Erläuterungsbericht

zum

Planfeststellungsverfahren zur Umstellung ausgewählter Buslinien auf einen Betrieb mit Batterie-Oberleitungsbussen in Marburg

Erstellt durch:

ARGE BOB Marburg IFB-VI

für die

vertreten durch

Stadtwerke Marburg Consult GmbH

Dresden, den 22.08.2024

Gefördert durch:

Bundesministerium für Digitales und Verkehr

Projektbegleitung durch:

NOW-GMBH.DE

Inhaltsverzeichnis

1. Beschreibung der Maßnahme 6
1.1. Zusammenfassung 6
1.2. Beschreibung des Vorhabens 7
1.3. Rechtliche Einordnung des Vorhabens 8
1.3.1. Allgemeine rechtliche Einordnung 8
1.3.2. Rechtfertigung des Antrags gemäß §28 PBefG 8
1.3.3. Anwendung von §17 BNatSchG 9
1.3.4. Technische Aufsichtsbehörde, Vorschriften und Beteiligung Betriebsleiter 9
1.4. Kontext des Vorhabens 9
1.4.1. Stadtbusnetz in Marburg, topographische Rahmenbedingungen 9
1.4.2. Aktuelle und zukünftige Entwicklung der Passagierzahlen 11
1.4.3. Zukünftige Linienführung der Linien 2, 7 und 27 11
1.5. Lage des Vorhabens 13
1.6. Ausführung des Vorhabens 16
1.7. Begründung des Fahrzeugeinsatzes 17
1.7.1. Voruntersuchungen zum Einsatz von Batterieoberleitungsbussen 17
1.7.2. Ausblick auf zukünftige Entwicklungen bei Batteriespeichern 18
1.8. Notwendigkeit des Vorhabens 20
1.9. Zweckmäßigkeit des Vorhabens 20
1.10. Verkehrliche Begründung des Vorhabens 21
1.11. Betriebliche Begründung des Vorhabens 21
1.12. Städtebauliche Begründung des Vorhabens 22
1.13. Einordnung des Vorhabens hinsichtlich raumordnerischer Entwicklungsziele 22
1.13.1. Wettbewerbsfähigkeit stärken 22
1.13.2. Daseinsvorsorge sichern 23
1.13.3. Raumnutzungen steuern und nachhaltig entwickeln 23
1.13.4. Klimawandel und Energiewende gestalten 24
1.14. Beteiligte Parteien 24
1.14.1. Zuwendungsgeber 24
1.14.2. Vorhabenträger und Bevollmächtigte 24
1.14.3. Zukünftiger Betreiber – Stadtwerke Marburg GmbH 24
1.14.4. Auftragnehmer – ARGE BOB Marburg IFB-VI 25
1.14.4.1. Institut für Bahntechnik GmbH 25
1.14.4.2. Vössing Ingenieurgesellschaft mbH 25
1.14.4.3. Omexom GA Süd GmbH 26
1.14.4.4. Institut für Umweltplanung Dr. Kübler GmbH 26
1.14.4.5. Lohmeyer GmbH 26
1.14.4.6. EIBS Entwurfs- und Ingenieurbüro Straßenwesen GmbH 27

2. Betriebliche Rahmenbedingungen 28
2.1. Fahrzeugeinsatz 28
2.2. Fahrplan 29
2.3. Betriebshof 31
2.4. Qualifikation des Fachpersonals 31
2.5. Instandhaltung der Fahrleitung, Bereitschaftsdienst 32

3. Untersuchte Varianten 33
3.1. Planvariante 1 (Genehmigungsvariante) 33
3.2. Planvariante 2 35
3.3. Planvariante 3 36
3.4. Planvariante 4 38
3.5. Kostenuntersuchung der Planvarianten 40

4. Detaillierte Vorstellung der Genehmigungsvariante (Planvariante 1) 42

4.1. Beschreibung des geplanten Oberleitungssystems 42
4.1.1. Fahrdrahtaufhängung als Schrägpendelsystem 42
4.1.2. Mastgründungen 43
4.1.3. Aufhängung der Fahrleitung im Straßenquerschnitt 45
4.1.4. Für die Fahrleitung verwendete Materialien 45
4.2. Streckenverlauf der Oberleitungsabschnitte 45
4.2.1. Von der Haltestelle Südbahnhof bis zur Haltestelle Botanischer Garten 45
4.2.2. Kreisel Baldingerstraße/Auf den Lahnbergen bis Haltestelle Ginseldorfer Weg 46
4.2.3. Haltestelle Schlosserstraße bis Haltestelle Zimmermannstraße 47
4.2.4. Haltestelle Gutenbergstraße bis Haltestelle Frankfurter Straße 47
4.3. Standorte der Gleichrichterunterwerke 48
4.3.1. Panoramastraße 48
4.3.2. Lahnberge/Bauerbach 49
4.3.3. Alte Feldfabrik 50
4.3.4. Konrad-Adenauer-Brücke 52
4.3.5. Amtsgericht Marburg 55
4.3.6. Hauptbahnhof 56
4.3.7. Brüder-Grimm-Straße 58
4.3.8. Ginseldorfer Weg 59
4.3.9. Übersicht der Standorte 61
4.4. Betriebliche Rahmenbedingungen 61
4.4.1. Berücksichtigung der Schleppkurven der 24 m langen BOB-Fahrzeuge 61
4.4.1.1. Haltestelle Südbahnhof 62
4.4.1.2. Haltestelle Ginseldorfer Weg 63
4.4.2. Zusätzliche Betriebshalte zum Ein- und Ausdrahten der BOB-Fahrzeuge 64
4.4.2.1. Betriebshalte zum Eindrahten und Ausdrahten am Klinikum 64
4.4.2.2. Betriebshalt zum Ausdrahten vor der Konrad-Adenauer-Brücke 64

5. Abwägung aller öffentlichen und privaten Belange 66
5.1. Potentielle Betroffenheiten 66
5.2. Potentiell betroffene Träger öffentlicher oder privater Belange 66
5.3. Ermittelte betroffene Bürger/Unternehmen und deren private Belange 67
5.4. Ermittelte betroffene öffentliche Belange 67
5.4.1. Betroffene Grundstücke der Träger öffentlicher Belange 67
5.4.2. Nachweis über die frühzeitige Beteiligung der Träger öffentlicher Belange 67
5.4.3. Zusammenarbeit mit der Feuerwehr und brandschutztechnische Stellungnahme 67
5.4.4. Baumpflegearbeiten oder Bauarbeiten im Bereich der Fahrleitung 68
5.5. Erklärungen Dritter mit Übereinkunft 69
5.6. Erklärungen Dritter ohne Übereinkunft 69

6. Schnittstellen zum Bebauungsplan 70

7. Öffentlichkeitsbeteiligung 71

8. Durchführung der Baumaßnahme 73

9. Ergebnisse der Gutachten zu Umwelt, Luftschadstoffen und Lärm 74
9.1. Artenschutzpotentialabschätzung 74
9.2. Landschaftspflegerischer Begleitplan 75
9.3. Artenschutzrechtlicher Fachbeitrag 75
9.4. FFH-Vorprüfung für das Vogelschutzgebiet „Amöneburger Becken“ 75
9.5. Grundwasser und Oberflächengewässer 76
9.6. Anlagenbezogener Gewässerschutz 76
9.7. Boden 77
9.8. Sachgüter und kulturelles Erbe 77
9.9. Elektromagnetische Verträglichkeit 77
9.10. Gutachten zu den Luftschadstoffen 78

9.11. Schalltechnische Untersuchungen 79
9.12. Netzrückwirkungen der Gleichrichterunterwerke 80

10. Zusammenfassung der Beeinträchtigungen durch das Vorhaben 81

Revisions-nummer	Datum	Verfasser	Kommentar
-	09.02.2023	ARGE BOB Marburg IFB VI	Entwurf
0	24.04.2023	ARGE BOB Marburg IFB VI	Release
-	18.08.2023	ARGE BOB Marburg IFB VI	Integration Rückmeldungen aus Antragskonferenz
1	23.08.2023	ARGE BOB Marburg IFB VI	Freigabe
2	02.11.2023	DSK, DFB	Anpassungen gem. Vorgaben RP zur Einreichung Planfeststellungsantrag: - Unterschriftenblatt Pläne vom. 16.10.2023 - Hinweise zu Unterlagen 10, 10.1, 10.2, 15, 24 und 24.1 und zum Erläuterungsbericht in Rev. 1
3	07.07.2024	DSK, DFB; Simon & Widdig GbR	Anpassungen gem. Rückmeldungen ONB, TöB, DB AG und PLEDoc: - Unterwerksstandort SBF zu KAB verschoben - 2. Rettungsweg (Brandschutz) - Nachkartierung gefährdete Brutvogelarten in Hessen

1. Beschreibung der Maßnahme

1.1. Zusammenfassung

Der Stadtbusverkehr in der Universitätsstadt Marburg soll im Rahmen der Bemühungen zur Attraktivitätssteigerung und Klimaneutralität auf rein elektrische Antriebe umgestellt und mit einer entsprechenden Ladeinfrastruktur ausgestattet werden. Aufgrund der in Marburg vorliegenden Rahmenbedingungen in Verbindung mit den topographischen Gegebenheiten im Liniennetz zwischen dem Lahntal und der Lahnberge ist ein leistungsfähiger Stadtbusverkehr mit batterieelektrischen Oberleitungsbussen (BOB) angemessen. Das Oberleitungssystem stellt sowohl die notwendige Traktionsenergie, als auch die Energie für die Ladung der Batterien der Fahrzeuge zur Verfügung, damit sogenannte Batterieoberleitungsbusse in nicht elektrifizierten Abschnitten verkehren können. Das System wird als Batterieoberleitungsbussystem Marburg (BOB Marburg) bezeichnet.

Die baurechtliche Zulassung der Oberleitungsinfrastruktur für das Projekt BOB Marburg soll mittels eines Planfeststellungsverfahrens gemäß Personenbeförderungsgesetz (PBefG) erfolgen. Das vorliegende Dokument dient als Grundlage zur Herstellung der Genehmigungs- und Funktionsfähigkeit des für den BOB Marburg notwendigen Oberleitungssystems sowie zugehöriger Infrastruktur mittels einer vertieften Vorplanung. Ziel ist die Erlangung des Baurechts für diese Infrastruktur und die rechtliche Absicherung der späteren Nutzung dieser im Fahrbetrieb. Nach der Realisierung besteht ein betrieblich funktionierendes Gesamtsystem.

Die für den elektrischen Betrieb erforderliche Infrastruktur wird zum größten Teil auf Flächen errichtet, welche bereits zum öffentlichen Straßenraum gehören. Die Funktion dieser Flächen wird dabei grundsätzlich nicht geändert. Da die Baumaßnahmen umfangreich sein werden und auch zusätzliche Flächen temporär beansprucht werden, wird nach der allgemeinen Beschreibung des Vorhabens die Notwendigkeit und Zweckmäßigkeit der Maßnahmen erläutert sowie die verkehrlichen, betrieblichen und städtebaulichen Begründungen der Maßnahmen angegeben.

Die Rahmenbedingungen des derzeitigen und künftigen Busbetriebs bilden die Grundlage für die untersuchten Planvarianten. Diese sowie die relevanten Auswahlkriterien werden vorgestellt. Anschließend wird die ausgewählte Vorzugsvariante als Genehmigungsvariante beschrieben.

Die Oberleitung soll im Straßenraum der Neuen Kasseler Straße, des Ginseldorfer Weges, der Panoramastraße, Auf den Lahnbergen, der Großseelheimer Straße, der Zeppelinstraße, der Schwanallee und der südlichen Teile der Universitätsstraße realisiert werden. Die notwendigen Unterwerke sollen auf Grundstücksflächen des Landes Hessen, der Universitätsstadt Marburg, der DB Netz AG, der Sparkasse Marburg-Biedenkopf, der Gemeinnützigen Wohnungsbau GmbH Marburg-Lahn und einer WEG in Verbindung mit der Stadtwerke Marburg GmbH gebaut werden. Damit berührt das Vorhaben die öffentlich-rechtlichen Beziehungen zwischen den Trägern der Straßenbaulast und anderen Behörden/Institutionen sowie eine geringe Zahl von privat Betroffenen. In Bezug auf das Vorhaben wurden Planungs- und Untersuchungsleistungen durchgeführt, deren Ergebnisse in die Abwägung der geplanten Varianten, der Auswahl einer Genehmigungsvariante sowie in die Abwägung der dabei betroffenen Belange einfließen.

Die im Rahmen dieses Verfahrens vorgenommenen Untersuchungen haben gezeigt, dass das Vorhaben unter Beachtung der Belange der Betroffenen und der Umwelt zu keinen relevanten negativen Beeinträchtigungen führt. In verschiedenen Untersuchungsbereichen konnte sogar eine Verbesserung der aktuellen Situation nachgewiesen werden.

1.2. Beschreibung des Vorhabens

In der Universitätsstadt Marburg ist geplant, die derzeit hauptsächlich mit Diesel- und Erdgasbussen betriebenen Stadtbuslinien auf klimaneutrale Antriebe umzustellen. Bei Vorüberlegungen hat sich gezeigt, dass der Betrieb von Doppelgelenkbussen zur Kapazitätsausweitung als reine Batteriebusse aufgrund der topographischen Gegebenheiten in Marburg nicht vorteilhaft ist – diese Busse haben entweder zu geringe Antriebsleistung, um die starken Steigungen zu überwinden, oder eine zu geringe Reichweite. Für die Erschließung der Philipps-Universität Marburg auf den östlichen Lahnbergen aus dem Lahntal bzw. vom Südbahnhof aus sind nicht nur die Höhenunterschiede von ca. 180 m mit Steigungsstrecken bis zu 10%, sondern auch maßgeblich die geforderte Verkehrsleistung von mindestens 600 Fahrgästen pro Stunde herausfordernd.

Neben dem Einsatz von konventionellen Bussen mit Verbrennungsmotoren wurden mehrere alternative Verkehrsmittel im Vorfeld untersucht. Der Bau und Betrieb einer Seilbahn wurde ausgeschlossen, da die Seilbahn die Feinerschließung der universitären Einrichtungen auf den Lahnbergen ohne Einbindung weiterer Verkehrssysteme nicht leisten kann. Die durchgeführte Standardisierte Bewertung des Baus und des Betriebs einer Straßenbahn ergab ein negatives Nutzen-Kosten-Verhältnis und ist damit nicht förderfähig, d.h. für die Universitätsstadt Marburg finanziell nicht realisierbar. Untersucht wurde auch der Bau und Betrieb einer Oberleitungs-infrastruktur auf Teilen der befahrenen Linienwege beim Einsatz von Hybrid-Oberleitungs-bussen mit Batterien, auch Batterieoberleitungsbusse (BOB) genannt.

Im Auftrag des BMVI wurde durch das Fraunhofer Institut für System- und Innovations-forschung (ISI)/Karlsruhe in 2018 eine Teilstudie „Machbarkeitsstudie von HO-Busverkehr in Deutschland – am Beispiel Marburg und Trier“ erstellt [2]. In der Machbarkeitsstudie wurde gezeigt, dass ein Hybrid-Oberleitungsbussystem (synonym für BOB) die beschriebenen Anforderungen an ein zukünftiges Verkehrssystem auf der Relation Lahntal und Lahnberge betrieblich erfüllen kann und technisch und wirtschaftlich machbar ist. Aus diesem Grund waren sich das BMVI, der Magistrat der Universitätsstadt Marburg und die Stadtwerke Marburg GmbH darüber einig, dass der Bau und Betrieb eines Hybrid-Oberleitungsbussystems die effizienteste Lösung für die Erreichung der Klimaneutralität im Marburger Stadtbusverkehr ist.

Das geplante System wird im Folgenden als „Batterieoberleitungsbus Marburg“ (BOB Marburg) bezeichnet. Für den Betrieb des BOB Marburg ist der Bau und Betrieb von Infrastruktur erforderlich. Bei der geplanten Infrastruktur handelt es sich um:

- Fahrleitungsanlagen inkl. Masten und
- Energieversorgungsanlagen (Gleichrichterunterwerke, Erdkabeltrassen, Netzanschlüsse im Mittelspannungsnetz).

Beim Bau und Betrieb der Infrastruktur sind Betroffenheiten von Belangen Dritter (insbesondere Träger öffentlicher Belange) möglich. Dabei handelt es sich z. B. um die Umweltwirkungen, Schall, Eingriffe auf Gehwege, erdverlegte Versorgungsleitungen und Fahrbahnen. Die geplanten Eingriffe in die Belange Dritter müssen ermittelt und abgewogen werden.

Hinweis: Auch der Busbetriebshof muss mit zusätzlicher Infrastruktur ausgestattet werden. Ob der vorhandene Busbetriebshof entsprechend nachgerüstet werden kann oder der Bau eines neuen Betriebshofs notwendig ist, wird bereits parallel untersucht. Dieses Projekt ist un-abhängig vom hier beschriebenen Projekt BOB Marburg. Innerhalb des Projektes BOB Marburg werden lediglich Vorgaben (auf Basis der eingesetzten Fahrzeuge und des geplanten Betriebs) an den nachzurüstenden oder neu zu errichtenden Betriebshof bzgl. der Ausstattung festgelegt.

1.3. Rechtliche Einordnung des Vorhabens

In diesem Abschnitt erfolgt eine grundsätzliche rechtliche Einordnung des Vorhabens. Er enthält die sich daraus ergebende Rechtfertigung des Antrags auf Plangenehmigung oder Planfeststellung nach § 28 PBefG. Außerdem wird auf relevante technische Vorschriften verwiesen und die dafür zuständige Aufsichtsbehörde benannt.

1.3.1. Allgemeine rechtliche Einordnung

Durch die Verabschiedung des Investitionsbeschleunigungsgesetzes Ende 2020 hat der Gesetzgeber die Rechtslage erheblich modifiziert und den Bau von Oberleitungsbusanlagen grundlegend erleichtert.

Nach § 28 Abs. 1a Nr. 1 i. V. m. § 41 Abs. 1 PBefG ist die Errichtung einer Oberleitung nunmehr ohne Planfeststellungs- bzw. Plangenehmigungsverfahren zulässig. Damit geht der Gesetzgeber davon aus, dass die Errichtung von Oberleitungsanlagen grundsätzlich keine Rechte Dritter berührt. Anders als bei der Straßenbahn sind beim Oberleitungsbus auch keine weiteren baulichen Anlagen erforderlich, sodass damit die gesamte Anlage genehmigungsfrei errichtet werden könnte. Lediglich der Straßenbaulastträger muss zustimmen.

Anders als bei der Ausrüstung einer Schienenfernverkehrsstrecke ist auch keine allgemeine oder standortbezogene Vorprüfung nach dem Umweltverträglichkeitsprüfungsgesetz (UVPG) erforderlich. § 41 PBefG verweist nur auf §§ 28 ff. PBefG und nicht auf § 14a UVPG. Diese Vorschrift ist nach ihrem Wortlaut auf „Änderung eines Schienenwegs oder einer sonstigen Bahnbetriebsanlage nach den Nummern 14.7, 14.8 und 14.11 der Anlage 1“ begrenzt. Anlage 1 Nrn. 14.7 und 14.8 betreffen nur Eisenbahnen, Nr. 14.11 nur „Straßenbahnen, Stadtschnellbahnen in Hochlage, Untergrundbahnen oder Hängebahnen im Sinne des Personenbeförderungsgesetzes“, nicht aber Oberleitungsbusse. Da das UVPG für Oberleitungsbus - Systeme keine eigenständige Pflicht zur Umweltverträglichkeitsprüfung oder Umweltverträglichkeitsvorprüfung nach UVPG vorsieht, kann keine UVP-Pflicht festgestellt werden. Damit sind die Voraussetzungen von § 28 Abs. 1a S. 1 Nr. 1 i. V. m. § 41 PBefG immer erfüllt.

Folglich könnte eine Oberleitungsinfrastruktur für einen Oberleitungsbus, vorbehaltlich der Zustimmung des Straßenbaulastträgers, genehmigungsfrei errichtet werden.

Für den Betrieb von Bussen gilt das Personenbeförderungsgesetz. In § 2 Abs. 1 PBefG ist geregelt, dass für die Personenbeförderung mit Oberleitungsbussen (wie auch bereits mit „Kraftfahrzeugen im Linienverkehr“) eine Genehmigung erforderlich ist. Oberleitungsbusse im Sinne des PBefG sind gemäß § 4 Abs. 3 PBefG „elektrisch angetriebene, nicht an Schienen gebundene Straßenfahrzeuge, die ihre Antriebsenergie einer Fahrleitung entnehmen“. Die Batterieoberleitungsbusse (BOB), deren Einsatz in Marburg geplant ist, sind dieser Kategorie zuzuordnen. Genehmigungen werden gemäß § 9 Abs. 1 Punkt 2 PBefG für Linienführung und den Betrieb erteilt.

1.3.2. Rechtfertigung des Antrags gemäß §28 PBefG

Batterieoberleitungsbusse sind elektrisch angetriebene, nicht an Schienen gebundene Straßenfahrzeuge, die ihre Antriebsenergie einer Fahrleitung oder einer Batterie entnehmen. Für die Bereiche, die unter Fahrleitung zurückgelegt werden müssen, sind Batterieoberleitungsbusse entsprechend als Obusse im Sinne des Personenbeförderungsgesetzes zu interpretieren. Artikel §41 PBefG des Anhangs „Verkehr mit Obussen“ aus dem Teil III „Sonderbestimmungen für die einzelnen Verkehrsarten“ verweist bei dieser Verkehrsart auf die entsprechenden Paragraphen der Verkehrsart Straßenbahn. Der Gesetzgeber hat mit der Änderung des Personenbeförderungsgesetzes vom 03.12.2020

die Möglichkeiten geschaffen, dass es bei der Ausstattung von Bahnstrecken bei Straßenbahnen mit einer Oberleitung keiner vorherigen Planfeststellung oder Plangenehmigung bedarf, sofern keine Pflicht zur Durchführung einer Umweltverträglichkeitsprüfung besteht. Das Vorhaben BOB Marburg soll durch ein transparentes und rechtssicheres Genehmigungsverfahren abgesichert werden. Daher wird die Feststellung des Planes nach §28 PBefG Abs. 1 Satz 1 für dieses Vorhaben beantragt. Der angestrebte Planfeststellungsbeschuss soll in der Vorhabenzulassung alle anderen zur Durchführung des Vorhabens erforderlichen behördlichen Entscheidungen, insbesondere öffentlich-rechtliche Genehmigungen, Erlaubnisse, Bewilligungen, Zustimmungen und die Planfeststellung umfassen.

1.3.3. Anwendung von §17 BNatSchG

Da die Maßnahme der behördlichen Genehmigung bedarf, kommen zusätzlich § 17 Abs. 1 und 3 Bundesnaturschutzgesetz (BNatSchG) zur Anwendung. Im Falle von Marburg hat das Regierungspräsidium Gießen die für die Erfüllung von §15 BNatSchG notwendigen Entscheidungen im Benehmen mit der unteren Naturschutzbehörde Marburg als zuständige Behörde für Naturschutz und Landschaftspflege, soweit nicht eine weiter gehende Form der Beteiligung vorgeschrieben ist oder das Regierungspräsidium Gießen selbst für Naturschutz und Landschaftspflege zuständig ist, zu treffen.

1.3.4. Technische Aufsichtsbehörde, Vorschriften und Beteiligung Betriebsleiter

Gemäß § 57 Abs. 1 PBefG werden zusätzlich Vorschriften bzgl. der „Anforderungen an Bau und die Einrichtungen der Betriebsanlagen und Fahrzeuge sowie deren Betriebsweise“ erlassen. Im Falle des Projekts BOB Marburg ist die dafür zuständige technische Aufsichtsbehörde (TAB) das Regierungspräsidium Darmstadt.

Für den Bau und den Betrieb von Oberleitungsbussen und dem Fahrleitungsnetz sowie der zugehörigen Einrichtungen sind zusätzlich normative Vorgaben (u. a. technischer Art) zu berücksichtigen. Diese Normen sind in Unterlage (20.2) zusammengestellt.

Der derzeitige Betriebsleiter nach BOKraft (Herr Wolfgang Otto, wolfgang.otto@swmr.de) war Teil der auftraggeberseitigen Projektgruppe zur Erstellung der Genehmigungsunterlagen und während der gesamten Projektlaufzeit stets aktiv beteiligt. Im Rahmen der Umsetzung des Vorhabens wird bei dem Bau der Betriebsanlagen sowie der Beschaffung von Fahrzeugen der Betriebsleiter gemäß §4 Abs. 2 BOKraft gleichfalls aktiv beteiligt werden.

1.4. Kontext des Vorhabens

1.4.1. Stadtbusnetz in Marburg, topographische Rahmenbedingungen

Das Marburger Stadtbusnetz besteht derzeit aus 21 Stadtbuslinien. Es ist gekennzeichnet durch eine ca. 3,7 km lange Hauptachse im Lahntal in Nord-Süd-Richtung vom Hauptbahnhof über die Umfahrung der Elisabethkirche bis hin zur Zeppelinstraße bzw. dem Südbahnhof. Diese Hauptachse wird derzeit von 15 Stadtbuslinien mindestens teilweise befahren. Auch die Linien 7 und 27 befahren die genannte Hauptachse. Sie dienen (derzeit zusammen mit der Linie 2) zudem einer Ringerschließung des Campus Lahnberge. Das restliche Stadtbusnetz ordnet sich im Wesentlichen der Hauptachse unter und besteht aus sternförmigen Erschließungen peripher liegender Stadtteile.

Die beschriebene Aufteilung des Busnetzes in eine Hauptachse, eine Ringerschließung und sternförmige Erschließungen anderer Stadtteile, liegt in den topografischen Gegebenheiten

der Universitätsstadt Marburg begründet. Die Stadt liegt im Lahntal zwischen zwei Höhenzügen. Im Osten erstrecken sich die Lahnberge mit dem Campus auf einer Höhe von bis zu 370 m ü. NN, außerdem ist der bis zu etwa 300 m ü. NN gelegene Stadtteil Richtsberg und der bis zu etwa 260 m ü. NN gelegene Stadtteil Cappeln erschlossen. Im Westen sind Stadtteile in der Nähe der Berge Hasenkopf und Vogelheerd, ebenfalls bis zu einer Höhe von 370 m ü. NN, und weitere etwas niedriger gelegene Stadtteile angebunden. Die beschriebene Hauptachse verläuft im Tal der Lahn auf 180 bis 190 m ü. NN. Das bedeutet, dass sowohl für die Ringerschließung des Campus Lahnberge als auch für die genannten sternförmigen Erschließungen Höhenunterschiede von bis zu 180 m überwunden werden müssen.

Die Abbildung 1.1 zeigt einen zentralen Ausschnitt des Liniennetzplans des Jahres 2022, auf dem die genannte Hauptachse und die Erschließung des Campus Lahnberge dargestellt sind.

Abbildung 1.1:Liniennetzplan des Stadtbusverkehrs, Version 2022 [6], Ausschnitt

1.4.2. Aktuelle und zukünftige Entwicklung der Passagierzahlen

Die Abbildung 1.2 zeigt das tägliche Fahrgastaufkommen im Stadtbusverkehr, ermittelt in einer Untersuchung aus dem Jahr 2015. Es ist deutlich zu erkennen, dass sich der Schwerpunkt des Fahrgastaufkommens im Stadtverkehr der Universitätsstadt Marburg auf der Hauptachse im Lahntal und der Stadtbuserschließung des Campus Lahnberge befindet.

Zurzeit pendeln täglich mehr als 10.000 Menschen auf den Campus Lahnberge, davon befördern die Stadtbuslinien 7 und 27 zwischen 6.000 bis 8.000 Menschen [9]. Diese Zahlen werden mit dem Aus- und Neubau an klinischen und universitären Einrichtungen auf dem Campus Lahnberge noch weiter anwachsen.

Abbildung 1.2: Fahrgastaufkommen im Liniennetz des Stadtbusverkehrs (Quelle: [9])

1.4.3. Zukünftige Linienführung der Linien 2, 7 und 27

Parallel zu der durchgeführten Untersuchung wird ein zukünftiger Nahverkehrsplan für Marburg entwickelt. Dieser sieht keine Änderungen an der grundsätzlichen Organisation des Busnetzes vor. Er sieht jedoch unter anderem im Stadtgebiet veränderte Linienführungen einiger Buslinien vor. Der Entwurf des Nahverkehrsplans mit Stand vom Januar 2022 [10] dient als Grundlage für die Entwicklung des BOB-Systems.

In der Machbarkeitsstudie [2], auf der die Vorplanung aufgebaut ist, wurde die Elektrifizierung der Linien 2 und 7 initial untersucht. Gemäß dem Entwurf der Nahverkehrsplanung vom Januar

2022 [10] verläuft die Linie 2 von Cappel kommend ab der Gutenbergstraße nicht mehr weiter in Richtung Hauptbahnhof. Stattdessen übernimmt sie ab dort den derzeitigen Verlauf der Linie 8 und fährt über die Weidenhäuser Brücke bis zur Georg-Voigt-Straße durch Ortenberg und schließlich bis zur Sankt-Martin-Straße.

- Linie 2: Cappeler Gleiche – Südbahnhof – Wilhelmsplatz – Erlenring – Georg-Voigt-Straße – Schützenstraße – Alte Kasseler Straße – Sankt-Martin-Straße

Mit der veränderten Linienführung der Linie 2 verläuft diese nur zu einem geringen Teil entlang der Abschnitte mit geplanter Oberleitung (siehe Kapitel 1.3). Daher wird die Linie 2 in der hier durchgeführten Planung für das BOB-System nicht weiter berücksichtigt.

Die Linie 7 verläuft weitgehend wie derzeit aktuell, nur dass zwischen dem Universitätsklinikum und dem Botanischen Garten die neue Umweltstraße über den Campus Nord befahren wird.

- Linie 7: Hauptbahnhof – Rudolphsplatz – Wilhelmsplatz – Südbahnhof – Großseelheimer Str. – Campus Nord – Universitätsklinikum

Die Linie 27 wurde bei der Erstellung der Machbarkeitsstudie [2] nicht berücksichtigt. Sie verläuft aktuell und nach derzeitigem Stand auch zukünftig auf einem Rundkurs vom Hauptbahnhof durch die Innenstadt zum Universitätsklinikum und auf der Panoramastraße zurück zum Hauptbahnhof. Im südlichen Bereich ist der Verlauf der Linie 27 deckungsgleich mit dem der Linie 7. Vom Universitätsklinikum aus verläuft die Linie 27 dann weiter nördlich über Studentendorf, Ginseldorfer Weg und die Zimmermannstraße zurück zum Hauptbahnhof.

- Linie 27: Hauptbahnhof – Rudolphsplatz – Wilhelmsplatz – Südbahnhof – Großseelheimer Str. – Campus Nord – Universitätsklinikum – Ginseldorfer Weg – Hauptbahnhof

Aufgrund dieser Linienführung wird die Linie 27 in der weiteren Planung neben der Linie 7 für das BOB-System berücksichtigt. Abbildung 1.3 stellt den Verlauf der Linien 7 und 27 grafisch dar.

Abbildung 1.3:Verlauf der Linien 7 und 27 nach Stand 01/2022 des Nahverkehrsplans [10]

1.5. Lage des Vorhabens

Das Vorhaben erstreckt sich auf die in der Planunterlagen „Übersichtskarte“ (Unterlage (2)) dargestellten Verkehrsflächen der Baulastträger Universitätsstadt Marburg und Hessen Mobil – Straßen- und Verkehrsmanagement.

Für den Betrieb der elektrifizierten Stadtbuslinien sind die Linien 7 und 27 vorgesehen. Auf den Strecken der Linien 7 und 27 sind unterschiedlich lange Oberleitungsabschnitte geplant. Auf den Bergstrecken und in der Innenstadt sind jeweils zwei zu elektrifizierende Teilstrecken erforderlich. Die elektrifizierten Teilstrecken werden generell zweispurig überspannt.

In der Tabelle 1.1 sind die zu elektrifizierenden Teilstrecken der Stadtbuslinien 7 und 27 mit der jeweiligen Länge, deren Ausbauumfang und der jeweiligen Topografie aufgeführt.

Tabelle 1.1: Vorgesehene Oberleitungsabschnitte im Stadtbusverkehr der Universitätsstadt Marburg

von:	nach:	Länge:	Umfang:	Topografie:
Ginseldorfer Weg (GINS)	Klinikum (KLIN)	Ca. 4.400 m	zweispurig	Bergstrecke
Südbahnhof (SBF)	Botanischer Garten (BOTG) Abzweig zur Konrad-Adenauer-Brücke (KAB)	Ca. 4.100 m Zusätzlich 100 m	zweispurig	Bergstrecke

von:	nach:	Länge:	Umfang:	Topografie:
Zimmermannstraße (ZIM)	Schlosserallee (SCLO)	Ca. 450 m	zweispurig	Innenstadt
Gutenbergstraße (GUT)	Frankfurter Straße (FRST)	Ca. 1.600 m	zweispurig	Innenstadt
Oberleitungsstrecke gesamt:		**Ca. 10.650 m**		

Die Anlagenkomponenten des Oberleitungssystems werden sich im Verkehrsraum der folgenden bestehenden Straßen in der Universitätsstadt Marburg befinden:

- Neue Kasseler Straße
- Ginseldorfer Weg
- Panoramastraße
- Auf den Lahnbergen
- Großseelheimer Straße
- Zeppelinstraße
- Frauenbergstraße (am Südbahnhof)
- Schwanallee
- südliche Universitätsstraße

An insgesamt acht Standorten sind Gleichrichterunterwerke (GUW) zur Versorgung der Fahrleitungsanlagen geplant. Damit werden Flächen in Anspruch genommen, sowohl dauerhaft als auch temporär, um die Anlagen bauen und warten zu können. Des Weiteren müssen Kabel zur Versorgung der GUW aus den Mittelspannungsnetz des Netzbetreibers Stadtwerke Marburg GmbH sowie von den GUW zu den Fahrleitungsanlagen verlegt werden. Die geplanten Standorte sind:

- Panoramastraße
- Auf den Lahnbergen
- Alte Feldfabrik
- Konrad-Adenauer-Brücke
- Amtsgericht Marburg
- Hauptbahnhof
- Brüder-Grimm-Str.
- Ginseldorfer Weg

In der Abbildung 1.4 ist eine Übersicht über das Vorhaben dargestellt. Die Haltestellennamen zu den auch in der Abbildung 1.4 verwendeten betrieblichen Kürzeln sind in Tabelle 1.2 aufgeschlüsselt.

Abbildung 1.4:Übersicht über geplante Einrichtungen (Genehmigungsvariante)

Tabelle 1.2: Haltestellen und betrieblich verwendete Kürzel

Betrieblich verwendetes Kürzel	Name der Haltestelle
SBF	Südbahnhof
HBF	Hauptbahnhof
KANT	Kantstraße
HOEL	Hölderlinstraße
GUT	Gutenbergstraße
GINS	Ginseldorfer Weg
KLIN	Klinikum
BOTG	Botanischer Garten
SCLO	Schlosserstraße
FRST	Frankfurter Straße
KAB	Konrad-Adenauer-Brücke
ZIM	Zimmermannstraße

1.6. Ausführung des Vorhabens

Die Elektrifizierung der topographisch anspruchsvollen und gleichzeitig stark frequentierten Stadtbuslinien 7 und 27 kann effizient nur mittels Vorhaltung einer Oberleitungsinfrastruktur (als System zum Laden der Akkumulatoren (im umgangssprachlichen Gebrauch als Batterien bezeichnet) und zur direkten Versorgung der Fahrzeuge bei Bergfahrt) realisiert werden. Der Probebetrieb von batteriebetriebenen Bussen und eine Machbarkeitsstudie des Fraunhofer ISI [2] haben gezeigt, dass ein sicherer Betrieb, insbesondere auch mit Doppelgelenkbussen, auf den seinerzeit untersuchten Linien 2 und 7 die Ladung über eine Oberleitung und die Versorgung an Steigungsstrecken bedingt.

Das Oberleitungssystem besteht aus Fahrleitungsmasten in einem Regelabstand von ca. 20 bis 30 m. Diese tragen an einem Seil-Quertragwerk oder an einem Rohrschwenkausleger (aus Metall oder GFK) den Fahrdraht aus Kupfer. Die Oberleitungstechnik basiert auf international etablierten Standards, ist jahrzehntelang erprobt und technisch bewährt. Die Bauwerke, aus denen das Oberleitungssystem besteht, sind im Wesentlichen oberirdisch platziert und jederzeit demontier- und in großen Teilen recycelbar.

Die Oberleitungsinfrastruktur soll nur auf ausgewählten Teilstrecken und nur im Straßenraum errichtet werden. Ebenso soll komplett auf Ab- und Überspannungen privater Grundstücke verzichtet werden. Die partielle Ausgestaltung dient außerdem der Minimierung der optischen Beeinträchtigung der Straßenansicht, der Reduktion von komplexen Kreuzungs- und Weichenkonstruktionen, der Berücksichtigung von ästhetischen Anforderungen an das Stadtbild und der Konzentration des Bauvorhabens auf das zwingend notwendige Bauvolumen. Dadurch wird eine filigrane Ausführung der Oberleitungsinfrastruktur im Straßenraum erreicht.

Bei der Vertiefung der durch die Machbarkeitsstudie [2] durchgeführten Untersuchungen wurde der aktualisierte Nahverkehrsplan [10] berücksichtigt, der eine Linienverlegung vorsieht. Aus diesem Grund werden im Folgenden die Linien 7 und 27 betrachtet (siehe Kapitel 1.4.3). Innerhalb von einer der untersuchten Planvarianten wurden die in der Machbarkeitsstudie getroffenen Annahmen weitestgehend übernommen. Es wurden zudem weitere Ausschlussbedingungen, welche sich zu im Lauf der vertieften Vorplanung ergeben haben, z. B. aufgrund statischer Bedenken von einigen Brücken, berücksichtigt.

Im Rahmen von dynamischen Simulationsrechnungen des Fahrbetriebs und der Energieversorgung hat sich gezeigt, dass die Aussage aus der Machbarkeitsstudie [2], auf den Bergstrecken würde für das BOB-System eine einspurige Oberleitung genügen, nicht zutrifft. Dies ist darin begründet, dass das System auch unter den Ausfallbedingungen eines Unterwerks (sogenannter (n-1)-Betrieb) ohne Fahrbetriebseinschränkungen funktionieren soll. In der untersuchten Planvariante 2, welche der initialen Machbarkeitsstudie am nächsten kommt, ist die Nachladung der Busse nicht ausreichend, um diese in den folgenden Abschnitten ebenfalls ohne Fahrdraht verkehren zu lassen. Zudem reicht aufgrund der hohen, für die Bergfahrten erforderlichen spezifischen elektrischen Leistung der Querschnitt einer einspurigen Oberleitung nicht aus, sodass diese auch verstärkt werden muss. Es gibt eine funktionsfähige Planvariante mit einspuriger Oberleitung, jedoch ist diese aus Gründen der wirtschaftlichen Bewertung in der Vorauswahl entfallen. Die Genehmigungsvariante sieht die zweispurige Elektrifizierung auf den Bergstrecken vor.

Abbildung 1.5 zeigt eine Straßenansicht mit zweispuriger Oberleitung im Innenstadtbereich.

Abbildung 1.5: Oberleitung (zweispurig ausgebaut) und batteriebetriebener Oberleitungsbus (Fahrtrichtung Wilhelmsplatz) in der Schwanallee (Quelle: Stadtwerke Marburg GmbH)

1.7. Begründung des Fahrzeugeinsatzes

Wie in Kapitel 1.4 dargelegt, stellt die besondere topografische Situation Marburgs für den städtischen Verkehrsbetrieb eine Herausforderung dar. Außerdem ist die Steigerung der Beförderungskapazität notwendig (siehe dazu ebenfalls Kapitel 1.4). Aktuell werden pro Tag ca. 10.000 Fahrgäste zu den Lahnbergen befördert. Erforderlich ist dafür ein Verkehrsmitteleinsatz, der in der Verkehrsspitze mindestens 600 Fahrgäste pro Stunde befördern kann. Dieses Angebot muss aufgrund der immer knapper werdenden Verfügbarkeit von Busfahrer:innen mit möglichst geringem Personalaufwand erreicht werden. Daraus ergibt sich die Notwendigkeit, die Gefäßgröße (also die Beförderungskapazität pro Fahrzeug) zu erhöhen.

Um den beschriebenen hohen Anforderungen an die Beförderungskapazität und die Topographie zu genügen, wurden vorab Untersuchungen durchgeführt, welche im Unterkapitel 1.7.1 beschrieben sind. Diese Untersuchungen fanden im Jahr 2018 statt. Zwischenzeitlich wurde die Batterietechnik zwar weiterentwickelt, was Auswirkungen auf die Untersuchungsergebnisse hat. Dennoch ändert sich an den Grundaussagen der früheren Voruntersuchungen nichts; dies ist in Kapitel 1.7.2 beschrieben.

1.7.1. Voruntersuchungen zum Einsatz von Batterieoberleitungsbussen

In den Jahren 2015 bis 2018 wurden Untersuchungen durchgeführt, um für die o.g. Anforderungen eine geeignete technische Lösung zu finden. Neben dem Einsatz von konventionellen Bussen wurden die folgenden Vorschläge unterbreitet:

1. Bau und Betrieb einer Seilbahn
2. Bau und Betrieb einer Straßenbahn
3. Bau und Betrieb einer Oberleitungsinfrastruktur und Einsatz von Hybrid-Oberleitungsbussen

Die Machbarkeit des Baus und Betriebs einer Seilbahn in Marburg wurde in zwei indikativen Angeboten an den Magistrat der Universitätsstadt Marburg als gegeben beschrieben. Allerdings löst die Seilbahn nicht die Aufgabe der Feinverteilung der Fahrgäste zu den Instituten und den Klinikstandorten auf den Lahnbergen. Deshalb kann neben der Seilbahn auf ein zusätzliches ÖPNV-Angebot nicht verzichtet werden, welches z.Zt. in Form eines Busverkehrs aufgebaut werden müsste. Damit ist ein Seilbahnsystem alleine für die Marburger Anforderungen nicht geeignet.

In einer von der Universitätsstadt Marburg finanzierten Untersuchung zur Machbarkeit einer Straßenbahn [9] werden die Kosten für einen Bau einer Straßenbahn vom Südbahnhof bis zum Uni-Klinikum auf den Lahnbergen im Vergleich zu dem Nutzen für „unverhältnismäßig“ gehalten. Der ermittelte Kosten-Nutzen-Wert dieser Straßenbahn liegt unter 1 und demnach ist eine finanzielle Förderung des Vorhabens „nicht zu erwarten“. Ohne Förderung ist der Bau und Betrieb einer Straßenbahn für die Universitätsstadt Marburg finanziell nicht leistbar, so dass auch dieser Lösungsvorschlag verworfen werden musste.

Angeregt durch die Ergebnisse der im Auftrag des BMVI durch das Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR, Institut für Verkehrsforschung) / Berlin in 2015 durchgeführten Studie „Potenziale des Hybrid-Oberleitungsbusses als effiziente Möglichkeit für die Nutzung erneuerbarer Energien im ÖPNV“ [3] wurde das BMVI gebeten eine entsprechende Machbarkeitsstudie in Auftrag zu geben. Diese im Auftrag des BMVI durch das Fraunhofer Institut für System- und Innovationsforschung (ISI)/Karlsruhe in 2018 erstellte Machbarkeitsstudie [2] hat für den Hybrid-Oberleitungsbus (d.h. den Batterieoberleitungsbus) in Marburg nachgewiesen, dass ein elektrifizierter, straßengebundener Verkehr das Beförderungsproblem für den Bereich Lahnberge lösen kann.

In dieser Studie [2] wurden Batteriebusse und Batterieoberleitungsbusse hinsichtlich der Beförderungskapazitäten und der betrieblichen Verfügbarkeit verglichen. Bei den o.g. Anforderungen an die Beförderungskapazität in den Verkehrsspitzen ist der Einsatz von möglichst großen Fahrzeugen, wie z.B. von 24-m-Anhängerzügen oder von Doppelgelenkbussen, erforderlich. Die Auswertungen des Energiebedarfs dieser Fahrzeuge hat ergeben, dass eine betrieblich sinnvolle Reichweite mit batterie-elektrischen Fahrzeugen aufgrund der Topografie in Marburg nicht gegeben ist. Eine technische Option, um Fahrzeuge mit großer Kapazität in Marburg elektrisch wirtschaftlich zu betreiben, ist der Bau einer Oberleitung auf Teilstrecken der stark frequentierten Linien. Die dort verkehrenden Busse können während der Fahrt sowohl die Energie für die Traktion entnehmen, als auch eine kleine und leichte Batterie nachladen. Diese Batterie dient der Überbrückung von Strecken, die z.B. aus Denkmalschutzgründen nicht mit Oberleitung überspannt werden sollten oder zur Weiterfahrt bei Umleitungen.

Aus diesen Gründen waren sich seinerzeit das BMVI, der Magistrat der Universitätsstadt Marburg und die Stadtwerke Marburg GmbH darüber einig, dass der Bau und Betrieb eines Hybrid-Oberleitungsbussystems die effizienteste Lösung für die Erreichung der Klimaneutralität im Marburger Stadtbusverkehr ist. Die hier vorliegende vertiefte Vorplanung zur Erlangung der Genehmigungsfähigkeit des BOB-Systems in Marburg erfolgt auf dieser Grundlage. Sie wird von der Universitätsstadt Marburg und der Stadtwerke Marburg GmbH unterstützt sowie durch das BMDV gefördert.

1.7.2. Ausblick auf zukünftige Entwicklungen bei Batteriespeichern

Die Batterietechnik wurde seit den initialen Untersuchungen derart weiterentwickelt, dass die Reichweite bei gleichbleibender Masse der Batterie signifikant erhöht werden konnte. Es wird seitens der Hersteller erwartet, dass die Reichweite in Zukunft so weit erhöht werden kann, dass die Busse die am Tag zu fahrenden Kilometer mit einer einzigen Batterieladung zurücklegen können. Aus diesem Grund könnten die Notwendigkeit und der Nutzen einer Fahrleitungsanlage zur Nutzung durch BOB-Fahrzeuge fraglich erscheinen. Im Folgenden

wird dargelegt, weshalb die Oberleitung für das Stadtbussystem in Marburg weiterhin notwendig und nutzbringend ist.

Die für den Einsatz vorgesehenen Doppelgelenkbusse sind für ein Gesamtgewicht von bis zu bis 39 t zugelassen. Die Fahrzeuggröße erfordert aufgrund der topographischen Verhältnisse eine hohe installierte Motorleistung und zudem eine Hilfsbetriebeleistung von in der Spitze bis zu 63 kW. Aufgrund dieser beiden Umstände ergibt sich für einen Doppelgelenkbusumlauf auf der Linie 27 ein spezifischer Energiebedarf von ca. 6 kWh/km bei voller Zuladung und Heizleistung. Selbst bei verringerter Zuladung und Heizleistung beträgt ein typischer zu erwartender mittlerer Energiebedarf mindestens ca. 3,5 kWh/km.

Je mehr Batteriepacks verbaut werden, desto höher wird der spezifische Energiebedarf je Passagier und Kilometer bzw. der Nutzwert der verfügbaren Energie sinkt. In der Bewertung der Lebenszykluskosten wird unter anderem damit die Kostenkomponente für den Energiebedarf bei reinen Batteriebussen über die Lebensdauer so viel größer, dass die Investitionen in die Errichtung einer Fahrleitungsanlage und die Kosten für den Betrieb des fahrleitungsgebundenen Systems mit längerer Fahrleitung in der ganzheitlichen Betrachtung wirtschaftlicher ausfallen, als bei einem reinen batterieelektrischen Fahrzeugbetrieb (siehe Quelle [1]).

Ein weiterer Nachteil des Depotladers ist die vergleichsweise hohe Ladeleistung, die über mehrere Stunden zur Verfügung gestellt werden muss, um die Batterie wieder aufzuladen. Für eine schnelle Nachladung (d. h. innerhalb von 4 h) müssen durchschnittlich bis zu 300 kW Ladeleistung pro Bus zur Verfügung gestellt werden, was bei Umstellung aller Busse auf einen batterieelektrischen Antrieb hohe Anforderungen an die Energieversorgung im Betriebshof stellt. Bei Reduktion der Ladeleistung verlängern sich die Ladezeiten entsprechend. Der BOB entnimmt die für den Betrieb notwendige Leistung über den Tag verteilt aus dem Energieversorgungsnetz. Die zu installierende Leistung der an der Strecke bzw. im Betriebshof vorgesehenen Unterwerke beträgt lediglich 1 MW. Dieser Zusammenhang ist von der Weiterentwicklung von Speicher- und Nachladetechnologien unabhängig.

Busse mit einer installierten Batteriekapazität von ca. 98 kWh könnten auch an Endhaltestellen (z. B. am Hauptbahnhof) nachgeladen werden (Betriebsmodus Gelegenheitslader). Aufgrund des hohen Energiebedarfs muss eine Batterie dieser Kapazität jedoch bereits nach jeder einzelnen Linienfahrt der Linie 27 aufgeladen werden. Bei einer angenommenen Ladeleistung von ca. 135 kW (das Maximum für den in [5] vorgestellten Batterietyp) wäre eine Zeit von ca. 45 Minuten für eine volle Batterieladung notwendig (unter Vernachlässigung der nichtlinearen Ladeleistungskurve der Batterie in Abhängigkeit des SoC). Auch in diesem Beispiel ergibt sich damit ein zusätzlicher Fahrzeugbedarf und ein höherer Bedarf an Personal und Stellflächen. Eine Batterie mit größerer Kapazität wäre wiederum voluminöser und schwerer und würde zwar die Anzahl der Ladevorgänge verringern, aber dafür je nach möglicher Ladeleistung ggf. längere Ladezeiten und entsprechend noch mehr Fahrzeuge, Personal und Stellflächen erfordern. Diese Zusatzaufwände sind bei der Verwendung eines BOB nicht notwendig, da die Batterien gemittelt über einen Umlauf genauso viel Energie über die Oberleitung zugeführt bekommen, wie sie während der Fahrt auf den fahrdrahtfreien Abschnitten benötigen. Mit BOB-Fahrzeugen sind keine zusätzlichen Stillstandszeiten zum Laden der Batterien erforderlich. Stattdessen kann mit diesen Fahrzeugen kontinuierlich ohne Einschränkungen 24/7 gefahren werden, was den Fahrpersonalbedarf und den Aufwand an Fahrzeugen und Stellflächen auf geringstem Niveau hält.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass die Realisierung eines Oberleitungssystems aufgrund der hohen Leistungsanforderungen in Bezug auf Transportaufkommen und Streckentopologie für die Anwendung in Marburg, zahlreiche technische, wirtschaftliche und ökologische Vorteile im Vergleich der elektrisch betriebenen Bussysteme bietet, die durch erwartbare Batterieentwicklungen auch mittelfristig weiter Bestand haben werden.

1.8. Notwendigkeit des Vorhabens

Die Stadt der Zukunft ist frei von unnötigen Lärmemissionen und klimaneutral, und die Verkehrsmittelwahl hat sich vom Individualverkehr zum öffentlichen Nahverkehr verschoben. Zur Umsetzung dieses Ziels hat sich die Universitätsstadt Marburg entschieden einen innovativen elektrifizierten Stadtbusverkehr, der auf den Einsatz fossiler Brennstoffe verzichtet und lärmarme Antriebe verwendet, bis zum Jahr 2030 zu realisieren.

Bereits aufgrund der Entwicklungen der Fahrgastzahlen aktuell und in naher Zukunft (siehe Kapitel 1.4) müssen die Beförderungskapazitäten angepasst werden. Gemäß des zukünftigen Nahverkehrsplans soll die Erschließung des Campus auf den Lahnbergen vorrangig mit den Buslinien 7 und 27 erfolgen, welche die Hauptlast der Beförderungsleistung tragen sollen. Die Notwendigkeit des zukünftigen Betriebs der Stadtbuslinien 7 und 27 mit Doppelgelenkbussen ist absehbar.

Wie in Kapitel 1.7 beschrieben, folgt aus der Notwendigkeit des Einsatzes großer Fahrzeuge auf den Linien 7 und 27 auch die Notwendigkeit, diese Linien mit einem BOB-System zu betreiben. Dieses System bietet die notwendige Leistung bei geringstem Aufwand an Fahrpersonal und Fahrzeugen mit entsprechend niedrigen Betriebskosten.

1.9. Zweckmäßigkeit des Vorhabens

Wie in Kapitel 1.7 dargelegt, erfüllt die Strategie, batterieelektrische Busse auf ausgewählten Teilstrecken mittels Oberleitung während der Fahrt nachzuladen, alle Anforderungen an einen sauberen, effizienten, flexiblen, leistungsfähigen und robusten Nahverkehr.

Die Ausstattung von einem Teil der innenstädtischen Hauptachse sowie Teilen der Ringerschließung des Campus Lahnberge mit einem Oberleitungssystem ermöglicht dessen zweckmäßige Nutzung. Die Busse der Linien 7 und 27 können auf der Hauptachse die Batterien nachladen und für die anspruchsvollen Bergfahrten der Ringerschließung direkt aus der Oberleitung mit Energie versorgt werden. Für die Fahrt ohne Fahrleitung in der historischen Innenstadt sowie auf dem restlichen, nicht mit Fahrleitung überspannten Streckennetz (inkl. Umleitungen, etc.) kann dann die Energie aus den geladenen Batterien genutzt werden.

Die Batterien von BOB werden während der Fahrt nachgeladen, sodass im Vergleich zu reinen Batteriebussen keine zusätzlichen Stillstandszeiten als Ladezeiten in den Fahrplänen berücksichtigt werden müssen. Damit ist der Aufwand an Fahrzeugen und Fahrpersonal bezogen auf die Beförderungskapazität beim BOB-System geringer als bei der Verwendung von reinen Batteriebussen.

Das BOB-System ermöglicht in den Fahrzeugen den Einsatz von Batterien mit geringerer Batteriekapazität gegenüber rein batteriebetriebenen Fahrzeugen (insbesondere Depotladern). Damit kann der Bedarf an Batteriematerialien minimiert werden; zudem wird die Passagierkapazität nicht durch die Einbaumaße und die Masse der Batterien limitiert. Die Busse entnehmen unter Fahrleitung die für die Traktion benötigte Leistung direkt aus dieser, was einen höheren Wirkungsgrad bietet als die Entnahme der Energie aus der Batterie in diesem Bereich.

Für den Betrieb von Gelegenheitsladepunkten im Liniennetz wäre abhängig von der notwendigen Ladeleistung an den Endhaltestellen und der verfügbaren Anschlussleistung des Mittelspannungsnetzes des Stromnetzbetreibers ggf. eine Verstärkung des Mittelspannungsnetzes notwendig, wenn eine Verlegung der Endhaltestellen nicht möglich ist. Die Oberleitungsabschnitte des BOB-Systems können flexibel auf dem Linienweg in Bereichen geplant werden, wo bereits leistungsfähige Anschlusspunkte an das Mittelspannungsnetz vorhanden oder in unmittelbarer Nähe sind. Die für die Linien 7 und 27 geplanten Anlagen erfordern deshalb keine teure Verstärkung des Mittelspannungsnetzes, sondern lediglich kurze neue Kabelstrecken.

Die Oberleitung auf der von vielen weiteren Buslinien befahrenen Hauptachse kann in Zukunft auch von diesen zur Nachladung der Batterien während der Fahrt genutzt werden, sofern die dort eingesetzten Fahrzeuge ebenfalls mit Stromabnehmern und der Möglichkeit zur Nachladung der Batterien während der Fahrt ausgerüstet sind. Zu diesem Zweck werden die elektrischen Anlagen auf der Hauptachse bereits im Rahmen dieser Maßnahme genügend groß dimensioniert. Diese möglichen Synergieeffekte tragen zur Zweckmäßigkeit der hier geplanten Maßnahme bei.

1.10. Verkehrliche Begründung des Vorhabens

Das Einzugsgebiet der Linien 7 und 27 umfasst im fußläufigen Bereich (300 m Radius um die Haltestellen) rund 15.000 Einwohner. Darüber hinaus pendeln nahezu 10.000 Menschen auf dieser Linienstrecke zu den vorwiegend universitären und klinischen Einrichtungen.

Durch den Einsatz von Doppelgelenkbussen kann die Beförderungskapazität des ÖPNV-Angebots bei gleichem Personalaufwand erheblich gesteigert werden. Diese Fahrzeuge bieten bis zu 200 Passagieren Platz und sind damit vergleichbar mit der Leistungsfähigkeit einer Straßenbahn. Diese Kapazitätssteigerung ist angesichts der Forderungen nach einer Verkehrswende und zur Befriedung der seit längerem bestehenden Kundenwünsche nach mehr Beförderungsleistung zwingend notwendig.

Wie im Kapitel 1.8 dargelegt, ist aufgrund der hohen Masse der Doppelgelenkbusse bei Bergfahrt eine hohe Traktionsleistung notwendig, was die Einführung eines BOB-Systems in der Universitätsstadt Marburg begründet.

1.11. Betriebliche Begründung des Vorhabens

Durch die wesentliche Vergrößerung der Beförderungskapazität beim Einsatz von Doppelgelenkbussen kann zukünftig auf einen zusätzlichen Einsatz von Verstärkerbussen verzichtet werden. Der Personalaufwand gegenüber dem Einsatz von Gelenkbussen wird damit im Verhältnis zur Beförderungskapazität sinken.

Wenn die zukünftig beschafften Busse reine Batteriebusse wären, müssten diese im Stillstand (entweder an den Endhaltestellen oder im Betriebshof) nachgeladen werden. Aufgrund der Ladeleistung – möglicherweise limitiert durch die Batterie, der verfügbaren Ladesysteme und des Energieversorgungsnetzes – ist dabei mit einem nicht unerheblichen zusätzlichen Zeitaufwand zu rechnen. Diese zusätzlichen Ladezeiten sind im derzeitigen Fahrplan nicht berücksichtigt. Um den gewünschten Fahrplan einzuhalten, müssten daher zusätzliche Fahrzeuge beschafft und diese während des Betriebs mit zusätzlichem Personal besetzt werden. Außerdem werden an den Ladestationen und im Betriebshof zusätzliche Standflächen benötigt. Damit fallen über den Lebenszyklus gesehen höhere Kosten für den Betrieb des Bussystems an.

Die genannten Nachteile sind beim Einsatz eines BOB-Systems nicht vorhanden. Die Nachladung der Fahrzeuge erfolgt tagsüber während des fahrplanmäßigen Betriebs im Liniennetz. Die während der Fahrt unter der Oberleitung nachgeladene Energie entspricht der während der Fahrt in den fahrdrahtfreien Abschnitten umgesetzten Energie (gemittelt über einen Umlauf). Somit sind keine zusätzlichen Ladezeiten im Stillstand erforderlich. Das BOB-System ist deshalb in Hinblick auf die Lebenszykluskosten auch unter Berücksichtigung der Investitionen in die elektrische Oberleitungsenergieversorgung das wirtschaftlichste System für Marburg.

1.12. Städtebauliche Begründung des Vorhabens

Das höhere Verkehrsangebot, die bessere Beschleunigung der elektrischen Fahrzeuge und der leisere und klimaneutrale Betrieb des ÖPNV führen zu einer nicht unwesentlichen Attraktivitätssteigerung der Linien 7 und 27. Damit ergibt sich eine Aufwertung des Standortes Lahnberge als Arbeits- und Studienort.

Für die Zukunft bietet das im Rahmen dieser Maßnahme geplante BOB-System die Möglichkeit, weitere Stadtbuslinien unter Mitnutzung der Oberleitung auf der Hauptachse des Stadtbusnetzes in das BOB-System einzubinden. Die von diesen Stadtbuslinien erschlossenen Stadtteile profitieren dann ebenfalls von den genannten positiven Effekten.

1.13. Einordnung des Vorhabens hinsichtlich raumordnerischer Entwicklungsziele

Die raumordnerischen Entwicklungsziele dienen der Nachhaltigkeit, mit der die sozialen und wirtschaftlichen Ansprüche an den Raum mit seinen ökologischen Funktionen in Einklang gebracht werden und zu einer dauerhaften, ausgewogenen Ordnung mit gleichwertigen Lebensverhältnissen in den Teilräumen führen soll.

Gemäß des Landesentwicklungsplans Hessen 2021 (in Kraft gemäß der fünften Verordnung zur Änderung des Landesentwicklungsplans Hessen 2000 vom 3.9.2021) sind die folgenden Leitbilder als Anspruch an die Raumentwicklung formuliert [7]:

- Wettbewerbsfähigkeit stärken
- Daseinsvorsorge sichern
- Raumnutzungen steuern und nachhaltig entwickeln
- Klimawandel und Energiewende gestalten

Die Mitwirkung des Bundes erfolgt auf Basis von Artikel 91a Grundgesetz (GG), da die Maßnahme für die Gesamtheit bedeutend ist und aufgrund der Anfangsinvestition in Fahrzeuge und Infrastruktur die finanzielle Mitwirkung des Bundes erforderlich ist. Der Bund ist hierbei nicht unmittelbar verantwortlich.

1.13.1. Wettbewerbsfähigkeit stärken

Das geplante BOB-System in der Universitätsstadt Marburg ist ein Beitrag zur Stärkung der Wettbewerbsfähigkeit aller Einrichtungen und Firmen, die zukünftig anstelle der vorhandenen Stadtbusflotte von diesem System erschlossen sind bzw. zukünftig noch erschlossen werden können. In der Stadt selbst können weitere Anteile des Berufsverkehrs aus dem Tal in die höher gelegenen Stadtteile vom Auto zum ÖPNV verlagert werden; dies macht die Stadt als Wohnort und die jeweiligen Einrichtungen und Firmen als Arbeitsstätten attraktiver.

Eine leistungsfähige Verknüpfung des Stadtbusverkehrs mit den regionalen und überregionalen Verkehrswegen hat zudem große Bedeutung über die Kommune hinaus. Die Erreichbarkeit von Einrichtungen und Firmen, welche in einiger Entfernung von den Bahnhöfen der Eisenbahn gelegen sind, mit dem ÖPNV kann aus dem Umland sowie auch aus der Ferne mit der Anbindung des BOB-Systems an die beiden Bahnhöfe Marburgs verbessert werden, sofern die jeweiligen Einrichtungen und Firmen vom BOB-System erschlossen werden. Die Wettbewerbsfähigkeit des Campus Lahnberge, der Philipps-Universität Marburg, des Marburger Universitätsklinikums sowie der Firmen, welche in unmittelbarer Umgebung aktuell oder zukünftig residieren, wird mit dem BOB-System gesteigert.

Das Mobilitäts- und Verkehrskonzepts (MoVe 35) der Universitätsstadt Marburg dient dem Ziel, die Mobilität raumverträglich, flächensparsam und effizient zu gestalten. Zudem sollen Umweltbelastungen und vom Verkehr verursachte gesundheitliche Beeinträchtigungen minimiert werden. Auch die notwendige Emissionsminderung klimaschädlicher Gase, zu der

sich Deutschland im Übereinkommen von Paris verpflichtet hat, ist zu berücksichtigen, obwohl diese bisher gesetzgeberisch nicht umgesetzt ist. Das geplante BOB-System ist raumverträglich, kommt mit sehr geringem zusätzlichen Flächenbedarf aus und steigert die Effizienz des Stadtbusverkehrs; außerdem werden die vom Stadtbusverkehr ausgehenden Umweltbelastungen (darin klimaschädliche Gase) und die gesundheitlichen Beeinträchtigungen nachhaltig minimiert.

1.13.2. Daseinsvorsorge sichern

Im Landesentwicklungsplan Hessen 2021 wird bezüglich der Sicherung der Daseinsvorsorge auf das entsprechende Leitbild der Ministerkonferenz für Raumordnung (MKRO) verwiesen.

Ziel einer Strategie im Bereich der Daseinsvorsorge ist es dabei:

- die Grundversorgung wohnungsnah zu sichern,
- das Zentrale-Orte-System leistungsfähig zu erhalten,
- eine familien- und kinderfreundliche Infrastruktur vorzuhalten,
- das Infrastrukturangebot an die Alterung der Bevölkerung anzupassen,

um damit eine sozialverträgliche und gerechte Daseinsvorsorge langfristig zu sichern [7].

Das geplante Vorhaben BOB Marburg leistet einen Beitrag dazu, das ÖPNV-Angebot im Vergleich zum derzeitigen Zustand zu verbessern. Die Einhaltung der genannten Ziele wird im Rahmen der Nahverkehrsplanung (Stand Januar 2022 siehe [10]) sichergestellt, welche die Grundlage für die vorliegende Genehmigungsplanung ist. Das BOB-System trägt hauptsächlich dazu bei, die Leistung des ÖPNV-Angebots durch ein größeres Platzangebot zu erhöhen und somit den Nutzen der Grundversorgung bzw. Infrastruktur, u.a. für Familien mit Kindern bzw. ältere Personen, aber auch alle anderen Personen im Einzugsgebiet, zu steigern.

1.13.3. Raumnutzungen steuern und nachhaltig entwickeln

Laut dem Landesentwicklungsplan Hessen 2021 ist der „Grundsatz einer möglichst geringen Flächeninanspruchnahme“ eine zu berücksichtigende Forderung [7].

Der Bau der Oberleitungsinfrastruktur des beschriebenen BOB-Systems ist ausschließlich in bereits bestehenden Verkehrsräumen geplant. In geringem Umfang werden zusätzliche Flächen für die Gleichrichterunterwerke, welche die Fahrleitung mit Spannung versorgen, in Anspruch genommen; außerdem sind temporär Flächen für den Bau der Anlagen notwendig und es finden Kabeltiefbauarbeiten statt. Die Anlagen haben eine erwartete Lebensdauer von mindestens 30 Jahren, zudem sind die Anlagen für den Tausch der Komponenten vorbereitet und werden mit einem Zufahrtsweg und Stellflächen für Wartungsarbeiten ausgestattet. Somit sind nach dem Bau der Anlagen perspektivisch keine weiteren Arbeiten mit zusätzlicher Inanspruchnahme von Flächen erforderlich.

Da die BOB-Fahrzeuge nicht zusätzlich im Stillstand nachgeladen werden müssen, sind keine zusätzlichen Standflächen bzw. Infrastruktur zum Nachladen notwendig. Dies steht im Gegensatz zu nach aktuellem Stand beschaffbaren Batteriebussen (Depot- oder Gelegenheitslader), wofür aufgrund der erforderlichen Standzeiten für die Nachladung zusätzliche Fahrzeuge, zusätzliches Personal und zusätzliche Standflächen mit entsprechender Ladeinfrastruktur erforderlich sind.

1.13.4. Klimawandel und Energiewende gestalten

Im Landesentwicklungsplan Hessen 2021 wird dem „Schutz der natürlichen Lebensgrundlagen des Menschen […] als Staatsziel Verfassungsrang“ zugesprochen [7].

Die hier beschriebene Maßnahme ist ein essentieller Baustein, um diese Ziele aus Sicht des ÖPNV in Marburg zu erfüllen. Es fallen bei der Produktion der BOB und dem Bau der für deren Betrieb notwendigen Infrastruktur Emissionen an, die Fahrzeuge emittieren während des Betriebs aber lokal kein CO_2 mehr, da sie voll elektrisch verkehren. Im Gegensatz zu den heute verwendeten Diesel- und Erdgasbussen wird zu 100 % elektrische Energie für die Fortbewegung der Fahrzeuge und die Speisung der Zusatz- und Hilfseinrichtungen verwendet. In Kombination mit der derzeitigen Beschlusslage, wonach in der Universitätsstadt Marburg zu 100 % regenerativ erzeugte Elektroenergie verwendet werden soll, ist (abhängig von der Umsetzung des genannten Beschlusses) ein Betrieb der Busflotte mit 100 % regenerativ erzeugter Elektroenergie möglich.

Die Strategie der Versorgung der Stadtbusse sowohl durch Oberleitungen als auch mithilfe eines Energiespeichers (Batterie) stellt einen hohen Wirkungsgrad der Energieversorgung der Fahrzeuge sicher, was den absoluten Energieverbrauch bezogen auf die Beförderungskapazität senkt. Es ergibt sich diesbezüglich ein leichter Vorteil des BOB-Systems im Gegensatz zur reinen Verwendung von Batteriefahrzeugen. Signifikant ist der Unterschied zu den heute verwendeten Bussen mit Verbrennungsmotor, erst recht, wenn diese mit synthetisch erzeugten Kraftstoffen (eFuels) betrieben werden, selbst wenn diese in Zukunft mit Hilfe regenerativer Energien hergestellt werden. Bei Verwendung von eFuels würde aufgrund des derzeit sehr schlechten Wirkungsgrades der Energiebedarf des Stadtbussystems sogar stark steigen. Nach dem derzeitigen Stand der Technik ist es um den Faktor 6 (!) vorteilhafter, die für die Herstellung von eFuels notwendige Elektroenergie stattdessen direkt in elektrisch betriebenen Fahrzeugen zu nutzen, wie eine aktuelle Darstellung für PKW zeigt [8].

1.14. Beteiligte Parteien

1.14.1. Zuwendungsgeber

Die Erstellung der Genehmigungsunterlagen für das gegenständliche Planfeststellungsverfahren wird durch eine Zuwendung aus dem Bundeshaushalt als Pilotprojekt gefördert und von dem Projektträger Nationale Organisation Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie (NOW GmbH) begleitet, welcher zu 100 % der Bundesrepublik Deutschland, vertreten durch das Bundesministerium für Digitales und Verkehr (BMDV), gehört.

1.14.2. Vorhabenträger und Bevollmächtigte

Vorhabenträger für den Bau der Oberleitungsinfrastruktur für das Projekt BOB Marburg ist der Magistrat der Universitätsstadt Marburg.

Die Stadtverordnetenversammlung der Universitätsstadt Marburg hat am 15.06.2021 die Stadtwerke Marburg Consult GmbH (SWMC) zur praktischen Abwicklung des Planfeststellungsverfahrens zum Bau und Betrieb einer partiellen Oberleitung für Batterie-Oberleitungsbusse (BOB Marburg) in der Universitätsstadt Marburg bevollmächtigt.

1.14.3. Zukünftiger Betreiber – Stadtwerke Marburg GmbH

Das Stadtbusliniennetz wird aktuell von der Marburger Verkehrsgesellschaft mbH (MVG) auf der Basis einer entsprechenden verkehrsrechtlichen Konzession und eines öffentlichen Dienstleistungsauftrags betrieben. Die MVG (ebenso wie die SWMC) sind Tochtergesellschaften der Stadtwerke Marburg GmbH (SWMR), welche wiederum in alleinigem Besitz der Universitätsstadt Marburg ist. Die zu errichtende

Oberleitungsinfrastruktur (inklusive des neuen Busbetriebshofs) wird zukünftig in Verantwortung der SWMR betrieben und von der MVG genutzt werden.

1.14.4. Auftragnehmer – ARGE BOB Marburg IFB-VI

Auftragnehmer ist die ARGE BOB Marburg IFB-VI, welche aus den Partnern IFB Institut für Bahntechnik GmbH und der Vössing Ingenieurgesellschaft mbH besteht. Für Leistungen, die nicht von einem dieser beiden Partner direkt erbracht werden, wurden Nachunternehmer-verträge im Auftrag der ARGE abgeschlossen oder Zuarbeiten seitens des Auftraggebers berücksichtigt.

1.14.4.1. Institut für Bahntechnik GmbH

Das IFB Institut für Bahntechnik GmbH ist als unabhängige Ingenieurgesellschaft seit über 35 Jahren sowohl auf dem Gebiet der Traktionsenergieversorgung als auch im Bereich der elektrischen Fahrzeugausrüstung tätig. Die exklusive Gesellschafterstruktur des IFB, ergänzt durch zwei Universitätskooperationen in Berlin und Dresden, sichert dem IFB eine gute Vernetzung in der Branche, ein hohes Maß an Neutralität und eine hervorragende Innovationsfähigkeit. Das IFB Qualitätsmanagementsystem ist nach DIN EN ISO 9001:2015 zertifiziert.

Das IFB kann auf umfangreiche Referenzen zur Planung, Auslegung, Begutachtung und Abnahme von Fahrzeugen und Bahnstromanlagen im In- und Ausland verweisen. Darüber hinaus verfügt das IFB über vom EBA anerkannte Gutachter für elektrotechnische Anlagen von Gleichstrombahnen. Namhafte Kunden des IFB sind beispielsweise die Betreiber DB Netz, DB Energie, ČD, PKP, Berliner Verkehrsbetriebe, Rhein-Neckar-Verkehrsgesellschaft, Hamburger Hochbahn, Bremer Straßenbahn AG, Braunschweiger Verkehrsbetriebe, VGF Verkehrsgesellschaft Frankfurt, KiwiRail, SBB Energie und Verkehrsbetriebe Zürich. Für letztere wurde das gesamte elektrische Stadtbahn- und Oberleitungsbusnetz (330 + 220 km) im Rahmen einer umfassenden Netzstudie untersucht, Optimierungsszenarien entwickelt und konkrete Realisierungsvorschläge gegeben. Hinzu kommen vielfältige ingenieurtechnische Tätigkeiten des IFB für Industriefirmen wie Alstom, Siemens, Stadler, Voith und Vossloh.

Im Rahmen der Mobilitäts- und Kraftstoffstrategie der Bundesregierung hat das IFB gemeinsam mit der PTV Transport Consult GmbH und der TU Dresden eine Machbarkeitsstudie für einen Hybrid-Oberleitungsbusbetrieb in Berlin-Spandau (Linienlänge 235 km) erstellt. Der Hauptbericht dieser Studie ist öffentlich verfügbar [1].

1.14.4.2. Vössing Ingenieurgesellschaft mbH

Seit der Gründung der Vössing Ingenieurgesellschaft mbH durch Herrn Dipl.- Ing. Hans Vössing vor über 40 Jahren wurde aus einem kleinen Ingenieurbüro eine der maßgebenden national wie international tätigen deutschen Ingenieurgesellschaften im Bereich Infrastruktur.

Durch das flächendeckende Netz von 14 Niederlassungen in Deutschland sind Teams aus über 600 Mitarbeiter:innen immer in Kundennähe und erarbeiten maßgeschneiderte Lösungen nach höchsten Anforderungen. Das Qualitätsmanagementsystem (QMS) ist gemäß ISO 9001:2015 zertifiziert und wird ständig weiterentwickelt.

Als führende Ingenieurgesellschaft auf den Gebieten Beratung, Planung, Projektmanagement und Bauüberwachung realisiert Vössing Infrastrukturprojekte von der kleinen Maßnahme bis zum Großprojekt. Unsere Geschäftsfelder decken praktisch alle Infrastrukturbereiche einschließlich ihrer technischen Ausrüstung ab.

1.14.4.3. Omexom GA Süd GmbH

Die Omexom GA Süd GmbH (OGS) wurde im Jahr 1916 als Gesellschaft für elektrische Anlagen gegründet und gehört seit 2015 zu Vinci Energies Deutschland. Sie befasst sich mit der Beratung, Planung Projektierung, Errichtung, Inbetriebnahme Wartung und Rückbau für Anlagen in den Bereichen Strom, Gas, Wasser, Fernwärme und Daten. Die OGS hat Ihren Stammsitz in Fellbach und ist mit 11 Business-Units im süddeutschen Raum vertreten. Die OGS ist im Bereich von Oberleitungsanlagen im Nahverkehr seit 1988 in Planung und Montage tätig, wobei die Montagetätigkeiten 2008 eingestellt wurden (Ausnahme: Instandhaltungsarbeiten Obus Esslingen). Neben Planung und Montage hat OGS eine Software zur Berechnung von Fahrleitungsanlagen entwickelt. Diese Software wird auch von verschiedenen Verkehrsbetrieben genutzt. Zu diesen Betrieben zählen unter anderen die Stuttgarter Straßenbahnen, die Frankfurter Verkehrsbetriebe, die Münchner Verkehrsbetriebe, die Düsseldorfer Verkehrsbetriebe, die Bremer Verkehrsbetriebe, Freiburger Verkehrsbetriebe, Essener Verkehrsbetriebe, Amsterdamer Verkehrsbetriebe, Verkehrsbetriebe Den Haag.

1.14.4.4. Institut für Umweltplanung Dr. Kübler GmbH

Das Institut für Umweltplanung Dr. Kübler GmbH kann auf über 25 Jahre erfolgreiche Planungstätigkeit zurückblicken. Regional sowie bundesweit bieten die Firma Vorhabensträgern eine innovative und lösungsorientierte Bearbeitung der an sie gestellten Aufgaben an. Werden Planungen oder Genehmigungen für die verschiedensten Bauvorhaben benötigt, führt die Firma die entsprechenden naturschutzfachlichen Kartierungen, Untersuchungen, Gutachten und Fachbeiträge dazu durch. Dabei sind die Mitarbeiter:innen stets daran interessiert, im Sinne unserer Kunden eine Balance zwischen den natürlichen Ressourcen und den sozio-ökonomischen Ansprüchen zu finden.

Das Team der Firma Dr. Kübler besteht aus 15 akademischen Mitarbeitern (Biologen, Geographen, Geoinformatikern, Geowissenschaftlern). Zu den Leistungen zählen: Naturschutzfachliche Genehmigungsplanung (u.a. UVP, LBP, Natura 2000), Artenschutz inkl. Kartierung verschiedenster Artengruppen (u.a. Avifauna, Fledermäuse, Wildkatze, Reptilien, Fische), ökologische und umweltfachliche Baubegleitung/-überwachung sowie GIS-Schulungen. Neben den Landesstraßenbaubetrieben aus Hessen, NRW und RLP zählt die Firma u.a. auch Kommunen (Stadt Koblenz, Stadt Bad Honnef) sowie private Firmen aus der Energiebranche (Erneuerbare Energien, Netzbetreiber), dem Bergbau oder der Luftrettung zu ihren treuen Kunden.

1.14.4.5. Lohmeyer GmbH

Als wirtschaftlich und fachlich unabhängiges Unternehmen engagiert sich die Fa. Lohmeyer GmbH regional, national und international in den Arbeitsschwerpunkten Luftreinhaltung, Klima, Aerodynamik, Umweltsoftware und Olfaktometrie (Geruchsmessungen). Die Bürogründung fand im Jahre 1983 statt, 1992 war Gründung der Niederlassung Dresden und 2020 Etablierung der Niederlassung Dorsten. Die Arbeitsgebiete des Büros sind Luftreinhaltung, Klima, Aerodynamik/CFD, Umweltsoftware (Entwicklung und Vertrieb), Geographische Informationssysteme (GIS), Besonnung/Verschattung und Messungen/ Olfaktometrie.

Das Büro beschäftigt ca. 30 Mitarbeiter, darunter Ingenieure, Meteorologen, Physiker, Ökologen, Umweltwissenschaftler und Geographen. Herr Dr. Düring ist von der Ingenieurkammer Sachsen (ehemals IHK Dresden) öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger für "Luftreinhaltung (Luftschadstoffemissionen und Immissionen), Kleinklima". Frau Dipl.-Geoökol. Helga Lauerbach ist von der IHK Karlsruhe als Sachverständige für das Sachgebiet "Luftreinhaltung (Luftschadstoffemissionen und -immissionen) Kleinklima" öffentlich bestellt und vereidigt. Weitere Mitarbeiter sind Mitglieder in relevanten Forschungs- und Normungsgremien in Deutschland.

1.14.4.6. EIBS Entwurfs- und Ingenieurbüro Straßenwesen GmbH

Die Firma EIBS, Entwurfs- und Ingenieurbüro Straßenwesen GmbH hat ihren Hauptsitz in Dresden und Büros in Berlin, Dortmund, Frankfurt/Main Hannover, Herne, Magdeburg und Weimar. Sie befindet sich im alleinigen Besitz der MEIBS AG, die als Mitarbeiter-Beteiligungsgesellschaft sich wiederum im Besitz der Geschäftsführung, der leitenden Angestellten und der gesamten Belegschaft der EIBS GmbH befindet. Das Unternehmen wurde 1952 als staatliches Ingenieurbüro für die Planung im Straßenverkehrswesen gegründet. Nach der Wiedervereinigung Deutschlands wurde die EIBS GmbH im Jahr 1991 eine eigenständige Ingenieurgesellschaft. Die EIBS GmbH ist frei von Bau- oder Lieferinteressen.

Die Aufgabenschwerpunkte und Hauptaktivitäten liegen auf den Gebieten der Planung, Steuerung und Bauüberwachung von: Autobahnen und Bundesstraßen, Kommunalen Verkehrsbauvorhaben, Schienenverkehrsanlagen, Brücken und Tunneln sowie sonstigen Ingenieurbauwerken, Freiflächen und Lärmschutzanlagen.

Der Bereich Immissionsschutz agiert als selbstständig tätige Einheit innerhalb der EIBS GmbH. Moderne Rechentechnik und Software in Verbindung mit den reichhaltigen Erfahrungen aus mehrjähriger Tätigkeit auf den genannten Gebieten ermöglicht es, den hohen Anforderungen an die genannten Leistungsbereiche in kurzer Zeit in vollem Umfang gerecht zu werden. Besondere Erfahrungen schalltechnischer Untersuchungen bestehen insbesondere bei: Verkehrslärm Straße und Schiene, Gewerbelärm, Sport- und Freizeitlärm, Bauleitplanung, 3D-Visualisierung der digitalen Modelldaten (inkl. aktiver Lärmschutz-maßnahmen), Ermittlung und Realisierung passiver Lärmschutzmaßnahmen (24. BImSchV), Lufthygienische Untersuchungen gemäß RLuS 2012.

2. Betriebliche Rahmenbedingungen

Die elektrische Infrastruktur für den Oberleitungsbetrieb des BOB Marburg wird von dem Magistrat der Universitätsstadt Marburg sowie ihrer Bevollmächtigten geplant und gebaut. Die Stadtwerke Marburg GmbH sind nach dem Bau für den Betrieb der elektrischen Infrastruktur verantwortlich. Der Betrieb der Linienbusse wird weiterhin durch die Marburger Verkehrsgesellschaft mbH erfolgen.

2.1. Fahrzeugeinsatz

Für den Einsatz in der Universitätsstadt Marburg wurden in den Simulationen für die Dimensionierung und Auslegung der Anlagen Annahmen über die zu verwendenden BOB-Fahrzeuge getroffen. Wie in Kapitel 1.7 beschrieben, ist aus topographischen Gründen der Einsatz von leistungsfähigen Fahrzeugen notwendig und zur Steigerung des Angebots sind Doppelgelenkfahrzeuge (DG-BOB) mit einer Länge von ca. 24-25 m erforderlich. Die für dieses Fahrzeug angenommenen Kenndaten sind in Tabelle 2.1 aufgelistet.

Tabelle 2.1: Fahrzeugkenndaten Doppelgelenk-Batterieoberleitungsbus (DG-BOB) Marburg

Modellparameter	DG-BOB	Bemerkung
Abmessungen		
Länge [m]	25	
Masse und Kapazität		
Leermasse [t]	24	
Zul. Gesamtmasse [t]	39	
Platzkapazität	55 / 145	Sitzplätze / Stehplätze
Fahreigenschaften		
Max. Geschwindigkeit [km/h]	80	
Max. Beschleunigung [m/s²]	1,1	
Max. Zugkraft [kN]	60	mechanisch am Rad
Max. Traktionsleistung [kW]	320 / 480	mechanisch am Rad, Traktion / Bremsen
Elektrische Kenndaten		
Gesamtwirkungsgrad [%]	86	
Strombegrenzung im Stillstand [A]	80	
Begrenzung des Traktionsstroms [A]	0…620	Spannungsabhängig, nach EN 50388
Kenndaten des Energiespeichers		
Energieinhalt Akku	90 kWh	brutto
Bereich des Ladezustands (Mean State of Charge)	50 % ± 40 %	
Reduktionsfaktor Energieinhalt bei gealterter Batterie	20 %	
Batterietyp (Zellchemie)	LTO	flüssigkeitsgekühlt

2.2. Fahrplan

Die Linien 7 und 27 verkehren nach dem für die Simulation zugrunde gelegten Fahrplan jeweils im 30-Minuten Takt. Im südlichen Bereich zwischen dem Hauptbahnhof und dem Universitätsklinikum fahren demnach vier Busse in der Stunde in beide Richtungen, im nördlichen sind es zwei. Aussagen zur Belastbarkeit der Oberleitungskonfiguration bei der Verdichtung auf vier Busse je Stunde und Richtung im nördlichen Teil trifft der Simulationsbericht (Unterlage (21)) im Kapitel 4.8.

In Abbildung 2.1 ist ein Bildfahrplan – also ein Weg-Zeit-Diagramm – entlang des Rings dargestellt. In der X-Achse ist die Zeit zwischen 8 und 10 Uhr zu sehen und in der Y-Achse die Haltestellen entlang der Route Hauptbahnhof – Innenstadt – Lahnberge – Hauptbahnhof. Die Linie 7 ist dabei in roter Farbe und die Linie 27 ist in blauer Farbe dargestellt.

Marburg Hauptbahnhof A1 - Marburg Hauptbahnhof B4

Abbildung 2.1: Bildfahrplan Linie 7 (rot) und Linie 27 (blau): Hbf. – Innenstadt – Lahnberge – Hbf.

Im Bildfahrplan sind die Linien in der Nähe des Hauptbahnhofes nicht komplett durchgehend, da die Fahrzeuge je nach Richtung eine leicht veränderte Route nehmen. Der Linienweg über der Zeit ist aber abgesehen davon komplett abgebildet.

Es ist zu erkennen, dass die Fahrzeuge die Linien 7 und 27 abwechselnd bedienen und dass entsprechend am Hauptbahnhof und am Klinikum teilweise kein Umstieg zwischen den Linien 7 und 27 erforderlich ist, da dasselbe Fahrzeug weiterfährt (es findet eine sogenannte „Durchverbindung“ statt). Weiterhin ist ersichtlich, dass auf dem südlichen Ast kein reiner 15-Minuten Takt gefahren wird. Grund hierfür sind Anschlüsse an den Zugverkehr am Südbahnhof, welche im Fahrplan als Randbedingung berücksichtigt wurden.

2.3. Betriebshof

Für den Busbetriebshof in Marburg wird momentan in einer Machbarkeitsstudie unabhängig vom BOB Marburg ein Neubau auf dem derzeit genutzten Betriebsgelände oder auf einem alternativen Standort geplant. Aus diesem Grund wird innerhalb des Projekts BOB Marburg lediglich auf die neuen Anforderungen, die sich durch den Fahrbetrieb mit BOB ergeben, eingegangen. Die Anforderungen an den Betriebshof sind bereits detailliert in der Begleitdokumentation (Unterlage (20.1)), Kapitel 4, beschrieben und werden daher im Folgenden nur zusammengefasst.

Für Testzwecke ist auf dem Busbetriebshof eine einfache Fahrleitungsanlage zu errichten. Außerdem ist es zweckmäßig, auch die Abstellanlage mit Lademöglichkeiten auszustatten, um die nächtliche Nachladung der Batterien auf vereinfachte Weise durchführen zu können. Die genannten Anlagen werden durch zwei neu zu errichtende Gleichrichterunterwerke mit einer jeweiligen Leistung von 1 MVA gespeist. Hinsichtlich einer möglichen zukünftigen Vergrößerung der BOB- und E-Busflotte muss es möglich sein, das Gleichrichterunterwerk um eine weitere Transformator-Gleichrichter-Einheit und um weitere Speiseabgänge zu erweitern.

In der Werkstatt des Betriebshofes sind Einrichtungen zur Prüfung der elektrischen Anlagen der eingesetzten BOB notwendig und damit auch die Zuführung von Fahrleitungsspannung über eine Fahrleitungsanlage. Aufgrund der Komponentenanordnung auf dem Busdach sind auch Dacharbeitsstände und ein Kran notwendig. Grubenplätze müssen für die Verwendung von 24 m langen Bussen ausgelegt sein (als sog. Durchfahrgruben), alternativ sind vermehrt Hebeanlagen zu nutzen.

Für den Fall, dass eine Elektrowerkstatt geplant ist, in der einzelne Komponenten der Busse außerhalb der großen Werkhalle gewartet werden, ist optional eine Zufahrtsmöglichkeit für Gabelstapler einzuplanen, damit Komponenten bis zur Größe eines Batteriepacks in dieser Elektrowerkstatt geprüft und gewartet werden können.

2.4. Qualifikation des Fachpersonals

Um einen reibungslosen Betrieb und die Integration des Oberleitungsbus-Systems in alle betrieblichen Abläufe zu realisieren, müssen die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter der Bereiche

- Fahrbetrieb,
- Fahrzeuginstandhaltung,
- Instandhaltung der elektrischen Infrastruktur (einschließlich der Ladestationen),
- Leitstelle,
- Informationstechnik,
- Fahr- und Umlaufplanung und
- Ausbildungswerkstätten

zielgerichtet und in Abhängigkeit der geplanten Tätigkeiten auf den Umgang mit Hochvoltanlagen vorbereitet und weiter qualifiziert werden. Die Einführung von Bussen mit Hochvolt-Systemen (HV-Systeme) birgt zusätzliche Gefahren, durch

- HV-Komponenten bei Tätigkeiten am Fahrzeug,
- neue Werkstattinfrastruktur und
- Mängel in der Werkstattorganisation

und erfordert daher eine Anpassung der bestehenden Gefährdungsbeurteilung. Um das zu vermittelnde Wissen zu festigen und Unsicherheiten vorzubeugen, müssen theoretische und praktische Schulungen wiederholt durchgeführt werden [4].

Details zur erforderlichen Qualifikation des Personals sind in der Begleitdokumentation (Unterlage (20.1)), Kapitel 5 beschrieben.

2.5. Instandhaltung der Fahrleitung, Bereitschaftsdienst

Die Instandhaltung der Fahrleitungs- und Energieversorgungsanlagen liegt in Verantwortung der Betreiberin dieser Anlagen (d. h. der Stadtwerke Marburg GmbH). Die entsprechenden fachlichen und personellen Voraussetzungen im Netzbetrieb müssen geschaffen werden und ein:e Verantwortliche:r festgelegt werden. Dies beinhaltet die Aus- und Weiterbildung der genannten Personen, die Einrichtung von Werkräumen (vorzugsweise im Betriebshof) sowie die Ausrüstung mit Arbeitskleidung, Prüfmitteln und Werkzeugen, Ersatzteilen sowie Fahrzeugen. Zu leisten sind turnusmäßige sowie außerordentliche Überprüfungen und Instandhaltungsarbeiten der Fahrleitungs- und Energieversorgungsanlagen sowie der Freischnitt der Anlagen von Baumbewuchs.

Für Schalthandlungen an der Fahrleitungsanlage besitzen die Stadtwerke Marburg GmbH die Schalthoheit, welche zweckmäßig durch die entsprechende Abteilung im Stromnetzbetrieb ausgeübt wird. Die Mitarbeitenden dieser Abteilung besitzen umfassende Kenntnisse über die Fahrleitungsanlagen und übernehmen Bereitschaftsdienste, um z. B. bei Unfällen zeitnah eine Abschaltung der Fahrleitungsanlagen vornehmen zu können. Über die relevanten Informationen besteht regelmäßiger Austausch mit der Feuerwehr, damit diese bei Gefahr im Verzug selbstständig Schalthandlungen vornehmen kann.

3. Untersuchte Varianten

Im Austausch mit dem Magistrat der Universitätsstadt Marburg, der Stadtwerke Marburg GmbH, der Marburger Verkehrsgesellschaft mbH und der Stadtwerke Marburg Consult GmbH wurden vier Planvarianten entwickelt. Sie unterscheiden sich maßgeblich in der Länge der Fahrdraht-Abschnitte und den daraus resultierenden verschiedenen Betriebskonzepten.

Die Genehmigungsvariante (Planvariante 1) besitzt mit durchschnittlich 68 % den höchsten Anteil von Fahrleitungsabschnitten bezogen auf die Länge eines Umlaufs. In den Planvarianten 2 bis 4 wurde der Fahrdraht-Anteil reduziert. Um die Bilanz des Batterieladestands (State of Charge, SoC) ausgeglichen zu halten – d.h. damit im Durchschnitt genauso viel Energie in die Batterie geladen werden kann, wie sie auf fahrleitungsfreien Abschnitten wieder entnommen wird – sind bei den Planvarianten 2 bis 4 mehr Busse und stationäre Nachladeeinrichtungen notwendig.

Bei der Definition der Planvarianten wurde grundsätzlich die Eignung der Konrad-Adenauer-Brücke zur Aufrüstung mit Oberleitung geprüft. Die statische Prüfung ergab, dass die Bewehrung der Kappen für zusätzliche Lasten nicht geeignet ist. Darum wurde die Brücke für alle Planvarianten nicht für die Fahrleitungsausrüstung in Betracht gezogen. Aus Gründen von absehbaren Sanierungserfordernissen wurde von einer Überspannung des Brückenbauwerks in der Neuen Kasseler Straße über die Main-Weser-Bahn mit einer Oberleitung abgesehen.

3.1. Planvariante 1 (Genehmigungsvariante)

Die Planvariante 1 (siehe Abbildung 3.1) besitzt einen durchschnittlichen Fahrleitungsanteil von ca. 68 % bezogen auf den kompletten Umlauf. Auf folgenden Abschnitten ist dabei der Fahrdraht jeweils in beide Fahrtrichtungen gespannt:

- Hst. Zimmermannstraße – Hst. Schlosserstraße
- Hst. Ginseldorfer Weg – Abzw. zum Klinikum
- Hst. Botanischer Garten – Hst. Südbahnhof – Hst. Konrad-Adenauer-Brücke
- Hst. Frankfurter Straße – Hst. Gutenbergstraße

Für den gewünschten Fahrplan ist der Einsatz von sechs Bussen (ohne Reserve) nötig. Die Busse können dauerhaft im Einsatz sein und laden ihre Batterien während der Fahrt unter der Oberleitung nach. Aussagen zu einer abweichenden Linienführung, bei der die Bedienung des Südbahnhofs nicht erfolgt, sondern zwischen den Haltestellen „Konrad-Adenauer-Brücke“ und „An der Schanze“ direkt gefahren wird, trifft der Simulationsbericht (Unterlage (21)) in seinem Kapitel 4.8.

An insgesamt acht Standorten sind Gleichrichterunterwerke (GUW) zur Versorgung der Fahrleitungsanlagen geplant. Diese sind in Abbildung 3.1 ebenfalls eingezeichnet:

- Panoramastraße
- Auf den Lahnbergen
- Alte Feldfabrik
- Konrad-Adenauer-Brücke
- Amtsgericht Marburg
- Hauptbahnhof
- Brüder-Grimm-Str.
- Ginseldorfer Weg

Aussagen zur Belastbarkeit der Oberleitungskonfiguration bei der Verdichtung auf vier Busse je Stunde und Richtung (15-Minuten-Takt) im nördlichen Teil des Rings trifft der Simulationsbericht (Unterlage (21)) im Kapitel 4.8

Abbildung 3.1: Skizze der elektrifizierten Streckenteile der Planvariante 1, mit Unterwerken. Haltestellennamen siehe Tabelle 3.1

Tabelle 3.1: Haltestellen und betrieblich verwendete Kürzel

Betrieblich verwendetes Kürzel	Name der Haltestelle
SBF	Südbahnhof
HBF	Hauptbahnhof
KANT	Kantstraße
HOEL	Hölderlinstraße
GUT	Gutenbergstraße
GINS	Ginseldorfer Weg
KLIN	Klinikum
BOTG	Botanischer Garten
SCLO	Schlosserstraße
FRST	Frankfurter Straße
KAB	Konrad-Adenauer-Brücke
ZIM	Zimmermannstraße

3.2. Planvariante 2

Die Planvariante 2 besitzt einen durchschnittlichen Fahrdraht-Anteil von ca. 35 % und wurde entsprechend des Wunsches des Auftraggebers technisch untersucht. Die folgenden Abschnitte sind dabei mit Oberleitung überspannt:

- Hst. Ginseldorfer Weg – Abzw. zum Klinikum (nur bergauf)
- Hst. Südbahnhof – Hst. Konrad-Adenauer-Brücke (beide Richtungen)
- Abzw. zum Südbahnhof – Hst. Botanischer Garten (nur bergauf)
- Hst. Frankfurter Straße – Hst. Wilhelmsplatz

Neben der Oberleitung wird eine Nachladestation am Standort Hauptbahnhof eingerichtet, welche an 3 Plätzen eine Nachladung mit jeweils maximal 120 kW aus der Oberleitung (OL) erlaubt.

Für den Fahrplan ist der Einsatz von neun Bussen (ohne Reserve) notwendig. Der Umlauf muss nämlich um eine Nachladezeit erweitert werden, da den Bussen sonst nicht genügend Zeit zum Nachladen unter Fahrdraht zur Verfügung steht. Somit sind neben den sechs Bussen für den Fahrbetrieb drei weitere Busse nötig, um im Umlauf ca. 25 Minuten an der stationären Nachladeeinrichtung am Hauptbahnhof nachladen zu können.

Abbildung 3.2: Skizze der elektrifizierten Streckenteile der Planvariante 2, mit Unterwerken und Nachladestation. Haltestellennamen siehe Tabelle 3.2

Tabelle 3.2: Haltestellen und betrieblich verwendete Kürzel

Betrieblich verwendetes Kürzel	Name der Haltestelle
SBF	Südbahnhof
HBF	Hauptbahnhof
HOEL	Hölderlinstraße
WIPL	Wilhelmsplatz
GINS	Ginseldorfer Weg
KLIN	Klinikum
BOTG	Botanischer Garten
FRST	Frankfurter Straße
KAB	Konrad-Adenauer-Brücke

An insgesamt acht Standorten sind Gleichrichterunterwerke (GUW) zur Versorgung der Fahrleitungsanlagen und der Nachladestation am Standort Hauptbahnhof geplant. Diese sind in Abbildung 3.2 ebenfalls eingezeichnet:

- Panoramastraße
- Auf den Lahnbergen
- Alte Feldfabrik
- Südbahnhof (Standort: neben der Liebfrauenkirche auf dem Parkplatz)
- Hauptbahnhof (zur Versorgung der Nachladestation am HBF)
- Schwanallee
- Brüder-Grimm-Str.
- Ginseldorfer Weg

Bei der Untersuchung der Planvariante 2 zeigte sich, dass bei Ausfall des GUW am Hauptbahnhof (welches die Nachladestation versorgt) der Fahrbetrieb nicht mehr gewährleistet werden kann. Aus diesem Grund wurde die Planvariante 2 verworfen und es wurden zwei weitere Planvarianten (Planvariante 3 und Planvariante 4) entworfen. Bei diesen Planvarianten ist jeweils eine zweite Nachladestation am Fernheizwerk auf den Lahnbergen vorgesehen, an der die Busse bei Ausfall der Nachladestation am Hauptbahnhof ihre Batterien aufladen können.

3.3. Planvariante 3

In der Planvariante 3 wurde der Fahrleitungsanteil auf 55 % angehoben. In diesem Fall bleibt es bei dem Einsatz von neun Bussen (ohne Reserve) wie bei Planvariante 2. Die folgenden Abschnitte sind dabei mit Oberleitung überspannt (jeweils in beiden Richtungen):

- Hst. Ginseldorfer Weg – Abzw. zum Klinikum
- Hst. Botanischer Garten – Hst. Südbahnhof – Hst. Konrad-Adenauer-Brücke
- Hst. Frankfurter Straße – Hst. Wilhelmsplatz

An insgesamt acht Standorten sind Gleichrichterunterwerke (GUW) zur Versorgung der Fahrleitungsanlagen und der Nachladestationen vorgesehen. Diese sind in Abbildung 3.3 ebenfalls eingezeichnet:

- Panoramastraße
- Auf den Lahnbergen (versorgt auch die Reserve-Nachladestation)
- Alte Feldfabrik
- Südbahnhof (Standort: neben der Liebfrauenkirche auf dem Parkplatz)
- Hauptbahnhof (zur Versorgung der Nachladestation am HBF)
- Schwanallee
- Brüder-Grimm-Str.
- Ginseldorfer Weg

Abbildung 3.3: Skizze der elektrifizierten Streckenteile der Planvariante 3, mit Unterwerken und Nachladestation. Haltestellennamen siehe Tabelle 3.3

Tabelle 3.3: Haltestellen und betrieblich verwendete Kürzel

Betrieblich verwendetes Kürzel	Name der Haltestelle
SBF	Südbahnhof
HBF	Hauptbahnhof
HOEL	Hölderlinstraße
WIPL	Wilhelmsplatz
GINS	Ginseldorfer Weg
KLIN	Klinikum
BOTG	Botanischer Garten
FRST	Frankfurter Straße
KAB	Konrad-Adenauer-Brücke

Wie in Abbildung 3.3 ersichtlich, wird eine Nachladestation am Standort Hauptbahnhof eingerichtet, welche an 3 Plätzen eine Nachladung mit jeweils maximal 120 kW aus der Oberleitung (OL) erlaubt. Weiterhin wird am Fernheizwerk nördlich vom Universitätsklinikum eine Reserve-Nachladestation mit ebenfalls 3 Plätzen à jeweils maximal 120 kW vorgesehen.

Die Planvariante 3 funktioniert betrieblich auch in dem Fall, dass ein beliebiges GUW ausgefallen ist.

3.4. Planvariante 4

Planvariante 4 operiert wie Planvariante 2 mit einem Fahrleitungsanteil von ca. 35 %. Es werden bis zu zwölf Busse (ohne Reserve und im Fehlerfall) für den Fahrbetrieb benötigt, da die Ladezeit noch weiter ausgedehnt werden muss. Folgende Abschnitte sind in dieser Planvariante mit Oberleitung überspannt:

- Hst. Ginseldorfer Weg – Abzw. zum Klinikum (nur bergauf),
- Hst. Südbahnhof – Hst. Konrad-Adenauer-Brücke (beide Richtungen),
- Abzw. zum Südbahnhof – Hst. Botanischer Garten (nur bergauf),
- Hst. Frankfurter Straße – Hst. Wilhelmsplatz.

Neben der Oberleitung wird eine Nachladestation am Standort Hauptbahnhof eingerichtet, welche an 3 Plätzen eine Nachladung mit jeweils maximal 120 kW aus der Oberleitung (OL) erlaubt. Weiterhin wird am Fernheizwerk nördlich vom Universitätsklinikum eine Reserve-Nachladestation mit 4 Plätzen à jeweils maximal 120 kW vorgesehen.

Abbildung 3.4: Skizze der elektrifizierten Streckenteile der Planvariante 4, mit Unterwerken und Nachladestationen, Haltestellennamen siehe Tabelle 3.4

Tabelle 3.4: Haltestellen und betrieblich verwendete Kürzel

Betrieblich verwendetes Kürzel	Name der Haltestelle
SBF	Südbahnhof
HBF	Hauptbahnhof
HOEL	Hölderlinstraße
WIPL	Wilhelmsplatz
GINS	Ginseldorfer Weg
KLIN	Klinikum
BOTG	Botanischer Garten
FRST	Frankfurter Straße
KAB	Konrad-Adenauer-Brücke

An insgesamt acht Standorten sind Gleichrichterunterwerke (GUW) zur Versorgung der Fahrleitungsanlagen und der Nachladestationen vorgesehen. Diese sind in Abbildung 3.3 ebenfalls eingezeichnet:

- Panoramastraße
- Auf den Lahnbergen (versorgt auch die Reserve-Nachladestation)
- Alte Feldfabrik
- Südbahnhof (Standort: neben der Liebfrauenkirche auf dem Parkplatz)
- Hauptbahnhof (zur Versorgung der Nachladestation am HBF)
- Schwanallee
- Brüder-Grimm-Str.
- Ginseldorfer Weg

Auch die Planvariante 4 funktioniert unter Ausfallbedingungen, d.h. wenn ein beliebiges GUW ausgefallen ist.

3.5. Kostenuntersuchung der Planvarianten

Nach der Untersuchung der vier vorgestellten Planvarianten hinsichtlich deren technischer Machbarkeit wurden diese anhand der über den Lebenszyklus des BOB-Systems (mindestens 30 Jahre) anfallenden Kosten verglichen. Aufgrund der fehlenden Ausfallsicherheit wurde die Planvariante 2 nicht weiter berücksichtigt. In die Auswahl kamen somit die Planvarianten 1, 3 und 4.

Tabelle 3.5 zeigt die berechneten Kosten je Planvariante. Die Position Investitionen umfasst die Investitionen in die erforderliche Infrastruktur und die Fahrzeugkosten (ohne Reservefahrzeuge). Diese Kostenaufstellung ist eine Zusammenfassung der detaillierten Kosten, welche in Unterlage (7) aufgeschlüsselt sind.

Tabelle 3.5: Übersicht der Investitionen und Kosten je Planvariante

	Planvariante 1	**Planvariante 3**	**Planvariante 4**
Rand-bedingungen	Ausgewogene Auslegung bzgl. Verhältnis erforderlicher elektrischer Infrastruktur und städtebaulicher Vorgaben, 6 Busse erforderlich	Mittlere Fahrleitungslänge + Nachladung am Hbf (+ Uni redundant), 3 zusätzliche Busse im Vgl. zu PV 1	FL-länge wie Szenario 2 + Nachladung am Hbf (+ Uni redundant), geändertes Betriebskonzept, 6 zusätzliche Busse im Vgl. zu PV 1
Investitionen Infrastruktur	37.319 TEUR	36.142 TEUR	30.643 TEUR
Investitionen Fahrzeuge	7.300 TEUR	10.900 TEUR	14.500 TEUR
Investitionen gesamt	44.619 TEUR	47.042 TEUR	45.143 TEUR
Energiekosten pro Jahr	345 TEUR	442 TEUR	478 TEUR
Instand-haltungskosten pro Jahr	518 TEUR	510 TEUR	472 TEUR
davon IH-Kosten Infrastruktur	185 TEUR	177 TEUR	139 TEUR
davon IH-Kosten Fahrzeuge	333 TEUR	333 TEUR	333 TEUR
Personal-kosten pro Jahr	760 TEUR	1.188 TEUR	1.520 TEUR
AfA – BOB	522 TEUR	783 TEUR	1.044 TEUR
Betriebs-kosten[1] gesamt pro Jahr	2,15 Mio. Euro	2,92 Mio. Euro	3,51 Mio. Euro

[1)] ohne Versicherung

Die Genehmigungsvariante (Planvariante 1) hat die geringsten Betriebskosten im Vergleich zu den anderen Varianten und schneidet in der Betrachtung der Lebenszykluskosten am besten ab. Diese Variante wird als Planvariante empfohlen.

4. Detaillierte Vorstellung der Genehmigungsvariante (Planvariante 1)

Die Genehmigungsvariante (Planvariante 1) wurde bereits im Kapitel 3.1 übersichtshalber vorgestellt und wird in diesem Kapitel detailliert erläutert.

Im Kapitel 4.1 wird zunächst das geplante Oberleitungssystem allgemein beschrieben. Die vier geplanten Oberleitungsabschnitte werden örtlich konkret in Kapitel 4.2 erläutert, die zur Speisung der Oberleitung notwendigen Gleichrichterunterwerke in Kapitel 4.3. In den örtlich konkreten Beschreibungen wird auf die Lagepläne der Oberleitungsplanung (Unterlage (4.4)) Bezug genommen. Die Leitungspläne pro Versorger wurden im Vorfeld der Untersuchung der ARGE zur Verfügung gestellt und sind entsprechend in den Plänen zur Infrastruktur-positionierung berücksichtigt.

Randbedingungen, welche punktuell für den Betrieb zu berücksichtigen sind (aufgrund der Schleppkurven der 24 m langen Doppelgelenkbusse sowie wegen der Notwendigkeit, die BOB-Fahrzeuge ein- und auszudrahten), werden im Kapitel 4.3.9 beschrieben.

Die notwendigen Anpassungen des Betriebshofs für den BOB-Betrieb sind bereits in Kapitel 2.3 bzw. detaillierter in der Begleitdokumentation (Unterlage (20.1)), Kapitel 4 erläutert, weshalb sie in diesem Kapitel nicht erklärt sind.

Hinweis: Als Grundlage für die hier vorliegende vertiefte Vorplanung wurden die elektrischen Betriebsmittel (z. B. Unterwerke, Fahrleitung, Kabel) ausgelegt – d. h., die Anzahl und Position der Unterwerke, die Länge der Fahrleitungsabschnitte und die Notwendigkeit und Ausgestaltung von Kabelverbindungen wurden simulativ untersucht und ingenieurtechnisch ermittelt. Der Nachweis der technischen Auslegung der genannten Betriebsmittel und der Funktionsweise der Planvariante als Gesamtsystem wird im Simulationsbericht (Unterlage (21)) erbracht. Bei den Simulationen wurde die in Kapitel 1.4.3 beschriebene Linienführung zugrunde gelegt.

4.1. Beschreibung des geplanten Oberleitungssystems

4.1.1. Fahrdrahtaufhängung als Schrägpendelsystem

Das Oberleitungssystem versorgt die Fahrzeuge über Stromabnehmer über ein zweipoliges Leitungssystem mit elektrischer Energie. Das Oberleitungssystem ist als Schrägpendelsystem vorgesehen. Bei diesem System wird die temperaturbedingte Längenänderung der Fahrdrähte horizontal durch Änderung der Fahrdrahtablenkung am Stützpunkt und vertikal durch eine Höhenänderung des Fahrdrahtes kompensiert. Dadurch werden für die Oberleitungsanlage keine zusätzlichen Nachspanneinrichtungen erforderlich. Die Maste können durch geringere aufzunehmende Kräfte und Momente filigran ausgeführt werden. Diese Art vor Fahrleitungssystem für Oberleitungsbusse ist jahrzehntelang erprobt und zuverlässig.

Durch den Anpressdruck des Schleifkontaktes und durch das seitliche Abschwenken des Oberleitungsbusses wird die Fahrleitung in Schwingungen versetzt. Das Fahrzeug schiebt dabei immer eine Welle vor sich her. Auch die Unebenheiten der Fahrbahn werden weitergegeben und versetzen das System in Schwingungen, welches sich negativ auf den elektrischen Kontakt auswirkt. Zudem nutzen sich die Kohleschleifstücke der Stromschuhe umso stärker ab, je mehr die Fahrleitung mitschwingt. Um diese Effekte auszugleichen, wird die Fahrdrahtaufhängung als vollelastisches Schrägpendelsystem ausgelegt.

Der Vorteil der elastischen Fahrdrahtaufhängung gegenüber der starren Aufhängung besteht im Auf- und Abschwingen der pendelnden Stützpunkte in Abhängigkeit vom Anpressdruck. Es muss deshalb mittels eines Draht-Parallelogramms dafür gesorgt werden, dass der Fahrdraht in jeder Pendellage senkrecht steht. Ferner ermöglicht die Schrägpendelaufhängung höhere Fahrgeschwindigkeiten in Kurven.

Durch die Systemhöhe der Oberleitungen von regelhaft 5,50 m ergeben sich im Normalfall keine erheblichen Beschränkungen. In außergewöhnlichen Fällen können Konflikte mit Baufahrzeugen oder Rettungsfahrzeugen (bspw. Einsatz von Feuerwehrdrehleitern) möglich sein. Um eine Gefährdung durch elektrischen Schlag zu vermeiden, können die betreffenden Oberleitungsabschnitte selektiv abgeschaltet werden; siehe dazu auch Kapitel 5.4.3 und 5.4.4.

Der prinzipielle Aufbau der beschriebenen Schrägpendelaufhängung ist in Abbildung 4.1 dargestellt. Näheres zu den Bauarten für Obusfahrleitungen kann in der Begleitdokumentation (Unterlage (20.1)) in Kapitel 2.4.2 nachgelesen werden.

Abbildung 4.1:Prinzipieller Aufbau der Pendelaufhängung bei einer Obus-Fahrleitung [17]

4.1.2. Mastgründungen

Die Tragwerke für die Stützpunkte der Fahrdrähte sind circa alle 25 m entsprechend aufzuhängen. Im vorliegenden Vorhaben BOB Marburg erfolgt dies hauptsächlich an Masten. Für die Maste gibt es hauptsächlich zwei Gründungsarten, einerseits die Bohrpfahlgründung sowie die Gründung mittels eines Köcherfundaments. Im Verlauf der Panoramastraße können einige Masten, welche derzeit entlang der Stützwand auf der talwärts führenden Straßenseite eingeplant sind, auch mit Wandankern ersetzt werden. Eine Wandbefestigung der Masten ist nach Rückmeldungen von Hessen Mobil, vorbehaltlich der statischen Nachweise, grundsätzlich möglich. Voraussetzung dafür wäre eine Geländeuntersuchung, da keine Konstruktionsunterlagen der Stützwand vorliegen.
Darüber hinaus besteht die Möglichkeit, bestehende Mastfundamente und Masten (für Beleuchtung oder Signalanlagen) weiter zu verwenden. Die bestehenden Masten müssen in solchen Fällen zumeist ausgetauscht werden, da sie die Zugkräfte der Oberleitung nicht aufnehmen können und/oder um die technisch notwendigen Abstände der Masten zur Oberleitung zu gewährleisten.

Die möglichen Gründungsarten sind in Unterlage (4.1) exemplarisch gezeigt.

Bei den Erdarbeiten für die Masten und Unterwerke werden lokal Kleinstmengen an Bodenaushub anfallen. Die Masten werden im bekannten Straßenraum geplant und Altstandorte sind nicht bekannt, somit ist nicht von Altlasten auszugehen. Ein Sammeln und Vermischen ist bei der Ausführung zu vermeiden, die Aushubmengen sind mit maximal zwei benachbarten Standorten (Abstand durchschnittlich jeweils ca. 25 m) zu verwerten, somit handelt es sich um die in der Ersatzbaustoffverordnung (EBV) aufgeführten Situation mit "geringe unkritische Mengen". Das bauausführende Unternehmen wird entsprechend der Regelungen der Ersatzbaustoffverordnung beauftragt.

Für das Projekt sind die Maststandorte in den aktuellen Unterlagen schematisch dargestellt. Für die finale Festlegung der Standorte sind die ober- und unterirdischen Anlagen und ästhetische Ansprüche zu beachten bzw. auch abzuwägen. Konkret zu benennen wären hier als oberirdisch gelegene Beurteilungspunkte:

- Sichtachsen anderer Einbauten (z. B. Beleuchtung, Signalisierung, Verkehrszeichen)
- gewünschte Kombination neuer Standort mit bestehenden Standorten zur allg. Minimierung (Kombimasten Oberleitung mit den o. g. anderen Einbauten)
- Pflanzachsen von Baumreihen
- Durchgangsbreiten für Menschen mit eingeschränkter Mobilität

Als unterirdische Beurteilungspunkte sind zu berücksichtigen:

- die Lage von Kanälen und Versorgungsleitungen (z.B. Strom-, Gas- und Wasserversorgung, Abwasser, Medien wie Telekommunikation und Glasfaser)
- Diverse andere Fundamente (z. B. Mauern, Schächte).

Ein Gehweg mit komplizierter Belegung durch Versorgungsträger ist beispielhaft in der Abbildung 4.2 gezeigt.

Abbildung 4.2: Exemplarischer Auszug aus der Oberleitungsplanung mit eingeblendeten Versorgungsleitungen

Auf diese Randbedingungen kann flexibel, planerisch reagiert werden; z. B. durch Verschieben der vorgeplanten Standorte in einem technisch möglichen Bereich, Anpassungen in der Bauart (z. B. durch platzsparende Köcherfundamente, Rohrfundamente) oder durch bauliche Veränderungen im Bestand (z. B. durch Umlegen von Leitungen). Die Abwägung aller für den jeweiligen Mast zu berücksichtigenden Aspekte wird in den weiteren Planungsphasen vorgenommen.

4.1.3. Aufhängung der Fahrleitung im Straßenquerschnitt

Im Verkehrsraum öffentlicher Straßen müssen Fahrleitungsanlagen eine ausreichende Durchfahrthöhe für den Straßenverkehr freilassen. Diese Forderung gilt für Nennspannungen bis 1.500 V Gleichspannung als erfüllt, wenn die lichte Höhe zwischen Fahrbahnoberkante und darüber liegenden Teilen der Fahrleitungsanlage mindestens 4,70 m beträgt. Diese Höhe kann unter Bauwerken sowie unmittelbar davor und dahinter bis auf 4,20 m verringert werden; auf die Höheneinschränkung ist durch entsprechende Warnbeschilderung hinzuweisen. Die Regelfahrdrahthöhe im gegenständlichen Projekt beträgt 5,50 m über der Fahrbahnoberkante.

Die Aufhängung der Fahrleitungsanlage an den Masten erfolgt sowohl mit Seilverspannungen als auch mit Auslegern. Standardausleger haben eine Auslage von 8,00 m. Die seitlichen Stützpunktabstände bei einer mehrspurigen Strecke sind vom Maststandpunkt aus, aufgrund der Straßenbreiten, größer als 8,00 m. Aus diesem Grund werden im Bereich der zweispurigen Oberleitung, welche für den Großteil der Anlage geplant wird, die Stützpunkte nach derzeitiger Planung ausschließlich mittels Verspannungen getragen. In den einspurigen Abschnitten werden Ausleger eingesetzt. Die möglichen Bauarten und deren Darstellung im Straßenquerschnitt sind in Unterlage (4.2) zusammengestellt.

4.1.4. Für die Fahrleitung verwendete Materialien

Die einzusetzenden Fahrdrähte haben einen Durchmesser von ca. 13 mm. Die Seile der Querverspannungen sind dünner als die Fahrdrähte, sie weisen Durchmesser von ca. 9 mm auf. Die Querverspannungen beziehungsweise Ausleger stehen selbst nicht unter elektrischer Spannung, dies wird durch die Verwendung von Isolatoren gewährleistet.

Im Bereich von Unterführungen, Schilderbrücken, Fußgängerbrücken oder Auslegern von Ampelanlagen werden die beiden Fahrdrähte von oben her mittels U-förmiger Kunststoffprofile eingehaust. Dieser spezielle Schutz vermindert das Risiko für Kurzschlüsse.

4.2. Streckenverlauf der Oberleitungsabschnitte

4.2.1. Von der Haltestelle Südbahnhof bis zur Haltestelle Botanischer Garten

Die BOB-Fahrleitung beginnt am Südbahnhof in der Wendeschleife auf dem Hildegard-Hamm-Brücher-Platz. Dieser Fahrleitungsbereich wird durch die elektrische Einspeisung der Maste MBOB7480/MBOB7490 aus dem Unterwerk Konrad-Adenauer-Brücke (siehe Kapitel 4.3.4) mit Energie versorgt. Die Fahrdrähte werden über Seilverspannungen getragen.

In Höhe der Zeppelinstraße 17a biegt die Oberleitung 2-spurig in Richtung Osten ab. Von Westen her wird in der südlichen Haltestelle „Konrad-Adenauer-Brücke“ eine Eindrahtstelle für die BOB-Fahrzeuge errichtet. Das heißt, dass hier das BOB-Fahrzeug in die Haltestelle in eine (entsprechend des Fahrzeugtyps abmarkierte) Halteposition fährt. Dort werden die Stromabnehmerstangen durch das Fahrzeug gehoben und mittels Eindrahttrichter an die Fahrdrähte geführt. Das Fahrzeug wird ab diesem Zeitpunkt mit Strom aus der Oberleitung versorgt. Am Mastpaar MBOB7480/MBOB7490 am östlichen Ende der südlichen Haltestelle „Konrad-Adenauer-Brücke“ wird eine elektrische Einspeisung (aus dem Unterwerk Konrad-Adenauer-Brücke, siehe Kapitel 4.3.4) in die Oberleitung realisiert. Aussagen zu einer abweichenden Linienführung, bei der die Bedienung des Südbahnhofs nicht erfolgt, sondern zwischen den Haltestellen „Konrad-Adenauer-Brücke“ und „An der Schanze“ direkt gefahren wird, trifft der Simulationsbericht (Unterlage (21)) in seinem Kapitel 4.8.

Ab der Haltestelle Konrad-Adenauer-Brücke sind bis zum Oberleitungsbereich an der Frankfurter Straße (siehe Kapitel 4.2.4) je Pol zwei erdverlegte Verbindungskabel mit jeweils 1x240 mm² Cu, also insgesamt 4x240 mm² Cu, vorgesehen. Weiterhin ist zwischen der Einspeisung am Mastpaar MBOB7480/MBOB7490 und der Einspeisung am Mastpaar MBOB8440/MBOB8430 ein ebenfalls erdverlegtes Kabel 1x400 mm² Cu (je Pol) vorgesehen.

Damit die BOB-Fahrzeuge sowohl von Westen als auch von Osten in die Zeppelinstraße mit (an die Oberleitung) gehobenen Stromabnehmern fahren können, ist am nördlichen Ende der Zeppelinstraße in südlicher Fahrtrichtung eine Weiche in die Oberleitung einzubauen. Die Weiche kommt ohne aktive Teile aus. Die Aufhängung der Weiche erfolgt über vier Masten im Einmündungsbereich. Um den Stich in Richtung Südbahnhof (Hildegard-Hamm-Brücher-Platz) elektrisch spannungsfrei schalten zu können, werden im Einmündungsbereich derselben Kreuzung auch zwei elektrische Trennstellen in die Oberleitung eingebaut.

Am Mastpaar MBOB7110/MBOB7120 wird eine weitere Speisestelle (aus dem Unterwerk Konrad-Adenauer-Brücke, siehe Kapitel 4.3.4) für beide Spuren der Oberleitung in Richtung der Lahnberge hergestellt.

Von der Einmündung in Richtung der Wendeschleife am Südbahnhof (Hildegard-Hamm-Brücher-Platz) bis zur Kreuzung Auf den Lahnbergen/Karl-von-Frisch-Straße verläuft die Oberleitung zweispurig. Auf diesem Abschnitt werden durchgehend Seilverspannungen als Tragwerke verwendet. An den Masten MBOB6010/MBOB6020 ist je Spur und Richtung eine Einspeisestelle aus dem Unterwerk Brüder-Grimm-Straße (siehe Kapitel 4.3.7) sowie je Spur eine Trennstelle vorgesehen. An den Masten MBOB4630/MBOB4640 erfolgen die Einspeisungen aus dem Unterwerk Alte Feldfabrik (siehe Kapitel 4.3.3); dort sind ebenfalls Trennstellen vorgesehen.

Die Oberleitung über der Spur Richtung Norden endet an der nordwärtigen Haltestelle Botanischer Garten. Die Oberleitung auf der nach Süden führenden Fahrspur wird bis zur südseitigen Haltestelle Botanischer Garten weitergeführt. Auf diesem ca. 330 m langen Streckenabschnitt wird die Oberleitung zunächst ebenfalls mit Seilverspannungen und auf den letzten ca. 200 m mittels Auslegerkonstruktionen getragen.

In der südwärtigen Haltestelle Botanischer Garten wird eine weitere Eindrahtstelle für die BOB-Fahrzeuge eingebaut und es werden in der Haltestelle entsprechende Markierungen der Halteposition gesetzt.

Der beschriebene Streckenabschnitt hat eine Streckenlänge von ca. 4 km. Auf den zweispurigen Abschnitten sind Querkupplungen der beiden Fahrleitungen über 1x120 mm² Cu (je Pol) geplant, welche ca. alle 300 m vorgesehen sind. Die geplanten Einrichtungen sind auf den Blattnummern 1 bis 18 verzeichnet.

4.2.2. Kreisel Baldingerstraße/Auf den Lahnbergen bis Haltestelle Ginseldorfer Weg

Ab der Einmündung Kreisel Baldingerstraße/Auf den Lahnbergen beginnt ein weiterer Oberleitungsabschnitt. Die Oberleitung folgt dem Streckenverlauf auf der Panoramastraße bis zu den Haltestellen am Ginseldorfer Weg. Kurz hinter dem Kreisel wird auf der Spur in Richtung Norden eine Eindrahtstelle für die BOB-Fahrzeuge mit abmarkierter Halteposition eingerichtet. Diese Eindrahtstelle hat einen Platzbedarf von ca. 27 m und ist vergleichbar mit einer normalen, für die 24 m langen BOB-Fahrzeuge tauglichen Bushaltestelle.

Im Bereich Kreisel Baldingerstraße/Auf den Lahnbergen wird ein einzelner Mast als Auslegerkonstruktion geplant. Ansonsten werden generell durchgehend bis zum Ende des Fahrleitungsbereichs an den Haltestellen Ginseldorfer Weg Seilverspannungen als Tragwerke eingesetzt, da die Nebeneinanderführung beider Fahrspuren als Planungsgrundlage unterstellt wird. Da die Oberleitung an der Haltestelle Ginseldorfer Weg in Richtung der Innenstadt kürzer ist als in Richtung der Lahnberge, sind an der Haltestelle in Richtung der Lahnberge nochmal zwei Ausleger als Tragwerk für die Oberleitung vorgesehen. An dieser Haltestelle wird auch eine Eindrahtstelle mit abmarkierter Halteposition für die BOB-Fahrzeuge errichtet.

Im beschriebenen Streckenabschnitt befinden sich drei Speisestellen, an denen die Oberleitung mit Strom versorgt wird. Die Speisestellen befinden sich bei den Mastpaaren MBOB3960/MBOB3970 (Unterwerk Lahnberge/Bauerbach, siehe Kapitel 4.3.2), MBOB2700/MBOB2710 (Unterwerk Panoramastraße, siehe Kapitel 4.3.1) und MBOB1230/MBOB1220 (Unterwerk Ginseldorfer Weg, siehe Kapitel 4.3.8). Zwischen den Unterwerken Panoramastraße /

Ginseldorfer Weg ist zudem eine Verstärkungsleitung 1x240 mm² Cu (je Pol) vorgesehen. Die Verstärkungsleitung wird entweder auf den Masten mitgeführt oder erdverlegt. Sie wird ca. alle 300 m mit beiden Fahrleitungen quergekuppelt über 1x120 mm² Cu (je Pol).

Der beschriebene Streckenabschnitt hat eine Streckenlänge von ca. 4,3 km. Auf den zweispurigen Abschnitten sind Querkupplungen der beiden Fahrleitungen über 1x120 mm² Cu (je Pol) geplant, welche ca. alle 300 m vorgesehen sind. Die geplanten Einrichtungen sind auf den Blattnummern 19 bis 37 verzeichnet.

Zwischen der Haltestelle Ginseldorfer Weg bis zur Haltestelle Schlosserstraße wird keine Oberleitung errichtet. Zur Verbindung des hier beschriebenen Oberleitungsabschnittes ab dem Ginseldorfer Weg mit dem Oberleitungsabschnitt an der Schlosserstraße (siehe Kapitel 4.2.3) sind zwischen diesen zwei Haltestellen je Pol zwei Verbindungskabel mit jeweils 1x240 mm² Cu vorgesehen, welche in der Erde verlegt werden.

Im Rahmen der Erneuerung der Brücke über die Main-Weser-Bahn sollte die Ertüchtigung dieser Brücke für das Setzen von Oberleitungsmasten vorgesehen werden. In diesem Zuge kann zwischen den Haltestellen Ginseldorfer Weg und Schlosserstraße die Oberleitung durchgehend aufgebaut werden. Die aktuell vorgesehenen Verbindungskabel können dabei entfallen und ein gemeinsamer Oberleitungsabschnitt vom Kreisel Baldingerstraße/Auf den Lahnbergen bis zur Haltestelle Zimmermannstraße entsteht. Diese Konfiguration erspart das Ab- und erneute Andrahten, was nach der derzeitigen Planung auf der Strecke zwischen den Haltestellen Ginseldorfer Weg und Schlosserstraße notwendig ist.

4.2.3. Haltestelle Schlosserstraße bis Haltestelle Zimmermannstraße

Von der Haltestelle Schlosserstraße bis zur Haltestelle Zimmermannstraße ist ein weiterer Oberleitungsabschnitt vorgesehen. Über den gesamten Abschnitt werden die Fahrdrähte der Oberleitung über Seilverspannungen getragen. In der Haltestelle Schlosserstraße in südlicher Richtung befindet sich eine Eindrahtstelle für die BOB-Fahrzeuge mit markierter Halteposition. Außerdem verlaufen ab dort zum Oberleitungsabschnitt am Ginseldorfer Weg (siehe Kapitel 4.2.2) wie bereits erwähnt Verbindungskabel, um ein zusammenhängendes Fahrleitungsnetz zu bilden. Wie bereits in Kapitel 4.2.2 erwähnt, ist im Rahmen einer möglichen Erneuerung der Brücke über die Main-Weser-Bahn statt der Verbindungskabel die Ertüchtigung dieser Brücke für das Setzen von Oberleitungsmasten vorzusehen, um die derzeit vorgesehene Lücke im Fahrleitungsnetz zu schließen.

Eine weitere Eindrahtstelle mit abmarkierter Halteposition befindet sich in der nordseitigen Haltestelle an der Zimmermannstraße.

Zur Sicherung des 2. Rettungsweges für anliegende Gebäude wurde die Fahrleitung im Bereich der Neuen Kasseler Straße 12 h-i nach Vorliegen der brandschutztechnischen Stellungnahme einseitig eingekürzt.

Für den beschriebenen Streckenabschnitt ist eine elektrische Einspeisung am Mastpaar MBOB0460/MBOB0470 (zum Unterwerk Hauptbahnhof, siehe Kapitel 4.3.6) vorgesehen. Er ist auf den Plänen mit den Blattnummern 38-40 eingezeichnet und hat eine Streckenlänge von ca. 0,6 km. Auf den zweispurigen Abschnitten sind Querkupplungen der beiden Fahrleitungen über 1x120 mm² Cu (je Pol) geplant, welche ca. alle 300 m vorgesehen sind.

4.2.4. Haltestelle Gutenbergstraße bis Haltestelle Frankfurter Straße

Der letzte Abschnitt der Oberleitungsanlage erstreckt sich von der Haltestelle Gutenbergstraße bis zur Haltestelle Frankfurter Straße. Die Oberleitung wird in diesem Abschnitt überwiegend durch Seilverspannungen getragen. Lediglich zu Beginn und Ende des Abschnittes sind

Ausleger als Tragwerke, aufgrund der richtungsabhängig unterschiedlichen Positionen der genannten Haltestellen, vorgesehen.

An der Haltestelle Gutenbergstraße in westliche Richtung und an der Haltestelle Frankfurter Straße in nördlicher Richtung sind Eindrahtstellen für die BOB-Fahrzeuge und entsprechende Markierungen der Haltepositionen vorgesehen. Die elektrische Speisung des Abschnitts ist am Mastpaar MBOB8430/MBOB8440 (vom Unterwerk Amtsgericht, siehe Kapitel 4.3.5) geplant. Weiterhin sind, wie bereits erwähnt, je Pol ein Kabel von der Einspeisung am Mastpaar MBOB8430/MBOB8440 zur Einspeisung am Mast MBOB7490 sowie je Pol ein Kabel vom Ende des Fahrleitungsabschnitts an der Frankfurter Straße zum Fahrleitungsabschnitt beginnend ab der Konrad-Adenauer-Brücke (siehe Kapitel 4.2.1) in der Ausführungsplanung zu berücksichtigen.

Der beschriebene Streckenabschnitt hat eine Streckenlänge von ca. 1,7 km. Auf den zweispurigen Abschnitten sind Querkupplungen der beiden Fahrleitungen über 1x120 mm² Cu (je Pol) geplant, welche ca. alle 300 m vorgesehen sind. Der beschriebene Oberleitungsabschnitt ist auf den Plänen mit den Blattnummern 41 bis 48 verzeichnet.

4.3. Standorte der Gleichrichterunterwerke

4.3.1. Panoramastraße

Das Unterwerk befindet sich auf dem Parkplatz (bergab) an der Panoramastraße. Es besitzt die in Tabelle 4.1 aufgelisteten technischen Eigenschaften. Das Grundstück, auf dem das GUW gebaut wird, ist ebenfalls in Tabelle 4.1 spezifiziert. Der zugehörige Planausschnitt (Quelle: Blatt 27 aus Unterlage (4.4)) ist in Abbildung 4.3 gezeigt.

Tabelle 4.1: Eigenschaften GUW 01 Panoramastraße und zugehöriges Grundstück

Daten	Wert
Abmessungen (LxBxH)	10 m x 4 m x 3 m über Geländeoberkante (1 m Sockel)
Bemessungsleistung	660 kVA
Nennleistung	1.000 kVA
Gemarkung	Marburg
Flurnummer	45
Flurstückszähler	13
Flurstücksnenner	61
Eigentümer	Land Hessen - Hessen Mobil Marburg, Raiffeisenstraße 7, 35043 Marburg
Entfernung zur 20 kV-Trasse	280 m

Die Einspeisung erfolgt an zwei Punkten. Der Speisepunkt PS1 speist den Abschnitt bergab zum Unterwerk GUW 08 Ginseldorfer Weg. Der Speisepunkt PS2 versorgt den Abschnitt bergauf zum Unterwerk GUW 02 Lahnberge/Bauerbach. Beide Einspeisungen erfolgen am Mast MBOB4630. Die Verlegung der Speisekabel erfolgt bis zum Mast erdverlegt.

Abbildung 4.3: Standort des Unterwerks GUW 01 Panoramastraße und der Einspeisungen PS1 (nach rechts) und PS2 (nach links) am Mast MBOB2700, Quelle: Blatt 27 aus Unterlage (4.4)

4.3.2. Lahnberge/Bauerbach

Das Unterwerk befindet sich an der Panoramastraße gegenüber der Ausfahrt zum Fernheizwerk. Es besitzt die in Tabelle 4.2 aufgelisteten Eigenschaften. Das Grundstück, auf dem das GUW gebaut wird, ist ebenfalls in Tabelle 4.2 spezifiziert. Der zugehörige Planausschnitt (Quelle: Blatt 20 aus Unterlage (4.4)) ist in Abbildung 4.4 und Abbildung 4.5 gezeigt.

Tabelle 4.2: Eigenschaften GUW 02 Lahnberge / Bauerbach und zugehöriges Grundstück

Daten	Wert
Abmessungen (LxBxH)	10 m x 4 m x 3 m über Geländeoberkante (1 m Sockel)
Bemessungsleistung	660 kVA
Nennleistung	1.000 kVA
Gemarkung	Bauerbach
Flurnummer	8
Flurstückszähler	17
Flurstücksnenner	2
Eigentümer	Land Hessen, Forstverwaltung, Hangelburg 2, 35274 Kirchhain
Entfernung zur 20 kV-Trasse	15 m

Die Einspeisung erfolgt an zwei Punkten. Der Speisepunkt LBB1 speist den Abschnitt bergab zum Unterwerk GUW 01 Panoramastraße. Der Speisepunkt PS2 versorgt den Abschnitt Richtung Klinikum. Beide Einspeisungen erfolgen am Mast MBOB3960. Die Verlegung der Speisekabel erfolgt bis zum Mast erdverlegt.

Abbildung 4.4: Standort des Unterwerks GUW 02 Lahnberge/Bauerbach, Quelle: Blatt 20 aus (Unterlage (4.4))

Abbildung 4.5: Standort der Einspeisungen LBB1 (nach rechts) und LBB2 (nach links) am Mast MBOB3960 (kurz vor dem Abzweig zum Kraftwerk), Quelle: Blatt 20 aus Unterlage (4.4)

4.3.3. Alte Feldfabrik

Das Unterwerk befindet sich auf dem Gelände der alten Feldfabrik, gegenüber vom neuen Botanischen Garten auf den Lahnbergen. Es besitzt die in Tabelle 4.3 aufgelisteten Eigenschaften. Das Grundstück, auf dem das GUW gebaut wird, ist ebenfalls in Tabelle 4.3

spezifiziert. Der zugehörige Planausschnitt (Quelle: Blatt 15 aus Unterlage (4.4)) ist in Abbildung 4.6 gezeigt.

Tabelle 4.3: Eigenschaften GUW 03 Alte Feldfabrik und zugehöriges Grundstück

Daten	Wert
Abmessungen (LxBxH)	10 m x 4 m x 3 m über Geländeoberkante (1 m Sockel)
Bemessungsleistung	660 kVA
Nennleistung	1.000 kVA
Gemarkung	Marburg
Flurnummer	45
Flurstückszähler	28
Flurstücksnenner	30
Eigentümer	Land Hessen – Hessisches Ministerium für Kunst, Biegenstraße 10, 35037 Marburg
Entfernung zur 20 kV-Trasse	100 m

Die Einspeisung erfolgt an zwei Punkten. Der Speisepunkt FF1 speist den Abschnitt bergauf Richtung Klinikum / neuer Campus Nord. Der Speisepunkt FF2 versorgt den Abschnitt stadteinwärts Richtung GUW 07 Brüder-Grimm-Straße. Beide Einspeisungen erfolgen am Mast MBOB4630. Die Verlegung der Speisekabel erfolgt bis zum Mast erdverlegt.

Abbildung 4.6: Standort des Unterwerks GUW 03 Alte Feldfabrik und der Einspeisungen FF1 (nach rechts) und FF2 (nach links) am Mast MBOB4630, Quelle: Blatt 15 aus Unterlage (4.4)

4.3.4. Konrad-Adenauer-Brücke

Das Unterwerk steht am südlichen Ende der Konrad-Adenauer-Brücke, links neben dem Haus der Zeppelin Str. 19. Es hat die in Tabelle 4.4 aufgelisteten Eigenschaften. Die Grundstücke, auf dem das GUW gebaut wird, sind ebenfalls in Tabelle 4.4 spezifiziert. Die zugehörigen Planausschnitte (Quelle: Blatt 2 und 48 aus Unterlage (4.4)) sind in Abbildung 4.7, und Abbildung 4.8 gezeigt.

Tabelle 4.4: Eigenschaften GUW 04 Konrad-Adenauer-Brücke und zugehöriges Grundstück

Daten	Wert
Abmessungen (LxBxH)	10 m x 4 m x 3 m über Geländeoberkante (1 m Sockel)
Bemessungsleistung	1.000 kVA
Nennleistung	1.000 kVA
Gemarkung	Marburg
Flurnummer	42
Flurstückszähler	6
Flurstücksnenner	3, 5, 6
Eigentümer	- Erbengemeinschaft Veit -
Entfernung zur 20 kV-Trasse	350 m

Die Einspeisung erfolgt an drei Punkten. Der Speisepunkt KAB1 speist den Abschnitt Richtung Innenstadt zum GUW 05 Amtsgericht Marburg. Der Speisepunkt KAB2 versorgt den Abschnitt stadtauswärts Richtung GUW 07 Brüder-Grimm-Straße. Der dritte Speisepunkt ist KAB5, welcher die Stichstrecke zum Südbahnhof entlang der Zeppelinstraße versorgt. Die Verlegung der Speisekabel erfolgt bis zum jeweiligen Mast erdverlegt.

Abbildung 4.7: Standort des Unterwerks GUW 04 Konrad-Adenauer-Brücke (rotes Rechteck) mit erdverlegtem Speisekabel (rote Linie) sowie Einspeisung KAB5 (Mast MBOB7480), Quelle: Blatt 2 aus Unterlage (4.4)

Die Verschiebung des Unterwerks GUW 04 Konrad-Adenauer-Brücke vom initialen Standort am Südbahnhof zum Standort an der Konrad-Adenauer-Brücke hat keine neu zu bewertenden, elektrischen Einflüsse. Die Einspeisungen in das Fahrleitungsnetz sowie die 50-Hz-Versorgung aus dem Mittelspannungsnetz sind mit dem initialen Unterwerk (Südbahnhof) physikalisch vergleichbar. Daher sind keine neuen Simulationen des Fahrleitungsnetzes sowie des vorgelagerten Mittelspannungsnetzes für dieses Planfeststellungsverfahren notwendig.

Unterlage (19) Netzrückwirkungen der Gleichrichterunterwerke und *Unterlage (21) Simulationsbericht* behalten weiterhin ihre technische Gültigkeit.

Abbildung 4.8: Einspeisung Konrad-Adenauer-Brücke KAB1 (Mast MBOB7580) und KAB2 (Mastpaar MBOB7110/MBOB7120, unten) nahe der Konrad-Adenauer-Brücke, Quelle: Blatt 48 und Blatt 2 aus Unterlage (4.4)

4.3.5. Amtsgericht Marburg

Das Unterwerk steht auf dem Parkplatz neben dem Haus Universitätsstraße 55, gegenüber des Amtsgericht Marburg. Es besitzt die in Tabelle 4.5 aufgelisteten technischen Eigenschaften. Das Grundstück, auf dem das GUW gebaut wird, ist ebenfalls in Tabelle 4.5 spezifiziert. Der zugehörige Planausschnitt (Quelle: Blatt 43 aus Unterlage (4.4)) ist in Abbildung 4.9 gezeigt.

Tabelle 4.5: Eigenschaften GUW 05 Amtsgericht Marburg und zugehöriges Grundstück

Daten	Wert
Abmessungen (LxBxH)	10 m x 4 m x 3 m über Geländeoberkante (1 m Sockel)
Bemessungsleistung	1.000 kVA
Nennleistung	1.000 kVA
Gemarkung	Marburg
Flurnummer	21
Flurstückszähler	104
Flurstücksnenner	14
Eigentümer	Sparkasse Marburg-Biedenkopf
Entfernung zur 20 kV-Trasse	15 m

Die Einspeisung erfolgt an zwei Punkten. Der Speisepunkt AGM1 speist den Abschnitt Richtung Altstadt. Der Speisepunkt AGM2 versorgt den Abschnitt Richtung GUW 04 Konrad-Adenauer-Brücke. Die Verlegung der Speisekabel erfolgt bis zum jeweiligen Mast erdverlegt.

Abbildung 4.9: Standort des Unterwerks GUW 05 Amtsgericht Marburg und der Einspeisungen AGM1 (nach links) und AGM2 (nach rechts) am Mastpaar MBOB8430/MBOB8440, Quelle: Blatt 43 aus Unterlage (4.4)

4.3.6. Hauptbahnhof

Das Unterwerk steht auf dem Parkplatz gegenüber des Hauses Neue Kasseler Straße 11 in der Nähe des Hauptbahnhofs. Es besitzt die in Tabelle 4.6 aufgelisteten technischen Eigenschaften. Das Grundstück, auf dem das GUW gebaut wird, ist ebenfalls in Tabelle 4.6 spezifiziert. Der zugehörige Planausschnitt (Quelle: Blatt 40 aus Unterlage (4.4)) ist in Abbildung 4.9 und Abbildung 4.10 gezeigt.

Tabelle 4.6: Eigenschaften GUW 06 Hauptbahnhof und zugehöriges Grundstück

Daten	Wert
Abmessungen (LxBxH)	10 m x 4 m x 3 m über Geländeoberkante (1 m Sockel)
Bemessungsleistung	1.000 kVA
Nennleistung	1.000 kVA
Gemarkung	Marburg
Flurnummer	4
Flurstückszähler	18
Flurstücksnenner	135
Eigentümer	KREA Domus OHG, Neue Kasseler Straße 1, 35039 Marburg
Entfernung zur 20 kV-Trasse	20 m

Die Einspeisung erfolgt nur an einer Stelle für die Fahrleitungen in beide Richtungen. Der Speisepunkt HBF1 befindet sich am Mast MBOB0460 und speist den Abschnitt Richtung GUW 08 Ginseldorfer Weg entlang der Neuen Kasseler Straße. Die Verlegung des Speisekabels erfolgt bis zum Mast erdverlegt.

Abbildung 4.10: Standort des Unterwerks GUW 06 Hauptbahnhof gegenüber des Hauses Neue Kasseler Straße 11 an der Kreuzung zur Zimmermannstraße, Quelle: Blatt 40 aus Unterlage (4.4)

Abbildung 4.11: Standort der Einspeisung HBF1 am Mast MBOB0460, Quelle: Blatt 39 aus Unterlage (4.4)

4.3.7. Brüder-Grimm-Straße

Das Unterwerk GUW 07 Brüder-Grimm-Straße befindet sich an der Kreuzung von Großseelheimer Straße und Brüder-Grimm-Straße auf den Parkplätzen neben dem Gebäude Großseelheimer Straße 62 c. Es besitzt die in Tabelle 4.7 aufgelisteten technischen Eigenschaften. Das Grundstück, auf dem das GUW gebaut wird, ist ebenfalls in Tabelle 4.7 spezifiziert. Der zugehörige Planausschnitt (Quelle: Blatt 8 aus Unterlage (4.4)) ist in Abbildung 4.12 gezeigt.

Tabelle 4.7: Eigenschaften GUW 07 Brüder-Grimm-Straße und zugehöriges Grundstück

Daten	Wert
Abmessungen (LxBxH)	10 m x 4 m x 3 m über Geländeoberkante (1 m Sockel)
Bemessungsleistung	660 kVA
Nennleistung	1.000 kVA
Gemarkung	Marburg
Flurnummer	56
Flurstückszähler	11 und 12
Flurstücksnenner	-
Eigentümer	GeWoBau, Pilgrimstein 17, 35037 Marburg
Entfernung zur 20 kV-Trasse	25 m

Die Einspeisung erfolgt an zwei Punkten. Der Speisepunkt BGRI1 speist den Abschnitt Richtung Innenstadt zum GUW 04 Konrad-Adenauer-Brücke. Der Speisepunkt BGRI2 versorgt den Abschnitt stadtauswärts Richtung GUW 03 Alte Feldfabrik. Beide Einspeisungen erfolgen am Mast MBOB6010. Die Verlegung der Speisekabel erfolgt bis zum Mast erdverlegt.

Abbildung 4.12: Standort des Unterwerks GUW 07 Brüder-Grimm-Straße und der Einspeisungen BGRI1 (nach links) und BGRI2 (nach rechts) am Mast MBOB6010, Quelle: Blatt 8 aus Unterlage (4.4)

4.3.8. Ginseldorfer Weg

Das Unterwerk GUW 08 Ginseldorfer Weg befindet sich an der Brücke, wo die Panoramastraße den Ginseldorfer Weg überquert, im Waldtal. Es steht auf der stadtwärtigen Seite der Panoramastraße. Es besitzt die in Tabelle 4.8 aufgelisteten Eigenschaften. Das Grundstück, auf dem das GUW gebaut wird, ist ebenfalls in Tabelle 4.8 spezifiziert. Der zugehörige Planausschnitt (Quelle: Blatt 35 aus Unterlage (4.4)) ist in Abbildung 4.13 gezeigt.

Tabelle 4.8: Eigenschaften GUW 08 Ginseldorfer Weg und zugehöriges Grundstück

Daten	Wert
Abmessungen (LxBxH)	10 m x 4 m x 3 m über Geländeoberkante (1 m Sockel)
Bemessungsleistung	660 kVA
Nennleistung	1.000 kVA
Gemarkung	Marburg
Flurnummer	45
Flurstückszähler	13
Flurstücksnenner	125
Eigentümer	Universitätsstadt Marburg
Entfernung zur 20 kV-Trasse	450 m

Die Einspeisung erfolgt an zwei Punkten. Der Speisepunkt GINS1 speist den Abschnitt Richtung Innenstadt zum GUW 06 Hauptbahnhof. Der Speisepunkt GINS2 versorgt den Abschnitt bergwärts Richtung GUW 01 Panoramastraße. Beide Einspeisungen erfolgen am Mast MBOB1220. Die Verlegung der Speisekabel erfolgt bis zum Mast erdverlegt.

Abbildung 4.13: Standort des Unterwerks GUW 08 Ginseldorfer Weg und der Einspeisungen GINS1 (nach rechts) und GINS2 (nach links), Quelle: Blatt 35 aus Unterlage (4.4)

4.3.9. Übersicht der Standorte

Auf Basis der Untersuchungen sind derzeit die in Tabelle 4.9 aufgeschlüsselten Standorte für Gleichrichterunterwerke vorgesehen und entsprechend der Bodenrichtwerte bewertet.

Tabelle 4.9: Übersicht der Unterwerksstandorte

Standort	Gemarkung	Flurnummer	Flurstückszähler	Flurstücksnenner	Gesamtfläche [m²]	Benötigte Teilfläche [m²]	Bodenrichtwert [EUR/m²]	Eigentümer	Ausgleichswert [EUR]
Panoramastraße (Parkplatz)	Marburg	45	13	61	90.127	40	2,00	Land Hessen - Hessen Mobil Marburg, Raiffeisenstraße 7, 35043 Marburg	80,00
Lahnberge/ Bauerbach	Bauerbach	8	17	2	339.249	40	2,00	Land Hessen, Forstverwaltung, Hangelburg 2, 35274 Kirchhain	80,00
Alte Feldfabrik (botanischer Garten)	Marburg	45	28	30	29.985	40	2,00	Land Hessen – Hessisches Ministerium für Kunst, Biegenstraße 10, 35037 Marburg	80,00
Konrad-Adenauer-Brücke	Marburg	42	6	3, 5, 6	618	150	300,00	Eigentümergemeinschaft Martin und Michael Veit, Eugenie-Hummel-Ring 37, 65239 Hochheim am Main	45.000,00
Amtsgericht	Marburg	21	104	14	610	40	550,00	Sparkasse Marburg-Biedenkopf	22.000,00
Hauptbahnhof (Parkplatz)	Marburg	4	18	135	3.770	40	360,00	KREA Domus OHG, Neue Kasseler Straße 1, 35039 Marburg	14.400,00
Brüder-Grimm-Straße	Marburg	56	11, 12	-	2.388	40	350,00	GeWoBau Pilgrimstein 17 35037 Marburg	14.000,00
Ginseldorfer Weg	Marburg	45	13	125	693.136	40	2,00	Universitätsstadt Marburg	80,00

4.4. Betriebliche Rahmenbedingungen

In diesem Unterkapitel werden betriebliche Rahmenbedingungen beschrieben, welche aufgrund des Betriebs mit 24 m langen Doppelgelenkbussen notwendig sind. Außerdem werden für den BOB-Betrieb notwendige Betriebshalte und die zugehörigen Rahmenbedingungen beschrieben.

4.4.1. Berücksichtigung der Schleppkurven der 24 m langen BOB-Fahrzeuge

Die Straßen, die von den Linien 7 und 27 befahren werden, wurden in einer grundsätzlichen Schleppkurvenuntersuchung auf deren Tauglichkeit für die Befahrung mit 24 m langen Doppelgelenk-Batterieoberleitungsbussen überprüft. Die grundsätzliche Untersuchung konnte erfolgreich durchgeführt werden. Bei der Auswahl eines Fahrzeugmodells sind jedoch eine konkrete Schleppkurvenuntersuchung für das zu wählende Fahrzeugmodell sowie reelle Fahrversuche durchzuführen.

Die Schleppkurvenbetrachtung mit dem gewählten Fahrzeugmodell werden den theoretischen Anpassungsbedarf des Straßenraums ergeben. Die reellen Fahrversuche erfassen unbedingt auch den Einfluss des Fahrverhaltens, d.h. verkehrsbedingt werden die Fahrlinien, Fahrgeschwindigkeiten und Rücksichtnahme im Gegenverkehr durch den Fahrzeugführer

angepasst, um Notwendigkeit von baulichen Anpassungen zu bewerten. Konfliktpunkte im Bestand sind durch kleine Anpassungen von Bordsteinen und Verkehrsinseln (z.B. an Haltestellen), Markierungen (z.B. Versetzen von Haltlinien an Einmündungen), Maststandorten (z.B. Beschilderung, Beleuchtung) usw. zu beheben.

Die grundsätzliche Schleppkurvenbetrachtung enthält auch einen Vergleich verschiedener derzeit auf dem Markt befindlicher Fahrzeugmodelle, um den Einfluss der Modellwahl als zu beachtende Größe zu zeigen. Sie ist diesem Erläuterungsbericht als Unterlage (5) beigefügt. In der Untersuchung wurden zwei beachtenswerte Punkte ermittelt, welche im Folgenden beschrieben werden.

4.4.1.1. Haltestelle Südbahnhof

An der Haltestelle Südbahnhof müssen die Busse der Linien 7 und 27 in beide Richtungen eine Wende um 180° vollführen. Die Untersuchung der Schleppkurven ergab, dass aufgrund der Länge der Fahrzeuge der größte am Hildegard-Hamm-Brücher-Platz (vormals Karl-Theodor-Bleek-Platz) mögliche Wenderadius gewählt werden muss. Dies hat zur Folge, dass die Fahrzeuge mit südwärts gerichteter Front nicht in gerader Ausrichtung am Südbahnhof halten können und somit eventuell keine auf ganzer Länge barrierefreie Haltestelle am Südbahnhof angeboten werden kann. Sofern eine auf voller Länge barrierefreie Haltestelle zu realisieren ist, so muss diese an der Ostseite (z. B. ab Mast MBOB7250) eingerichtet werden, damit die bereits gewendeten Fahrzeuge dort gerade ausgerichtet halten können. In Abbildung 4.14 sind die geschilderten Verhältnisse abgebildet.

Abbildung 4.14: Schleppkurvenuntersuchung am Südbahnhof (Beispiel), Karl-Theodor-Bleek-Platz wurde umbenannt in Hildegard-Hamm-Brücher-Platz

4.4.1.2. Haltestelle Ginseldorfer Weg

Die Haltestelle Ginseldorfer Weg ist als Eindrahtstelle vorgesehen. Sie ist jedoch aktuell im Kurvenbereich und daher ungünstig gelegen, um die Doppelgelenkbusse zum Eindrahten vollständig gerade auszurichten. Zudem ist wie am Südbahnhof die barrierefreie Bedienung der Haltestelle unter Umständen nicht möglich.

Die festgelegte Ausrichtung der Busse zum Eindrahttrichter wird wie an allen Eindrahtstellen über eine Fahrbahnmarkierung geregelt, damit das Fahrzeugheck beim Halt an der Haltestelle innerhalb einer geringen seitlichen Toleranz zum Stehen kommt. Prinzipiell ist es möglich, dies auch innerhalb einer Kurve vorzusehen (sofern der Fahrdraht parallel zur resultierenden Heckposition ausgerichtet werden kann). Es besteht jedoch eine Wahrscheinlichkeit, dass der Eindrahtvorgang aufgrund von kleinen Abweichungen in Position und/oder Ausrichtungswinkel nicht automatisiert möglich ist. Zudem würde möglicherweise eine strikte Bindung an eine bestimmte Fahrzeugkonfiguration entstehen. Eine Umverlegung der Haltestelle in eine gerade Spur ist daher ggf. vorzusehen, dies bietet auch Vorteile bei der barrierefreien Bedienung der Haltestelle.

4.4.2. Zusätzliche Betriebshalte zum Ein- und Ausdrahten der BOB-Fahrzeuge

Eine detaillierte Beschreibung der Ein- und Ausdrahtvorgänge ist in der Begleitdokumentation (Unterlage (20.1), Kapitel 2.4.2) nachzulesen. Aus diesem Grund erfolgt hier nur eine kurze Einführung.

Das Ausdrahten von BOB-Fahrzeugen kann prinzipiell an beliebiger Stelle erfolgen, indem per Knopfdruck aus dem Fahrzeugführerstand die Stromabnehmer des Fahrzeugs gesenkt und anschließend arretiert werden. Dieser Vorgang nimmt nur wenige Sekunden in Anspruch. Das Senken der Stromabnehmer kann prinzipiell auch bei Fahrt erfolgen. Um eine versehentliche Weiterfahrt mit gehobenen Stromabnehmern (und daraus folgenden möglichen Sachschäden an Fahrzeug und Oberleitung) möglichst zu vermeiden, sollte das Ausdrahten im Stillstand erfolgen.

Das treffsichere Eindrahten der BOB-Fahrzeuge an die Fahrleitung erfordert Übung, da die Stromabnehmer durch den Fahrdraht geführt werden und keine breiten Schleifleisten (wie z. B. bei Straßenbahnen) besitzen. Der Vorgang muss im Stillstand an einer definierten Halteposition mit einigen Zentimetern Toleranz in Längs- und Querrichtung durchgeführt werden und es müssen an der Fahrleitung Eindrahttrichter vorgesehen werden, damit der Vorgang treffsicher direkt vom Fahrerarbeitsplatz per Knopfdruck durchgeführt werden kann. Der Eindrahtvorgang dauert ebenfalls nur wenige Sekunden.

In den allermeisten Fällen erfolgt das Ein- und Ausdrahten der BOB-Fahrzeuge während des Aufenthalts in den Haltestellen. Lediglich an einer Position im Netz (siehe nachfolgendes Kapitel) ist ein zusätzlicher Betriebshalt zum Eindrahten der BOB-Fahrzeuge vorgesehen, hinzu kommen zwei zusätzliche Betriebshalte zum Ausdrahten der BOB-Fahrzeuge.

4.4.2.1. Betriebshalte zum Eindrahten und Ausdrahten am Klinikum

Die Fahrleitung wird im vorliegenden Planungsstand nicht auf das Gelände des Klinikums geführt. Da sich am Kreisel Baldingerstraße/Auf den Lahnbergen keine von der Linie 27 bediente Haltestelle befindet, muss zum Eindrahten der BOB-Fahrzeuge in die Oberleitung auf der Panoramastraße in stadtwärtiger Richtung eine Eindrahtstelle (d. h. Eindrahttrichter und auf der Straße abmarkierte Halteposition) vorgesehen werden. Die BOB-Fahrzeuge müssen dort für maximal 15 s halten, bis der Eindrahtvorgang abgeschlossen ist. Die Halteposition muss in Längs- und vor allem in Querrichtung auf wenige Zentimeter genau angefahren werden können, sie muss daher inklusive der Zufahrt durch ein absolutes Halteverbot von anderen Fahrzeugen freigehalten werden.

In der Gegenrichtung müssen die BOB-Fahrzeuge vor der Einfahrt in den Kreisverkehr aus der Fahrleitung ausgedrahtet werden. Aus diesem Grund ist an geeigneter Stelle vor dem Kreisverkehr eine Halteposition vorzusehen und ein Betriebshalt von einigen Sekunden ist in die Fahrpläne einzuplanen. Die Toleranzen in Querrichtung sind wesentlich größer als beim Eindrahtvorgang und in Längsrichtung muss gar keine Toleranz eingehalten werden.

4.4.2.2. Betriebshalt zum Ausdrahten vor der Konrad-Adenauer-Brücke

Die Linien 7 und 27 verkehren vom Universitätsklinikum aus zum Südbahnhof und weiter über die Konrad-Adenauer-Brücke durch die Innenstadt. Da auf der Relation vom Südbahnhof zur Konrad-Adenauer-Brücke ab dem Ende der Zeppelinstraße kein Fahrdraht gespannt ist, müssen die links abbiegenden Fahrzeuge ihre Stromabnehmer vor der Befahrung der Kreuzung gesenkt haben, um Schäden an Fahrzeug und Oberleitung zu vermeiden.

Die Haltestelle Südbahnhof ist 250 m von der betreffenden Kreuzung entfernt. Die BOB-Fahrzeuge müssen aber diese 250 m unter Oberleitung verkehren, damit die von den Fahrzeugen im fahrleitungsfreien Bereich genutzte Energie nachgeladen werden kann. Aus diesem Grund ist vor der Kreuzung ein Betriebshalt erforderlich, damit die links abbiegenden

Fahrzeuge dort ausdrahten können. Der Betriebshalt dauert nur wenige Sekunden und kann innerhalb der Programmierung der Vorrangschaltung für die Busse an der Ampelkreuzung mit eingeplant werden.

Aussagen zu einer abweichenden Linienführung, bei der die Bedienung des Südbahnhofs nicht erfolgt, sondern zwischen Den Haltestellen „Konrad-Adenauer-Brücke“ und „An der Schanze“ direkt gefahren wird, trifft der Simulationsbericht (Unterlage (21)) in seinem Kapitel 4.8.

5. Abwägung aller öffentlichen und privaten Belange

Unter der Beachtung privater Belange soll im Folgenden der Eigentumsschutz und die evtl. entstehenden Nutzungseinschränkungen mit beachtlichem Belang verstanden werden. Als öffentliche Belange werden die Interessen einer oder mehrerer natürlicher oder juristischer Personen und deren Vereinigungen, Organisationen oder Gruppen behandelt. Dies gilt auch für Verbände des Umwelt- und Naturschutzes.

Die Oberleitungsinfrastruktur soll im Straßenraum und nur partiell in den betroffenen Straßen der Linien 7 und 27 errichtet werden. Ebenso soll komplett auf Ab- und Überspannungen privater Grundstücke verzichtet werden. Die partielle Ausgestaltung dient so auch der Minimierung der optischen Beeinträchtigung der Straßenansichten, dem Wegfall von komplexen Kreuzungs- und Weichenkonstruktionen, der Berücksichtigung von ästhetischen Anforderungen an das Stadtbild und der Konzentration des Bauvorhabens auf das zwingend notwendige Bauvolumen. Die Gleichrichterunterwerke, die die Oberleitung mit elektrischer Energie speisen, sollen bei der Umsetzung der Genehmigungsvariante auf Flächen des Landes Hessen, der Universitätsstadt Marburg, der Gemeinnützigen Wohnungsbau GmbH Marburg-Lahn, der Sparkasse Marburg-Biedenkopf und von zwei verkaufswilligen privaten Eigentümern errichtet werden.

5.1. Potentielle Betroffenheiten

Für die Genehmigungsvariante (Planvariante 1) sind potentiell die folgenden Betroffenheiten möglich und im Verfahren zu berücksichtigen:

- Straßenraum (Gestaltung, Fahrspuren, Schildersicht, LSA, Überwege …),
- Fußwege,
- Hochbauten,
- Entwässerungsanlagen,
- Rohrleitungen,
- Flora und Fauna,
- Elektrosicherheit und EMV,
- Visuelle Wirkungen (Dies sind keine normativen Bewertungsgrundlagen) und
- Ggf. private Betroffenheiten.

5.2. Potentiell betroffene Träger öffentlicher oder privater Belange

Im Rahmen des Genehmigungsverfahrens ist es das Ziel, die Betroffenheiten für Träger öffentlicher Belange und privater Haushalte zu ermitteln.

Mögliche Träger öffentlicher Belange / Interessengruppen sind:

- Polizei, Feuerwehr, Rettungsdienste,
- Umweltverbände,
- andere Verkehrs- bzw. Fuhrunternehmen (z.B. weitere Busbetreiber, Lkw mit Lademaß-überschreitungen),
- Straßenverkehrsbehörde,
- andere Verkehrsinfrastrukturbetreiber (z.B. DB Netz, DB Energie bei Querungen),
- Energieversorger,
- Kommunikationsnetz- und Kabelnetz-Betreiber,
- Rohrleitungsnetzbetreiber und Stadtentwässerung (Stadtwerke),
- Grünflächenamt/ Forstverwaltung,

- Behindertenverbände,
- Anwohner / Grundstückseigentümer / Bürger und
- Denkmalschutz.

Die betroffenen Bürger:innen und deren private Belange sind anhand der Betroffenheiten über die entsprechenden Grundstückseigentümerschaften ermittelbar.

5.3. Ermittelte betroffene Bürger/Unternehmen und deren private Belange

Das gesamte Vorhaben kann auf die Nutzung privater Grundstücke mit lediglich vier Ausnahmen für die geplanten Gleichrichterunterwerksstandorte Amtsgericht, Brüder-Grimm-Straße, Hauptbahnhof und Konrad-Adenauer-Brücke verzichtet werden. Mit den betroffenen Eigentümern sollen Kauf- bzw. Gestattungsverträge abgeschlossen werden.

5.4. Ermittelte betroffene öffentliche Belange

Bezüglich der Genehmigungsvariante wurden die betroffenen Träger öffentlicher Belange identifiziert. Eine Auflistung der identifizierten Träger öffentlicher Belange bietet Unterlage (9). Nachfolgend werden die betroffenen öffentlichen Belange anhand der Art der Betroffenheit behandelt.

5.4.1. Betroffene Grundstücke der Träger öffentlicher Belange

Für den Bau der Oberleitungsinfrastruktur werden die Baulastträger Hessen Mobil und der Antragsteller selbst den benötigten Straßenraum zur Verfügung stellen. Ein entsprechender Nutzungsvertrag wird mit Hessen Mobil abgeschlossen werden. Für das betroffene Grundstück zur Errichtung eines Gleichrichterunterwerks bei der Universitätsstadt Marburg bedarf es aus eigentumsrechtlicher Sicht keiner gesonderten Gestattungs- oder Nutzungsverträge. Alle notwendigen Dokumente werden in gemeinsamer Abstimmung mit Hessen Mobil im Rahmen der Ausführungsplanung vorgelegt.

5.4.2. Nachweis über die frühzeitige Beteiligung der Träger öffentlicher Belange

Die Beteiligung der Träger öffentlicher Belange (TÖB) erfolgt im Rahmen der Antragskonferenz. Zur Vorbereitung auf diese Antragskonferenz haben die TÖB einen Vorentwurf der Planunterlagen erhalten. Das Ergebnis der Antragskonferenz ist in einem Protokoll dokumentiert.

5.4.3. Zusammenarbeit mit der Feuerwehr und brandschutztechnische Stellungnahme

Bei der Planung der Oberleitungsanlage ist sicherzustellen, dass keine Beeinträchtigung des 2. Rettungsweges nach § 36 Hessische Bauordnung (HBO) erfolgt, bei denen der zweite Rettungsweg über Rettungsgeräte der Feuerwehr führt. Diese Voraussetzung wurde in Verbindung mit der aktuellen Oberleitungsplanung im Rahmen der brandschutztechnischen Stellungnahme in Unterlage (23) beurteilt.

In Abstimmung mit dem Leiter Bauaufsicht der Universitätsstadt Marburg (Fachdienst 63) und mit dem stellvertretenden Leiter der Feuerwehr Marburg sind konkrete Maßnahmen zur Konfliktbeseitigung vereinbart worden und in den aktuellen Oberleitungsplänen berücksichtigt.

Die Einzelmaßnahmen sind in der Unterlage (23.1) dokumentiert. Eine Stellungnahme der Feuerwehr der Universitätsstadt Marburg über die Unbedenklichkeit der Planung liegt ebenfalls vor (Unterlage 23.2).

Grundsätzlich besteht immer die Möglichkeit den 2. Rettungsweg durch Kappung der Seilverspannungen und/oder der Fahrdrähte durch geschultes Personal zu gewährleisten.

Für den zukünftigen Betrieb der Fahrleitungsanlagen in der Stadt ist es notwendig, eine enge Zusammenarbeit der Feuerwehr mit den Verkehrsbetrieben zu erreichen. Grund dafür sind die potentiellen Risiken, die von einer Fahrleitungsanlage ausgehen. Auch über die Risiken, die von den elektrischen Fahrzeugen selbst und den Anlagen auf dem Betriebshof ausgehen, muss die Feuerwehr regelmäßig geschult werden.

In Bezug auf die Fahrleitungsanlage sind folgende Vorgehensweisen zu berücksichtigen:

- Es gilt prinzipiell die allgemeine Vorschrift „DF Bus“ als Dienstanweisung. Ferner werden Verhaltensregeln, z. B. zum Verhalten bei Unfall an der Fahrleitung, aufgestellt.
- Die Feuerwehr wird regelmäßig durch die Stadtwerke Marburg GmbH bzw. die Marburger Verkehrsgesellschaft mbH in Bezug auf den Umgang mit der Fahrleitungsanlage und den Betriebshof sowie zu den eingesetzten Bussen eingewiesen. Ein Rundgang, die Bereitstellung eines Busses von jedem eingesetzten Typ zur Besichtigung usw. erfolgen im Beisein der jeweils zuständigen Sicherheitsverantwortlichen.
- Die Feuerwehr hat die Kenntnis zur Trennung der Spannungsversorgung und wendet diese bei Gefahr im Verzug an. Weiterhin hat die Feuerwehr Kenntnisse, um bei Bedarf im Notfall die Fahrleitung abschnittsweise zu entfernen. In unkritischen Situationen wird der Bereitschaftsdienst des Stromnetzbetriebs der Stadtwerke Marburg GmbH (siehe Kapitel 2.5) verständigt. Dieser wird nach den betriebsinternen Vorgaben des Technischen Sicherheitsmanagements (TSM) zeitnah, spätestens nach dem Ende des Einsatzes, über von der Feuerwehr durchgeführte Handlungen informiert.

5.4.4. Baumpflegearbeiten oder Bauarbeiten im Bereich der Fahrleitung

Bei Baumpflegearbeiten oder sonstigen Arbeiten im Bereich der Oberleitungsstrecken sind die Gefahren durch elektrischen Schlag sowie Brandgefahren, die durch die Fahrleitung ausgehen, zu beachten. Ferner ist es zu vermeiden, durch diese Tätigkeiten die Fahrleitung zu beschädigen.

In Bezug auf Baumpflegearbeiten, Baumfällungen und sonstige Arbeiten im Bereich der Oberleitung sind folgende Vorgehensweisen umzusetzen:

- Baumschnitt, welcher zum Freischnitt der Fahrleitung dient, wird ausschließlich in Verantwortung der Stadtwerke Marburg GmbH durch geschultes Personal des Fachdienst 67 der städtischen Verwaltung (siehe Kapitel 2.5) durchgeführt.
- Für alle weiteren Arbeiten in der Nähe der Fahrleitung wird durch die Stadtwerke Marburg GmbH die Spannung abgeschaltet. Koordiniert werden die Abschaltungen durch die anlagenverantwortliche Person der Stadtwerke Marburg GmbH in Absprache mit den zuständigen Schaltberechtigten.
- Bei Entnahme von Bäumen wird ebenfalls die Abschaltung der Spannung organisiert. Bäume müssen dabei abgetragen werden und dürfen nicht gefällt werden.
- Für das konkrete Arbeiten an elektrischen Anlagen gilt ferner das einschlägige DGUV-Regelwerk der Berufsgenossenschaften. Dieses beschreibt die organisatorischen Erfordernisse für die Vorbereitung der Arbeiten, die Durchführung der Arbeiten und die Betreiberpflichten.

5.5. Erklärungen Dritter mit Übereinkunft

Die Erklärungen Dritter mit entsprechenden Übereinkünften sind bei den zuständigen städtischen Fachdiensten der Universitätsstadt Marburg in Form von Gestattungsverträgen derzeit noch in Bearbeitung. Abschließende Vereinbarungen können nach Einlassung von einzelnen Eigentümern erst im Rahmen der Ausführungsplanung getroffen werden.

5.6. Erklärungen Dritter ohne Übereinkunft

Erklärungen Dritter ohne Übereinkunft liegen nicht vor.

6. Schnittstellen zum Bebauungsplan

Das Vorhaben betrifft die in Tabelle 6.1 aufgelisteten Bebauungspläne, da sie teils den angrenzenden Straßenraum mit abdecken.

Tabelle 6.1: für das Vorhaben relevante Bebauungspläne

Bezeichnung Bebauungsplan	Dokumentnummer
1_2_30a Rudolphsplatz, Bahnhofstraße	b_214_30_a_000_00
4_1 Frankfurter Straße / Schwanallee	b_214_01_0_000_00
4_2 Schwanallee / Wilhelmstraße / Schulstr. / Am Grün	b_214_02_0_000_02
4_31_4 Universitätsstraße / Haspelstraße	b_214_31_0_000_04
4_31_5 Universitätsstraße / Untergasse / Am Plan	b_214_31_0_000_05
4_37 Gisselberger Straße	b_214_37_0_000_02
6_21 Ginseldorfer Weg, Am Schützenplatz	b_231_21_0_000_00
11_19 Erschließungsstraße	b_234_19_a_000_00
11_5 Neubau Chemie	b_234_05_0_000_00

Aus den Bebauungsplänen ergeben sich keine Einschränkungen bezüglich des Vorhabens BOB-Marburg.

Für das gegenständliche Bauvorhaben sind Maßnahmen gemäß Landschaftspflegerischen Begleitplan (siehe Unterlage (11)) erforderlich.

7. Öffentlichkeitsbeteiligung

In der Planungsphase vor Beginn des Planfeststellungsverfahren BOB Marburg (Bau einer Oberleitungsinfrastruktur auf den Linien 7 und 27 in Verbindung mit dem Einsatz von Batterieoberleitungsbussen) wurde die Öffentlichkeit frühzeitig über die Ziele des Vorhabens, die Umsetzungsmöglichkeiten und die voraussichtlichen Auswirkungen des Vorhabens durch den Vorhabenträger informiert.

Zuvor wurde das Vorhaben bereits im Rahmen der Erstellung des Mobilitäts- und Verkehrskonzepts für die Universitätsstadt Marburg „MoVe 35“ thematisiert. Unter dem Motto „Marburg bewegen“ stellt das unter intensiver Beteiligung von Stadt und Region erarbeitete Konzept die Weichen für eine zukunftsorientierte, klimafreundliche und vielfältig Mobilität bis 2035. Hier wurde der BOB als Maßnahmenoption zur Verbesserung der Anbindung der Lahnberge diskutiert.

Die kommunikativen Maßnahmen zur Vorbereitung des Planfeststellungsverfahrens orientierten sich u. a. an dem vom damaligen Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) herausgegebenen „Handbuch für eine gute Bürgerbeteiligung - Planung von Großvorhaben im Verkehrssektor“ [23] und den dort dokumentierten Vorschlägen zu Art und Methoden der Öffentlichkeitsbeteiligung.

Vor Einreichung des Antrags auf Plangenehmigung wurden folgende Maßnahmen umgesetzt:

- Entwicklung eines Kommunikationskonzeptes zur Information von Politik, Beiräten, Verbänden und Initiativen sowie der breiten Öffentlichkeit auf Grundlage einer zuvor durchgeführten Stakeholder- und Umfeldanalyse,
- Umsetzung einer Projekt-Website (https://www.bob-marburg.de) als zentrale Anlaufstelle für alle, die sich über das Vorhaben sowie den Ablauf des Genehmigungsverfahrens und die formellen Beteiligungsmöglichkeiten informieren wollen,
- Durchführung von zwei Bürgerinformationsveranstaltungen in Form von Infomärkten, bei denen sich die Teilnehmenden über die Planungen und den Ablauf des Genehmigungsverfahrens informieren konnten. Die Veranstaltungen waren gekennzeichnet durch einen offenen, messeartigen Charakter, bei dem die Teilnehmenden an Themenstationen in den direkten Austausch mit den Fachexperten und Fachexpertinnen treten konnten. Anders als in Veranstaltungsformaten mit Plenumscharakter kann so detaillierter auf die individuellen Fragen und Anliegen der Teilnehmenden eingegangen und planungsrelevante Hinweise aufgenommen werden.
- Realisierung eines Online-Dialogs zur Unterstützung der Kommunikation über die städtische Dialogplattform „MarburgMachtMit“ (https://marburgmachtmit.de) in Form eines Frage-Antwort-Moduls. Dies ermöglicht es der Bürgerschaft, zeit- und ortsunabhängig Fragen an das Planungsteam zu stellen. Insgesamt wurden 33 Fragen über die Plattform eingereicht, die individuell beantwortet wurden. Fragen und Antworten wurden auf der Dialogplattform veröffentlicht, sodass alle Bürgerinnen und Bürger informiert wurden.
- eine umfassende Presse- und Öffentlichkeitsarbeit zur Bewerbung der oben genannten Informationsangebote. Dazu zählte die Plakatierung an den Bushaltestellen, die Verteilung von rund 2.500 Flyern als Hauswurfsendung entlang der geplanten Strecke, Anzeigenschaltung in den lokalen Leitmedien sowie die Bewerbung über die städtischen Social-Media-Angebote. Darüber hinaus wurde die Presse durch Presseeinladungen, Pressemitteilungen sowie im Rahmen von Pressegesprächen informiert.

Diese Maßnahmen dienten dazu, den Nutzen des Vorhabens für vorhandene städtische Herausforderungen (u. a. Klimanotstand, Mobilitätswende, Klimaschutzziel „Klimaneutralität bis 2030“) herauszuarbeiten.

Des Weiteren sollte die Planung des Vorhabens durch die Aufnahme von Anregungen der Bürgerinnen und Bürger, z. B. zu Standorten von Bauwerken und elektrischen Einrichtungen, schutzwürdigen Bereichen im Planungsraum, etc., eine zusätzliche Qualifizierung erhalten bzw. mögliche Konflikte identifizieren.

Damit hat die frühe Öffentlichkeitsbeteiligung zum Aufbau von Vertrauen zwischen dem Vorhabenträger und der Stadtgesellschaft beigetragen.

In der vorgelegten Genehmigungsunterlage sind die Erkenntnisse aus der Öffentlichkeitsbeteiligung berücksichtigt.

Die Dokumentation der durchgeführten Maßnahmen der Öffentlichkeitsbeteiligung und der dabei gewonnenen Ergebnisse werden in Form eines Abschlussberichts des durch den Vorhabenträger beauftragten Büros für die Planung- und Unterstützung der Bürger*innenbeteiligung und Öffentlichkeitsarbeit im Rahmen der Durchführung eines Planfeststellungsverfahrens zur Umstellung ausgewählter Buslinien auf einen Betrieb mit Batterie-Oberleitungsbussen in Marburg für das Bundesministerium für Digitales und Verkehrs als Fördermittelgeber bis Oktober 2023 erstellt. Der Bericht umfasst deshalb auch Empfehlungen als Handreichung für andere Gebietskörperschaften zur Umsetzung vergleichbarer Vorhaben.

Die Fragen und Antworten aus dem Onlinedialog sind als Unterlage (24) zum Erläuterungsbericht beigefügt.

8. Durchführung der Baumaßnahme

Die Realisierung des Vorhabens bedingt den Neubau eines neuen Betriebshofs für den Verkehrsbetrieb (siehe Kapitel 2.3), welcher vor Inbetriebnahme der Oberleitungsinfrastruktur zur Verfügung stehen muss.

Deshalb ist die Durchführung der Baumaßnahmen im Rahmen des BOB-Projektes zeitlich mit der Herstellung des Betriebshofs verknüpft. Die Baumaßnahmen sollen mit der Ausführungsplanung im in 2. Kalenderhalbjahr 2024 beginnen. Die Fertigstellung ist für Ende des Kalenderjahrs 2028 vorgesehen.

Im nachfolgenden Zeitplan (Abbildung 8.1) ist die Abfolge der einzelnen Vorhabenschritte bis zur Inbetriebnahme der Oberleitungsanlage übersichtsartig dargestellt.

Abbildung 8.1:Zeitplan für die Umsetzung des Vorhabens

Gegebenenfalls vorübergehend in Anspruch zu nehmende Flächen werden von den jeweiligen Eigentümern gepachtet und nach Beendigung der Baumaßnahme wieder in den ursprünglichen Zustand versetzt und zurückgegeben.

Sofern durch den Bauablauf Einschränkungen für den Individualverkehr auftreten könnten, werden diese rechtzeitig mit dem entsprechenden Baulastträger und der Straßenverkehrsbehörde abgestimmt; gleiches gilt auch für etwaige Aufbruchgenehmigungen.

Falls für den Bauablauf geänderte Verkehrsführungen notwendig werden, werden die Baustellenmarkierungen und die Schutz- und Leiteinrichtungen mit den Baulastträgern und der Straßenverkehrsbehörde abgestimmt.

Evtl. Anpassungen an den Zugängen, Zufahrten und Einfriedungen der angrenzenden Grundstücke werden mit dem jeweiligen Eigentümer vor Ort besprochen und entsprechend umgesetzt.

Alle in der Artenschutzpotentialabschätzung (siehe Unterlage (13)) vorgesehenen Vermeidungs- und Minimierungsmaßnahmen werden bei der Durchführung des Vorhabens und im späteren Betrieb eingehalten, ebenso wie die Vorgaben des Landschaftspflegerischen Begleitplans (siehe Unterlage (11)) und des Artenschutzrechtlichen Fachbeitrag (siehe Unterlage (12)).

9. Ergebnisse der Gutachten zu Umwelt, Luftschadstoffen und Lärm

Im Rahmen der vertieften Vorplanung wurden für die Ermittlung von konkreten Betroffenheiten mehrere Untersuchungen zu Umwelt, Luftschadstoffen und Lärm durchgeführt. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen werden in den folgenden Kapiteln vorgestellt.

9.1. Artenschutzpotentialabschätzung

Um Konflikte des Vorhabens mit dem Artenschutzrecht (§ 44 BNatSchG) zu prüfen, wurde das Institut für Umweltplanung Dr. Kübler GmbH (IfU) mit einer Artenschutz-Potenzialabschätzung (APA) entlang des Linienweges der Linien 7 und 27 beauftragt.

Im Vorfeld der genannten APA fanden mehrere Flora-Fauna-Untersuchungen statt. Zwischen dem Ginseldorfer Weg und der Abzweigung zum Universitätsklinikum in Marburg wurden im Jahr 2021 die Artengruppen der Vögel, Reptilien und Haselmaus untersucht (siehe Unterlage (14.1)). Die Ergebnisse weiterer Untersuchungen wurden dem IfU zur Verfügung gestellt und in der genannten APA berücksichtigt; sie sind dort mit Quellenangabe hinterlegt.

In der APA werden die nach derzeitigem Stand im Umkreis von 500 m zum Streckenverlauf vorhandenen Schutzgebiete (Natura 2000-Gebiete, Naturschutzgebiete sowie nach § 30 BNatSchG geschützte Biotope) aufgelistet, damit daraus Hinweise bzgl. planungsrelevanter Arten abgeleitet werden können. Auf dieser Basis sowie anhand der o. g. Quellen wurde anschließend die Betroffenheit von planungsrelevanten Arten ermittelt.

Die Abschätzung der Betroffenheit planungsrelevanter Arten hat zum Ergebnis, dass (auf definierten Abschnitten) das Vorkommen der folgenden Arten nicht auszuschließen ist:

- Gehölz-, frei-, gebäude- und höhlenbrütende Vogelarten
- Fledermäuse
- Reptilien
- Wildkatzen

In der APA wird für alle Oberleitungsabschnitte die Aussage getroffen, dass unter Einhaltung von Vermeidungs- und Minimierungsmaßnahmen „Verbotstatbestände im Sinne des § 44 Abs. 1 BNatSchG […] nicht zu erwarten“ sind.

In der APA werden schließlich die relevanten Vermeidungs- und Minimierungsmaßnahmen beschrieben, welche eingehalten werden müssen, um die ermittelten potentiell vorhandenen Arten zu schützen:

- Vermeidung nächtlicher Arbeiten
- Beachtung der Rodungszeiten
- Beschränkung der Gehölzrodungen
- Inspizierung von Biotopbäumen auf aktuellen Besatz
- Vergrämung
- Wiederherstellung von beeinträchtigten Habitaten nach Abschluss der Bauarbeiten
- Umweltfachliche Bauüberwachung

Die potentiell vorkommenden Arten und die Vermeidungs- und Minimierungsmaßnahmen sind innerhalb der APA detailliert beschrieben. Das komplette Dokument ist diesem Erläuterungsbericht als Unterlage (13) beigefügt.

9.2. Landschaftspflegerischer Begleitplan

Die Firma Simon & Widdig GmbH wurde mit der Erstellung des Landschaftspflegerischen Begleitplan (LBP) für das Projekt BOB Marburg beauftragt. Dabei werden die Ergebnisse des artenschutzrechtlichen Fachbeitrags (siehe Unterlage (12)) sowie eines Gutachtens zur vegetationskundlichen und faunistischen Datengrundlage zwischen dem Ginseldorfer Weg und der Abzweigung zum Universitätsklinikum in Marburg (siehe Unterlage (14.1)) berücksichtigt. Es sind Vorgaben zur Eingriffsminimierung, Schutzmaßnahmen, Ausgleichsmaßnahmen bzw. Ersatzmaßnahmen spezifiziert. Im LBP werden einzelne Konflikte mit bestehenden Biotopen gelistet sowie Maßnahmen zur Vermeidung bzw. Verminderung von Konflikten mit den rechtlichen Anforderungen des Natur- und Artenschutzes gefordert und detailliert beschrieben. Zudem werden zwei notwendige Gestaltungsmaßnahmen beschrieben. Gemäß der „Verordnung über die Durchführung von Kompensationsmaßnahmen, Ökokonten, deren Handelbarkeit und die Festsetzung von Ausgleichsabgaben (Kompensationsverordnung – KV)“ wurde eine verbleibende Beeinträchtigung der Biotope in Höhe von 14.087 Wertpunkten ermittelt, welche innerhalb des Eingriffs-Ausgleichsplans (EAP) aufgeschlüsselt ist.

Im Ergebnis des LBP wird konstatiert, dass die Zulässigkeit des Vorhabens BOB Marburg gewährleistet ist, sofern die im LBP geforderten baubegleitenden Umweltmaßnahmen wie beschrieben durchgeführt werden. Der Bericht zum LBP ist als Unterlage (11.1) und die EAP-Bilanz ist als Unterlage (11.5) (im Excel-Format) als Anlage diesem Erläuterungsbericht beigefügt.

Für die Realisierung des Vorhabens sind im geringem Umfang Rodungen von Waldbeständen i.S. des § 2 des Hessischen Waldgesetzes (HWaldG) vorgesehen. Für die Umsetzung dieser Waldrodungen sind Genehmigungen der Oberen Forstbehörde erforderlich, die der Genehmigung nach § 12 Abs. 2, Ziffer 1 und 2 HWaldG bedürfen, wobei die Rodungsgenehmigung mit dem Planfeststellungsbeschluss zu erteilen ist. Um eine Beurteilung des Vorhabens aus forstrechtlicher und forstfachlicher Sicht zu ermöglichen, ist in der Unterlage (11.6) in Abstimmung mit der Oberen Forstbehörde die Rodungsbilanz dargestellt.

9.3. Artenschutzrechtlicher Fachbeitrag

Der Artenschutzrechtliche Fachbeitrag (ASB) wurde ebenfalls von der Firma Simon & Widdig GmbH projektspezifisch erarbeitet. Dafür wurden die artenschutzrechtlichen Anforderungen überprüft, welche sich aus der Europäischen Richtlinie 92/43/EWG des Rates (Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie, FFH-RL), der Europäischen Richtlinie 2009/147/EG des Europäischen Parlaments und des Rates (Vogelschutz-Richtlinie, VS-RL) sowie aus der nationalen Gesetzgebung (BNatSchG) ergeben.

Im ASB wird festgestellt, dass „für keine der im Wirkraum des Vorhabens vorkommenden prüfungsrelevanten geschützten Arten die Verbotstatbestände des § 44 Abs. 1 BNatSchG in Verbindung mit § 44 Abs. 5 BNatSchG erfüllt werden.“ Ferner werden Vermeidungsmaßnahmen spezifiziert, bei deren Berücksichtigung „einer Zulassung des Vorhabens keine artenschutzrechtlichen Belange entgegenstehen“. Der artenschutzrechtliche Fachbeitrag ist als Unterlage (12.1) diesem Erläuterungsbericht beigefügt. Zwei Anlagen zu diesem Fachbeitrag liegen als Unterlage (12.2) und Unterlage (12.3) diesem Erläuterungsbericht bei.

9.4. FFH-Vorprüfung für das Vogelschutzgebiet „Amöneburger Becken“

Für das Flora-Fauna-Habitat (FFH) Vogelschutzgebiet DE 5219-401 „Amöneburger Becken“ wurde im März 2023 durch die Firma Simon & Widdig GmbH eine FFH-Vorprüfung durchgeführt, um die Notwendigkeit einer FFH-Verträglichkeitsprüfung im Rahmen dieses

Vorhabens festzustellen. Die Prüfung wurde gemäß dem Leitfaden zur FFH-Vorprüfung in Hessen bzw. gemäß dem Leitfaden zur FFH-Verträglichkeitsprüfung im Bundesfernstraßenbau umgesetzt.

Es wurde festgestellt, dass keine FFH-Verträglichkeitsprüfung erforderlich ist. Die entsprechende Dokumentation liegt diesem Erläuterungsbericht als Unterlage (16) bei.

9.5. Grundwasser und Oberflächengewässer

Die baulichen Anlagen der Oberleitungsinfrastruktur, die Auswirkungen auf das Grundwasser und die Oberflächengewässer haben könnten, wären Masten und Unterwerke. Diese baulichen Anlagen werden weder von der Platzierung noch durch deren Gründung das Grundwasser bzw. Oberflächengewässer beeinflussen. Der Aufbau der Masten ist jeweils eine kurzzeitige Maßnahme, die keinen Einfluss auf das Grundwasser hat. Je nach Jahreszeit angetroffenes Schichtenwasser kann im nahegelegenen Regenwassernetz abgeleitet werden. Erfahrungsgemäß sind keine besonderen Maßnahmen vorzusehen.

Innerhalb des LBP (Unterlage (11.1)) wird in Bezug auf das Schutzgut Wasser konstatiert: „Die Bedeutung des Grundwassers ist aufgrund der Topografie insgesamt gering. […] Aufgrund der Vorbelastung durch die L 3092 sind keine relevanten zusätzlichen Schadstoffbelastungen zu erwarten. Auswirkungen auf das Grundwasser durch baubedingte Beeinträchtigungen werden im Zuge der Vermeidung möglicher Beeinträchtigungen für das Schutzgut Boden ausreichend berücksichtigt. […]

Im gesamten Bezugsraum befinden sich nur wenige Oberflächengewässer (Zahlbach, Gewässer des Tümpelgarten e.V., Botanischer Garten). Diese befinden sich außerhalb des 20-m-Puffers zur Fahrbahn und sind somit nicht von den Wirkungen des Vorhabens betroffen.

Das Schutzgut Wasser wird nicht als planungsrelevante Funktion betrachtet.“

9.6. Anlagenbezogener Gewässerschutz

Für die Beurteilung des anlagenbezogenen Gewässerschutzes ist für die konkrete Ausführung der Gleichrichterunterwerke im Rahmen der Ausführungsplanung eine Anlageneinstufung nach der Verordnung über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen (AwSV) vorzunehmen. Dafür müssen die im Rahmen der Ausführung in den Unterwerken konkret vorgesehenen flüssigen, festen oder gasförmigen wassergefährdenden Stoffen (wgS) deklariert und der Umgang mit diesen im Normalbetrieb und bei Störereignissen beschrieben werden. Daraus resultieren etwaige:

- Gefährdungseinstufungen gemäß § 39 AwSV,
- Anforderungen an die Anlagendokumentation § 43 AwSV,
- Betriebsanweisungen § 44 AwSV,
- Fachbetriebspflichten gemäß § 45 AwSV,
- Überwachungs- und Prüfpflichten des Betreibers gemäß § 46 AwSV und ggf.
- weitere Anforderungen an die Gleichrichterunterwerke

Grundsätzlich sich Gleichrichterunterwerke Betriebsmittel der allgemeinen Energieversorgung, für die anerkannte Regeln zur Anwendung und Entsorgung sowie anerkannte Schutzmaßnahmen etabliert sind.

Nach Rücksprache mit dem RP Gießen, Dezernat IV 41.4 – Industrielles Abwasser, wassergefährdende Stoffe, Grundwasserschadensfälle, Altlasten und Bodenschutz werden im Rahmen der konkreten Ausführungsplanung Anzeigen nach § 40 der Verordnung über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen (AwSV) zur Beurteilung durch das RP Gießen erstellt, um im Rahmen der gegenständlichen Planfeststellung eine Positivtendenz

zur Gewässerschutzkonformität zu erhalten. Weitere Festlegungen werden in Kooperation mit dem RP Gießen im Rahmen der Ausführungsplanung unter Einbeziehung eines Sachverständigen getroffen.

9.7. Boden

Mit der Errichtung eines Oberleitungssystems ist ein kleinräumiger Flächenverbrauch auf zumeist bereits ubiquitär dominierten Bereichen zu erwarten. Entlang der Strecke befinden sich vor allem forstwirtschaftliche Flächen, welche eine gute Regenerationsfähigkeit in Bezug auf die geringfügigen bauzeitlichen Beeinträchtigungen aufweisen.

Die Landschaft weist für den Großteil der zu elektrifizierenden Busstrecke eine hohe anthropogene Überprägung auf. Das durch das Vorhaben betroffenen Straßenraum und die beanspruchten Grundstücke weisen bezüglich des Schutzgutes Boden eine geringe Bedeutung auf.

9.8. Sachgüter und kulturelles Erbe

Die untere Denkmalschutzbehörde hat keine Einwände bzgl. der Positionierung der Fahrleitungsanlage der Genehmigungsvariante (Aussage der Universitätsstadt Marburg vom 24.02.2022, gemäß internem Projektbesprechungsprotokoll).

9.9. Elektromagnetische Verträglichkeit

Für die Planung des Batterieoberleitungsbus Marburg wurde durch das Institut für Bahntechnik eine Untersuchung zu elektromagnetischen Feldern durchgeführt. Die Untersuchung der Elektromagnetischen Felder bei Neuerrichtung von Elektroenergieanlagen, z.B. für den Betrieb des Batterieoberleitungsbus Marburg, erfordert die Betrachtung zu Wirkungen auf Menschen, Umwelt und Technik gemäß dem Gesetz über die elektromagnetische Verträglichkeit von Betriebsmitteln (Elektromagnetische-Verträglichkeit-Gesetz - EMVG). Die Umsetzung und Grenzwerte sind durch die 26. BImSchV geregelt. Hierbei werden die Einhaltung der Grenzwerte der elektrischen und magnetischen Felder für Niederfrequenzanlagen nach §3 Abs. 2 und 3 der 26. BImSchV in der Fassung vom August 2013 betrachtet.

Die 26. BImSchV enthält Anforderungen zum Schutz der Allgemeinheit und Nachbarschaft vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch elektrische, magnetische und elektromagnetische Felder. Sie berücksichtigt nicht die Wirkung der elektrischen, magnetischen oder elektromagnetischen Felder auf elektrisch oder elektronisch betriebene Implantate. Zu den Niederfrequenzanlagen gehören neben den ortsfesten Anlagen zur Umspannung und Fortleitung von Elektrizität mit einer Nennspannung von 1.000 V und mehr Ortsnetz- und Umspannstationen sowie sonstige vergleichbare Anlagen im Frequenzbereich von 1 Hz bis 9 kHz. DC-Anlagen mit einer Nennspannung unter 2.000 V werden nicht berücksichtigt. Für die Ermittlung der elektrischen Feldstärke und magnetischen Flussdichte im Bewertungsabstand werden alle Immissionen berücksichtigt, die durch andere Niederfrequenzanlagen und ausgewählte ortsfeste Hochfrequenzanlagen mit Frequenzen zwischen 9 kHz und 10 MHz entstehen.

Die Grenzwerte für Energieanlagen mit 50 Hz liegen für das elektrische Feld bei 5 kV/m und für die magnetische Induktion bei 100 µT. Die Grenzwerte gelten bei höchster betrieblicher Auslastung (maximaler Dauerstrom) und Nennspannung der Anlage. Nähere Beschreibungen zu Vorgehen und Begrifflichkeiten sind in der LAI 2014 [21] geregelt.

Für den Nachweis der Grenzwerteinhaltung wurde ein beispielhaftes nicht optimiertes Modell zur Abschätzung der Feldaussendungen genutzt. Im Ergebnis werden Grenzwertausnutzungen von 15 % für das magnetische Feld und 24 % für das elektrische Feld ermittelt. Somit wird gezeigt, dass die Grenzwerte nach Stand der Technik eingehalten werden.

Die Anforderungen zur Vorsorge nach §4 26. BImSchV sind in der zugehörigen Verwaltungsvorschrift (26. BImSchVVwV, [22]) festgelegt.

In der Untersuchung wurde für alle Unterwerke das Vorliegen von maßgeblichen Minimierungsorten geprüft. Im Rahmen der Planungen wurde unter Beachtung der Möglichkeiten zur Feldminimierung der GUW-Standort am Amtsgericht verschoben. Damit liegen keine maßgeblichen Minimierungsorte in den Einwirkungsbereichen aller geplanten Mittelspannungsschaltanlagen und es sind keine Untersuchungen zu möglichen Minimierungsoptionen erforderlich.

Unabhängig davon ist durch Beachtung der technischen Möglichkeiten der Feldminimierung, wie sie in der 26. BImSchVVwV [22] beschrieben sind:

- Abstandsoptimierung (5.3.4.1),
- Minimieren der Distanzen zwischen Betriebsmitteln mit unterschiedlicher Phasenbelegung (5.3.4.2) und
- Optimieren von Einspeisung und Abgängen der Niederspannungsverteilung (5.3.4.3))

im Prozess der Ausführungsplanung ein Minimum der elektromagnetischen Felder nach Stand der Technik anzustreben.

In Unterlage (22) ist die projektspezifische fachtechnische Stellungnahme dokumentiert.

9.10. Gutachten zu den Luftschadstoffen

Innerhalb des Planungsprozesses wurde ein Luftschadstoffgutachten durch die Lohmeyer GmbH erarbeitet. Dabei wurden für das Jahr 2025 die in der Stadt auftretenden Emissionen hinsichtlich Stickstoffdioxid (NO_2) und Feinstaub (PM10, PM2,5) für zwei Fälle verglichen. In einem Fall wurde der bauliche Ist-Zustand mit den Linienbuszahlen von 2021 betrachtet, im anderen wurde die hier beschriebene Umstellung der Buslinien 7 und 27 auf Batterieoberleitungsbetrieb untersucht, während alle anderen Einflussfaktoren gleich belassen wurden. Die Änderungen der jeweiligen Emissionen aufgrund des Stadtbusverkehrs konnten so ermittelt werden.

Im Gutachten wurde ermittelt, dass die Stickstoffoxidemissionen (NO_x) auf der gesamten betrachteten Fahrstrecke reduziert werden; dies ist zu erwarten, da diese Emissionen allein durch den Verbrennungsmotor verursacht werden, wohingegen die in den BOB-Fahrzeugen verwendeten Elektromotoren keine NO_x-Emissionen verursachen.

Die von den Verbrennungsmotoren verursachten Feinstaubemissionen fallen bei den Elektromotoren ebenfalls nicht an. Die vom gesamten Fahrzeug verursachten Feinstaubemissionen werden aber unabhängig von der Motortechnik durch die Aufwirbelung und Abriebemissionen von Reifen und Bremsen (AWAR) dominiert. Für das BOB-System wurde auf den Oberleitungsstrecken zusätzlich der Abrieb der Fahrleitung und der Schleifstücke der Stromabnehmer berücksichtigt. Auf den Straßenzügen unter Oberleitung wurden unter dieser Voraussetzung leichte Erhöhungen der Feinstaubemissionen PM10 und PM2,5 ermittelt, während auf den im Batteriebetrieb befahrenen Straßenzügen eine leichte Reduzierung der Feinstaubemissionen erwartet wird.

Insgesamt wird eine allenfalls leichte Erhöhung der Feinstaubbelastung um weniger als 10 % in der Innenstadt sowie um bis zu 39 % auf den Lahnbergen vorausgesagt; konservativ abgeschätzt wird die „vorhabenbezogene PM10-Konzentrationserhöhung“ im Jahresmittel mit

< 1 µg/m³ angegeben. Bei PM2.5 werden nur sehr geringe Änderungen erwartet. Der Grenzwert für die PM10-Gesamtbelastung von 40 µg/m³ im Jahresmittel wird mit maximal 17 µg/m³ auch nach der Einführung des BOB-Systems deutlich unterschritten. Der Kurzzeitgrenzwert für PM10-Partikel über 24 h wird ebenfalls „sicher eingehalten“, da der Jahresmittelwert weit unterhalb des entsprechenden Schwellenwerts von 29 µg/m³ liegt. Für die PM2,5-Feinstaubpartikel werden im Gutachten die zu erwartenden Änderungen als sehr gering angegeben und der Grenzwert von 25 µg/m³ wird mit derzeit gemessenen 10 µg/m³ ebenfalls sehr deutlich eingehalten.

Insgesamt gibt es hinsichtlich der Luftschadstoffbelastung keine Bedenken gegen die Umsetzung des Vorhabens. Das vollständige Gutachten ist als Unterlage (17) beigefügt.

9.11. Schalltechnische Untersuchungen

In Bezug auf das Vorhaben wurde eine Untersuchung der rechtlichen Grundlagen durchgeführt, um zu beurteilen, ob für das Vorhaben schalltechnische Untersuchungen notwendig sind. Hierfür wurde die Firma EIBS GmbH für Erläuterungen zur Regelung lärmtechnischer Sachverhalte beauftragt.

Das Vorhaben fällt nicht in den Anwendungsbereich der Verkehrslärmschutzverordung (16. BImSchV). Somit sind schalltechnische Untersuchungen für das Vorhaben nicht erforderlich und es ergeben sich aus schalltechnischer Sicht keine Einschränkungen für das Vorhaben. Die Firma EIBS GmbH konstatiert zudem, dass Geräusche der Stromabnehmer der Oberleitungsbusse bei der Berechnung des Straßenverkehrslärms nach RLS-19 nicht berücksichtigt werden könnten [18].

Unabhängig von den vorherigen Aussagen kann laut dem Gutachten davon ausgegangen werden, dass das Vorhaben zu einer Minderung der Schallimmissionen beiträgt, da die elektrisch verkehrenden Busse einen geringeren Geräuschpegel aufweisen als die derzeit verkehrenden Diesel- und Erdgasbusse. Diese Aussage deckt sich mit einer von der Universität Stuttgart durchgeführten Untersuchung aus dem Jahr 2018 [19], wonach typische elektrifizierte Busse bei Fahrgeschwindigkeiten zwischen 10 km/h und 40 km/h gegenüber Dieselbussen um 5 dB(A) bis 14 dB(A) leiser sind. Bei höheren Geschwindigkeiten sinkt dieser Unterschied kontinuierlich ab, da ab dann Roll- und Strömungsgeräusche den größeren Einfluss auf die Fahrgeräusche haben als die Antriebsart des Fahrzeugs. In Bezug auf die Geräuschentwicklung bei Stromabnehmern kann eine Untersuchung zu Verkehrslärm von Straßenbahnen zitiert werden, wonach Geräusche von Stromabnehmern oftmals auf aerodynamische Geräusche zurückzuführen sind, welche im Nahverkehr bei Höchstgeschwindigkeiten von max. 80 km/h nicht betrachtet werden müssen [20]. Hierzu ist anzumerken, dass die geplanten BOB-Fahrzeuge mit bis zu 60 km/h verkehren.

Die genannten Erläuterungen zur Regelung lärmtechnischer Sachverhalte sind als Unterlage (18) beigefügt.

Zur Versorgung des Oberleitungsnetzes kommen Gleichrichterunterwerke zum Einsatz. Die Gleichrichterunterwerke entsprechen nach ihrer Art individuellen technischen Anlagen, die im Sinne der Technischen Anleitung zum Schutz gegen Lärm (TA Lärm) zu bewerten sind. Bei den Gleichrichterunterwerken handelt es sich um nach dem Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG) nicht genehmigungsbedürftige Anlagen. Nicht genehmigungsbedürftige Anlagen sind nach § 22 Abs. 1 Nr. 1 BImSchG so zu errichten und zu betreiben, dass schädliche Umwelteinwirkungen durch Geräuschimmissionen verhindert werden, die nach dem Stand der Technik vermeidbar sind. Um baugebietsabhängige Immissionsrichtwerte der TA Lärm an möglicherweise betroffenen Immissionsorten einzuhalten, wird im Rahmen der Ausführungsplanung der jeweiligen Gleichrichterunterwerksstandorte eine Immissionsprognose erstellt. Der aktuelle minimale Immissionsrichtwert für den Beurteilungspegel beträgt für Immissionsorte außerhalb von Gebäuden 35 dB(A) (nachts in

reinen Wohngebieten). Projektspezifische Recherchen zeigen, dass Lieferanten von Gleichrichterunterwerken diesen minimalen Richtwert einhalten. Im Rahmen der Vergabe der Gleichrichterunterwerke werden die jeweiligen baugebietsabhängigen Immissionsrichtwerte in Form einer Anforderung formuliert und beurteilt.

9.12. Netzrückwirkungen der Gleichrichterunterwerke

Für den Betrieb der Gleichrichterunterwerke (GUW) am Mittelspannungsnetz in Marburg wurde von der Firma Schneider Electric GmbH eine Netzverträglichkeitsuntersuchung erarbeitet. Diese wurde im Jahr 2023 von SWMR fortgeschrieben.

Es wurde ermittelt, dass der Anschluss der geplanten Gleichrichterunterwerke zur Versorgung des BOB-Systems ohne die Überlastung von Betriebsmitteln und ohne Spannungsbandverletzungen im Grundsatz möglich ist. Dies gilt für den Normalschaltzustand sowie für den Ausfall einzelner Betriebsmittel. Im Gegensatz dazu wurde eine Überlastung eines Transformators für einen bestimmten Schaltzustand festgestellt und die drei bereits von der Firma Schneider Electric GmbH festgestellten Schwachstellen im Mittelspannungsnetz wurden erneut bestätigt. Auf Basis der Ergebnisse werden Empfehlungen zum Anschluss der BOB-Unterwerke an das städtische Energieversorgungsnetz gegeben.

Das vollständige Dokument ist als Unterlage (19) beigefügt.

10. Zusammenfassung der Beeinträchtigungen durch das Vorhaben

Der Bau und Betrieb einer Oberleitungsinfrastruktur auf den Linien 7 und 27 in Verbindung mit dem Einsatz von Batterieoberleitungsbussen ist eine effiziente Möglichkeit zur Erreichung der Ziele der Klimaneutralität bei gleichzeitigem notwendigem Ausbau der Beförderungskapazität im Marburger Stadtbusverkehr. Die zu erwartenden geringen Auswirkungen auf die Schutzgüter durch die Realisierung des Vorhabens werden als akzeptabel im Hinblick auf die zu erwartenden Vorteile bewertet. Die Tabelle 10.1 zeigt eine Übersicht über die in Kapitel 6 und den entsprechenden Gutachten ermittelten wesentlichen Beeinträchtigungsformen.

Die Pflicht zur Durchführung einer Umweltverträglichkeitsprüfung nach dem UVPG ergibt sich nicht.

Tabelle 10.1: Zusammenfassung der Beeinträchtigungen durch das Vorhaben

Schutzgut	Auswirkungen
Mensch	• Wohnumfeldqualität wird durch Reduktion von Geräuschemissionen und lokal emmisionsfreien Betrieb verbessert. • Klimafreundliche, selbstständige und sozial gerechte Mobilität wird gefördert.
Tiere und Pflanzen	• Mehrere Vorkommen von zu schützenden Tierarten wurden festgestellt. Notwendige Vermeidungs- und Minimierungsmaßnahmen wurden definiert. • Bei Einhaltung und Umsetzung der Vermeidungs- und Minimierungsmaßnahmen ergeben sich keine Verbotstatbestände nach § 44 Abs. 1 BNatSchG.
Boden	• Es kann anlagebedingt zu kleinräumigen Neuversiegelungen von Boden kommen. • Bauzeitlich ist eine Beeinträchtigung der Bodenfunktionen im Bereich der temporär genutzten Flächen möglich. • Auswirkungen sind räumlich und in ihrem Ausmaß eng begrenzt und werden als kompensierbar angesehen.
Wasser	• Bauzeitlich besteht durch die eingesetzten Baumaschinen grundsätzlich die Möglichkeit von Schadstoffeinträgen in Boden und Grundwasser. Während der Bauphase ist durch definierte Auflagen die Eintragung zu unterbinden. • Im Rahmen der Errichtung der Oberleitungsstrecken finden keine Eingriffe in Oberflächengewässer statt.
Klima	• Das Vorhaben trägt einen Teil zur Einhaltung der Klimaziele sowie der Mobilitätswende bei.
Luft	• Aus lufthygienischer Sicht gibt es keine Bedenken gegen die Umsetzung des Vorhabens.
Landschaft	• Es ergeben sich keine erheblichen Beeinträchtigungen des Landschaftsbildes durch das Vorhaben. Die Eingriffsregelung wird abgearbeitet und entsprechende Maßnahmen werden vorgesehen.
Kultur-/Sachgüter	• Die untere Denkmalschutzbehörde hat die Fahrleitungsführung der Genehmigungsvariante geprüft und keine Einwände identifiziert.

Quellenverzeichnis

[1] Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung (ISI), PTV Transport Consult GmbH, IFB Institut für Bahntechnik GmbH und Technische Universität Dresden (Professur für Elektrische Bahnen): Machbarkeit eines Hybridoberleitungsbusbetriebs – „Berlin-Spandau“, 02.07.2019

[2] Fraunhofer ISI, Fraunhofer IWES, PTV Group GmbH, VCDB VerkehrsConsult Dresden-Berlin: Machbarkeitsstudie von HO-Busverkehr in Deutschland – am Beispiel Marburg und Trier, 02.10.2018

[3] Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR) u.w.: Potenziale des Hybrid-Oberleitungsbusses als effiziente Möglichkeit für die Nutzung erneuerbarer Energien im ÖPNV, 18.12.2015

[4] Berliner Verkehrsbetriebe, Solaris Deutschland GmbH, Bombardier Transportation GmbH, u.w.: Schaufenster Elektromobilität, E-Bus-Berlin – Betrieb der Buslinie 204 mit einer Flotte von Elektrobussen inklusive Infrastruktur zur induktiven Zwischenladung, 14.12.2016

[5] Datenblatt AKASOL 9 AKM 150 CYC [https://bus-news.com/wp-content/uploads/sites/4/2021/08/AK_Datenblatt_AKASystem_9-AKM-150_CYC_2021_EN.pdf], abgerufen am 31.01.2023

[6] Stadtwerke Marburg GmbH: Liniennetzplan Universitätsstadt Marburg 2022

[7] Landesentwicklungsplan Hessen 2021: Fünfte Verordnung zur Änderung des Landesentwicklungsplans Hessen 2000, 03.09.2021

[8] ADAC: Synthetische Kraftstoffe: Sind E-Fuels die Zukunft der Mobilität? [https://www.adac.de/verkehr/tanken-kraftstoff-antrieb/alternative-antriebe/synthetische-kraftstoffe/], abgerufen am 29.03.2023

[9] PTV Transport Consult GmbH, Nutzen-Kosten-Untersuchung Uni-Tram Marburg, 07.02.2018

[10] Entwurf Nahverkehrsplan Marburg Linie 1 bis 9, Stand 01/2022. Übersendet per Email durch SWMR am 05.01.2022, nicht veröffentlicht

[11] DGM Rohdaten vom September und Oktober 2021

[12] Auszüge Kataster vom September und Oktober 2021

[13] Topographie vom September und Oktober 2021

[14] Bauwerksdaten der Konrad-Adenauer-Brücke von HessenMobil vom 02.12.2022

[15] Leitungspläne pro Versorger / Leitungsabfragen im Oktober 2022

[16] Gebäudedaten vom Februar 2022

[17] Kießling, F.; Puschmann, R.; Schmieder, A.; Schmidt, P.: Fahrleitungen elektrischer Bahnen, Planung, Berechnung, Ausführung. Stuttgart, Leipzig: B.G. Teubner Verlag, 1998.

[18] Email „2023-03-27_BOB Marburg Schall_Stromabnehmer“ von EIBS GmbH an ARGE BOB Marburg IFB-VI, empfangen am 27.03.2023 15:26 Uhr

[19] Elektrische Antriebe im Busverkehr: Potenziale für die Minderung von Lärmimmissionen in der Stadt, Universität Stuttgart, Januar 2018: https://vm.baden-wuerttemberg.de/fileadmin/redaktion/m-mvi/intern/Dateien/PDF/witmo_bw/witmo_LeisE_Elektrische_Antriebe_im_Busverkehr.pdf

[20] Minderung des Lärms von Straßenbahnen im urbanen Raum. Ramboll Deutschland GmbH/Umweltbundesamt, Oktober 2020. In: ISSN 1862-4804: https://www.bmuv.de/domainswitch/fileadmin/Daten_BMU/Pools/Forschungsdatenbank/fkz_3717_54_1020_minderung_laerm_strassenbahn_bf.pdf

[21] Hinweise zur Durchführung der Verordnung über elektromagnetische Felder mit Beschluss der 54. Amtschefkonferenz in der Fassung des Beschlusses der 128. Sitzung der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz am 17. und 18. September 2014 in Landshut

[22] Allgemeine Verwaltungsvorschrift zur Durchführung der Verordnung über elektromagnetische Felder – 26. BImSchV (26. BImSchVVwV)

[23] Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (2014): Handbuch für eine gute Bürgerbeteiligung - Planung von Großvorhaben im Verkehrssektor; https://bmdv.bund.de/SharedDocs/DE/Publikationen/G/handbuch-buergerbeteiligung.pdf?__blob=publicationFile , letzter Zugriff am 17.08.2023.

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1.1: Vorgesehene Oberleitungsabschnitte im Stadtbusverkehr der Universitätsstadt Marburg 13

Tabelle 1.2: Haltestellen und betrieblich verwendete Kürzel 15

Tabelle 2.1: Fahrzeugkenndaten Doppelgelenk-Batterieoberleitungsbus (DG-BOB) Marburg 28

Tabelle 3.1: Haltestellen und betrieblich verwendete Kürzel 34

Tabelle 3.2: Haltestellen und betrieblich verwendete Kürzel 36

Tabelle 3.3: Haltestellen und betrieblich verwendete Kürzel 38

Tabelle 3.4: Haltestellen und betrieblich verwendete Kürzel 39

Tabelle 3.5: Übersicht der Investitionen und Kosten je Planvariante 41

Tabelle 4.1: Eigenschaften GUW 01 Panoramastraße und zugehöriges Grundstück 48

Tabelle 4.2: Eigenschaften GUW 02 Lahnberge / Bauerbach und zugehöriges Grundstück 49

Tabelle 4.3: Eigenschaften GUW 03 Alte Feldfabrik und zugehöriges Grundstück 51

Tabelle 4.4: Eigenschaften GUW 04 Konrad-Adenauer-Brücke und zugehöriges Grundstück 52

Tabelle 4.5: Eigenschaften GUW 05 Amtsgericht Marburg und zugehöriges Grundstück 55

Tabelle 4.6: Eigenschaften GUW 06 Hauptbahnhof und zugehöriges Grundstück 56

Tabelle 4.7: Eigenschaften GUW 07 Brüder-Grimm-Straße und zugehöriges Grundstück 58

Tabelle 4.8: Eigenschaften GUW 08 Ginseldorfer Weg und zugehöriges Grundstück 59

Tabelle 4.9: Übersicht der Unterwerksstandorte 61

Tabelle 6.1: für das Vorhaben relevante Bebauungspläne 70

Tabelle 10.1: Zusammenfassung der Beeinträchtigungen durch das Vorhaben 81

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1.1: Liniennetzplan des Stadtbusverkehrs, Version 2022 [6], Ausschnitt 10

Abbildung 1.2: Fahrgastaufkommen im Liniennetz des Stadtbusverkehrs (Quelle: [9]) 11

Abbildung 1.3: Verlauf der Linien 7 und 27 nach Stand 01/2022 des Nahverkehrsplans [10] 13

Abbildung 1.4: Übersicht über geplante Einrichtungen (Genehmigungsvariante) 15

Abbildung 1.5: Oberleitung (zweispurig ausgebaut) und batteriebetriebener Oberleitungsbus (Fahrtrichtung Wilhelmsplatz) in der Schwanallee (Quelle: Stadtwerke Marburg GmbH) 17

Abbildung 2.1: Bildfahrplan Linie 7 (rot) und Linie 27 (blau): Hbf. – Innenstadt – Lahnberge – Hbf. 30

Abbildung 3.1: Skizze der elektrifizierten Streckenteile der Planvariante 1, mit Unterwerken. Haltestellennamen siehe Tabelle 3.1 34

Abbildung 3.2: Skizze der elektrifizierten Streckenteile der Planvariante 2, mit Unterwerken und Nachladestation. Haltestellennamen siehe Tabelle 3.2 35

Abbildung 3.3: Skizze der elektrifizierten Streckenteile der Planvariante 3, mit Unterwerken und Nachladestation. Haltestellennamen siehe Tabelle 3.3 37

Abbildung 3.4: Skizze der elektrifizierten Streckenteile der Planvariante 4, mit Unterwerken und Nachladestationen, Haltestellennamen siehe Tabelle 3.4 39

Abbildung 4.1: Prinzipieller Aufbau der Pendelaufhängung bei einer Obus-Fahrleitung [17] 43

Abbildung 4.2: Exemplarischer Auszug aus der Oberleitungsplanung mit eingeblendeten Versorgungsleitungen 44

Abbildung 4.3: Standort des Unterwerks GUW 01 Panoramastraße und der Einspeisungen PS1 (nach rechts) und PS2 (nach links) am Mast MBOB2700, Quelle: Blatt 27 aus Unterlage (4.4) 49

Abbildung 4.4: Standort des Unterwerks GUW 02 Lahnberge/Bauerbach, Quelle: Blatt 20 aus (Unterlage (4.4)) 50

Abbildung 4.5: Standort der Einspeisungen LBB1 (nach rechts) und LBB2 (nach links) am Mast MBOB3960 (kurz vor dem Abzweig zum Kraftwerk), Quelle: Blatt 20 aus Unterlage (4.4) 50

Abbildung 4.6: Standort des Unterwerks GUW 03 Alte Feldfabrik und der Einspeisungen FF1 (nach rechts) und FF2 (nach links) am Mast MBOB4630, Quelle: Blatt 15 aus Unterlage (4.4) 52

Abbildung 4.7: Standort des Unterwerks GUW 04 Konrad-Adenauer-Brücke (rotes Rechteck) mit erdverlegtem Speisekabel (rote Linie) sowie Einspeisung KAB5 (Mast MBOB7480), Quelle: Blatt 2 aus Unterlage (4.4) 53

Abbildung 4.8: Einspeisung Konrad-Adenauer-Brücke KAB1 (Mast MBOB7580) und KAB2 (Mastpaar MBOB7110/MBOB7120, unten) nahe der Konrad-Adenauer-Brücke, Quelle: Blatt 48 und Blatt 2 aus Unterlage (4.4) 54

Abbildung 4.9: Standort des Unterwerks GUW 05 Amtsgericht Marburg und der Einspeisungen AGM1 (nach links) und AGM2 (nach rechts) am Mastpaar MBOB8430/MBOB8440, Quelle: Blatt 43 aus Unterlage (4.4) 55

Abbildung 4.10: Standort des Unterwerks GUW 06 Hauptbahnhof gegenüber des Hauses Neue Kasseler Straße 11 an der Kreuzung zur Zimmermannstraße, Quelle: Blatt 40 aus Unterlage (4.4) 57

Abbildung 4.11: Standort der Einspeisung HBF1 am Mast MBOB0460, Quelle: Blatt 39 aus Unterlage (4.4) 57

Abbildung 4.12: Standort des Unterwerks GUW 07 Brüder-Grimm-Straße und der Einspeisungen BGRI1 (nach links) und BGRI2 (nach rechts) am Mast MBOB6010, Quelle: Blatt 8 aus Unterlage (4.4) 59

Abbildung 4.13: Standort des Unterwerks GUW 08 Ginseldorfer Weg und der Einspeisungen GINS1 (nach rechts) und GINS2 (nach links), Quelle: Blatt 35 aus Unterlage (4.4) 60

Abbildung 4.14: Schleppkurvenuntersuchung am Südbahnhof (Beispiel), Karl-Theodor-Bleek-Platz wurde umbenannt in Hildegard-Hamm-Brücher-Platz 63

Abbildung 8.1: Zeitplan für die Umsetzung des Vorhabens 73