverkehrszeiten einen erheblichen Anteil der Fahrgäste dazu motivieren, Fahrten in Schwachlastzeiten zu verlegen oder aus Anlass einer solchen Aktion überhaupt Aktivitäten zu unternehmen, die mit Zugfahrten außerhalb der Stoßzeiten verbunden sind. Im Vorort- und Regionalverkehr wäre hingegen nicht einmal dann mit vollen Zügen morgens aus der Großstadt hinaus zu rechnen, wenn die Fahrt in diesen Zügen gratis wäre.

Die sonstigen Ergebnisse unterscheiden sich zwischen den Streckenbündeln doch so weit, dass sie für andere Regionen eher Möglichkeiten oder Wahrscheinlichkeiten andeuten – etwa dass es durchaus nützlich sein kann, wenn Fahrzeuge des Schnellzugsverkehrs mit Regionalverkehrsfahrzeugen kuppelbar sind, oder dass Hybridfahrzeuge meistens nicht effizienter sind als Elektrifizierung oder Dieselantrieb unter Fahrdraht. Der Nutzen der Durchbindung von Vorortezügen ist in größeren Städten (beispielsweise Wien, Praha, Warszawa, München) bestimmt größer als in Brno, da in Städten dieser Größenordnung die Fahrzeiten innerhalb der Stadt größere Bedeutung haben und daher die Verteilung der Umstiege auf mehrere Stationen größere Reisezeitgewinne, aber auch Betriebskosteneinsparungen im öffentlichen Stadtverkehr ermöglichen kann.

## 8 Empfehlungen: Schritte zu einem attraktiveren Regional- und Vorortverkehr zu akzeptablen Kosten

In diesem abschließenden Kapitel werden aus den Ergebnissen Empfehlungen für den südmährischen Kreis, die Stadt Brno und das Verkehrsministerium als zuständige Gebietskörperschaften, für Verkehrsunternehmen, Infrastruktureigentümer und –betreiber sowie für Schienenfahrzeughersteller abgeleitet.

### 8.1 Empfehlungen für Verkehrsunternehmen

Die wichtigste Empfehlung an die Verkehrsunternehmen ist, die Beförderungskapazität an die Tagesganglinie der Nachfrage anzupassen, und das tendenziell eher durch Kapazitätsanpassung der einzelnen Garnituren als durch Intervallanpassung. Über die erforderlichen Eigenschaften der Fahrzeuge siehe Kapitel 8.2 über Empfehlungen für Fahrzeughersteller.

Bei der Erneuerung des Fahrzeugparks ist aber auch insofern auf Flexibilität zu achten, dass sich, beispielsweise infolge demographischer Veränderungen oder geänderter Siedlungsstrukturen die erforderlichen Fahrzeugeigenschaften in einer bestimmten Region im Laufe der Nutzungsdauer der Fahrzeuge ändern können. Es sollte nicht dazu kommen, dass eine ineffiziente Fahrplan- und Betriebsvariante gewählt wird, weil eine günstigere Variante mit den Fahrzeugen, über die das Verkehrsunternehmen verfügt, nicht realisierbar ist. Eine Möglichkeit für mehr Flexibilität, insbesondere was die Kapazität der einzelnen Fahrzeuge betrifft, besteht in einer größeren Zahl relativ kleiner Fahrzeuge, aus denen Garnituren beliebiger Kapazität zusammengesetzt werden, weiters in der mittelfristigen Miete von Fahrzeugen, evtl. auch der Anschaffung von Fahrzeugen, die auch von anderen Verkehrsunternehmen in anderen Regionen, am besten auch im Ausland, eingesetzt werden können, sodass sie leichter verkauft werden können, falls sie veränderten örtlichen Gegebenheiten nicht mehr entsprechen.

### 8.2 Empfehlungen für Schienenfahrzeughersteller

Aus den Fahrplan- und Betriebsvarianten für den Südmährischen Kreis, die als effizienteste bewertet wurden, lassen sich auch einige Empfehlungen für Schienenfahrzeughersteller ableiten:

- Auf jeden Fall sollten Fahrzeuge für den Regional- und Vorortverkehr für das Verstärken und Teilen der Garnituren über den Tag geeignet sein. Das bedeutet zumindest automatische Kupplungen. Damit die Anpassung der Beförderungskapazität möglichst perfekt, betrieblich einfach und für die Fahrgäste komfortabel ist, sind aber auch noch andere Maßnahmen denkbar:
  - Kürzestmögliche Startzeiten für Verbrennungsmotoren und Bordelektronik können Kosten für verschiebende TriebfahrzeugführerInnen sparen und gegebenenfalls auch Wendezeiten verkürzen d.h. den teuren Bau von Schleifen ersparen. Am besten wäre es, wenn ein Dieseltriebwagen während einer Haltezeit von 1-2 Minuten eingeschaltet und angekuppelt werden könnte – damit wäre es in einigen Fällen möglich, eineN BeschäftigteN einzusparen, der/die in einer Stunde höchstens 5-10 Minuten Arbeit hat (Verschub und der Vorbereitung eines Teils einer Garnitur zur Verstärkung).
  - Auf einigen Streckenbündeln wurden Varianten als am effizientesten bewertet, die mit dem Einsatz kleinerer Fahrzeuge rechnen als derzeit erzeugt werden: zweiachsige Dieseltriebwagen oder vierachsige Elektrotriebwagen. Mit kleinen Fahrzeugen kann auch die Anpassung der Kapazität der Garnitur an die Inanspruchnahme am exaktesten vorgenommen werden. Um die Kosten und den Verbrauch an Fläche für Führerstände zu minimieren, wäre ein erhöhter Mittelführerstand denkbar.
  - Gleichzeitig wäre eine Durchgangsmöglichkeit zwischen den einzelnen Teilen einer teilbaren Garnitur wünschenswert, damit sich die Fahrgäste gleichmäßig im Zug verteilen können und nicht dadurch gestresst werden, dass sie in den richtigen Teil eines Flügels einsteigen müssen. Das könnte mit beweglichen Führerständen wie bei den

## 8 Empfehlungen: Schritte zu einem attraktiveren Regional- und Vorortverkehr zu akzeptablen Kosten

Reihen IC3/4 der dänischen<sup>514</sup> oder AM96 der belgischen Staatsbahnen<sup>515</sup> gelöst werden. Weitere denkbare Lösungen wären ein schmaler Führerstand neben dem Durchgang, eine Doppelstockkonstruktion mit Durchgang auf einem und Führerstand am anderen Geschoß oder der oben erwähnte Mittelführerstand.

- Abgesehen von der Möglichkeit der Anpassung der Beförderungskapazität während des Tages ist es auch wichtig, dass die Kapazität der einzelnen Einheiten so genau wie möglich der erwartbaren Belastung entspricht – sehr ineffizient ist bestimmt der Fall, wenn die Fahrgastzahl eines Zuges beispielsweise 240 Personen beträgt und der Zug mit einer Garnitur von 360 Plätzen geführt werden muss, weil nur Triebzügen mit drei Wagen und einer Kapazität von 180 Plätzen zur Verfügung stehen. Diese Anforderungen sind noch wichtiger im integralen Takt oder bei begrenzten Streckenkapazitäten, die keine Anpassung der Beförderungskapazität durch Intervallanpassung erlauben. In diesem Zusammenhang ist bereits der Trend positiv zu vermerken, dass die Hersteller auf der Grundlage modularer Konstruktionen Triebzüge mit variabler Anzahl an Gliedern anbieten, besser noch ist der Fall, wenn die Garnituren auch im Depot um ein Glied verlängert oder verkürzt werden können, beispielsweise über Nacht. Gegenüber Triebzügen ist die leichtere Anpassung der Zuglänge sicherlich ein Vorteil von Wendezügen, die aus einer Lokomotive, Zwischenwagen und einem Steuerwagen bestehen, diese sind jedoch weniger geeignet für die Kapazitätsanpassung während des Tages: Wenn die Lokomotive universell verwendbar sein soll, kann sie keine automatische Kupplung haben und nichtmotorisierte Wagen sind komplizierter zu verschieben und abzustellen.
- Einige der Varianten, die als besonders effizient bewertet wurden, insbesondere in den Varianten mit Stadtrationalbahn, sehen die Führung von Flügelzügen vor, die aus der elektrischen Garnitur eines Eil- oder Schnellzugs und Dieselmotoren, welche auf nicht elektrifizierte Seitenstrecken weiterfahren, bestehen. Auch in Varianten mit direkten Linien auf nicht elektrifizierte Strecken kann es zu solchen Zügen gemischter Traktion kommen, wenn die Kapazitäten der einzelnen Züge auch mit Teilen und Verstärken an Knotenbahnhöfen an die Tagesganglinie angepasst werden – beispielsweise wenn zur Hauptverkehrszeit eine Diesel- und eine Elektrogarnitur gemeinsam von Brno aus losfahren, die Elektrogarnitur jedoch in Šakvice abgekuppelt wird und die Dieselmotoren nach Hustopeče weiterfährt. Für einen solchen Betrieb wäre es wünschenswert, dass die Dieselmotoren von der Elektrogarnitur auch mit einer höheren Geschwindigkeit gezogen werden könnten als für Dieselmotoren üblich ist (insbesondere am Streckenbündel Südost, wo die Streckenhöchstgeschwindigkeit von 160 km/h ausgenutzt werden müsste, um die Anschlüsse in Brno und Břeclav einzuhalten). Die beste Variante wäre folgende: Der Dieselantrieb einer gemischten Garnitur ist im planmäßigen Betrieb ausgeschaltet, im Verspätungsfall jedoch könnte der Verbrennungsmotor in der Beschleunigungsphase mithelfen und danach ausgekuppelt werden, damit die Garnitur auch mit einer höheren Geschwindigkeit gezogen werden kann als dem Getriebe des Dieselmotors entspricht.
- Für das Funktionieren der gemischten Flügelzüge müssen verschiedene Fahrzeugreihen den gleichen Typ von automatischer Kupplung haben und diese auch in der selben Höhe. Das ist nicht selbstverständlich, denn das Scharfenberg-Patent ist zwar der verbreitetste grundsätzliche Typ von automatischer Kupplung<sup>516</sup>, die genauen geometrischen Verhältnisse sind jedoch derart verschieden, dass in der Regel nur Fahrzeuge der selben Baureihe gekuppelt werden können<sup>517</sup>. Eine einheitliche automatische Kupplung wäre genauso wie andere Elemente von Interoperabilität auch im Interesse der Vereinfachung eines späteren Verkaufs des Fahrzeugs wünschenswert, falls sich im ursprünglichen Einsatzgebiet Rahmenbedingungen ändern und andere Fahrzeuge geeigneter wären.
- Die Entwicklung von Hybridfahrzeugen im Sinne von Fahrzeugen mit elektrischen Fahrmotoren, Dieselmotoren und Leistungselektronik für Betrieb unter Fahrdracht lässt sich im Lichte der verglichenen Varianten und der Annahme, dass ein Hybridfahrzeug um 13% teurer ist, als eine Elektro- oder Dieselfahrzeug weder ernsthaft empfehlen, noch ablehnen. Die Varianten mit dem Einsatz solcher Hybridfahrzeuge haben bis auf wenige Ausnahmen höhere oder nur minimal niedrigere Kosten, als Varianten mit Elektrifizierung oder Einsatz von Dieselmotoren unter Fahrdracht. Denkbar wäre jedoch eine Lösung mit Hochleistungskondensatoren entweder überhaupt ohne Verbrennungsmotor (halbstationäre Traktion mit Aufladen der Kondensatoren während der Halte oder während der Fahrt unter Fahrdracht<sup>518</sup>), oder mit einem Verbrennungsmotor geringerer Leistung, mit dem nur der Luftwiderstand, Rollwiderstand und Steigungswiderstand überwunden werden müssen, während die erforderliche kinetische Energie zum Beschleunigen den Kondensatoren entnommen wird, die während des Bremsens aufgeladen werden. Ein solches Fahrzeug wäre zwar um die Kosten für die Kondensatoren teurer, gegenüber einem Hybridfahrzeug ohne Kondensatoren kann dafür der Verbrennungsmotor viel kleiner sein (auf ebenen Strecken würde bei einem vierachsigen

## 8 Empfehlungen: Schritte zu einem attraktiveren Regional- und Vorortverkehr zu akzeptablen Kosten

Triebwagen für eine Geschwindigkeit von 80 km/h eine Leistung von 90 kW ausreichen, was in der Größenordnung eines Pkw-Motors liegt) oder er entfällt überhaupt. Durch die elektrische Energiequelle für die Beschleunigung würde auch die Lärmbelastung der Anrainer in Haltestellennähe verringert. Ein weiteres Vorteil ist die Bremsenergieerückgewinnung auch auf nicht elektrifizierten Strecken bzw. auf elektrifizierten Strecken unter Bedingungen, die keine Rekuperation erlauben (derzeitige rechtliche Situation am Wechselstromnetz in Tschechien, ggf. fehlende Möglichkeit der Energieabnahme durch andere Fahrzeuge).

Die Entwicklung und Herstellung moderner Schienenfahrzeuge, die sich gut für einen effizienten Betrieb im Vorort- und Regionalverkehr eignen, könnte einen aus der Sicht des Schienenverkehrs positiven Einfluss auf die Arbeitsteilung zwischen Eisenbahn- und Autobusverkehr haben. Wenn Fahrzeuge für einen flexiblen Betrieb fehlen, ist es durchaus logisch, dass Nebenstrecken eingestellt werden:

- Wenn auf einer sehr schwach belasteten Strecke (maximale Fahrgastzahl der einzelnen Züge unter der Größe eines Autobuses) nur Dieseltriebwagen zum Umsteigebahnhof an der Hauptstrecke pendeln, kann den Fahrgästen praktisch das gleiche auch mit Autobussen angeboten werden, und zwar zu wesentlich geringeren Kosten, möglicherweise auch schneller mit besser zugänglichen Haltestellen. Als einzige Argumente für die Eisenbahn verbleiben (nach Erneuerung des Fahrzeugparks) der größere Komfort, einfachere Fahrrad- und Kinderwagenbeförderung, evtl. noch geringere Abhängigkeit von Wetter und Verkehrssituation.
- Ohne teilbare Garnituren kann es auch auf Strecken mit größerer Fahrgastfrequenz günstiger sein, zur Hauptverkehrszeit trotz eines höheren Bedarfs an Fahrpersonal gleich mehrere Autobusse zu führen, als den ganzen Tag über eine unangemessen große Zugsgarnitur zu verwenden. Zur Hauptverkehrszeit mit dem Zug und außerhalb davon mit dem Bus zu fahren ist wiederum für die Fahrgäste kompliziert und bedeutet die Ineffizienz eines doppelten Fahrzeugparks und schlecht ausgenutzter Streckenkapazitäten.
- Generell ist der Umstieg zwischen Haupt- und Nebenstrecke für die Fahrgäste unangenehm genug, so dass teilweise direkte Buslinien in die Stadt für sie interessanter sein können, wenn auch um den Preis geringeren Komforts und der Erschwernisse durch Staus in der Großstadt und an ihren Rändern.

Nur mittels kleinerer Fahrzeuge, die leicht und schnell gekuppelt werden können, gegebenenfalls auch mit einer elektrischen Schnellzugsgarnitur, kann die Eisenbahn schon von der Endstation einer Regionalbahn an bis in die Großstadt etwas anbieten, was Autobusse nicht können: umsteigefreie, komfortable Verbindungen, unabhängig von Staus an den Stadteinfahrten und dies zwar wahrscheinlich immer noch mit höheren Kosten als beim Bus, aber eindeutig finanziell wie auch ökologisch günstiger, als beim Betrieb mit großen Garnituren ohne Anpassung an die geografische und zeitliche Nachfragecharakteristik.

### 8.3 Empfehlungen für Besteller (Organisation des gemeinwirtschaftlichen Verkehrsangebots)

Das größte im Rahmen dieser Arbeit aufgespürte Einsparungspotenzial, die zeitliche Anpassung der Beförderungskapazität, liegt tendenziell in der Kompetenz der Verkehrsunternehmen, insbesondere wenn diese jeweils für ein ganzes Linienbündel verantwortlich sind. Im Hinblick auf die sehr begrenzten Einsparungsmöglichkeiten bei der Durchbindung von Linien durch Brno (Verknüpfung zweier Streckenbündel) ist es hingegen nicht erforderlich, dass im ganzen Kreis das selbe Verkehrsunternehmen tätig ist. Bei Ausschreibungen wäre es daher durchaus realistisch, die bestellten Leistungen in einzelne, übersichtliche Streckenbündel zu aufzuteilen. Die Losgrößen wären dabei folgende (Bandbreite der Betriebsleistungen nach Varianten):

- Streckenbündel Nord: 1,7 - 2,3 Mio. Zug-km pro Jahr
- Streckenbündel Nordost: 3,7 - 6,7 Mio. Zug-km pro Jahr
- Streckenbündel Südost: 2,3 - 3 Mio. Zug-km pro Jahr
- Streckenbündel Südwest: 2,9 - 3,7 Mio. Zug-km pro Jahr
- Streckenbündel Nordwest: 1,3 - 2 Mio. Zug-km pro Jahr
- Streckenbündel Břeclav - Hodonín: 1,6 - 2,2 Mio. Zug-km pro Jahr

## 8 Empfehlungen: Schritte zu einem attraktiveren Regional- und Vorortverkehr zu akzeptablen Kosten

Es handelt sich dabei nur um die Betriebsleistungen auf dem Territorium des südmährischen Kreises. Zur Vermeidung eines betrieblich unnötigen Umsteigezwangs an der Kreisgrenze sollten die Ausschreibungen jedoch auch einen Teil der Nachbarkreise einbeziehen.

Entgegen der häufig geäußerten Kritik, dass der Wettbewerb um öffentliche Aufträge im Bereich des öffentlichen Verkehrs Kostensenkungen nur zulasten der Beschäftigten oder der Attraktivität des Angebots ermöglicht, erlaubt die zeitliche Anpassung der Beförderungskapazität der einzelnen Züge deutliche Einsparungen bei gleicher Angebotsqualität, gleicher Beschäftigung und weniger Emissionen und Energieverbrauch. Die ohnehin schon ziemlich große Anzahl vergleichener Fahrplan- und Betriebsvarianten enthält übrigens bei weitem nicht alle denkbaren (und nicht offensichtlich unsinnigen) Varianten; beispielsweise gäbe es noch viel mehr Varianten der zeitlichen Kapazitätsanpassung bzw. in welche Haltestellen welche Züge halten sollen. Wenn die Ausschreibungsregeln verschiedene Fahrplanentwürfe ermöglichen und nicht nur auf der Basis der geringsten absoluten Kosten für eine exakt definierte Leistung entschieden wird, können sich die Angebote der Verkehrsunternehmen definitiv nicht nur in der Farbe von Fahrzeugen und Uniformen unterscheiden.

Im Fall, dass dem Verkehrsunternehmen kein fixes Entgelt für exakt definierte Leistungen gezahlt wird, ist jedenfalls von Abgeltungen für gemeinwirtschaftliche Leistungen nach Betriebsleistung in Platzkilometern abzuraten<sup>a</sup>, denn damit besteht für das Verkehrsunternehmen kein Anreiz, das vermutlich größte Kostensenkungspotenzial auszunutzen, und es fließen öffentliche Gelder dafür, dass unnötig lange Züge fahren. Viel effizienter wären Zuschüsse nach Betriebsleistung in Zugkilometern. Angesichts des hohen Anteils der Kosten, die mit der Zuglänge zusammenhängen (Fahrzeugamortisation und -wartung, teilweise Energieverbrauch und Infrastrukturentgelte), können diese jedoch dazu führen, dass Linien mit größeren Fahrgastfrequenzen für das Verkehrsunternehmen verlustreich wären, weil die variablen Kosten noch größer sind als die Fahrscheineinnahmen<sup>b</sup>. In diesem Fall ist eine zusätzliche Zahlung, die von der Anzahl Fahrgäste (genau genommen der Personenkilometer) abhängt, denkbar, was gleichzeitig eine Prämie für ein attraktives Angebot wäre<sup>c</sup>. Außerdem wäre es wünschenswert, dass die Verträge prognostizierte Fahrgastfrequenzen mit Tagesganglinien enthielten, die vom Verkehrsunternehmen mit der Beförderungskapazität abgedeckt werden müssen oder Sanktionen für häufige Überfüllung von Zügen.

Im Zusammenhang mit Ausschreibungen für gemeinwirtschaftliche Schienenverkehrsleistungen wird oft die im Vergleich zu einer angemessenen Vertragsdauer erheblich längere Lebensdauer der Fahrzeuge als problematisch angesehen. Als Lösung wird unter anderem vorgeschlagen, dass die Fahrzeuge vom Besteller beschafft und vom Verkehrsunternehmen nur benutzt würden. Aus folgenden Gründen erscheint jedoch die Miete aus einem Pool oder der Handel mit gebrauchten Fahrzeugen zwischen verschiedenen Verkehrsunternehmen, auch aus verschiedenen Regionen, effizienter:

- Es ist durchaus realistisch, dass sich im Lauf der Lebensdauer der Fahrzeuge die Siedlungsstruktur, die geographische Verteilung der Arbeitsplätze, die Verkehrsinfrastruktur oder die Fahrpläne in benachbarten Gebieten so ändern, dass es notwendig oder effizienter wird, das Betriebskonzept zu ändern und andere Fahrzeuge einzusetzen.
- Wenn der Besteller noch vor der Ausschreibung festlegt, welche Fahrzeuge verwendet werden, haben die teilnehmenden Verkehrsunternehmen wenig Freiheit in der Gestaltung der Angebote, wodurch sich das Einsparungspotenzial durch ein effizienteres Betriebskonzept des Gewinners reduziert.

Im Fall der Miete aus einem Pool wäre es wünschenswert, dass die Methode der Mietenberechnung so gut wie möglich den Faktoren entspricht, die die tatsächlichen Amortisationskosten bestimmen. Das bedeutet insbesondere nicht nur eine fixe Miete pro Zeit, sie sollte auch eine von der Laufleistung abhängige Komponente enthalten. Allerdings wird wahrscheinlich ohnehin der Pool selbst, der naturgemäß an einer langen Lebensdauer seiner Fahrzeuge interessiert ist, die Einbeziehung der Laufleistung verlangen.

Um die Vorteile der Einbindung der Schnellzüge in den Regionalverkehr auszunutzen, ist eine gewisse Koordination durch das Verkehrsministerium als Besteller des Schnellzugsverkehrs mit den Organisatoren des öffentlichen Verkehrs auf Kreisebene notwendig. Im Fall von aus Schnellzügen und Nahverkehrszügen gebildeten Flügelzügen muss das Verkehrsministerium vom Verkehrsunternehmen auch die Einhaltung technischer Bedingungen einfordern, insbesondere was die Kompatibilität von

<sup>a</sup> Eine solche platzkilometerabhängige Komponente gibt es bei der Einnahmenaufteilungsregelung im österreichischen Verkehrsverbund Ostregion.

<sup>b</sup> Tatsächlich sind die Abgeltungen für gemeinwirtschaftliche Leistungen in Tschechien im Schnellzugsverkehr höher, als im Regionalverkehr

<sup>c</sup> kann auch als Subvention der Fahrscheine verstanden werden

Kupplung und Mehrfachsteuerung betrifft – das könnte eine Gelegenheit sein, Standardabmessungen von Kupplungen festzulegen, möglicherweise zusammen mit der Slowakei, evtl. auch Polen und Ungarn. Zumindest in Tschechien und der Slowakei könnte jetzt der richtige Zeitpunkt für einen solchen Versuch der Vereinheitlichung der automatischen Kupplungen sein, denn derzeit gibt es in beiden Ländern jeweils nur einen modernen Fahrzeugtyp, der mit automatischen Kupplungen ausgestattet ist, und zwar die Reihen ČD 471/071/971 und ŽSSK 840<sup>a</sup>. Darüber hinaus muss man sich auf ein Entgelt einigen, dass das Regionalverkehrsunternehmen dem Schnellzugsverkehrsunternehmen für die Beförderung eines Teils des Flügelzugs bezahlt.

Während die einzelnen Streckenbündel betrieblich relativ einfach auf mehrere Verkehrsunternehmen aufgeteilt werden können, ist das Koordinationserfordernis bei Fahrplänen und Tarifen wesentlich größer. Auch wenn die Streckenbündel so definiert wurden, dass es möglichst wenig Fahrgäste gibt, die zwischen den einzelnen Bündeln umsteigen, werden jedenfalls die Stadtverkehrsmittel vor allem in Brno, aber beispielsweise auch in Břeclav, von Fahrgästen benützt, die von verschiedenen Streckenbündeln kommen. Wesentlich schwieriger als die Abgrenzung von Streckenbündeln ist daher die Abgrenzung von Verkehrsverbänden: Abgesehen von den bestehenden Problemen an der nordwestlichen Kreisgrenze (Mangelhafte Berücksichtigung der Verkehrsbeziehungen über die Kreisgrenze, siehe 2.2) wäre auch die Grenze der Kreise Südmähren und Zlín als Verbundgrenze sehr problematisch (starke Verkehrsbeziehungen entlang der Marchniederung in der Achse Břeclav – Hodonín – Veselí nad Moravou – Uherské Hradiště). Im langfristigen Ausblick, wenn einmal ganz Tschechien mit Verkehrsverbänden abgedeckt sein wird, sind drei prinzipielle Lösungen denkbar:

- Von den Kreisen ausgehende, jedoch teilweise an die Kreisgrenzen überschreitenden Einzugsgebiete der Zentren angepasste Verbundgebiete – beispielsweise mit einem Ausläufer des Verkehrsverbands Südmähren auf das Gebiet der Vysočina und vielleicht umgekehrt mit Ausläufern der Verkehrsverbände Zlín, gegebenenfalls auch Olomouc, auf südmährisches Gebiet.
- Ein großer „Südost“-Verkehrsverbund, der den Südmährischen Kreis, die Vysočina und den Kreis Zlín abdeckt, so wie sich auch der Verkehrsverbund um Praha nicht nur auf das Gebiet der Hauptstadt Praha, sondern auch auf den Mittelböhmischen Kreis ausdehnt.
- Kleinere Verkehrsverbände, die sich an den Einzugsgebieten auch kleinerer Städte orientieren: In diesem Sinne wäre der bestehende Verkehrsverbund Südmähren nur der Brünner Verkehrsverbund, benachbart könnte ein Verkehrsverbund in der Marche Ebene von Břeclav bis Zlín oder weiter bestehen, eventuell auch einer um Znojmo oder ein Verkehrsverbund Třebíč-Jihlava.

Wie auch immer die einzelnen Verkehrsverbände voneinander abgegrenzt werden, eine gewisse Zusammenarbeit ist aufgrund der natürlichen Überlagerungen von Pendlerströmen und Einzugsgebieten benachbarter Städte unvermeidlich. Angemessene Kooperationsformen können sich dabei je nach Funktion des Verkehrsverbands unterscheiden:

- Die Fahrpläne müssen jedenfalls gemeinsam erstellt werden, wobei auch Anschlüsse an überregionalen Verkehr zu berücksichtigen sind.
- Zwecks Verkehrsorganisation im Sinne der Vertragsbeziehungen zu den Verkehrsunternehmen können ganze Linien einem Verkehrsverbund zugeteilt werden, auch wenn sie sich teilweise im Gebiet des benachbarten Verbundes befinden.
- Tariflich ist eine Überlappung benachbarter Verkehrsverbände leicht möglich, im Sinne der Gültigkeit von Fahrscheinen beider Verbände je nach dem, in bzw. aus welchem Verbund die Reise führt.

### **8.4 Empfehlungen für die Stadt Brno (Umbau des Bahnknotens und Linienführung in der Stadt)**

Angesichts der großen Unsicherheiten bei den Berechnungen, aber auch der großen qualitativen Unterschiede wäre es nicht seriös, die Stadtröhenbahn und den vereinfachten Umbau des Hauptbahnhofs als die effizientere Variante im Vergleich zum Neubau im Zentrum oder der Bahnhofsverlegung zu empfehlen. Insbesondere im Fall weiterer Komplikationen bei Auswahl und

---

<sup>a</sup> Nicht berücksichtigt wurden die Typen Desiro und Regio Sprinter, die vom Ausland her nach Tschechien einfahren.

## 8 Empfehlungen: Schritte zu einem attraktiveren Regional- und Vorortverkehr zu akzeptablen Kosten

Vorbereitung einer der zwei derzeit erwogenen Varianten, oder auch bei der Kofinanzierung aus EU-Fonds, ist jedoch zu empfehlen, die Variante mit Stadtregionalbahn und vereinfachtem Umbau des Hauptbahnhofs im Zentrum genauer auszuarbeiten, ihre Machbarkeit zu überprüfen und ihre ökonomische Effizienz zu bewerten, die nicht besser sein muss, aber durchaus besser sein kann, als die der bisher erwogenen Varianten. Eine solche genauere Analyse müsste jedenfalls ernsthafte Prognosen der Fahrgastfrequenzen aller betroffenen Linien des öffentlichen Verkehrs (Eisenbahn und innerstädtischer Verkehr) mit einem verlässlichen, mit realen Fahrgastzahlen kalibrierten Verkehrsnachfragemodell enthalten. Ein weiterer wichtiger Bestandteil wäre eine Simulation der betrieblichen Machbarkeit der Fahrplan- und Betriebsvarianten mit Stadtregionalbahn mit besonderem Augenmerk auf die Streckenkapazitäten. Darüber hinaus wäre es erforderlich, die Baukosten genauer abzuschätzen, und zwar sowohl die des eigentlichen Umbaus von Bahnknoten und Hauptbahnhof als auch die der Stadtregionalbahninfrastruktur.

Aus der Sicht der Ergebnisse dieser Arbeit, ist das Vorhaben<sup>519</sup>, dass im Rahmen des Verkehrsverbunds die einzelnen Linien des Vorortverkehrs nach dem S-Bahn-Prinzip durch Brno durchgebunden werden sollen, skeptisch zu sehen. In der Vergleichsanalyse der Varianten des Umbaus des Bahnknotens Brno ist angeführt, dass die „diametralen Relationen am ČD-Netz vernachlässigbar sind und das auch weiterhin bleiben werden“. Der Anteil der Fahrgäste, die auf dem Weg in die oder aus der Region an einer anderen Haltestelle als am Hauptbahnhof umsteigen, soll sich zwar von 8-10 bis auf 15% erhöhen<sup>520</sup>, es ist aber einleuchtend, dass sich ein S-Bahn-System in Brno, insbesondere auf den bestehenden Strecken in suboptimaler Lage, nicht in dem selben Ausmaß bewähren würde, wie in viel größeren Städten wie Wien, München oder Stuttgart. Auch zu erwarten, dass die meisten der nicht am Hauptbahnhof umsteigenden Fahrgäste vom Umland aus gesehen vor dem Hauptbahnhof umsteigen (beispielsweise jene aus Tišnov in Brno – Královo Pole), als nach dem Hauptbahnhof: Liegt das eigentliche Fahrtziel vor dem Hauptbahnhof, spart das Umsteigen an einer anderen Station die Fahrt mit dem Zug zum Hauptbahnhof und mit dem innerstädtischen öffentlichen Verkehr zurück, liegt das Fahrtziel hinter dem Hauptbahnhof, liegt der Nutzen des Umsteigen an einer anderen Station höchstens an einer höheren Fahrgeschwindigkeit der Züge gegenüber dem innerstädtischen öffentlichen Verkehr. Daher wird auch in der Vergleichsanalyse der Varianten des Umbaus des Bahnknotens Brno festgestellt, dass diese Durchbindung vor allem aus betrieblichen Gründen angestrebt wird, als im Interesse der Fahrgäste. Der Hauptbahnhof sollte eher eine Durchfahrthaltestelle sein, als ein Bahnhof mit Wenden von Zügen<sup>521</sup>. Im Rahmen der Berechnungen dieser Arbeit wurden jedoch nur in vereinzelten Fällen der Verknüpfung gegenüberliegender Radialstrecken begrenzte Einsparungsmöglichkeiten gefunden (siehe 5.8.3), und das nur bei generell ineffizienten Varianten ohne zeitliche Anpassung der Beförderungskapazität bzw. nur wenn komplizierte, möglicherweise sogar unrealisierbare Verschubbewegungen in Brno hl.n. eingeplant würden. Ansonsten zeigte jedoch, dass die mittlere Auslastung der Beförderungskapazitäten, welche durch zeitliche Anpassung dieser Kapazitäten beeinflussbar ist, auf die Betriebskosten einen größeren Einfluss hat, als Umlaufgeschwindigkeit und Ausnützung des Fahrzeugparks, welche durch den Entfall von Wendezeiten beeinflusst werden können. Von der Durchbindung von Zügen durch Brno wäre jedoch eine erhebliche Verschlechterung der mittleren Auslastung der Beförderungskapazitäten zu erwarten:

- Wie die Berechnungen der erwogenen Varianten der Verknüpfung einiger Linien zeigten, sind die erforderlichen Kapazitäten auf den einzelnen Ästen oft sehr unterschiedlich, nicht nur aus Gründen der Fahrgastfrequenzen der jeweiligen Strecken insgesamt, sondern auch wegen verschiedener Fahrplanmodelle (Intervalle, Einbindung der Schnellzüge etc.). Die Durchbindung von Zügen gleicher Größe bringt daher naturgemäß überflüssige Betriebsleistungen in Platzkilometern.
- Bei der Durchfahrt durch Brno ändert sich freilich auch die zeitliche Nachfragecharakteristik: Ein Zug, der auf einem Ast in der Richtung der Hauptverkehrszeit fährt, setzt seine Fahrt am anderen Ast gegen die Richtung der Spitze fort. Es ist daher nicht möglich, dass die verstärkenden Garnituren tagsüber in Brno verbleiben, sie können nur in der Region abgekuppelt werden. Aufgrund der verdoppelten Umlaufzeit ist die zeitliche Anpassung der Beförderungskapazitäten nur wesentlich grober machbar.

Beide Nachteile könnten vermieden werden, wenn die Garnituren am Hauptbahnhof geteilt würden, dies würde jedoch die gleichen Verschubbewegungen bedeuten, deretwegen die Durchbindung angestrebt wird.

Ein weiterer Nachteil einer solchen Durchbindung liegt darin, dass durch die Anpassung der Ankunfts- und Abfahrtszeiten der gegenüberliegenden Streckenbündel die Bildung von Anschlüssen im integralen Takt in der Region erschwert wird.

Als Alternativlösung, die zumindest teilweise ebenso die Verschubbewegungen vom Hauptbahnhof wegbringt und das Umsteigen auch auf anderen Stationen ermöglicht, empfiehlt sich für Brno die folgende Führung der Züge:

- Durchbindung der Züge mit Fernverkehrsbedeutung (insbesondere Schnellzüge auf der Relation Břeclav – Tišnov), gegebenenfalls auch anderer Züge, wenn das Einsparungen an Fahrzeugen oder Personal ermöglicht. Das erfordert jedoch oft das Teilen und Verstärken der Garnituren am Hauptbahnhof
- Im Falle kurzer Zeiten zwischen Ankunft und Abfahrt aus der selben Richtung Wende am Hauptbahnhof
- In den anderen Fällen Weiterfahrt zum gegenüberliegenden Abstellbahnhof (neuer Abstellbahnhof Süd bzw. Židenice/Maloměřice) mit Einrichtung einer neuen Haltestelle im Bereich des südlichen Abstellbahnhofs mit guter Anbindung an den innerstädtischen öffentlichen Verkehr.

### 8.5 Empfehlungen für den Südmährischen Kreis (Entwicklung des Streckennetzes des Eisenbahnpersonenverkehrs)

Im Zusammenhang mit dem integralen Takt gibt es auf der Strecke 240 verschiedene Varianten, mit welchen Infrastrukturmaßnahmen die erforderlichen Fahrzeiten erzielt werden können (zweigleisiger Ausbau einiger Abschnitte versus Beschleunigung und Ausweichen – siehe 5.5.2) Die Auswahl einer Variante würde genauere Analysen der erforderlichen Bauten und ihrer Kosten erfordern. Generell wäre es wünschenswert, dass die sich die Planung von Infrastrukturausbauten in höherem Maße an einem angestrebten Fahrplan inklusive Anschlüssen orientiert und nicht nur an den Fahrzeiten auf den einzelnen Abschnitten.

Auf der Strecke 244 Střelice – Hrušovany nad Jevišovkou ist durch den Einsatz moderner Dieselmotoren eine ähnliche Beschleunigung wie mit Elektrifizierung (die im Generel dopravy als unangemessen teuer bewertet wurde) und zusammen mit kleineren Ausbaumaßnahmen am Streckenabschnitt Hrušovany nad Jevišovkou – Valtice die Realisierung eines integralen Takts mit den symmetrischen Taktknoten Střelice und Hrušovany möglich. Daher ist es gerechtfertigt, dass die Strecke 244 auf ihrer ganzen Länge im Personenverkehr in Betrieb bleibt.

Ebenso wird vom Verfasser der Wiederaufbau des Grenzübergangs Hevlín – Laa/Thaya empfohlen, der eine kuriose Lücke im Eisenbahnnetz, ein „Überbleibsel des Eisernen Vorhangs“, beseitigen würde. Die Argumentation, dass die Einnahmen auf dem betroffenen Abschnitt die Baukosten nicht rechtfertigen, sind zunächst für die Fahrgäste und die Öffentlichkeit gänzlich unverständlich (wer würde so die ökonomische Effizienz jedes zwei Kilometer langen Abschnitts im Bahn- oder gar im Straßennetz berechnen?). Außerdem wurden dabei nicht die zusätzlichen Einnahmen auf den restlichen Strecken und Abschnitten berücksichtigt, die auf längere Fahrten zurückgehen, welche durch die neue Verbindung ermöglicht werden. Eine gewisse Synergie wäre dadurch erzielbar, dass die Garnituren des Umlaufs Hrušovany nad Jevišovkou – Laa/Thaya im Rahmen ihrer Wendezeit auch noch den Abschnitt Laa/Thaya – Laa/Thaya Stadt mit Anschluss an die (elektrischen) Züge nach Wien bedienen würden.

Im Rahmen der Integration des Gebiets Břeclav – Hodonín in den Verkehrsverbund Südmähren empfiehlt sich die Einbindung der Schnellzüge auf der Strecke 250 Brno – Břeclav (Verdichtung mit Eilzügen auf einen Halbstundentakt beschleunigter Züge Brno – Břeclav, Flügelzüge) und die Führung von direkten Zügen Brno-Hodonín. Damit würde sich die Fahrzeit Brno-Hodonín von derzeit 75-80 Minuten per Bus (bis auf einige Ausnahmen) auf eine Stunde verkürzen. Weiters würde damit der Autobus-Parallelverkehr zur Strecke 255 im Abschnitt Hodonín – Čejč beendet. Daher wird empfohlen, das Vorhaben der Einstellung des Personenverkehrs auf diesem Abschnitt zu überdenken. Die im Rahmen dieser Arbeit entworfene Variante der Reorganisation des Schienenverkehrs im Bereich von Hodonín und Dubňany würde eine relativ attraktive Anbindung von Dubňany (neuer Bahnhof in der Nähe des Stadtzentrums) an den Eisenbahnverkehr, aber auch eine neue, gegenüber dem Zustand vor der Einstellung unvergleichlich attraktivere Verbindung Hodonín – Dubňany – Kyjov, sowie eine gute Verbindung zwischen den slowakischen Städten Holíč und Skalica einerseits und dem tschechischen Hodonín und Veselí nad Moravou andererseits ermöglichen. Die angeführten Vorteile kosten jährlich (inklusive der Amortisationskosten der Infrastrukturausbauten, aber auch Einsparungen im Busverkehr) etwa 45 Mio. Kč (Preisstand 2017) – ob diese Summe besser in dieses Projekt, in den öffentlichen Verkehr anderswo oder in andere öffentliche Dienstleistungen investiert werden soll, ist eine Frage für die verantwortlichen Organe des Kreises und der betroffenen Städte und Gemeinden.

Im Fall der Schleife Boskovice ist die Situation ähnlich, die Investitionskosten werden auf etwa 300 Mio. Kč<sup>522</sup> geschätzt, das entspricht Amortisationskosten von etwa 16 Mio. Kč jährlich (Preisstand 2017). Die Verbindung Lhota-Rapotina – Boskovice (Einmündung der Strecke nach Boskovice aus Richtung Brno) verkürzt den Weg um etwa 2 km<sup>523</sup>, der Ersatz des Halts mit Wende in Skalice durch einen Halt in der neuen Haltestelle spart angesichts der Möglichkeit schnelleren Wendens mit modernen Fahrzeugen



möglicherweise weniger Zeit als bisher angenommen, es verbessert sich jedoch die Erschließung von Lhota-Rapotina. Ein Ausbau der Schleife Boskovice ohne Umsteigemöglichkeit auf die Strecke 260 in Lhota-Rapotina würde jedoch die Bildung eines integralen Takts erschweren – es wäre dann unmöglich, den Anschluss Boskovice – Česká Třebová, die wünschenswerten Anschlüsse in Česká Třebová und kurze Wendezeiten in Boskovice, Letovice, Brno und evtl. Blansko einzuhalten.

Die Elektrifizierung der Strecke Skalice nad Svitavou – Boskovice (oder der Schleife Boskovice) ist gerechtfertigt, falls die Variante mit direkten Linien gewählt wird (absolut am günstigsten, nicht jedoch in spezifischen Kosten pro Betriebsleistung). Auf den Strecken Hrušovany u Brna – Židlochovice und Šakvice – Hustopeče ist die Elektrifizierung ebenso günstiger als der Betrieb mit Hybrid- oder Dieselfahrzeugen auf der Hauptstrecke bis Brno; noch günstiger, allerdings organisatorisch schwieriger sind traktionsmäßig gemischte Flügelzüge. Auf der Strecke Tišnov – Nedvědice und weiter ist die Elektrifizierung nur im Fall der Realisierung einer nicht allzu wahrscheinlichen Variante gerechtfertigt.

## 8.6 Empfehlungen für den Staat (Steuerpolitik)

Aus einem Verbrennungsmotor in einem Schienenfahrzeug gewonnene Endenergie ist derzeit etwa vier Mal so teuer wie jene aus der Fahrleitung. Ein so hoher Unterschied überrascht insofern, als ein großer Teil der elektrischen Energie aus fossilen Energieträgern gewonnen wird, insbesondere der sogenannte „Grenzstrom“, d.h. zusätzlich benötigte Energie, denn Kernkraftwerke und Wasserkraftwerke sind immer in Betrieb, Gaskraftwerke nur bei Bedarf. In Deutschland beträgt der mittlere Wirkungsgrad der Stromerzeugung und Verteilung 32%<sup>524</sup>, der Primärenergieverbrauch pro Endenergieeinheit ist daher nicht um viel niedriger als bei Dieseltraktion. Im Hinblick auf den Primärenergieverbrauch wäre daher bei Elektrotraktion im Vergleich zur Dieseltraktion mindestens der halbe Endenergiepreis angemessen, und dies noch ohne Kosten für Fahrleitungs- und Umspannanlagen im Eisenbahnbereich. Ein möglicher Grund für einen so hohen Unterschied ist die Dieselbesteuerung. Aus ökologischer Hinsicht ist die Dieselbesteuerung für Eisenbahnfahrzeuge in derart hohem Ausmaß nicht gerechtfertigt, denn der gleiche Verbrauch an Fossilenergieträgern wird bei einem kalorischen Kraftwerk weit weniger besteuert als über beim Verbrennungsmotor eines Schienenfahrzeugs. Es ist zwar möglich, dass Kraftwerke bessere Abgasreinigungsanlagen haben als Diesel-Triebfahrzeuge, dafür gibt es aber auch Kohlekraftwerke mit weit höheren spezifischen CO<sub>2</sub>-Emissionen. Die überdurchschnittliche Besteuerung von Treibstoffen ist beim MIV gerechtfertigt, wo mit dieser Steuer nicht nur die Luftverschmutzung besteuert wird, sondern auch die Straßenbenützung, die Lärmemissionen und das Verkehrsunfallrisiko. Beim Eisenbahnverkehr, der bereits Infrastrukturbenützungsentgelte zahlt und ein viel geringeres Unfallrisiko aufweist, benachteiligt sie hingegen ungerechtfertigt den Eisenbahnverkehr mit Dieselfahrzeugen gegenüber dem Straßenverkehr und dem elektrischen Bahnverkehr. Es wird daher empfohlen, die Steuern auf Diesel für die Eisenbahn zu senken.

## 8.7 Empfehlungen für den Eigentümer und Betreiber der Bahnstrecken

Sehr dringend werden die vertraglichen, legislativen und gegebenenfalls technischen Maßnahmen zur Ermöglichung der Rekuperation auch im Wechselstromsystem des tschechischen Bahnnetzes empfohlen. Auf den elektrifizierten Strecken des Südmährischen Kreises könnten etwa 15-20% der gesamten elektrischen Traktionsenergie rekuperiert werden, was die Position des Eisenbahnverkehrs sowohl finanziell als auch ökologisch verbessern würde.

Sehr wünschenswert wären weiters klare Regeln für eine effiziente Arbeitsteilung zwischen Verkehrsunternehmen und Infrastrukturbetreiber im Verschubbereich, ansonsten droht eine ineffiziente Auslastung von Arbeitskräften beim Teilen und Verstärken von Garnituren, wenn es nicht möglich ist, dass ein Teil der Garnitur von der/dem TriebfahrzeugführerIn des Zuges abgestellt wird. Ähnlich unpräzise geregelt ist übrigens auch die Versorgung mit Traktionsenergie, und zwar für elektrische gleichermaßen wie für Treibstoff.