



INNOVATIONSREGION
MITTELDEUTSCHLAND

ENDBERICHT

SCHIENENINFRASTRUKTUR DREILÄNDERECK

Schieneninfrastruktur für den Güter- und Personenverkehr im Dreiländereck der Innovationsregion Mitteldeutschland

NEUE WEGE FÜR INNOVATION UND WERTSCHÖPFUNG

Strukturwandel in der Innovationsregion Mitteldeutschland

10.02.2022

Ein Projekt der



METROPOLREGION
MITTELDEUTSCHLAND



7 Landkreise und 2 Städte
in 3 Bundesländern mit
2 Mio. Einwohnern



Impulse für Innovation und Wertschöpfung im Mitteldeutschen Revier

Im Strukturwandelprojekt „Innovationsregion Mitteldeutschland“ entwickelt die Europäische Metropolregion Mitteldeutschland (EMMD) gemeinsam mit den Landkreisen Altenburger Land, Anhalt-Bitterfeld, Burgenlandkreis, Leipzig, Mansfeld-Südharz, Nordsachsen und Saalekreis und den Städten Halle (Saale) und Leipzig neue Strategien und Projekte für Innovation und Wertschöpfung, um den Strukturwandel in der Region aktiv zu gestalten.

Bearbeitung

Railistics GmbH
Bahnhofstr. 36
65185 Wiesbaden
+49 611 / 477 88-0
info@railistics.de

www.railistics.de

in Kooperation mit

Prof. Dr. Matthias Gather
Verkehrspolitik & Raumplanung
Augustinerstr. 34
99084 Erfurt

www.vur-erfurt.de

Gefördert aus Mitteln der Bundesrepublik Deutschland, des Freistaates Sachsen, des Landes Sachsen-Anhalt und des Freistaates Thüringen im Rahmen der Gemeinschaftsaufgabe: "Verbesserung der regionalen Wirtschaftsinfrastruktur".

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis.....	III
Abbildungsverzeichnis	V
Tabellenverzeichnis.....	VI
Abkürzungsverzeichnis.....	VII
Management Summary	1
1 Einleitung und Hintergrund	9
2 Fragestellungen.....	12
2.1 Arbeitspaket 1: Güter- und Personenverkehr im Großraum Zeitz	12
2.2 Arbeitspaket 2: Personenverkehr und Versuchsstrecke zwischen Meuselwitz und Regis-Breitingen	13
2.3 Arbeitspaket 3: Personen- und Güterverkehr Groitzsch/Zwenkau	13
2.4 Arbeitspaket 4: Personenverkehr Böhlen – Espenhain/Thierbach.....	13
2.5 Arbeitspaket 5: Standort Profen	14
3 Methodisches Vorgehen	15
3.1 Infrastrukturanalyse und Investitionskosten	16
3.2 Betriebskonzepte.....	17
3.3 Nachfrageabschätzung.....	18
3.4 Nutzen-Kosten-Untersuchung im SPNV in Anlehnung an die standardisierte Bewertung	20
4 Status Quo der Schieneninfrastruktur und des ÖV-Angebots	23
4.1 Status Quo im Korridor Zeitz – Altenburg (AP 1).....	23
4.2 Status Quo im Korridor Meuselwitz – Regis-Breitingen (AP 2).....	26
4.3 Status Quo in der Region Groitzsch/Zwenkau (AP 3)	27
4.4 Status Quo im Korridor Böhlen – Espenhain/Thierbach (AP 4)	28
4.5 Status Quo Standort Profen (AP 5).....	30

5	Potenziale zur Reaktivierung von Bahnstrecken im SPNV.....	31
5.1	Strecken mit Reaktivierungspotenzial	31
5.2	Strecken ohne Reaktivierungspotenzial	37
6	Alternative Antriebe im ÖPNV.....	47
6.1	Alternative Antriebslösungen im Bereich Schienenfahrzeuge	47
6.2	Alternative Antriebslösungen im Busverkehr.....	49
6.3	Empfehlung.....	55
7	Alternative Mobilitätskonzepte.....	56
7.1	Seilbahn.....	56
7.2	On-Demand-Lösungen	59
7.3	Autonomes Fahren	60
8	Schienenfahrzeugzentrum Profen (AP 5).....	68
8.1	Vorhandene Teststrecken und Schienenfahrzeugzentren.....	68
8.2	Anforderungen an Testzentren und Teststrecken	69
8.3	Werkstätten und Fahrzeuginstandhaltung.....	71
8.4	Empfehlungen und Potenziale für den Standort Profen	74
9	Gesamthafte Betrachtung & Fazit.....	76
9.1	Weitergehende Schritte.....	76
9.2	Zusammenhänge zwischen den Arbeitspaketen	77
9.3	Fazit und Ausblick	78
	Literaturverzeichnis	80
	Anhang.....	88

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Übersicht der verschiedenen Arbeitspakete	2
Abbildung 1-1: Übersichtskarte des Untersuchungsraums	9
Abbildung 1-2: Historische Entwicklung der Schieneninfrastruktur im Untersuchungsraum	10
Abbildung 3-1: Methodisches Vorgehen in Anlehnung an die standardisierte Bewertung	15
Abbildung 3-2: Abschätzung der Verkehrsnachfrage	19
Abbildung 4-1: Rechtliche Charakteristika der Eisenbahninfrastruktur	29
Abbildung 4-2: Übersicht der Bus-Bahn-Verbindungen im Untersuchungsraum	30
Abbildung 5-1: Übersicht Trassenvarianten S-Bahn Verlängerung bis Zwenkau/Groitzsch	34
Abbildung 8-1: Bewertung der Marktkapazitäten der Instandhaltung von Güterwagen ..	72
Abbildung 8-2: Herausforderungen für neue Wartungseinrichtungen von Güterwagen	72

Tabellenverzeichnis

Tabelle 4-1: Übersicht über die rechtlichen Rahmenbedingungen entlang der Strecke Zeititz – Altenburg	24
Tabelle 5-1: Förderprogramme im SGV im Bereich Infrastruktur.....	32
Tabelle 5-7: Verlagerungswirkung und Potenziale nach S-Bahnverlängerung AP 3.....	36
Tabelle 5-8: Maßgebliche Kenndaten als Eingangsgröße für die NKU von AP 3.....	36
Tabelle 5-2: Zusammenfassung der Investitionskosten für Zeititz – Altenburg.....	38
Tabelle 5-3: Übersicht Fahrplanvarianten AP 1.....	39
Tabelle 5-4: Verlagerungswirkung und Potenziale nach SPNV-Reaktivierung in AP 1.....	39
Tabelle 5-5: Untersuchte Varianten in der NKU für AP 1.....	40
Tabelle 5-6: Ergebnis Nutzen-Kosten-Analyse alle Varianten von AP 1.....	40
Tabelle 5-9: Zusammenfassung der Investitionskosten für AP 2	42
Tabelle 5-10: Nachfrage und durchschnittliche Streckenbelegung auf der Kohlebahn....	43
Tabelle 5-11: Kenngrößen des Betriebskonzeptes für die NKU	43
Tabelle 5-12: Übersicht Investitionskosten im Abschnitt Böhlen – Espenhain (AP 4).....	44
Tabelle 5-13 Nachfragepotenziale bei S-Bahn Verlängerung.....	45
Tabelle 6-1: Charakteristik vorhandener alternativer Antriebe im SPNV	47
Tabelle 6-2: Alternative Antriebe im Straßenbahnbereich.....	48
Tabelle 6-3: Übersicht spezifische Kenndaten Batteriebusse	50
Tabelle 6-4: Übersicht spezifische Kenndaten Brennstoffzellenbusse	51
Tabelle 6-5: Übersicht spezifische Kenndaten Oberleitungsbusse.....	52
Tabelle 6-6: Optimierte Buskonzepte mit Schnellbussen.....	52
Tabelle 6-7: Reisezeiteinsparungen bei optimiertem Busangebot Zwenkau/Groitzsch..	53
Tabelle 6-8: Kenndaten der Fahrplanvarianten für Busse mit alternativen Antrieben	53
Tabelle 7-1: Zusammenfassung Planungsvarianten Seilbahn	58
Tabelle 7-2 Auswahl an Projekten mit autonom fahrenden Bussen	61
Tabelle 7-3 Auswahl an autonom fahrenden Bustypen	62
Tabelle 7-4: Automatisierungsgrade nach UITP	63
Tabelle 7-5: Unterschiede zwischen ATO nach EBO und BOStrab.....	64
Tabelle 8-1: Beispielrechnung der ECM Mehrkosten	74

Abkürzungsverzeichnis

AEG	Allgemeines Eisenbahngesetz
AFB	Automatische Fahr- und Bremssteuerung
AP	Arbeitspaket
ATO	Automatic Train Operation
BMVI	Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur
BOA	Verordnung über den Bau und Betrieb von Anschlussbahnen
BRE	Bayerische Regionaleisenbahn
BSZ	Brennstoffzelle
BVWP	Bundesverkehrswegeplan
DRE	Deutsche Regionaleisenbahn
EBO	Eisenbahnbau- und Betriebsordnung
ECM	„Entity in Charge of Maintenance“ = die für die Instandhaltung zuständige Stelle
ERegG	Eisenbahnregulierungsgesetz
FBS	Fahrplanbearbeitungssystem
GVFG	Gemeindeverkehrsfinanzierungsgesetz
iRFP	Institut für Regional- und Fernverkehrsplanung
KEP-Dienstleistungen	Kurier-, Express- und Paketdienst - Dienstleistungen
KV	Kombinierter Verkehr
LKW	Lastkraftwagen
LMBV	Lausitzer und Mitteldeutsche Bergbau-Verwaltungsgesellschaft mbH
LST	Leit- und Sicherungstechnik
LZB	Linienförmige Zugbeeinflussung
MDV	Mitteldeutscher Verkehrsverbund
MIBRAG	Mitteldeutsche Braunkohlengesellschaft
MIV	motorisierter Individualverkehr
NKU	Nutzen-Kosten-Untersuchung
NKV	Nutzen-Kosten-Verhältnis
Obus	Oberleitungsbus
ÖPNV	Öffentlicher Personennahverkehr

ÖV	Öffentlicher Verkehr
Rbf	Rangierbahnhof
RIN	Richtlinien für integrierte Netzgestaltung
SGV	Schienengüterverkehr
SPNV	Schienenpersonennahverkehr
ThürBPBahnG	Thüringer Bergbahn- und Parkeisenbahngesetz
TLBV	Thüringer Landesamt für Bauen und Verkehr
UITP	Internationaler Verband für öffentliches Verkehrswesen
USP	unique selling point = Alleinstellungsmerkmal

Management Summary

Die Innovationsregion Mitteldeutschland erstreckt sich über sieben Landkreise und zwei Städte und über die Bundesländer Sachsen-Anhalt, Thüringen und Sachsen. Im Einzugsgebiet wohnen rund 2 Mio. Menschen.

Das Projekt Schieneninfrastruktur ist ein Teilprojekt der Gesamtregion. Dabei wurden vordergründig aufbauend auf einer Bestandsanalyse mögliche Reaktivierungspotenziale für Schienenstrecken im Personen- und Güterverkehr untersucht. Weiterhin wurden alternative Mobilitätslösungen und Antriebskonzepte tiefergehend analysiert und ihr Einsatz auf bestimmten Strecken in der Region bewertet. Das Projekt Schieneninfrastruktur gliedert sich in fünf unterschiedliche Arbeitspakete.

Methodisches Vorgehen

Die Ermittlung von Reaktivierungspotenzialen für Schienenstrecken für regelmäßige Personenverkehre erfolgte nach einer einheitlichen Methodik. Aufbauend auf einer Begutachtung der infrastrukturellen Verhältnisse vor Ort erfolgte eine Investitionskostenabschätzung auf Grundlage vorliegender Kenndaten. Dabei wurde sich vordergründig am Kostenkennwertekatalog der DB Netze orientiert. Mit Blick auf die gültige Verfahrensanleitung zur Standardisierten Bewertung von Verkehrswegeinvestitionen im ÖPNV aus dem Jahr 2016 wurden die Investitionskosten entsprechend auf das Bezugsjahr 2016 ermittelt. Projekte mit einem Nutzen-Kosten-Quotienten über 1 gelten aus volkswirtschaftlicher Sicht als zielführend und werden durch Mittel aus dem Gemeindeverkehrsfinanzierungsgesetz (GVFG) gefördert.

Die Nutzen-Kosten-Untersuchung (NKU) erfolgte in Anlehnung an die standardisierte Bewertung mit Nutzung der standardisierten Kostenansätze und Nutzenindikatoren aus der Verfahrensanleitung. Als Eingangsgröße dienen neben den Investitionskosten die Fahrgastpotenziale, die durch eine Reaktivierung oder Optimierung von Strecken resultieren.

Hinweis:

Die für die NKU ermittelten Investitionskosten entsprechen nicht den heute realistischen Kosten, die nach Erfahrung der regionalen Aufgabenträgern zu erwarten sind. Die Investitionskosten mit Kostenstand 2016 sind deutlich geringer, als die heute zu erwartenden Investitionskosten und dienen im Rahmen dieses Projektes lediglich als vergleichbare Eingangsgrößen gemäß der Verfahrensanleitung der standardisierten Bewertung und sorgen für eine einheitliche Bewertung der Projekte im Rahmen dieser Studie.

Die Abschätzung der Fahrgastnachfrage erfolgte durch ein vereinfachtes Verkehrsnachfrageverfahren unter Berücksichtigung der jeweiligen Strukturdaten in der Region. Zur Ermittlung der Reisezeiteinsparungen und des Fahrzeugbedarfs als Bestandteil des Betriebskonzeptes wurde das Fahrplanbearbeitungssystem FBS verwendet. Als Planungsgrundlage für das Betriebskonzept wurde der Deutschlandtakt unterstellt. Durch die Nutzung des Programmes konnten die Fahrzeiten, Umläufe und der notwendige Fahrzeugbedarf ermittelt werden.

Neben der Untersuchung der Reaktivierung von Bahnstrecken für regelmäßige Schienenpersonenverkehre wurden auch innovative Mobilitätskonzepte wie Seilbahnlösungen oder On-Demand Angebote im ÖPNV in der Untersuchung betrachtet.

Die nachfolgende Abbildung 1 bietet eine Übersicht über die Arbeitspakete und die darin enthaltenen Kernfragen.

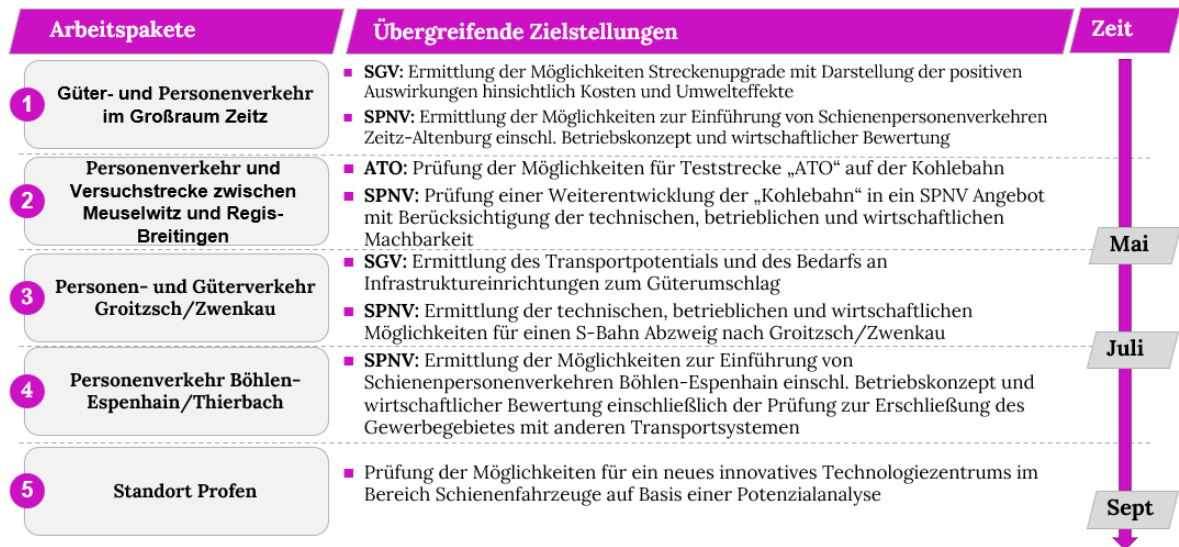


Abbildung 1: Übersicht der verschiedenen Arbeitspakete

Quelle: Eigene Darstellung

Kernergebnisse AP1

Auf der Bahnstrecke Zeitz – Altenburg findet heute sporadischer Güterverkehr statt. Personenverkehr ist aus rechtlicher und betrieblicher Sicht nicht möglich. Die vom BMVI entwickelten Richtlinien für integrierte Netzgestaltung (RIN) sehen für Verbindungen zwischen Oberzentren (Altenburg ist als Mittelzentrum mit Teilfunktionen eines Oberzentrums ausgewiesen) mindestens eine SPNV-Verbindung, zwischen zwei Mittelzentren (wie Zeitz) eine SPNV-Verbindung oder eine Regionalbusverbindung vor. Aktuell ist die Bahnstrecke Zeitz – Altenburg für die Bedarfe in keinem adäquaten Zustand. Grundvoraussetzung für die Einführung von regelmäßigen SPNV-Verbindungen ist die Änderung des rechtlichen Status sowie die signaltechnische Ausstattung der Strecke. Außerdem müssen Bahnübergänge für den SPNV ertüchtigt werden. Ebenfalls müssen Langsamfahrstellen beseitigt und der Oberbau teilweise angepasst werden, um höhere Geschwindigkeiten zu ermöglichen. Zur Erreichbarkeit ist die Errichtung von Haltestellen mit Bahnsteigen und Zuwegen erforderlich.

Nach Signalisierung der Strecke und den erforderlichen Anpassungen am Unter- und Oberbau kann problemlos eine maximale Geschwindigkeit von 80 km/h erreicht werden. Höhere Geschwindigkeiten erfordern größere Maßnahmen an der Infrastruktur bei einem geringen verkehrlichen Nutzen. Die Grobkalkulation hat ein Investitionsvolumen von 20 Millionen € ergeben (Kostenstand 2016). In der Vorzugsvariante (Stundentakt mit optimalen Anschlüssen bei Einschränkung des parallelen Busangebotes) ergibt sich daraus ein Potenzial von insgesamt knapp 840 Personenfahrten bzw. bis zu 587 Personenfahrten im Streckendurchschnitt.

Für eine stündliche Taktung mit einer guten Anbindung an Leipzig müssen zwei Fahrzeuge zum Einsatz kommen. Die Reisezeit von Zeitz nach Altenburg wird um etwa 30 Minuten im Vergleich des Status-Quo bei Nutzung des ÖPNV (bei Betrachtung von Bahnhof zu Bahnhof) reduziert. Die Lage der Bahnhöfe und Haltepunkte orientiert sich an den bestehenden Siedlungsschwerpunkten, doch kann aufgrund der großflächigen Orte besonders in Zeitz und Altenburg nicht das vollständige Einwohnerpotenzial erschlossen werden.

Aufgrund der Notwendigkeit von zwei Triebfahrzeugen für die Realisierung eines Stundentaktes sind die Betriebskosten durch die Kapitalkosten zur Anschaffung der Fahrzeuge erhöht, was sich negativ auf die Gesamtbilanz auswirkt. Als Ergebnis der Nutzen-Kosten-Betrachtung in Anlehnung an die standardisierte Bewertung wurde in der Vorzugsvariante ein Nutzen-Kosten-Quotient von 0,65 (gesamtwirtschaftlich nicht vorteilhaft) ermittelt.

Bei einer Reaktivierung der Strecke für den SPNV würde auch direkt der Schienengüterverkehr profitieren, wenn die Streckenklasse angehoben wird.¹ Neben einer deutlichen Verkürzung der Fahrzeiten (z.B. durch technisch gesicherte Bahnübergänge statt Sicherung durch Posten) könnten die Wagen aufgrund der Anhebung der Streckenklasse auf 22,5 Tonnen Achslast mit höherem Gewicht beladen werden. Laut Gesprächen mit dem Industriepark Zeitz bildet die Strecke Zeitz – Altenburg eine wichtige Ausweichroute zu der Strecke Zeitz – Leipzig und wird von 2-3 Güterzügen in der Woche planmäßig befahren. Früher war das Transportaufkommen über die Schiene deutlich höher. Durch die Brückensperrung und der daraus resultierenden Umleitung haben viele Verloader das Transportkonzept auf den LKW umgestellt. Ziel sollte es sein den Schienengüterverkehr für die Verloader wieder attraktiver zu gestalten. Eine Maßnahme in diesem Zusammenhang wäre eine Ertüchtigung der Strecke Zeitz-Altenburg.

Für die Ansiedlung von Unternehmen in den Industriepark Zeitz ist eine leistungsfähige Schienenverbindung essenziell und ein wichtiges Merkmal bei Standortentscheidungen. Der Nutzen im Schienengüterverkehr kann in der Nutzen-Kosten-Untersuchung nach standardisierter Bewertung gemäß gültiger Verfahrensanleitung allerdings nicht berücksichtigt werden. Bei gesamthafter Betrachtung des SPNV und SGV würde sich ein höherer Nutzen einstellen.

Insgesamt wird aufgrund des ermittelten Nutzen-Kosten-Quotienten von 0,65 kein Potenzial für die Streckenreaktivierung im SPNV gesehen. Nach Novellierung der Standardisierten Bewertung könnte überprüft werden, ob durch die Änderungen der Rahmenbedingungen eine Neubewertung sinnvoll ist. Nach derzeitigem Kenntnisstand können allerdings keine weiterführenden Schritte empfohlen werden.

Kernergebnisse AP2

Bei der Kohlebahn zwischen Meuselwitz und Regis-Breitingen handelt es sich um eine 900 mm Schmalspurstrecke. Am Wochenende und an Feiertagen finden dort Tourismusverkehre statt.

¹ Eine Erhöhung der Streckenklasse führt jedoch auch zu einer Erhöhung der Investitionskosten

Aufgrund der regelmäßigen Nutzung durch den Verein Kohlebahn e.V. und den damit zusammenhängenden Instandhaltungsmaßnahmen ist die Strecke in einem vergleichsweise guten Zustand. Zur Nutzung der Strecke für den regelmäßigen Personenverkehr müssen investive Maßnahmen wie eine Erhöhung der Geschwindigkeit, die Errichtung von Stationen und die technische Sicherung von Bahnübergängen vorgenommen werden. Das gesamte Investitionsvolumen wird auf rund 7 Mio. € geschätzt (Preisstand 2016). Betrieblich gesehen wäre ein regelmäßiger Personenverkehr möglich. Durch den Einsatz von zwei Fahrzeugen könnte ein Stundentakt mit guten Anschlüssen ab Regis-Breitungen nach Leipzig erreicht werden. Aus Nachfragesicht wurden durch eine vereinfachte Nachfrageprognose insgesamt 650 Personenfahrten respektive 455 Personenfahrten im Durchschnitt ermittelt. Unter Berücksichtigung der Investitionskosten, des Betriebskonzeptes und der Nachfragepotenziale wurde ein Nutzen-Kosten-Quotient von -0,18 (im BEST-Case) ermittelt.

Trotz der vergleichsweise geringen Investitionskosten ist die Ertüchtigung der Strecke und die Einführung von regelmäßigen Verkehren nicht wirtschaftlich. Ein Grund hierfür ist, dass das bestehende Busangebot weitestgehend beibehalten werden muss und wenig Einsparungspotenziale bestehen. Ein paralleles Bus- und Bahnangebot ist wirtschaftlich nicht tragfähig.

Durch die Länge der Strecke und den Nutzungsgrad könnten sich auch Potenziale für eine Teststrecke im Bereich Automatic Train Operations (ATO) ergeben. Hierbei muss zwischen Vollbahnbetrieb nach Eisenbahnbau- und Betriebsordnung und Straßenbahnbetrieb unterschieden werden. Generell besteht ein großer Forschungsbedarf. Im Bereich von Vollbahnen müssten in einem ersten Schritt die Anforderungen an die Systeme definiert werden. Die Fragen, was das System können muss und welche Sicherheitsvoraussetzungen erfüllt werden müssen, stehen dabei im Mittelpunkt. Wichtig für eine erfolgreiche Implementierung ist das Zusammenspiel von Herstellern und Forschungseinrichtungen. Die Basis für die Errichtung von Teststrecken ist ein positiver Business-Case. Da es sich bei der Strecke um eine Schmalspurbahn mit 900 mm Spurweite handelt, ist weitreichendes Interesse von Fahrzeugherstellern nicht zu erwarten. Die Regelspurweite bei Vollbahnen im deutschen Netz beträgt 1.435 mm.

Innerhalb des Projektes haben sich Möglichkeiten ergeben, die Strecke als Testfeld für Feldversuche mit autonom fahrenden Straßenbahnen zu nutzen. Bei den Stadtwerken Halle wird das Ziel verfolgt, ein Kompetenzzentrum für autonom fahrende Straßenbahnen aufzubauen. Da Feldversuche aus Sicherheitsgründen vordergründig ohne Fahrgäste stattfinden sollen, könnte das Testfeld in Halle auf die Kohlebahn zwischen Meuselwitz und Regis-Breitungen ausgeweitet werden. Weitergehende Gespräche werden empfohlen und sind bereits in Planung.

Kernergebnisse AP 3

Maßnahmen zur Verlängerung oder dem Ausbau von S-Bahnen sind meist mit großen Investitionen verbunden. Kern des Arbeitspaketes war es zu untersuchen, ob eine S-Bahn Verlängerung von Großdeuben über Zwenkau nach Groitzsch aus technischer, betrieblicher und wirtschaftlicher Sicht umsetzbar ist.

Die Investitionskosten für den 11,7 km langen Abschnitt zwischen Großdeuben und Groitzsch über Zwenkau werden auf mind. 53 Mio. € beziffert (Stand 2016).² Allerdings bestehen insbesondere im Abschnitt zwischen Großdeuben und Zwenkau weitreichende Kostenrisiken, da die Standhaftigkeit des Untergrundes nicht abschließend geklärt ist. Es ist davon auszugehen, dass in diesem Bereich eine umfangreiche Pfahlgründung erforderlich wird. Ein weiteres Risiko sind die großen Preissteigerungen bei den Investitionskosten zwischen den Jahren 2016 und 2021.

Im Rahmen der Nachfrageabschätzung durch ein vereinfachtes Verkehrsnachfragemodell wurde eine verkehrliche Nachfrage von 1.770 Personenfahrten je Werktag (Bahnhof außerhalb von Zwenkau, vgl. Variante 1a) ermittelt. Der Großteil der Personenfahrten erfolgt über den Abschnitt von Zwenkau über Großdeuben in Richtung Leipzig (1.370 Personenfahrten). Alternativ wurde für eine Verlängerung bis Zwenkau mit zentral gelegenem Bahnhof eine Nachfrage von 1.003 Personenfahrten je Werktag ermittelt. Die Kosten für die kürzere Variante bis nach Zwenkau werden mit rund 28 Mio. € (Stand 2016) beziffert, was eine optimistische Einschätzung darstellt. Wesentlicher Vorteil bei Variante 2 ist, dass der Bahnhof zentral in Ortsmitte errichtet werden kann.

Durch die S-Bahn-Verlängerung sollte das Buskonzept in der Region neu aufgestellt werden. Das Busangebot verläuft gegenwärtig parallel zur geplanten Trassenführung der S-Bahn und müsste entsprechend angepasst werden. Ein parallel konkurrierendes Angebot würde zu einem Überangebot führen und wäre aus wirtschaftlicher Sicht nicht tragfähig.

Als Ergebnis der Nutzen-Kosten-Untersuchung für eine S-Bahn-Verlängerung von Großdeuben über Zwenkau nach Groitzsch zeigt sich, dass der erforderliche Nutzen-Kosten-Quotient über 1 nicht erreicht werden kann. Der Nutzen-Kosten-Quotient in der Vorzugsvariante liegt bei 0,56. Neben den hohen Investitionskosten im Verhältnis zu den Fahrgastpotenzialen wirkt sich auch das, im Vergleich zu anderen Regionen, gute Busangebot negativ auf den Nutzen einer S-Bahn-Verlängerung aus. Aus gesamtwirtschaftlicher Betrachtung ist die S-Bahn-Verlängerung bis Groitzsch (vgl. Variante 1a) nicht sinnvoll. Wird lediglich die Verlängerung bis Zwenkau (vgl. Variante 2) betrachtet, können die Investitionskosten reduziert und das erreichbare Fahrgastpotenzial erhöht werden. Dadurch ergibt sich ein Nutzen-Kosten-Quotient von 1,05. Die Umsetzung der Variante wäre also gesamtwirtschaftlich vorteilhaft. Als Planungsgrundlage für das Betriebskonzept wurde der Deutschlandtakt unterstellt. Sofern sich Änderungen im Planungsgefüge ergeben, hätte dies Auswirkungen auf das Betriebskonzept und den Fahrzeugbedarf, was zu einem geringeren Nutzen führen würde.

Neben der S-Bahn-Verlängerungen wurden im Rahmen der Untersuchung auch Seilbahnkonzepte betrachtet. Aufgrund der geringen Transportgeschwindigkeiten von Seilbahnen und der Raumstruktur in Region ist der Einsatz von Seilbahnen im Vergleich zu Bussen nicht zu empfehlen. Die Reisezeiten bei Nutzung von Seilbahnen liegen über denen von Bussen. Somit stellt sich, mit Ausnahme einer Erhöhung der Taktfrequenz, keine Verbesserung zum Status quo ein. Zur Verbesserung der Erreichbarkeit und Verkürzung der Reisezeiten wird der Einsatz von Schnellbussen mit alternativen Antrieben im 30-Minuten-

² Ohne Grunderwerb und Ausgleichsmaßnahmen

Takt empfohlen. Diese sollten mit der S-Bahn in Großdeuben verknüpft werden. Gegenwärtig verlaufen die Buslinien meist durch das Stadtzentrum Zwenkau, um mehrere Haltestellen zu bedienen. Von Groitzsch zur S-Bahn Großdeuben kann durch den Einsatz einer direkten Schnellbuslinie eine Reisezeiterparnis von 11 Minuten erreicht werden.

Kernergebnisse AP 4

Der Streckenabschnitt von Böhlen nach Espenhain wird gegenwärtig durch regelmäßige Schienengüterverkehre befahren und ist rechtlich nach der Eisenbahnbau- und Betriebsordnung (EBO) eingestuft. Ab Espenhain besteht ein weitreichendes, teilweise nicht öffentliches, Industriebahnnetz, auf dem gegenwärtig vordergründig Güterwagen abgestellt werden. Für eine Verlängerung der S-Bahn bis nach Thierbach wäre ein Streckenneubau erforderlich.

Die Eisenbahninfrastruktur wird ab Espenhain auf Grundlage der Bau- und Betriebsordnung für Anschlussbahnen (BOA) betrieben. Erlaubt sind Rangierfahrten mit einer maximalen Geschwindigkeit von 25 km/h. Um auf dem Abschnitt zwischen Espenhain und Thierbach einen regelmäßigen Personenverkehr zu ermöglichen, ist ein Betrieb nach EBO notwendig, was zu weitreichenden Investitionen in die Infrastruktur führt.

In Thierbach leben gegenwärtig rund 270 Einwohner. Unter Berücksichtigung des Einwohner Potenzials, der Investitionskosten und der Betriebskosten bei einer S-Bahn-Verlängerung, insbesondere im Vergleich zum Busverkehr, ist eine Weiterführung der S-Bahn von Espenhain bis nach Thierbach wirtschaftlich nicht darzustellen. Eine S-Bahn-Verlängerung von Böhlen bis nach Espenhain ist technisch realisierbar. Die Investitionskosten für die infrastrukturellen Maßnahmen werden auf rund 7,8 Mio. € geschätzt. Betrieblich gesehen wäre die Verlängerung der zukünftigen S-Bahn-Linie 3 (Deutschlandtakt) ab Gaschwitz die sinnvollste Variante. Als Ergebnis der Verkehrsnachfrageprognose wurde ein Fahrgast Potenzial von rund 250-300 Personenfahrten am Tag ermittelt. Aufgrund der Lage der Haltestellen am Ortsrand können durch den S-Bahn-Anschluss nicht alle Einwohner von Rötha und Espenhain erreicht werden. Bei Vergleich der Reisezeiten im Korridor nach Leipzig zwischen dem Ohne-Fall (Status-quo) und dem Mit-Fall (S-Bahn-Verlängerung bis Espenhain) ergeben sich bei einer S-Bahn-Verlängerung keine signifikanten Reisezeiteinsparungen.

Unter Berücksichtigung der Investitionskosten in Höhe von 7,8 Mio. €, den Fahrgast Potenzialen und den Reisezeiteinsparungen ist die S-Bahn-Verlängerung bis nach Espenhain wirtschaftlich nicht tragfähig. Vielmehr sollte geprüft werden, ob das bestehende Angebot mit dem PlusBus der Linie 144 in den Spitzenstunden und Randlagen sowie am Wochenende durch zusätzliche Fahrten zur Schließung der Taktlücken ausgeweitet werden könnte. Alternativ könnte ein bedarfsorientierter Rufbus eingesetzt werden. Generell ist das ÖPNV-Angebot als gut einzustufen.

Kernergebnisse Arbeitspaket 5

Am Standort Profen wird einer der letzten Tagebaue in der Region betrieben. Bis spätestens 2038 soll der Kohleabbau in der Region eingestellt werden. Heute werden Schienenfahrzeuge, die im Bergbau eingesetzt werden, am Standort Profen in einer Werkstatt instandgehalten.

Die straßen- und schienenseitige Anbindung an den Standort Profen ist als gut einzustufen. Zudem bestehen ausreichend Entwicklungsflächen und somit die Möglichkeit zur Ansiedelung von weiteren Industrieunternehmen z.B. aus der Bahnindustrie.

Zur Errichtung eines Testzentrums für Schienenfahrzeuge bestehen weitreichende Anforderungen. Die infrastrukturellen, betrieblichen und rechtlichen Voraussetzungen im Kontext zur Errichtung eines Schienenfahrzeugtestzentrums sind erfüllt bzw. können durch Investitionsmaßnahmen in die Infrastruktur erfüllt werden. Im Hinblick auf die Bedarfe für ein Testzentrum in Profen wurde die Wettbewerbsanalyse durchgeführt. Aufgrund der Nähe zum erst kürzlich eröffneten Testzentrum in Niesky und der noch ausreichenden Kapazitäten anderer Testzentren wird gegenwärtig kein Bedarf gesehen. Sollte sich allerdings in den nächsten Jahren ein großer Schienenfahrzeughersteller in Profen oder in der Region ansiedeln, könnte ein Testzentrum für Schienenfahrzeuge auch aus wirtschaftlicher Sicht rentabel sein. Möglichkeiten zur Errichtung von umfangreichen Testringen mit Nutzung der bestehenden Gleisanlagen bestehen am Standort.

Im Bereich der Schienenfahrzeuginstandhaltung werden für den Standort Profen weitreichende Möglichkeiten gesehen. Zum einen ergibt sich aus Marktsicht schon heute ein Bedarf für weitere Werkstätten und zum anderen ist zukünftig von einem Marktwachstum auszugehen. Die weiter voranschreitende Digitalisierung und dem damit verbundenen Mehraufwand in der Instandhaltung wirkt sich auch positiv aus. Zudem müssen ab Juni 2022 alle Schienenfahrzeuge in Europa zertifiziert werden. Die Zertifizierung kann durch registrierte und dazu qualifizierte Werkstätten erfolgen. Für Güterwagen könnten Mehrkosten von 3.750 Euro bis 8.500 Euro entstehen. Europaweit besteht eine Flotte von rund 450.000 Güterwagen und 17.000 Lokomotiven. Folglich bestehen hohe Markt- und Umsatz Potenziale. Hierauf sollte ein Fokus liegen.

Zudem ergeben sich große Markt Potenziale durch die Umrüstung von Güterwagen mit automatischer Kupplung. Es wird eine europaweite Umrüstung bis 2030 angestrebt. In diesem Markt sind bisher nur die Deutsche Bahn oder ausländische Eisenbahnverkehrsunternehmen aktiv. Die Deutsche Bahn möchte nach der Testphase ab 2023 damit beginnen die rund 60.000 Wagen umzubauen.³

Der Schwerpunkt des Instandhaltungszentrums in Profen sollte in der Instandhaltung von Güterwagen liegen. Zudem sollten auch Added-Value-Services wie z.B. die Reinigung von Kesselwagen am Standort angeboten werden. Damit könnte sich der Standort als Unique Selling Proposition (USP) von anderen Standorten abheben. Im Bereich Schienenfahrzeuge für den Personenverkehr könnten sich Potenziale in der Wasserstofftechnologie ergeben. Allerdings werden bis zum Jahr 2030 wahrscheinlich nur vereinzelt Wasserstoffzüge in der Region eingesetzt. Zum jetzigen Zeitpunkt, mit Blick auf die bestehen Ausschreibungen, kann in diesem Zusammenhang noch kein Potenzial abgeschätzt werden.

Durch die infrastrukturellen Verhältnisse, die zur Verfügung stehenden Flächen, das Mitarbeiter Know-How der MIBRAG im technischen Bereich und den Unterkapazitäten am

³ Vgl. Süddeutsche Zeitung (2020)

Markt im Bereich Fahrzeuginstandhaltung von Güterwagen sollte das Vorhaben zur Errichtung eines Schieneninstandhaltungszentrums vorangetrieben und politisch unterstützt werden. Es sind positive Effekte für den Standort zu erwarten.

1 Einleitung und Hintergrund

Aufgrund des bundesweit anstehenden Ausstiegs aus der Kohleverstromung steht die Region Mitteldeutschland, ähnlich wie die Lausitzregion, derzeit vor einem umfassenden Strukturwandelprozess. Der Ausstieg aus der energetischen Nutzung der Braunkohle und der gleichzeitige Ausbau erneuerbarer Energien sind die wesentlichen Ursachen des zu erwartenden Strukturwandels.

Um diesen Prozess nachhaltig zu gestalten, haben sich die betroffenen sieben Landkreise und zwei Städte, unterstützt durch den Bund und die berührten Bundesländer Sachsen, Sachsen-Anhalt und Thüringen, länderübergreifend als „Innovationsregion Mitteldeutschland“ organisiert. Ziel der Innovationsregion ist es, eine geeignete Strategie für den Strukturwandel zu entwickeln. Im besagten Gebiet leben rund 2 Mio. Menschen.

Im Rahmen der Innovationsregion Mitteldeutschland wurden verschiedene Studien ausgeschrieben, deren gemeinsames Ziel darin besteht, lokale und regionale Wertschöpfungspotenziale zu identifizieren, zu bewerten und in der Folge gemeinsam zu nutzen. Die Ergebnisse sollen in den Strategieprozess und einen Umsetzungsplan einfließen. Die hier vorliegende Studie beschäftigt sich mit der Schieneninfrastruktur in der Innovationsregion, siehe Abbildung 1-1. Das Ziel dieser Studie ist es, „Maßnahmen zur Vitalisierung des schienengebundenen Güter- und Personenverkehrs im Dreiländereck der Innovationsregion analysieren und empfehlen“.

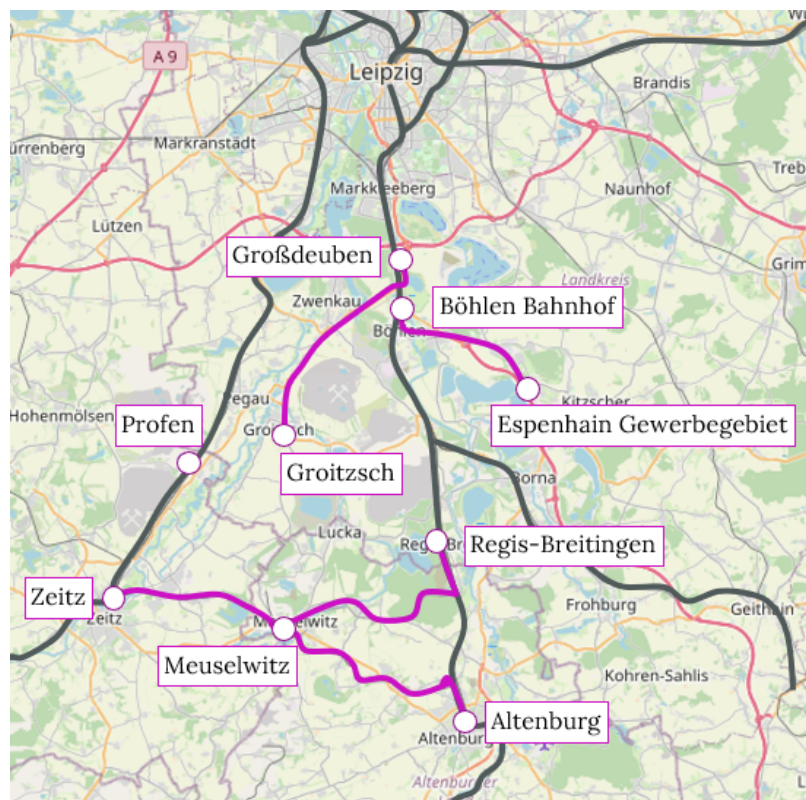


Abbildung 1-1: Übersichtskarte des Untersuchungsraums

Quelle: eigene Abbildung, Kartengrundlage von [openstreetmap.org](https://www.openstreetmap.org)

Während die Bergbauaktivitäten in der Region zunächst dazu beigetragen haben, dass ein dichtes Netz an Güter- und Werksbahnen entstehen konnte, wurde die Schieneninfrastruktur zuletzt durch den Bergbau und dessen Rückgang stark eingeschränkt. So wurden beispielsweise manche Eisenbahnstrecken abgebaut, um Tagebaugruben zu weichen. Andere Strecken, die noch vorhanden sind, haben jedoch seit der Wiedervereinigung 1990 stark an Bedeutung verloren. Die nachfolgende Abbildung 1-2 gibt einen Überblick über die Entwicklung des Schienennetzes von 1950 bis heute.

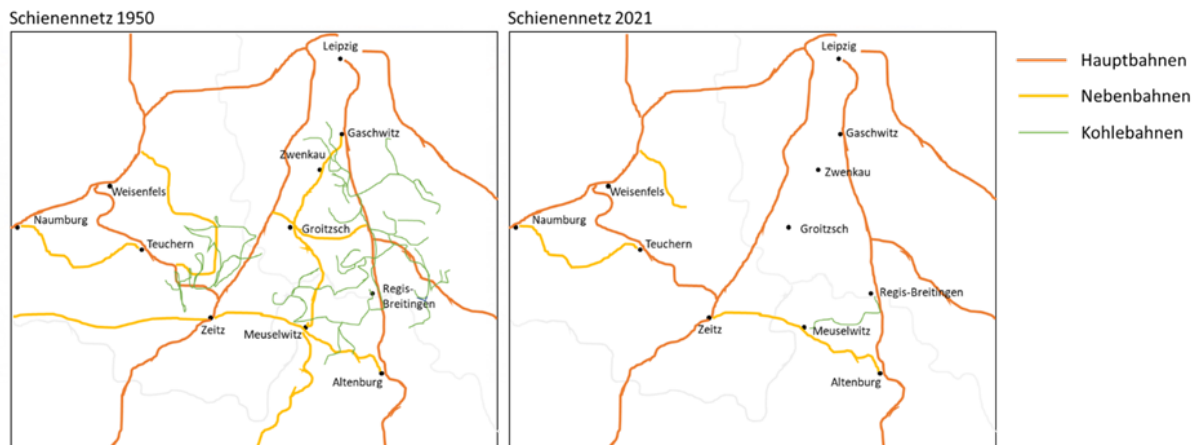


Abbildung 1-2: Historische Entwicklung der Schieneninfrastruktur im Untersuchungsraum

Quelle: Eigene Darstellung

Die Entwicklung der Schieneninfrastruktur im Großraum Zeitz geht bereits auf Mitte des 19. Jahrhunderts zurück. Wichtige Meilensteine waren die Eröffnung der Zuckerfabrik in Zeitz, mit späterem Anschluss an die Bahnstrecke Weißenfels – Zeitz – Gera und die Eröffnung der Bahnstrecke Zeitz – Altenburg (1870), die zunächst dem Güterverkehr diente. Der Kohletransport spielte dabei eine wichtige Rolle.

Kurz darauf wurde die knapp 27 km lange Bahnstrecke 6821 von Meuselwitz über Grotzsch und Zwenkau nach Gaschwitz eröffnet.⁴ Über Gaschwitz bestand Anschluss an die Stadt Leipzig. 1909 wurde eine weitere Bahnstrecke von Pegau über Grotzsch nach Neukieritzsch gebaut, die ebenfalls hauptsächlich dem Güterverkehr diente.

Im Jahre 1911 begann der Bau der Eisenbahnstrecke 6822 zwischen Böhlen Bahnhof und Bahnhof Espenhain. Nach Abschluss der Maßnahmen wurde die 6,7 Kilometer lange Bahnstrecke zwischen Böhlen und Bahnhof Espenhain Werkbahnsteig am 1. Mai 1913 eröffnet.⁵ Die Strecke wurde vom Schienengüterverkehr und vom Personenverkehr genutzt.

Die Kohlebahn auf der Strecke von Regis-Breitingen nach Meuselwitz wurde 1942 als Teil des dichten Gruben- und Kohlebahnnetzes im Borna-Leipziger Revier eröffnet. Dieses Netz war zur Zeit seiner größten Ausdehnung mit 726 km das damals größte Schmalspurnetz in Europa. Die Strecke verband Tagebaue miteinander und mit den Brikettfabriken

⁴ Vgl. Stadt Markkleeberg (o.D.), Herbach, J. (2021)

⁵ Vgl. Herbach, J. (o.D.)

des Braunkohlewerks Regis-Breitingen. Das Netz war elektrifiziert und teilweise zweigleisig ausgebaut, um den dichten Verkehr abwickeln zu können.⁶

Bereits wenige Jahre später begann der Rückbau der Schieneninfrastruktur. Aufgrund des Braunkohletagebaus Zwenkau, der von Böhlen startend weiter Richtung Norden und später Richtung Westen ausgeweitet wurde, musste 1957 der Streckenabschnitt zwischen Zwenkau und Gaschwitz stillgelegt und rückgebaut werden.⁷

Im Jahre 1969 gingen die Kraftwerke Thierbach und Lippendorfs ans Netz, die fortan mit Kohle versorgt werden mussten.⁸ Mit der weiteren Ausbreitung des Tagebaus Groitzscher Dreieck musste 1976 die Strecke Meuselwitz – Gaschwitz zwischen Lucka und Groitzsch unterbrochen werden und verlor damit ihre Bedeutung im Personenverkehr. Güterverkehr erfolgte nur mehr auf den Abschnitten Groitzsch – Zwenkau und Meuselwitz – Lucka.

Mit der Wende und der sinkenden Nachfrage nach Braunkohle ab 1990, wurden in der gesamten Region Braunkohlenwerke und Brikettfabriken stillgelegt und das Transportvolumen sank stetig. Die Einstellung der regelmäßigen Verkehre auf dem Streckenabschnitt Böhlen – Espenhain erfolgte bereits im Jahr 1993 und die Oberleitung wurde zurückgebaut.

Der Rückbau der Schmalspurstrecken bis 1999 umfasste viele Kilometer. Die Kohlebahn wurde 1996 von dem Verein Kohlebahnen e.V. übernommen und als einzige Strecke des ehemaligen Netzes nicht rückgebaut. Nach dem Rückbau der Oberleitung und der Entfernung der Vegetation konnte die Strecke wieder befahren werden. Seitdem wird die Strecke vom Verein instandgehalten und mit historischen Fahrzeugen als Museumsbahn betrieben. Ebenfalls wurde Ende der 1990er Jahre der Verkehr auf der Strecke von Neukieritzsch über Groitzsch nach Pegau eingestellt.

Auf der Strecke zwischen Zeitz und Altenburg wurde der SPNV im Jahr 2002 aufgrund der fehlenden Nachfrage eingestellt. Das Angebot war seinerzeit nicht attraktiv. Im Güterverkehr fand ebenfalls ein Rückgang der Nachfrage statt, die Strecke wird jedoch heute noch für den SGV genutzt.

Im folgenden Kapitel wird zunächst die Kernfragestellung vorgestellt und auf die Leistungspunkte in den jeweiligen Arbeitspaketen eingegangen.

⁶ LMBV (2016)

⁷ Vgl. Heimat- und Museumsverein Zwenkau und Umgebung e.V. (o.D.)

⁸ Vgl. Berkner, A. (2004) S.207-209

2 Fragestellungen

Das Ziel der vorliegenden Studie ist es, Maßnahmen aufzuzeigen, wie die schienengebundene Erreichbarkeit im Dreiländereck verbessert werden kann. Dazu werden sowohl für den Güterverkehr als auch für den Personenverkehr geeignete Maßnahmen entwickelt. Folgende Leitfragen sind dabei zu beantworten:

- ▶ Wie stellt sich die gegenwärtige Schieneninfrastruktur im Vergleich zu den historischen Verbindungen vor der Bergbautätigkeit dar?
- ▶ Welche Schwächen weist die heutige Situation der Schieneninfrastruktur für die Erschließung des Dreiländerecks auf?
- ▶ Welche Möglichkeiten unter Berücksichtigung alternativer Antriebe – ggf. in Varianten – sind sinnvoll und realistisch, um die Erschließung des Dreiländerecks mittels Schieneninfrastruktur wieder nachhaltig zu verbessern?
- ▶ Welche realistischen Alternativen können in Betracht kommen, um statt einer Erhaltung oder Neuerschließung der Schieneninfrastruktur mittels anderer Verkehrssysteme die Erschließung des Dreiländerecks zu verbessern?⁹

Die Bearbeitung der Studie ist in sechs Arbeitspakete gegliedert, wobei Arbeitspaket 6 die Projektsteuerung und das Berichtswesen umfasst. Arbeitspakete 1 bis 5 betrachten jeweils einen enger definierten Untersuchungsraum und werden im Folgenden vorgestellt.

2.1 Arbeitspaket 1: Güter- und Personenverkehr im Großraum Zeitz

Im Bereich des Güterverkehrs ist die Infrastruktur im Zusammenhang mit dem Chemie- und Industriepark Zeitz zu untersuchen. Hier bestehen Industriegleise, die im Schienengüterverkehr genutzt werden können, jedoch mit gewissen Einschränkungen wie einer reduzierten Achslast. Es soll eine Bestandsanalyse durchgeführt werden, in der auch die wirtschaftlichen Effekte der Achslastbegrenzungen aufgezeigt werden. Weiterhin sind Gespräche mit beteiligten Stakeholdern durchzuführen. Anschließend wird ein Fazit mit zusammenfassender Bewertung und Handlungsempfehlungen gegeben.

Im Personenverkehr kann das vorhandene Industriegleis zwischen Zeitz und Altenburg nicht mehr genutzt werden. Es ist zu prüfen, ob eine Reaktivierung im Schienenpersonennahverkehr (SPNV) auf dieser Strecke möglich ist. Dazu wird die Verkehrsnachfrage auf der Strecke abgeschätzt und eine wirtschaftliche Bewertung für die Reaktivierung unter Berücksichtigung von Fördermöglichkeiten erarbeitet (inkl. Investitions- und Betriebskosten). Die wirtschaftliche Bewertung findet in Anlehnung an die standardisierte Bewertung statt.

⁹ Auszug aus der Leistungsbeschreibung

2.2 Arbeitspaket 2: Personenverkehr und Versuchsstrecke zwischen Meuselwitz und Regis-Breitungen

Die Strecke zwischen Meuselwitz und Regis-Breitungen ist eine Schmalspurbahn (Spurweite 900 mm) und wird derzeit vom Verein Kohlebahnen e.V. als Museumsbahn betrieben. Es wird angestrebt, SPNV auf der Strecke einzurichten. Dazu ist eine Wirtschaftlichkeitsbewertung in Anlehnung an die standardisierte Bewertung abzugeben. Die Bewertung umfasst die notwendigen Investitionskosten in die Strecke und geeignete Fahrzeuge, die Betriebskosten auf Grundlage eines Fahrplanentwurfs und die erwartete Fahrgastnachfrage. Abschließend werden eine zusammenfassende Bewertung und Handlungsempfehlung gegeben.

Alternativ oder zusätzlich zu einem möglichen SPNV-Angebot ist die Möglichkeit zum Betrieb einer Versuchsstrecke für autonom fahrende Zügeinheiten auf der Kohlebahn zu prüfen. Hierbei sind technische und betriebliche Anforderungen an eine Versuchsstrecke zu definieren, sowie der Anpassungsbedarf der Kohlebahn zu erläutern. Es werden die Umsetzungsmöglichkeiten aufgezeigt und der mögliche Bedarf für eine solche Versuchsstrecke abgeschätzt. Auch hier schließen eine Bewertung und Empfehlung an.

2.3 Arbeitspaket 3: Personen- und Güterverkehr Groitzsch/Zwenkau

Die ehemals direkte Schienenverbindung von Groitzsch über Zwenkau und Gaschwitz nach Leipzig wurde durch Bergbautätigkeiten unterbrochen und in Folge zurückgebaut. Für den SPNV ist zu prüfen, ob ein Abzweig der S-Bahn errichtet werden kann, um Groitzsch und Zwenkau erneut über die Schiene an Leipzig anzubinden. Hierzu ist eine Vorprüfung des S-Bahn-Abzweigs durchzuführen. Zusätzlich sollen schnelle Bus-Direktverbindungen geprüft, auch im Zusammenhang mit alternativen Antriebstechnologien.

Im Güterverkehr soll eine Bedarfsanalyse der Industrie und der verladenden Wirtschaft in der Region an zusätzlichen Schienenverbindungen oder Verlademöglichkeiten durchgeführt werden. Im Anschluss erfolgt eine Bewertung und Handlungsempfehlungen werden gegeben.

2.4 Arbeitspaket 4: Personenverkehr Böhlen – Espenhain/Thierbach

Sowohl in Espenhain als auch in Thierbach befinden sich heute große Industrie- und Gewerbeflächen. Im Industriepark Espenhain, der einst von der Lausitzer und Mitteldeutsche Bergbau-Verwaltungsgesellschaft mbH (LMBV) entwickelt wurde, um die wirtschaftliche Tradition in der Region auf neuer Grundlage fortzuführen, sind noch große Flächen für Neuansiedelungen verfügbar.

Vor dem Hintergrund des erwarteten Wachstums beider Gebiete als Wirtschaftsstandort ist zu prüfen, ob eine Erschließung der Standorte durch den Schienenpersonenverkehr realistisch ist. Zusätzlich sind realistische Alternativen zu überprüfen, um die Anbindung der Standorte im ÖPNV zu verbessern.

2.5 Arbeitspaket 5: Standort Profen

Am Standort Profen wird einer der letzten Tagebaue in der Region betrieben. In Profen sind zudem die Instandhaltungs- und Werkstattkapazitäten für den heutigen Tagebau- und Werkseisenbahnbetrieb untergebracht. Auf ca. 14 ha sind bereits heute über 400 Personen mit der Instandhaltung von Eisenbahnfahrzeugen beschäftigt.

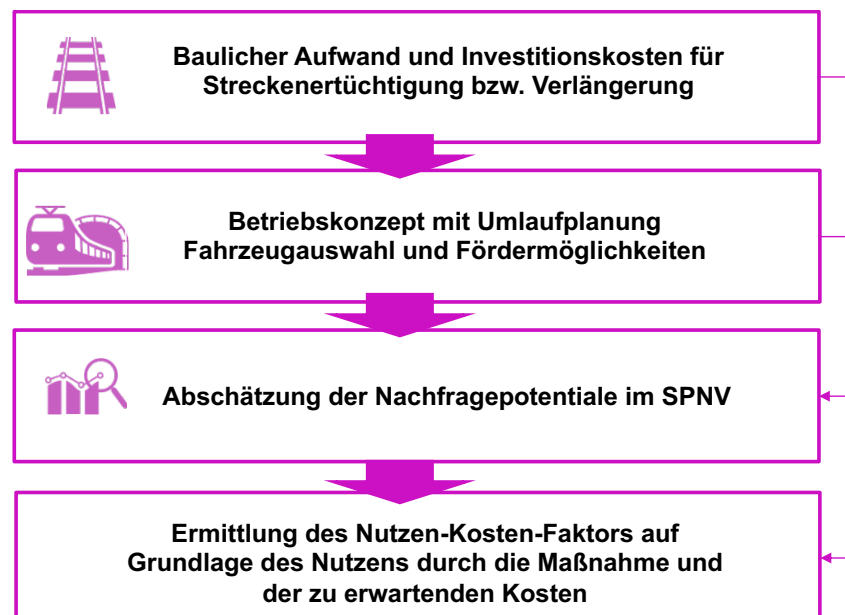
Mit Hinblick auf die zukünftigen Marktentwicklungen in der Schienenfahrzeuginstandhaltung ist zu prüfen, inwiefern das Leistungsspektrum am Standort Profen ausgebaut werden kann. Dazu werden Entwicklungen und Trends in der Instandhaltung von Schienenfahrzeugen betrachtet und aufgezeigt. Zusätzlich wurde die Möglichkeit betrachtet, eine Teststrecke bzw. ein Testzentrum am Standort zu entwickeln.

3 Methodisches Vorgehen

In diesem Kapitel soll das methodische Vorgehen für die Arbeitsschritte vorgestellt werden, die in mehreren Arbeitspaketen grundlegend sind. Die hier vorgestellten Arbeitsschritte bilden insbesondere die Grundlage für die wirtschaftliche Bewertung in Anlehnung an die *Standardisierten Bewertung von Verkehrswegeinvestitionen im schienengebundenen öffentlichen Personennahverkehr* (Version 2016). Die Standardisierte Bewertung ist ein Verfahren zur gesamtwirtschaftlichen Nutzen-Kosten-Untersuchung von ÖPNV-Projekten in Deutschland. Mit dieser liegt eine Verfahrensanleitung für Nutzen-Kosten-Analysen vor, die hier Anwendung finden soll.

Für Investitionsvorhaben bis 25 Mio. € kann zur Ermittlung von Verkehrsangeboten und Verkehrsnachfrage ein vereinfachtes Beurteilungsverfahren angewandt werden, das sich grundsätzlich an den Verfahrensschritten der standardisierten Bewertung orientiert, das aber hinsichtlich der Untersuchungstiefe dem Charakter einer Voruntersuchung Rechnung trägt. Dieses vereinfachte Verfahren wird in dieser Studie angewandt, obgleich in einigen Arbeitspaketen höhere Investitionskosten als 25 Mio. € zu erwarten sind. Der zugrundeliegende Ablauf der Untersuchungen ist in Abbildung 3-1 dargestellt. Jeder der vier Schritte wird in den nachfolgenden Unterkapiteln näher beschrieben.

Die Methodik, die zusätzlich zur standardisierten Bewertung und nur in einzelnen Arbeitspaketen angewendet wurde, ist nicht Teil dieses Kapitels und wird jeweils an der relevanten Stelle kurz beschrieben. Dies betrifft zum Beispiel die Methodik zur Untersuchung von Seilbahnlösungen im AP 3 oder die Auswirkung von erhöhten Achslasten im Güterverkehr für AP 1.



3.1 Infrastrukturanalyse und Investitionskosten

Einer der wichtigsten Eingangsparameter in der standardisierten Bewertung sind die Investitionskosten in die Infrastruktur. Dazu wurde zunächst der Status Quo ermittelt, aus dem die notwendigen Infrastrukturmaßnahmen abgeleitet werden konnten. Anschließend erfolgte auf Grundlage der Infrastrukturmaßnahmen eine Abschätzung der Investitionskosten.

3.1.1 Infrastrukturanalyse

Zunächst wurde in jedem Arbeitspaket der Status Quo der Schieneninfrastruktur ermittelt. Dazu wurden Streckenbegehungen durchgeführt und, wenn möglich, auf Unterlagen und Informationen der jeweiligen Infrastrukturbetreiber zurückgegriffen. Streckenvermessungen o.ä. wurden nicht durchgeführt.

Im Anschluss an die Bestandsaufnahme wurden die notwendigen Infrastrukturmaßnahmen abgeleitet, die für das jeweilige betriebliche Ziel notwendig erscheinen. Die Erarbeitung der Infrastrukturmaßnahmen erfolgte in direktem Zusammenhang mit der Erarbeitung möglicher Betriebskonzepte (siehe Kapitel 3.2), um die Abhängigkeiten von Infrastruktur und Fahrplan zu berücksichtigen.

Die Infrastrukturmaßnahmen wurden getrennt nach verschiedenen Gewerken ermittelt. Die wichtigsten Gewerke sind hierbei:

- ▶ Oberbau
- ▶ Bahnübergänge
- ▶ Verkehrsstationen
- ▶ Ingenieurbauwerke
- ▶ Leit- und Sicherungstechnik

Aufgrund des strategischen Charakters dieser Untersuchung wurde auf eine tiefgehende ingenieurtechnische Analyse verzichtet. Die Infrastrukturanalyse ist als Planungsvorstufe zu verstehen. Für den Fall, dass eine vollumfängliche standardisierte Bewertung eines der Arbeitspakete durchgeführt werden soll, sind die Infrastrukturanalyse und Investitionskostenschätzung entsprechend in größerer Detailtiefe zu wiederholen. Die hier vorliegende Untersuchung kann als Grundlage für tiefergehende Untersuchungen verwendet werden.

3.1.2 Investitionskosten

Für die in der Infrastrukturanalyse ermittelten Maßnahmen wurden anhand von vergleichbaren Projekten und verfügbaren Vergleichswerten die Kosten abgeschätzt. Neben Erfahrungen aus vergangenen Projekten wurde ebenfalls auf den Kostenkennwertekatalog der DB Netz AG (Kostenstand 2019) zurückgegriffen. Die Kostenwerte wurden mit 2% p.a. abgezinst auf den Preisstand von 2016.

Es wurden jeweils alle notwendigen Maßnahmen betrachtet. Für die Herrichtung der Verkehrsstationen wurden nur die Mindestanforderungen berücksichtigt. Die Errichtung von Park + Ride Parkplätzen und sonstige nicht direkt notwendige Maßnahmen wurden nur für größere Bahnhöfe in den Kosten berücksichtigt. Aus wirtschaftlicher Sicht sind diese Maßnahmen an kleineren Haltepunkten mit nur wenig Fahrgastaufkommen nicht zu begründen. Weiterhin wurden keine Kosten für eventuell notwendigen Grunderwerb berücksichtigt.

Zusätzlich zu den Maßnahmen zu den jeweiligen Gewerken wurden Pauschalen für die Errichtung und Räumung der Baustelle angesetzt, sowie ein Zuschlag von 10 % für Unvorhergesehenes. Eine Planungskostenpauschale von 10 % der Gesamtkosten wird gemäß der Verfahrensanleitung ebenfalls berücksichtigt. Gemäß der Verfahrensanleitung zur standardisierten Bewertung wurden alle ermittelten Kosten auf den Preisstand des Jahres 2016 zurückgerechnet.

Hinweis:

An dieser Stelle ist bereits zu erwähnen, dass bekannt ist, dass seit 2016 starke Kostensteigerungen von bis zu 10 % pro Jahr stattgefunden haben. Erfahrungswerte aus den letzten Jahren zeigen, dass auch die Planungskostenpauschale von 10 % nicht ausreichend ist und eher bei bis zu 18 % liegen. Die hier dargestellten Investitionskosten mit Preisstand 2016 stellen daher keine realistisch zu erwartenden Investitionskosten dar, sondern bieten eine vergleichbare Eingangsgröße über alle hier betrachteten Projekte hinweg, gemäß der Verfahrensanleitung für die standardisierte Bewertung.

Derzeit befindet sich die standardisierte Bewertung in Überarbeitung. Es ist zu erwarten, dass diese Umstände nach der Aktualisierung berücksichtigt werden können. Daher wird grundsätzlich empfohlen, mit der Beauftragung einer Machbarkeitsanalyse inklusive standardisierter Bewertung zu warten, bis das neue Verfahren Anwendung findet. Dadurch kann ein realitätsnäheres Bild der Investitionskosten in einer Nutzen-Kosten-Untersuchung sichergestellt werden.

3.2 Betriebskonzepte

Um die Betriebskosten für den SPNV abschätzen und bewerten zu können, muss zunächst das zugrundeliegende Betriebskonzept bekannt sein. Dieses wird auch als Eingangsgröße für die Ermittlung der Verkehrsnachfrage benötigt. Teilweise wurden verschiedene Varianten entwickelt, die für die Wirtschaftlichkeitsuntersuchung und Ermittlung der Verkehrsnachfrage zugrunde gelegt werden können.

Zur Erstellung der Fahrplankonzepte wurde das Fahrplanbearbeitungssystem (FBS) des Instituts für Regional- und Fernverkehrsplanung (iRFP) benutzt. Dieses Programm zum Erstellen von Fahrplänen wird auch bei Aufgabenträgern wie dem Thüringer Landesamt für Bauen und Verkehr (TLBV) eingesetzt. Nach Eingabe der Streckendaten ermöglicht FBS die genaue Berechnung der Fahrzeiten. Darauf aufbauend kann der gewünschte Fahrplan erstellt werden.

Als Grundlage für die Entwicklung der Betriebskonzepte und der Anschlüsse in Verknüpfungspunkten mit dem Bestandsnetz wurde der aktuelle Stand der Planungen („Fahrplan

2030plus¹⁰) für den Deutschlandtakt verwendet. Der Deutschlandtakt sorgt auch bundeslandübergreifend für eine einheitliche Planungsgrundlage und entspricht dem politischen Zielbild, das es zu berücksichtigen gilt.

Die ermittelten Fahrzeiten aus den Betriebskonzepten dienen als Eingangsgröße für die Abschätzung der Verkehrsnachfrage (siehe Kapitel 3.3). Mit Hilfe der Fahrzeiten können die Tür-zu-Tür-Reisezeiten in den betrachteten Korridoren ermittelt werden, die einen wesentlichen Einfluss auf die Fahrgastnachfrage haben.

Hinweis:

Es ist möglich, dass die Umsetzung der hier untersuchten Maßnahmen zur Verbesserung der Schieneninfrastruktur in der Innovationsregion vor der Einführung des Deutschlandtakts umgesetzt werden können. Dadurch können Anpassungen in den ermittelten Betriebskonzepten notwendig werden, um unter veränderten Randbedingungen ein attraktives Angebot im SPNV bereitstellen zu können. Anpassungen im Betriebskonzept können auch stets Auswirkungen auf die Betriebskosten haben, da beispielsweise Fahrzeugbedarf und die Betriebsleistung vom ursprünglichen Plan abweichen können. In tiefergehenden Untersuchungen sollte geprüft werden, welche (positive oder negative) Auswirkungen veränderte Rahmenbedingungen auf das geplante Betriebskonzept und damit die Investitions- und Betriebskosten haben kann.

3.3 Nachfrageabschätzung

Mit der Standardisierten Bewertung von Verkehrswegeinvestitionen im schienengebundenen öffentlichen Personennahverkehr (Version 2016) liegt eine Verfahrensanleitung für Nutzen-Kosten-Analysen vor, die auch eine Ermittlung von Verkehrsangeboten und Verkehrsnachfrage umfasst. Für Investitionsvorhaben bis 25 Mio. € kann danach zur Ermittlung von Verkehrsangeboten und Verkehrsnachfrage ein vereinfachtes Beurteilungsverfahren angewandt werden, das sich grundsätzlich an den Verfahrensschritten der standardisierten Bewertung orientiert, das aber hinsichtlich der Untersuchungstiefe mit der Ermittlung von Nachfrage Potenzialen dem Charakter einer Voruntersuchung Rechnung trägt. Auch wenn die Investitionskosten bei den hier betrachteten Streckenreaktivierungen zum Teil über 50 Mio. € betragen, wurde dieses vereinfachte Verfahren gewählt, um für die NKU eine erste Einschätzung der möglichen Verkehrsnachfrage zu erhalten.

Zur Ermittlung der Verkehrsnachfrage wurden dafür bereits vorhandene Kennwerte und Prognosen wie Einwohnerprognosen und Pendlerzahlen verwendet. Anhand von diesen Kennwerten und bekannten bzw. prognostizierten Mobilitätskennzahlen, wie dem Modal Split und den täglichen Wegen je Einwohner, wurde die Anzahl der Personenfahrten im Korridor abgeschätzt. Ein Überblick über die Eingangswerte und das Verfahren ist in Abbildung 3-2 dargestellt. Eine ausführliche Übersicht der Methodischen Grundlagen zur Abschätzung der Verkehrsnachfrage sowie der verwendeten Eingangsgrößen und Quellen findet sich in Anhang 1.

¹⁰ Vgl. BMVI (2020)

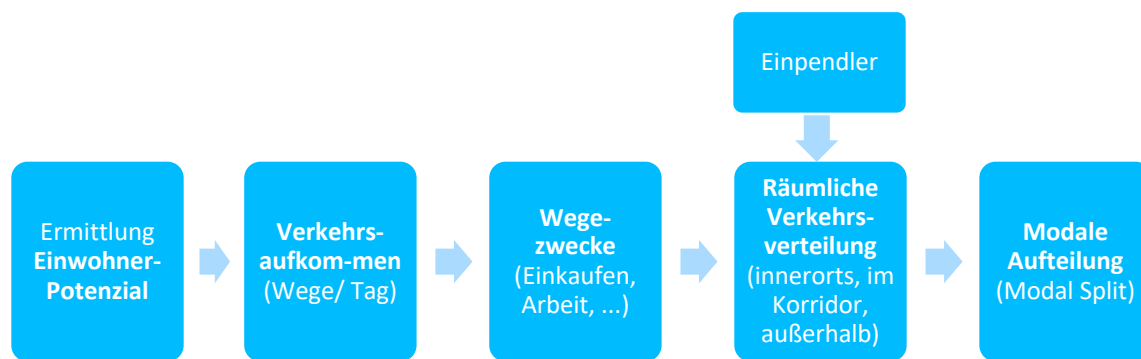


Abbildung 3-2: Abschätzung der Verkehrsnachfrage

Quelle: Eigene Darstellung

Das erreichbare Einwohnerpotenzial bezieht sich auf alle Einwohner der Städte und Orte, die entlang der Transportkorridore liegen. Einwohner im Umkreis von 1000 m zu (geplanten) Verkehrshalten im SPNV werden zu 100 % dem Einwohner Potenzial zugerechnet. Bei Entfernungen über 1000 m nimmt die Attraktivität des Bahnangebots signifikant ab. Einwohner der angebundenen Ortsteile außerhalb dieses Einzugsbereiches werden daher aufgrund des erhöhten Umsteigewiderstands lediglich zur Hälfte auf das Fahrgastpotenzial eingerechnet.

Die Verkehrsnachfrage wurde jeweils für den Ohne-Fall und für den Mit-Fall ermittelt. Für den Ohne-Fall wurde versucht die Nachfragewerte mit den Aufgabenträgern und dem Mitteldeutschen Verkehrsverbund (MDV) abzustimmen, um eine Orientierung über die derzeitigen Verkehrsströme im ÖPNV zu erhalten und die Modellannahmen so zu kalibrieren.

Zudem wurden zwei Szenarien für die Potenzialermittlung betrachtet: zum einen das Szenario „Status quo“, bei dem die verfügbaren Einwohner- und Pendlerprognosen für 2040 mit heutigen Modal Split Werten betrachtet werden, basierend auf einer eher konservativen Status-Quo-Prognose, in der die verkehrspolitischen Rahmenbedingungen und damit das Verkehrsverhalten der Bevölkerung gegenüber heute weitgehend unverändert sind. Zum anderen wurde das Szenario „Verkehrswende“ betrachtet, bei dem gleichzeitig das verkehrspolitische Ziel einer Verdopplung des Anteils des öffentlichen Verkehrs unterstellt wird. Hier wird davon ausgegangen, dass sich die politischen und gesellschaftlichen Rahmenbedingungen zugunsten des SPNV entsprechend verändern werden.

Um diese Verkehrswende zu schaffen und in Zukunft eine deutliche Reduzierung der CO₂-Emissionen zu erreichen, müssen seitens der Politik entsprechende Maßnahmen getroffen werden (Push- und Pull-Maßnahmen). Durch Push-Maßnahmen soll die MIV Nutzung erschwert und unattraktiver werden. Beispiele hierfür sind die City-Maut (Nutzerfinanzierung) oder eine verminderte Parkplatzkapazität in den Städten. Pull-Maßnahmen sollen den ÖPNV begünstigen. Beispiele hierfür sind attraktive Ticketpreise (z.B. 365 € Ticket), Verkehrsspitzen zu Gunsten des ÖPNV entflechten oder den ÖPNV weiter vor dem Straßenverkehr priorisieren. Wichtig ist, dass Push- und Pull-Maßnahmen immer nur in abgestimmten Kombinationen und Dosierungen Anwendung finden sollten.

In dem Szenario „Verkehrswende“ werden daher alle Werte zugunsten des SPNV verdoppelt, zugunsten des Busses um 50 % erhöht und überwiegend vom MIV abgezogen wer-

den. Da sich ein solcher politischer und gesellschaftlicher Trend derzeit abzeichnet, wurden die veränderten Rahmenbedingungen in dieser Studie berücksichtigt, um das politische Zielbild der Verkehrswende abbilden zu können.

Hinweis:

Trotz aller Sorgfalt unterliegt die Nachfrageabschätzung gewissen Unschärfen, da kein umfassendes und kalibriertes Verkehrsmodell der Region genutzt werden konnte. Im Rahmen von möglicherweise anschließenden vollständigen standardisierten Bewertungen sollte eine umfassende Nachfrageabschätzung durchgeführt werden, doch können die im Rahmen der vorliegenden Untersuchung ermittelten Nachfragezahlen eine der Untersuchungstiefe angemessene Orientierung liefern.

3.4 Nutzen-Kosten-Untersuchung im SPNV in Anlehnung an die standardisierte Bewertung

Im Rahmen des Gemeindeverkehrsfinanzierungsgesetz (GVFG) stellen die Zuwendungsgeber Bund, Länder und Kommunen jährlich Finanzmittel für die Förderung von Investitionen in die Infrastruktur des ÖPNV bereit. Zur sinnvollen Verwendung der Mittel bedarf es einer Abwägung zwischen dem Nutzen und den aus Maßnahmen resultierenden Kosten. Zuschussfähig sind Projekte, für die ein Nutzen-Kosten-Verhältnis über 1,0 nachgewiesen wird, deren Nutzen somit die Kosten übersteigt. Dazu wird die standardisierte Bewertung angewendet. Die Prüfung der geplanten Vorhaben in den Arbeitspaketen aus wirtschaftlicher Sicht erfolgt in Anlehnung an das Verfahren der standardisierten Bewertung.

Mit der Novellierung des Gemeindeverkehrsfinanzierungsgesetz im Jahr 2020 ist eine Förderung von Projekten auch bis zu einer Schwellenuntergrenze von 30 Mio. € möglich. Davon kann in Ausnahmefällen abgewichen werden, sodass auch Projekte unter 30 Mio. € gefördert werden können. Die vereinfachte Bewertung wurde in Anlehnung an die aktuell gültige Fassung („Version 2016“) erstellt.¹¹

Verfahrensseitig existieren konkrete Vorgaben zu Kostenkennwerten und zum methodischen Vorgehen:

Infrastruktur:

- Investitionskosten mit Preisstand 2016
- Planungskosten in Höhe von 10 %
- Drittelregel bei Kreuzungsbauwerken Eisenbahnen (nur Anteil des Infrastrukturbetreibers)
- Festgeschriebene Vorgaben zu Annuität (Abschreibung & Finanzierung) sowie zu Instandhaltungskosten

¹¹ Vgl. Intraplan Consult GmbH (2016)

Fahrzeuge und Personal:

- Festgeschriebene Wertansätze/Kostenansätze zu Instandhaltung, Energieverbräuche und Kapitalkosten
- Festgeschriebener Wert für Personalkostensatz je Stunde

Innovationen

Innovative Technologien können im Rahmen der standardisierten Bewertung gemäß der gültigen Verfahrensanleitung nicht berücksichtigt werden, da hierzu keine Kennwerte und Wertansätze vorliegen. Die Ermittlung der Betriebskosten beim Einsatz von innovativen Technologien wie z.B. Batterietriebzüge wurde auf Grundlage von vorliegenden Kostenkennwerten vorgenommen, die auf das Basisjahr 2016 zurückgerechnet wurden.

3.4.1 Gesamtwirtschaftliche Bewertung

Im Rahmen der Nutzen-Kosten-Untersuchung (NKU) werden die Nutzen, die sich aus den geplanten Maßnahmen ergeben, nach einem vorgegebenen Verfahren monetarisiert, d.h. in Geldwerten ausgedrückt, um sie den entstehenden Kosten gegenüberstellen zu können. Die betrachteten Nutzen- und Kostenelemente werden im Folgenden vorgestellt.

3.4.1.1 Reisezeitnutzen

Der Reisezeitnutzen ermittelt sich aus der Reisezeitdifferenz zwischen Ohne-Fall und Mit-Fall. Maßgeblich sind die Reisezeitdifferenzen im ÖPNV. Aufgrund einer verkürzten Reisezeit bei Einführung eines SPNV in einem Korridor im Vergleich mit den heutigen Busverkehren ergibt sich ein entsprechender Reisezeitnutzen. Auch werden die vom MIV hin zum ÖPNV verlagerten Fahrten in der Kalkulation der Reisezeit nach der „Rule of Half“ Regel berücksichtigt. Dies bedeutet, dass eine Reisezeitverbesserung der zum ÖV verlagerten Mitfahrer in etwa der Hälfte der Reisezeitverbesserung im ÖV entspricht.

3.4.1.2 Saldo PKW-Betriebskosten

Durch die Verkehrsverlagerung vom MIV hin zum ÖPNV ergeben sich Einsparungen bei den Betriebskosten. Die Betriebskosteneinsparungen ermitteln sich auf Basis der verlagerten PKW-Kilometer und den vorgegebenen Kostenkennwerten gemäß Verfahrensanleitung.

3.4.1.3 Saldo ÖPNV-Betriebskosten

Durch die Einführung eines regelmäßigen SPNV verändern sich entsprechend die ÖPNV-Betriebskosten. Der Saldo der ÖPNV-Betriebskosten ergibt sich aus der Differenz zwischen den Betriebskosten im ÖPNV-im Ohne-Fall (Busverkehre) und Mit-Fall (Bus- und Bahnverkehr). Um die negativen Auswirkungen der höheren Betriebskosten auszugleichen, ist es empfehlenswert zu prüfen, inwiefern bahnparallele Busverkehre eingestellt werden können.

3.4.1.4 Saldo Unfallfolgekosten

Zwischen dem Ohne-Fall und dem Mit-Fall ergeben sich Veränderungen bei den Unfallfolgekosten. Der MIV hat ein höheres Risiko für Unfälle und entsprechend eine höhere

Unfallfolgekostenrate, verglichen mit dem Bus- und Bahnverkehr. Durch die Verkehrsverlagerung vom MIV zum ÖPNV ergeben sich entsprechend geringere Unfallfolgekosten.

3.4.1.5 *Saldo CO₂-Emissionen und sonstige Emissionen*

Der CO₂-Austoß im Bahnverkehr ermittelt sich maßgeblich auf Grundlage des Betriebskonzeptes, der Fahrplan-km und der eingesetzten Fahrzeuge respektive infrastrukturellen Ausstattung der Strecke. Ein Betrieb in Dieseltraktion hat einen deutlich höheren CO₂-Austoß im Vergleich zum Betrieb unter dem Fahrdraht. Auf der anderen Seite würden die Investitionskosten bei einer Elektrifizierung deutlich ansteigen. Durch die Verkehrsverlagerungen vom MIV und Busverkehr auf den Bahnverkehr reduzieren sich entsprechend die Umweltemissionen beim MIV und Busverkehr. Demgegenüber stehen die Emissionen im Bahnverkehr. Die Differenz zwischen Ohne-Fall und Mit-Fall bildet den Saldo der Emissionen.

3.4.1.6 *Kapitaldienst ortsfeste Infrastruktur im Mit-Fall*

Die Kapitaldienstkosten für die ortsfeste Infrastruktur im Mit-Fall ermitteln sich auf Grundlage der Investitionskosten, der Abschreibungszeiträumen der einzelnen Gewerke sowie des Realzinssatzes. Nach Verfahrensanleitung beträgt der Realzinssatz 1,7 %. Förderungsmöglichkeiten werden bei der Ermittlung des Kapitaldienstes nicht berücksichtigt.

3.4.1.7 *Unterhaltungskosten Infrastruktur*

Die Instandhaltungskosten im Mit-Fall ermitteln sich auf Basis der Investitionskosten im Mit-Fall. Verfahrensseitig bestehen konkrete Vorgaben zu Instandhaltungskostensätzen je nach Gewerken und den spezifischen Abschreibungszeiträumen.

3.4.2 Ermittlung des Nutzen-Kosten-Verhältnis

Um das Nutzen-Kosten-Verhältnis (NKV) zu bilden, werden zunächst alle monetär bewerteten Einzelnutzen aufaddiert. Diese werden dem Kapitaldienst für die ortsfeste Infrastruktur im Mit-Fall gegenübergestellt.

Daraus lassen sich sowohl die Nutzen-Kosten-Differenz (Nutzen minus der Kosten) als auch das Nutzen-Kosten-Verhältnis (Nutzen geteilt durch die Kosten) bestimmen. Liegt das NKV über eins, kann die untersuchte Maßnahme mit Fördermitteln aus dem GVFG finanziert werden.

Hinweis:

Bei den hier durchgeführten Untersuchungen handelt es sich um keine vollumfängliche standardisierte Bewertung auf Grundlage eines integrierten Verkehrsmodells. Weist eine untersuchte Strecke Potenzial für eine Reaktivierung auf, wird empfohlen, auch vor dem Hintergrund der gegenwärtigen Überarbeitung des Leitfadens, eine vollständige standardisierte Bewertung durchzuführen. Auf diese Weise kann die Förderwürdigkeit der geplanten Maßnahmen sichergestellt werden. Bei den hier dargestellten Untersuchungen handelt es sich ausdrücklich um Voruntersuchungen mit reduziertem Detaillierungsgrad.

4 Status Quo der Schieneninfrastruktur und des ÖV-Angebots

Um geeignete Maßnahmen entwickeln zu können, wird zunächst der Status Quo der jeweils betrachteten (ehemaligen) Schieneninfrastrukturen analysiert. Dazu gehören sowohl der Zustand der Infrastruktur als auch die rechtlichen Grundlagen, das Angebot im ÖPNV sowie die Nutzung der Infrastruktur im SGV.

4.1 Status Quo im Korridor Zeitz – Altenburg (AP 1)

In der Bestandsanalyse wird näher auf den heutigen Zustand der Strecke eingegangen, wobei auch die rechtlichen Rahmenbedingungen erläutert werden. Weiterhin werden die heutigen Angebote im Schienengüterverkehr (SGV) und im öffentlichen Personennahverkehr (ÖPNV) dargestellt. Da der SPNV bereits 2002 eingestellt wurde, wird dazu das Busangebot betrachtet.

4.1.1 Zustand der Infrastruktur

Die Strecke Zeitz – Altenburg ist gegenwärtig langfristig an die Bayerische Regionaleisenbahn (BRE), als Tochter der Deutschen Regionaleisenbahn (DRE), verpachtet. Entlang der Strecke Zeitz – Altenburg gibt es mehrere Gleisanschlüsse, die nur noch zum Teil aktiv sind, und Güterbahnhöfe. Die ehemaligen Haltepunkte und Bahnhöfe entlang der Strecke werden, abgesehen von den Endpunkten im Bahnhof Zeitz und Bahnhof Altenburg, heute vom SPNV nicht mehr bedient.

Der Zustand der Infrastruktur lässt sich wie folgt zusammenfassen:

- ▶ Strecke ist in mittelmäßigem Zustand und für Güterverkehr durchgängig befahrbar
- ▶ Maximale Geschwindigkeit beträgt 50 km/h mit Einschränkungen durch nicht-technisch gesicherte Bahnübergänge
- ▶ Achslast von maximal 21 t (Streckenklasse CM3)
- ▶ Leit- und Sicherungstechnik mit mechanischem Stellwerk, jedoch überwiegend abgebaut
- ▶ Ehemalige Personenverkehrsstationen befinden sich in schlechtem Zustand und werden nicht mehr vom SPNV bedient (außer Zeitz und Altenburg)

4.1.2 Rechtliche Rahmenbedingungen

Es ergeben sich Einschränkungen durch die aktuell uneinheitlichen rechtlichen Rahmenbedingungen entlang der Strecke. Der aktuelle Status kann der nachfolgenden Tabelle 4-1 entnommen werden.

**Tabelle 4-1: Übersicht über die rechtlichen Rahmenbedingungen entlang der Strecke
Zeitz – Altenburg**

	Streckenabschnitt Zeitz – Tröglitz	Streckenab- schnitt Tröglitz – Meuselwitz	Streckenabschnitt Meuselwitz – Altenburg
Rechtlicher Status	Strecke nach Eisen- bahnbau- und Be- triebsordnung (EBO)	Bahnhofs- nebengleis	Verordnung über den Bau und Betrieb von An- schlussbahnen (BOA)
Betreiber	BRE	BRE	Firma Villmann
Regelmäßiger Personen- verkehr rechtlich möglich?	Ja	Nein	Nein

Quelle: Eigene Darstellung

Für die Durchführung von Schienenpersonennahverkehr (SPNV) auf der Strecke ist eine Harmonisierung des rechtlichen Status zu einer Eisenbahnstrecke nach EBO notwendig.¹² Dadurch ergeben sich möglicherweise Einschränkungen in den Betriebsweisen für die Unternehmen, die heute das Bahnhofsnebengleis und die Anschlussbahn nutzen, da das Hauptgleis der Strecke signaltechnisch gesichert werden muss und damit nur noch eingeschränkt für Rangierfahren zur Verfügung steht.

Beim Rangieren beträgt die maximal zulässige Geschwindigkeit ohne eine technische Sicherung 25 km/h (Fahren auf Sicht). Beschränkungen beim Einfahren in besetzte Gleise bestehen beim Rangierbetrieb im Gegensatz zum Zugbetrieb nicht. Dies erlaubt es im Rangierbetrieb auch Züge zu zerlegen und wieder zusammenzustellen. Der Streckenabschnitt Meuselwitz – Altenburg wird darüber hinaus aktuell zur Abstellung von Waggons genutzt, was auf einer Strecke nach EBO nicht möglich ist.

Die Harmonisierung des rechtlichen Status der Strecke stellt ein mögliches Risiko im Rahmen einer Reaktivierung dar und sollte daher bereits früh mit allen Beteiligten geklärt werden.

4.1.3 Heutiges ÖPNV-Angebot

Da der Personenverkehr auf der Strecke seit 2002 eingestellt ist, wird für das heutige Mobilitätsangebot entlang des Korridors das ÖPNV-Angebot mit seinen Busverbindungen dargestellt. Dazu wurde sowohl das Angebot zwischen den beiden Mittelzentren Zeitz und Altenburg (mit Teilfunktion eines Oberzentrums) betrachtet als auch die Anbindung nach Leipzig als nahegelegenes Oberzentrum.

Grundsätzlich ist an dieser Stelle zu erwähnen, dass die *Richtlinien für integrierte Netzgestaltung* (RIN) zwischen zwei Oberzentren eine SPNV-Verbindung vorsehen und zwischen Mittelzentren mindestens eine SPNV- oder Regionalbusverbindung. Ziel der RIN ist

¹² Die Akteure sind: Die Eigentümer aller Streckenabschnitte (BRE und Fa. Villmann), das Eisenbahnbundesamt (EBA) sowie u.U. die Landeseisenbahnaufsichten

es, die Ziele der Erreichbarkeit der zentralen Orte aus der Raumordnung aufzugreifen und daraus die Gliederung der Verkehrsnetze abzuleiten. Nach der RIN besteht auf dieser Strecke also ein Erreichbarkeitsdefizit seit der Einstellung des SPNV, da auch kein durchgehender Regionalbus vorhanden ist.

Die wesentlichen Defizite im Status Quo zwischen Zeitz und Altenburg sind:

- ▶ Fehlende SPNV- bzw. Regionalbusverbindung zwischen Zeitz und Altenburg
- ▶ Fehlende umsteigefreie Busverbindung zwischen Zeitz und Altenburg
- ▶ Verbindung mit guter Umsteigemöglichkeit werktags nur im Zweistundentakt
- ▶ Verbindungen zwischen Meuselwitz und Zeitz nur zweistündlich, in Hauptverkehrszeiten stündlich
- ▶ Fahrzeit zwischen Zeitz und Altenburg im ÖPNV mit > 60 Minuten etwa doppelt so lang wie im MIV (ca. 30 Minuten)
- ▶ Außer Zechau können alle von Bussen bediente Haltepunkte auch vom SPNV erschlossen werden
- ▶ Verbindungen nach Leipzig benötigen (außer von Zeitz und Altenburg aus) einen Umstieg von Bus auf Zug, bzw. Bus auf Bus und etwa 1,5 Stunden ab Meuselwitz

Ein großer Teil des Busangebots verläuft parallel zur Schieneninfrastruktur und könnte nach einer Reaktivierung des SPNV (teilweise) eingestellt werden. Dadurch lassen sich schätzungsweise 350.000 Fahrplan-km p.a. im Busverkehr einsparen.

4.1.4 Heutige Verkehre im Schienengüterverkehr

Obwohl die Strecke für den Personenverkehr stillgelegt ist, verkehren heute noch abschnittsweise Güterzüge auf der Strecke zwischen Zeitz und Altenburg. Insbesondere die Züge zum Chemie- und Industriepark Zeitz in Tröglitz und die Züge zur Zuckerfabrik in Zeitz sind hier zu nennen.

Das gegenwärtige Transportvolumen auf der Schiene zum Chemie- und Industriepark beträgt etwa 30.000 Tonnen pro Jahr. Regelmäßige Verkehre sind Phenol- und Ammoniakzüge, sowie einmal wöchentlich einzelne Wagons mit Altöl und einmal monatlich Wagen mit Gas.

Aufgrund der Sperrung der Flutbrücke nach dem Hochwasser 2013 konnten die Güterzüge bis März 2021 nicht von Tröglitz über Zeitz fahren, sondern mussten über Altenburg umgeleitet werden. Dies verursachte erhebliche Mehrkosten, aufgrund der längeren Strecke und operativen Hindernissen. Während der Sperrung kam es zu einem Aufkommensrückgang im SGV des Chemie- und Industrieparks um 70 % (vorher 100.000 Tonnen pro Jahr).¹³

¹³ Gespräch mit Chemie- und Industriepark Zeitz

Weitere Verkehre auf dieser Strecke sind von der Waggonbau Altenburg GmbH der Villmann Gruppe zu erwarten. Diese betreibt den Abschnitt Meuselwitz – Altenburg als Anschlussbahn und nutzt diese für Gelegenheitsverkehre für die Zu- und Auslieferung von Waggons. Die Firma nutzt weiterhin die Anlagen der Güterbahnhöfe Meuselwitz, Rositz und Altenburg für die Abstellung von Güterwagen. Zusätzlicher Gelegenheitsverkehr ist von der Zech Umwelt GmbH in Kriebitzsch zu erwarten, die dort über ein Ladegleis an die Strecke Anschluss hat.¹⁴

4.2 Status Quo im Korridor Meuselwitz – Regis-Breitingen (AP 2)

Im Rahmen der Bestandsanalyse wird zunächst auf den aktuellen Zustand der Infrastruktur und bekannte Ausbaupläne eingegangen. Anschließend erfolgt eine Betrachtung des heutigen Angebotes im Personenverkehr sowohl auf der Kohlebahn selbst als auch auf den Busverbindungen im Korridor Regis-Breitenbach – Meuselwitz. Auf der Strecke findet heutzutage kein Güterverkehr statt. Eine Reaktivierung im Schienengüterverkehr (SGV) ist nicht geplant. Daher wird dieser im Folgenden nicht weiter betrachtet.

4.2.1 Zustand der Infrastruktur

Die Kohlebahn ist heute in einem, insbesondere für eine Museumsbahn, guten Zustand. Die gesamte Strecke ist eingleisig und nicht elektrifiziert. Eigentümer der Strecke ist der Verein Kohlebahnen e.V. und der Betrieb erfolgt nach dem Thüringer Bergbahn- und Parkreisenbahngesetz (ThürBPBahnG).

Der Zustand der Infrastruktur lässt sich wie folgt zusammenfassen:

- ▶ Guter Zustand des Oberbaus, überwiegend mit Betonschwellen
- ▶ Punktuelle Verbesserungen des Oberbaus notwendig für höhere Geschwindigkeiten (z.B. Gleisstabilisierungen, Überhöhungen in den Bögen)
- ▶ Bahnübergänge sind nicht-technisch gesichert
- ▶ Haltepunkte und Bahnhöfe müssen für regelmäßigen SPNV erneuert werden
- ▶ Ein neuer Haltepunkt sollte in Meuselwitz Ost errichtet werden

Insgesamt verfügt die Kohlebahn über drei Bahnhöfe und einen Haltepunkt, sowie die Endhaltestelle Regis-Breitingen, die bis 2022 zu einem Bahnhof ausgebaut werden soll. Dadurch, dass in Regis-Breitingen aktuell kein Bahnhof für die Kohlebahn vorhanden ist, muss für die Fahrten, die aktuell nach Regis-Breitingen stattfinden, die Lok bereits im Bahnhof Haselbach umgesetzt und der Zug bis zum Endpunkt in Regis-Breitingen geschoben werden. Pläne für den Neubau eines Bahnhofes für die Kohlebahn in Regis-Breitingen liegen bereits vor.¹⁵

¹⁴ Gespräch mit DB Netze und der Deutschen Regionaleisenbahn GmbH sowie mit dem Industriepark Zeitz

¹⁵ Eine Planzeichnung „Umgestaltung Endhaltepunkt Regis-Breitingen“ (Stand Juli 2020) wurde von dem Verein Kohlebahnen e.V. zur Verfügung gestellt.

4.2.2 Heutiges Angebot im ÖPNV

Die Kohlebahn selbst verkehrt lediglich als Museumsbahn im Ausflugsverkehr. Im Sommer finden jeden Sonntag mehrere Fahrten statt. Auch an Feiertagen und im Rahmen von Sonderfahrten fährt die Kohlebahn. Die Fahrzeit von Meuselwitz bis Regis-Breitingen mit Halt in Schnaudertal, Wintersdorf und Haselbach beträgt etwa 50 Minuten. An den meisten regelmäßigen Verkehrstagen finden je 2 Fahrten in Hin- und Rückrichtung statt.

Die bestehenden Verbindungen im ÖPNV lassen sich folgendermaßen zusammenfassen:

- ▶ Eine Verbindung zwischen Meuselwitz und Regis-Breitingen ist nur mit Umstieg in Lucka oder Altenburg möglich und beträgt zwischen 40 und 75 Minuten
- ▶ Mit 1 bis 3 Abfahrten je Stunde besteht ein dichtes aber zeitlich unattraktives Angebot
- ▶ Die Verbindung zwischen dem Korridor und Leipzig beträgt zwischen 90 bis 120 Minuten und ist zeitlich nicht attraktiv, laut Aufgabenträger wird seitens der Fahrgäste eine bessere Anbindung gewünscht
- ▶ Die Fahrt im MIV zwischen Meuselwitz und Regis-Breitingen beträgt etwa 17 Minuten und zwischen Meuselwitz und Leipzig etwa 50 Minuten

4.3 Status Quo in der Region Groitzsch/Zwenkau (AP 3)

Im Rahmen der Bestandsanalyse wird zunächst auf den aktuellen Zustand der Infrastruktur eingegangen. Anschließend erfolgt eine Betrachtung des heutigen Angebotes im Personenverkehr zwischen Groitzsch und Zwenkau, sowie zwischen den beiden Städten und dem Oberzentrum Leipzig.

4.3.1 Zustand der Infrastruktur

Die Bahnstrecken Meuselwitz – Gaschwitz und Neukieritzsch – Pegau sowie die Kohlebahnen wurden größtenteils nach ihrer Stilllegung rückgebaut, sodass heute kaum noch ehemalige Bahnanlagen vorhanden sind. Auf dem ehemaligen Streckenabschnitt zwischen Zwenkau und Gaschwitz liegt heute der Zwenkauer See als Nachnutzung der Tagebaugrube. Im Stadtgebiet von Zwenkau ist die ehemalige Trasse teilweise überbaut.

Zwischen Zwenkau und Groitzsch wurde die Trasse gesichert, indem ein Radweg auf der ehemaligen Strecke angelegt wurde. Dieser führt von Zwenkau (Pegauer Str.) bis nach Schnaudertrebnitz. In Groitzsch ist die Trasse in die Stadt größtenteils und der ehemalige Bahnhofsbereich teilweise überbaut.

Die Strecke von Neukieritzsch über Groitzsch nach Pegau wurde ebenfalls rückgebaut. Auch hier wurden Teile der Trasse durch einen Radweg zwischen Groitzsch und Pödelwitz gesichert.

4.3.2 Heutiges Angebot im ÖPNV

Das Busangebot in der Region Zwenkau und Groitzsch ist vielfältig. Es bestehen regelmäßige Verbindungen zu den S-Bahn-Stationen Großdeuben, Gaschwitz und Markkleeberg bzw. ab Groitzsch zur Regionalbahnhaltestelle Pegau. Von dort bestehen regelmäßige Übergänge von und nach Leipzig.

Die Buslinie 100 (PlusBus) verbindet die Ortschaften Groitzsch, Zwenkau, Großdeuben, Gaschwitz und Markkleeberg miteinander. Der PlusBus ist ein besonderes Angebot im Mitteldeutschen Verkehrsverbund. Die Busse fahren stündlich und bieten gute Anschlüsse an das Bahnnetz. Die Ankunftszeiten an den Verbindungsstellen zwischen Bus und Bahn sind so abgestimmt, dass die Wartezeiten möglichst kurz sind und selbst im Verspätungsfall werden die Anschlüsse von der S-Bahn auf den Bus nach Möglichkeit gesichert.

Die Anbindung im ÖPNV ist grundsätzlich als gut zu bewerten, da mit dem PlusBus regelmäßige Verbindungen (mindestens Stundentakt) zu nahgelegenen Zugängen zum Schienennetz in Richtung Leipzig bestehen. Verbesserungen lassen sich insbesondere im Hinblick auf die Fahrzeiten erreichen, vor allem ab Groitzsch (45 Minuten Fahrzeit bis S-Bahnhaltestelle Markkleeberg).

4.4 Status Quo im Korridor Böhlen – Espenhain/Thierbach (AP 4)

Im Rahmen der Bestandsanalyse wird zunächst auf den aktuellen Zustand der Infrastruktur eingegangen. Anschließend erfolgt eine Betrachtung des heutigen Angebotes im Personenverkehr zwischen Espenhain und Böhlen bzw. Leipzig.

4.4.1 Zustand der Infrastruktur

Die Strecke befindet sich in keinem einheitlichen Zustand. Generell kann die Strecke aufgrund der spezifischen Charakteristika in drei Teilbereiche eingeteilt werden:

- Bahnhof Böhlen – Rangierbahnhof Espenhain
- Abschnitt Rangierbahnhof (Rbf) Espenhain
- Anschluss ab Werkstatt der PRESS in Richtung Süden (ab Rbf Espenhain)

Der erste Teil erstreckt sich vom Bahnhof Böhlen bis einschließlich Rangierbahnhof Espenhain. Dieser Teil ist noch als Bahnstrecke klassifiziert und in einem guten Zustand. Hier wird auch regelmäßiger Verkehr gefahren. Der Teilbereich ab dem Anschluss der Pressnitztalbahn Werkstatt in Richtung Süden wird nicht mehr aktiv genutzt. Teilweise werden dort Güterwagen abgestellt. Die Infrastruktur ist mit Blick auf die Nutzungsdensität in einem adäquaten Zustand. Aus der nachfolgenden Abbildung 4-1 gehen die Teilbereiche der Infrastruktur im Kontext der rechtlichen Einstufung hervor.

	Streckenabschnitt Böhlen-Espenhain	Streckenabschnitt Espenhain Gbf	Gleisanlagen ab Espenhain Gbf
Rechtlicher Status	Strecke nach EBO	Öffentliche Werkbahn nach BOA	Nichtöffentliche Anschlussbahn nach BOA
Betreiber	Pressnitztalbahn	Pressnitztalbahn	Pressnitztalbahn
Personenverkehr rechtlich möglich	Ja	Nein	Nein

Abbildung 4-1: Rechtliche Charakteristika der Eisenbahninfrastruktur

Quelle: Eigene Darstellung

Im Hinblick auf eine mögliche Reaktivierung im SPNV lassen sich folgende infrastrukturelle Defizite feststellen:

- ▶ Böhlen liegt an der Hauptstrecke Leipzig – Hof und weist ein dichtes Angebot im SPNV auf
- ▶ Verkehrshalte Rötha und Espenhain sind vollständig zurückgebaut
- ▶ Lage der Verkehrshalte außerhalb der Ortschaften und für Fahrgäste schlecht zu erreichen
- ▶ Reaktivierung südlich von Espenhain nur mit umfangreichen Anpassungen an Leit- und Sicherungstechnik möglich, finanziell nicht tragbar

4.4.2 Heutiges Angebot im ÖPNV

Die schienenseitige Anbindung im Untersuchungsgebiet erfolgt derzeit ausschließlich über den Bahnhof Böhlen (Leipzig). Böhlen ist über die S-Bahn-Linien S5, S5X und S6 an Leipzig und bspw. Altenburg angebunden. Die Linien S5 und S6 fahren jeweils im Halbstundentakt, sodass vier Abfahrten je Stunde und Richtung angeboten werden und somit ein attraktives Angebot besteht. Auch in den Randstunden besteht ein gutes Angebot. Abbildung 4-2 zeigt die Bus-Bahn-Verbindungen in der Untersuchungsregion.

Das heutige Angebot im SPNV lässt sich wie folgt zusammenfassen:

- ▶ Werktags besteht ein gutes Angebot mit der Linie 144 (PlusBus) im Stundentakt
- ▶ Es bestehen Optimierungspotenziale an den Tagesrandlagen (insb. abends) und am Wochenende (Zweistundentakt)
- ▶ Es bestehen SPNV-Verbindungen ab Böhlen in attraktivem Takt
- ▶ Die Reisezeiten im ÖPNV sind vergleichbar mit denen im MIV (etwa 60 Minuten zwischen Espenhain und Leipzig gegen 45 Minuten)

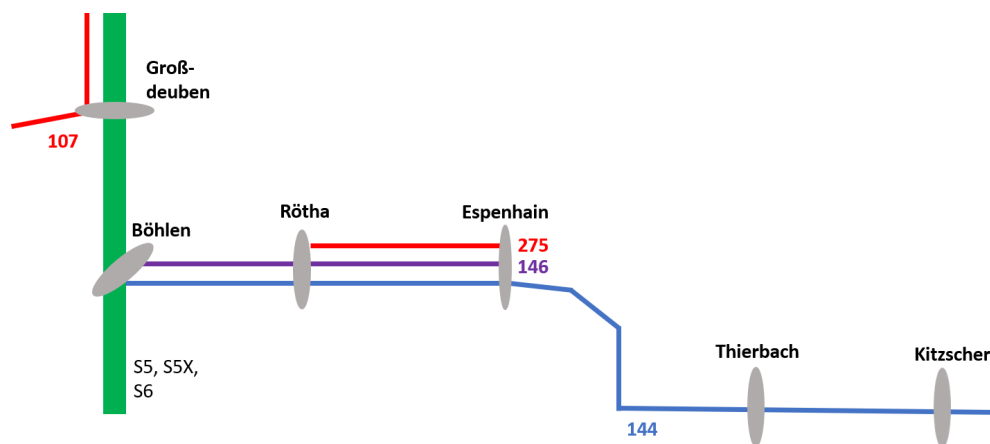


Abbildung 4-2: Übersicht der Bus-Bahn-Verbindungen im Untersuchungsraum

Quelle: Eigene Darstellung nach Liniennetz Landkreis Leipzig, MDV (Hrsg.) (2019)

4.5 Status Quo Standort Profen (AP 5)

Die Ortschaft Profen liegt in der Gemeinde Elsteraue an der Weißen Elster im Burgenlandkreis. Die Ortschaft ist vom Bergbau geprägt. In Profen befindet sich einer der letzten aktiv betriebenen Tagebaue für Kohle. Betreiber des Tagebaus ist die Mitteldeutsche Braunkohlengesellschaft (MIBRAG). Die MIBRAG ist Hauptarbeitgeber in der Region. Derzeit beschäftigt die MIBRAG rund 2.700 Mitarbeiter an verschiedenen Standorten. Zusätzlich sind in der Region viele Unternehmen im Bereich bergbaunahe Dienstleistungen ansässig. Der Kohleausstieg ist eine politische beschlossene Sache. Für den Strukturwandel möchte der Bund bis zum Jahr 2028 bis zu 40 Milliarden Euro bereitstellen. Der Ausstieg aus der Kohle soll bis spätestens 2038 erfolgen. Bis dato müssen für die betroffenen Regionen nachhaltige und wirtschaftliche Lösungen erarbeitet werden, um die Arbeitsplätze zu sichern und Zukunftsfähigkeit zu gewährleisten.

Am Standort Profen besteht ein umfangreiches Werksbahnnetz mit der Möglichkeit zu Instandhaltung von Schienenfahrzeugen. Überdies sind durch den Kohleausstieg ausreichend Entwicklungsflächen für die Ansiedelung von Unternehmen vorhanden.

Die schienenseitige Anbindung erfolgt über den Bahnhof Profen, der durch die Bahnstrecke 6383 (Leipzig-Probstzella) bedient wird. Diese verläuft innerhalb des Streckenverlaufes sowohl eingleisig als auch zweigleisig. Im Rahmen der Maßnahme des S-Bahn-Ausbaues soll über Zeit bis Gera die Strecke zweigleisig ausgebaut werden. Außerdem soll zwischen Plagwitz und Gera eine Elektrifizierung erfolgen.¹⁶ Bis 2035 könnte die Strecke elektrifiziert, weitestgehend zweigleisig und mit neuen Haltepunkten ausgebaut sein.¹⁷

Bisher verkehren auf der Strecke der RE 12 und RB 22 in einer stündlichen Taktung. Außerdem wird der Bahnhof Profen durch den PlusBus (Linie 850) angebunden.¹⁸

¹⁶ Vgl. Höhne, S. (2021)

¹⁷ Vgl. TAG24 NEWS Deutschland GmbH (2021)

¹⁸ Vgl. MDV (2020)

5 Potenziale zur Reaktivierung von Bahnstrecken im SPNV

5.1 Strecken mit Reaktivierungspotenzial

Bei der Frage nach dem Reaktivierungspotenzial für die betrachteten Strecken in der Untersuchungsregion müssen, die damit in Verbindung stehenden Infrastruktur- und Betriebskosten und die Nutzenparameter berücksichtigt werden. Die Betriebskosten ergeben sich maßgeblich aus dem Betriebskonzept. Dabei ist auch relevant, ob bei Wiedereinführung von Schienenpersonenverkehr das bestehende Busnetz reduziert werden kann. Die Nutzenindikatoren aus volkswirtschaftlicher Sicht sind beispielsweise der Reisezeitnutzen, eingesparte PKW-Kilometer und damit verbundene Unfallkosten sowie Einsparungen von CO₂-Emissionen.

5.1.1 Güterverkehr auf der Strecke Zeitz – Altenburg (AP 1)

Die Strecke Zeitz – Altenburg wurde getrennt nach Güterverkehr und Personenverkehr betrachtet. Im Güterverkehr ergeben sich gewisse Reaktivierungs- bzw. Ausbaupotenziale. Im Personenverkehr werden derzeit hingegen keine Potenziale gesehen. Der Güterverkehr wird im Folgenden erläutert. Die Potenzialuntersuchung für den Schienenpersonenverkehr wird in Kapitel 5.2.1 beschrieben.

Die Strecke Zeitz – Altenburg stellt einen wichtigen Standortvorteil für den Chemie- und Industriepark Zeitz dar, da viele Güter der chemischen Industrie aus Sicherheitsgründen nur über die Schiene transportiert werden dürfen. Da der Chemie- und Industriepark über freie Ansiedelungsflächen verfügt, könnte ein Ausbau der Schieneninfrastruktur ein wichtiges Entscheidungskriterium für die Ansiedelung von neuen Unternehmen darstellen. Weiterhin bildet die Strecke eine wichtige Ausweichstrecke im Fall von Hochwasser. Insbesondere dafür wäre eine Elektrifizierung bis in den Chemiapark wünschenswert.

Die limitierenden Faktoren auf der Strecke Zeitz – Altenburg sind die Achslasten und geringen Geschwindigkeiten aufgrund der Brücken, Langsamfahrstellen sowie technisch nicht gesicherte Bahnübergänge. Gegenwärtig sind auf den Anschnitt Achslasten bis zu 21 Tonnen möglich. Die maximale Achslast im deutschen Streckennetz beträgt 22,5 Tonnen. Das bedeutet, dass ein vierachsiger Güterwagen ein Gesamtgewicht von 90 Tonnen aufweisen kann. Bei einer Achslast von nur 21 Tonnen reduziert sich entsprechend das max. zulässige Gesamtgewicht auf 84 Tonnen. Die maximale mögliche Zuladung nimmt ab und die Transportkosten je Tonne steigen an. Insbesondere beim Transport von schweren Gütern wie Kesselwagen in der chemischen Industrie ist die Achslast ein wichtiger Faktor.

Durch eine Erhöhung der Achslast könnte die Zuladung je Wagen gegenüber dem Status Quo um 9 % steigen. Bei einem Zug mit 10 Kesselwagen und zwei Rundläufen je Woche betragen die jährlichen Einsparungen bei den Betriebskosten rund 40.000 €¹⁹, was einer Reduzierung von 0,64 € je Tonne entspricht.

¹⁹ Bei aktueller Transportmenge von 30.000 t pro Jahr

Sofern Mehrverkehr vom Chemiepark Zeitz auf die Schiene gebracht werden soll und sich weitere schienenaffine Unternehmen ansiedeln, wären die Einsparungen entsprechend höher. Bei Ansatz des Transportvolumens vor der Brückensperrung (100.000 Tonnen pro Jahr) ergeben sich jährliche Einsparungen von 120.000 €.

Im Allgemeinen stehen verschiedene nationale und länderspezifische Förderprogramme im Schienengüterverkehr zur Verfügung, die für die Ertüchtigung der Strecke genutzt werden könnten. Tabelle 5-1 listet die spezifischen Förderprogramme mit Darstellung der wesentlichen Aspekte auf.

Tabelle 5-1: Förderprogramme im SGV im Bereich Infrastruktur

Förderprogramm	Fördermit- telgeber	Geförderte Maßnahmen	Anmerkungen
SGFFG ²⁰	Bund	Ersatzmaßnahmen an Eisenbahnstrecken oder Serviceeinrichtungen ²¹	Private EIU
Anschlussförderung	Bund	Neu- und Ausbau von Gleisanschlüssen	Private EIU, Antragsteller Eigentümer der Infrastruktur
Stärkung des regionalen Schienengüterverkehrs in Sachsen-Anhalt	Land	Neubau und Ausbau Gleisanschlüsse	Zuwendungsempfänger sind Unternehmen in privater Rechtsform
Bundesförderprogramm Güterverkehr	Bund	Elektrifizierung, Innovationen	Bundeseigene und nicht bundeseigene EIU, EVU

Quelle: Eigene Darstellung

Bezüglich der Strecke Zeitz – Altenburg ist zu beachten, dass sich Teile der Strecke im Eigentum der DB Netze befinden. Die dargestellten Förderprogramme beziehen sich auf private Eisenbahninfrastrukturen. Große Investitionen an bundeseigenen Strecken erfolgen über den Bundesverkehrswegeplan mit vorangegangener Nutzen-Kosten-Untersuchung. Hierbei wird der Nutzen des Schienenpersonen- und Güterverkehrs berücksichtigt. Kleine Maßnahmen mit nur geringen Investitionsvolumina werden im Bundesverkehrswegeplan (BVWP) nicht berücksichtigt.

Eine Prüfung der Möglichkeiten für die finanzielle Förderung der Maßnahmen für den SGV kann unabhängig von der Reaktivierungsfrage im Bereich Schienenpersonenverkehr erfolgen. Ein erster Schritt dafür können gemeinsame Gespräche mit den Beteiligten (z.B. Infrastrukturbetreiber, EVUs, Chemie- und Industriepark Zeitz) sein.

²⁰ Schienengüterfernverkehrsnetzförderungsgesetz

²¹ Zukünftig soll neben Ersatzmaßnahmen auch der Ausbau- und Neubau von Strecken nicht bundeseigener Eisenbahninfrastrukturunternehmen förderfähig sein, vgl. Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz (2013)

5.1.2 Strecke Großdeuben – Zwenkau – (Groitzsch)

Für die Anbindung von Groitzsch und Zwenkau an Leipzig wurde eine S-Bahnverlängerung mit Abzweig in Großdeuben bzw. Gaschwitz geprüft. Hierbei wurde ein kompletter Streckenneubau in verschiedenen Trassierungsvarianten betrachtet. Diese werden im Folgenden vorgestellt, bevor im Anschluss die Nutzen-Kosten-Untersuchung für Variante 2 durchgeführt und eine Handlungsempfehlung gegeben wird.

5.1.2.1 Trassierungsvarianten

Zur Erschließung von Zwenkau und Groitzsch gibt es verschiedene Möglichkeiten in Abhängigkeit der Lage der Haltepunkte. Zentral gelegene Haltepunkte weisen eine hohe Erschließungsfunktion auf, sind allerdings mit hohen Kosten durch den Abriss von Gebäuden und Ausgleichsmaßnahmen verbunden. Der Anschluss an die Bestandsstrecke erfolgt bei allen Varianten südlich des Haltepunktes Großdeuben und ist mit einem entsprechenden Umbau des Haltepunktes zu einem Bahnhof verbunden.

Im Rahmen der Trassierung wurden drei verschiedene Varianten betrachtet, siehe Abbildung 5-1:

- ▶ Variante 1a: Großdeuben – Zwenkau (Gewerbegebiet) – Groitzsch
- ▶ Variante 1b: Großdeuben – Zwenkau (Ortsmitte) – Groitzsch
- ▶ Variante 2: Großdeuben – Zwenkau (Ortsmitte)

Aufgrund der zweifelhaften Umsetzung von Variante 1b (erhöhter Widerstand durch Wohnbebauung im Zentrum von Zwenkau) wurde diese Variante nicht weiter untersucht. Nutzen-Kosten-Untersuchungen wurden für Variante 1a und 2 durchgeführt.



Abbildung 5-1: Übersicht Trassenvarianten S-Bahn Verlängerung bis Zwenkau/Groitzsch

Quelle: Eigene Darstellung Kartengrundlage: Google Maps

Folgende Aspekte sind bei der Trassierung zu berücksichtigen:

- ▶ Eine (partielle) Verlegung der Bundesstraße B2 ist geplant, die Bahntrasse kann jedoch östlich der (neuen) B2 verlaufen.
- ▶ Zwischen Groitzsch und Zwenkau besteht entlang der ehemaligen Trasse ein Radweg. Dieser kann für die Trassierung genutzt werden, der Radweg ist zu verlegen.
- ▶ Ein Abzweig bei Großdeuben ist laut ersten Gesprächen mit DB Netz grundsätzlich möglich, auch über die Güterverkehrsstrecke.
- ▶ Die Kreuzung mit der B2 im Bereich von Gaschwitz erfordert ein Kreuzungsbauwerk, das die Kosten in die Höhe treiben kann.
- ▶ Zwischen Großdeuben und dem Flugplatz Böhlen besteht der Baugrund aus Tagebauaufschüttung. Die Standsicherheit ist u.U. nicht gewährleistet.

- ▶ Bebauung in Groitzsch und Zwenkau erschwert die Platzierung der Bahnhöfe in ehemaliger Lage.

5.1.2.2 *Potenzielle Personenverkehr*

Für die S-Bahnverlängerung ab Gaschwitz wird eine Streckengeschwindigkeit von 80 km/h angenommen. Aufgrund des Haltereimes mit Brems- und Anfahrvorgängen sind auf dem neuen Abschnitt kaum höhere maximale Geschwindigkeiten zu erreichen. Es ist ein kompletter Streckenneubau erforderlich. Für folgende Gewerke wurden die Investitionskosten abgeschätzt:

- ▶ Erdbau- und Baufeldfreimachung (inkl. Pfahlgründung zwischen Großdeuben und Flugplatz Böhlen)
- ▶ Oberbauarbeiten
- ▶ Lärmschutzmaßnahmen
- ▶ Bahnübergänge
- ▶ Verkehrsstationen
- ▶ Ingenieurbauwerke (inkl. Überführungsbauwerk Großdeuben)
- ▶ Leit- und Sicherungstechnik
- ▶ Elektrifizierung

Aufgrund des frühen Planungsstadiums und der Unsicherheiten z.B. bezüglich des Baugrundes, wurden die Investitionskosten in Spannweiten angegeben. Die Investitionskosten betragen **53 bis 70 Mio. € in Variante 1a** (S-Bahnverlängerung bis Groitzsch mit Bahnhof in Zwenkau südlich des Gewerbegebiets) und **28 bis 36 Mio. € in Variante 2** (S-Bahnverlängerung bis Zwenkau). Es ist jedoch zu erwarten, dass für eine mögliche Realisierung der Maßnahmen deutlich höhere Kosten auftreten, da die Kostensteigerungen, die seit 2016 aufgetreten sind, an dieser Stelle nicht abgebildet werden können (vgl. Kapitel 3.1.2).

Das mögliche Betriebskonzept basiert auf den Anschlüssen aus dem Deutschlandtakt. Dort ist vorgesehen, dass vier S-Bahnen je Stunde in Gaschwitz enden. Von diesen vier Linien, weisen die Linie S3a und S3b mit 47 Minuten ausreichend lange Wendezeiten auf, um diese ohne Fahrzeugmehrbedarf bis nach Zwenkau oder Groitzsch zu verlängern. Im besten Fall lässt sich dadurch ein Halbstundentakt realisieren.

Bei der Linienverlängerung im Halbstundentakt ergibt sich die Notwendigkeit einer Zugkreuzung im Bahnhof Zwenkau. Diese wird durch einen zweigleisigen Bau des Bahnhofs ermöglicht. Die gesamte Fahrzeit von Gaschwitz bis Groitzsch beträgt in dieser Variante 17 Minuten, die Fahrzeit in der Gegenrichtung beträgt durch die Zugkreuzung 20 Minuten. Die gesamte Fahrzeit von/nach Leipzig Hbf beträgt somit 37 bzw. 40 Minuten. Die verbleibende Wendezeit in Groitzsch beträgt 8 Minuten. Wird das Angebot auf einen Stundentakt reduziert, entfällt die Zugkreuzung.

In Variante 2 wird die S-Bahn lediglich bis Zwenkau (Mitte) verlängert. Die Fahrzeit von Gaschwitz bis Zwenkau beträgt in dieser Variante 8 Minuten. Es verbleibt eine Wendezeit

von 30 Minuten. Auch hier ist für einen Halbstundentakt die gleichzeitige Ein- und Ausfahrt im Bahnhof Zwenkau notwendig, im Stundentakt ist ein Bahnhofsgleis ausreichend.

Die Fahrzeiten bis Leipzig betragen mindestens 37 Minuten ab Groitzsch bzw. mindestens 28 Minuten ab Leipzig. Dies entspricht einer Reisezeiteinsparung in der Tür-zu-Tür-Betrachtung von etwa 10 Minuten für die Relationen Groitzsch – Leipzig und Zwenkau – Leipzig.

Die Abschätzung der Fahrgastnachfrage erfolgte ebenfalls für die beiden Varianten. In Variante 1a wurden die Einwohnerpotenziale von Zwenkau und Groitzsch betrachtet, in Variante 2 lediglich die von Zwenkau. Aufgrund der zentralen Lage des Bahnhofs Zwenkau kann in Variante 2 das im Vergleich höhere Einwohnerpotenzial im Radius von 1.000 m Einzugsbereich erreicht werden. Die prognostizierte Fahrgastnachfrage kann Tabelle 5-2 entnommen werden. Die Nachfrage im Szenario „Verkehrswende“ erhöht sich entsprechend der Annahmen. Dadurch werden bis zu 3.541 Personenfahrten im Korridor in Variante 1a nachgefragt und bis zu 2.005 Personenfahrten zwischen Zwenkau und Leipzig in Variante 2.

Tabelle 5-2: Verlagerungswirkung und Potenziale nach S-Bahnverlängerung AP 3

Personenfahrten im Korridor werktags	Ohne-Fall Variante 1a	Mit-Fall Variante 1a	Ohne-Fall Variante 2	Mit-Fall Variante 2
MIV	18.588	17.260	9.486	8.733
Bus	885	443	501	251
SPNV	-	1.770	-	1.003
Gesamt	19.473	19.473	9.987	9.987

Quelle: Eigene Darstellung

Auf Grundlage der beiden Trassierungsvarianten, Fahrplankonzepte und der Fahrgastnachfrage wurde die wirtschaftliche Bewertung vorgenommen. Die Eingangsdaten der Nutzen-Kosten-Untersuchung sind in Tabelle 5-3 dargestellt.

Tabelle 5-3: Maßgebliche Kenndaten als Eingangsgröße für die NKU von AP 3

Linienführung/Variante	Großdeuben – Zwenkau (Gewerbegebiet) – Groitzsch	Großdeuben-Zwenkau Zentralbahnhof
Bezeichnung der Variante	1a	2
Streckenlänge	11,7 km	4,6 km
Verlagerte Personenfahrten/Tag (Durchschnitt Strecke)	1.770	1.003
Fahrplan-km SPNV	284.731	71.374
Anzahl Fahrzeuge (plus 10% Reserve)	0 (Bestandsfahrzeuge können eingesetzt werden)	0 (Bestandsfahrzeuge können eingesetzt werden)

Bewertungsrelevante Investitions- kosten Infrastruktur (Preisstand 2016)	53 Mio. €	28 Mio. €
--	-----------	-----------

Quelle: Eigene Darstellung

In Variante 1a kann lediglich ein Nutzen-Kosten-Verhältnis von 0,54 erreicht werden. In Variante 2 kann hingegen durch die verringerten Investitionskosten und die im Vergleich stärkere Fahrgastnachfrage ein NKV von 1,05 erreicht werden. Es wurde sensitiv abgeschätzt, dass der Break-even-point für das Erreichen eines NKV = 1 in Variante 1a bei einer Fahrgastnachfrage von 2.300 Personenfahrten je Tag liegt, was einer Steigerung um rund 29 % entspricht.

Bei gesamthafter Betrachtung der Ergebnisse des Eisenbahnverkehrsunternehmens und des Eisenbahninfrastrukturunternehmens ergibt sich in Variante 1a ein jährlicher Jahresfehlbetrag von rund 2,4 Mio. € respektive in Höhe von 8,2 € je Fahrplan-km. Für Variante 2 ergibt sich ein jährlicher Zuschussbedarf von rund 1,05 Mio. € respektive 14,6 € je Fahrplan-km bei gesamthafter Betrachtung (EVU und EIU).

5.1.2.3 Handlungsempfehlung

Aufgrund des frühen Planungsstadiums und der geringen Detailtiefe dieser Untersuchung bestehen große Unsicherheiten in der vorliegenden Untersuchung. Dennoch ist ein Potenzial für eine S-Bahnverlängerung bis Zwenkau gegeben. Auch eine Verlängerung bis Groitzsch ist nicht unattraktiv, nach aktuellen Begebenheiten jedoch nicht wirtschaftlich zu realisieren.

Aufgrund des Potenzials wird empfohlen, die S-Bahnverlängerung weiter zu untersuchen. In einem ersten Schritt sollten dabei die größten Unsicherheitsfaktoren geklärt werden. Dazu ist eine Baugrunduntersuchung im Bereich der Tagebauverfüllung durchzuführen, um die Tragfähigkeit des Bodens zu klären. Bei einem positiven Ergebnis kann das Projekt weiterverfolgt werden.

Weiterhin ist zu beachten, dass durch die zentrale Lage des Bahnhofs in Zwenkau eine spätere Verlängerung bis nach Groitzsch deutlich erschwert wird. Dennoch sollte dem Fahrgastpotenzial zwischen Zwenkau und Groitzsch Rechnung getragen werden. Bei eventuellen späteren Planungen ist daher eine weitere Verlängerung bis nach Groitzsch zu berücksichtigen, damit keine Optionen verbaut werden.

5.2 Strecken ohne Reaktivierungspotenzial

Die weiteren untersuchten Strecken weisen nach derzeitigem Kenntnisstand kein Potenzial für eine Reaktivierung von regelmäßigen Verkehrsleistungen im Personenverkehr auf. Diese sind der Personenverkehr auf der Strecke Zeitz – Altenburg, die Kohlebahn Meuselwitz – Regis-Breitingen und die Strecke Böhlen – Espenhain/Thierbach. Die Ergebnisse der Analyse dieser Strecken werden im Folgenden dargestellt.

5.2.1 Personenverkehr auf der Strecke Zeitz – Altenburg (AP 1)

Um die Potenziale im Personenverkehr zu bestimmen, wurde die Methodik angewandt, die in Kapitel 3 vorgestellt wurde. Hier werden die wesentlichen Ergebnisse dargestellt.

Zunächst wurden die notwendigen Infrastrukturmaßnahmen abgeleitet, die für eine Erhöhung der Streckengeschwindigkeit auf 80 km/h notwendig sind. Die notwendigen Maßnahmen sind:

- ▶ Verbesserung des Oberbaus über etwa 2,5 km (Entfernen von Langsamfahrstellen, Herstellen von Überhöhung in Bögen)
- ▶ Technische Sicherung der 8 Bahnübergänge entlang der Strecke
- ▶ Herrichtung der Verkehrsstationen (Barrierefreiheit, Ertüchtigung der Bahnsteige über 80 m, Beleuchtung, Beschilderung, ...)
- ▶ Brückensanierung (inkl. Erhöhung der Achslasten für den Güterverkehr)
- ▶ Erneuerung der Leit- und Sicherungstechnik (ESTW mit signalisiertem Zugleitbetrieb nach Richtlinie 437)

Für die geplanten Maßnahmen ergeben sich die Kosten (Stand 2016) gemäß Tabelle 5-4. Bei einer Streckenlänge von 25 km ergeben sich Kosten in Höhe von 760.000 € je Kilometer. Damit liegen die Investitionskosten im Vergleich zu anderen Streckenreaktivierungen eher niedrig, was auf den soliden Zustand des Oberbaus zurückgeführt werden kann. Es ist jedoch zu erwarten, dass für die Realisierung der Maßnahmen deutlich höhere Kosten auftreten, da die Kostensteigerungen, die seit 2016 aufgetreten sind, an dieser Stelle nicht abgebildet werden können (vgl. Kapitel 3.1.2).

Tabelle 5-4: Zusammenfassung der Investitionskosten für Zeitz – Altenburg

Kostenpositionen (mit Begegnungsabschnitt)	Kosten in € (Preisstand 2016)
Allgemeines/Baustelle einrichten	978.767
Oberbauarbeiten	4.102.165
Bahnübergänge	3.109.664
Verkehrsstationen	1.865.798
Ingenieurbauwerke	1.554.832
Leit- und Sicherungstechnik	5.680.319
Planungskosten	1.729.154
Gesamtkosten	19.020.699

Quelle: Eigene Kalkulation

Mit der Erhöhung der Streckengeschwindigkeit auf 80 km/h wird es möglich, die Strecke zwischen Zeitz und Altenburg mit Dieseltriebzügen in knapp 30 Minuten zurückzulegen.

Diese Fahrzeit ist ausreichend, um bei idealer Kreuzungsgestaltung gute Anschlüsse in Zeitz und Altenburg zu gewährleisten. Durch die Fahrzeit von 30 Minuten sind lange Wendezeiten in Kauf zu nehmen, um einen kundenfreundlichen Takt zu ermöglichen. Es wurden insgesamt drei Fahrplanvarianten entwickelt. Eine Übersicht über die Varianten ist in Tabelle 5-5 gegeben.

Tabelle 5-5: Übersicht Fahrplanvarianten AP 1

Kriterium	Variante 1	Variante 2	Variante 3
Takt	Stundentakt	Stundentakt	Zweistundentakt
Kreuzung	Nördlich von Altenburg (Begegnungsabschnitt)	Bahnhof Meuselwitz	Entfällt
Anzahl Fahrzeuge	2 Fahrzeuge	2 Fahrzeuge	1 Fahrzeug
Anschlussqualität	Gute Anschlüsse	Schlechte Anschlüsse (nur in eine Richtung optimiert)	Gute Anschlüsse

Quelle: Eigene Darstellung

Die Fahrgastpotenziale wurden für alle Fahrplanvarianten ermittelt. Da ein großer Teil des heutigen Busangebots parallel zur Bahnstrecke verläuft, wurde ebenfalls eine Variante mit reduziertem Busangebot entlang der Strecke untersucht. Die Verlagerungswirkung und die Potenziale nach SPNV-Reaktivierung können Tabelle 5-6 entnommen werden.

Tabelle 5-6: Verlagerungswirkung und Potenziale nach SPNV-Reaktivierung in AP 1

	Variante 1	Variante 2	Variante 3	Ohne-Fall	Var. 1 (red. Busangebot)
SPNV	743	626	520	0	836
Bus	371	401	427	557	186
MIV	12.218	12.306	12.386	12.775	12.311
Gesamt	13.332	13.333	13.333	13.332	13.333

Quelle: Eigene Kalkulation

Im Szenario „Verkehrswende“ erhöht sich die Fahrgastnachfrage im ÖPNV und SPNV entsprechend. Eine Reduktion im Busangebot wurde hier nicht betrachtet, da nach der Verkehrswende ein möglichst dichtes und vielfältiges Angebot im ÖPNV gelten soll. Folgende Potenziale ergeben sich:

- ▶ rund 1.486 Personenfahrten (Variante 1 mit optimalen Anschlüssen)
- ▶ rund 1.253 Personenfahrten (Variante 2 ohne optimale Anschlüsse)
- ▶ rund 1.040 Personenfahrten (Variante 3, Zweistundentakt mit optimalen Anschlüssen)

Für die Nutzen-Kosten-Untersuchung wurden ebenfalls alle Fahrplanvarianten betrachtet. Die Eingangsdaten für die NKU sind in Tabelle 5-7 dargestellt. Eine detaillierte Rechnung für Variante 1 findet sich in Anhang 5. Das Ergebnis der NKU in den verschiedenen Varianten und Szenarios ist in Tabelle 5-8 dargestellt.

Tabelle 5-7: Untersuchte Varianten in der NKU für AP 1

	Variante 1 Stundentakt optimale An- schlüsse	Variante 2 Stundentakt keine optimalen Anschlüsse	Variante 3 Zweistunden- Takt
Verlagerte Personenfahrten/ Tag (Durchschnitt Strecke)	522 (582)	464	365
Fahrplan-km SPNV	303.150	303.150	154.211
Anzahl Fahrzeuge (plus 10% Reserve)	2,2	2,2	1,1
Bewertungsrelevante Investi- tionskosten Infrastruktur (Preisstand 2016)	19 Mio. €	16,5 Mio. € ²²	16,5 Mio. €

Quelle: Eigene Darstellung

Tabelle 5-8: Ergebnis Nutzen-Kosten-Analyse alle Varianten von AP 1

Szenario	Ohne Verkehrswende					Mit Verkehrs- wende
Varianten	Variante 1a, Diesel (ohne Reduzie- rung Busan- gebot)	Variante 1b, Batterie (ohne Reduzie- rung Busangebot)	Variante 1a, Diesel (mit Re- duzierung Busangebot)	Variante 1b, Batterie (mit Reduzierung Busangebot)	Variante 3 Diesel (mit Reduzierung Busangebot)	Variante 1a Batterietriebzug mit parallelem Busangebot
Nutzen- Kosten- Verhältnis	-0,71	-0,81	0,65	0,55	0,37	1,38
Förderung nach GVFG denkbar?	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Ja

Quelle: Eigene Darstellung

In einer anschließenden Sensitivitätsanalyse zeigt sich, dass bei einer Fahrgaststeigerung von 22 % (1.020 Personenfahrten je Werktag) der Break-even-point erreicht ist, bei dem bei gleichbleibenden Investitionskosten ein NKV von 1 erreicht werden kann.

Bei Betrachtung der Folgekosten für das Eisenbahnverkehrsunternehmen ergibt sich ein jährliches Defizit in Höhe von rund 3,15 Mio. €. Es wurden reale Kostenansätze gewählt, die deutlich von den Kostenkennwerten der standardisierten Bewertung abweichen. Durchschnittlich ergeben sich Kosten pro Zug-km in Höhe von rund 12 € einschließlich

²² Reduzierte Investitionskosten, da in diesen Varianten kein zweigleisiger Abschnitt für eine Zugkreuzung nördlich von Altenburg notwendig ist.

der Trassenkosten und Stationsnutzungsgebühren. Die detaillierte Kalkulation mit den Eingangsparametern wird in Anhang 9 und 10 ersichtlich.

Bei gesamthafter Betrachtung des Eisenbahnverkehrsunternehmens und Eisenbahninfrastrukturunternehmens ergibt sich ein jährliches Defizit in Höhe von rund 3,2 Mio. € bzw. ein Zuschussbedarf in Höhe von 8,90 € je Fahrplan-Kilometer. Bei der Höhe der aktuellen Regionalisierungsmittel nach dem Regionalisierungsgesetz besteht kein finanzieller Spielraum für den Defizitausgleich durch das Land. Eine Erhöhung der Regionalisierungsmittel (bspw. aufgrund verkehrspolitischer Ziele) durch den Bund wäre notwendig, um die Möglichkeit zu erlauben, das jährliche Defizit auszugleichen.

Insgesamt wird aufgrund des ermittelten Nutzen-Kosten-Quotienten von 0,65 kein Potenzial für die Streckenreaktivierung im SPNV gesehen. Vorhaben mit einem NKQ < 1 sind nach dem GVFG nicht förderfähig und sind nicht weiter zu verfolgen. Gegenwärtig wird jedoch die Standardisierte Bewertung novelliert, so dass auch beim Nichterreichen eines NKQ < 1 generell eine Möglichkeit zur Förderung mit einer abgestuften Quote bestehen soll.²³ Auch soll ein größeres Augenmerk auf die Umwelteffekte gelegt werden, was sich im konkreten Fall positiv auf den NKQ auswirken kann.²⁴ Die Veröffentlichung der novellierten Standardisierten Bewertung sollte abgewartet werden. Im Anschluss daran könnte das Vorhaben neu bewertet werden.

Nach derzeitigem Kenntnisstand können allerdings keine weiterführenden Schritte empfohlen werden.

5.2.2 Kohlebahn/Strecke Meuselwitz – Regis-Breitingen (AP 2)

Es soll zunächst auf die die möglichen Potenziale für die Einführung eines regelmäßigen SPNV auf der Kohlebahn gegeben werden. Die Betrachtung der Möglichkeit die Infrastruktur der Kohlebahn als Teststrecke für autonom fahrende Schienenfahrzeuge zu nutzen, wird in Kapitel 7.3 näher beleuchtet. Im Anschluss an die wirtschaftliche Betrachtung von möglichem SPNV auf der Kohlebahn wird eine Handlungsempfehlung gegeben.

5.2.2.1 Potenziale Personenverkehr

Um die Infrastruktur der Kohlebahn, die heute ausschließlich für touristische Fahren genutzt wird, auch für regelmäßigen, attraktiven SPNV nutzen zu können, sind einige Infrastrukturmaßnahmen notwendig. Es wird davon ausgegangen, dass die Strecke als Straßenbahn betrieben wird, wodurch z.B. geringere Anforderungen an die Leit- und Sicherungstechnik (Fahren auf Sicht) gestellt werden. Es wird davon ausgegangen, dass eine Streckengeschwindigkeit von 50 km/h erreicht werden soll. Die notwendigen Maßnahmen sind:

- ▶ Verbesserung des Oberbaus, inkl. Überhöhung und lückenlos verschweißtes Gleis
- ▶ Technische Sicherung von 4 Bahnübergängen
- ▶ Einbau von Rückfallweichen, um sicheren Betrieb zu gewährleisten

²³ Vgl. Drucksache 20/5323 des Hessischen Landtages

²⁴ Die Überarbeitung der standardisierten Bewertung wird für Ende 2021 erwartet. Im Laufe des Jahres 2022 sollte die Änderung spätestens in Kraft treten.

- ▶ Herrichtung der Verkehrsstationen
- ▶ Errichtung einer Ladestelle für den Einsatz von batteriebetriebenen Fahrzeugen

Die Kosten für die Herrichtung der Kohlebahn belaufen sich auf insgesamt etwa 6,9 Mio. € (Preisstand 2016). Die einzelnen Posten können Tabelle 5-9 entnommen werden.

Tabelle 5-9: Zusammenfassung der Investitionskosten für AP 2

Gewerke	Kosten (inkl. 10 % Unvorhersehbares)
Allgemeines/Baustelle einrichten	356.056 €
Oberbauarbeiten	1.756.960 €
Bahnübergänge	829.244 €
Verkehrsstationen	1.140.210 €
Leit- und Sicherungstechnik	653.029 €
Ladestation	1.554.832 €
Planungskosten (10%)	629.033 €
Gesamtkosten	6.919.365 €

Quelle: Eigene Darstellung

Auf Grundlage der Anschlüsse in Regis-Breitingen nach dem Deutschlandtakt und den Anschlüssen in Meuselwitz, die sich durch den Fahrplanentwurf für AP 1 ergeben, wurden zwei Fahrplanvarianten für die Kohlebahn erarbeitet. In Variante 1 können attraktive Anschlüsse an beiden Endpunkten angeboten werden. Dafür ist jedoch ein zweites Fahrzeug und eine Kreuzung bei Wintersdorf notwendig, für die derzeit keine Infrastruktur bereitsteht. In Variante 2 können die Anschlüsse nur an einem Endpunkt und in eine Fahrtrichtung optimiert werden, es ist jedoch nur ein Fahrzeug notwendig. Beide Varianten verfolgen einen Stundentakt. Aufgrund der höheren Investitionskosten bedingt durch das zweite Fahrzeug und den Kreuzungsabschnitt, wird Variante 1 nicht weiter betrachtet.

Es lassen sich so Fahrzeiten von 22 Minuten zwischen Meuselwitz und Regis-Breitingen erreichen. Mit Umstieg (4 Minuten) in Regis-Breitingen lässt sich eine Reisezeit von maximal 62 Minuten (ab Meuselwitz) nach Leipzig erreichen. Die Anschlüsse sind jedoch nur in eine Fahrtrichtung optimiert, so ergibt sich beispielsweise in Regis-Breitingen von der S-Bahn aus Richtung Leipzig zur Kohlebahn eine Umsteigezeit von 7 Minuten, der Umstieg in Gegenrichtung dauert jedoch etwa 40 Minuten. Das gleiche Bild ergibt sich beim Umstieg in Meuselwitz in Richtung Zeitz.

Für die Fahrgastnachfrage auf der Strecke liegt eine Prognose des MDV aus dem Jahr 2019 vor.²⁵ Auch wenn die dort ermittelten Zahlen hoch erscheinen, gibt es keinen konkreten Grund diese zu beanstanden. Die Ermittlung der Nachfrage durch den MDV erfolgte ohne Berücksichtigung einer Inbetriebnahme der SPNV-Verbindung Altenburg – Zeitz. Die

²⁵ Mitteldeutscher Verkehrsverbund (2019)

konkurrierenden Fahrgastpotenziale beider Relationen werden voraussichtlich durch die Komplettierung des ÖV-Angebotes überkompensiert. Insgesamt können daher die Nachfragedaten aus der Berechnung des MDV übernommen werden. Die Fahrgastpotenziale und durchschnittliche Streckenbelegung (unter Annahme eines Durchschnittswertes von 70 % der Nachfrage) sind in Tabelle 5-10 dargestellt.

Tabelle 5-10: Nachfrage und durchschnittliche Streckenbelegung auf der Kohlebahn

	Variante 1	Variante 2
Gesamtnachfrage	650 Personenfahrten/Tag	480 Personenfahrten/Tag
Durchschnittliche Streckenbelegung	455 Personenfahrten/ Tag und Streckenkilometer	336 Personenfahrten/Tag und Streckenkilometer

Quelle: Eigene Darstellung

Die Eingangsdaten für die Wirtschaftlichkeitsuntersuchung sind in Tabelle 5-11 dargestellt.

Tabelle 5-11: Kenngrößen des Betriebskonzeptes für die NKU

	Studentakt mit Straßenbahn im Batteriebetrieb
Verlagerte Personenfahrten/Tag (Durchschnitt Strecke)	336
Fahrplan-km auf Kohlebahn	158.000
Auslastungsgrad	45%
Anzahl Fahrzeuge (inkl. 10% Reserve)	1,1
Bewertungsrelevante Investitionskosten Infrastruktur (Preisstand 2016)	6,8 Mio. EUR (inkl. Ladestation Batteriestraßenbahn)

Quelle: Eigene Darstellung

Mit diesen Eingangswerten ergibt sich ein NKV von -0,31. Ein SPNV Angebot auf der Kohlebahn ist demnach nicht volkswirtschaftlich zu betreiben.

5.2.2.2 Handlungsempfehlung

Es wird empfohlen, die touristischen Potenziale der Kohlebahn weiter auszubauen. Der geplante Umbau des Haltepunktes in Regis-Breitungen und die verbesserte Verknüpfung mit anderen Verkehrsträgern stellt einen Schritt in die richtige Richtung dar. Auch die Idee, einen Abzweig der Kohlebahn zum Haselbacher See zu führen, kann vor dem Hintergrund der Nutzung im Ausflugsverkehr näher untersucht werden.

Die Bemühungen, einen regelmäßigen SPNV auf der Strecke zu etablieren sollten zunächst eingestellt werden. Das Einwohnerpotenzial entlang der Strecke reicht nicht aus, um die hohen Betriebskosten einer Schienenverbindung zu rechtfertigen.

5.2.3 Strecke Böhlen – Espenhain/Thierbach (AP 4)

Die Strecke von Böhlen nach Espenhain bzw. weiter nach Thierbach wird derzeit lediglich im Schienengüterverkehr genutzt. Eine Reaktivierung des SPNV auf dieser Strecke war, trotz der guten Anbindung im ÖPNV, zu prüfen.

5.2.3.1 Potenzielle Personenverkehr

Durch die aktuelle Nutzung im SGV ist die Strecke in einem an die Bedarfe angepassten guten Zustand. Für eine Reaktivierung im SPNV werden dennoch einige Anpassungen notwendig:

- ▶ Herstellung eines Stumpfgleises in Espenhain zum Wenden der S-Bahn
- ▶ Signaltechnische Ausstattung der Strecke, Einbindung des Bahnhofes Espenhain in das ESTW Böhlen
- ▶ Herrichtung der Verkehrsstationen
- ▶ Elektrifizierung

Die Strecke ab Espenhain weiter nach Thierbach wird heute als Anschlussbahn mit zahlreichen Nebenanschlüssen betrieben. Aufgrund der geringen zu erwartenden Nachfrage und der gleichzeitig hohen notwendigen Investitionen in die Infrastruktur (Oberbauarbeiten, Errichtung der Verkehrsstationen, Herstellung der Leit- und Sicherungstechnik, ...) wird dieser Abschnitt nicht weiter betrachtet. Zum heutigen Zeitpunkt ist es ausgeschlossen, dass auf diesem Abschnitt SPNV wirtschaftlich betrieben werden kann.

Für den Abschnitt von Böhlen bis Espenhain wurden die Investitionskosten abgeschätzt. Diese sind in Tabelle 5-12 dargestellt.

Tabelle 5-12: Übersicht Investitionskosten im Abschnitt Böhlen – Espenhain (AP 4)

Zusammenfassung der Kostenpositionen	Kosten (Stand 2016)
Allgemeines/Baustelle einrichten	367.775 €
Oberbauarbeiten	1.680.000 €
Bahnübergänge	350.000 €
Verkehrsstationen	1.114.580 €
Ingenieurbauwerke	0 €
Leit- und Sicherungstechnik	910.000 €
Elektrifizierung	2.075.000 €
Unvorhersehbares/Risiko	649.735 €
Planungskosten	714.709 €
Gesamtkosten	7.861.799 €

Quelle: Eigene Darstellung

Betrieblich könnte für die Bedienung der Strecke eine der in Gaschwitz endenden S-Bahnen verlängert werden. Die Züge der Linie S3 weisen im Deutschlandtakt eine lange Wendezeit in Gaschwitz auf, die für die Weiterfahrt nach Espenhain genutzt werden könnte. Die Fahrzeit beträgt dabei 12 Minuten von Gaschwitz bis Espenhain und es verbliebe eine Wendezeit von 22 Minuten. Dieses Konzept könnte mit den Bestandsfahrzeugen realisiert werden.

Alternativ wäre ein Flügelkonzept mit einer der bereits heute in Böhlen haltenden S-Bahnen möglich. Aufgrund der verlängerten Aufenthaltszeiten im Bahnhof Böhlen (Leipzig) ist dieses Vorgehen problematisch. Weiterhin ist mit diesem Konzept ein neues Fahrzeug für die Bedienung des Abzweigs zwingend notwendig.

Aufgrund der Lage der Haltepunkte außerhalb der Ortschaften lässt sich durch eine mögliche S-Bahnverlängerung keine nennenswerte Reisezeiteinsparung bei der Tür-zu-Tür-Betrachtung realisieren. Weiterhin können durch die Lage der Haltepunkte nicht alle der 2.300 Einwohner im Korridor die Stationen innerhalb von 1.000 m erreichen. Dies spiegelt sich auch in den Nachfragepotenzialen wider. Diese sind in Tabelle 5-13 dargestellt.

Tabelle 5-13 Nachfragepotenziale bei S-Bahn Verlängerung

Streckenabschnitt	ÖPNV	SPNV	BUS
Thierbach – Espenhain/Rötha	90	60	30
Rötha – Böhlen	318	212	106

Quelle: Eigene Darstellung

Wesentlich für die Einstufung der Wirtschaftlichkeit ist die Auslastung der S-Bahn und die durchschnittliche Besetzung. Die dreiteilige S-Bahn verfügt über eine Kapazität von rund 170 Sitzplätzen. Mit Blick auf die Nachfrage und einem Stundentakt ergibt sich eine durchschnittliche Besetzung von sechs Fahrgästen pro Richtung auf dem Abschnitt mit der stärksten Nachfrage zwischen Böhlen und Rötha.²⁶ Aufgrund der geringen Nachfrage auf dem Streckenabschnitt lässt sich eine S-Bahn Verlängerung aus wirtschaftlicher Sicht mit Blick auf die Betriebskosten nicht umsetzen. Aufgrund des eindeutigen Ergebnisses wurde von einer detaillierten Nutzen-Kosten-Untersuchung mit Anlehnung an die standardisierte Bewertung abgesehen.

5.2.3.2 Handlungsempfehlung

Eine S-Bahnanbindung von Espenhain über Böhlen an Leipzig ist mit Hinblick auf die zu erreichenden Fahrgastpotenziale nicht empfehlenswert. Die Verbindung könnte nicht wirtschaftlich betrieben werden. Es sollten andere alternative Anbindungen geprüft werden. Die heutigen Defizite in der ÖPNV-Anbindung können auch mit zusätzlichen Bussen oder alternativen Mobilitätsformen gelöst werden, siehe auch dazu Kapitel 6.

5.2.4 Schienengüterverkehr Groitzsch/Zwenkau (AP 3)

Zur Ermittlung möglicher Potenziale für eine Umschlageinrichtung Schiene-Straße in der Region Zwenkau/Groitzsch wurden die in Region ansässigen Unternehmen auf mögliche Potenziale untersucht. Neben einer Umschlageinrichtung für Container könnten, sofern die Bedarfe bestehen, auch flexible Umschlaganlagen mit den Möglichkeiten zum Umschlag mehrerer Güterarten für die Region in Betracht kommen. Die entsprechende Liste der Unternehmen wurde mit den Gemeindevertretern von Groitzsch und Zwenkau abgestimmt. Die Liste befindet sich im Anhang 26.

²⁶ Bei Annahme von 18 Fahrten je Tag

Bei den Unternehmen handelt es sich vordergründig um mittelständische Betriebe mit kleinen Sendungsmengen. Die Branchenstruktur der Unternehmen in der Region ist vielseitig. Zum wirtschaftlichen Betrieb von Umschlaganlagen muss eine gewisse Grundgesamtheit gegeben sein. Beispielsweise benötigt ein KV-Terminal eine Grundgesamtheit von mindestens 5.000 Ladeeinheiten²⁷ im Jahr in Abhängigkeit der Investitionskosten. Zudem muss eine Konkurrenzsituation und Kannibalisierung mit anderen Terminals ausgeschlossen sein.

Mit Blick auf die Branchenstruktur ergeben sich die größten Potenziale im Bereich Containerumschlag. Durch die geringe straßenseitige Entfernung zur Umschlaganlage des Kombinierten Verkehrs in Leipzig-Wahren ist die Möglichkeit zum Containerumschlag gegeben. Das Terminal in Leipzig verfügt über eine Umschlagkapazität von über 200.000 LE im Jahr und ist derzeit nicht voll ausgelastet. Vor diesem Hintergrund wäre die Errichtung eines zweiten Terminals in Groitzsch/Zwenkau unter Berücksichtigung der Konkurrenzsituation mit Fördermitteln schwer finanzierbar. Unabhängig davon sind nach qualitativer Einschätzung keine ausreichenden Mengen für eine eigenständige KV-Umschlaganlage in der Region zu erwarten.

Eine Einschätzung des Potenzials für einen Railport (Einzelwagen und Wagengruppenverkehre) kann ohne Befragung der Unternehmen nicht ermittelt werden. Aus Erfahrungen mit anderen Projekten sind die Potenziale mit Blick auf die Unternehmensstrukturen, Produktionsmengen und Transportentfernungen gegenwärtig eher als gering einzustufen. Zukünftig könnte sich durch die Erschließung eines neuen Gewerbegebietes mit ca. 30-35 ha Fläche weiteres Potenzial im Schienengüterverkehr ergeben²⁸. Konkrete Unternehmen, welche sich auf der Fläche ansiedeln, sind bisher nicht bekannt. Durch eine zielgerichtete Auswahl von schienenaffinen Unternehmen durch die Stadt Zwenkau könnte der Schienenverkehr gestärkt werden. Sofern konkrete Ansiedlungspläne von Unternehmen bekannt sind, die auch Interesse am Schienengüterverkehr zeigen, sollten konkrete Mengenpotenziale erhoben werden. Die größten Realisierungschancen hätte eine kleine flexibel gestaltete Umschlaganlage für verschiedene Güterarten. Diese könnte beispielsweise über die bestehende Schieneninfrastruktur über Böhlen (Werke) angebunden werden.

²⁷ Erfahrung von Railistics aus einer Vielzahl von bearbeiteten Förderanträgen nach KV-Förderrichtlinie des Bundes

²⁸ Laut Gesprächen mit dem Bürgermeister Herr Schulz

6 Alternative Antriebe im ÖPNV

Das nachfolgende Kapitel soll einen Überblick über die am Markt verfügbaren alternativen Antriebsformen im Schienenpersonenverkehr und straßengebundenen öffentlichen Verkehr geben und in welchen Untersuchungsgebieten diese Lösungen prinzipiell gut bis sehr gut geeignet sind. Einflussfaktoren sind dabei im Wesentlichen das Betriebskonzept (Geschwindigkeiten, Frequenzen) sowie die geografischen Rahmenbedingungen (Topografie, Streckenlänge). Überdies werden zum Einsatz der Techniken neben den Fahrzeugen auch infrastrukturelle Einrichtungen wie Betankungsanlagen benötigt, was sich signifikant auf die Wirtschaftlichkeit, sodass auch die bereits bestehende Versorgungsinfrastruktur in die Bewertung miteinfließt.

6.1 Alternative Antriebslösungen im Bereich Schienenfahrzeuge

Zunächst werden alternative Antriebslösungen im SPNV betrachtet. Dazu wird ein kurzer Marktüberblick über die bereits vorhandenen Lösungen gegeben. Im Anschluss erfolgt eine Analyse, welche Einsatzmöglichkeiten sich auf den betrachteten Schieneninfrastrukturen ergeben.

6.1.1 Marktübersicht SPNV

Die nachfolgende Tabelle 6-1 gibt einen Überblick über bereits erprobte alternative Antriebsformen im Schienenpersonennahverkehr. Generell kann zwischen Dual-Mode Fahrzeugen (Hybridlösungen) und Einsystemfahrzeugen unterschieden werden.

Tabelle 6-1: Charakteristik vorhandener alternativer Antriebe im SPNV

Fahrzeugtyp	Modell	Fahrzeugparameter	Vor- und Nachteile
Wasserstoffantrieb	Coradia iLint	Max. V: 120-140 km/h Max. Reichweite: bis zu 1.000 km je nach Belastungsprofil	- Hoher Invest in Fahrzeug und Infrastruktur + umweltfreundlich
Batterieantrieb	Siemens Desiro	Max. V: 140-160 km/h Max. Reichweite:	- Hoher Invest in Fahrzeug - Geringe Reichweiten
	Stadler Flirt Akku	Bis zu 150 km	+ umweltfreundlich
	Stadler Wink		
Dual-Mode Lösungen (Batterie und Elektro bzw. Diesel/Elektro)	Alstom Polyvalent	Max. V: bis zu 160 km/h je nach Antriebslösung	- Hoher Invest in Fahrzeug - abhängig vom Antrieb teilweise geringe Reichweiten wie z.B. Batterieantrieb/Elektroantrieb
	Stadler bimodal		
	Stadler Wink		

Quelle: Eigene Darstellung

Bei der Hybridtechnologie (Elektroantrieb + Batterie) sind die maximalen Reichweiten im Batteriebetrieb, wie auch die maximalen Geschwindigkeiten und die Beschleunigungswerte, gering. Die Investitionskosten für eine 3-teilige Garnitur beziffern sich auf rund 6 – 7 Mio. €. ²⁹

Die Kosten für einen reinen Batteriezug belaufen sich auf eine ähnliche Größenordnung und können mit rund 6 Mio. € pro Einheit angenommen werden.³⁰ Die Reichweite von Batteriezügen hängt stark vom Betriebskonzept und den geografischen Bedingungen ab. Als Grenzwert für die Reichweite können rund 150 km angenommen werden. Dies bedeutet, dass an den jeweiligen Endhaltestellen Ladestationen notwendig werden. Das Laden der Batterie ist nur möglich, wenn das Betriebskonzept ausreichende Wendezeiten an den jeweiligen Endhaltestellen zulässt. Zum möglichen Einsatz von Batteriezügen kann daher keine pauschale Aussage getroffen werden. Es ist immer die Berücksichtigung der spezifischen Rahmenbedingungen notwendig.

Die erste Testfahrt mit einem Brennstoffzellenhybridzug (Nahverkehr) fand im Jahr 2016 in Japan statt. Seit Dezember 2018 wird der mit Wasserstoff betriebene Nahverkehrstriebwagen CORADIA iLint zwischen Buxtehude und Cuxhaven testweise eingesetzt und wird Anfang 2022 in den Regelbetrieb gehen. Die Kapazität der Tanks und Akkus soll, bei einer maximalen Geschwindigkeit von 140 km/h, für 600 km bis 800 km ausreichen. Der Zug kann nach Herstellerangaben modular zusammengestellt werden und verfügt zwischen 180 und 600 Sitzplätze. Die Investitionskosten sollen bei etwa 6 Mio. € liegen, abhängig von der Fahrzeugkonfiguration.

Um Konzepte wie die LNG- oder die Brennstoffzellentechnologie im Regelbetrieb anzuwenden, muss die notwendige Betankungsinfrastruktur bereitgestellt werden, was zu hohen Investitionskosten führen kann. Auch ist bisher nicht vollumfänglich bekannt, ob und welche Einsparungen im Fahrbetrieb durch die Nutzung der Technik möglich sind, was eine wichtige Entscheidungsgrundlage zur Anschaffung darstellt. Bei Betrachtung der Umwelteffekte sollte die komplette Kette von der Herstellung bis zum lokalen Ausstoß berücksichtigt werden. So ist z.B. die Herstellung der alternativen Treibstoffe teilweise mit deutlich höherem Energieaufwand verbunden als die Dieselproduktion. Auch im Einsatzbereich von Straßenbahnen existieren neuartige Lösungen mit alternativen Antriebskonzepten, was aus Tabelle 6-2 hervorgeht.

Tabelle 6-2: Alternative Antriebe im Straßenbahnbereich

Fahrzeugtyp	Serienmäßig verfügbar	Kapazität/ Reichweite	Anmerkungen
Batteriebetriebene Straßenbahn	Ja, Beispiele in Nürnberg und Mannheim Mehrere Pilotprojekte aktiv	20 km im Batteriebetrieb durchaus machbar Zeitbedarf zum Nachladen abhängig Batteriespeicher rund 5-10 min	Ladestation erforderlich
Wasserstoffantrieb	Ja, Hersteller Qingdao Sifang aus China Beispielprojekt in China	100 km ohne Betankung Betankung innerhalb von wenigen Minuten	Betankungsinfrastruktur und Wasserstoffversorgung erforderlich Traktionsverhalten unklar

Quelle: Eigene Darstellung

²⁹ Railistics: Elektrifizierungsmöglichkeiten Dresden-Breslau, TRANS-BORDERS Projekt, 2019

³⁰ Vgl. DieSachsen (2021)

6.1.2 Einsatzpotenziale und mögliche Linienführungen

Aus technischer und betrieblicher Sicht würde sich der Einsatz eines Triebwagens mit Batterieantrieb gut auf der Strecke Zeitz – Altenburg eignen. Unter Berücksichtigung des geplanten Betriebskonzeptes im Stundentakt mit Einsatz von zwei Fahrzeugen bestehen an den Endhaltestellen ausreichend Wendezeiten für die Aufladung der Batterie. Aus wirtschaftlicher Sicht ist der Einsatz sehr fraglich, da neben den höheren Anschaffungskosten auch die Beladeinfrastruktur beachtet werden muss. Die Kosten für die Beladeinfrastruktur hängen stark von der geforderten Leistung ab. Weitere Einsatzpotenziale auf den untersuchten Strecken für alternative Triebwagen wurden nicht identifiziert, da insbesondere für die S-Bahnverlängerungen eine Elektrifizierung der Strecke notwendig wird, damit die bestehende S-Bahn-Flotte auf den Strecken genutzt werden kann. Allerdings sind viele (Neben-)Strecken im großräumigen Untersuchungsbereich nicht elektrifiziert. In weiteren Untersuchungen wäre das Potenzial für den Einsatz von alternativen Antrieben auf den besagten Strecken zu prüfen. Eine Übersicht in tabellarischer Form der nicht elektrifizierten Strecken im großräumigen Untersuchungsraum (meistens Nebenbahnen), ist in Anhang 11. Für diese Strecken könnten alternative Antriebsformen interessant sein, da sich aus wirtschaftlicher Sicht eine Elektrifizierung auf schwach frequentierten Strecken in vielen Fällen nicht lohnt.

Hinweis:

Die noch gegenwärtig gültige Verfahrensanleitung zur standardisierten Bewertung enthält keine Kostenansätze und Bewertungsmaßstäbe in Zusammenhang mit dem Einsatz von innovativen emissionsarmen Antriebsformen, weshalb in den Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen diese Lösungen nicht im Detail betrachtet werden konnten. Die Verfahrensanleitung wird gegenwärtig überarbeitet. Im neuen Leitfaden sollen auch neuartige Fahrzeuge enthalten sein.

6.2 Alternative Antriebslösungen im Busverkehr

Für die untersuchten Strecken, auf denen keine Schienenfahrzeuge mit alternativen Antriebsformen einzusetzen sind, wurde geprüft, inwiefern Busse mit alternativen Antrieben eingesetzt werden können. Dazu wird zunächst ein Überblick über die verfügbaren Technologien gegeben. Anschließend wird auf die Einsatzpotenziale und mögliche Linienführungen als Ergänzung/Ersatz für eine SPNV Anbindung eingegangen. Abschließend werden die Fördermöglichkeiten dargestellt.

6.2.1 Marktübersicht Busse

Bei neuartigen Bussen mit alternativen Antrieben kann man im Allgemeinen nach drei Antriebsformen unterscheiden:

- ▶ Batteriebus
- ▶ Brennstoffzellenbus
- ▶ Oberleitungsbus (Obus).

Die Antriebsformen weisen unterschiedliche Charakteristika und Einsatzpotenziale auf. Auch unterscheiden sich die Anschaffungskosten. Welche Antriebsform zum Einsatz kommen könnte, hängt auch von den Fahrleistungen des Busumlaufes ab. Der generelle Vorteil der alternativen Antriebe liegt darin, dass der Antrieb lokal emissionsfrei erfolgt und auch die Lärmemission reduziert werden kann.

6.2.2 Batteriebus

Bei Batteriebussen kann zwischen Voll-lader, Gelegenheits-lader und Puls-lader differenziert werden. Die Unterscheidung richtet sich nach der spezifischen Batterieleistung und den entsprechenden infrastrukturellen Voraussetzungen. Dadurch ergeben sich große Unterschiede bei den Reichweiten der Systeme. Im Vergleich zum Dieselbus sind bei den Batterieantrieben die Betriebsstoffkosten geringer.

Tabelle 6-3 zeigt die jeweiligen Antriebsformen in Abhängigkeit der Ladestrategien mit entsprechenden erforderlichen Infrastrukturen, den Kosten und der Reichweite.³¹

Tabelle 6-3: Übersicht spezifische Kenndaten Batteriebusse

Ladestrategie	Ladeinfrastruktur	Reichweite	Kosten Fahrzeug
Voll-lader	Nur im Betriebshof (Übernacht-ladung)	150 - 200 km	Bus: 520 - 650 T€ Batterie: 200 - 300 T€
Gelegenheits-lader	Im Betriebshof, An Endhaltestellen	Unbegrenzt, wenn ausreichende Ladezeiten zur Verfügung stehen	Bus: 550 - 690 T€ Batterie: 180 - 300 T€
Puls-lader	Im Betriebshof, An Endhaltestellen, An Haltestellen		Vergleichbar mit Gelegenheits-lader

Quelle: Eigene Darstellung

Die Kosten für Ladeeinrichtungen variieren in Abhängigkeit der Ladeleistungen. Bei einer geringen Ladeleistung nimmt der Beladevorgang entsprechend mehr Zeit in Anspruch. Für eine Ladestelle mit einer Leistung von rund 150 kW betragen die Kosten rund 75.000 € zzgl. der notwendigen Transformatoren und Netzwerkanschlüsse. Für leistungsfähigere Ladegeräte mit Leistungen von über 350 kW fallen Kosten von bis zu 500.000 € an.³²

Die Ladezeiten von Batteriebussen mit Puls-ladern betragen nur 15-30 Sekunden (Flash-Laden), allerdings müssen die Busse in regelmäßigen Abständen (im Stadtverkehr alle 3-4 Haltestellen) geladen werden. Beim Aufladen im Betriebshof oder an den Endhaltestellen ist mit Ladezeiten von bis zu 15 min in Abhängigkeit der Ladeleistung und Batteriekapazität zu rechnen. Auch kombinierte Lösungen sind denkbar.

6.2.3 Brennstoffzellenbus

Bei Brennstoffzellenantrieben in Bussen kann zwischen der Nutzung der Brennstoffzelle (BSZ) als Hauptenergiequelle und der Brennstoffzelle zur Reichweitenverbesserung in Batteriebussen unterschieden werden. Der Kostentreiber bei Brennstoffzellenbussen ist

³¹ Vgl. Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) (2021)a

³² Vgl. Holz, V. (2018)

die Versorgungsinfrastruktur. Zum Betrieb von Brennstoffzellenbussen wird Wasserstoff benötigt. Die Kosten für die Errichtung der Betankungsstation variieren sehr stark in Abhängigkeit der Wasserstoffverfügbarkeit am Standort. An Standorten, an denen kein Wasserstoff zur Verfügung steht und eigene Fernrohrleitungen errichtet werden müssen, ist der Einsatz von Brennstoffzellenbussen nicht zu empfehlen. Die Einsatztauglichkeit hängt folglich von den spezifischen örtlichen Rahmenbedingungen ab. Generell sollten Brennstoffzellenbusse nur bei einer hohen Anforderung an die Reichweite zum Einsatz kommen. Die Reichweite von Brennstoffzellenbussen ohne Zwischenbetankung beträgt rund 300 – 400 km. Viele Anfahr- und Bremsvorgänge im Zusammenhang mit der Bedienung von Haltestellen können die Reichweite entsprechend reduzieren. Eine Übersicht über die Reichweiten und Kosten von Brennstoffzellenbussen kann Tabelle 6-4 entnommen werden.

Tabelle 6-4: Übersicht spezifische Kenndaten Brennstoffzellenbusse

Ladestrategie	Ladeinfrastruktur	Reichweite	Kosten Fahrzeug
BSZ als Hauptenergiequelle	H2 im Betriebshof oder an externen Tankstellen	300 – 400 km	Bus: 580 – 650 T€ Batterie: 50 – 60 T€ BSZ: 100 – 140 T€
BSZ als Range-Extender von Batteriebusen	H2 im Betriebshof oder an externen Tankstellen Batterie im Betriebshof	300 – 400 km	Bus: 580 – 650 T€ Batterie: 50 – 60 T€ BSZ: 100 – 140 T€

Quelle: Eigene Darstellung nach BMVI, (2021)^a

6.2.4 Oberleitungsbus

Bei Oberleitungsbussen (Obusse) erfolgt die Energiezufuhr über einen Stromabnehmer. Folglich muss eine Oberleitung vorhanden sein. Obusse werden gemäß § 4 (3) Personenbeförderungsgesetz wie folgt definiert:

„Obusse im Sinne dieses Gesetzes sind elektrisch angetriebene, nicht an Schienen gebundene Straßenfahrzeuge, die ihre Antriebsenergie einer Fahrleitung entnehmen.“³³

Im Vergleich zu Straßenbahnen benötigen Oberleistungsbusse keine Schieneninfrastruktur, was einen Kostenvorteil darstellt. In Deutschland sind Obus-Systeme beispielsweise in Solingen oder Eberswalde vorzufinden. Im Allgemeinen eignet sich der Einsatz von Obussen im Stadtverkehr mit hoher Frequenz und nicht in dünn besiedelten ländlichen Regionen.

Neben den konventionellen Oberleitungsbussen mit einer Stromversorgung entlang der gesamten Strecke gibt es auch Hybrid-Oberleitungsbusse. Bei Hybridlösungen muss die Strecke nur abschnittsweise elektrifiziert sein. Diese Busse verfügen über eine zusätzliche Batteriespeichertechnologie. Der Vorteil von Obussen gegenüber anderen innovativen Buskonzepten ist, dass kein Nachladen erforderlich wird. Die Kenndaten von Obussen kann Tabelle 6-5 entnommen werden.

³³ Bundesministerium für Justiz und Verbraucherschutz (2020)

Tabelle 6-5: Übersicht spezifische Kenndaten Oberleitungsbusse

Ladestrategie	Ladeinfrastruktur	Reichweite	Kosten Fahrzeug
Konventionelle Oberleitungsbusse	Oberleitung Kosten: 750 T – 1,2 Mio. € pro Doppelkilometer	Abhängig von Ausdehnung der Oberleitung	Bus: 540 – 670 T€
Hybrid-Oberleitungsbusse			Batterie: 70 – 90 T€

Quelle: Eigene Darstellung nach BMVI (2021)a, S. 26-27

6.2.5 Einsatzpotenziale und mögliche Linienführungen

Der Einsatz von Bussen mit alternativen Antrieben, ggf. mit optimierter oder angepasster Linienführung würde für die Region Zwenkau/Groitzsch und für den Korridor Böhlen – Espenhain/Thierbach geprüft.

6.2.5.1 Einsatzmöglichkeiten in der Region Zwenkau/Groitzsch (AP 3)

Zur Schaffung einer schnelleren Anbindung von Groitzsch und Zwenkau von und nach Leipzig ergeben sich als Ergebnis der IST-Analyse folgende Optimierungsmöglichkeiten (siehe auch Tabelle 6-6):

- ▶ Variante 1: Pendelbus zwischen Groitzsch und Pegau Bahnhof im Halbstundentakt
- ▶ Variante 2: Express-Bus-Linie von Groitzsch – Großdeuben im Halbstundentakt
- ▶ Variante 3: Pendelbus zwischen Zwenkau Zentrum und S-Bahn Großdeuben im Halbstundentakt

Tabelle 6-6: Optimierte Buskonzepte mit Schnellbussen

Variante	Entfernung	Haltestellen	Fahrzeit (inkl. Halte)	Haltezeit Bahnhof	Anzahl Busse	Fahrzeit bis Leipzig Hbf
Variante 1	4,3 km	Groitzsch, Pegau Bahnhof	11 min	2 min	1 (Kleinbus)	43 min
Variante 2	12,8 km	Groitzsch, Audi-gast, Zwenkau (Gewerbegebiet)	22 min	12 min	2 Busse	51 min
Variante 3	5,6 km	Zwenkau Ortsmitte/Zwenkau Gewerbegebiet	12 min	15 min	2 Busse	37 min

Quelle: Eigene Darstellung

Die S-Bahn ab Großdeuben verkehrt im Halbstundentakt. Beim Konzept der Variante 2 sind möglichst attraktive Übergangszeiten zur S-Bahn anzustreben. Durch ein optimiertes Busangebot ergeben sich im Vergleich zum Status quo Reisezeiteinsparungen von 4 bis 11 Minuten (vgl. Tabelle 6-7).

Tabelle 6-7: Reisezeiteinsparungen bei optimiertem Busangebot Zwenkau/Groitzsch

	Über Pegau	Über Großdeuben
Zwenkau	/	4 min Einsparung
Groitzsch	0 min Einsparung	11 min Einsparung

Quelle: Eigene Darstellung

Mit Einführung möglicher Shuttle-Bus Direktverbindungen zur nächsten S-Bahn-Station sollte das bestehende Busangebot partiell überarbeitet werden. Ggf. können bisherige Linien verkürzt werden. Durch ein Busangebot mit Express-Linien von 05:00 Uhr am Morgen bis 22:00 Uhr am Abend könnte die Erreichbarkeit und Anbindung von Groitzsch und Zwenkau verbessert werden. Nachteil im Vergleich zu einer S-Bahn-Verlängerung wäre weiterhin der notwendige Umstieg von Bus auf die Bahn.

Ein Obus-System mit Oberleitung ist mit Blick auf die infrastrukturellen Rahmenbedingungen wirtschaftlich nicht tragfähig. Voraussetzungen für den Obus-Betrieb wäre die Errichtung einer Oberleitung.

Auch für den Betrieb der Busse mit Wasserstoff müssten zur Errichtung der notwendigen Infrastruktur weitreichende Investitionen erfolgen. Nach gegenwärtigem Kenntnisstand ist in den Städten Groitzsch und Zwenkau kein Wasserstoff verfügbar.

Aus wirtschaftlichen Gesichtspunkten wäre ein Betrieb mit Batteriebussen neben dem Betrieb mit konventionellen Bussen im Dieselmotorbetrieb die Vorzugsvariante. Der Bedarf an Ladeinfrastrukturen für einen E-Bus Betrieb hängt maßgeblich von der Reichweite und entsprechend von der gewählten Ladestrategie ab.

Die maßgeblichen Kenndaten für die oben beschriebenen Varianten zur Bewertung und Auswahl der Ladestrategie sind in Tabelle 6-8 dargestellt.

Tabelle 6-8: Kenndaten der Fahrplanvarianten für Busse mit alternativen Antrieben

Variante	Fahrplan-km Tag	Haltestellen im Umlauf	Wendezeiten Haltestelle
Variante 1	300 km	2	2-3 min
Variante 2	435 km (pro Bus)	3	15 min
Variante 3	200 km (pro Bus)	2	15 min

Quelle: Eigene Darstellung

Unter Berücksichtigung der Reichweiten in Abhängigkeit der Ladestrategien ist für die Varianten 2 und 3 der Einsatz eines Gelegenheitsladers mit einer Ladestation im Betriebs-hof und an der S-Bahn Haltestelle empfehlenswert. Durch die Standzeiten an der S-Bahn Haltestelle in Großdeuben stehen ausreichend Zeitpuffer für den Ladevorgang zur Verfügung.

In Variante 1 stehen beim Einsatz eines Busses kaum Zeitpuffer für den Ladevorgang zur Verfügung. Die zu erreichenden Fahrplan-km lassen den Einsatz eines Volladers nicht zu. Dementsprechend müssten zwei Busse eingesetzt werden. Aus wirtschaftlicher Sicht ist

der Einsatz von zwei Bussen für den vergleichsweise kurzen Umlauf nicht tragfähig. Infolgedessen sollten im konkreten Fall (Variante 1) weiterhin Dieselbusse zum Einsatz kommen. Sofern eine Betankungsmöglichkeit für Wasserstoff zur Verfügung steht, könnte auch ein Brennstoffzellenbus zum Einsatz kommen. Aufgrund der hohen Investitionskosten in die Betankungsinfrastruktur sollten Netzkonzepte entwickelt werden. Sofern die Betankungsinfrastruktur nicht verfügbar ist, ist der Betrieb einer Linie mit Wasserstoff aus wirtschaftlicher Sicht nicht darstellbar.

6.2.5.2 Einsatzmöglichkeiten im Korridor Böhlen – Espenhain/Thierbach (AP 4)

Im Korridor Böhlen – Espenhain/Thierbach ist eine S-Bahnverlängerung nicht wirtschaftlich darstellbar. Dennoch bestehen im aktuellen ÖPNV-Angebot einige Schwachstellen. Die wesentlichen Erreichbarkeitsdefizite sind:

- ▶ Kein Busangebot in den Tagesrandlagen an Werktagen, insb. in den Abendstunden
- ▶ Kein Busangebot in den Tagesrandlagen am Wochenende (morgens und abends)
- ▶ Zwei-Stunden-Takt am Wochenende

Um die Erreichbarkeit der Ortschaften Espenhain, Rötha und Thierbach zu verbessern, sollte geprüft werden, ob ein zusätzliches Ergänzungsangebot im Linienverkehr wirtschaftlich tragfähig ist. In Abhängigkeit der entsprechenden Nachfrage (morgens/abends und Wochenende) könnte auch ein On-Demand Angebot in Verbindung mit dem Einsatz von kostengünstigeren Kleinbussen (Shuttle-Verkehr) sinnvoll sein.

Für die weiteren Angebote, bzw. für das bestehende PlusBus Angebot im Korridor ist der Einsatz von alternativen Antrieben denkbar. Aufgrund der hohen Investitionskosten in die Infrastruktur stellen Oberleitungsbusse keine Alternative dar. Der Einsatz von Brennstoffzellenbussen oder Batteriebusen ist aufgrund der relativ geringen Streckenlänge (etwa 25 km je einfacher Richtung) der Linie 144 möglich. Die Auslegung der Fahrzeuge, insbesondere bei Verwendung von Batteriebusen, sollte abgestimmt auf das aktuelle Betriebskonzept stattfinden.

Es ist davon auszugehen, dass es nicht wirtschaftlich sinnvoll ist, die aktuell eingesetzten Busse durch Fahrzeuge mit alternativen Antrieben zu substituieren. Hohe Investitionskosten in die Fahrzeuge und die benötigte Lade- bzw. Betankungsinfrastruktur sind zu erwarten. Isoliert betrachtet ist der Einsatz von Bussen mit alternativen Antrieben auf der Strecke von Böhlen nach Espenhain und Thierbach nicht wirtschaftlich.

6.2.6 Fördermöglichkeiten

Zur Förderung von alternativen Antrieben bei Bussen stehen verschiedene Instrumente zur Verfügung. Der wirtschaftliche Einsatz von Bussen mit alternativen Antrieben ist in den wenigsten Fällen ohne öffentliche Zuschüsse möglich.

Beispielweise stehen folgende Förderinstrumente auf Bundesebene zur Verfügung (nur Auswahl, nicht abschließend): ³⁴

- ▶ Richtlinie zur Förderung der Anschaffung von Elektrobussen im öffentlichen Personennahverkehr
- ▶ Elektromobilität vor-Ort
- ▶ Beschaffung/ Investition Elektrofahrzeuge & Ladeinfrastruktur

Jede Förderrichtlinie ist an verschiedene Rahmenbedingungen und Voraussetzungen zur Erfüllung der Kriterien verknüpft. Bei der Richtlinie zur Förderung der Anschaffung von Elektrobussen im öffentlichen Personennahverkehr (Busse und Ladeinfrastruktur), müssen beispielweise mindestens fünf Fahrzeuge beschafft werden und die CO₂-Emissionen um mindestens 35 % gegenüber einem vergleichbaren Linienbus ohne Hybridtechnologie reduziert werden.³⁵

Darüber hinaus plant das BMVI eine technologieoffene Förderung für den Kauf von Bussen, Nutzfahrzeugen und Schienenfahrzeugen mit alternativen Antrieben, darunter auch Fahrzeuge mit Wasserstoff- und Brennstoffzellenantrieb einschließlich der für die Fahrzeuge erforderlichen Tankinfrastruktur.³⁶

6.3 Empfehlung

Der Einsatz von alternativen Antrieben setzt eine hohe Anfangsinvestition in Lade- bzw. Betankungsinfrastruktur und die entsprechenden Fahrzeuge voraus. Um die Investitionskosten je Fahrzeug zu minimieren, wird empfohlen eine gesamte Flotte umzustellen, bzw. die Fahrzeuge von mehreren Linien. Durch die höhere Stückzahl bei der Fahrzeugbestellung wird in der Regel jedes einzelne Fahrzeug günstiger. Auch die Kosten der Betankungs- bzw. Ladeinfrastruktur können so auf mehrere Linien aufgeteilt werden. Zusätzlich sind positive Effekte in der Fahrzeuginstandhaltung zu erwarten. Ebenfalls werden so die Chancen auf Förderung erhöht, da manche Förderprogramme die Beschaffung einer Mindestanzahl an Fahrzeugen voraussetzen.

Aufgrund des umfangreichen Busangebotes in der Region mit dem entsprechenden Ressourcenbedarf wird die Erarbeitung eines Gesamtkonzeptes für den Einsatz von alternativen Antrieben in Bussen empfohlen. Hierbei sollte nicht nur die Region Zwenkau/Groitzsch oder Böhlen – Espenhain/Thierbach einbezogen werden. Potenziale für den Einsatz von innovativen Bussen sind in der Innovationsregion vorhanden. Ein solches Gesamtkonzept kann maßgeblich dazu beitragen den Strukturwandel zu unterstützen, indem der Klimaschutzaspekt durch den Verzicht auf fossile Brennstoffe weiter betont und zusätzlich das Image des ÖPNV in der Innovationsregion verbessert wird.

³⁴ Vgl. Nationale Organisation Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie (2021)

³⁵ Vgl. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (2018)

³⁶ Vgl. Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (Hrsg.) (2021)b

7 Alternative Mobilitätskonzepte

Neben der Möglichkeit auf Reaktivierungspotenziale für die Bahnstrecken im Untersuchungsbereich wurde geprüft, ob alternative Mobilitätskonzepte zum Einsatz kommen können. Dazu wurde zunächst die grundsätzliche Eignung überprüft. Anschließend erfolgte eine grobe Abschätzung der Wirtschaftlichkeit der Konzepte. Die alternativen Mobilitätskonzepte, die untersucht wurden, sind Seilbahnlösungen, On-Demand-Verkehre und autonome Fahrzeuge.

7.1 Seilbahn

Eine Seilbahnlösung wurde für die Anbindung der Region Zwenkau/Groitzsch und für die Strecke Böhlen – Espenhain/Thierbach geprüft. Insbesondere in der Region Zwenkau/Groitzsch scheint eine Seilbahn geeignet, da sie topografische Hindernisse wie den Zwenkauer See leicht überwinden kann. Aus technischer Sicht sind Seilbahnen in nahezu allen geografischen und topografischen Verhältnissen realisierbar.

Die maßgeblichen Vorteile bei Seilbahnen sind die geringen Flächenverbräuche, die individuelle Wahl der Seilbahngondeln sowie die flexible Ausgestaltung der Verkehrsstationen. Auch liegen in vielen Fällen die Kosten von Seilbahnprojekten deutlich unter den Ausbaukosten für Straßen- und U-Bahnen.³⁷ Seilbahnen im urbanen Raum sind jedoch vor allem dann gut geeignet, wenn konstante Verkehrsströme bestehen, und eine dichte Bebauung oder eine angespannte Verkehrssituation die Nutzung einer höheren Ebene notwendig macht. In Deutschland werden Seilbahnlösungen mit Erschließungsfunktion im öffentlichen Verkehr nur selten eingesetzt. Gegenwärtig werden an vielen Standorten Machbarkeitsuntersuchungen durchgeführt.

Im Rahmen der Trassierungsentwürfe wurde darauf geachtet, dass der Verlauf keine störende Wirkung auf die Einwohner aufgrund von Lärmemissionen oder Schattenwurf hat. Dennoch wurden die Stationen so gewählt, dass eine möglichst geringe Entfernung zum Zentrum eingehalten werden kann.

Die Investitionskosten für die betrachteten Varianten unterliegen großen Schwankungen und stellen lediglich eine erste Abschätzung dar. Folgende Aspekte sind in Bezug auf die Investitionskostenschätzung zu berücksichtigen:

- Kosten von Seilbahnen unterscheiden sich sehr stark in Abhängigkeit der gewählten Systemlösung, Topografie, der Wohnbebauung und der Größe und Ausstattung der Haltestellen

³⁷ Vgl. Bayerisches Staatsministerium für Wohnen, Bau und Verkehr (Hrsg.) (2018) S.4, S.53

- ▶ Ermittlung der Grobkosten durch erste Annäherung mit Kostenansätzen je Mengeneinheit aus der Literatur ³⁸
- ▶ Die Investitionskosten unterscheiden sich je nach Zahl der Zwischenstationen und der verwendeten Systeme
- ▶ Kosten variieren von 3 Mio. € je km bis hin zu 35 Mio. € je km
- ▶ Ermittlung der Kosten auf Basis des Preisstandes 2021 inkl. 20 % Planungskostenpauschale
- ▶ Kosten für den Erwerb von Grundstücken, Kosten für mögliche Ausgleichsmaßnahmen oder das Versetzen von Strommasten, sofern eine Linienführung unter- oder oberhalb der Stromtrasse nicht möglich ist, wurden nicht berücksichtigt

7.1.1 Seilbahnlösung für Zwenkau/Groitzsch (AP 3)

Folgende Trassierungsvarianten wurden für Zwenkau und Groitzsch untersucht:

- ▶ **Variante 1:** Leipzig Knauthain – Belantis – Zwenkau
- ▶ **Variante 2:** Weiterführung von Variante 1 von Zwenkau bis nach Groitzsch
- ▶ **Variante 3:** Groitzsch – Pegau
- ▶ **Variante 4:** Zwenkau – S-Bahn-Station Großdeuben

Für alle Varianten wurden Pendelseilbahnen mit großen Kabinen, die ca. 80 Personen fassen, betrachtet. Dadurch lässt sich, im Gegensatz zu Umlaufbahnen, bei denen kleine Kabinen in kurzen Abständen eingesetzt werden, ein Fahrplan realisieren, der eine Ankunft bspw. an den Bahnhaltepunkten zu einer gewissen Ankunftszeit garantiert. Dadurch kann der Umstieg von der Seilbahn auf die Regional- oder S-Bahn bequem ermöglicht werden.

7.1.1.1 Variante 1: Leipzig Knauthain – Belantis – Zwenkau

In dieser ersten Variante liegen die Endpunkte der Seilbahn in Zwenkau (nahe der Stadthalle im Westen) und an der Bahnstation Leipzig Knauthain. Eine Zwischenstation wird neben dem Freizeitpark Belantis platziert, um das touristische Potenzial der Seilbahn zu erhöhen. Dabei ist jedoch zu beachten, dass der Freizeitpark lediglich von März bis Oktober geöffnet hat. Durch den Endpunkt in Leipzig Knauthain kann Anschluss an den Regionalverkehr und die Straßenbahnen in Richtung Leipzig geschaffen werden. Die Fahrzeit beträgt etwa 15 Minuten.

7.1.1.2 Variante 2: Zwenkau – Groitzsch

Die zweite Variante stellt eine Verlängerung von Variante 1 dar. Dadurch kann auch Groitzsch an die Verkehrsangebote ab Knauthain angebunden werden. Die maximale Geschwindigkeit der Seilbahnkabinen beträgt etwa 30 km/h, sodass für die Strecke von

³⁸ Vgl. Kremer, F. (2015) S.42, Bayerisches Staatsministerium für Wohnen, Bau und Verkehr (Hrsg.) (2018) S.23-24

Groitzsch bis nach Zwenkau etwa 25 Minuten benötigt werden. Die gesamte Fahrzeit von Groitzsch bis nach Leipzig Knauthain beträgt mindestens 40 Minuten.

7.1.1.3 Variante 3: Groitzsch – Pegau

In Planungsvariante 3 liegt die Konzentration auf einer optimierten Anbindung von Groitzsch an den Schienenverkehr. Aufgrund der Entfernung zwischen Groitzsch und Pegau würde sich generell aus Sicht der Investitionskosten und der Fahrzeiten eine Seilbahnlösung zwischen Groitzsch und Pegau eignen. Hierfür wurden zwei Stationen in Groitzsch vorgesehen, um das größtmögliche Einwohnerpotenzial abzuschöpfen. Als problematisch wird die Kreuzung der Hochspannungsleitungen westlich von Groitzsch angesehen, diese wäre näher zu prüfen. Die Fahrtzeit von Groitzsch nach Pegau beträgt etwa 10 Minuten.

7.1.1.4 Variante 4: Zwenkau – Großdeuben

Die Planungsvariante 4 verbindet mit einer 4,2 Kilometer langen Strecke Zwenkau und die S-Bahn Haltestelle in Großdeuben. Die Antriebsstation befindet sich in Zwenkau in Nähe der Stadthalle. Eine Zwischenstation wurde in Nähe des Gewerbegebiets Zwenkaus eingeplant, um den Ort besser zu erschließen. Aufgrund des Schattenwurfes durch die Seilbahngondel könnten sich die Einwohner gestört fühlen, was in einer Detailuntersuchung näher beleuchtet werden müsste. In Großdeuben kann in die Züge der S-Bahn umgestiegen werden. Die Fahrzeit beträgt etwa 10 Minuten.

7.1.1.5 Zusammenfassung und Empfehlung

Die Investitionskosten und Reisezeiten der betrachteten Varianten sind in Tabelle 7-1 zusammengestellt. Trotz der im Vergleich zur S-Bahnverlängerung geringeren Investitionskosten, ist keine der möglichen Seilbahnösungen zu empfehlen. Die Reisezeiten lassen sich im Vergleich zum Status Quo, bzw. im Vergleich zu neuen Schnellbuslinien nicht verbessern. Auch touristische Potenziale können kaum erschlossen werden, da weder die Verkehrsstationen günstig zu touristischen Points of Interest liegen (mit Ausnahme der Station am Belantis), noch die Fahrt an sich besonders reizvoll ist. Der Einsatz einer Seilbahnlösung wird für die Anbindung von Zwenkau und Groitzsch daher nicht empfohlen.

Tabelle 7-1: Zusammenfassung Planungsvarianten Seilbahn

	Linie	Entfernung	Kosten 2016	Kosten 2021	Reisezeiten	Taktung
Variante 1	Knauthain – Zwenkau	5,5 km	18,29 Mio. €	23,07 Mio. €	15 min	2 Kabinen 20 Minuten
Variante 2	Knauthain – Groitzsch	14,2 km	41,25 Mio.€	52,03 Mio. €	38 bis 40 min	2 Kabinen 45 Minuten
Variante 3	Groitzsch – Pegau	5 km	17,37 Mio.€	21,91 Mio. €	10 min	1 Kabine 30 Minuten
Variante 4	Zwenkau – Großdeuben S-Bahn	4,2 km	16,76 Mio.€	21,14 Mio. €	13 min	2 Kabinen 15 Minuten

Quelle: Eigene Darstellung

7.1.2 Seilbahnlösung für Böhlen – Espenhain/Thierbach (AP 4)

Für den Korridor Böhlen – Espenhain/Thierbach wurde eine Seilbahn von Espenhain bis Thierbach geprüft, unter anderem als Ergänzung zu einer theoretisch möglichen S-Bahnverlängerung nach Espenhain. Die gewählte Trasse beginnt in Espenhain, südlich, bzw. süd-westlich des Zentrums. Der erste Halt erfolgt an der Zwischenstation Espenhain Industriegebiet, die sich im südlichen Teil des Geländes befindet. Abgehend von der Station kann das gesamte Industriegebiet in 1,15 km Entfernung erreicht werden. Die Endstation befindet sich in Kitzscher, am südwestlichen Rand des Ortes.

Eine erste Grobkostenabschätzung ergibt Gesamtkosten für die rund 6,45 km lange Strecke in Höhe von rund 22 Millionen Euro, inklusive Planungskosten (Preisstand 2016). Für die Trasse ergibt sich bei einer durchschnittlichen Fahrtgeschwindigkeit von 30 km/h eine Reisezeit von 18 Minuten zwischen Espenhain und Kitzscher. Vergleichend fährt die Buslinie 144 von Espenhain (Fußgängertunnel) bis Kitzscher (Busplatz) 11 Minuten.

Für einen 30-Minuten-Takt werden zwei Großkabinen benötigt (Pendelbahn). Bei einer Linienführung von Kitzscher über Thierbach bis nach Espenhain müsste die Strecke bis zum Bahnhof Böhlen mit alternativen Verkehrsmitteln überwunden werden. Der Lückenschluss könnte durch einen Pendelbus organisiert werden.

Bereits in diesem Beispiel wird sehr deutlich, dass die Seilbahn mit Blick auf die Reisezeiten im Vergleich zum Bus und der S-Bahn unattraktiv ist. Auch beim Einsatz einer Seilbahn von Espenhain nach Böhlen wäre in Böhlen ein Umstieg in die S-Bahn notwendig. Die wirtschaftlich tragfähigste Transportlösung ist der Bus.

7.2 On-Demand-Lösungen

Für die schwach nachgefragte Strecke von Böhlen nach Espenhain bzw. Thierbach ist es auch denkbar, On-Demand-Lösungen einzurichten. Dabei sind sowohl autonom fahrende (vgl. Kapitel 7.3.1) als auch fahrerbetriebene Lösungen möglich.

7.2.1 OmniMover

Gegenwärtig wird in einer Studie mit dem Titel „Machbarkeitsstudie eines autonomen Mobilitätssystems mit On-Demand-Funktion für die (vor)letzte Meile (Arbeitstitel "Omni-Mover")“ ein autonomes Transportsystem für die Güter- und Personenbeförderung untersucht. Durch den Einsatz des OmniMovers soll der Individualverkehr und Anbieter der KEP-Dienstleistungen durch eine nachhaltige und variable Alternative ergänzt werden. Zudem könnte der OmniMover eine direkte Verbindung an den bestehenden öffentlichen Nahverkehr darstellen. Die wichtigste Komponente ist die trassengebundene, automatisierte und vollständig autonome Beförderung von Transportkabinen. Grundsätzlich könnte das System bei Schienenstrecken mit einem gewissen Nachfragepotenzial, die aber ggf. zu teuer/komplex zu reaktivieren sind, eingesetzt werden.

Auch bei Nutzung eines fahrerlosen schienengebundenen On-Demand Systems sind weitreichende Investitionen in die Schieneninfrastruktur notwendig. Um eine attraktive

Geschwindigkeit zu erreichen, müsste die Strecke entsprechend signaltechnisch ausgestattet werden. Auch die Errichtung von Haltestationen wäre erforderlich. Aufgrund der geringen Fahrgastnachfrage im Untersuchungsraum ist eine Wirtschaftlichkeit des Systems auf dem Abschnitt Thierbach – Espenhain – Böhlen nicht zu erwarten.

7.2.2 On-Demand (Klein-)Busse

Alternativ zum autonomen On-Demand Verkehr des OmniMovers ist es denkbar, die Defizite im derzeitigen Bus-Angebot (geringe Taktdichte insb. an Wochenenden und Tagesrandzeiten) durch On-Demand Verkehre zu ergänzen. Hierbei können Kleinbusse mit Fahrer eingesetzt werden, die beispielsweise durch eine kurzfristige Bestellung per App angefordert werden können.

Im Vergleich zu traditionellen Rufbussen, ist darauf zu achten, dass eine geringe Vorlaufzeit etabliert wird. Die Bestellung sollte über möglichst viele Kanäle möglich sein, um auch Fahrgäste ohne Smartphone zu erreichen. Zur Senkung der Kosten sollte zunächst ein Betrieb ausschließlich an den Tagesrandlagen etabliert werden. Dadurch ist eine erhebliche Attraktivitätssteigerung im Vergleich zum heutigen ÖPNV Angebot zu erwarten. Ob ein solches Angebot angenommen wird und welche Kosten entstehen, wäre in einer vertieften Studie zu überprüfen.

Weiterhin wird empfohlen, ein solches On-Demand-Angebot nicht isoliert auf diesem Streckenabschnitt einzuführen. Angebote im ÖPNV werden attraktiver, wenn sie an mehreren Orten gleichzeitig eingeführt werden, und die Fahrgäste das gleiche Angebot an unterschiedlichen Orten wahrnehmen können. Im Rahmen der integrierten Mobilitätsstudie der Innovationsregion Mitteldeutschland werden On-Demand-Angebote tiefergehend betrachtet.

7.3 Autonomes Fahren

Im Rahmen der Studie sind außerdem die Möglichkeiten des autonomen Fahrens zu prüfen. Auf der Strecke Böhlen – Espenhain wird der Einsatz von autonom fahrenden Bussen geprüft. Für die Kohlebahn von Meuselwitz nach Regis-Breitungen soll untersucht werden, ob die Strecke als Teststrecke für autonome Schienenfahrzeuge in Frage kommt.

7.3.1 Autonom fahrende Busse

In den letzten Jahren gab es große technische Fortschritte bei autonom fahrenden Bussen. Viele Projekte sind derzeit in der Testphase. Die Pilotprojekte sind vielfältig. Auf vielen Bussen befindet sich ein sogenannter Operator (Mensch), der bei Hindernissen und Problemen immer eingreifen kann. Die nachstehende Tabelle 7-2 beinhaltet eine Auswahl an Projekten zu autonom fahrenden Bussen.

Tabelle 7-2 Auswahl an Projekten mit autonom fahrenden Bussen

Projektname	Bustyp	Kapazität Bus	Max. Geschwindigkeit	Relation /Strecke
Autonomer Busbetrieb Lahr (BW) ³⁹	Kleinbus	6 Sitzplätze	15 km/h	Landesgartenschau
Linie A01 Monheim (NRW) ⁴⁰	Kleinbus	6 Sitz- und 6 Stehplätze	16 km/h	Streckenlänge 2 km
Autonomer Busbetrieb Nord-sachsen (Projekt FLASH) ⁴¹	Kleinbus	20 Passagiere plus Operator	70 km/h	Bahnhof Rackwitz und der Schladitzer Bucht (3,4 km); mit Fahrgästen ab 2022
RABus ⁴² (Forschungsprojekt) ⁴³	Kleinbus	6-8 Sitzplätze	60 km/h	Strecken in Mannheim und Friedrichshafen
Autonomer Busbetrieb Niederlande	Normaler Bus	Größer: 30 Fahrgäste	70 km/h	Fahrstrecke: Flughafen Amsterdam Schiphol – Harlem (20 km), teilweise eigene Busspur

Quelle: Eigene Darstellung

Gegenwärtig gibt es eine Vielzahl von Forschungsprojekten in Zusammenhang mit autonom fahrenden Bussen. Eine vollständige Liste von autonom fahrenden Shuttle-Bus-Projekte in Deutschland ist auf den Seiten des Verbandes Deutscher Verkehrsunternehmen abrufbar.⁴⁴

Insbesondere im Kontext zu den rechtlichen Aspekten gibt es noch viele offene Fragen zu klären. Am 28. Juli 2021 ist in Deutschland ein Gesetz zum autonomen Fahren in Kraft getreten, welches autonomes Fahren ohne Fahrer in vorher definierten Betriebsbereichen erlaubt. Diese Bereiche können auch auf öffentlichen Straßen liegen.

Die Untersuchung von laufenden Pilotprojekten zeigt, dass generell leistungsfähige Geschwindigkeiten mit autonom fahrenden Bussen aus technischer Sicht möglich sind. Wie hoch die Geschwindigkeiten sein dürfen, hängt u.a. von der Straßenbelastung und der Komplexität der Strecke ab. Die Reichweiten im Elektrobetrieb entsprechen denen konventioneller Elektrobusse in Abhängigkeit der Größe der Batterie.

Fahrzeugseitig gibt es verschiedene Hersteller, die autonome Shuttle-Busse in ihrem Portfolio haben. Eine beispielhafte Auswahl von Herstellern und Bustypen können Tabelle 7-3 entnommen werden.

³⁹ Vgl. Staatsministerium für Verkehr Baden-Württemberg (2018)

⁴⁰ Vgl. Dieter Hanke Verlag (o.D.)

⁴¹ Vgl. Mitteldeutscher Verkehrsverbund GmbH (MDV) (2021)

⁴² Reallabor für den automatisierten Busbetrieb im ÖPNV in der Stadt und auf dem Land

⁴³ Quelle: Vgl. FKFS Forschungsinstitut für Kraftfahrwesen und Fahrzeugmotoren Stuttgart (o.D.)

⁴⁴ Vgl. Verband Deutscher Verkehrsunternehmen (2021)

Tabelle 7-3 Auswahl an autonom fahrenden Bustypen

Hersteller	Modell	Kapazität Bus	Max. Geschwindigkeit	Antrieb
Easy Mile ⁴⁵	EZ 10	Bis zu 10-12 Passagiere	40 km/h	100% elektrisch
Navya ⁴⁶	Evo	Bis zu 15 Passagiere	25 km/h	100 % elektrisch
Mercedes Benz ⁴⁷	Future Bus	Keine Angabe	Bis zu 70 km/h	Diesel/Hybrid
Volkswagen	VW/ TS / IAV Crafter ⁴⁸	20 Passagiere	Bis zu 70 km/h	Diesel

Quelle: Eigene Darstellung

Die straßenseitige Entfernung zwischen Thierbach und Böhlen über Espenhain und Rötha beträgt rund 17 km. Die Strecke verläuft in weiten Teilen über öffentliche Straßen mit Begegnungsverkehr, Ampelschaltungen und Kreuzungen, wodurch die Komplexität und die Anforderungen an die Sicherheitsvorkehrungen steigen.

Mit Ausnahme des autonomen Busses in den Amsterdam Schiphol und Harlem, bei dem die Strecke rund 20 km beträgt, liegen die Testrecken weitestgehend unter einer Länge von 10 km. Auch liegen die Geschwindigkeiten bei meist unter 30 km/h.

Aus technischer Sicht sollte der Buseinsatz über die Distanz von 17 km im autonomen Betrieb keine Herausforderungen darstellen.

Unter Berücksichtigung des bestehenden Angebots mit der Buslinie 144 könnte der Einsatz von autonomen Shuttlebussen eine Ergänzung zum bestehenden Angebot darstellen und in den Taktlücken/Tagesrandlagen sowie am Wochenende zum Einsatz kommen.

Vorab sollten in einer Pilotstudie die wesentlichen Rahmenbedingungen überprüft und Kernpunkte geklärt werden. Die Studie sollte von einer Forschungseinrichtung und einem Praxispartner begleitet werden. Wichtig dabei sind u.a.

- ▶ Klärung der Anforderungen an Frequenz und max. Geschwindigkeiten (Systemeigenschaften)
- ▶ Klärung der Nutzerakzeptanz und der verkehrlichen Wirkung
- ▶ Definition des Fahrtweges und der Haltestellen
- ▶ Prüfung der notwendigen Kapazität in Abhängigkeit des Nutzerverhaltens
- ▶ Klärung der genehmigungsrelevanten Aspekte

Ein Großteil der sich bereits in der praktischen Umsetzungsphase befindlichen Projekte zum Thema autonomes Fahren im Busverkehr wurden seitens des Bundesministeriums

⁴⁵ Vgl. EasyMile SAS (o.D.)

⁴⁶ Vgl. Navya (o.D.)

⁴⁷ Vgl. Daimler AG (o.D.)

⁴⁸ Vgl. Mitteldeutscher Verkehrsverbund GmbH (MDV) (2021)

für Verkehr und digitale Infrastruktur gefördert. Fördermöglichkeiten für neue Forschungsprojekte bestehen durch die Förderrichtlinie „Ein zukunftsfähiges, nachhaltiges Mobilitätssystem durch automatisiertes Fahren und Vernetzung“.⁴⁹ Neben der Projektförderung können auch wissenschaftliche Studien gefördert werden. Das Förderverfahren ist als zweistufiger Prozess angelegt, bestehend aus Projektskizze und – nach Aufforderung – förmlichem Förderantrag. Der dritte Förderaufruf wurde am 17. September 2021 geschlossen, sodass gegenwärtig keine Projektskizzen mehr eingereicht werden können.⁵⁰ Mit Blick auf die Laufzeit der Förderrichtlinie und die Innovationsfähigkeit ist ein vierter Förderaufruf sehr wahrscheinlich.

7.3.2 Kohlebahn als Teststrecke für autonome Schienenfahrzeuge

Zusätzlich bzw. alternativ zum SPNV-Ausbau der Kohlebahn wurde die Möglichkeit untersucht, die Kohlebahn als Versuchsstrecke für autonom fahrende Zügeinheiten zu verwenden. Dazu wird zunächst der aktuelle Forschungsstand und der sich daraus ergebende weitere Forschungsbedarf ermittelt und mit der Situation der Kohlebahn abgeglichen. Abschließend erfolgt eine Bewertung der Möglichkeiten und eine realistische Handlungsempfehlung wird gegeben.

7.3.2.1 Stand der Forschung und technische Grundlagen

Grundsätzlich werden beim automatischen bzw. autonomen Fahren verschiedene Automatisierungsgrade (englisch: Grades of Automation, GoA) unterschieden, die vom Internationaler Verband für öffentliches Verkehrswesen (UITP) definiert wurden. Unterschieden wird dabei von GoA 0 (fahrerbedientes System ohne automatische Zugsicherung) bis GoA 4 (fahrerloses System). In den Zwischenstufen werden einige Aufgaben vom Fahrer und einige Aufgaben vom System übernommen.⁵¹ Eine Übersicht über die Automatisierungsgrade gibt Tabelle 7-4.

Tabelle 7-4: Automatisierungsgrade nach UITP ⁵²

GoA	Art des Zugbetriebs	Beschleunigen / Bremsen	Türsteuerung	Störungsbehebung
GoA 0	Manueller Betrieb ohne ATP	Fahrer	Fahrer	Fahrer
GoA 1	ATP mit Fahrer	Fahrer	Fahrer	Fahrer
GoA 2	ATP und ATO mit Fahrer	Automatisch	Fahrer	Fahrer
GoA 3	Fahrerlos	Automatisch	Zugbegleiter	Zugbegleiter
GoA 4	Unbegleitet	Automatisch	Automatisch	Automatisch

ATP = Automatic Train Protection, ATO = Automatic Train Operation

Quelle: Eigene Darstellung nach Nießen, N.; Stoll, F. (2019) S.57

⁴⁹ Bundesanzeiger (2019)

⁵⁰ Vgl. Bundesanzeiger (2021)

⁵¹ Vgl. Schlaht et. al. (2018) S.3, Wickmann (2020) S.16

⁵² Vgl. Nießen, N.; Stoll, F. (2019) S.57

Die Automatisierungsgrade, die aktuell eingesetzt werden, unterscheiden sich nach den Bahnsystemen, in denen sie zum Einsatz kommen.

Bei U-Bahnen in Europa kommen heute alle Automatisierungsgrade zum Einsatz. Insbesondere bei komplett geschlossenen Systemen ist der Einsatz von GoA 4 ohne Probleme möglich und häufig vorzufinden. Als Beispiel für solche Systeme sind die Metro in Kopenhagen oder die U-Bahn in Nürnberg zu nennen (derzeit nur auf der Linie U3 und U2).⁵³ Bei Straßenbahnen in offenen Systemen wird derzeit noch kein autonomes Fahren im Regelbetrieb angewendet. Die allermeisten Straßenbahnen werden mit GoA 0 betrieben. Erste Tests mit vollautonomen Straßenbahnen (z.B. Testfahrten von Siemens in Potsdam) sind jedoch erfolgreich und können bis zu GoA 4 ermöglichen.⁵⁴

Bei Eisenbahnen, die nach EBO betrieben werden, ist GoA 2 der höchste Automatisierungsgrad, der heute im Regelbetrieb gefahren werden kann.⁵⁵ In Deutschland können Züge, die mit Automatischer Fahr- und Bremssteuerung (AFB) ausgerüstet sind, auf Strecken mit Linienzugbeeinflussung (LZB) automatisch Bremsen und Beschleunigen, was eine Form von GoA 2 ist. Weitere Tests mit GoA 2 für andere Systeme, wie beispielsweise die S-Bahn Hamburg, GoA 3 auf freier Strecke oder GoA 4 beim Rangieren (z.B. Testprojekt von Alstom im Großraum Braunschweig) sind ebenfalls aktuell.

Je nachdem, nach welchem rechtlichen Rahmen eine Strecke betrieben wird (EBO oder BOStrab) ergeben sich auch andere technische Anforderungen an eine mögliche Versuchsstrecke. Im Folgenden wird erläutert, wie Strecken nach aktuellem Stand der Technik ausgerüstet sein sollten, um ATO Testbetrieb zu ermöglichen. Die wesentlichen Unterschiede sind in Tabelle 7-5 aufgezeigt.

Tabelle 7-5: Unterschiede zwischen ATO nach EBO und BOStrab

EBO	BOStrab
Jeder Zug muss grundsätzlich mit einem Triebfahrzeugführer besetzt sein (EBO §45)	Fahrerloser Betrieb rechtlich möglich
Häufigste Realisierung über Europäisches Zugbeeinflussungssystem ETCS („ATO over ETCS“)	Realisierung über Communication-Based Train Control Systeme (CBTC) für beidseitige Kommunikation zwischen Fahrzeug und Infrastruktur. CBTC Systeme sind nicht standardisiert
Gleisseitige Infrastruktur für die Zugsicherung notwendig (Balisen, Gleisfreimelder, Stellwerk, Zugfunk, ...)	Gleisseitige Infrastruktur variabel, beispielsweise über Funk oder Linienleiter
Weitere Infrastruktur für ATO: Leitzentrale mit Traffic Management System, Sensoren für die Fahrwegüberwachung, ...	ATO ist häufig direkt in das CBTC integriert

⁵³ Vgl. Nießen, N.; Stoll, F. (2019) S.65, Allianz pro Schiene e.V. (2016)

⁵⁴ Vgl. Nießen, N.; Stoll, F. (2019) S.66

⁵⁵ Vgl. Nießen, N.; Stoll, F. (2019) S.141

Fahrzeugseitige Ausrüstung für Zugsicherung (Antennen, Zugfunk, ...), Bordcomputer, fahrzeugseitige Ausrüstung für automatische Steuerung (Bremsen, Beschleunigen, ...). Ggf. weitere Sensoren notwendig (für sicheren Fahrgastwechsel z.B.)

Fahrzeugseitige Ausstattung in Entsprechung zum CBTC System. Ggf. weitere Sensoren notwendig.

Quelle: Eigene Darstellung

Beim weiteren Forschungsbedarf ist zwischen offenen und geschlossenen Systemen zu unterscheiden. Bei geschlossenen Systemen, wie U-Bahnen es sind, besteht kein nennenswerter Forschungsbedarf, GoA 4 wird bereits seit mehreren Jahren erfolgreich im Regelbetrieb eingesetzt.

Bei offenen Systemen (klassische Eisenbahn, Straßenbahn) besteht deutlich mehr Forschungsbedarf, da dort eine höhere betriebliche Komplexität vorliegt. Neben der eigentlichen Betriebssteuerung muss auch die (geplante und ungeplante) Interaktion mit anderen Verkehrsteilnehmern berücksichtigt werden, wobei sowohl technisch als auch rechtlich der größte Forschungsbedarf entsteht.

Forschungsbedarf⁵⁶ besteht unter anderem bei:

- ▶ **Infrastrukturüberwachung.** Hindernisse auf den Gleisen müssen sicher erkannt werden und das Fahrzeug muss angemessen reagieren. Dazu zählt u.a. die Überprüfung von Bahnübergängen, aber auch von Haltestellenbereichen und der freien Strecke.
- ▶ **Vollautomatisches Kuppeln.** Dies bezieht sich sowohl auf das Kuppeln von Triebzügen (beim Stärken und Flügeln) als auch auf die Kuppel von Güterwagen. Wichtig ist hierbei die Überprüfung des Bereiches zwischen den Fahrzeugen auf Freisein und die Sicherstellung des erfolgreichen Kuppelvorgangs.
- ▶ **Reaktion auf unvorhergesehene Ereignisse.** Die sichere Reaktion auf Situationen wie eine notwendige Evakuierung, Brand oder technische Defekte muss definiert und technisch/organisatorisch umgesetzt werden.
- ▶ **Definition von Rückfallebenen.** Stillstand im System soll vermieden werden, daher ist eine sicherere Definition von Rückfallebenen notwendig, falls kritische Komponenten (z.B. Datenübertragung) ausfallen.
- ▶ **Datenschutz und Übertragungssicherheit von Überwachungssystemen.** Eine eher rechtliche Frage ist der Datenschutz, insb. bei Systemen mit Kameraüberwachung. Die Übertragungssicherheit von sicherheitsrelevanten Daten und Resilienz gegen Angriffe von außen ist ein weiteres wichtiges Thema.
- ▶ **Rechtliche Anforderungen, z.B. an Haftung.** Ähnlich wie im Automobilbereich sind in offenen Systemen viele rechtliche Fragen zu klären. Wer haftet im Falle von Unfällen, welche Reaktionen werden vom Fahrzeug vorausgesetzt, um den Betrieb als sicher einzustufen (z.B. muss das Fahrzeug direkt bremsen oder ist ein Klingeln ausreichend)?

⁵⁶ Ergebnisse aus internen Expertenbefragungen

Für viele der offenen Fragen sind sowohl rechtliche als auch technische Standards zu entwickeln, die später Eingang in die entsprechenden Regelwerke finden können. Dazu ist sowohl die Erprobung unter „Laborbedingungen“ als auch im echten Betrieb notwendig.

7.3.2.2 *Bewertung und Empfehlung für die Kohlebahn*

Als erster Schritt in Richtung einer ATO-Teststrecke auf der Kohlebahn ist es aufgrund des vielfältigen Forschungsbedarfs und der Realisierungsmöglichkeiten notwendig, einen schlüssigen Business Case zu entwickeln. Dieser ist eine notwendige Grundlage für die Ausschreibung und ggf. finanzielle Förderung von möglichen Forschungsprojekten.

Die Analyse vorhandener Projekte mit Bezug zu ATO zeigt, dass eine Umsetzung in der Regel nur dort erfolgt, wo auch eine wirtschaftliche Anschlussnutzung gewährleistet ist. Dies sind in der Regel bereits bestehende Strecken mit vorhandenem SPNV. Gewünschte Effekte sind zumeist die Erhöhung von Streckenkapazität, Erhöhung der Pünktlichkeit und Senkung der Betriebskosten, z.B. durch energiesparendes Fahren. Solche Projekte finden sich z.B. von Siemens bei der S-Bahn Hamburg (GoA 2 bis Ende 2021) und von Alstom im Regionalverkehr in Niedersachsen (GoA 3, Start des Forschungsprojekts in 2021). Diesen Projekten ist gemein, dass sie in der Regel bei Projekterfolg auch eine wirtschaftliche Anschlussnutzung vorsehen.

Alternativ ist die Errichtung eines Testzentrums möglich, an dem verschiedene Technologien von mehreren Herstellern erprobt werden können, wie dies auf dem Digitalen Testfeld der Deutschen Bahn auf der Strecke der Erzgebirgsbahn ermöglicht wird. Für solche Testfelder bestehen jedoch hohe Anforderungen an die Charakteristika der Strecke. Dazu gehören unter anderem auch die Spurweite und die Leit- und Sicherungstechnik. Aufgrund der fehlenden LST wäre bei der Kohlebahn mit hohen Anfangsinvestitionen zu rechnen. Zudem ist seitens der Hersteller nur mit begrenztem Interesse zu rechnen, da die Spurweite von 900 mm auf der Kohlebahn eine weitere Herausforderung darstellt. Es scheint daher ausgeschlossen, dass die Kohlebahn als Teststrecke für autonomes Fahren im Vollbahnbereich attraktive Angebote machen kann.

Trotz dieser Hindernisse ist die Kohlebahn grundsätzlich als Teststrecke geeignet, da dort unbeeinflusst von regelmäßigem Fahrgastbetrieb neue Technologien in einem realistischen Umfeld erprobt werden können. Durch Synergieeffekte können Potenziale geschaffen werden.

Das „Testfeld für autonom und hochautomatisiert fahrende Straßenbahnen (A-Tram)“ der Stadtwerke Halle ist ein aktuelles Forschungsprojekt in der Region, das zum Ziel hat, ein Kompetenzzentrum für automatisierten Straßenbahnbetrieb aufzubauen.⁵⁷ Dazu finden umfangreiche Tests von verschiedenen Bausteinen auf einer Teststrecke nach Bad Dürrenberg statt, die für diese Zwecke mit 5G-basierter Verkehrsleittechnik aufgerüstet wird. Im Vergleich zu vielen anderen Projekten liegt dort der Fokus neben Sicherheit und geeigneter Betriebskonzepte vor allem auf den Auswirkungen bzw. Interaktion mit dem Fahrpersonal und den Fahrgästen.

⁵⁷ Stadtwerke Halle (2021)

Der hohe Grad an Zusammenarbeit mit Forschungseinrichtungen, anderen Testfeldern und der Metropolregion bietet eine reelle Chance auf Synergieeffekte bei Einbezug der Kohlebahn in die Forschungstätigkeiten.

Eine Möglichkeit für die Zusammenarbeit zwischen der Kohlebahn und dem A-Tram Projekt ist das Testen von Sensoren, bevor sie für den Produktivgebrauch in den eigentlichen Testfahrzeugen eingesetzt werden. Es ist wahrscheinlich, dass erste Feldversuche mit möglichst wenig Interaktion zum Fahrgastbetrieb stattfinden sollen. Während auf der Teststrecke der Stadtwerke dafür nur die Nachtstunden zur Verfügung stehen, könnten diese Versuche auf der Kohlebahn tagsüber an Werktagen stattfinden, da sich der Fahrgastbetrieb auf die Wochenenden beschränkt. Für Tests können die Sensoren problemlos auf beliebigen Fahrzeugen, auch auf den Bestandsfahrzeugen der Kohlebahn, angebracht werden. Im Anschluss an erfolgreiche Tests auf der Kohlebahn, können die Sensoren dann in die eigentlichen Testfahrzeuge der A-Tram eingebaut werden. Es ist ebenfalls denkbar, dass einige (Zwischen-)Ergebnisse aus dem Forschungsprojekt im Anschluss für den Betrieb der Kohlebahn genutzt werden können.

Abschließend ist zu empfehlen, dass mögliche Forschungsaktivitäten zum Thema ATO auf der Kohlebahn über das A-Tram Projekt koordiniert werden sollten. So können größtmögliche Synergien genutzt werden, ohne große Investitionen in Infrastruktur und Fahrzeuge tätigen zu müssen. Weiterhin wird so die Zusammenarbeit in der Metropolregion gestärkt.

Die Möglichkeit der Zusammenarbeit wurde mit den Beteiligten der A-Tram, des Vereins Kohlebahn e.V. und der Projektleitung des vorliegenden Projekts zur Schieneninfrastruktur in der Innovationsregion Mitteldeutschland abgestimmt. Weitergehende Gespräche wurden bereits gemeinsam mit den Beteiligten organisiert.

8 Schienenfahrzeugzentrum Profen (AP 5)

Ziel der Untersuchung war es die Potenziale und Umsetzungsmöglichkeiten für ein Schienenfahrzeugtechnologiezentrum und eine Werkstatt am Standort Profen zu ermitteln. In Profen befindet sich einer der letzten aktiv betriebenen Tagebaue für Kohle. Betreiber des Tagebaus ist die Mitteldeutsche Braunkohlengesellschaft (MIBRAG), die auch Hauptarbeitgeber in der Region ist und bei der Untersuchung als möglicher Betreiber im Fokus steht. In der Untersuchung wurden die spezifischen wirtschaftlichen und infrastrukturellen Rahmenbedingungen des Standortes sowie die Wettbewerbssituation betrachtet. Dazu werden zunächst die vorhandenen Teststrecken und Schienen untersucht.

8.1 Vorhandene Teststrecken und Schienenfahrzeugzentren

Um die Potenziale und den Schwerpunkt eines möglichen Testzentrums in Profen zu ermitteln, müssen die bestehenden Testzentren in die Untersuchung miteinbezogen werden. Maßgeblich dabei sind die infrastrukturellen Einrichtungen der Testzentren sowie die Testmöglichkeiten. Es wurden Testcenter, Teststrecken und Forschungsinstitute im näheren europäischen Umkreis betrachtet.

Besonders relevant für den Standort Profen sind das Living Lab im Erzgebirge, das Testcenter und das offene digitale Testfeld Niesky, Wegberg-Wildenrath (Siemens), Bautzen (Bombardier) sowie das IABG Kompetenzzentrum Bahntechnik in Dresden. Ergänzend dazu besteht in Berlin, im Streckenabschnitt Hennigsdorf – Velten, ein 4 km langes nicht öffentliches Testgleis.⁵⁸

Im Living Lab der Deutschen Bahn wird auf der 25 km langen Strecke Annaberg – Schwarzenberg, ohne öffentlichen Bahnbetrieb, vielfältig geforscht u.a. bereits an 5G und ECTS 3. Unterstützt wird diese Forschung auch von der Technischen Universität Dresden.⁵⁹ Außerdem werden am Bahnhof Annaberg zukünftig 4,3 Millionen Euro in den Bahnhofsumbau investiert, um Büros der Technischen Universität Chemnitz vor Ort einzurichten. Nebenbei soll ein Bildungszentrum der DB Netz AG entstehen.⁶⁰

Das Testcenter in Wegberg-Wildenrath wird von Siemens Mobility betrieben. Auf einer Strecke von 30 Kilometern werden zwei Testringe zur Verfügung gestellt. Dort kann eine große Zielgruppe, von Lokomotive bis Straßenbahnen, erreicht werden. Das Testcenter ist täglich geöffnet, sodass keine zeitlichen Restriktionen bestehen und viele Testungen an Zügen und Technik durchgeführt werden können.⁶¹ Das Testcenter zählt zu den größten weltweit und beschäftigt über 400 Mitarbeiter.⁶² Die Testleistungen können in verschiedenen Szenarien durchgeführt werden und sind darauf ausgerichtet die Zulassung

⁵⁸ Vgl. Bergt, U. (2014)

⁵⁹ Vgl. EVN Redaktionsdienst (2019), Wikipedia (o.D.)a, Wikipedia (o.D.)b, Wikipedia (o.D.)c, DVV Media Group GmbH (2019), Technische Universität Dresden (2019)

⁶⁰ Vgl. Weckbrodt, H. (2021)

⁶¹ Vgl. Siemens Mobility GmbH (o.D.)

⁶² Siemens Mobility GmbH (o.D.)

zu erreichen. Dies bietet Siemens Mobility sowohl in Wegberg-Wildenrath als auch auf dem eigenen Betriebsgelände des Kunden an.⁶³

Seit Dezember 2019 betreibt Bombardier ein Testcenter in Bautzen, Sachsen. Zusammen mit der digitalisierten Endmontagehalle bildet sich ein Kompetenzzentrum der Firma Bombardier. Durch die Etablierung eines Drei-Schicht-Systems können sehr viele Testkapazitäten zur Verfügung gestellt werden.⁶⁴ Hierbei handelt es sich um ein nicht öffentliches Testzentrum.

Das Tetis - Testzentrum für Eisenbahntechnik Niesky in Sachsen befindet sich aktuell in der Bauphase. Auf der 16 km langen Teststrecke mit einem 20 km langem Gleisoval kann zukünftig ohne zeitliche Restriktionen getestet werden, da kein öffentlicher Zugverkehr auf dieser Strecke verläuft. Auf einem begrenzten Abschnitt sollen auch Fahrten bis 250 km/h möglich sein. Der Standort soll durch einen Zusammenschluss aus Herstellern von Schienenfahrzeugen und -ausrüstung zukünftig betrieben werden.⁶⁵

Eine Marktuntersuchung im Rahmen der des Projektes „Potenziale für ein Schienenfahrzeugtestzentrum in Lausitz“ hat ergeben, dass die fünf großen in der EU ansässigen Testzentren bereits an der Kapazitätsgrenze sind⁶⁶ und ein weiterer Bedarf an Testmöglichkeiten besteht. Die Ergebnisse der Potenzialstudie haben den Grundstein für die positive Entscheidung für ein Testzentrum und das offene digitale Testfeld am Standort Niesky gelegt.

8.2 Anforderungen an Testzentren und Teststrecken

Die Anforderungen an Testzentren und Teststrecken können in verschiedene Aspekte aufgeteilt werden und unterscheiden sich teilweise stark zwischen den verschiedenen Testzentren, je nach Verwendungszweck. Betrachtet wurden folgende Anforderungen:

- ▶ Infrastrukturelle Anforderungen
- ▶ Betriebliche Anforderungen
- ▶ Rechtliche Anforderungen
- ▶ Technische Anforderungen

Infrastrukturelle Grundvoraussetzung für die Errichtungen einer Teststrecke oder eines Testzentrums sind ausreichende Entwicklungsflächen und eine den Anforderungen gerecht werdende Eisenbahninfrastruktur. Zudem sollte Ansiedlungsmöglichkeiten für bahnaffine Unternehmen bestehen und gut ausgebildetes Personal verfügbar sein. Vorteilhaft wären entsprechende Bildungseinrichtungen in der Nähe. Weitere relevante Punkte sind die straßenseitige und schienenseitige Erreichbarkeit, eine gute flächendeckende Breitbandversorgung und weitere Versorgungsanschlüsse wie Energie.

⁶³ Vgl. Siemens Mobility GmbH (o.D.)

⁶⁴ Vgl. Olthof, J. (2019)

⁶⁵ Vgl. Wangemann, U. (2020), Beutler, S.; Gerhardt, S.; Michel, F.-U. (2020)

⁶⁶ Zukunftswerkstatt Lausitz: Potenzialstudie Schienenfahrzeugtestzentrum Lausitz

Zur Evaluierung eines neuen Verfahrens oder einer neuen Technik wird eine Testumgebung benötigt, die alle existierenden Bedingungen ermöglichen kann. Dafür werden reale Szenarien im öffentlichen Schienennetz und abgeschottete Bedingungen im Testring gewählt. Um jedoch ausreichend Testkapazitäten anbieten zu können, sollte die Strecke zur freien Verfügung stehen und die Kapazität nicht durch regelmäßigen Personenverkehr zu stark beeinträchtigt sein. Nach Möglichkeit sollten verschiedene Klimazustände existieren und die Strecke bereits primär mit Leit- und Sicherungstechnik ausgestattet sein.⁶⁷

Weitere infrastrukturelle Anforderungen können sich stark je nach dem spezifischen Schwerpunkt der Teststrecke bzw. des Testrings unterscheiden. Diese Anforderungen sind im Vorfeld abzuklären. Dazu sollte auf die Bedürfnisse der Nutzer eingegangen werden.

Betrieblich werden genügend freie Kapazitäten benötigt, vor allem dann, wenn die Teststrecke Teil von öffentlich zugänglichen Strecken ist. Für Zentren mit Forschungsschwerpunkt ist eine neutrale Forschungsumgebung, unabhängig von kommerziellen Interessen, empfehlenswert. Öffentliche Einrichtungen müssen allen Nutzergruppen uneingeschränkt diskriminierungsfrei zur Verfügung stehen.

Zur **rechtlichen** Beurteilung muss die Infrastruktur in Teilbereiche unterteilt werden. Es muss zwischen dem Zu- und Ablauf sowie der internen Infrastruktur unterschieden werden. Zudem muss rechtlich zwischen Fahrten auf dem öffentlichen und privaten Schienennetz sowie der Testung auf Strecken ohne regelmäßigen Verkehr differenziert werden.

Für die Testung auf öffentlichen Strecken kann die rechtliche Betrachtung nach Eisenbahnregulierungsgesetz (ERegG) herangezogen werden. Problematisch ist, dass das ERegG keine Regulierungen zum Thema der Teststrecken enthält. Generell dürfen die Testungen von Fahrzeugen und Infrastrukturkomponenten nur stattfinden, wenn die Betriebssicherheit genehmigt ist.

Die **technischen Anforderungen** werden an den Testbedarf angepasst. Einige Anforderungen sind beispielsweise:

- ▶ Anbindung an das öffentliche Eisenbahnnetz
- ▶ Vorbahnhof mit Abstell- und Vorbereitungsgleisen
- ▶ Testring/e mit unterschiedlichen Parametern
- ▶ Spezialgleise (z.B. Steilstrecke, Überhöhungen, Bogen/Gegenbogen, verschlissenes Gleis, Ablaufberg)
- ▶ Klimakammer, Windkanal u.ä.
- ▶ Umschaltbare Fahrleitung und Energieversorgung
- ▶ Stellwerk und übrige Leit- und Sicherungstechnik (umschalt- bzw. umbaubar)
- ▶ Funktechnik verschiedener Standards

⁶⁷ Vgl. Borkenhagen, J. et. al. (2021), S.8; Deutsche Bahn AG (o.D.)b S.5

- ▶ Allgemeine Werkstätten, auch für Externe
- ▶ Außenflächen mit Rampen, Kran etc. und Gleisen für Ballastfahrzeuge, Schlepp- und Bremslok
- ▶ Verwaltungsgebäude mit Büro-, Labor- und Lagerkapazität auch für externe Firmen
- ▶ Facility Management, Safety und Security

8.3 Werkstätten und Fahrzeuginstandhaltung

Im Rahmen der Dienstleistung der Instandhaltung ist zwischen der Nutzung einer eigenen Werkstatt und der Fremdvergabe der Dienstleistung zu unterscheiden. Meist verfügen die regionalen Betreiber vor Ort über eigene Werkstätten. Zum Stand 2020 bestehen in Deutschland 325 Standorte für Wartungen. Für das Jahr 2017 wurde der Umsatz auf 2,75 Milliarden Euro geschätzt. 140 von 230 Unternehmen, die Instandhaltungsleistungen 2017 durchgeführt haben, verfügen über eigene Werkstätten.⁶⁸

8.3.1 Wettbewerbssituation

Die Werkstattlandschaft im Umkreis von Profen (Luftlinie 100 km) verfügt über 31 Standorte (Stand 2020). In diesem Gebiet befinden sich 18 Standorte für Instandhaltung im Personenverkehr sowie 2 Standorte für die Instandhaltung von Reisewagen des Personenfernverkehrs. Im Fall von Fahrzeugen für den Schienenpersonenverkehr ist anzumerken, dass viele regionale Betreiber vor Ort eigene Werkstätten betreiben oder Wartungsverträge mit den Herstellern abgeschlossen haben, sodass der Bedarf für externe Werkstätten im SPNV als eher gering einzustufen ist.

Aufgrund der großen Flotte an Güterwagen sind in dieser Sparte besonders hohe Potenziale der Instandhaltung vorhanden. Die Wagen verkehren über lange Zeiträume und weite Strecken, sodass die Flotte entsprechend hohen Bedarf an Instandhaltung aufweist. Diese kann in der eigenen Werkstatt oder durch Vertragsvergabe an Dritte stattfinden.

Der Großteil der Instandhaltung wird jedoch in betriebsinternen Werkstätten durchgeführt. Dies sind z.B. Werkstätten der Deutschen Bahn oder der großen Wagenvermietergesellschaften. Dennoch ist aufgrund der größeren Flottengröße und des vielfältigen Marktes ein gewisses Potenzial in der Instandhaltung von Güterwagen gegeben.

8.3.2 Zukünftige Herausforderungen

Eine Untersuchung der Bundesnetzagentur zeigt, dass der Bedarf an Werkstattkapazitäten langfristig zunehmen wird. Aus heutiger Sicht bewerten nur fünf Prozent der Nachfrager Überkapazitäten. Langfristig bewerten die befragten Anbieter und Nachfrager zu

⁶⁸ Vgl. Bundesnetzagentur für Elektrizität, Gas, Telekommunikation, Post und Eisenbahnen (2020), S. 11

46 bis 67 Prozent Unterkapazitäten (vgl. Abbildung 8-1). Insgesamt werde eine Auslastung der Werkstätten von 70 Prozent erreicht. Eine nahezu vollständige Auslastung (90 bis 100 Prozent) traf für 36 Prozent der Standorte zu. Dahingegen erzielten 51 Prozent der Standorte eine geringe Auslastung (0 bis 50 Prozent).⁶⁹

Bewertung der Marktkapazitäten

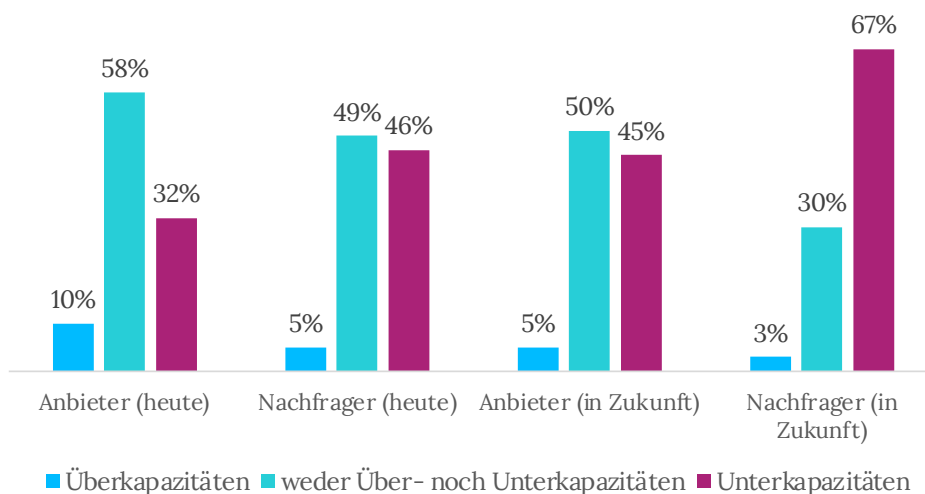


Abbildung 8-1: Bewertung der Marktkapazitäten der Instandhaltung von Güterwagen

Quelle: Bundesnetzagentur für Elektrizität, Gas, Telekommunikation, Post und Eisenbahnen (2020), S. 216

Herausforderungen der neuen Wartungsanlagen

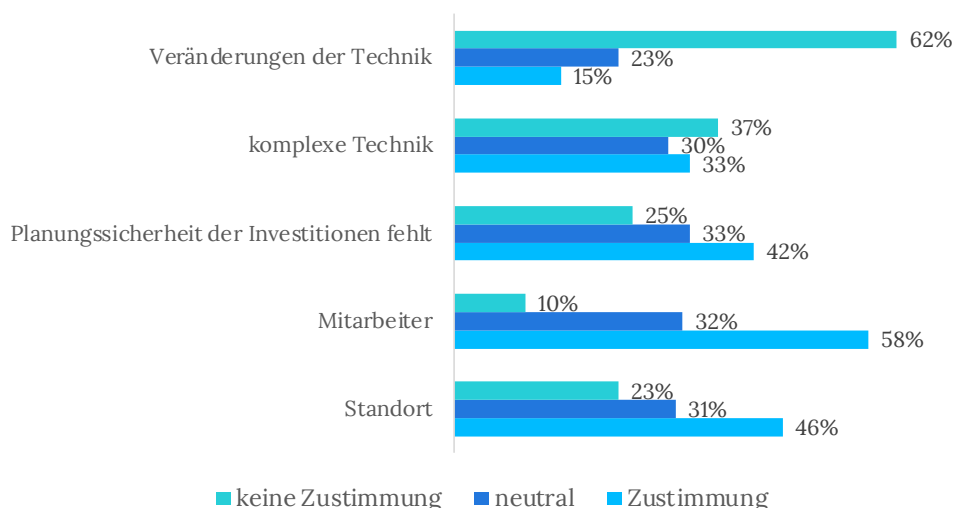


Abbildung 8-2: Herausforderungen für neue Wartungseinrichtungen von Güterwagen

Quelle: Bundesnetzagentur für Elektrizität, Gas, Telekommunikation, Post und Eisenbahnen (2020), S. 217

⁶⁹ Vgl. Bundesnetzagentur für Elektrizität, Gas, Telekommunikation, Post und Eisenbahnen (2020), S. 216

Neben den Kapazitäten und der Auslastung der vorhandenen Werkstätten wurden von der Bundesnetzagentur auch die Einstiegshürden für die Errichtung von neuen Anlagen untersucht. Als größte Hindernisse werden dabei die Suche nach einem geeigneten Standort und das Finden von qualifizierten Mitarbeitern gesehen (vgl. Abbildung 8-2).

Eine Werkstatt sei nach Angabe der Befragten ab 500 Waggons wirtschaftlich zu betreiben. Eine vollständige Abrechnung der Investitionskosten würde ab achtzehn Jahren erfolgen. Zudem werden durchschnittlich Investitionen von sechs Millionen Euro benötigt und Betriebskosten von 800.000 € im Jahr generiert. Dadurch ergeben sich nach Ansicht der Bundesnetzagentur weitere Hürden, um dem Markt der Güterwageninstandhaltung beizutreten.⁷⁰

8.3.3 Personalsituation am Standort Profen

Eine Befragung der Bundesnetzagentur hat ergeben, dass die größten Probleme im Zusammenhang mit dem Bau und den Betrieb von Wartungseinrichtung die Standortfindung und die Akquisition von geeigneten Fachpersonal darstellen (siehe auch Kapitel 8.3.2). Die Mitarbeiter der MIBRAG sind sehr gut technisch ausgebildet und könnten durch eine zielgerichtete Weiterbildung in der Werkstatt eingesetzt werden. Mit Stand 2018 waren bei der MIBRAG 55 Servicetechniker, 44 Mechatroniker und 246 Betriebstechniker beschäftigt.⁷¹ Mit Blick auf andere größere Werkstätten der DB Cargo oder privaten Betreiber werden bis zu 200 Personale benötigt.⁷² Die Personale stehen bei der MIBRAG generell zur Verfügung, was einen großen Vorteil darstellt.

8.3.4 ECM-Zertifizierung

ECM steht für „Entity in Charge of Maintenance“ zu Deutsch die für die Instandhaltung zuständige Stelle. Ziel der Zertifizierung ist es die Qualität und Sicherheit der Instandhaltung für Schienenfahrzeuge weiterhin sicherzustellen. Durch die Verordnung VO EU 445/2011 wurden insgesamt 160 Schritte der Bearbeitung von Güterwagen definiert. Ab Juni 2022 gilt eine Pflicht der Zertifizierung für alle Schienenfahrzeuge in Europa.⁷³ Bisher gilt die 2019 eingeführte EU-Durchführungsverordnung 2019/779. Diese umfasst alle Fahrzeuge, die „auf dem übergeordneten Netz verkehren“.

Als registriertes ECM Unternehmen, müssen alle Fahrzeuge definiert in § 2b AEG entsprechend zertifiziert sein. Die Zertifizierung muss für Unternehmen erfüllt sein, wenn Instandhaltungsarbeiten an Güterzügen oder in externen Unternehmen, nicht der Eisenbahn- und Infrastrukturbranche, Instandhaltung als Auftragsleistung für Kunden erfolgt.⁷⁴

Die dadurch möglichen entstehenden Mehrkosten wurden 2013 in einem Railistics Projekt ermittelt. Entsprechend ist anzunehmen, dass die Kosten steigen werden, wenn alle

⁷⁰ Vgl. Bundesnetzagentur für Elektrizität, Gas, Telekommunikation, Post und Eisenbahnen (2020), S. 217

⁷¹ Vgl. Fritzsche, B. et. al. (2019), S.10

⁷² Analyse Railistics

⁷³ Vgl. Deutsche Bahn AG (2018)

⁷⁴ Vgl. Eisenbahn-Bundesamt (o.D.)

Schienenfahrzeuge der Zertifizierungspflicht unterliegen werden. Es werden jährliche Kosten für Inhaber der Güterwagen von 3.750 Euro bis 8.500 Euro angenommen. Für Werkstätten wird ein zusätzlicher Mitarbeiter benötigt werden, der Personalkosten von etwa 45.000 Euro verursacht. Die jährlichen Zusatzkosten betragen rund 50.000 Euro, vgl. Tabelle 8-1.

Tabelle 8-1: Beispielrechnung der ECM Mehrkosten

Jährliche Begutachtung	2.500 bis 6.000 Euro
Erneuerung des Zertifikates nach Ablauf	1.250 bis 2.500 Euro
Zusätzliche Mitarbeiter	45.000 Euro
Zusatzkosten pro Jahr	48.700 bis 53.500

Quelle: Interne Informationen von Railistics

8.4 Empfehlungen und Potenziale für den Standort Profen

Wie bereits in den obigen Erläuterungen beschrieben ist der Standort Profen schienen- und straßenseitig gut angebunden. Es bestehen regelmäßige Verbindungen mit der RE 12 und der RB 22.

Generell besteht am Standort Profen die Möglichkeit durch Investitionsmaßnahmen an der Infrastruktur Testringe mit bis zu einer Länge von 28 Kilometer zu realisieren. Neben den infrastrukturellen und technischen Rahmenbedingungen am Standort ist ein wesentlicher Punkt für den Erfolg eines Testzentrums die Frage nach den Potenzialen und den Bedarfen. Aufgrund der Nähe zum Schienentestzentrum in Niesky und der damit verbundenen Aktivitäten kann gegenwärtig kein Potenzial für ein Testzentrum ermittelt werden. Sollte sich allerdings in den nächsten Jahren ein großer Schienenfahrzeughersteller in Profen oder in der Region ansiedeln, könnte ein Testzentrum für Schienenfahrzeuge auch aus wirtschaftlicher Sicht rentabel sein. Generell wird empfohlen die Flächen vorzuhalten und diese mit Blick auf die zukünftigen Möglichkeiten, insbesondere vor dem Hintergrund der politischen Ziele zur Verkehrsverlagerung, nicht zu verbauen. Zudem wird eine erste Kontaktaufnahme mit dem Deutschen Zentrum für Schienenfahrzeugforschung empfohlen.

Neben der Möglichkeit zur Errichtung eines Testzentrums für Schienenfahrzeuge bestehen große Potenziale zur Errichtung eines Werksattstandortes für die leichte und schwere Instandhaltung von Güterwagen und Schienenfahrzeugen des SPNV. Die größten Potenziale für den Werksattstandort Profen werden in den Bereichen neuartige Antriebe, automatische Kupplung, Digitalisierung sowie generell in der Instandhaltung von Güterwagen gesehen. Wie aus der Studie der Bundesnetzagentur hervorgeht bestehen dort aus Marktsicht Unterkapazitäten.

Im Bereich des Schienenpersonenverkehrs verfügen viele Unternehmen über eigene regionale Werkstätten. Vor 2030 werden wahrscheinlich nur wenige neuartigen Fahrzeuge in der direkten Umgebung eingesetzt werden, somit könnten erst in Zukunft Potenziale entstehen. Zudem ist noch unklar, ob die Hersteller erneut die Leistung in eigenen Werkstätten durchführen oder feste Partnerschaften bilden werden. Mit Blick auf die aktiven

Ausschreibungen im SPNV kann gegenwärtig keine Ableitungen über den Einsatz von innovativen Fahrzeugen getroffen werden.

Empfehlenswert ist der Fokus auf die ECM Zertifizierung und der automatischen Kuppelung. Ab Juni 2022 müssen alle Werkstätten und Fahrzeuge zertifiziert sein. Für einen Güterwagen könnten Mehrkosten von 3.750 Euro bis 8.500 Euro entstehen. Europaweit besteht aktuell eine Flotte von rund 450.000 Güterwagen und 17.000 Lokomotiven. Folglich bestehen hohe Markt- und Umsatzpotenziale in dieser Sparte.

Der Umbau auf eine automatische Kopplung ist für die Branche ebenfalls von hoher Relevanz. Der Wegfall des manuellen Kuppelvorgangs, führt zu einer Effizienzsteigerung und einer Erhöhung der Arbeitssicherheit. Es wird eine europaweite Umrüstung bis 2030 angestrebt. In diesem Markt ist bisher nur die DB aktiv. Diese möchte nach der Testphase ab 2023 damit beginnen, die rund 60.000 Wagen umbauen.⁷⁵

Generell sollte der Fokus auf der Instandhaltung von Güterwagen liegen. Durch die zusätzlichen Dienstleistungen wie die Reinigung von Kesselwagen kann der Standort zu einem USP in der Region werden und sich von Konkurrenzstandorten abgrenzen. Die Flächen und das Personal stehen zur Verfügung.

⁷⁵ Vgl. Süddeutsche Zeitung (2020)

9 Gesamthafte Betrachtung & Fazit

9.1 Weitergehende Schritte

Die im Rahmen dieser Studie durchgeführten Untersuchungen sind jeweils nur als Voruntersuchung zu verstehen. Insbesondere für die Vorhaben, die das Potenzial haben nach dem Gemeindeverkehrsfinanzierungsgesetz gefördert zu werden, ist der Detaillierungsgrad der hier vorliegenden Untersuchungen nur bedingt ausreichend. Neben der Durchführung einer detaillierten Ingenieurplanung auf Basis einer Entwurfsplanung wird die Verwendung eines überregionalen Verkehrsmodells empfohlen. Im Rahmen der Mobilitätsstudie wird gegenwärtig ein Verkehrsmodell für die Region erarbeitet, das für eine tiefergehende Untersuchung der Nachfragepotenziale als Grundlage dienen kann.

Um das Potenzial der betrachteten Vorhaben näher zu beziffern und die Schieneninfrastruktur in der Innovationsregion Mitteldeutschland in den Strukturwandel erfolgreich zu integrieren, werden weiterführende Schritte vorgeschlagen.

9.1.1 Strecke Zeitz – Altenburg

Nach gegenwärtigem Kenntnisstand besteht für die Strecke Zeitz-Altenburg kein Reaktivierungspotenzial im Schienenpersonenverkehr. Zu berücksichtigen ist, dass die Bewertung auf Grundlage der Verfahrensanleitung aus dem Jahr 2016 und den entsprechenden Kennwerten vorgenommen wurde. In diesem Jahr soll eine neue Verfahrensanleitung veröffentlicht werden.

Inwiefern sich das Ergebnis der hier vorliegenden vereinfachten standardisierten Bewertung nach Novellierung der Verfahrensanleitung ändert, lässt sich derzeit nicht abschätzen. Die Veröffentlichung der novellierten Standardisierten Bewertung sollte abgewartet werden. Im Anschluss daran könnte grob geprüft werden, welche Veränderungen sich hieraus beim Nutzen und bei den Kosten ergeben. Nach derzeitigem Kenntnisstand können allerdings keine weiterführenden Schritte für eine Reaktivierung im SPNV empfohlen werden.

Für die möglichen Maßnahmen im Güterverkehr wird empfohlen, die zukünftige Elektrifizierung der Strecke Gera – Leipzig zu berücksichtigen und ggf. eine Elektrifizierung bis in den Chemie- und Industriepark Zeitz zu prüfen. Hierdurch sind weitere positive Effekte für den Güterverkehr zu erwarten. Zusätzlich sollten zunächst klärende Gespräche mit den aktuellen Eigentümern und Nutzern der Infrastruktur zu führen, um mögliche Nutzungskonflikte zu lösen. Beteiligte sollten der Chemie- und Industriepark Zeitz, die Deutsche Regionaleisenbahn, DB Netz AG und die Firma Villmann sein. Diese Gespräche wären auch für eine Reaktivierung im SPNV notwendig, denn diese könnte nur dann realisiert werden, wenn der rechtliche Status der Strecke vereinheitlicht wird, wofür die Zustimmung der aktuellen Eigentümer und Nutzer gegeben sein müsste.

9.1.2 Baugrunduntersuchung für Abschnitt Großdeuben – Zwenkau

Für einen möglichen Streckenneubau als Verlängerung der S-Bahn bis Zwenkau (Mitte) wurde in der hier vorliegenden Voruntersuchung ein $NKV > 1$ bestimmt. Mit einem Wert von 1,05 ist jedoch keine definitive Aussage möglich, ob das NKV nach einer vollständigen standardisierten Bewertung inklusive detaillierter Ingenieurplanung weiterhin größer als 1 bleibt.

Auch bei der S-Bahnverlängerung liegen, wie bei der Strecke Zeitz – Altenburg, die größten Unsicherheiten im Bereich der Investitionskostenschätzung. Der größte Unsicherheitsfaktor ist durch die ungeklärten Baugrundverhältnisse im Bereich zwischen Großdeuben und dem Flugplatz Böhlen zu erwarten. Die Standfestigkeit des Bodens kann die Kosten möglicherweise stark in die Höhe treiben, sodass das NKV unter 1 fällt.

Als nächster Schritt wird für dieses Vorhaben folglich eine Baugrunduntersuchung empfohlen. Dadurch kann der größte Unsicherheitsfaktor direkt zu Beginn geklärt werden. In der Baugrunduntersuchung ist zu prüfen, ob Pfahlgründungen oder andere Maßnahmen zur Bodenverbesserung für den Bau der S-Bahnverlängerung notwendig werden und falls ja, welche Kosten dadurch zu erwarten sind. Im Rahmen der bisher erfolgten Kostenschätzung wurde angenommen, dass eine Pfahlgründung notwendig ist. Diese wurde mit Kosten von etwa 7,5 Mio. € beziffert. Sollte die tatsächliche Investition deutlich über diesen geschätzten Kosten liegen, ist es sehr unwahrscheinlich, dass ein $NKV > 1$ für dieses Vorhaben zu erreichen ist.

Eine abschließende Bewertung, ob das Vorhaben weiterverfolgt werden sollte oder nicht, sollte nach der Baugrunduntersuchung erfolgen. Weiterhin ist auch hier auf die überarbeitete Verfahrensanleitung zur standardisierten Bewertung zu warten, da sich dadurch auch Änderungen an den Nutzen ergeben können. Auch hier ist, analog zu AP 1, die Finanzierung der möglichen zukünftigen Betriebskosten zu berücksichtigen.

9.2 Zusammenhänge zwischen den Arbeitspaketen

Als Ergebnis der Untersuchungen konnten Schnittstellen zwischen den verschiedenen Arbeitspaketen ermittelt werden, aus denen sich Synergieeffekte ergeben können.

9.2.1 Synergien im Bereich der Güterwagen

Im Chemie- und Industriepark Zeitz sind Unternehmen aus der chemischen Industrie angesiedelt, die auch partiell die Eisenbahn für Ihre Transporte nutzen. Auf dem Areal bestehen noch Entwicklungsflächen für die Ansiedelung von weiteren Unternehmen. Generell nutzen Unternehmen aus der chemischen Industrie u.a. den Kesselwagen für den Warentransport. Sofern am Standort Profen eine Werkstatt errichtet werden würde, könnten die Kesselwagen dort instandgehalten, je nach Angebot, auch gereinigt werden. Die schienenseitige Distanz zwischen Zeitz und Profen ist für die Zuführung zur Reinigung durchaus marktüblich. Zusätzlich reduzieren sich die Standzeiten der Wagen, wenn Instandhaltung und Reinigung gemeinsam an einem Standort erfolgen können. Zudem ist

am Standort Altenburg mit der Waggonbau Altenburg GmbH ein direkter Güterwagenhersteller angesiedelt. Auch hier könnten sich Synergien ergeben, zum Beispiel durch die gemeinsame Nutzung gewisser technischer Anlagen.

Auch die Industrie- und Gewerbegebiete in Espenhain und Thierbach könnten durch die Nähe zu einer Wartungs- und Instandhaltungseinrichtung in Profen profitieren. Für die Zuführung von Güterwagen zur Werkstatt könnte die Strecke Zeitz – Altenburg genutzt werden. Die Relation über Böhlen nach Profen ist jedoch weniger attraktiv, da der operative Aufwand durch notwendige Fahrtrichtungswechsel und die längere Strecke deutlich höher ist als die Relation von Zeitz nach Profen.

9.2.2 Synergien im Bereich der alternativen Antriebe

Im Kontext zu möglichen Potenzialen für den Einsatz von alternativen Antrieben im Busverkehr wird die Erarbeitung eines Gesamtkonzeptes für die Region empfohlen. Für eine Relation allein ist der Einsatz von alternativen Antrieben wirtschaftlich kaum darstellbar. Es wird daher empfohlen, ein möglichst großes Untersuchungsgebiet abzudecken. Das könnte beispielsweise das gesamte Gebiet eines Aufgabenträgers sein. Idealerweise sollte jedoch über die Grenzen eines Aufgabenträgers hinweg die gesamte Innovationsregion Mitteldeutschland betrachtet werden.

Bei der Erarbeitung eines solchen Konzeptes sollte der Schwerpunkt auf dem Einsatz von Batteriebussen und Bussen mit Wasserstoffantrieb gelegt werden. Hierbei könnten möglicherweise weitere Synergien gefunden werden. Es wäre beispielsweise zu prüfen, ob und wenn ja wie viel Wasserstoff durch den Chemie- und Industriepark Zeitz zur Verfügung gestellt werden kann. Der regionale Bezug von Wasserstoff würde sich vermutlich positiv auf die Wirtschaftlichkeit auswirken.

9.2.3 Weitere Kooperationen innerhalb der Innovationsregion

Eine weitere Möglichkeit zur Kooperation hat sich durch die Untersuchung des autonomen Fahrens auf der Kohlebahn ergeben. Hier konnte eine Verbindung zu einem anderen Projekt im Bereich des mitteldeutschen Reviers hergestellt werden; der A-Tram Halle. Im Rahmen dieses Forschungsprojektes werden zahlreiche Tests von verschiedenen Sensoren und Techniken notwendig sein. Die Kohlebahn kann möglicherweise hierfür Infrastruktur zum Testen bereitstellen, sodass die Tests ohne Beeinträchtigung des Personenverkehrs in Halle durchgeführt werden können. Durch den Erfahrungsaustausch können sich ggf. auch weitere Möglichkeiten für die Beteiligten ergeben.

9.3 Fazit und Ausblick

Auch wenn nach Stand der vorliegenden Voruntersuchung keine klare Empfehlung für die Reaktivierung bzw. den Neubau der betrachteten Schieneninfrastruktur im Dreiländereck ausgesprochen werden kann, so konnten in dieser Studie dennoch große Potenziale aufgezeigt werden. Vor dem Hintergrund des Strukturwandels im Dreiländereck und der deutschlandweiten Zielsetzung, eine Verkehrswende hin zu mehr öffentlichem und um-

weltfreundlichem Verkehr zu erreichen, wird die Bedeutung der betrachteten Infrastrukturen weiter zunehmen. Die Streckenreaktivierung im SPNV auf der Strecke Zeitz – Altenburg und der Neubau einer S-Bahnverlängerung bis nach Zwenkau bzw. Groitzsch zeigten allesamt einen deutlichen $NKV > 1$ bei Betrachtung des Szenarios „Verkehrswende“.

Auch wenn nach heutigem Stand die politischen und planerischen Prozesse die Zielsetzung der Verkehrswende noch nicht ausreichend abbilden, sollten alle Beteiligten Akteure unter den aktuellen Rahmenbedingungen die Weichen in Richtung des politischen Zielbilds stellen. Die aufgezeigten Potenziale und weiteren Schritte tragen dazu bei, den Strukturwandel aktiv zu gestalten.

Der Standort Profen zeigt besonders eindrücklich, wie die aktive Gestaltung des Strukturwandels gelingen könnte. Ohne aktives Eingreifen und Gestalten würden über 400 attraktive Arbeitsplätze in der Region ersatzlos wegfallen, ein gewisser Attraktivitätsverlust ist bereits heute zu verzeichnen. Durch frühzeitiges, aktives Eingreifen und Engagement besteht die Möglichkeit Arbeitsplätze zu sichern oder gar auszubauen, indem eine sinnvolle Anschlussnutzung an die Bergbautätigkeit gesucht wird.

Selbst in den Bereichen, in denen ein Schienenpersonenverkehr selbst unter verbesserten Rahmenbedingungen unwahrscheinlich erscheint, wie auf der Kohlebahn und zwischen Böhlen und Espenhain bzw. Thierbach, kann der Strukturwandel durch andere Maßnahmen vorangetrieben werden. Verbesserte Verknüpfungen zu bestehenden SPNV-Angeboten können zu einer Attraktivitätssteigerung und dem angestrebten Modal Shift beitragen.

Abschließend bleibt zu erwähnen, dass die Verkehrswende und eine Verkehrsverlagerung hin zum öffentlichen Verkehr nur dann gelingen kann, wenn entsprechende Investitionen getätigt werden. Der ländliche Raum und die Nebenstrecken wurden lange Zeit politisch und finanziell vernachlässigt, sodass die Nachfrage mit dem mangelhaften Angebot entsprechend gesunken ist. Um eine echte Attraktivitätssteigerung des SPNV im ländlichen Raum zu erreichen, ist die Schaffung eines adäquaten Angebots Voraussetzung, um die Nachfrage zu stimulieren. Die Verkehrswende wird nicht ohne entsprechende Investitionen zu schaffen sein und es liegt an allen Beteiligten in der Innovationsregion Mitteldeutschland an einem Strang zu ziehen und den Grundstein für die Verkehrswende in der Region zu legen.

Literaturverzeichnis

Autoritatea Feroviară Română (AFER) (o.D.)	Faurei Testing Center, http://www.afer.ro/ctff/ctff-en.html (Zugriff: 12.08.2021)
Bayrisches Staatsministerium für Wohnen, Bau und Verkehr (2018)	Leitfaden für die Entwicklung von Seilbahnen an urbanen Standorten, Bayerisches Staatsministerium für Wohnen, Bau und Verkehr (Hrsg.), 1 Auflage, München: Eigendruck. https://www.stmb.bayern.de/assets/stmi/med/aktuell/leitfaden_urbane_seilbahnen_in_bayern.pdf (Zugriff: 04.06.2021)
Bergt, U. (2014)	Bombardier-Züge in Hennigsdorf im Test, https://www.maz-online.de/Lokales/Oberhavel/Bombardier-Zuege-fuer-die-Schweiz-in-Hennigsdorf-im-Test (Zugriff: 16.08.2021)
Bergt, U. (2014)	Bombardier-Züge in Hennigsdorf im Test, https://www.maz-online.de/Lokales/Oberhavel/Bombardier-Zuege-fuer-die-Schweiz-in-Hennigsdorf-im-Test (Zugriff: 16.08.2021)
Berkner, A. (2004)	Der Braunkohlenbergbau im Südraum Leipzig, Bergbau in Sachsen, Band 11, Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie (LfUG) (Hrsg.), Dresden. http://www.unbekannter-bergbau.de/inhalte/2004_Bergbau-in-Sachsen-Band-11-BraunkohleLeipzigSued.pdf (Zugriff: 13.08.2021)
Beutler, S.; Gerhardt, S.; Michel, F.-U. (2020)	Niesky bekommt Zuschlag für Eisenbahn-Teststrecke, https://www.saechsische.de/plus/bericht-bahn-plant-testzentrum-bei-niesky-5212869.html (Zugriff: 13.08.2021)
Borkenhagen, J.; Bücken, T.; Bücken, K.; De Doncker, W.; Havemann, M.; Kramer, U.; Naumann, K.; Nießen, N.; Öller, T.; Sauer, D.; Stoll, F. (2021)	Untersuchung der Möglichkeiten und Anforderungen an ein offenes digitales Testfeld für den Schienenverkehr, Deutsches Zentrum für Schienenverkehrsforschung beim Eisenbahn-Bundesamt (Hrsg.), in: Berichte des Deutschen Zentrums für Schienenverkehrsforschung, Nr. 13, https://www.dzsf.bund.de/SharedDocs/Downloads/DZSF/Veroeffentlichungen/Forschungsberichte/2021/ForBe_13_2021_Kurzbericht.pdf?__blob=publicationFile&v=4 (Zugriff: 09.08.2021)
Bundesanzeiger (2019)	Bekanntmachung Förderrichtlinie „Ein zukunftsfähiges, nachhaltiges Mobilitätssystem durch automatisiertes Fahren und Vernetzung“, Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz (Hrsg.), https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Anlage/DG/foerder-richtlinie-zukunftsfahiges-nachhaltiges-mobilitaetssystem-durchavf.pdf?__blob=publicationFile (Zugriff: 06.10.2021)

Bundesanzeiger (2021)	Bekanntmachung - Dritter Aufruf zur Antragseinreichung gemäß der Förderrichtlinie „Ein zukunftsfähiges, nachhaltiges Mobilitätssystem durch automatisiertes Fahren und Vernetzung“, Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz (Hrsg.), https://www.bav.bund.de/Shared-Docs/Downloads/DE/AVF/Foerderaufruf.pdf?__blob=publication-File&v=6 (Zugriff: 06.10.2021)
Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz (2013)	Gesetz zur Förderung der Schienenwege der öffentlichen nicht bundeseigenen Eisenbahnen für den Schienengüterfernverkehr (Schienengüterfernverkehrsnetzförderungsgesetz - SGFFG), https://www.gesetze-im-internet.de/sgffg/BJNR311510013.html (Zugriff: 16.08.2021)
Bundesministerium für Justiz und Verbraucherschutz (2020)	Personenbeförderungsgesetz (PBefG), https://www.gesetze-im-internet.de/pbefg/BJNR002410961.html (Zugriff: 11.08.2021)
Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (2018)	Richtlinien zur Förderung der Anschaffung von Elektrobussen im öffentlichen Personennahverkehr, Berlin. https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Verkehr/elektrobuse_foerderrichtlinie_bf.pdf (Zugriff: 11.08.2021)
Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (Hrsg.) (2021)b	BMVI fördert drei Projekte für klimafreundliche Lkw-Antriebe, https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Pressemitteilungen/2021/010-scheuer-alternative-antriebe-nullemissionslogistik.html (Zugriff: 11.08.2021)
Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) (Hrsg.) (2021)a	Leitfaden für Busse mit alternativen Antrieben, Berlin. https://www.now-gmbh.de/wp-content/uploads/2021/03/Leitfaden-fuer-Busse-mit-alternativen-Antrieben_NOW.pdf (Zugriff: 11.08.2021)
Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI)(2020)	Netzgrafik 3. Entwurf Südost, https://assets.ctfassets.net/scbs508bajse/2Uat-lyDN3OCZWcmTXT84Or/d30b15aea4d075ee3245cd967ab9fd7d/Netzgrafik_3_Entwurf_Suedost.pdf (Zugriff: 29.06.2021)
Bundesnetzagentur (2021)	Standorte von Wartungseinrichtungen für Eisenbahnfahrzeuge, Stand: 28.01.2021, https://view.officeapps.live.com/op/view.aspx?src=https%3A%2F%2Fwww.bundesnetzagentur.de%2FSharedDocs%2FDownloads%2FDE%2FSachgebiete%2FEisenbahn%2FUnternehmen_Institutionen%2FMarktbe

	obach-tung%2FWartungseinrichtungen%2FWerkstatt-liste.xlsx%3F__blob%3DpublicationFile%26v%3D7&wdOrigin=BROWSELINK (Zugriff: 11.08.2021)
Bundesnetzagentur für Elektrizität, Gas, Telekommunikation, Post und Eisenbahnen (2020)	Bericht zu den Märkten für Wartungseinrichtungen für Eisenbahnen, Endgültiger Bericht, Bonn. https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Downloads/DE/Sachgebiete/Eisenbahn/Unternehmen_Institutionen/Marktbeobachtung/Endg%C3%BCltigerBerichtWartunseinr.pdf?__blob=publicationFile&v=1 (Zugriff: 04.10.2021)
CEF (o.D.)	Wer sind wir?, http://www.c-e-f.fr/en/who-are-we (10.08.2021)
CEF (o.D.)	Unsere Aktivitäten, http://www.c-e-f.fr/en/our-activities/general (10.08.2021)
Daimler AG (o.D.)	Mercedes Benz Future Bus, https://www.daimler.com/dokumente/innovation/sonstiges/mercedes-benz-future-bus-city-pilot-de.pdf (Zugriff: 06.10.2021)
Deutsche Bahn AG (2018)	ECM-Zertifizierungspflicht ab Juni 2022 für alle Schienenfahrzeuge, https://www.db-systemtechnik.de/dbst-de/news/meldungen/meldung_ecm_neue_eu-verordnung-1675018 (Zugriff: 22.10.2021)
Deutsche Bahn AG (o.D.)b	Das Digitale Testfeld der Deutschen Bahn, Das Reallabor für Forschung, Entwicklung und Erprobung von Innovationen im System Bahn, https://www.railways.tu-berlin.de/fileadmin/fg98/papers/2019/Pr%C3%A4sentation_Digitales_Testfeld.pdf (Zugriff: 19.08.2021)
Deutsche Bahn AG (o.D.)a	Prüfeinrichtungen, https://www.db-systemtechnik.de/dbst-de/kompetenzen/testcenter/pruefeinrichtungen-1673302 (Zugriff: 16.08.2021)
DieSachsen (2021)	Studie empfiehlt künftig Batterie-Züge für VVO-Bahnstrecken, https://www.diesachsen.de/wirtschaft/studie-empfoehlt-kuenftig-batterie-zuege-fuer-vvo-bahnstrecken-2873305 (Zugriff: 16.11.2021)
Dieter Hanke Verlag (o.D.)	Automatisiert durch die Altstadt - Easymile EZ 10 im Linienbetrieb, In: Omnibusspiegel, Jahrgang 2021, Nr. 1, https://www.bahnen-monheim.de/fileadmin/user_upload/PDF/2021/Monheim_Easymile_EZ_10_-Teaser.pdf (Zugriff: 06.10.2021)
DVV Media Group GmbH (2019)	Advanced TrainLab @ Living Lab – offene Forschungsplattform aus Zug und Strecke geht an den Start, in: RailBusiness, Nr. 1, S. 5, https://www.eurailpress.de/fileadmin/Vertrieb/PDF/9229_rbs_musterausgaben.pdf (Zugriff: 12.08.2021)

EasyMile SAS (o.D.)	EZ10 passenger shuttle, https://easymile.com/vehicle-solutions/ez10-passenger-shuttle (Zugriff: 06.10.2021)
Eisenbahn-Bundesamt (o.D.)	Instandhaltung von Eisenbahnfahrzeugen, https://www.eba.bund.de/DE/Themen/Fahrzeuge/Instandhaltung/instandhaltung_node.html#doc1527940bodyText1 (Zugriff: 22.10.2021)
EVN Redaktionsdienst (2019)	DB Living Lab – In Sachsen wird an der digitalen Zukunft der Eisenbahn gearbeitet, https://bahnblog-stelle.net/2019/09/15/db-living-lab-in-sachsen-wird-an-der-digitalen-zukunft-der-eisenbahn-gearbeitet/ (Zugriff: 12.08.2021)
EVN Redaktionsdienst (2019)	DB Living Lab – In Sachsen wird an der digitalen Zukunft der Eisenbahn gearbeitet, https://bahnblog-stelle.net/2019/09/15/db-living-lab-in-sachsen-wird-an-der-digitalen-zukunft-der-eisenbahn-gearbeitet/ (Zugriff: 12.08.2021)
FKFS Forschungsinstitut für Kraftfahrwesen und Fahrzeugmotoren Stuttgart (o.D.)	RABus – Reallabor für den Automatisierten Busbetrieb im ÖPNV in der Stadt und auf dem Land, https://www.projekt-rabus.de/ (Zugriff: 06.10.2021)
Fritzsche, B.; Kropp, P.; Sujata, U.; Weyh, A. (2019)	Kurzstudie zur Beschäftigungsstruktur im Mitteldeutschen Revier, Institut für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung der Bundesagentur für Arbeit (Hrsg.), in: IAB-Regional IAB Sachsen, Nr. 1, Nürnberg. http://doku.iab.de/regional/S/2019/regional_s_0119.pdf (Zugriff: 18.08.2021)
Heckers, M. (2012)	Siemens baut Prüfcenter aus, https://rp-online.de/nrw/staedte/kreis-heinsberg/siemens-baut-pruefcenter-aus_aid-14212183 (Zugriff: 21.09.2021)
Heimat- und Museumsverein Zwenkau und Umgebung e.V. (o.D.)	Der Tagebau Böhlen/Zwenkau, ein Teil der Heimatgeschichte, http://s521851321.online.de//index.php?page=page/page.php?page=blickpunkte_braunkohle Tagebau (Zugriff: 13.08.2021)
Herbach, J. (2021)	Böhlen (b Leipzig) – Espenhain, https://www.sachsen-schiene.net/bahn/str/str081.htm (Zugriff: 05.08.2021)
Höhne, S. (2021)	Weg frei für die S-Bahn: Zeitz und Merseburg sollen besser an Leipzig angebunden werden, in: Mitteldeutsche Zeitung, https://www.mz.de/mitteldeutschland/sachsen-anhalt/weg-frei-fur-die-s-bahn-zeit-und-merseburg-sollen-besser-an-leipzig-angebunden-werden-3182035?reduced=true (Zugriff: 17.08.2021)

Holz, Valentin (2018)	Individuelle Lade-Lösungen für jede Anforderung - Depot- und Flash-Laden: Intelligente Elektrobus-Ladesysteme, https://www.all-electronics.de/automotive-transportation/flash-laden-elektrobusse.html (Zugriff: 11.08.2021)
Industrieanlagen-Betriebsgesellschaft mbH (2021)a	IABG realisiert neues Kompetenzzentrum Bahntechnik am Standort Dresden, https://www.iabg.de/news-termine/details/iabg-realisiert-neues-kompetenzzentrum-bahntechnik-am-standort-dresden (Zugriff: 16.08.2021)
Industrieanlagen-Betriebsgesellschaft mbH (2021)b	Kompetenzzentrum Bahntechnik geht in Betrieb, https://www.iabg.de/news-termine/details/kompetenzzentrum-bahntechnik-geht-in-betrieb (Zugriff: 16.08.2021)
Instytut Kolejnictwa (o.D.)	Units, http://www.ikolej.pl/en/ (Zugriff: 10.08.2021)
Intraplan Consult GmbH (2016)	Standardisierte Bewertung von Verkehrsweeginvestitionen im schienengebundenen öffentlichen Personennahverkehr
Kremer, Frieder (2015)	Innovation Seilbahn - Potenziale für den urbanen Personennahverkehr und Positionen der beteiligten Akteure, Technische Universität Berlin, Fakultät VI: Planen, Bauen, Umwelt Institut für Stadt- und Regionalplanung (Hrsg.), Berlin: Universitätsverlag der TU Berlin. https://dnb.info/107268411X/34 (Zugriff: 01.06.2021)
LMBV (2016)	Werkbahnen im mitteldeutschen Braunkohlenbergbau
Mitteldeutscher Verkehrsverbund (2019)	Aktivierung der Kohlebahn Meuselwitz- Regis Breitingen im SPNV
Mitteldeutscher Verkehrsverbund GmbH (Hrsg.) (2019)	Liniennetz Landkreis Leipzig, https://www.mdv.de/site/uploads/lnp_1k-leipzig.pdf (Zugriff: 27.07.2021)
Mitteldeutscher Verkehrsverbund GmbH (MDV) (2020)	Liniennetz im Mitteldeutschen Verkehrsverbund, https://www.mdv.de/site/uploads/lnp_plusbus.pdf (Zugriff: 17.08.2021)
Mitteldeutscher Verkehrsverbund GmbH (MDV) (2021)	Pilotprojekt FLASH – Fahrerloses automatisiertes Shuttle im Landkreis Niedersachsen, https://www.mdv.de/projekte/nord-sachsen-bewegt/flash/ (Zugriff: 06.10.2021)
Nationale Organisation Wasserstoff und Brennstoffzellentechnologie (2021)	Förderprogramme für nachhaltige Mobilität – Programmbericht, Berlin. https://www.now-gmbh.de/wp-content/uploads/2021/03/Foerderprogramme-fuer-nachhaltige-Mobilitaet_Knobelsdorff-NOW.pdf (Zugriff: 11.08.2021)

Navya (o.D.)	Self-Driving Shuttle for Passenger Transportation, https://navya.tech/en/solutions/moving-people/self-driving-shuttle-for-pasenger-transportation/ (Zugriff: 06.10.2021)
Nießen, N.; Scholl, F. (2019)	Auswirkungen der Digitalisierung auf den Eisenbahnbetrieb - Ableitung möglicher Veränderungen für den Triebfahrzeugführer; Eisenbahn-Bundesamt (Hrsg.): Bonn; ISSN 2627-9851
Olthof, J. (2019)	Bombardier stellt neues Test-Center am sächsischen Standort in Bautzen vor, https://rail.bombardier.com/en/about-us/world-wide-presence/germany/de.html/bombardier/news/2019/bt-20191211_bombardier-unveils-a-new-test-centre-at-its-site-in-/de (Zugriff: 16.08.2021)
Olthof, J. (2019)	Bombardier stellt neues Test-Center am sächsischen Standort in Bautzen vor, https://rail.bombardier.com/en/about-us/world-wide-presence/germany/de.html/bombardier/news/2019/bt-20191211_bombardier-unveils-a-new-test-centre-at-its-site-in-/de (Zugriff: 16.08.2021)
Schlaht, J.; Frink, L.; Laumen, P.; Schüttert, A.; Schindler, C.; Nießen, N. (2018)	Automated Nano Transport System – Ansatz zur Entwicklung autonomer Schienenfahrzeuge, http://publications.rwth-aachen.de/record/720242/files/720242.pdf (Zugriff: 31.03.2021)
Siemens Mobility GmbH (o.D.)	Prüf- und Validationcenter in Wegberg-Wildenrath, https://www.mobility.siemens.com/global/de/portfolio/schiene/services/qualification-services/certified-test-and-validation.html (Zugriff: 10.08.2021)
Siemens Mobility GmbH (o.D.)	Fertigungs- und Entwicklungsstandort Wegberg-Wildenrath, https://new.siemens.com/de/de/unternehmen/standorte/fertigungs-und-entwicklungsstandort-wegberg-wildenrath.html (Zugriff: 21.09.2021)
Staatsministerium für Verkehr Baden-Württemberg (2018)	Erste autonom fahrende Bus im öffentlichen Straßenverkehr rollt in Lahr, https://vm.baden-wuerttemberg.de/de/serie/presse/pressemitteilung/pid/erste-autonom-fahrende-bus-im-oeffentlichen-strassenverkehr-rollt-in-lahr/ (Zugriff: 06.10.2021)
Stadt Markkleeberg (o.D.)	Geschichte, https://www.markkleeberg.de/de/node/752 (Zugriff: 13.08.2021)
Süddeutsche Zeitung (2020)	Bahn will mit automatischer Kupplung im Güterverkehr wachsen, https://www.sueddeutsche.de/wirtschaft/bahn-minden-bahn-will-mit-automatischer-kupplung-im-gueterverkehr-wachsen-dpa.urn-newsml-dpa-com-20090101-200831-99-375867 (Zugriff: 21.10.2021)

TAG24 NEWS Deutschland GmbH (2021)	Grosse Pläne: diese S-Bahn-Strecken in Mitteldeutschland sollen 2035 in Betrieb gehen, Leipzig/Magdeburg/Erfurt - Drei mitteldeutsche Bundesländer, Tausende Pendlerinnen und Pendler, rund eine halbe Milliarde Euro und große Pläne: Bis 2035 sollen die S-Bahn-Strecken zwischen Leipzig und Merseburg sowie Gera ausgebaut werden, https://www.tag24.de/thema/deutsche-bahn/grosse-plaene-diese-s-bahn-strecken-in-mitteldeutschland-sollen-2035-in-betrieb-gehen-2061333 (Zugriff: 20.08.2021)
Technische Universität Dresden (2019)	Unterstützung der Forschungsaktivitäten im Living lab der DB Netz, https://tu-dresden.de/bu/verkehr/ibv/vst/die-professur/news/unterstuetzung-der-forschungsaktivitaeten-im-living-lab-der-db-netz (Zugriff: 12.08.2021)
Verband Deutscher Verkehrsunternehmen (2021)	Autonome Shuttle-Bus-Projekte in Deutschland (sic), https://www.vdv.de/liste-autonome-shuttle-bus-projekte.aspx (Zugriff: 06.10.2021)
Výzkumný Ústav Železniční, a. s. (VUZ) (o.D.)	vuz test centre velim, https://www.cdvoz.cz/en/page/zkusebni-centrum-vuz-velim (Zugriff: 10.08.2021)
Wangemann, U. (2020)	Bahn-Testzentrum in der Lausitz geplant, https://www.maz-online.de/Brandenburg/Deutsche-Bahn-plant-Testzentrum-fuer-die-Lausitz (Zugriff: 13.08.2021)
Weckbrodt, H. (2021)	TU Chemnitz etabliert Außenstelle für digitale Bahntechnik im Erzgebirge, https://oiger.de/2021/01/23/tu-chemnitz-etabliert-aussenstelle-fuer-digitale-bahntechnik-im-erzgebirge/177584 (Zugriff: 23.08.2021)
Wickmann, A. (2020)	Systematisierung und Möglichkeiten des automatischen Zugbetriebs, In: ETR – Eisenbahntechnische Rundschau, Nr.9
Wikipedia (o.D.)a	Bahnstrecke Annaberg-Buchholz-Schwarzenberg, https://de.wikipedia.org/wiki/Bahnstrecke_Annaberg-Buchholz%E2%80%93Schwarzenberg (Zugriff: 12.08.2021)
Wikipedia (o.D.)b	Bahnstrecke Berlin-Schönholz-Kremmen, https://de.wikipedia.org/wiki/Bahnstrecke_Berlin-Sch%C3%B6nholz%E2%80%93Kremmen (Zugriff: 16.08.2021)
Wikipedia (o.D.)c	Prüfcenter Wegberg-Wildenrath, https://de.wikipedia.org/wiki/Pr%C3%BCfcenter_Wegberg-Wildenrath (Zugriff: 10.08.2021)
Wikipedia (o.D.)e	Eisenbahnversuchsring Velim, https://de.wikipedia.org/wiki/Eisenbahnversuchsring_Velim (Zugriff: 10.08.2021)

Wikipedia (o.D.)f	Bahnstrecke Berlin-Schönholz-Kremmen, https://de.wikipedia.org/wiki/Bahnstrecke_Berlin-Sch%C3%B6nholz%E2%80%93Kremmen (Zugriff: 16.08.2021)
Zimmer, B. (2021)	Erhalt und Ausbau der Energieregion Profen, Erneuerung Mibrag im Revier (EMIR), Mitteldeutsche Braunkohlengesellschaft mbH (Hrsg.), http://www.luerek-profen.de/index_htm_files/12_Konzeptforum2-vom-02-06-2021_Beitraege.pdf (Zugriff: 22.09.2021)

Anhang

Anhang 1: Methodische Grundlagen zur Verkehrsnachfrageabschätzung

Anhang 2: Beispiel Zustand der Infrastruktur Strecke Zeitz-Altenburg

Anhang 3: Strukturdaten der Region Zeitz-Altenburg

Anhang 4: Einzugsbereich der Bahnstationen Zeitz-Altenburg

Anhang 5: Ergebnis Nutzen-Kosten-Analyse Vorzugsvariante AP 1 ((1-Stundentakt) im Batterie- und Dieselbetrieb)

Anhang 6: Investitionskosten Zeitz – Altenburg

Anhang 7: Fahrgastpotenziale nach Varianten Zeitz-Altenburg (ohne Verkehrswende)

Anhang 8: Fahrgastpotenziale nach Varianten Zeitz-Altenburg (mit Verkehrswende)

Anhang 9: Folgekostenrechnung Eisenbahninfrastrukturunternehmen (kurzfristig) Zeitz-Altenburg

Anhang 10: Folgekostenrechnung Eisenbahninfrastrukturunternehmen AP1 (mittelfristig) Zeitz-Altenburg

Anhang 11: Nicht elektrifizierte Strecken im Radius von 100 km um Altenburg

Anhang 12: Zustand der Infrastruktur der Strecke Zeitz-Altenburg

Anhang 13: Bahnhaltepunkt Regis-Breitingen

Anhang 14: Ergebnisse Nutzen-Kosten-Quotient Variante 2 Meuselwitz

Anhang 15: Investitionskostenabschätzung Meuselwitz-Regis Breitingen

Anhang 16: Kapitaldienstkosten und Instandhaltungskosten Meuselwitz-Regis Breitingen

Anhang 17: Nutzen-Kosten-Quotient Variante 1 Meuselwitz-Regis Breitingen

Anhang 18: Bilder Infrastruktur Strecke Meuselwitz-Regis Breitingen

Anhang 19: Strukturdaten Zwenkau/Groitzsch

Anhang 20: Erreichbarkeiten Radius 1000m um die Bahnhöfe Zwenkau-Groitzsch
Variante 1

Anhang 21: Erreichbarkeiten Radius 1000m um die Bahnhöfe Zwenkau-Groitzsch
Variante 2

Anhang 22: Ergebnis Nutzen-Kosten-Untersuchung Variante 1a und Variante 2
Groitzsch-Zwenkau

Anhang 23: Übersicht Investitionskosten Variante 1 Zwenkau-Groitzsch

Anhang 24: Folgekostenrechnung Eisenbahnverkehrsunternehmen Groitzsch-Zwenkau

Anhang 25: Trassenvarianten Seilbahn Region Groitzsch-Zwenkau

Anhang 26: Unternehmen in der Region Groitzsch/Zwenkau

Anhang 27: Übersicht Strukturdaten der Region Böhlen-Espenhain

Anhang 28: Linienführung und Lage der Verkehrsstationen Region Böhlen-Espenhain

Anhang 29: Übersicht Baumaßnahmen Strecke Böhlen-Espenhain

Anhang 30: Mögliche Testringe in Profen Schienenfahrzeugzentrum

Anhang 31: Beispielhafte Übersicht der Kosten bestehender Teststrecken und Zentren

Anhang 32: Folgenutzenmöglichkeiten Tagebau Profen

Anhang 33: Übersicht bestehende Testanlagen und Institute

Anhang 34: Übersicht Unternehmen mit Bahnbezug Umkreis Profen

Anhang 35: Überregionale Werkstätten um Profen

Anhang 1: Methodische Grundlagen zur Verkehrsnachfrageabschätzung

Arbeitsschritt	Arbeitsinhalte und Grundlagen
Ermittlung des erreichbaren Einwohnerpotenzials	Alle Einwohner der im Streckenverlauf bedienten Städte und Gemeinden; Abschätzung des ortsteilscharfen Erschließungspotenzials im Korridor durch die vorgesehenen Haltepunkte; gemeindescharfe Prognose der Ptv für 2040
Ermittlung des gesamten Verkehrsaufkommens im Korridor	Berechnung der gemeindescharfen werktäglichen Wege im Korridor aufgrund der regionalisierten Auswertung der MiD 2018; Auswertung der Pendlerstatistiken; Auswertung von Gästeübernachtungen
Ermittlung der Anzahl der täglichen Wege nach Wegezwecken	Berechnung der gemeindescharfen werktäglichen Wege nach Wegezweck aufgrund der regionalisierten Auswertung der MiD 2018
Verkehrsverteilung	Verteilung der gemeindescharfen werktäglichen Wege nach Wegezweck auf Innerortsverkehr, Wege im Korridor und außerhalb des Korridors; Analyse des zentralörtlichen Gefüges; Auswertung der Pendlerstatistiken; Analyse der Schulstandorte
Modale Aufteilung der Fahrten im Korridor	Zuordnung der gemeindescharfen Verkehrsmittelnutzung für Außerortsfahrten im Korridor nach Wegezweck anhand der MiD 2018 (ohne Langsamverkehr)
Abschätzung der gemeindescharfen Nachfrage im SPNV	Verteilung der gemeindescharfen Nachfrage im ÖPNV auf Bahn und Bus anhand von Reisezeiten, Taktichte und Umsteigebeziehungen
Abschätzung der Gesamtnachfrage im SPNV	Aggregation der gemeindescharfen Nachfrage im SPNV (=Personenfahrten im gesamten Streckenverlauf pro Schultag)
Verteilung der Gesamtnachfrage im SPNV auf einzelne Streckenabschnitte	Überlagerung der gemeindescharfen Nachfrage im SPNV auf einzelnen Streckenabschnitten; Ermittlung der abschnittsbezogenen Personenfahrten

Anhang 2: Beispiel Zustand der Infrastruktur Strecke Zeitz-Altenburg



Bahnhof Tröglitz als Beispiel für den Zustand der Infrastruktur

Quelle: Eigene Aufnahme von Railistics

Anhang 3: Strukturdaten der Region Zeitz-Altenburg

Tabelle: Strukturdaten Region Zeitz/Altenburg ⁷⁶

Ge- meinde	EW	EW	EW- Poten- zial ⁷⁷	Erwerbs- personen a.A.	Aus- pendler	Ein- pendler	Pendler ges.	Gäste- übern. (Jahr)	Regel- schule ⁷⁸	Gymna- sium
Jahr	2018	2040	2040	(2020)	(2019)	(2019)	(2019)	(2017)	(2019)	(2019)
Zeitz	31.346	23.593	23.593	9.551	5.653	5.641	11.294	20.231	-	-
Elsteraue	8.778	6.742	3.509	1.930	2.858	1.391	4.249			
Meusel- witz	10.340	7.712	5.971	2.358	2.719	1.321	4.040	7.574	358	335
Krie- bitzsch	1.034	853	600	77	405	67	472	-	-	-
Rositz	3.025	2.161	1.480	686	926	526	1.452		186	
Alten- burg	32.180	23.951	23.951	10.481	5.976	5.861	11.837	38.535	732	>1.000
Gesamt	86.703	65.012	59.104	25.083	18.537	14.807	33.344	66.340	1.276	>1.335

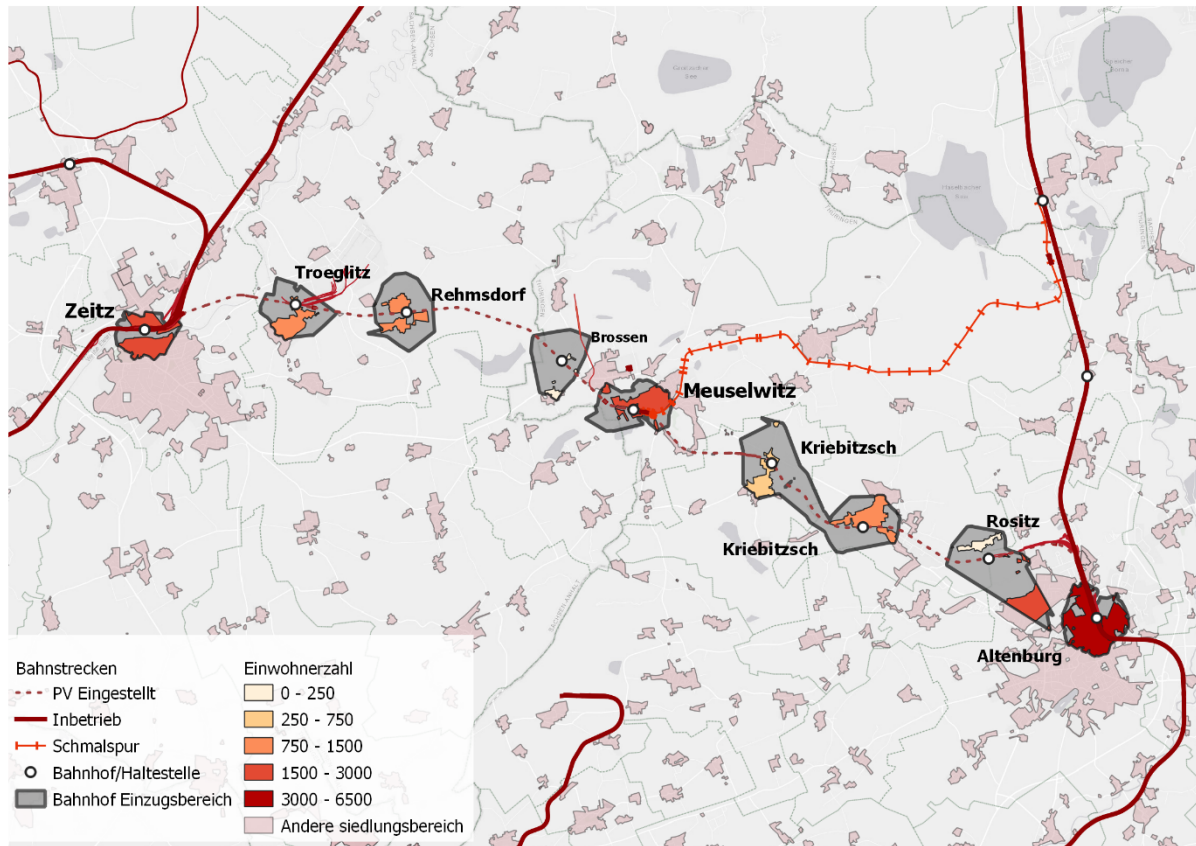
Quelle: Eigene Darstellung

⁷⁶ Quelle: Prognos / PTV, Statistisches Landesamt Sachsen, Bundesagentur für Arbeit

⁷⁷ Das Einwohnerpotenzial entspricht den durch die Bahnstation erreichbaren Einwohner im Umkreis von 1.000m. Daher weicht das Einwohnerpotenzial von der Gesamtzahl an Einwohnern ab.

⁷⁸ Keine Angabe zu Schülerzahlen verfügbar

Anhang 4: Einzugsbereich der Bahnstationen Zeitz-Altenburg



Quelle: Eigene Darstellung

Anhang 5: Ergebnis Nutzen-Kosten-Analyse Vorzugsvariante AP 1 ((1-Studentakt) im Batterie- und Dieselbetrieb)

Teilindikator	Dimension der originären Messgröße	Bewertungs- ansatz	Variante 1a (Studentakt Dieselzug)	Variante 1b (Studentakt Batteriezug)
Reisezeitdifferenzen im ÖPNV	[h/Jahr]	-7,1 €/h	446.405 €	446.405€
Saldo der PKW-Betriebskosten	[T€/Jahr]	-1,0	534.092€	534.092€
Saldo der ÖPNV-Betriebskosten	[T€/Jahr]	-1,0	-465.748€	-500.262€
Unterhaltungskosten für die ortsfeste Infrastruktur im Mit-Fall	[T€/Jahr]	-1,0	-194.916€	-240.916€
Saldo der Unfallfolgekosten	[T€/Jahr]	-1,0	162.876€	162.876€
Saldo der CO ₂ -Emissionen	[tCO ₂ /Jahr]	-1,0	-13.252€	36.596€
Saldo der Schadstoffemissionskosten	[T€/Jahr]	-1,0	302€	8.411€
Summe monetär bewerteter Einzelnutzen	[T€/Jahr]		469.758€	445.382€
Kapitaldienst für die ortsfeste Infrastruktur im Mit-Fall	[T€/Jahr]		723.437€	815.437€
Nutzen-Kosten-Differenz			-253.679€	-370.055€
Nutzen-Kosten-Verhältnis			0,65	0,55

Quelle: Eigene Darstellung

Anhang 6: Investitionskosten Zeitz - Altenburg

Maßnahmen Eisenbahninfrastruktur AP1: Strecke Zeitz-Altenburg (mit Begegnungsabschnitt)	Kosten in € (Preisstand 2016)
Baustelle einrichten	652.511
Baustelle räumen	326.256
Oberbauarbeiten	
Beseitigung Langsamfahrstellen	777.416
Bettungsreinigung (inkl. Schotter und Entsorgung)	621.933
Durcharbeiten der Strecke (Gleis stopfen)	647.847
Schwellenaustausch und Entsorgung	95.881
Gleisneubau	1.959.088
Bahnübergänge	
Technische Sicherung Bahnübergänge	3.109.664
Verkehrsstationen	
Herstellung Barrierefreiheit (Bahnsteigerhöhungen)	777.416
Bau Aufzüge	829.244
Ausrüstung von Verkehrsstationen (Mindestmaß)	259.139
Ingenieurbauwerke	
Brückensanierung	1.554.832
Leit- und Sicherungstechnik	
Bau Stellwerk mit Stellwerksgebäude	2.332.248
Weichen mit ESTW-Steuerung	2.114.571
Gleisperrung	456.084
Zugfunk GSM-R	777.416
Zwischenergebnis Baukosten	16.312.778
Baustelle einrichten und räumen	978.767
Sicherheitsfaktor (unvorhersehbare Ereignisse) 10%	
Planungskostenpauschale (10%)	1.729.154
Gesamtinvestitionsvolumen	19.020.699

Quelle: Eigene Darstellung

Anhang 7: Fahrgastpotenziale nach Varianten Zeitz-Altenburg (ohne Verkehrswende)

		Mit SPNV Var. 1	Mit SPNV Var. 2	Mit SPNV Var. 3	ohne SPNV	Wenig Bus (Var. 1)	Differenz Var. 1 - "ohne SPNV"	Differenz Var. 2 - "ohne SPNV"	Differenz Var. 3 - "ohne SPNV"	Differenz wenig Bus - "ohne SPNV"
Personenfahrten im Korridor (werktags, Schultage)										
	SPNV	743	626	520	0	836	743	626	520	836
	Bus	371	401	427	557	186	-186	-157	-130	-371
	MIV	12.218	12.306	12.386	12.775	12.311	-557	-470	-390	-464
Belegung SPNV (werktags, Schultage)										
	Zeitz-Meusel- witz	388	272	272	0	437				
	Meuselwitz-Alt- enburg	505	505	353	0	568				
	Zeitz-Altenburg	150	150	105	0	169				
	Streckendurch- schnitt	522	464	365	0	587				
	Variante 1:	Studentakt, optimale Anschlüsse								
	Variante 2:	Studentakt, keine optimalen Anschlüsse								
	Variante 3:	Zwei-Studentakt, optimale Anschlüsse								

Quelle: Eigene Darstellung

Anhang 8: Fahrgastpotenziale nach Varianten Zeitz-Altenburg (mit Verkehrswende)

		Mit SPNV Var. 1	Mit SPNV Var. 2	Mit SPNV Var. 3	ohne SPNV	leer	Differenz Var. 1 - "ohne SPNV"	Differenz Var- 2 - "ohne SPNV"	Differenz Var. 3 - "ohne SPNV"
Personenfahrten im Korridor (werktags, Schultage)									
	SPNV	1.486	1.253	1.040	0		1.486	1.253	1.040
	Bus	557	601	641	836		-279	-235	-195
	MIV	11.290	11.479	11.652	12.497		-1.207	-1.018	-845
Belegung SPNV (werktags, Schultage)									
	Zeitz-Meuselwitz	777	544	544	0				
	Meuselwitz-Altenburg	1.010	1.010	707	0				
	Zeitz-Altenburg	301	301	211	0				
	Auswärtsfahrten im Korridor	190	97	133	0				
	Strecken-durchschnitt	1.044	927	731	0				
		Variante 1:	Stundentakt, optimale Anschlüsse						
		Variante 2:	Stundentakt, keine optimalen Anschlüsse						
		Variante 3:	Zwei-Stundentakt, optimale Anschlüsse						

Quelle: Eigene Darstellung

Anhang 9: Folgekostenrechnung Eisenbahninfrastrukturunternehmen (kurzfristig)

Basiswerte										
TAC pro Zug-Km SPNV in €	4,00 €	Annahme ⁷⁹								
Stationsgebühren in € je Halt	2,00 €	Annahme								
Dynamisierung p.a. in %	1,80%									
Dynamisierung Personal in %	2,00%									
Verwaltung/Admin	15%									
Jahr	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Einnahmen/Erträge										
Infrastrukturnutzungsgebühren Personenverkehr	1.234.427 €	1.256.647 €	1.279.267 €	1.302.293 €	1.325.735 €	1.349.598 €	1.373.891 €	1.398.621 €	1.423.796 €	1.449.424 €
Stationsentgelte	61.049 €	62.148 €	63.267 €	64.406 €	65.565 €	66.745 €	67.947 €	69.170 €	70.415 €	71.682 €
Summe der Erträge	1.295.477 €	1.318.795 €	1.342.534 €	1.366.699 €	1.391.300 €	1.416.343 €	1.441.837 €	1.467.790 €	1.494.211 €	1.521.107 €
Ausgaben/Aufwendungen										
Kapitaldienst	112.069 €	112.069 €	112.069 €	112.069 €	112.069 €	112.069 €	112.069 €	112.069 €	112.069 €	112.069 €
Instandhaltungskosten neu	219.331 €	219.331 €	219.331 €	219.331 €	219.331 €	219.331 €	219.331 €	219.331 €	219.331 €	219.331 €
Instandhaltungskosten alt	189.150 €	189.150 €	189.150 €	189.150 €	189.150 €	189.150 €	189.150 €	189.150 €	189.150 €	189.150 €
Personalkosten	200.000 €	208.080 €	212.242 €	216.486 €	220.816 €	225.232 €	229.737 €	234.332 €	239.019 €	243.799 €
Verwaltungskosten/Administration	108.082 €	109.294 €	78.082 €	78.082 €	78.082 €	78.082 €	78.082 €	78.082 €	78.082 €	78.082 €
Summe der Kosten	828.632 €	837.924 €	810.874 €	815.119 €	819.449 €	823.865 €	828.369 €	832.964 €	837.651 €	842.431 €
Ergebnis	466.844 €	480.871 €	531.660 €	551.580 €	571.851 €	592.478 €	613.468 €	634.826 €	656.560 €	678.675 €

Quelle: Eigene Darstellung

⁷⁹ Die Höhe des Trassenpreises wurde fiktiv angenommen. Ein Trassenpreis von 4 € je Km ist an der unteren Grenze. In der Praxis bestehen sehr große Schwankungsbreiten bei den Trassengebühren.

Anhang 10: Folgekostenrechnung Eisenbahninfrastrukturunternehmen AP1 (mittelfristig)

Jahr	15	16	17	18	19	20
Einnahmen/Erträge						
Infrastrukturnutzungsgebühren Personenverkehr	1.584.654 €	1.613.178 €	1.642.215 €	1.671.775 €	1.701.867 €	1.732.500 €
Summe der Erträge	78.370 €	79.781 €	81.217 €	82.679 €	84.167 €	85.682 €
Ausgaben/Aufwendungen						
Kapitaldienst	618.693 €	618.693 €	618.693 €	618.693 €	618.693 €	618.693 €
Instandhaltungskosten neu	219.331 €	219.331 €	219.331 €	219.331 €	219.331 €	219.331 €
Instandhaltungskosten alt	189.150 €	189.150 €	189.150 €	189.150 €	189.150 €	189.150 €
Personalkosten	269.174 €	274.557 €	280.048 €	285.649 €	291.362 €	297.189 €
Verwaltungskosten/Administration	154.076 €	154.076 €	154.076 €	154.076 €	154.076 €	154.076 €
Summe der Kosten	1.450.424 €	1.455.808 €	1.461.299 €	1.466.900 €	1.472.613 €	1.478.440 €
Ergebnis	212.600 €	237.151 €	262.133 €	287.554 €	313.421 €	339.742 €

Quelle: Eigene Darstellung

Anhang 11: Nicht elektrifizierte Strecken im Radius von 100 km um Altenburg

Innovationsregion Mitteldeutschland						
Nicht elektrifizierte Strecken um Zeitz (100 km Radius)						
Streckennummer	KBS	Von-Nach	Länge (km)	Personenverkehr	Zukunftsplanungen	Anmerkungen:
6814	553	Altenburg - Zeitz	25,13			
6653	546	Werdau - Mehltheuer	35,07 (Teilstrecke)	Abschnitt Werda - Mehltheuer wird von der Erfurter Bahn mit REs befahren		Strecke nur noch im Abschnitt Werda-Mehltheuer genutzt, auf anderem Teilabschnitt erfolgen Draisinenfahrten
6383	555	Leipzig - Probstzella	65,47 (Teilstrecke)	Strecke wird von REs befahren		Teilabschnitt zwischen Gera Süd & Saalfeld nicht elektrifiziert
6269	541	Gera-Süd - Weischlitz	60,02	Gera-Süd - Weischlitz wird von der Vogtlandbahn betrieben; Die DB betreibt REs von Gera nach Greitz		
6270	544	Plauen - Cheb	51,325 (Teilstrecke)	Strecke wird von der Vogtlandbahn befahren	Zweigleisiger Ausbau der Strecke inklusive Elektrifizierung ist seitens des Bundeslandes Sachsen in Planung bzw. wird einer Machbarkeitsstudie unterzogen	Nur der Teilabschnitt auf deutscher Seite ist nicht elektrifiziert, auf tschechischer Seite ist eine 25 kV 50 Hz Oberleitung vorhanden
6648	539	Herlasgrün - Oelsnitz	22,27 (Teilstrecke)	Strecke wird von Herlasgrün bis Falkenstein von der Vogtlandbahn befahren		Strecke nur noch im Teilabschnitt Herlasgrün - Falkenstein genutzt, Rest ist Radweg
6650	539	Zwickau - Falkenstein	33,22	Strecke wird von der Vogtlandbahn befahren		
6649	539	Falkenstein - Muldenberg	10,21	Strecke wird von der Vogtlandbahn befahren		

6663	539	Schönheide Süd - Adorf	37,4	Betrieb des Abschnitts Zwotental - Adorf durch die RISS; Teilabschnitt Muldenberg - Zwotental wird von der Vogtlandbahn bedient		Teilabschnitt Schönheide Süd - Hammerbrücke privat
6645	524	Chemnitz - Aue	50,8	Bedienung durch die Erzgebirgsbahn		
6264	535	Zwickau - Schwarzenberg	38,13	Bedienung durch die Erzgebirgsbahn		
6626	535	Johanngeorgenstadt - Schwarzenberg	18,56	Bedienung durch die Erzgebirgsbahn		
6624	536	Annaberg-Buchholz - Schwarzenberg	24,14	Nur noch touristische Nutzung der Strecke an manchen Wochenenden im Sommer durch die Erzgebirgische Aussichtsbahn		
6644	517	Annaberg-Buchholz unt Bf - Flöha	43,52	Strecke vollständig im Personennahverkehr bedient		
6623	517	Vejprty - Annaberg-Buchholz unt Bf	19,02	Personenverkehr zwischen Vejprty (CZ) und Cranzahl (D) von der "Länderbahn CZ" (DLB) von Ende April bis Ende September an Wochenenden und an Feiertagen		
6619	519	Reizenhain - Flöha	39,27 (Teilstrecke)	Zwischen Flöha und Pockau-Lengefeld verkehrt die DB	Reaktivierung des Teilabschnitts Pockau-Lengefeld - Marienberg geplant	Strecke teilweise zurückgebaut, nur noch Teilabschnitt Flöha - Marienberg in Betrieb
6618	519	Pockau-Lengefeld - Neuhausen	22,08	Von Pockau-Lengefeld bis Olbernhau-Grünthal verkehrt DB, von Olbernhau-Grünthal bis Neuhausen verkehren Züge der OFTB (obere Flöhatalbahn)		
6614	514	Nossen-Moldava v Krušnýh horách	55,1 (Teilstrecke)	Betreib auf Teilabschnitt Freiberg - Holzau durch die Freiburger Eisenbahn	Lückenschluss über deutsch-tschechische Grenze geplant	Strecke größtenteils nicht im Eigentum der DB Netz, nur noch Teilabschnitt von Nossen - Holzau nutzbar

6616	515	Berthelsdorf - Großhartmannsdorf	3,17 (Teilstrecke)	Nutzung nur sporadisch, kein regulärer Betrieb		Strecke teilweise zurückgebaut, nur noch Teilabschnitt Berthelsdorf - Brand Erbsdorf in Betrieb
6620	516	Roßwein - Niederwiesa	17,523 (Teilstrecke)	Betrieb durch City-Bahn Chemnitz		Strecke teilweise zurückgebaut, nur noch Teilabschnitt Hainichen - Niederwiesa in Betrieb, Bedienung erfolgt hier mit Zweikrafttriebwagen (Vossloh Citylink) im Dieselbetrieb
6386	506	Borsdorf - Coswig	104,17, davon 37, 19 privat	S-Bahn Verkehr auf dem Teilabschnitt Meißen-Triebischtal - Coswig; Personenverkehr von Borsdorf bis Döbeln durch die Transdev Regio Ost	Machbarkeitsstudie zur Elektrifizierung des Streckenabschnitts Borsdorf-Grimma bzw. Döbeln geplant	
6823	503	Beucha - Trebsen	16,75		Untersuchung seitens der Reaktivierung für den Personenverkehr durch das SMWA geplant	aktuell kein Personenverkehr
6831	218	Pretzsch - Eilenburg	38,51	Bis zur Stilllegung aufgrund von Schäden erfolgte Personenverkehrsbetrieb an den Wochenenden		Strecke aktuell aufgrund von Schäden nicht nutzbar
6419	334	Dessau HBF - Köthen	21,2	Personenverkehr durch Abellio Rail Mitteldeutschland		
6856	257	Dessau - Gohrau-Rehsen	18,7 (Teilstrecke)	Betrieb durch die DVE		

Quelle: Eigene Darstellung

Anhang 12: Zustand der Infrastruktur der Strecke Zeitz-Altenburg



Altenburg-Nord

Quelle: Eigene Aufnahme von Railistics



Rehmsdorf

Quelle: Eigene Aufnahme von Railistics



Elster - Flutbrücke

Quelle: Eigene Aufnahme von Railistics



Wagenabstellung in Meuselwitz

Quelle: Eigene Aufnahme von Railistics

Anhang 13: Bahnhofsteppunkt Regis-Breitingen



Endhaltepunkt in Regis-Breitingen, beispielhaft für den Zustand der Kohlebahn

Quelle: Eigene Aufnahme von Railistics

Anhang 14: Ergebnisse Nutzen-Kosten-Quotient Variante 2 Meuselwitz

Teilindikator	Dimension der originären Messgröße	Bewertungsansatz	Ergebnis Variante 2 (Betrieb mit einem Fahrzeug)
Reisezeitdifferenzen im ÖPNV	[h/Jahr]	-7,1 €/h	148.011 €
Saldo der PKW-Betriebskosten	[T€/Jahr]	-1,0	289.131 €
Nutzung Schaffung zusätzlicher Mobilitätsangebote	[T€/Jahr]	1,0	57.093 €
Saldo der ÖPNV-Betriebskosten	[T€/Jahr]	-1,0	-559.847 €
Unterhaltungskosten für die ortsfeste Infrastruktur im Mit-Fall	[T€/Jahr]	-1,0	-111.054 €
Saldo der Unfallfolgekosten	[T€/Jahr]	-1,0	80.434 €
Saldo der CO ₂ -Emissionen	[tCO ₂ /Jahr]	-149 €/t CO ₂	12.007 €
Saldo der Schadstoffemissionskosten	[T€/Jahr]	-1,0	15.263 €
Summe monetär bewerteter Einzelnutzen	[T€/Jahr]		-80.970 €
Kapitaldienst für die ortsfeste Infrastruktur im Mit-Fall	[T€/Jahr]		257.426 €
Nutzen-Kosten-Differenz			-338.396 €
Nutzen-Kosten-Quotient			-0,31

Quelle: Eigene Darstellung

Anhang 15: Investitionskostenabschätzung Meuselwitz-Regis Breitingen

Maßnahmen Eisenbahninfrastruktur: Meuselwitz- Regis Breitingen	Preisstand 2016
Baustelle einrichten	237.371
Baustelle räumen	118.685
Oberbauarbeiten	
Herstellung lückenlos verschweißtes Gleis	93.290
Gleislagestabilisierung, Überhöhung in Bögen	466.450
Durcharbeiten der Strecke (Gleis stopfen)	181.397
Bettungsreinigung	932.899
Begegnungsabschnitt	82.924
Bahnübergänge	
Technische Sicherung Bahnübergängen	829.244
Verkehrsstationen	
Neubau Bahnsteige	1.036.555
Haltstellenausstattung inkl. Zubehör	103.655
Leit- und Sicherungstechnik	
Neubau Rückfallweichen	653.029
Ladestation	1.554.832
Zwischenergebnis Baukosten	5.934.275
Baustelle einrichten und räumen	356.056
Sicherheitsfaktor (Unvorhersehbare Ereignisse) 10%	
Planungskostenpauschale (18%)	629.033
Gesamtinvestitionsvolumen	6.919.365

Quelle: Eigene Darstellung

Anhang 16: Kapitaldienstkosten und Instandhaltungskosten Meuselwitz-Regis Breitingen

Preisstand 2016- Variante 1	Investition	Kapital pro Jahr	Instandhaltung
0 Grunderwerb			
1 Einmalige Aufwendungen	537.454	9.137	0
2 Stationsanlagen		0	0
2.1 Bahnsteige	1.036.555	30.941	7.256
2.2 Ausstattung Stationen	103.655	6.157	1.866
3 Bahnanlagen			
Gleisanlagen (Gleise/Oberbau)	931.957	39.915	27.959
Gleise (Erdbau/Damm/Überhöhung)	549.374	13.015	275
Weichen	653.029	38.790	19.591
4 Sicherungstechnik			
Bahnübergänge	829.244	16.419	7.463
5 Straßenanlagen			
6 Ladestation	1.554.832	92.358	46.645
7 Planungskosten	629.033	10.694	0
Gesamt	6.825.132	257.426	111.054

Quelle: Eigene Darstellung

Anhang 17: Nutzen-Kosten-Quotient Variante 1 Meuselwitz-Re- gis Breitingen

Variante 1				
	Dimension der originären Größe	Einheitswert	Maßzahl	Monetär bewerte- ter Nutzen
1. Reisezeitdifferenz				
1.2 Erwachsene	h/Jahr	-7,5	€/h	201.030
2. Saldo PKW-Betriebskosten	T€/Jahr	-1		392.700
3. Nutzen der Schaffung zusätzli- cher Mobilitätsangebote	T€/Jahr	1		57.093
4. Saldo der ÖPNV Betriebskos- ten	T€/Jahr	-1		-731.447
4. Kapitaldienst ortsfeste Infra- struktur im ohne Fall	T€/Jahr	1		
5. Unterhaltungskosten für die ortsfeste Infrastruktur im Mit- Fall	T€/Jahr	-1		-113.881
6. Unterhaltungskosten für die ortsfeste Infrastruktur im Ohne- Fall	T€/Jahr	1		
5. Saldo Unfallfolgekosten		-1		120.450
6. Saldo der CO2-Emissionen	t/ CO2/Jahr	-149	€/t CO2	20.916
7. Saldo Emissionskosten sons- tige Fahrzeuge	T€/Jahr	-1		5.138
Summe der monetär bewertba- ren Einzelnutzen Salden				-48.001
8. Kapitaldienst ortsfeste Infra- struktur im Mit-Fall				261.462
Differenz Nutzen und Kosten in T€/Jahr				-309.463
Nutzen-Kosten-Quotient				-0,18

Quelle: Eigene Darstellung

Anhang 18: Bilder Infrastruktur Strecke Meuselwitz-Regis Breitingen



Quelle: Eigene Aufnahme von Railistics



Quelle: Eigene Aufnahme von Railistics

Anhang 19: Strukturdaten Zwenkau/Groitzsch

Strukturdaten Region Zwenkau/Groitzsch⁸⁰

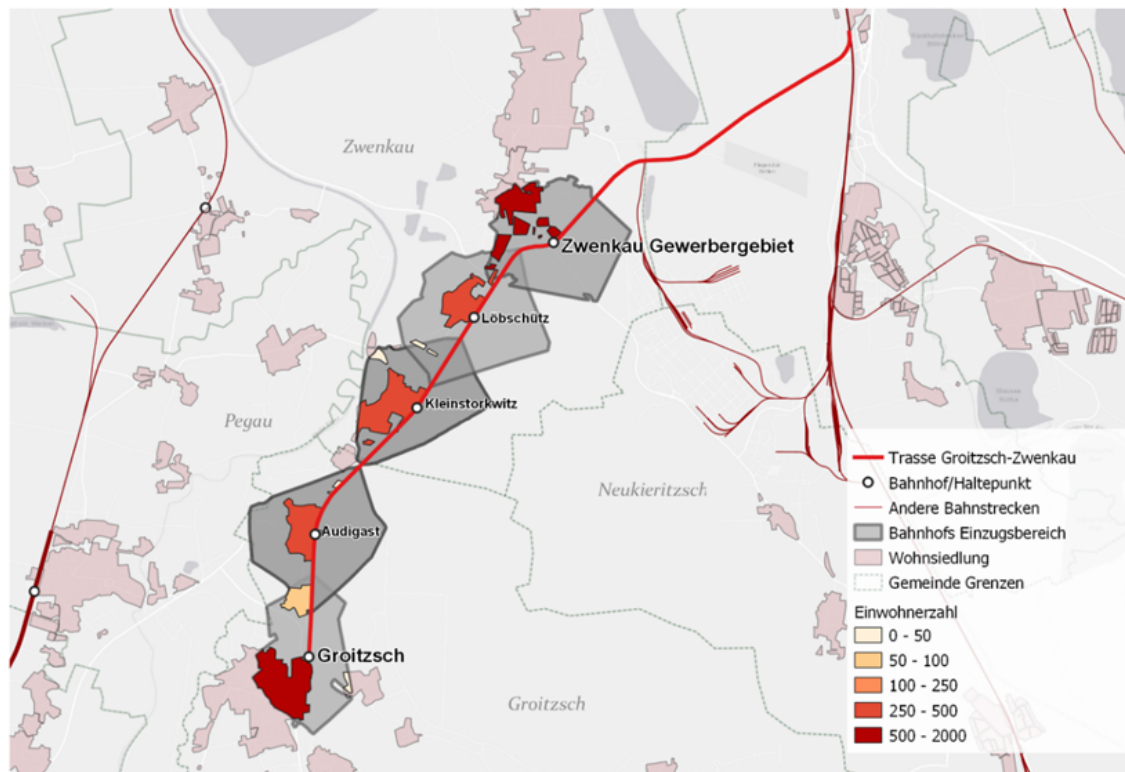
Gemeinde	EW	EW	EW- Potenzial ⁸¹	Erwerbs- personen a.A.	Auspendler	Einpendler	Pendler ges.	Gäste- übern. (Jahr)	Regel- schule	Gymna- sium
Jahr	2019	2040	2040	(2019)	(2019)	(2019)	(2019)	(2017)	(2019)	(2019)
Zwenkau	9.280	10.302	6.245	4.398	2.878	3.555	6.433	-	378	376
Groitzsch	7.586	7.322	5.341	1.263	2.481	732	3.213	21.424	550	578
Gesamt	16.866	17.624	11.586	5.661	5.359	4.287	9.646	21.424	928	1.954

Quelle: Eigene Darstellung

⁸⁰ Quelle: Prognos / PTV, Statistisches Landesamt Sachsen, Bundesagentur für Arbeit

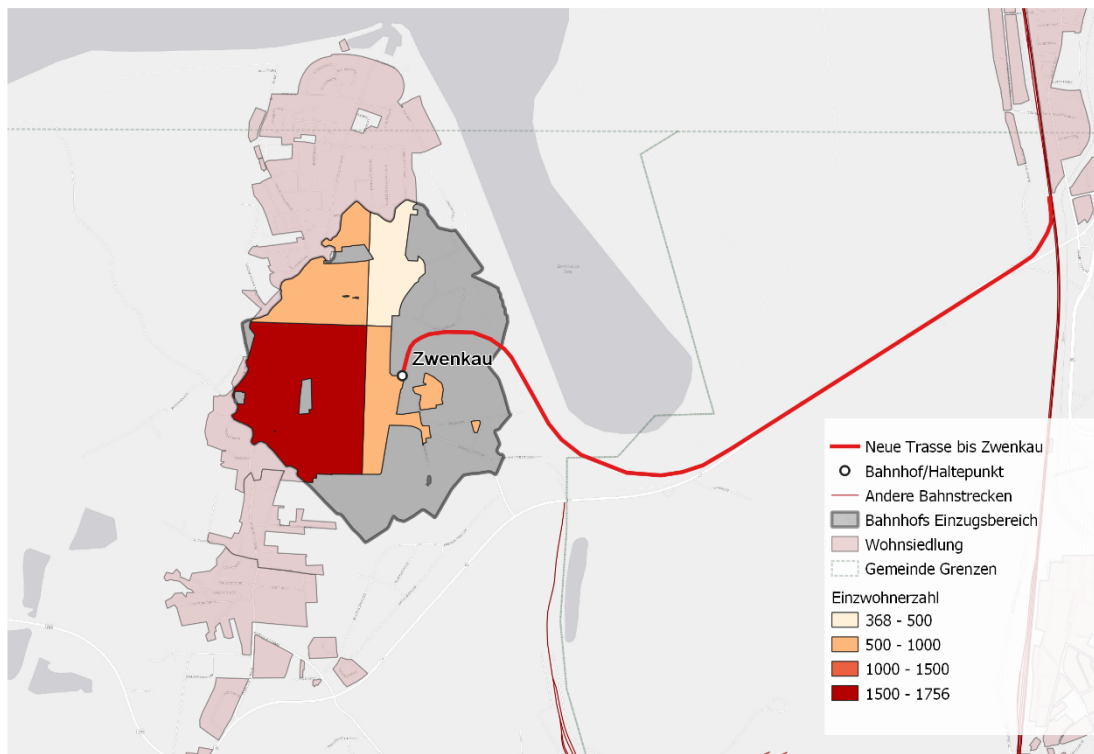
⁸¹ Das Einwohnerpotenzial entspricht den durch die Bahnstation erreichbaren Einwohner im Umkreis von 1.000m. Daher weicht das Einwohnerpotenzial von der Gesamtzahl an Einwohnern ab.

Anhang 20: Erreichbarkeiten Radius 1000m um die Bahnhöfe Zwenkau-Groitzsch Variante 1



Quelle: Eigene Darstellung

Anhang 21: Erreichbarkeiten Radius 1000m um die Bahnhöfe Zwenkau-Groitzsch Variante 2



Quelle: Eigene Abbildung

Anhang 22: Ergebnis Nutzen-Kosten-Untersuchung Variante 1a und Variante 2 Groitzsch-Zwenkau

Teilindikator	Dimension der origi- nären Messgröße	Bewer- tungs- ansatz	Variante 1a Verlängerung S- Bahn nach Zwenkau und Groitzsch	Variante 2 Verlängerung S- Bahn nach Zwenkau
Reisezeitdifferenzen ÖPNV	im [h/Jahr]	-7,1 €/h	250.249 €	233.271 €
Saldo der PKW-Betriebskos- ten	[T€/Jahr]	-1,0	1.092.256 €	801.748 €
Saldo der ÖPNV-Betriebs- kosten	[T€/Jahr]	-1,0	-352.192 €	-306.718 €
Unterhaltungskosten für die ortsfixe Infrastruktur im Mit-Fall	[T€/Jahr]	-1,0	-552.945 €	-248.532 €
Saldo der Unfallfolgekosten	[T€/Jahr]	-1,0	366.086 €	229.586 €
Saldo der CO ₂ -Emissionen	[tCO ₂ /Jahr]	-1,0	70.311 €	64.955 €
Saldo der Schadstoffemissi- onskosten	[T€/Jahr]	-1,0	16.348 €	13.998 €
Summe monetär bewerteter Einzelnutzen	[T€/Jahr]		890.113 €	788.308 €
Kapitaldienst für die orts- fixe Infrastruktur im Mit- Fall	[T€/Jahr]		1.601.113 €	751.479 €
Nutzen-Kosten-Differenz			-711.000 €	36.829 €
Nutzen-Kosten-Verhältnis			0,54	1,05

Quelle: Eigene Darstellung

Anhang 23: Übersicht Investitionskosten Variante 1 Zwenkau-Groitzsch

Grobkostenabschätzung S-Bahn Verlängerung Großdeuben- Zwenkau-Groitzsch (Preisstand 2016)	Kosten in € Variante I
Baustelle einrichten	1.255.891,76 €
Baustelle räumen	627.945,88 €
Erdbau und Baufeldfreimachung	
Rodung Vegetation	64.350,00 €
Kampfmittelräumung	22.000,00 €
Erdbau (Damm)	900.900,00 €
Untergrundverbesserung (Bettungserneuerung)	286.000,00 €
Planum herstellen	3.487.770,00 €
Baustraßen	110.000,00 €
Baulogistik	223.810,40 €
Leitungen (verlegen) umlegen (Strom, Wasser)	733.590,00 €
Entwässerung (Tiefen oder Graben)	187.000,00 €
Pfahlgründungen/Tiefbau	8.250.000,00 €
Lärmschutz	
Lärmschutzwand hoch	2.673.000,00 €
Lärmschutzwand halbhoch	455.400,00 €
Oberbauarbeiten	
Planumschutzschicht (ohne Geotextil)	3.487.770,00 €
Frostschutzschicht	1.158.300,00 €
Schotteroberbau komplett	6.113.250,00 €
Weiche EW 760 (Außenanlage)	594.000,00 €
Gleisabschluss	10.043,55 €
Bahnübergänge	
BÜ	30.492,00 €
BÜ Feldweg (10-20m)	8.283,00 €
Sicherung	479.600,00 €
Verkehrsstationen	
Planum für neuen Bahnsteig	208.670,00 €

Neuer Bahnsteig	954.800,00 €
Bau Aufzüge	235.400,00 €
Bahnsteigüberdachung	400.400,00 €
Bahnsteigunterführung	300.300,00 €
Wetterhäuschen	106.425,00 €
Ingenieurbauwerke	
Überbrücke B2	3.355.000,00 €
Brücke über Anschlussbahn	1.650.000,00 €
Überbrücke Bornaer Straße	687.500,00 €
Schnauder Bach	677.160,00 €
Überführungsbauwerk Großdeuben	3.500.000,00 €
Leit- und Sicherungstechnik	
Vor- und Hauptsignale inkl. PZB	307.560,00 €
Geschwindigkeitsprüfabschnitt	24.420,00 €
Stellwerk (ESTW)	549.780,00 €
weitere Feldelemente (Weichenprüfer, Achszähler, etc.)	254.100,00 €
FAP im ESTW Böhlen	79.200,00 €
Elektrifizierung	
Oberleitung	2.895.750,00 €
Verlegung Hochspannungsleitung	825.000,00 €
Grundstücke Platzhalter	0,00 €
Zwischenergebnis Baukosten	48.170.861,59 €
Planungskostenpauschale (10%)	4.817.086,16 €
Gesamtinvestitionsvolumen	52.987.947,75 €

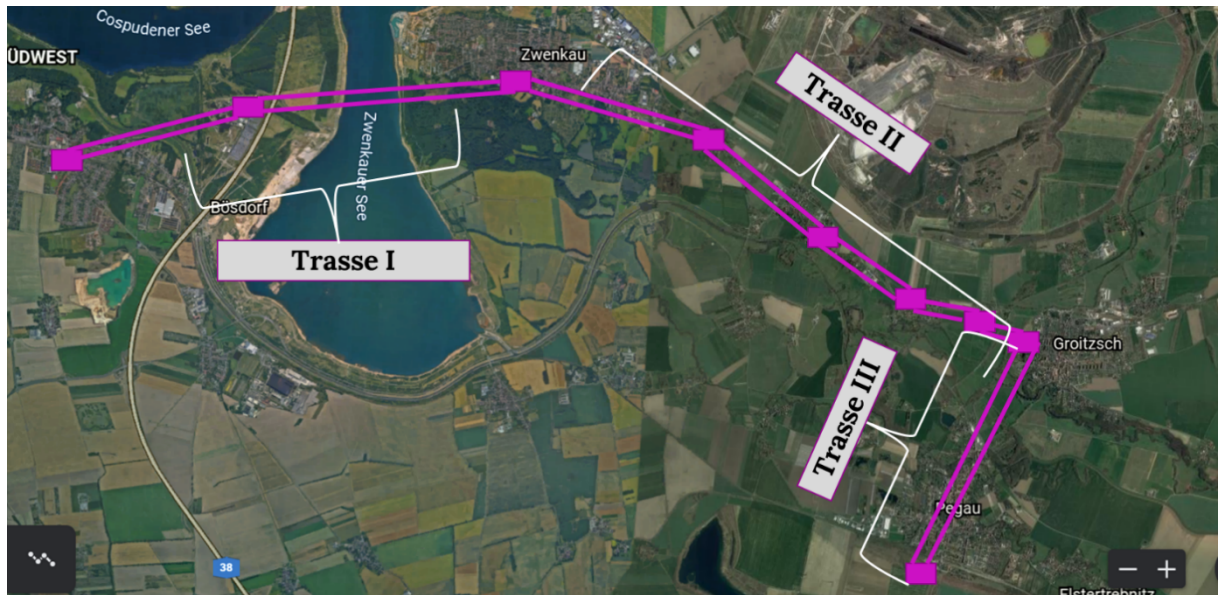
Quelle: Eigene Darstellung

Anhang 24: Folgekostenrechnung Eisenbahnverkehrsunternehmen Groitzsch-Zwenkau

Abschreibung und Verzinsung Fahrzeuge	0 €
Unterhaltungskosten Fahrzeuge	229.493 €
Kosten Traktionsenergie	163.571 €
Personalkosten	1.150.621 €
Reinigung	113.892 €
Trassen- und Stationsentgelte	1.884.038 €
Kosten Marketing & Vertrieb (15%)	231.553 €
Verwaltungsgemeinkosten (15%)	266.286 €
Summe Aufwand	4.039.455 €
Summe Ertrag	825.183 €
Differenz	-3.214.272 €
Kostendeckungsgrad in % (mit Infra)	20,43%
Kostendeckungsgrad in % (ohne Infra)	40,42%

Quelle: Eigene Darstellung

Anhang 25: Trassenvarianten Seilbahn Region Groitzsch-Zwenkau



Übersicht der Trassen 1-3

Quelle: Eigene Darstellung, Kartengrundlage: Google Earth



Übersicht der Trasse 4

Quelle: Eigene Darstellung, Kartengrundlage: Google Earth

Anhang 26: Unternehmen in der Region Groitzsch/Zwenkau

Unternehmen	Standort	Gütergruppe	Transportgut	Potenzial SGV
repaper Sekundärrohstoffe GmbH	Zwenkau	Sekundärrohstoffe	Recyclingprodukte	mittel
FEW Fahrzeugelektrik Werk GmbH & Co. KG	Zwenkau	Maschinen und Ausrüstungen, langlebige Konsumgüter	Kleinerzeugnisse/ Fertigprodukte	Mittel (Containerware), leistungsfähiges KV-Terminal in Leipzig vorhanden
MC-Bauchemie Müller GmbH & Co.	Zwenkau	Sekundärrohstoffe	Beton, Baustellenrohstoffe und -materialien	mittel
Betonwerk Bad Lausick	Zwenkau	Sekundärrohstoffe	Beton, -bauteile, Platten, Maschinen	gering (Gleisanschluss notwendig und geringe Transportentfernung)
Jaeger Glas- und Metallbau GmbH + Co KG	Zwenkau	Langlebige Konsumgüter	Metall- und Glaswaren	gering
Fliesen-Zentrum Deutschland GmbH NL Leipzig	Zwenkau	Sekundärrohstoffe	Fliesen/Baustoffe	Mittel (Containerware)
Sonoco Consumer Produkts Zwenkau GmbH - Werk 2	Zwenkau	Sekundärrohstoffe	Inbound Granulat in Silocontainer & Outbound in Container	Mittel; Gleisanschluss Inbound Voraussetzung, Container
HTI DINGER & HORTMANN	Zwenkau	Maschinen und Ausrüstung, langlebige Konsumgüter	Diverses	mittel
Jaeger Möbel Plus GmbH & Co. KG	Zwenkau	Langlebige Konsumgüter	Holzprodukte /Container	mittel
Müller - Die lila Logistik	Zwenkau		Container	Hoch, leistungsfähiges KV-Terminal in Leipzig vorhanden
Axmann Fördersysteme GmbH	Zwenkau	Maschinen und Ausrüstungen	Fertigungslinien, Komponenten	mittel
Stadler Anlagenbau GmbH	Groitzsch	Maschinen	Sortier- und Recyclinganlagen	gering
Agravis Ost GmbH & Co. KG	Groitzsch	Land- und Forstwirtschaftliche Erzeugnisse	Agrarprodukten, Getreide, Ölsaaten, Düngemittel und Futtermittel sowie Stück- und Schüttgüter	mittel, sofern Gleisanschluss vorhanden

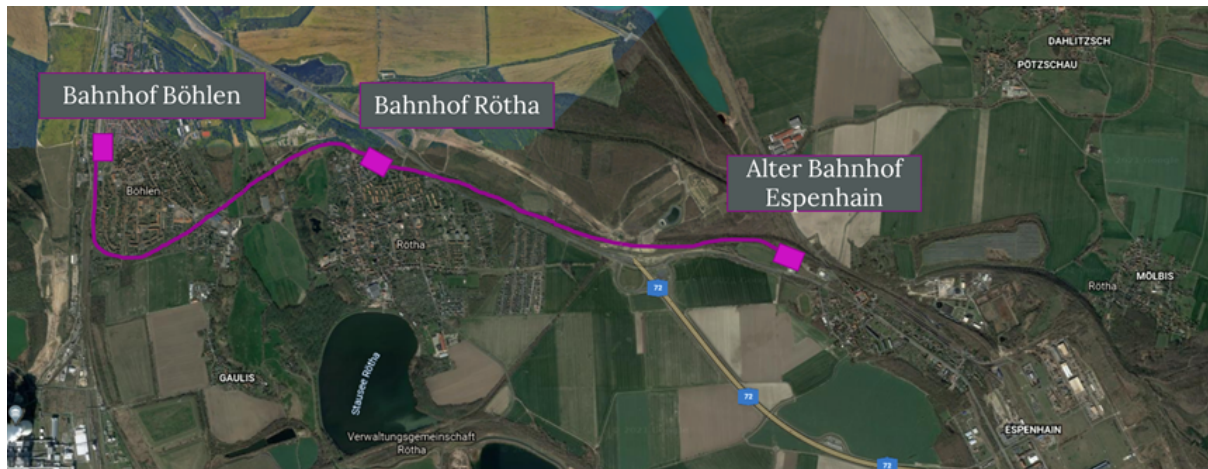
Quelle: Eigene Darstellung

Anhang 27: Übersicht Strukturdaten der Region Böhlen-Espenhain

Gemeinde	Einwohner 2019	Einwohner 2040	Einwohner- potenzial 2040	Erwerbs- personen a.W. (2019)	Erwerbs- personen a.A. (2019)	Auspendler (2019)	Auspendler (%) (2019)	Gäste übern. (Jahr) (2017)	Grund-/ Regel- schule (2019)	Gymna- sium (BZZ) (2019)
Rötha	6.128	6.631	5.001	2.636	2.242	2.190	83%	29.240	242	-
(Espenhain)	2.328		2.353							
Gesamt	8.456	6.631	7.354	2.636	2.242	2.190		29.240	424	0

Quelle: Eigene Darstellung

Anhang 28: Linienführung und Lage der Verkehrsstationen Region Böhlen-Espenhain



Quelle: Eigene Darstellung, Kartengrundlage: Google Earth

Anhang 29: Übersicht Baumaßnahmen Strecke Böhlen-Espenhain

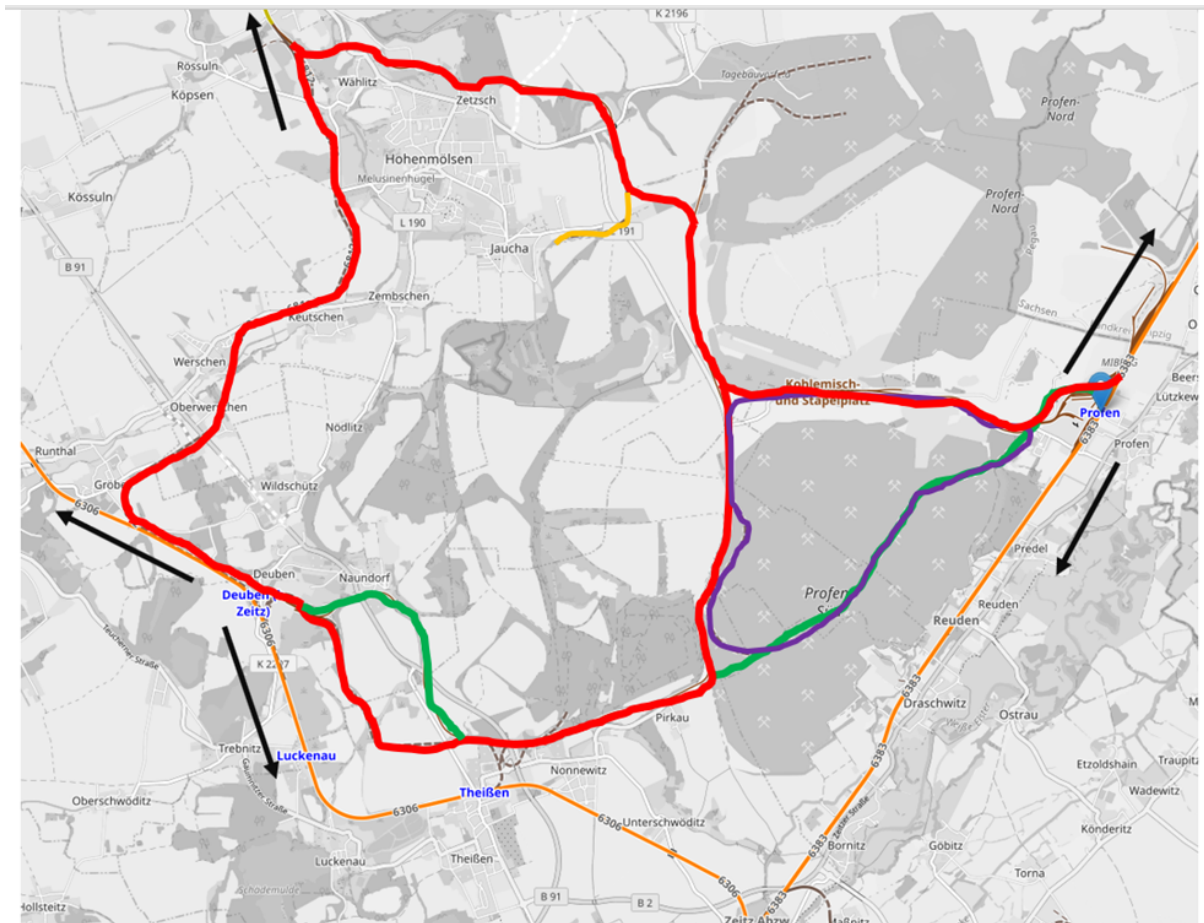
Oberbauarbeiten	Herstellung Stumpfgleis inklusive Bahnkörper	Ca. 300 m in Espenhain mit einer Weiche
Leit- und Sicherungstechnik	Fahrstraßenanpassung ESTW Böhlen	Einbindung Strecke und Bahnhof Espenhain
Leit- und Sicherungstechnik	Neubau Signalisierung in Espenhain	3 Signale
Verkehrsstationen	Neubau Bahnsteige	2 Stück
Verkehrsstationen	Sanierung Bahnhofsumfeld	In Espenhain
Elektrifizierung	Wiederaufbau Oberleitung	9,0 km Oberleitung

Quelle: Eigene Darstellung

<u>Zusammenfassung der Kostenpositionen</u>	Stand 2016
Allgemeines/Baustelle einrichten	367.775 €
Oberbauarbeiten	1.680.000 €
Bahnübergänge	350.000 €
Verkehrsstationen	1.114.580 €
Leit- und Sicherungstechnik	910.000 €
Elektrifizierung	2.075.000 €
Unvorhersehbares/ Risiko	649.735 €
Planungskosten	714.709 €
Gesamtkosten	7.861.799 €

Quelle: Eigene Darstellung

Anhang 30: Mögliche Testringe in Profen Schienenfahrzeugzentrum



Quelle: Eigene Darstellung, Kartengrundlage openrailwaymap

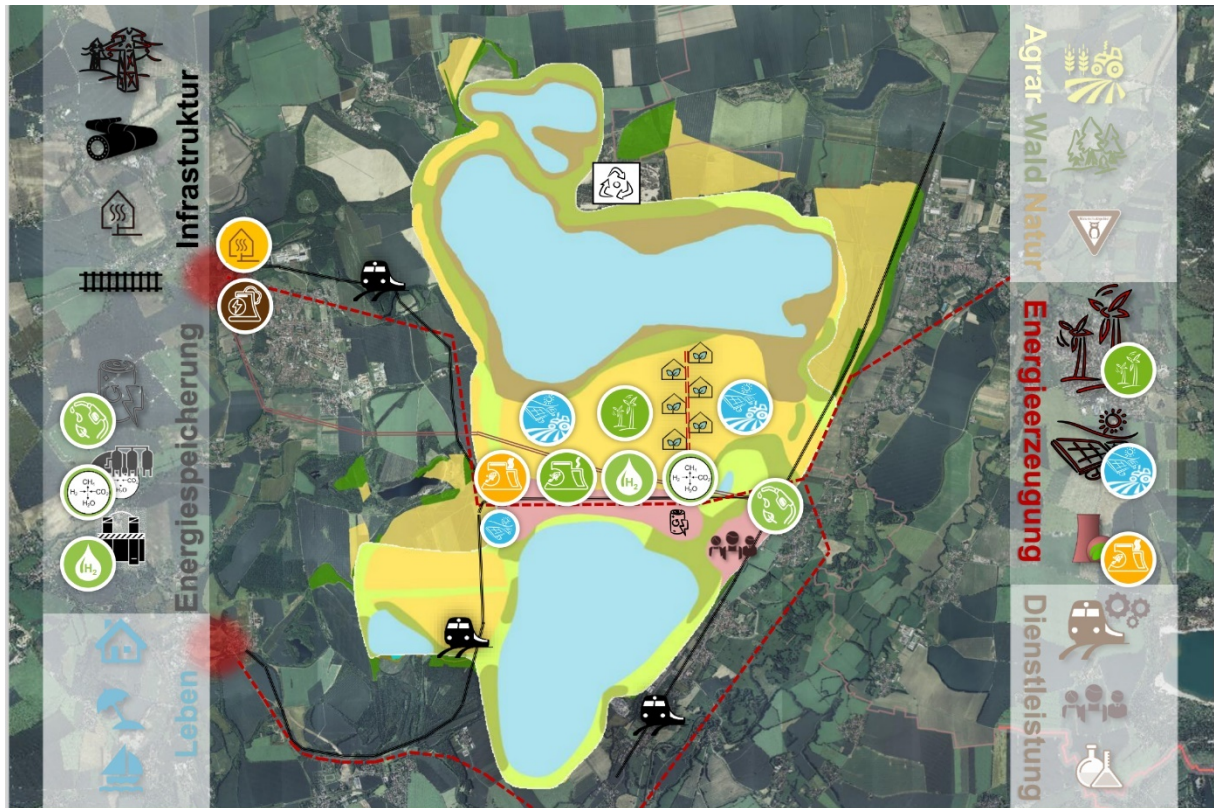
Anhang 31: Beispielhafte Übersicht der Kosten bestehender Teststrecken und Zentren

Standort	Bautzen	Lausitz	Annaberg – Buchholz	Wegberg- Wildenrath	IABG Dres- den
Art	Testcenter	Testcenter	Teststrecke + Kompetenz- zentrum	Testcenter	Neue Testka- pazitäten
Kosten	16,7 Mio. € 30 Mio. € Ausbau	300 Mio. €	15 Mio. € (2019) 4,3 Mio. € (Bahnhof)	127 Mio. € ⁸²	Über 10 Mio. €

Quelle: Eigene Darstellung

⁸² Stand 2012, Vgl. Heckers, M. (2012)

Anhang 32: Folgenutzenmöglichkeiten Tagebau Profen



Quelle: Zimmer, B. (2021), S.6

Anhang 33: Übersicht bestehende Testanlagen und Institute

Im Folgenden wurden 12 Testanlagen und Institute betrachtet. Dies umfasst Einrichtungen in mehreren europäischen Ländern. Die untersuchten Kriterien sind an die Darstellung des BMVI zu offenen digitalen Testfeldern angepasst worden.

	Land	Strecke	Bahnbe- trieb	Möglichkeiten der Testung
Testcenter und Anlagen				
Wegberg- Wildenrath 1997 ⁸³	DE	30 km Test- gleise Ring 1: 6km bis zu 160 km/h Ring 2: 2,4 km bis zu 110 km/h 3 Testgleise	Nicht öf- fentlich	Radaufstands- und Führungskräften (Spurhaltung) Bogen-, Kuppen- und Senkenfahrten Wankverhaltens Fahrgeräusche Messung Radaufstandskräfte Sicherheit von Spannungen
AFER 1978 ⁸⁴	RO	13,7 km großer Testring bis zu 200 km/h 2,2 km kleiner Testring bis zu 60 km/h	??	Dynamische Bewegung Bremsen Geräusche Fahrqualität Horizontal-Querkräfte in den Rad- satzlagern (Kraft H) Verhältnis Y/Q dynamischen Verhaltens von Schie- nenfahrzeugen auf einer Torsions- bahn (Indikatoren der Entgleisungs- sicherheit) Versiegelungsgrades an der Regen- probe von Schienenfahrzeugen Bremsverhaltens Puffertests
CEF Petite- Forêt 1998 ⁸⁵	FR	CEF 1 max. bis zu 110 km/h CEF 2 max. bis zu 160 km/h	??	Klima Akustik Entgleisung Infrastrukturelementen Verschiedenen Zugarten „städtisch bis konventionell“ und andere Überwachung.

⁸³ Vgl. Siemens Mobility (o.D.)

⁸⁴ Vgl. Autoritatea Feroviară Română (AFER) (o.D.)

⁸⁵ Vgl. CEF (o.D.)

Żmigród 1951 ⁸⁶	PL	Gesamt 7,7 km Teststrecke 120 bis 140 km/h	??	
Velim 1950 ⁸⁷	CZ	Großer Test- kreis: 13.276 km bis zu 210 km/h Kleiner Test- kreis: 3.951 km bis zu 90 km/h	??	ECTS Fahrleistungstests Traktions- und Energietests Bremsen Auswirkung Umwelt/Umgebung Elektro und Versorgungssystemen Elektromagnetischen Verträglichkeit Bauteilen
Bombardier, Bautzen 2019 ⁸⁸	DE	850 m Rund- kurs, 800 m gerades Gleis zwei Kilome- ter langen Testbereich bis zu 140 km/h	??	Wagen können einzeln getestet wer- den Bis zu 120 Meter lange Fahrzeuge Regional- und Fernverkehrszügen, Straßenbahnen sowie S- und U-Bah- nen

Teststrecken und Institute

Living Lab ⁸⁹	DE	25 km lange Strecke: Schwarzberg bis Annaberg	Nicht öf- fentlich, sel- ten Touris- mus Züge	5G, ECTS 3 Kooperation mit TU Dresden Erzeugung des digitalen Zwillings
IABG Kompetenz- zentrum- Bahntechnik 2021 ⁹⁰	DE	5.000 m² Flä- che 12 Drehge- stell- und 2 Wagenkasten- prüfstände 16 Komponen- tenprüfplätze	Nicht öf- fentlich	System- und Komponententests Einsatz von KI Absicherung digitaler Systeme DIN EN ISO 17025 Anlieferung ans Rollfeld

⁸⁶ Vgl. Instytut Kolejnictwa (o.D.)

⁸⁷ Vgl. Wikipedia (o.D.)e, Výzkumný Ústav Železniční, a. s. (VUZ) (o.D.)

⁸⁸ Vgl. Olthof, J. (2019)

⁸⁹ Vgl. EVN Redaktionsdienst (2019), Technische Universität Dresden (2019), und weitere

⁹⁰ Vgl. Industrieanlagen-Betriebsgesellschaft mbH (2021)a, Industrieanlagen-Betriebsgesellschaft mbH (2021)b

DB System- technik, Minden ⁹¹	DE	??	/	Betriebsfestigkeit u.A. Festigkeits- und Funktionsprüfungen Drehgestellrahmenprüfstand Dauerfestigkeits- und Rissfort- schrittsprüfungen von Rädern und Wellen Fensterprüfstand Radsatzlagerprüfstand Druckprüfstand Ablaufanlage Messen der Drehmomente, der Vor- spannkraft sowie des Drehwinkels Berechnung der Reibwerte Klimakammer Prüfung und Optimierung von Gleit- schutz und Rollüberwachung Bremsprüfstand
--	----	----	---	---

Bahnstrecke: Berlin Schönholz- Kremmen (6182, 6183) ⁹²	DE	Ein nicht öf- fentliches Gleis, 4 km lang	Öffentlich und nicht öffentlich	Prüfgleis für Lokomotiv- und Trieb- wagenwerk der Bombardier Trans- portation Infrastruktur beinhaltet Strom- schiene und elektrische Oberleitung
---	----	--	---------------------------------------	---

Aktuell im Ausbau

Niesky ⁹³	DE	16 km Länge 20 km Gleis- oval	Nicht öf- fentlich	Hochgeschwindigkeitsstrecke bis 250 km/h Direkter Gleisanschluss, 2 Eisen- bahnstrecken in der Nähe
Kragujevac	SRB	1,4 km Länge	??	

Quelle: Eigene Darstellung

⁹¹ Vgl. Deutsche Bahn AG (o.D.)a

⁹² Vgl. Wikipedia (o.D.)f

⁹³ Vgl. Wangemann, U. (2020), Beutler, S.; Gerhardt, S.; Michel, F-U. (2020)

Anhang 34: Übersicht Unternehmen mit Bahnbezug Umkreis Profen

Es wurden nur die für ein mögliches Testzentrum in Profen relevanten Standorte betrachtet.

Ergebnis	Standorte
Unternehmen	36
(Forschungs-) Institute	16
Werkstätten	17

(Forschungs-) Institut	Standort	Werkstätten	Standort
Fraunhofer-Institut für Verkehrs- und Infrastruktursysteme (IVI)	Dresden	DB Cargo	Halle (Saale)
Fachhochschule Dresden	Dresden	DB Fahrzeuginstandhaltung GmbH	Dessau
BTS Bahntechnik Sachsen e. V.	Dresden	ICE Werk	Leipzig
CERSS Kompetenzzentrum Bahnsicherungstechnik	Dresden	DB Regio Werk	Erfurt
DLR Dresden	Dresden	DB Regio	Halle (Saale)
Fraunhofer-Institut für Keramische Technologien und Systeme IKTS	Dresden	DB Fernverkehr AG	Leipzig
Fraunhofer-Institut für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik (IWU)	Chemnitz	DB Regio Netz Infrastruktur GmbH	Chemnitz
Hochschule Erfurt	Erfurt	DB Fahrzeuginstandhaltung GmbH	Chemnitz
Innovationszentrum Bahntechnik Europa e. V. (IZBE)	Dresden	Alstom Transport Deutschland GmbH	Chemnitz
Technology Innovation Center (TIC) Goldschmidt Themit Group	Leipzig	Erfurter Bahn GmbH	Erfurt
Technische Universität Chemnitz	Chemnitz	Leipziger Eisenbahngesellschaft mbH	Leipzig
Technische Universität	Dresden	MaLoWa Bahnwerkstatt GmbH	Benndorf

TüV Rheinland Akademie	Leipzig	Railmaint GmbH Werk	Delitzsch
IFB Institut für Bahntechnik GmbH	Dresden	Railmaint GmbH Werk	Leipzig
FES Bahntechnik GmbH & Co. KG	Erfurt	IFTEC GmbH & Co. KG Vertrieb	Leipzig
Rails.S. e.V.	Dresden	Blumenbecker Technik GmbH	Bad Lauchstädt
		LTH Waggonwerkstatt GmbH	Hettstedt
Summe			
Dresden: 9 (I)	Chemnitz: 2 (I) + 3 (W)	Brenndorf: 1 (W)	Halle (Saale): 2 (W)
Leipzig: 2 (I) + 5 (W)	Bad Lauchstädt: 1 (W)	Hettstedt: 1 (W)	
Erfurt: 2 (I) + 2 (W)	Delitzsch: 1 (W)	Dessau: 1 (W)	
I = (Forschungs-) Institut		W= Werkstatt	

Unternehmen	Standort	Unternehmen	Standort
Goldschmidt Thermit Group	Leipzig	ICM – Firmenverbund	Chemnitz
IFF Engineering & Consulting GmbH	Leipzig	Sweco	Leipzig
Sweco	Weimar	TüV Süd Rail GmbH Halle	Halle (Saale)
Molinari Rail GmbH	Dessau-Roßlau	DB Engineering & Consulting GmbH	Leipzig
IMA Materialforschung und Anwendungstechnik GmbH	Dresden	A.S.T. – Angewandte System Technik GmbH, Mess- und Regeltechnik	Dresden
HBL Germany GmbH	Zwickau	AIS Automation Dresden GmbH	Dresden
Hermos Systems GmbH	Dresden	HOPPECKE Advanced Battery Technology GmbH	Zwickau
INAVET – Institut für angewandte Verkehrstelematik GmbH	Dresden	ISB Ingenieurgesellschaft für Sicherungstechnik und Bau mbH	Dresden
ivis GmbH	Dresden	KWD Kupplungswerk Dresden GmbH	Dresden
NILES-SIMMONS-HEGENSCHEIDT Gruppe	Chemnitz	Power & Industrial Battery Systems GmbH (PIBAS)	Zwickau
RAIL.ONE GmbH	Coswig	TURCK duotec GmbH	Grünhain-Beierfeld
RAILBETON HAAS KG	Chemnitz	Voith Engineering Services GmbH	Chemnitz
BPS rail GmbH	Dresden	Bahntechnik Brand-Erbisdorf GmbH	Brand-Erbisdorf
ESA Elektroschaltanlagen Grimma GmbH	Grimma	Heine Resistors GmbH	Dresden
Kugel- und Rollenlagerwerk Leipzig GmbH	Leipzig	RAILBETON HAAS KG	Chemnitz

KWD Kupplungswerk Dresden GmbH	Dresden	SFT Service und Fahrzeugteile GmbH	Dresden
SIGNAL CONCEPT GMBH	Markleeberg	VIANOVA Technologies GmbH	Dresden
GW Batterie GmbH	Zwickau	Maschinen- und Stahlbau Dres- den	Dresden
Summe			
Leipzig: 5	Dresden: 14	Zwickau: 4	Chemnitz: 5
Grimma: 1	Dessau: 1	Coswig: 1	Grünhain- Beierfeld: 1
Brand-Erbisdorf: 1	Weimar: 1	Halle (Saale): 1	Markleeberg: 1

Quelle: Eigene Darstellung

Anhang 35: Überregionale Werkstätten um Profen

Werkstatt	Standort	Funktionen der Instandhaltung von:											
		Fahrzeuge SPNV	Diesellokomotiven SGV	Reisezugwagen SPFV	(schwere) Reisezugwagen	(schwere) Diesellokomotiven	(schwere) Dieseltriebwagen	(schwere) Elektrolocomotiven	Elektrolocomotiven SGV und SPFV	Gleisbau- und Sonderfahrzeugen	Güterwagen	Kesselwagen	Dampflokomotiven
Waggonbau Altenburg GmbH	Altenburg										X	X	
MaLoWa Bahnwerkstatt GmbH	Bennsdorf	X	X	X	X	X	X			X	X		X
RBB Regiobahn Bitterfeld Berlin GmbH	Bitterfeld		X			X		X	X		X	X	
Alstom Transport Deutschland GmbH	Chemnitz	X											
DB Regio-Netz Infrastruktur GmbH	Chemnitz	X											
DB Fahrzeuginstandhaltung GmbH	Chemnitz	X											



RailMaint GmbH	Delitzsch					X	X						
DB Fahrzeuginstandhaltung GmbH	Dessau							X					
DB Regio AG	Dresden	X											
DB Regio AG	Erfurt	X											
Erfurter Bahn GmbH	Erfurt	X	X				X						
Schweerbau GmbH & Co. KG	Halle									X			
Container Terminal Halle (Saale) GmbH	Halle (Saale)		X										
DB Cargo AG	Halle (Saale)		X						X		X		
DB Regio AG	Halle (Saale)	X											
LTH Waggonwerkstatt GmbH	Hettstedt										X		
DB Regio AG	Hof	X											
Fahrzeugwerk Karsdorf GmbH & CoKG	Karsdorf		X										



DB Fern- verkehr AG	Leipzig	X	X						X				
DB Regio AG	Leipzig	X											
Leipziger Eisenbahn- gesell- schaft mbH	Leipzig		X			X		X	X				
RailMaint GmbH	Leipzig										X	X	
InfraLeuna GmbH	Leuna		X			X							
Feldbinder Spezial- fahrzeug- werke GmbH	Luther- stadt Witten- berg											X	
Döllnitz- bahn GmbH	Mügeln	X											
Die Län- derbahn GmbH	Neu- mark	X				X	X						
SDG Säch- sische Dampf- eisenbahnge- sellschaft mbH	Ober- wiesen- thal	X											X
Eisenbahn- Bau- und Betriebs- gesell- schaft	Rötha	X	X	X					X		X		X



Pressnitz- talbahn mbH													
Abellio Rail Mittel- deutsch- land GmbH	Sanger- hausen	X											
Mittel- deutsche Eisenbahn GmbH	Schko- pau	X	X						X		X	X	
BLG Rail- Tec GmbH	Uebigau										X		

Quelle: Eigene Darstellung nach Bundesnetzagentur (2021) Standorte von Wartungseinrichtungen



INNOVATIONSREGION
MITTELDEUTSCHLAND

Kontakt

Metropolregion Mitteldeutschland Management GmbH
Schillerstraße 5
04105 Leipzig
0341 / 600 16 – 23
schroeck@mitteldeutschland.com

www.mitteldeutschland.com
www.innovationsregion-mitteldeutschland.com

Ein Projekt der



METROPOLREGION
MITTELDEUTSCHLAND