

# DIPLOMARBEIT

## Optimierung der Eisenbahnstrecke Marktredwitz – Oberkotzau – Hof im Zuge der Elektrifizierung

### BEARBEITER



Name: Oliver Bayer  
Geboren am/in: 07.04.1991 in Worms  
Studium: Verkehrsingenieurwesen, Immatrikulationsjahrgang 2010

### BETREUER

Betreuender Hochschullehrer: Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Fengler  
Weitere Betreuer: Dipl.-Ing. Michael Otto  
Dipl.-Ing. Matthias Hoffeld (DB Netz AG)

### AUFGABE

Im Zuge der Elektrifizierung der Eisenbahnstrecke Marktredwitz – Oberkotzau – Hof und weiter in Richtung Regensburg und Nürnberg soll sich der Fahrzeugeinsatz ändern. Da nach derzeitigem Stand keine Nahverkehrstriebwagen mit Neigetechnik auf dem Markt für Eisenbahnfahrzeuge verfügbar sind, müssen die Regionalverkehrsleistungen von dieselbetriebenen Neigetechnikzügen auf konventionelle elektrische Fahrzeuge umgestellt werden, wodurch die Betriebsgeschwindigkeit der Strecke Marktredwitz – Hof von 160 km/h auf 130 km/h sinkt.

Darauf aufbauend sind folgende Arbeitsschritte zu erledigen:

- Recherche der Ist-Fahrzeiten (2015) und Analyse der Fahrzeitelemente sowie Berechnung der Prognose-Fahrzeiten im Zielhorizont 2030 auf den Relationen Dresden/Leipzig – Plauen – Hof – Marktredwitz – Nürnberg/Regensburg bei unveränderter Trassierung vor und nach der Elektrifizierung der Streckenabschnitte in Bayern,
- die Fahrzeiten im Zielhorizont sollen für folgende Fahrzeugarten berechnet werden:
  - SPNV: lokbespannte Doppelstockzüge sowie Triebzüge Talent II und Desiro,
  - SPFV: lokbespannte Doppelstockzüge und Triebzüge ICE-T (mit Neigetechnik)
- Recherche der heutigen Umsteigebeziehungen in den Taktknoten (2015), Einholen der Lage der Taktknoten nach Eröffnung der VDE 8 und Prognose von sinnvollen Anschlussbeziehungen im Fernverkehr im Zielhorizont 2030,
- Darstellung und Bewertung der Auswirkungen von Elektrifizierung und Beendigung des Neigetechnikbetriebes hinsichtlich Fahrzeitverlängerung und Verlust von Anschlussbeziehungen,
- Ableitung sinnvoller Zielfahrzeiten für die Abschnitte Marktredwitz – Hof, Marktredwitz – Nürnberg und Marktredwitz – Regensburg
- Erarbeitung von Maßnahmen zur lokalen Erhöhung der örtlich zulässigen Geschwindigkeit sowie ggf. weiterer fahrzeitreduzierender Maßnahmen im Abschnitt Marktredwitz – Oberkotzau – Hof vor dem Hintergrund möglichst geringer Kosten,
- abschätzende Anwendung der im Abschnitt Marktredwitz – Hof gewonnenen Erkenntnisse zur Fahrzeitreduzierung auf die übrigen Streckenäste im Hinblick auf den dort potenziell möglichen Umfang der Fahrzeitreduzierung und deren Konsequenzen
- Bewertung der Einzelvorschläge nach Fahrzeiteffekt, Kosten und Risiken sowie Bestimmung von konkreten Vorzugsmaßnahmen.

### Thesen

- (1) Mit der Umstellung des Fahrzeugeinsatzes von dieselbetriebenen Neigetechnikfahrzeugen auf konventionelle elektrische Fahrzeuge auf den Relationen Hof – Nürnberg und Hof – Regensburg verlängert sich die Fahrzeit dieser.
- (2) Durch die Fahrzeitverlängerungen können Anschlussverbindungen nicht gewährleistet werden.
- (3) Der Verlust von Anschlussverbindungen bedeutet die Unterbrechung überregionaler Reiseketten
- (4) Die Beseitigung von Geschwindigkeitseinbrüchen im derzeitigen Geschwindigkeitsband kann die Fahrzeitverlängerungen nicht auffangen.
- (5) Die derzeit zugelassene Streckengeschwindigkeit reizt nicht alle Möglichkeiten der Linienführung aus.
- (6) Fahrzeitverlängerungen können nicht durch Maßnahmen, die die Linienführung nicht wesentlich verändern, aufgefangen werden.
- (7) Die Befreiung eines durch nicht linienverändernde Maßnahmen angepassten Geschwindigkeitsbandes von Geschwindigkeitseinbrüchen kann die Fahrzeitverlängerungen nicht auffangen.
- (8) Linienverändernde Maßnahmen haben ein schlechteres Kosten-Nutzen-Verhältnis als nicht linienverändernde Maßnahmen.
- (9) Die Nichtanwendung des Bauzuschlags kann ich Verbindung mit nicht linienverändernden Maßnahmen Fahrzeitverlängerungen, die zum Verlust von Anschlussverbindungen führen, auffangen.

### Zielhorizont 2030

Zur Darstellung der Effekte der Elektrifizierung der Strecken Hof – Marktredwitz – Regensburg und Hof – Marktredwitz – Nürnberg werden die Fahrzeiten im Zielhorizont dafür modelliert. Hierzu wurden folgende Annahmen getroffen:

- Elektrifizierung der Strecken Hof – Marktredwitz – Regensburg und Hof – Marktredwitz – Nürnberg
- Keine Änderung der Trassierung und des Geschwindigkeitsbands

Berechnet werden die Fahrzeiten für folgende Fahrzeugbaureihen:

- Triebzug „Talent II“, Baureihe 442.2
- Triebzug „FLIRT 3“, Baureihe 429
- lokbespannter Doppelstockzug mit vier (Strecke nach Regensburg) bzw. 3 (Strecke nach Nürnberg) Doppelstockwagen
- Triebzug ICE-T, Baureihe 415 (Neigetechnikvergleich)

Die Berechnungen zeigen, dass die Umstellung vom dieselbetriebenen Neigetechniktriebwagen (Baureihe 612) auf konventionelle elektrische Triebzüge zur Fahrzeitverlängerungen im Bereich von 8% - 9% führen. Der elektrische Neigetechniktriebzug der Baureihe 415 verkürzt die Fahrzeiten der Baureihe 612 um ca. 5%.

Auf der Relation Hof – Regensburg wirkt sich die Fahrzeitverlängerung durch den Einsatz der konventionellen elektrischen Fahrzeuge nicht auf Anschlussverbindungen aus. Im Vergleich zu den ALX-Zügen, die das Rückgrat im schnellen Regionalverkehr auf dieser Relation darstellen, verkürzen sich die Fahrzeiten. Auch mit konventionellen elektrischen Fahrzeugen können die Taktknoten in Regensburg, Weiden und Hof erreicht werden.

Auf der Relation Hof – Marktredwitz – Nürnberg verkürzen sich die Reisezeiten mit Umstellung des Fahrzeugeinsatzes. Dies begründet sich allerdings in einem anderen Haltregime (Entfall der Halte in Neuhaus (Pegnitz) und Pegnitz) sowie durch die Verkürzung von Aufenthaltszeiten zur Anschlussaufnahme. Die Fahrzeiten zwischen den einzelnen Stationen verlängern sich mit Umstellung des Fahrzeugeinsatzes.

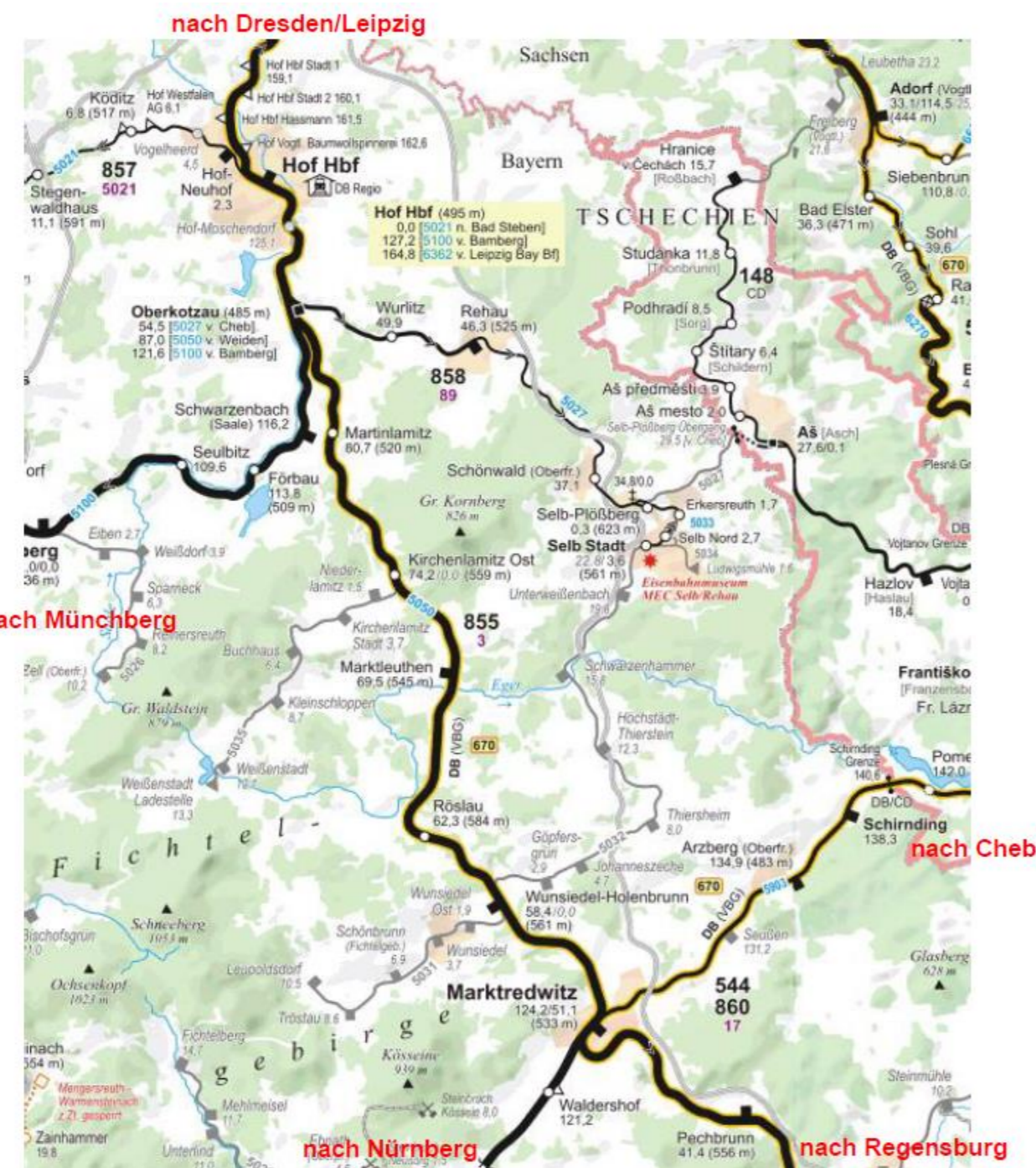
Gleichzeitig ändert sich mit Inbetriebnahme der Neubaustrecke VDE 8.1 Nürnberg – Ebersfeld – Erfurt die Lage des Taktknoten in Nürnberg. Liegt der Taktknoten in Nürnberg im Jahr 2030 bei Minute '00, liegt dieser in Hof bei Minute '30. Mit einer Reisezeit von ca. 1:40 h können nicht beide Taktknoten erreicht werden. Zur Teilnahme an beiden Taktknoten müssen pro Richtung 14 Minuten Fahrzeit eingespart werden, davon entfallen 3,5 Minuten auf dem Abschnitt Hof – Marktredwitz.

### Streckenbeschreibung

Bei der Strecke Marktredwitz – Oberkotzau – Hof handelt es sich um eine zweigleisige, regelspurige und zur Zeit nicht elektrifizierte Eisenbahnstrecke in Nordostbayern. Die Strecke unterteilt sich in zwei Strecken nach VzG:

- Strecke 5050 (Weiden -) Marktredwitz – Oberkotzau
- Strecke 5100 (Bamberg -) Oberkotzau – Hof

Die Strecke ist 41,5 km lang und zusätzlich zur PZB auch mit GNT ausgerüstet. Im Neigetechnikbetrieb werden Geschwindigkeiten bis 160 km/h erreicht, im konventionellen Betrieb beträgt die Höchstgeschwindigkeit 130 km/h. Die DB Netz AG ist Eigentümer und betriebsführendes Eisenbahninfrastrukturunternehmen.



Quelle: Schweers+Wall: Eisenbahnatlas Deutschland, 8. Auflage

### Zugprogramm 2016

Im Fahrplanjahr 2016 verkehren vier Linien im Personenverkehr auf der Strecke Marktredwitz – Oberkotzau – Hof:

- ALX Hof – Regensburg – München
- RE Hof – Regensburg (einzelne Züge)
- RE Hof – Marktredwitz – Nürnberg
- Agilis Hof – Marktredwitz – Bayreuth (Halt überall)

Die RE-Züge verkehren dabei jeweils mit Dieseltriebwagen der Baureihe 612 im Neigetechnikbetrieb. Die RE Hof – Regensburg, die nur vereinzelt verkehren, schließen dabei Taktlücken der ALX. Die ALX-Züge verkehren als diesellokbespannte Reisezüge ohne Neigetechnik. Agilis setzt auf der Linie Bayreuth – Marktredwitz – Hof Triebwagen der Baureihe 650 ein, die ebenfalls über keine Neigetechnik verfügen.

Die Fahrzeiten der Züge, die ohne Halt zwischen Marktredwitz und Hof verkehren (RE und ALX), wurden im Softwaretool FBS und Anwendung des Regelzuschlags nach Ril 402.0301A01 Tabelle der Regelzuschläge der DB Netz AG und der Bauzuschläge aus der Übersicht der Bauzuschläge für das Fahrplanjahr 2016 nachmodelliert. Die Untersuchung zeigt, dass die nachmodellierten Fahrzeiten im Bereich der realen Fahrzeiten liegen. Abweichungen lassen sich durch abweichende Halte oder Trassenkonflikte erklären.

Auf der Relation Dresden – Hof erbringt seit Juni 2016 die Mitteldeutsche Regiobahn MRB alle Leistungen im schnellen Regionalverkehr. Eingesetzt werden elektrische Triebwagen der Baureihe 1440 ohne Neigetechnik. Die Fahrzeiten der Züge entsprechen denen der lokbespannten Doppelstockzüge, die bis Juni 2016 dort verkehrten.

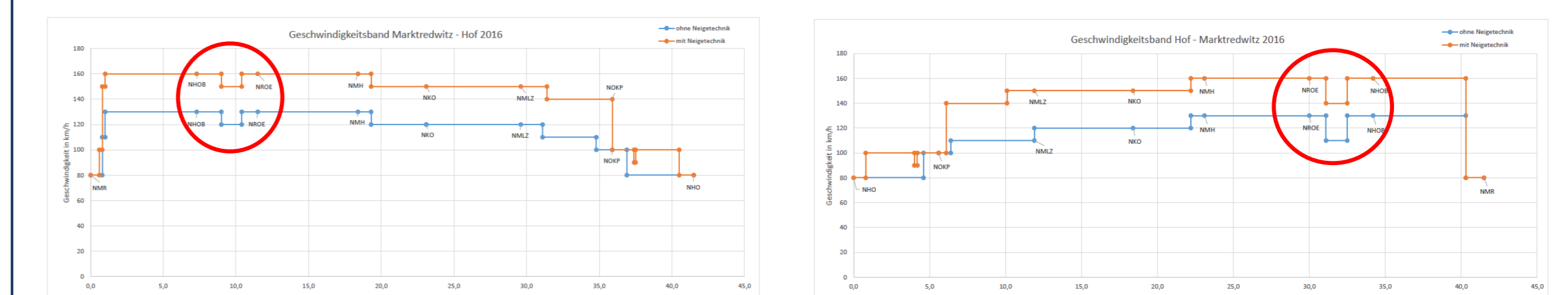
Auf der Strecke Hof – Leipzig über Gera erbringt seit Juni 2012 die Erfurter Bahn alle Nahverkehrsleistungen mit Triebwagen der Baureihe 650.

In Hof ist im Fahrplanjahr 2016 ein Taktknoten zur Minute '30 eingerichtet, an dem alle Linien des schnellen Regionalverkehrs teilnehmen. Entsprechend der Fahrzeit von etwa 20 – 25 Minuten zwischen Hof und Marktredwitz ist im Bahnhof Marktredwitz ein Taktknoten zur Minute '00 eingerichtet, an dem ebenfalls alle Linien des schnellen Regionalverkehrs teilnehmen und der auch stündlich Anschluss im grenzüberschreitenden Verkehr nach Cheb bietet.

In Nürnberg sind zur Minute '00 und '30 zwei Taktknoten eingerichtet, wobei letzterer von mehr Zügen als erster angefahren wird. Hier besteht von und nach Hof Anschluss in alle Richtungen. Im Bahnhof Regensburg Hbf ist hingegen kein Taktknoten erkennbar. Die ALX-Züge von Hof sind über Regensburg hinaus durchgebunden, weitere kurze Anschlüsse bestehen nur von und nach Ingolstadt.

### Optimierung der Infrastruktur

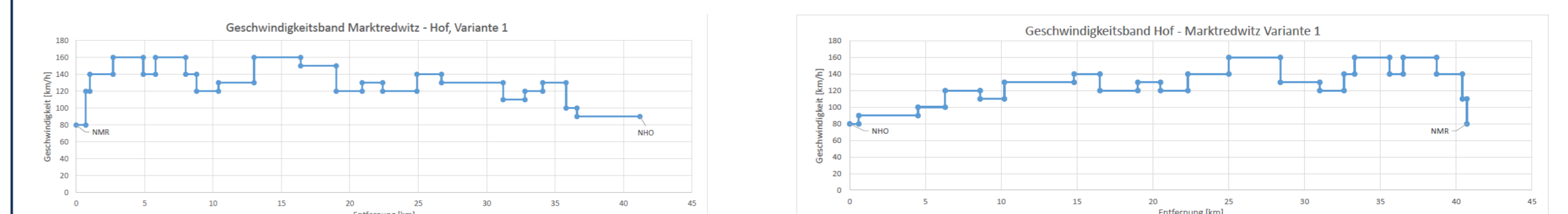
Zur Erreichung der nötigen Fahrzeitverkürzung von 3,5 Minuten wird zunächst die Beseitigung von Geschwindigkeitseinbrüchen im Geschwindigkeitsband geprüft.



Die Beseitigung dieser Geschwindigkeitseinbrüche verkürzt die Fahrzeit um 0,1 Minuten

Zur weiteren Untersuchung wurden drei Varianten erarbeitet:

Die Variante 1 untersucht Potentiale ohne Änderung der Gleisachse. Hierzu wurden zunächst alle Bögen erfasst und die maximale Geschwindigkeit unter Ausnutzung aller Grenzwerte bestimmt. Gerade Abschnitte wurden mit 160 km/h bewertet. Unter Beachtung anderer Einschränkungen (bspw. Überhöhungen im Bahnsteigbereich) und der Bereinigung um fahrdynamisch nicht erreichbare Geschwindigkeiten entstand ein neues Geschwindigkeitsband, das eine Fahrzeiterparnis von 1,8 Minuten (Richtung Hof – Marktredwitz) bzw. 2,0 Minuten (Richtung Marktredwitz – Hof) erlaubt.



In Variante 2 wurden Linienverbesserungen untersucht, die zu einer Änderung der Gleisachse (Aufweitung von Bögen) führen. Basis hierzu ist das Geschwindigkeitsband aus Variante 1, das nicht um fahrdynamisch nicht erreichbare Geschwindigkeiten bereinigt ist. Die Beseitigung von 5 Geschwindigkeitseinbrüchen verkürzt die Fahrzeit um insgesamt 0,6 Minuten je Richtung.

Variante 3 schlägt die Abschaffung des Bauzuschlags vor, wodurch 1,1 Minuten gespart werden können. Hierzu sind allerdings Kompensationsmaßnahmen erforderlich, um die Fahrplanstabilität zu erhalten.

Die Kombination aus Variante 1 und 3 kann die Fahrzeit in dem Maße verkürzen, dass die Teilnahme der RE-Züge an den Taktknoten in Nürnberg und Hof möglich wird. Übertragen auf die restliche Strecke nach Nürnberg lassen sich zwischen Nürnberg und Hof so insgesamt 14,6 Minuten und in der Gegenrichtung 13,8 Minuten einsparen.

### Fazit

Die Untersuchungen haben gezeigt, dass sich die Fahrzeiten mit Einsatz der konventionellen elektrischen Regionalverkehrstriebwagen im Vergleich zu den dieselgetriebenen Neigetechnikzügen verlängern. Auf der Relation Hof – Regensburg hat dies jedoch keine Auswirkungen auf Anschlussverbindungen, auf der Relation Hof – Nürnberg gehen hingegen Anschlüsse verloren. Dieser Umstand begründet sich allerdings aus einer Änderung der Taktknoten statt auf der Verlängerung der Fahrzeiten. Auf der Gesamtstrecke müssen zur Beseitigung dieses Missstandes 14 Minuten Fahrzeit eingespart werden, wovon 3,5 Minuten auf den Abschnitt Hof – Marktredwitz entfallen. Die Maßnahmen aus Variante 1 in Kombination mit Variante 3 führen zu einer Fahrzeitverkürzung von 3,5 Minuten aus diesem Abschnitt.