

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Dresdner E-Bus-Netz- und Einsatz-Studie (DENES)

Machbarkeitsstudie Elektromobilität

Bericht, Februar 2024



Auftraggeber:
Dresdner Verkehrsbetriebe AG

Trachenberger Straße 40
01129 Dresden

www.dvb.de

Auftragnehmer:
**VCDB VerkehrsConsult
Dresden-Berlin GmbH**

Standort Dresden

Könneritzstraße 31
01067 Dresden
Tel.: +49 .351 .4 82 31-00
Fax: +49 .351 .4 82 31-09
E-Mail: dresden@vcdb.de

Internet: www.vcdb.de

Ansprechpartner:
Jan Schwarzenberger
j.schwarzenberger@vcdb.de

Inhaltsverzeichnis

1	Hintergrund.....	9
1.1	Ausgangslage	9
1.2	Zielsetzung.....	10
2	Linienanalyse	11
2.1	Busnetz.....	11
2.2	Angebotsmodell und Eingangsdaten	16
2.3	Grundlagen der Umlaufbildung	19
2.4	Ergebnisse der Umlaufbildung	22
3	Ladeplatzanalyse	24
3.1	Endpunktuntersuchung.....	24
3.1.1	Dokumentation des Ist-Zustands der Endpunkte.....	26
3.1.2	Planung der Ladeinfrastruktur an den Endpunkten.....	26
3.1.3	Auswertung der Realisierbarkeit der geplanten Ladeinfrastruktur ..	27
3.2	Dimensionierung der Netzanbindung.....	39
3.3	Iteration Ladeplätze	40
3.4	Untersuchung Betriebshof Trachenberge	41
4	Umsetzungsempfehlungen	46
4.1	Umsetzungsstufen – Steps	46
4.2	Umsetzungsempfehlungen Buslinien	47
4.2.1	Buslinien Step 1	47
4.2.2	Buslinien Step 2	50
4.2.3	Buslinien Step 3	52
4.3	Umsetzungsempfehlungen Endpunkte	58
4.3.1	Gesamtübersicht Endpunkte.....	58

Inhaltsverzeichnis

4.3.2	Endpunkte Step 1	59
4.3.3	Endpunkte Step 2 und 3	64
4.3.4	Nutzungsmöglichkeiten bereits vorhandener Ladeinfrastruktur	66
4.3.5	Ausblick Ladehub	67
4.4	Umsetzungsempfehlungen Betriebshöfe.....	68
4.4.1	Betriebshof Trachenberge.....	68
4.4.2	Betriebshof Gruna	70
5	Exemplarischer Investitionsbedarf	72
6	Zusammenfassung.....	76
	Anlagenverzeichnis	78

Abbildungsverzeichnis, Tabellenverzeichnis

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 2.1:	Übersicht Busnetz Süd-West Stufe 1 (DVB)	12
Abbildung 3.1:	Flächen 1-4 auf dem Betriebshof Trachenberge.....	42
Abbildung 4.1:	Übersicht Endpunkte mit Ladeinfrastruktur, unterteilt nach Steps.....	58
Abbildung 4.2:	Ladehub Kiel Rungholtplatz (Bildquelle: KVG Kieler Verkehrsgesellschaft mbH)	67
Abbildung 4.3:	Flächen 1-4 auf dem Betriebshof Trachenberge.....	69

Tabellenverzeichnis

Tabelle 2.1:	Übersicht aller untersuchten Linien und Fahrplanstände.....	16
Tabelle 2.2:	Fahrzeugtypen der Untersuchung	17
Tabelle 2.3:	Technische Parameter Fahrzeug	18
Tabelle 2.4:	Ladedauer nach Fahrzeugtyp.....	19
Tabelle 3.1:	Übersicht untersuchte Endpunkte.....	26
Tabelle 3.2:	Erläuterung Kategorisierung Endpunkte	28
Tabelle 3.3:	Kategorisierung Endpunkte	29
Tabelle 3.4:	Abstellkapazität der Varianten 1,4 und 6 für den Btf. Trachenberge	45
Tabelle 4.1:	Buslinien Step 1	48
Tabelle 4.2:	Buslinien Step 2.....	50
Tabelle 4.3:	Buslinien Step 3.....	53
Tabelle 4.4:	Endpunkte Step 1	60
Tabelle 4.5:	Endpunkte Step 2 und 3.....	65
Tabelle 4.6:	Benötigte Abstellkapazitäten Betriebshof Trachenberge	68
Tabelle 4.7:	Benötigte Abstellkapazitäten Betriebshof Gruna	71
Tabelle 5.1:	Investitionskosten Umsetzung Step 2	72
Tabelle 5.2:	Investitionskosten Linie 65.....	73
Tabelle 5.3:	Investitionskosten Linie 66.....	73

Abbildungsverzeichnis, Tabellenverzeichnis

Tabelle 5.4:	Investitionskosten Linie 78	74
Tabelle 5.5:	Investitionskosten Linie 84	74
Tabelle 5.6:	Investitionskosten Linie 89	75

Abkürzungsverzeichnis

VCDB	...	VerkehrsConsult Dresden-Berlin GmbH
DVB	...	Dresdner Verkehrsbetriebe AG
LHDD	...	Landeshauptstadt Dresden
RVSOE	...	Regionalverkehr Sächsische Schweiz-Osterzgebirge GmbH
LIS	...	Ladeinfrastruktur
GRU	...	Gruna
TRA	...	Trachenberge
VDV	...	Verband Deutscher Verkehrsunternehmen
HVZ	...	Hauptverkehrszeit
RBO	...	Regionalbus Oberlausitz GmbH
SoC	...	State of Charge, Ladezustand Traktionsbatterie
SEV	...	Schienenersatzverkehr
TLS	...	Trafo-Ladetechnik-Station

1 Hintergrund

1.1 Ausgangslage

Bereits im Jahr 2006 hat die Dresdner Verkehrsbetriebe AG (DVB) erste Schritte zur Elektrifizierung des Busbereiches unternommen. Ausgehend von mehreren Hybridbusprojekten, über die insgesamt 18 teilelektrifizierte Fahrzeuge beschafft und betrieben wurden, erfolgte im Jahr 2015 die erste Indienststellung eines voll-elektrischen Standardbusses. Dabei gingen die Projekte über eine reine Fahrzeugbeschaffung hinaus.

Im Projekt „Pilotlinie 64 - Effiziente Elektromobilität in Dresden“ wurden Untersuchungen zur Optimierung der Steuerung und Heizung sowie Leichtbaumaßnahmen zur Verbrauchssenkung durchgeführt. Weiterhin wurde eine detaillierte ökologische Bewertung von elektrifizierten Bussen im Vergleich zum Dieselbus ausgearbeitet. Die „Elektrobus-Linie 79“ beinhaltet die Auslegung, Beschaffung, Inbetriebnahme und Optimierung einer Dresdner Buslinie unter der Nutzung von Bahnstrom zur Nachladung der Fahrzeugbatterie. Im Projekt „EKE ÖPNV - Energie- und kosteneffiziente Elektrifizierung von ÖPNV-Flotten“, welches 2021 abgeschlossen wurde, erfolgte die Erstellung eines Kalkulations- und Bewertungstools, um die Umstellung von Dieselbusfahrangeboten auf Elektromobilität beurteilen zu können.

Ausgehend von den Erfahrungen dieser Projekte wurde für die DVB abgeleitet, dass für sie batterieelektrische Busse mit Nachladung im Depot und auch im Streckengebiet als Lösungsansatz für den emissionsfreien Betrieb dienen können.

Gegenwärtig wurden die ersten beiden Volumenlinien (Linie 68 und 81) auf Elektrobusbetrieb umgestellt. Die Linie 68 von Goppeln nach Niederwartha führt dabei mitten durch das Dresdner Stadtzentrum, wo die Effekte für den Klimaschutz am größten sind. Die Linie 81 verbindet den Bahnhof Neustadt mit Gewerbestandorten im Dresdner Norden. Inhalte der Umstellung waren neben der Beschaffung und Inbetriebnahme von 20 batterieelektrischen Bussen (davon 2 Solobusse, 18 Gelenkbusse) auch die Erstellung und Inbetriebnahme der entsprechenden Ladeinfrastruktur auf dem Betriebshof sowie auf der Strecke. Auf dem Betriebshof

Hintergrund

Gruna wurden in der Abstimmung Lademöglichkeiten für die Übernachtladung geschaffen. Im Streckennetz sind die Endpunkte Leubnitzer Höhe, Bahnhof Cossebaude (beide Linie 68) und Wilschdorf (Linie 81) mit Ladetechnik ausgestattet worden. Zur Energieübertragung werden fahrzeugseitige Pantographen eingesetzt, die sich auf dem Betriebshof und an den Endpunkten zum Nachladen mit den installierten Ladehauben verbinden.

1.2 Zielsetzung

Ausgehend von den bisherigen Erfahrungen und dem Ziel der schrittweisen Elektrifizierung der gesamten Busflotte der DVB soll in der vorliegenden Studie eine vertiefende Untersuchung in Form einer detaillierten, linienfeinen Machbarkeitsstudie bezogen auf das gesamte Busliniennetz durchgeführt werden.

Der Fokus liegt auf der Betrachtung des gesamten Busliniennetzes, um ein ganzheitliches Umsetzungskonzept für die Errichtung von Busladeinfrastruktur an den Endpunkten im Zusammenhang mit der schrittweisen Einführung von Elektrobussen zu entwickeln. Ziel ist es, Synergieeffekte in der Nutzung von Ladeinfrastruktur durch verschiedene Buslinien zu identifizieren, um Infrastrukturen gleichmäßig auszulasten und damit einen hohen Nutzungsgrad zu erzielen.

2 Linienanalyse

2.1 Busnetz

Aktuell

Die DVB befährt aktuell neben 12 Straßenbahnlinien auch ein Busnetz bestehend aus 31 Buslinien und 2 Anruf-Linientaxis. Von diesen fahren 7 Linien (61 – 66 und 68) im 10-Minuten-Takt, während die anderen im 20-, 30- bzw. 60-Minuten-Takt verkehren. In den Linien 66, 81, 84, 86 und 88 sind Regionalbusleistungen mit integriert, sie fahren teilweise als Regionalbuslinie weiter ins Umland. Diese Linien werden gemeinschaftlich von der DVB und den umliegenden Regionalbusbetrieben befahren. Damit ergeben sich folgende Linienverknüpfungen:

- ▶ 66 ab Coschütz weiter als Linie 166 nach Freital-Deuben
- ▶ 81 stündlich ab Wilschdorf, Industriegebiet weiter als 478 nach Radeburg
- ▶ 84 stündlich ab Bühlau, Ullersdorfer Platz weiter als +521 nach Pulsnitz
- ▶ 86 stündlich ab Kreischa, Am Mühlgraben weiter als 162 nach Freital-Deuben bzw. Gompitz
- ▶ 86 stündlich ab Kreischa, Am Mühlgraben weiter als 386 nach Glashütte
- ▶ 88 stündlich ab Goppeln weiter als 353 nach Possendorf

Neben der DVB fahren auch Subunternehmer Busleistungen im Dresdner Stadtbusnetz. Hierzu gehören neben der 100-prozentigen Tochterfirma Dresdner Verkehrsservicegesellschaft mbH auch die Taeter Tours GmbH, Satra Eberhardt GmbH und Müller Busreisen GmbH. Satra Eberhardt fahren die Linien 91 und 93 nach eigener Linienkonzession und Müller Busreisen verkehren auf den Linien 98A, 98B und 98C des Schönfelder Hochlands.

Geplante Veränderungen / Erweiterungen

Gegenwärtig sind zwei größere Teilnetzanpassungen mit Linienverlängerungen, Linienasttausche und Beseitigung von Erschließungslücken im Busnetz der DVB in der Planung. Diese sind unter den Titeln „Busnetz Süd-West“ und „Busnetz Nord-Ost“ zusammengefasst.

Das Busnetz Süd-West ist auf Grund von infrastrukturellen Maßnahmen, wie z.B. die Herstellung der Befahrbarkeit bestimmter Straßenzüge für den Linienbusverkehr, die Errichtung neuer Haltestellen sowie den Bau einer Busschleuse, in zwei Umsetzungsstufen gegliedert. Ab 2025 soll die erste Stufe des Busnetzes Süd-

Linienanalyse

West eingeführt werden, welche ohne infrastrukturelle Baumaßnahmen auskommt. Hierbei werden die Linien 70 und 80 ab der Haltestelle Altcotta über die Lübecker Straße, Rudolf-Renner-Straße und Kesselsdorfer Straße zum neuen Endpunkt Löbtau, Ebertplatz geführt. Die Linie 79 wird von ihrem bisherigen Endpunkt in Übigau über die Washingtonstraße, Flügelwegbrücke, Flügelweg, Tonbergstraße, Grillparzerstraße, Steinbacher Straße und Gompitzer Straße zum Endpunkt Omsewitz verlängert und ersetzt damit zwischen den Haltestellen Altcotta und Omsewitz die wegfallende Linie 80. Die Linie 85 wird ab der Haltestelle Altplauen über die Tharandter Straße und Kesselsdorfer Straße zum Endpunkt Gompitz, Gompitzer Höhe verlängert. Sie ersetzt die Linie 70 zwischen dem Endpunkt Gompitz und der Haltestelle Julius-Vahlteich-Straße und bietet gleichzeitig eine neue Direktverbindung zwischen Plauen und Gompitz. Die Linie 92 wird ab der Haltestelle Cotta, Gottfried-Keller-Straße über die Warthaer Straße, Cossebauder Straße, Tonbergstraße, Grillparzerstraße, Steinbacher Straße, Gottfried-Keller-Straße, Coventrystraße, Julius-Vahlteich-Straße und Kesselsdorfer Straße zum neuen temporären Endpunkt Wölfnitz, Koblenzer Straße geführt. Sie ersetzt den Wegfall der Linie 70 im Abschnitt Altcotta - Julius-Vahlteich-Straße und bietet eine neue Direktfahrmöglichkeit zwischen Ockerwitz und Wölfnitz.

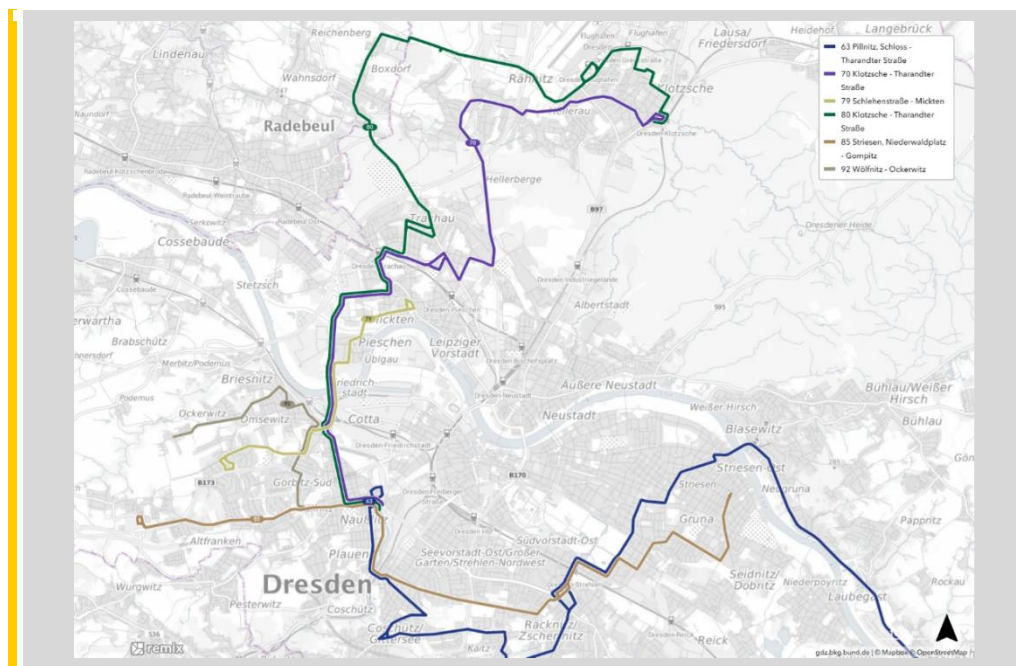


Abbildung 2.1: Übersicht Busnetz Süd-West Stufe 1 (DVB¹)

¹ Quelle | DVB: Busnetz Dresden Süd-West, <https://www.dvb.de/-/media/images/inhaltsbilder/die-dvb/0210251-busnetz-sdwest-stufe-i.png>, abgerufen am 12.10.2023

Für die Realisierung der zweiten Umsetzungsstufe sind verschiedene Infrastrukturanpassungen notwendig, die wiederum zu weiteren Angebotsverbesserungen im Busnetz Süd-West führen. Der Neubau einer Erschließungsstraße inklusive Buschleuse zwischen der Zscherntitzer Straße und der Räcknitzhöhe im Stadtteil Mockritz sowie der bustauglichen Umgestaltung der Wendel-Hipler-Straße und Pietzschstraße inklusive Haltestellenneubau im Stadtteil Naußlitz sind Voraussetzungen für die Verlängerung der Linie 87. Diese wird in Stufe 2 ab der Endstelle Mockritz, Otto-Pilz-Straße über die Räcknitzhöhe, Nöthnitzer Straße, Altplauen, Wiesbadener Straße, Altnaußlitz, Pietzschstraße, Wendel-Hipler-Straße zur Julius-Vahlteich-Straße geführt und ersetzt danach die Linie 92 auf ihrem kompletten Linienweg nach Ockerwitz. Zusätzlich zu den neuen Direktverbindungen der Linie 92 wird das Erschließungsdefizit in Naußlitz behoben und eine neue Tangentialverbindung zwischen den Ortsteilen Naußlitz, Plauen mit den südlichen TU-Gelände sowie Leubnitz-Neuostra geschaffen. Zusammen mit der Linie 85 entsteht somit eine dritte Tangentialachse im 10-Minuten-Takt im Dresdner Süden. Für die Befahrung innerhalb Übigaus im Zweirichtungsbetrieb und der Herstellung der Befahrbarkeit der Döbelner Straße in Trachenberge für den Standardlinienbus müssen ebenfalls Anpassungen im Straßennetz durchgeführt werden. Mit Abschluss dieser Baumaßnahmen kann die Linie 79 über die Wurzener Straße mit der Linie 73 verknüpft werden und bietet somit wieder Direktverbindungen zwischen Cotta und Pieschen.

Das Busnetz Nord-Ost sieht Änderungen in den Linien 65, 85 und 87 vor und soll die Erschließungsdefizite in Striesen sowie in der Äußeren Neustadt und Radeberger Vorstadt beseitigen. Hierfür soll die Linie 65 ab der Haltestelle Striesen, Altenberger Straße über die Augsburger Straße, Universitätsklinikum, Pfortenhauerstraße, Waldschlösschenbrücke, Stauffenbergallee, Marienallee, Forststraße, Bischofsweg, Königsbrücker Straße und Dr.-Friedrich-Wolf-Straße zum Bahnhof Neustadt geführt werden. Durch die Befahrung der Stauffenbergallee und der Marienallee durch die 65 wird die Linie 74 auf die Relation Jägerpark – Waldschlösschen eingekürzt. Um weiterhin die Achse Altenberger Straße – Niederwaldplatz – Schillerplatz mit dem Bus zu bedienen, werden im Gegenzug die Linien 85 und 87 von ihren Endstellen am Niederwaldplatz und der Altenberger Straße respektive zum Schillerplatz verlegt und ersetzen in diesem Korridor das wegfallende Angebot der 65. Dies ist die aktuelle Vorzugsvariante für die Entwicklung des Busnetzes Nord-Ost, die in DENES untersucht wurde. Eine abschließende Entscheidung bzw. ein Beschluss liegt noch nicht vor. Die Maßnahme ist dementsprechend noch nicht terminiert.

Zusätzlich zu den zwei größeren Busnetzänderungen sind auch kleinteiligere Änderungen im Buslinienetz vorgesehen. Zum einem ist angedacht, die Buslinie 61

Linienanalyse

im Schönfelder Hochland von der bisherigen Endstelle Weißig Einkaufszentrum weiter bis zum Forschungszentrum in Rossendorf zu verlängern. Diese Linienführung liegt der DENES-Untersuchung zugrunde. Eine Umsetzung dieser Variante der Anbindung des Forschungszentrums Rossendorf ist mittlerweile allerdings unwahrscheinlich. Des Weiteren sollen auf der Linie 64, welche seit dem 21.08.2023 im 10-Minuten-Takt bis zur Endstelle Kaditz, Am Vorwerksfeld verkehrt, die Fahrten nach Reick zum Hülße-Gymnasium von einem 20-Minuten- auf einen 10-Minuten-Takt verdichtet werden und die vorzeitige Endstelle in Striesen an der Haltestelle Spenerstraße entfallen.

Fahrplandaten

Pro Linie wurde jeweils ein Fahrplanstand untersucht. Sind Planungen für Taktverdichtungen, Linienwegänderungen oder -verlängerungen vorgesehen, wurden PLAN-Daten der Linien benutzt, sind keine Änderungen der Linie vorgesehen, werden IST-Fahrplandaten betrachtet. Aufgrund der Komplexität des Liniennetzes und der Vielzahl an Ausbauszenarien wurden nicht alle Planfälle untersucht, sondern jeweils nur der abgestimmte Endzustand des jeweiligen Planfalls.

Als Grundlage für die Umlaufplanung wurden VDV-Daten aus dem Jahre 2023 für die Linien im IST-Zustand verwendet. Für Planungslinien, die aktuell so nicht befahren werden, sind Fahrplandaten aus dem Planungstool REMIX von der DVB zur Verfügung gestellt worden. Im Allgemeinen sind alle Kurse der betroffenen Linien in die Untersuchung miteingeflossen. Ausnahmen wurden vorgenommen, wenn keine Umlaufdaten für die Kurse zur Verfügung standen. Hierzu zählen beispielhaft Verknüpfungen von Stadtbusleistungen mit Regionalbusleistungen, welche außerhalb der Landeshauptstadt verkehren und zu denen keine Umlaufverknüpfungen vorliegen. Dies wirkt sich vor allem auf die Linien aus, welche gemeinschaftlich mit Regionalbusbetreibern gefahren werden. Auf den Linien 84 und 86 wurden dadurch nur explizit Kurse der Stadtverkehrslinie untersucht, während die Kurse mit Weiterführung als Regionalbus wegfielen.

Ebenso sind Linien, deren Konzession nicht bei der DVB liegen, oder deren Gesamtleistung weder von der DVB noch von einer Tochterfirma bedient werden, nicht Teil der Betrachtung. Hierdurch entfällt die Analyse folgender Linien:

- ▶ Linie 83: Bedienung durch RVSOE
- ▶ Linien 91 und 93: Linienkonzession bei Satra Eberhardt
- ▶ Linien 98A, 98B und 98C: Nachauftragnehmer Müller Busreisen

Übersicht

Folgende Linien mit den entsprechenden Fahrplanständen (siehe Tabelle 2.1) wurden in der Studie untersucht:

Linie	Planungsstand	Linienverlauf	Zu untersuchende Umläufe
61	Verlängerung Rossendorf	Löbtau – Bühlau – Fernsehurm / Rossendorf	Daten aus REMIX
61	Verlängerung Rossendorf	(Fernsehurm –) Bühlau – Weißig	Daten aus REMIX
62	Ist-Fahrplan 2023	Dölzchen / Löbtau Süd – Johannstadt	VDV-Daten
63	Ist-Fahrplan 2023	Löbtau – Pillnitz	VDV-Daten
64	10'-Takt Kaditz-Reick	Reick – Kaditz, Am Vorwerksfeld	Daten aus REMIX
65	Busnetz Nord-Ost	Bf. Neustadt – Leuben – Heidenau / Luga	Daten aus REMIX
66/166	Ist-Fahrplan 2023	Nickern / Lockwitz – Mockritz / Coschütz (– 166 Freital-Deuben)	VDV-Daten
E66	Ist-Fahrplan 2023	Hauptbahnhof – Südhöhe	VDV-Daten
70	Busnetz Süd-West Stufe 1	Löbtau, Ebertplatz – Bf. Klotzsche	Daten aus REMIX
72	Ist-Fahrplan 2023	ElbePark – Klotzsche, Infineon	VDV-Daten (außer Kurs 8010)
73	Busnetz Süd-West Stufe 2	Omsewitz – Wilder Mann	Daten aus REMIX
74	Busnetz Nord-Ost	Waldschlösschen – Jägerpark	Daten aus REMIX
76	Ist-Fahrplan 2023	S-Bf. Pieschen – Justizvollzugsanstalt	VDV-Daten
77	Ist-Fahrplan 2023	Klotzsche, Infineon – Industriegebiet Nord – Marsdorf	VDV-Daten
78	Ist-Fahrplan 2023	Wilschdorf – Radeberg Bf. / Ottendorf-Okrilla, Bf. Süd	VDV-Daten
79	Busnetz Süd-West Stufe 1	Mickten – Omsewitz	Daten aus REMIX
80	Busnetz Süd-West Stufe 1	Löbtau, Ebertplatz – Bf. Klotzsche	Daten aus REMIX

Linienanalyse

Linie	Planungsstand	Linienverlauf	Zu untersuchende Umläufe
84	Ist-Fahrplan 2023	Blasewitz – Bühlau	VDV-Daten, nur Kurse 8401, 8402
85	Busnetz Süd-West Stufe 2	Blasewitz – Gompitz	Daten aus REMIX
86	Ist-Fahrplan 2023	Heidenau – Kreischa	VDV-Daten, nur Kurse 8602, 8603, 8604
87	Busnetz Süd-West Stufe 2	Blasewitz – Ockerwitz	Daten aus REMIX
88	Ist-Fahrplan 2023	Kleinzschochwitz, Fähre – Prohlis – Goppeln (– 353 Possendorf)	VDV-Daten
89	Ist-Fahrplan 2023	Niedersedlitz – Röhrsdorf	VDV-Daten
90	Ist-Fahrplan 2023	Löbtau, Ebertplatz – Gompitz	VDV-Daten
92	Busnetz Süd-West Stufe 1	Wölfnitz – Ockerwitz	Daten aus REMIX

Tabelle 2.1: Übersicht aller untersuchten Linien und Fahrplanstände

Für die Linien 61, 65, 74, 85 und 87 sollten die in dieser Studie nicht absehbaren Entwicklungen der Angebotskonzeption erneut untersucht werden. Diese Untersuchungen sollten unter Berücksichtigung des Bestandes und der Wechselwirkungen zu den Planfällen durchgeführt werden. Dies war nicht Aufgabenstellung und Bearbeitungstiefe dieser Studie.

2.2 Angebotsmodell und Eingangsdaten

Angebotsmodell

Zur Durchführung der Linienanalyse wurde als wesentliche Arbeitsgrundlage ein ÖPNV-Angebotsmodell in der Software „PTV VISUM“ genutzt, dass aus den folgenden Datenquellen aufgebaut wurde:

- ▶ DVB: VDV-Fahrplan- und Umlaufdaten für den Stichtag 12.01.2023 (IST)
- ▶ DVB: Fahrplan- und Linienverlaufsdaten für geplante Liniennetzänderungen (PLAN)
- ▶ OpenStreetMap: Strecken- und Wegedaten für das Untersuchungsgebiet

Nach dem Import dieser Daten wurden im ersten Schritt alle Haltesteige mit beginnenden oder endenden Fahrten sowie die beiden Betriebshofstandorte in das

importierte Strecken- und Wegenetz eingefügt. Weiterhin wurden, nach Streckentypen klassifiziert, durchschnittliche Fahrgeschwindigkeiten hinterlegt.

Dies macht es möglich, die für eine optimale Umlaufplanung nötige flexible Berechnung von Leerfahrten² durchführen zu können. Im Ergebnis dieses Schritts liegt somit dem Modell eine Matrix von Fahrzeit und -strecke jeder möglichen Haltesteig- bzw. Haltestellenkombination sowie von und zu den beiden Betriebshofstandorten vor. Dies gibt bspw. dem angewendeten Algorithmus der Umlaufplanung jederzeit die Möglichkeit, von jeder beliebigen Start- oder Endhaltestelle zu Ladepunkten oder zum Zwischenladen in den Betriebshof umzusetzen.

Fahrzeugtypen

Weiterhin ist, entsprechend den übergebenen Fahrplandaten, der zugehörige Fahrzeugtyp jeder Fahrplanfahrt hinterlegt. Dazu wurde die in Tabelle 2.2 dargestellte Vereinfachung vorgenommen. Das Modell der Umlaufbildung unterscheidet somit nur die in technischen Parameter für fünf verschiedene Fahrzeugtypen.

Übergebener Fahrzeugtyp	Fahrzeugtyp im Modell der E-Bus-Umlaufbildung
Standardbus 2 Türen	Standardbus SL
Standardbus 3 Türen	
Gelenkbus 3 Türen	Gelenkbus SG
Gelenkbus 4 Türen	
Gelenkbus 5 Türen	
Gelenkbus CapaCity ³	Gelenkbus CapaCity
Midibus	Midibus
Kleinbus	Kleinbus
Taxi	– keine Untersuchung –

Tabelle 2.2: Fahrzeugtypen der Untersuchung

² Ausrück-, Einrück- und Umsetzfahrten

³ Hinweis | „CapaCity“ wird in diesem Bericht synonym für das Fahrzeugmodell Mercedes-Benz CapaCity L mit einer Außenlänge von 20,995 m verwendet. Es ist explizit nicht das kürzere Modell mit 19,725 m gemeint.

Linienanalyse

Aus den folgenden technischen Parametern (Tabelle 2.3) wurden die im Modell verwendeten Größen, Reichweiten und Ladedauern abgeleitet. Der Energieinhalt der Traktionsbatterien ist als Richtwert zu verstehen, der sich aus der Reichweite, Energieverbrauch, einer Reserve für Standzeiten und des nutzbaren Energieinhalts von 65 % ergibt.

Fahrzeugtyp	Energieverbrauch Fahren [kWh/km]	Energieverbrauch Stehen [kWh/h]	Batterie- Energieinhalt brutto [kWh]	Ladeleistung Endpunkt [kW]	Ladeleistung Betriebshof [kW]
Kleinbus (<10 m)	1,00	6,25	199	150	75
Midibus (10 m)	1,25	7,81	249	225	75
Standard- bus (12 m)	1,40	8,75	279	250	75
Gelenkbus (18 m)	2,00	12,50	398	250	75
Gelenkbus CapaCity (21 m)	2,40	15,00	478	250	75

Tabelle 2.3: Technische Parameter Fahrzeug

Reichweite

Als Reichweite wurde für jeden Fahrzeugtyp ein Wert von 120 km angesetzt. Davon dienen 20 km als Reserve, sodass im Modell eine Reichweite von 100 km berücksichtigt wird.

Ladedauer

Als Ergänzung zur Betrachtung des Verbrauchs der Fahrzeuge wurde die Ladeleistung sowie die daraus resultierende fahrzeugspezifische Ladedauer von 0 auf 100 % State of Charge (SoC) für folgende Infrastrukturtypen hinterlegt. Vereinfachend wurde eine lineare Ladefunktion implementiert.

Fahrzeugtyp	Ladedauer Endpunkt [h]	Ladedauer Betriebshof [h]
Kleinbus (<10 m)	0,86	1,73
Midibus (10 m)	0,72	2,16

Fahrzeugtyp	Ladedauer Endpunkt [h]	Ladedauer Betriebshof [h]
Standardbus (12 m)	0,72	2,42
Gelenkbus (18 m)	1,04	3,45
Gelenkbus CapaCity (21 m)	1,24	4,14

Tabelle 2.4: Ladedauer nach Fahrzeugtyp

Steuernde Kostensätze

Neben den Netz-, Fahrplan- und Fahrzeugdaten sind folgende stark vereinfachte Kostensätze zur grundsätzlichen Zielsteuerung des Umlaufbildungsalgorithmus hinterlegt worden:

- ▶ in EUR/h während Fahrplanfahrt, Leerfahrt oder Stand- bzw. Ladezeit am (Zwischen-)Ladepunkt sowie Aufenthalt im Betriebshof
- ▶ in EUR/km für Fahrplan- oder Leerfahrten
- ▶ in EUR/d für den Einsatz eines Fahrzeugs

2.3 Grundlagen der Umlaufbildung

Umlaufversionen und Kenngrößen

Die Untersuchung der Umläufe in der Linienanalyse ist so angelegt, dass die bestehenden Umlaufdaten im Falle der IST-Fahrpläne, oder die Umlaufdaten einer fiktiven Umlaufbildung auf Basis von Dieselmotoren im Falle der PLAN-Daten, mit den Ergebnissen der E-Bus-Umlaufbildung verglichen werden. Dies macht es möglich, linienweise die betrieblichen Unterschiede bzgl. folgender Kenngrößen auszuweisen:

- ▶ Fahrplan- und Leerkilometer
- ▶ Einsatzstunden außerhalb des Betriebshof (Kenngröße des Personaleinsatzes)
- ▶ Anzahl an einzusetzenden Fahrzeugen

Die linienweise Umlaufbetrachtung entspricht dem Studiencharakter der Untersuchung und zu großen Teilen auch der gelebten betrieblichen Praxis der DVB. So wird ein Großteil der Umläufe derzeit linienrein gefahren. Linienübergänge finden teils im Übergang zum Nachtnetz statt.

Linienanalyse

Umlaufelemente

Für die Umlaufuntersuchung müssen im Vergleich zu Dieselbusumläufen weitere Umlaufelemente beim E-Busbetrieb betrachtet werden, welche sich teils auch spezifisch aus der gewählten Form der Gelegenheitslader ergeben. Um den E-Bus an der Endstelle zu laden, muss neben der Verfügbarkeit einer Ladestation auch eine genügend lange Wendezeit an der Endstelle gegeben sein. Die Mindestladezeit wird mit 5 Minuten angesetzt, zusätzlich kommen noch 1,5 Minuten Rüstzeit, welche für das An- und Ablegen des Pantographen sowie den Kommunikationsaufbau zwischen Fahrzeug und Infrastruktur benötigt werden. Daraus resultierend kann erst ab einer Wendezeit von 7 Minuten geladen werden.

Innerhalb der Hauptverkehrszeiten von 7 bis 9 Uhr sowie von 15 bis 18 Uhr sind von der DVB Mindestwendezeiten zum Verspätungsausgleich festgelegt, welche an jeder Endhaltstelle eingehalten werden müssen. Sie sind als Nachbereitungszeit im Modell hinterlegt und können in diesem Zeitraum nicht zum Nachladen des Busses verwendet werden.

Die Reichweite wurde auf 100 km festgesetzt, um auch bei höheren Energieverbräuchen durch die Nutzung der Klimatisierung bzw. Heizung bei widrigen Witterungsbedingungen für einen zuverlässigen Betrieb zu sorgen. Ebenso soll der Ladezustand nicht den kritischen Wert unterschreiten, der benötigt wird, um noch eine weitere maximal mögliche Fahrplanfahrt durchzuführen. Es soll sichergestellt sein, dass bei Ausfall einer Ladestation noch sicher der nächste Endpunkt angefahren werden kann.

Eignung der Dieselbus-Umläufe für den Einsatz mit E-Bussen

In einem ersten Schritt wurden die übermittelten IST-Fahrplan- und Umlaufdaten auf Eignung für den Einsatz mit E-Bussen ohne Veränderung der bestehenden Umläufe geprüft. Dazu muss die Länge des jeweiligen Umlaufs unter der Reichweite des einzusetzenden Fahrzeugtyps liegen. In dieser spielt neben der Summe der zu fahrenden Kilometer auch in kleinerem Maß die Summe der Zeiten ohne Bewegung des Fahrzeugs (Nebenverbräuche) eine Rolle. Zwischenladevorgänge an Ladepunkten werden in der zur Verfügung stehenden Wendezeit an den Endstellen berücksichtigt.

Im Ergebnis dieser Prüfung konnte nur der Stadtbuslinie 62 Johannstadt – Löbtau Süd / Dölzschen ein positives Ergebnis bescheinigt werden. D.h. jeder der bestehenden Umläufe kann ohne Änderung auf einen E-Bus umgestellt werden.

Die genauen Ergebnisse dieser Umlaufbildung und die zugrunde gelegten Ladepunkte sind in Anlage 1 enthalten sowie in Absatz 2.4 beschrieben.

Neuberechnung / Neukompilierung der Fahrzeugumläufe

Die restlichen geprüften Linien besitzen somit mindestens einen Umlauf, der unter den technischen Parametern der E-Bus-Fahrzeugtypen, nicht ohne Anpassung des Umlaufprogramms auf einen E-Bus-Einsatz umgestellt werden kann.

Aus diesem Grund wurde in einem anschließenden Schritt, auf Basis des aufgebauten Angebotsmodells, eine Neuberechnung der Umläufe vorgenommen, welche die einzelnen Fahrplanfahrten unter Berücksichtigung aller vorgestellten Rahmenbedingungen neu kompiliert. Diese Umlaufbildung basiert auf der Lösung eines Graphenflussproblems, welches um die Komponente des Ladezustands erweitert wurde. Auf Aspekte der sich an die Umlaufplanung anschließenden Dienstplanung kann innerhalb dieses Lösungsalgorithmus nicht eingegangen werden. Im Unterschied zur Umlaufplanung für Dieselbusse liefert die Umlaufbildung unter Berücksichtigung des Ladezustands auch nicht explizit ein kostengünstigstes Ergebnis. Es können mehrere gleichwertige Lösungen existieren, welche sich jedoch in der Komposition der Umläufe wesentlich unterscheiden. Um diesem Umstand Rechnung zu tragen, wurden pro Umlaufbildung einer Linie und eines Ladepunkt-Szenarios 40 Lösungen miteinander verglichen. Die in ihrer Kostenstruktur und praxisnahen Zusammenstellung der Umläufe bestmögliche Lösung wurde anschließend final ausgewählt.

Die Arbeit mit PTV VISUM sorgte jedoch auch für einige Limitierungen, welche bei der Linienanalyse beachtet werden mussten. Die Stellplatzkapazität an einem Endpunkt kann nur pro Linie betrachtet werden, sodass Umlaufbildungen mit mehr als einer Linie nicht durchführbar sind. Ebenso sind kombinierte Nutzungen von Ladepunkten durch mehrere voneinander unabhängige Linien in PTV VISUM nicht abbildbar und sind nur separat zu betrachten. Hierbei wurden bei den betroffenen Endpunkten im Vorhinein jedem Ladepunkt eine bestimmte Linie zugeordnet und im Nachgang manuell überprüft, ob die Anzahl zeitgleich ladender bzw. wendender Busse in den jeweiligen Linien die Standkapazitäten der Endstelle überschreiten. Durch den Lösungsalgorithmus finden Aspekte der Dienstplanung keine Betrachtung in der Umlaufbildung.

Linienanalyse

2.4 Ergebnisse der Umlaufbildung

Liniensteckbriefe (Anlage 1.1)

Die Ergebnisse der Umlaufbildung aller Linien sind in der Anlage 1.1 dargestellt. Unter den Liniensteckbriefen befinden sich linienfein die allgemeinen Eckdaten und betrieblichen Parameter. Hierzu gehören:

- ▶ Standkapazitäten an den Ladepunkten
- ▶ Ziel bezüglich Ladezustand
- ▶ Mindestwendezeiten in der Hauptverkehrszeit (HVZ)
- ▶ Fahrzeugbedarf (Dieselumlaufl und E-Bus-Umlauf)
- ▶ Belegung der Endpunkte (sofern kein Depotlader)

Umlauf-Blockdarstellungen (Anlage 1.3)

In der Umlauf-Blockdarstellung sind die Umlaufelemente jedes Umlaufs in grafischer Form abgebildet. In dieser Grafik sind dargestellt:

- ▶ Fahrplanfahrten mit Ladezustand nach Beendigung der Fahrt
- ▶ Ladevorgang mit Dauer
- ▶ Mindestwendezeiten
- ▶ Leerfahrten
- ▶ Betriebshofzugehörigkeit

Die detaillierte Betrachtung, inklusive Angaben zu Länge, Dauer und Energieverbrauch pro Element, ist in der Anlage 1.4 Umlaufelemente enthalten.

Ergebnistabelle Linienanalyse (Anlage 1.2)

Linienübersicht

Die Ergebnistabelle bietet einen Überblick über alle untersuchten Linien, Endpunkte sowie Betriebshofkapazitäten. In der Linienübersicht sind alle Stadtbuslinien aufgelistet. Diese verfügen auch über verschiedene Fahrplanzustände, welche gefiltert werden können. Zu jeder untersuchten Linie werden

- ▶ Planungsstand,
- ▶ Linienverlauf,
- ▶ zu untersuchende Umläufe/Kurse,
- ▶ Zuordnung zu Step (siehe Kap. 4 Umsetzungsempfehlungen),

- ▶ Fahrzeugbedarf (Bustyp, Mehrbedarf),
- ▶ Betriebshofzugehörigkeit sowie
- ▶ betriebliche Parameter (Einsatzstunden, -kilometer, minimaler und durchschnittlicher Ladezustand, Fahrplanwirkungsgrad)

angegeben. Als Vereinfachung werden alle Linien aufgeführt, auch wenn bestimmte Fahrplanstände oder komplette Linien nicht Teil der Linienanalyse waren.

Endpunktübersicht

In der Endpunktübersicht sind alle Endstellen gelistet, für welche Ladeinfrastruktur geschaffen werden muss. Ebenso sind diese nach Steps (siehe Kap. 4 Umsetzungsempfehlungen) untergliedert. Es ist zu beachten, dass der Step 3 in zwei Fahrplanzustände unterteilt ist, da einige untersuchte Linien nur in bestimmten Fahrplanzuständen auftreten und durch andere Linien in späteren Fahrplanzuständen ersetzt werden. Pro Endpunkt ist einsehbar:

- ▶ am Endpunkt ladende Linien
- ▶ Anzahl Ladevorgänge
- ▶ mittlere Ladedauer
- ▶ durch die Umlaufbildung ermittelte Anzahl an Ladepunkten

Betriebshofkapazität

Die Betriebshofkapazität gibt den zusätzlichen Stellplatzbedarf an Elektrobussen pro Betriebshof und Step an. Dabei wird zwischen den Fahrzeugtypen Solobus, Gelenkbus und CapaCity unterschieden. In Summe sind die Standkapazitäten in den Betriebshöfen Gruna und Trachenberge pro Fahrzeugtyp dargestellt sowohl ohne als auch mit der bei der DVB üblichen Betriebsreserve von 11-12 % pro Fahrzeugtyp.

3 Ladeplatzanalyse

In der Ladeplatzanalyse werden die in der Linienanalyse ermittelten Ladeplätze an den Endpunkten weitergehend untersucht. Dabei werden die folgenden Punkte analysiert:

- ▶ Möglichkeit der Errichtung von Ladeinfrastruktur sowie
- ▶ die energetische Erschließungsmöglichkeit.

Die Ladeplatzanalyse an den Endpunkten erfolgt in drei grundlegenden Schritten:

- ▶ Endpunktuntersuchung,
- ▶ Dimensionierung der Netzanbindung sowie
- ▶ Iteration der Ladeplätze.

3.1 Endpunktuntersuchung

Im Ergebnis der Linienanalyse hat sich für eine Auswahl an Endpunkten im Busliniennetz der DVB die Notwendigkeit der Errichtung von Ladeinfrastruktur für Elektrobusse ergeben. Diese Endpunkte werden in den folgenden Schritten detaillierter untersucht. Für die weiteren Endpunkte wird im Resultat der linienfeinen Umlaufuntersuchungen keine Ladeinfrastruktur benötigt. Die entsprechenden Buslinien können als Depotlader betrieben werden.

Die Tabelle 3.1 gibt einen Überblick über alle zu untersuchende Endpunkte inklusive der gemäß Linienanalyse benötigten Anzahl an Ladeplätzen. Ergänzt wird die Übersicht um die benötigte Anschlussleistung, welche aus der Ladeleistung von 300 kW pro Ladepunkt resultiert. Bei einem Bedarf von nur einem Ladepunkt wird in der Endpunktuntersuchung dennoch die Realisierbarkeit von mindestens zwei Ladepunkten je Endpunkt analysiert. Hintergrund ist eine gewünschte Redundanz für das Störfallmanagement (Wartung/Ausfall/Bauarbeiten). Siehe dazu auch die Kapitel 3.1.2 und 4.3.1.

Zusätzlich zu den ermittelten Endpunkten werden weitere Endhaltestellen (Gopeln, Industriegebiet Nord, Mickten) analysiert. Hintergrund ist, dass die DVB für einen sicheren und stabilen Linienbetrieb mit Elektrobussen je Linie an jedem Linienende Ladeinfrastruktur vorsehen möchte.

Ladeplatzanalyse

Endpunkt	Anzahl Ladeplätze	Anschlussleistung
Bahnhof Heidenau	3	900 kW
Bahnhof Klotzsche	3	900 kW
Blasewitz, Schillerplatz	1	300 kW
Dölzschen	1	300 kW
Fernsehturm	1	300 kW
Freital-Deuben Busbahnhof	2	600 kW
Gompitz, Gompitzer Höhe	2	600 kW
Goppeln	2	600 kW
Industriegebiet Nord	2	600 kW
Johannstadt Schleife	2	600 kW
Kaditz, Am Vorwerksfeld	2	600 kW
Klotzsche, Infineon	2	600 kW
Löbtau, Ebertplatz	3	900 kW
Löbtau, Gröbelstraße	5	1500 kW
Lockwitz	1	300 kW
Luga	2	600 kW
Mickten	1	300 kW
Mockritz	2	600 kW
Ockerwitz	1	300 kW
Omsewitz	1	300 kW
Pillnitz Schloss	2	600 kW
Prohlis Gleisschleife	1	300 kW
Reick, Hülße-Gymnasium	2	600 kW

Ladeplatzanalyse

Endpunkt	Anzahl Ladeplätze	Anschlussleistung
Rosendorf Forschungszentrum	2	600 kW
Weißig, Einkaufszentrum ⁴	2	600 kW

Tabelle 3.1: Übersicht untersuchte Endpunkte

3.1.1 Dokumentation des Ist-Zustands der Endpunkte

Die Dokumentation der Endpunkte erfolgt im Rahmen einer Vor-Ort-Begehung. In diesem Zusammenhang wird der bauliche Ist-Zustand erfasst. Dies erfolgt mit Hilfe einer standardisierten Checkliste. Die Checkliste enthält eine Übersichtskarte und ein Luftbild der Endstelle. Diese dienen neben der Orientierung unter anderem der Eintragung von baulichen oder gestalterischen Elementen. Im weiteren Verlauf werden mit Hilfe der Checkliste

- ▶ die bauliche Gestaltung des jeweiligen Endpunktes,
- ▶ die Haltestellenausstattung,
- ▶ das Vorhandensein von sichtbaren Versorgungsleitungen und -anlagen,
- ▶ Umweltaspekte,
- ▶ lärmempfindliche Einrichtungen und Lärmquellen sowie
- ▶ sonstige Elemente im öffentlichen Raum erfasst.

Dabei wird nicht nur das Vorhandensein der oben aufgeführten Elemente geprüft, sondern es werden ebenfalls persönliche Einschätzungen, Eindrücke und Beobachtungen als Notizen erfasst. Die ausführliche Dokumentation und die damit gewonnene Ortskenntnis der Endpunkte bildet eine wichtige Grundlage für die Einschätzung der Realisierbarkeit benötigter Ladeinfrastruktur.

Im Ergebnis der Vor-Ort-Begehungen wurde für jeden Endpunkt im Dresdner Busliniennetz eine Dokumentation erstellt. Diese können der Anlage 2 entnommen werden.

3.1.2 Planung der Ladeinfrastruktur an den Endpunkten

Die Planung der Ladeinfrastruktur an den Endpunkten erfolgt in der Regel im Bestand. Planungsgrundlage bildet dabei eine digitale Stadtkarte sowie Auskünfte

⁴ Der Standort Weißig Einkaufszentrum wird in der Untersuchung aufgenommen, da die Buslinie 61 vorab einer Entscheidung zur Verlängerung der Linie bis Rosendorf Forschungszentrum elektrifiziert werden soll.

von Beteiligten und Leitungsträgern, die für jeden Standort abgefragt werden. Dazu gehören:

- ▶ Städtische bzw. kommunale Behörden,
- ▶ Dresdner Verkehrsbetriebe AG,
- ▶ Leitungsträger für Strom, Wasser, Energieversorgung,
- ▶ Telekommunikationsanbieter,
- ▶ Deutsche Bahn sowie
- ▶ Weitere nach Bedarf.

Auf dieser Grundlage werden Leitungsbestandslagepläne erstellt, mit Hilfe deren die Ladeinfrastrukturkomponenten am Endpunkt positioniert bzw. geeignete Standorte ermittelt werden. Die benötigte Anzahl an Ladepunkten ergibt sich aus den Ergebnissen der Linienanalyse.

Bei der Platzierung der Ladeinfrastruktur am Endpunkt werden die folgenden Aspekte berücksichtigt:

- ▶ je nach Gegebenheiten möglichst geringe bauliche Eingriffe am Endpunkt,
- ▶ Baufreiheit im Fundamentbereich der Ladeinfrastruktur,
- ▶ Minimierung der Eingriffe in vorhandene Grünanlagen / Bäume / Gehölze,
- ▶ Abstand zu Wohnbebauung,
- ▶ Planung auf Grund im Eigentum der Landeshauptstadt Dresden oder der DVB,
- ▶ kurze Distanzen / Kabelwege zwischen Trafo-Ladetechnik-Station und Lademast sowie
- ▶ Prüfung der Befahrbarkeit der Ladepositionen mit Hilfe von Schleppkurvenuntersuchungen.

Für einen sicheren und stabilen Linienbetrieb werden Vorgaben der DVB bei der Planung der Ladeinfrastruktur berücksichtigt. Dazu gehört, dass möglichst an jedem Endpunkt redundante Ladepunkte (Lademasten) vorgesehen werden. Damit soll gewährleistet werden, dass beim Ausfall einzelner technischer Komponenten mit den verbleibenden weiter geladen werden kann, um den Linienbetrieb aufrecht zu erhalten.

3.1.3 Auswertung der Realisierbarkeit der geplanten Ladeinfrastruktur

Im Ergebnis steht für jeden untersuchten Standort ein Lageplan LIS (siehe Anlage 3) sowie ein Ergebnisblatt zur Realisierbarkeit von Ladeinfrastruktur (siehe Anlage 4) zur Verfügung. Beiden Unterlagen können detaillierte Informationen zu

Ladeplatzanalyse

jedem Endpunkt und der Möglichkeit des Ausbaus mit Ladeinfrastruktur entnommen werden. Dazu gehören:

- ▶ Beschreibung der Standorte für Trafo-Ladetechnik-Station(en) und Lademast(en),
- ▶ baulicher Zustand der Haltestelle,
- ▶ Eigentumsverhältnisse Grundstück,
- ▶ Anschluss Mittelspannungsnetz,
- ▶ Grünanlagen / Bäume,
- ▶ (Wohn-)Bebauung,
- ▶ Leitungsbestand und
- ▶ Betriebskonzept.

Aus der Untersuchung ergeben sich unterschiedliche Realisierbarkeiten für die einzelnen Endpunkte. Hieraus wurde eine Clusterung entwickelt, nach der sich die Ergebnisse – und damit verbunden die Endpunkte – kategorisieren lassen. Die Kategorien werden in der Tabelle 3.2 erläutert. Die Kategorisierung bietet einen kompakten Überblick über die Umsetzbarkeit von Ladeinfrastruktur für Elektrobusse an den Endpunkten.

Kategorie	Erläuterung der Bewertung
1 – positiv	Umsetzung möglich, da: <ul style="list-style-type: none"> - Grundstück im Eigentum der LHDD / DVB - unkritischer Leitungsbestand - Mittelspannung in der Nähe - aktuelles Betriebskonzept kann bestehen bleiben - Wohnbebauung in größerer Entfernung
2 – neutral	Umsetzung möglich, da: <ul style="list-style-type: none"> - Grundstück im Eigentum Dritter - Wohnbebauung - Eingriffe in Baum- und/oder Gehölzbestand notwendig - große Entfernung zur Mittelspannung - Leitungsbestand, der verlegt werden muss - aktuelles Betriebskonzept nicht umsetzbar - baulicher Eingriff notwendig
3 – Ausschluss	Keine Umsetzung möglich, da: <ul style="list-style-type: none"> - keine Flächenverfügbarkeit - kritischer Leitungsbestand (bspw. Gas) - fehlende Energieversorgung

Tabelle 3.2: Erläuterung Kategorisierung Endpunkte

Im Ergebnis der Endpunktuntersuchung wurden die einzelnen Endhaltestellen wie folgt kategorisiert (siehe Tabelle 3.3).

Kategorie	Endpunkte
1 – positiv	Fernsehturm Gompitzer Höhe Mickten
2 – neutral	Bahnhof Klotzsche Freital Deuben Busbahnhof Dölzsch Goppeln, Leubnitzer Straße Gröbelstraße Bahnhof Heidenau (Linie 86) Industriegebiet Nord Klotzsche, Infineon Johannstadt Kaditz, Am Vorwerksfeld Löbtau, Ebertplatz Lockwitz Mockritz Omsewitz Pillnitz Schloss Prohlis Gleisschleife Reick Hülße-Gymnasium Rossendorf, Forschungszentrum Blasewitz, Schillerplatz
3 – Ausschluss	Luga Ockerwitz

Tabelle 3.3: Kategorisierung Endpunkte

Anschließend wird das Ergebnis für jeden Endpunkt kurz erläutert.

3.1.3.1 Endpunkte Kategorie 1

Fernsehturm

An der Endhaltestelle Fernsehturm, welche sich auf dem Pkw-Parkplatz zum Fernsehturm befindet, sind zwei Ladepunkte (einer davon als Ausbaureserve bzw. aus Redundanzgründen) für die Linie 61 vorgesehen. Die Trafo-Ladetechnik-Station wird in der nördlichen Parkplatzecke platziert. Zum gegenwärtigen Planungsstand bleibt der bestehende Sanitärcontainer erhalten und wird nicht in die TLS integriert, da kein Abwasseranschluss besteht. Die Ladeposition 1 wird auf Höhe der TLS angeordnet. Der als Ausbaureserve geplante Ladepunkt wird hinter der Position 2 platziert. Der Gelenkbus steht dabei leicht versetzt zum vorderen Bus, da sonst auf Grund der Fahrzeuglänge kein exaktes Abstellen unter der Ladehaube möglich ist.

Ladeplatzanalyse

Dies bringt die Notwendigkeit eines verlängerten Auslegers am Lademast mit sich. Eine unabhängige Befahrung ist nicht möglich. Weitere Hinweise auch im Zusammenhang mit der bevorstehenden Sanierung des Fernsehturms sind der Umsetzungsempfehlung im Kapitel 4.3.2 zu entnehmen.

Gompitz, Gompitzer Höhe

Der Endpunkt Gompitzer Höhe dient als Endhaltestelle der Linien 85 und 90. Aus Gründen der Eigentumsverhältnisse werden die beiden Trafo-Ladetechnik-Stationen auf der gegenüberliegenden Grünfläche parallel zueinander aufgestellt. Die Stationen versorgen drei Lademasten mit Ladehauben für das Laden mittels Pantographen. Die Ladepositionen sind an den Bussteigen 5,6 und 8 vorgesehen. An Bussteig 6 besteht die Möglichkeit der Errichtung eines vierten Lademastes als Ausbaureserve. Der Lademast am Bussteig 8 dient als Betriebshalt während der Wendezeit. Auf Grund der schmalen Gehwegbreite und dem sich anschließenden Privatparkplatz besteht die Möglichkeit, den Lademast mit einem etwa 8,0 m langen Ausleger auf der gegenüberliegenden Straßenseite zu platzieren.

Mickten

Der Endpunkt Mickten ist eine Halte- und Endstelle für Bus und Straßenbahn, welche sich über den Knotenpunkt Leipziger Straße / Lommatzcher Straße sowie die Nebenstraßen mit mehreren Steigen verteilt. Am Endpunkt der Linien 79 (Steig 6) soll ein Lademast mit Ladehaube für das Laden mit Pantographen errichtet werden. Am Bussteig wird die vorhandene Ladeinfrastruktur ersetzt bzw. mit den neuen Komponenten bestückt. Der Lademast wird an der hinteren Gehwegbegrenzung am Beginn des Bussteiges aufgestellt. Die vorhandene Position des Lademastes kann nicht mehr genutzt werden. Grund dafür ist, dass dieser für einen 12-m-Standardbus platziert wurde, bei dem sich der Pantograph auf dem hinteren Teil des Busdaches befindet. Diese Variante wird heute nicht mehr verbaut, da sich ein anderer Standard (Platzierung Pantograph auf Höhe Achse 1, Vorderachse) ausgeprägt hat.

Der Lademast ist so positioniert, dass ein Bus während des Ladevorganges mit einem ausreichenden Abstand von mindestens 4,0 m zur Gleisachse der Straßenbahn steht.

Weißig, Einkaufszentrum

Die Haltestelle Weißig Einkaufszentrum ist ein Endpunkt der Linie 61. Er wird bis zu einer Entscheidung über die Linienverlängerung bis Rossendorf mit Ladeinfrastruktur ausgestattet. Die Umlaufuntersuchung für den Elektrobusbetrieb ergibt

einen Bedarf von 2 Ladepunkten. Die Trafo-Ladetechnik-Station, zur Versorgung der Lademasten mit Ladehauben für das Laden mit Pantographen, soll auf der angrenzenden Grünfläche aufgestellt werden. Die beiden Lademasten werden am vorhandenen Bussteig hintereinander platziert. Die Anordnung der Ladepositionen ermöglicht keine unabhängige Befahrbarkeit der Ladepunkte. Weitere Hinweise sind der Umsetzungsempfehlung im Kapitel 4.3.2 zu entnehmen.

3.1.3.2 Endpunkte Kategorie 2

Bahnhof Klotzsche

Am Bahnhof Klotzsche ist Ladetechnik für vier Ladepunkte (drei plus eine Ausbaureserve) vorgesehen. Bedient wird der Endpunkt durch die Gelenkbuslinien 70 und 80. Als Standort für die beiden Trafo-Ladetechnik-Stationen ist die Fläche des aktuellen Fahrradunterstandes vorgesehen. Für die Abstellanlage ist eine Ausweichfläche vorgesehen. Die TLS werden auf Grund der vorhandenen Platzverhältnisse im rechten Winkel zueinander aufgestellt und in ihren Abmessungen den Gegebenheiten vor Ort leicht angepasst. Ein entsprechender Abstand zum vorhandene Güterbahnhofsgebäude kann eingehalten werden. Die Lademasten werden an den Bussteigen 1, 3 und 4 aufgestellt. Diese entsprechen den Warte- und Abfahrtspositionen der beiden Stadtbuslinien und werden je von nur einer Linie bedient. Die Ladepunkte werden in die bestehende, sehr gut ausgebaute Haltestellenumgebung integriert, sodass bauliche Anpassungen minimiert werden.

Freital-Deuben Busbahnhof

Der Busbahnhof Freital Deuben ist Endpunkt der Buslinie 66, für die sich im Elektrobetrieb ein Bedarf von zwei Ladepunkten ergibt. Er ist ein zentraler End- und Umsteigepunkt mit mehreren Bussteigen für Regional- und Stadtbusse. Die benötigten zwei Ladepunkte sollen im Bestand an den Bussteigen 5 und 6 aufgestellt werden. Hierfür müssen Fahrgastunterstände und Beleuchtungsmasten versetzt werden. Die Verlegung der Linie 66 von Steig 5 zu 6 ergibt sich vor dem Hintergrund der Möglichkeit, von Ladeposition 2 zur Position 1 vorrücken zu können. Damit einher gehen Anpassungen im Betriebskonzept des Busbahnhofes und der Zuordnung der Bussteige zu den einzelnen Linien. Die Trafo-Ladetechnik-Station wird in nördlichen Bereich auf einer Grünfläche aufgestellt.

Ladeplatzanalyse

Dölzchen

Die Endhaltestelle Dölzchen befindet sich in Altdölzchen. Der modernisierte, am Fahrbahnrand liegende Bussteig ist barrierefrei. Die Haltestelle ist ein Endpunkt der Buslinie 62. Der Endpunkt soll mit Ladeinfrastruktur ausgestattet werden, um für die Linie einen zweiten, redundanten Ladestandort vorzusehen. Hierfür wird ein Lademast mit Ladehaube am vorhandenen Bussteig im Bestand platziert. Die Gegebenheiten vor Ort ermöglichen es nicht, eine zweite Ladeposition vorzusehen, sodass der Endpunkt kann nur mit einem Ladepunkt ausgestattet werden. Die benötigte Trafo-Ladetechnik-Station wird neben dem vorhandenen kombinierten Endpunkt- und Haltestellengebäude aufgestellt. Denkbar ist an dieser Stelle im Rahmen der Elektrifizierung eine Modernisierung des Endpunktgebäudes (Integration in TLS) und der Neubau eines Fahrgastunterstandes.

Goppeln, Leubnitzer Straße

Die Haltestelle Goppeln Leubnitzer Straße ist ein Bushalt und Endpunkt südlich von Dresden, welcher sowohl von Regional- aus auch DVB-Linien (Linien 68, 88) bedient wird. Der Endpunkt soll mit Ladeinfrastruktur ausgestattet werden, um für beide Linien einen zweiten, redundanten Ladestandort vorzuhalten. Die Haltestelle mit insgesamt vier Bussteigen wurde 2020 grundhaft ausgebaut und modernisiert. Die Umgestaltungsmaßnahme wurde vom Freistaat Sachsen gefördert, sodass bauliche Eingriffe auf ein Minimum zu reduzieren und mit den Förderbedingungen abzustimmen sind. Die Trafo-Ladetechnik-Station wird auf der gegenüberliegenden Straßenseite auf der Fläche des vorhandenen Endpunktgebäudes aufgestellt. Dies bedingt, dass die bestehenden Funktionen dieses Gebäudes in die TLS integriert werden. Die Lademasten mit Ladehaube werden an den vorhandenen Bussteigen 3 und 4 platziert. Letzterer wird neben der DVB-Linie 88 auch von Regionalbuslinien bedient, längere Ladeaufenthalte sind betrieblich abzustimmen.

Löbtau, Gröbelstraße

Der Wendepunkt in der Gröbelstraße dient als Pausenplatz der Gelenkbuslinien 61 und 63 für den Endpunkt Tharandter Straße. Aus der dichten Taktung der beiden Linien ergibt sich ein Bedarf von 5 Ladeplätzen. Bei der Planung der Ladeinfrastruktur wird der Einsatz von 21-m-Gelenkbussen berücksichtigt. Die beiden Trafo-Ladetechnik-Stationen werden an der westlichen Grundstücksgrenze parallel zum vorhandenen Baum- und Gehölzstreifen hintereinander aufgestellt. Der Streifen bleibt damit erhalten. Für die Ladepunkte soll eine Traverse errichtet werden, an der die Ladehauben befestigt werden. Die Ladepunkte sind unabhängig voneinander befahrbar und können somit von beiden Linien genutzt werden. Im

Betriebsablauf kann es sich ergeben, dass Busse kurz auf eine freie Ladeposition warten müssen, da auf Grund der Fahrzeugabmessungen und der vorhandenen Platzverhältnisse nur vier anstatt der fünf benötigten Ladepunkte errichtet werden können. Aufgrund der direkt angrenzenden Wohnbebauung sind Lärmemissionen an diesem Standort besonders sensibel zu behandeln. Zur Geräuschreduktion bietet sich ggf. eine Überdachung der Ladepunkte an.

Bahnhof Heidenau

Am Bahnhof Heidenau werden drei Ladepunkte für die Linien 65 und 86 benötigt. Der Endpunkt ist ein zentraler Umsteigepunkt am Bahnhof Heidenau mit mehreren Bussteigen für Regional- und Stadtbusse. Er ist vollständig barrierefrei ausgebaut und verfügt über eine den Vorgaben an eine Haltestelle entsprechende Ausstattung. Eine grundlegende Modernisierung ist nicht notwendig. Die Bussteige sind alle für 12-m-Solobusse ausgelegt, die Steige 2 und 3 bieten Platz für 18-m-Gelenkbusse. Die Trafo-Ladetechnik-Stationen sollen am Rand der Grünanlage auf dem Platz der Freiheit aufgestellt werden. Damit verbunden ist ein Eingriff in den Baum- und Gehölzbestand. Dieser kann durch die Abstimmung der genauen Aufstellposition reduziert werden. Die Lademasten mit Ladehauben (2 Stück) werden in den Bestand an den Bussteigen 3 und 4 integriert. Dabei muss die Haltestellenüberdachung berücksichtigt werden, weshalb die Masten nicht direkt am Fahrzeug aufgestellt werden können und schräge Ausleger notwendig sind. Eine Integration der Ladeschnittstellen in die Überdachung kann geprüft werden, wird auf Grund der teils niedrigen Dachhöhen aber als schwierig eingeschätzt. Der dritte benötigte Lademast kann auf Grund der Platzverhältnisse und Gegebenheiten vor Ort nicht aufgestellt werden. Hintergrund ist, dass die weiteren Bussteige von verschiedenen Regionalbuslinien bedient werden, weshalb längere Aufenthalte zum Nachladen nicht möglich sind. Um den benötigten dritten Lademast in den Endpunkt zu integrieren, ist eine Neuordnung der Haltesteige erforderlich. Dabei werden höchstwahrscheinlich Kurzzeitparkplätze entfallen müssen. Die Bussteige 3 und 4 werden ausschließlich von den Linien 65 und 86 bedient. Hier besteht kein Konflikt mit Regionalbuslinien. Zu beachten ist, dass der Steig 4 nur für einen 12-m-Solobus ausgelegt ist, ein längeres Fahrzeug ragt auf die Fahrbahn.

Industriegebiet Nord

Der Endpunkt Industriegebiet Nord soll als zweiter, redundanter Ladestandort für die Linie 77 errichtet werden. Gleichzeitig entsteht mit den Ladepunkten ein weiterer Ausweich- bzw. Alternativstandort zum Nachladen von Elektrobussen im Norden Dresdens. Die Ladepunkte werden im Bestand integriert. Ein Lademast

Ladeplatzanalyse

wird an der bestehenden Haltestelle geplant, der zweite Ladepunkt wird dahinter auf dem Gehweg platziert. Soll auch an der zweiten Ladeposition ein Fahrgastwechsel stattfinden, ist der Bussteig entsprechend zu verlängern. Zu beachten ist auch der vorhandene Leistungsbestand (Trinkwasserleitung). Die Trafo-Ladetechnik-Station wird auf einer gegenüberliegenden Grundstücksecke neben einer bestehenden Niederspannungsverteilungsstation aufgestellt.

Klotzsche, Infineon

Am Endpunkt Klotzsche Infineon werden für die Linien 72 und 77 insgesamt 2 Ladepunkte benötigt. Die Haltestelle ist vollständig barrierefrei ausgebaut. Die Länge des Bussteiges ist für zwei Solobusse ausgelegt. Der Platz ist jedoch ausreichend groß um zwei Gelenkbusse abzustellen und zu laden. Als Standort für die Trafo-Ladetechnik-Stationen wurde die Fläche im Grünstreifen ausgewählt. Ein entsprechender Abstand zu gepflanzten Bäumen sollte gewährt sein. Die Lademasten mit Ladehaube werden an den Bussteigen 1 und 2 positioniert jedoch um wenige Meter in Fahrtrichtung verschoben, damit potentiell auch Gelenkbusse halten und laden können. Anpassungen in der Anordnung der Haltestellenausstattung werden auf ein Minimum reduziert.

Johannstadt

Beim Endpunkt Johannstadt handelt es sich um einen reinen Buswende- und Pausenplatz der Linie 62, die mit CapaCity-Bussen bedient wird. Ein Fahrgastwechsel findet nicht statt. Somit sind keine Haltestellenanlagen vorhanden oder notwendig.

Die Abstellung der Busse erfolgt in der ehemaligen Gleisschleife der Straßenbahn auf dem Innengleis. Es stehen zwei CapaCity-Busse hintereinander. Reste der Straßenbahngleise und des festen Oberbaus sind noch vorhanden, die Fahrleitung ist abgebaut, die Fahrleitungsmasten stehen noch. Als Standort für die Trafo-Ladetechnik-Station wurde die Fläche hinter dem Parkhaus in der Grünfläche ausgewählt. Die TLS versorgt zwei Lademasten mit Ladehauben für das Laden mit Pantographen. Die Lademasten mit Ladehaube sind im Innengleis an den Positionen 1 und 2 hintereinander vorgesehen. Die Platzierung der Lademasten orientiert sich an den Bäumen der ehemaligen Gleisschleife. Der Leistungsbestand für den Endpunkt wurde abgefragt und ausgeliefert. Für den Bereich der Gleisschleife besteht Unklarheit, ob der Bestand auf Seiten der Medienträger vollständig dokumentiert ist und übermittelt wurde.

Kaditz, Am Vorwerksfeld

Kaditz, Am Vorwerksfeld ist der Endpunkt der Buslinie 64, der mit CapaCity-Bussen bedient wird. Die Umlaufuntersuchung für den Elektrobusbetrieb ergibt einen Bedarf von 2 Ladepunkten. Als Standort für die Trafo-Ladetechnik-Station wurde die Grünfläche in der Mitte der Umfahrung des Vorwerksfelds gewählt. Ein entsprechender Abstand zu der vorhandenen Straße ist vorgesehen. Die Lademasten mit Ladehaube werden an den Bussteigen 1 und 2 positioniert. Die Platzierung der Lademasten mit Ladehauben im Bestand orientiert sich an den vorhandenen Einstiegsfeldern der Haltestelle. Dadurch bleiben die Haltepositionen der Busse vorhanden. Anpassungen in der Anordnung der Haltestellenausstattung werden auf ein Minimum reduziert.

Löbtau, Ebertplatz

Die Haltestelle Ebertplatz ist Endpunkt der Buslinie 90. Mit Umsetzung der Stufe I im Busnetz Süd-West sollen zusätzlich die Linien 70 und 80 am Ebertplatz enden. Insgesamt werden vier Ladepunkte (drei plus eine Ausbaureserve) vorgesehen. Die Trafo-Ladetechnik-Stationen werden auf der Grünanlage direkt neben dem Grundstück des Gleichrichterunterwerkes parallel zueinander aufgestellt. Hierbei sind in der Planung ausreichende Abstände zu den bestehenden Bäumen vorgesehen. Zwei der Ladepunkte werden in südliche Fahrtrichtung am Fahrbahnrand hintereinander platziert. Die weiteren zwei Ladepunkte (einmal Ausbaureserve) werden auf den gegenüberliegenden Pkw-Parkständen platziert. Mit der Errichtung von Ladeinfrastruktur ist ein Ausbau des Endpunktes notwendig. Hintergrund ist der insgesamt schlechte bauliche Zustand der Verkehrs- und Haltestelleninfrastruktur.

Lockwitz

Die Haltestelle Lockwitz ist ein Endpunkt der Gelenkbuslinie 66. Die Umlaufuntersuchung für den Elektrobusbetrieb ergibt einen Bedarf von 1 Ladepunkt. Die Endhaltestelle befindet sich im Stadtteilzentrum von Lockwitz in der Straße Am Plan. Die Trafo-Ladetechnik-Station wird in der südlichen Ecke der parkähnlichen Grünanlage aufgestellt. Die Fläche liegt unmittelbar hinter dem Fahrgastunterstand (Bussteig 2). Die Lademasten mit Ladehaube werden an den Bussteigen 3 und 5 platziert. Deren Lage zueinander ermöglicht ein unabhängiges Befahren der Ladepositionen. Der Lademast 1 wird neben dem Einstiegsfeld direkt am Bordstein platziert. Alternativ ist auch eine Aufstellung mit längerem Ausleger auf der Grünfläche denkbar. Für den Ladepunkt 2 wurde diese Variante auf Grund des Leitungsbestandes gewählt.

Ladeplatzanalyse

Mockritz

Am Endpunkt Mockritz besteht ein Bedarf an zwei Ladepunkten für die Linie 66. Die Lademasten mit Ladehaube werden an den vorhandenen Bussteigen platziert. Zu Gunsten der exakten Anfahrbarkeit der zweiten Ladeposition werden die Lademasten leicht in westliche Richtung in Relation zu den Haltestellenschildern versetzt aufgestellt. Zu berücksichtigen ist die im Gehweg verlaufende Gasleitung. Für die Trafo-Ladetechnik-Station sind zwei mögliche Standorte vorgesehen, beide am südöstlichen Ende der Haltestelle. Variante 1 sieht das Aufstellen im Bereich des aktuellen Endpunktcontainers vor. Hierbei ist der erforderliche Eingriff in den Baum- und Gehölzbestand zu verifizieren. In der zweiten Variante wird die Trafo-Ladetechnik-Station am Rand des angrenzenden, tieferliegenden Garagenhofes aufgestellt.

Omsewitz

An der Haltestelle Omsewitz befindet sich aktuell der Endpunkt der Gelenkbuslinie 80, perspektivisch soll hier die Linie 79 bzw. 73 enden. Mit der Integration der Ladeinfrastruktur in Form von zwei Lademasten mit Ladehauben (inkl. 1x Ausbaureserve) sollte eine Sanierung der Fahrbahn sowie ein barrierefreier Ausbau der Haltestelleninfrastruktur erfolgen. Die Lademasten mit Ladehaube werden unter den aktuellen Gegebenheiten hintereinander auf dem Gehweg bzw. Randstreifen platziert. Die Trafo-Ladetechnik-Station wird in der südlichen Ecke der parkähnlichen Grünanlage aufgestellt. Die Fläche liegt unmittelbar hinter dem Fahrgastunterstand (Bussteig 2).

Pillnitz Schloss

Die Endhaltestelle der Linie 63 befindet sich östlich des Pillnitzer Schlosses und bildet ein Gesamtensemble mit dem Besucher- und Reisebusparkplatz. Die beiden Lademasten mit Ladehaube werden hintereinander entlang der aktuellen Busabstellpositionen platziert. Auf Grund der Maßgabe, dass beide Ladepositionen unabhängig voneinander von CapaCity Gelenkbussen befahren werden können sollen, kann nur die Position 2 (Steig 2) am vorhandenen Bussteig platziert werden. Ladeposition 1 wird weiter nach vorn gezogen. Dies erfordert eine Verlängerung des vorhandenen Kombibordes. Die Trafo-Ladetechnik-Station wird in unmittelbarer Nähe zur den Ladepositionen aufgestellt. Hierfür wird die nordöstliche Parkbucht mit vier Senkrechtparkständen genutzt.

Prohlis Gleisschleife

Die Haltestelle Prohlis Gleisschleife ist Endpunkt der Buslinie 88. Die Umlaufberechnung ergibt einen Bedarf von 1 Ladepunkt. Die Trafo-Ladetechnik-Station soll

auf der Grünanlage im nord-westlichen Bereich der Wendeschleife nahe der Ladeposition 1 platziert werden. Eine Aufstellung der TLS neben dem bestehenden Endpunktgebäude der DVB ist auf Grund vorhandener Entwässerungsschächte und des Baumbestandes nur schwer umsetzbar. Die Lademasten mit Ladehaube sind an den aktuellen Standplätzen der Busse zum Verbringen der Wendezeiten vorgesehen. Die Fundamente werden in der die Wendeschleife einfassenden Grünflächen platziert. Die Ladeposition 2 ist als Ausbaureserve bzw. Redundanzstandort vorgesehen.

Die DVB zieht perspektivisch den Neubau eines Gleichrichterunterwerkes (GUW) für die Straßenbahn an der Gleisschleife Prohlis in Betracht. Dies werde benötigt um bei Ausfall des GUW in Reick den Weiterbetrieb der Straßenbahn auf dem Streckenabschnitt nach Prohlis zu ermöglichen. Die Umsetzung ist noch offen. In Verbindung mit der geplanten Ladeinfrastruktur wäre eine Versorgung von Straßenbahn und Elektrobusen über ein intelligentes Gleichrichterunterwerk (GUW+) denkbar. Ein GUW+ bietet die Möglichkeit Straßenbahnen und Batteriebusse in einer gemeinsamen stationären Anlage mit Leistung zu versorgen. So kann, neben weiteren Vorteilen, Bremsenergie der Straßenbahnen zum Laden von Elektrobusen direkt genutzt oder in (2nd-Life-Bus-)Batterien zwischengespeichert werden.

Reick, Hülße-Gymnasium

Die Haltestelle Reick Hülße-Gymnasium ist der Endpunkt der Linie 64, die mit CapaCity-Bussen bedient wird. Die Umlaufuntersuchung für den Elektrobusbetrieb ergibt einen Bedarf von 2 Ladepunkten. Die Lademasten mit Ladehaube werden an den Bussteigen Hülße-Gymnasium und Hülßestraße positioniert. Hintergrund ist die geringe Platzverfügbarkeit am Bussteig vor dem Gymnasium. Gleichzeitig bringt die Positionierung einen großen Abstand zwischen den Ladepunkten mit sich. Die Platzierung der Lademasten mit Ladehauben im Bestand orientiert sich an den vorhandenen Einstiegsfeldern der Haltestelle. Dadurch bleiben die Haltepositionen der Busse bestehen. Anpassungen in der Anordnung der Haltestellenausstattung werden auf ein Minimum reduziert. Als Standort für die Trafo-Ladetechnik-Station ist die Fläche vor dem Hülße-Gymnasium im Grünstreifen vorgesehen. Alternativ wird ein Standort in der Parkanlage am Knotenpunkt Tornaer Straße / Hülßestraße vorgeschlagen. Ein entsprechender Abstand zur vorhandenen Begrenzungsmauer der Schule oder dem Fuß- und Gehweg im Park kann eingehalten werden.

Rossendorf Forschungszentrum

Für den Endpunkt am Forschungszentrum werden zwei Ladepunkte für Elektrobusse vorgesehen. Ein Ladepunkt kann an der bestehenden Haltestelle (Bussteig 1) direkt am Vorplatz des Forschungszentrums errichtet werden. Für den

Ladeplatzanalyse

zweiten Ladepunkt sind zwei verschiedene Varianten geplant. Die Variante 1 sieht einen zweiten Bussteig parallel zum bestehenden vor. Hierfür sind umfangreiche Umbaumaßnahmen und Eingriffe in den Vorplatz notwendig. In der Variante Nummer 2 wird der Lademast am Bussteig 2 (Rechtsabbiegerstreifen) aufgestellt. Die Ladeaufenthalte der Elektrobusse sind mit den Fahrplänen der Regionalbuslinien abzustimmen, die die beiden vorhandenen Bussteige bedienen. Für die Aufstellung der Trafo-Ladetechnik-Station sind zwei Varianten angedacht. Zum einen auf der angrenzenden Grünfläche neben dem Parkplatz, zum anderen auf dem Vorplatzgelände. Letztere Position geht mit der Variante eines zweiten Bussteiges einher.

Blasewitz, Schillerplatz

An der Haltestelle Schillerplatz ist 1 Ladepunkt für Elektrobusse vorgesehen. Perspektivisch wird dieser von der Buslinie 87 bedient. Die dichte Bebauung in der Umgebung des Schillerplatzes und im Bereich der Haltestelle erschweren das Aufstellen der benötigten Ladeinfrastrukturkomponenten. Vor diesem Hintergrund wurde das Aufstellen einer Trafo-Ladetechnik-Station analog zu den anderen Endpunkten in Absprache mit der DVB abgewählt. Als Alternativlösung wird die Mitnutzung freier Räumlichkeiten des Gleichrichterunterwerkes empfohlen. Zudem besteht das Potential für die Realisierung eines GUW+ (siehe dazu den Endpunkt Prohlis Gleisschleife). Der Lademast wird am Bussteig 3 integriert und aufgestellt. Als problematisch ist die geringe Breite des Gehweges einzuschätzen. Mit der Aufstellung eines Lademastes kann die Mindestdurchgangsbreite nicht mehr gewährleistet werden. Alternativ ist das Aufstellen des Mastes auf dem angrenzten Grundstück im Eigentum Dritter möglich.

3.1.3.3 Endpunkte Kategorie 3

Luga

Am Endpunkt Luga endet die Gelenkbuslinie 65. Eine Ausrüstung des Endpunktes mit Ladeinfrastruktur ist nicht möglich. Hintergrund ist zum einen die dichte Wohnbebauung an den umliegenden Straßen mit Mehrfamilienhäusern, Kleingärten und Parkanlagen, sodass sich kein passender Standort für die benötigte Trafo-Ladetechnik-Station finden lässt. Zusätzlich lässt die Gestaltung des Straßenraumes keine längeren Wendezeiten der Busse am Fahrbahnrand zu. Bei längeren Ladeaufhalten am vorderen Bussteig wird der sonstige Verkehr behindert, da dieser den Bus wegen einer angrenzenden Mittelinsel nicht umfahren kann.

Ockerwitz

Der Endpunkt Ockerwitz der Gelenkbuslinie 87 befindet sich auf der begrünten Dreiecksinsel an der Ockerwitzer Allee / Ockerwitzer Dorfstraße. Im Ergebnis der Endpunktanalyse ist festzustellen, dass die Errichtung von Ladeinfrastruktur auf Grund der Gegebenheiten vor Ort nicht möglich ist. Die Umgebung der Haltestelle und der anliegenden Straßen wird von einer dichten Wohnbebauung mit Einfamilienhäusern und Hofanlagen geprägt. Auf Grund dieser Gegebenheiten lässt sich kein passender Standort für die benötigte Trafo-Ladetechnik-Station finden. Da die Haltestelle zuletzt im Rahmen des Straßenausbaus modernisiert und barrierefrei gestaltet wurde, ist eine grundlegende Modernisierung nicht notwendig. Am vorhandenen Bussteig, welcher für einen 12-m-Solobus ausgelegt ist, kann nur ein Lademast integriert werden. Somit kann auch die Vorgabe zur redundanten Endpunktausstattung mit zwei Lademasten nicht umgesetzt werden.

3.2 Dimensionierung der Netzanbindung

Eine wichtige Voraussetzung für die Ausrüstung eines Endpunktes mit Ladeinfrastruktur bildet eine ausreichende Versorgung mit elektrischer Energie bedingt durch die hohen Ladeleistungen von bis zu 300 kW je Ladepunkt.

Bei der SachsenNetze GmbH wurde für jeden geplanten Standort die Verfügbarkeit der benötigten Energieversorgung abgefragt. Die Leitungskarten sind in der Anlage 5 beigefügt. Dargestellt sind potentielle Anschlusspunkte sowie die Mittelspannungskabel, in welchen eine Einschleifung möglich wäre. Die Informationen wurden für jeden Endpunkt im Ergebnisblatt (siehe Anlage 5) mit aufgenommen.

Für die abgefragten ersten Ausbaustufen sollten die Leistungen bei allen Anschlusspunkten zur Verfügung stehen. Die zusätzlichen folgenden Hinweise wurden von SachsenNetze zu den Standorten übermittelt:

- ▶ Für weitere Ausbaustufen müssen an den Endpunkten Fernsehturm, Bahnhof Klotzsche, Rossendorf Forschungszentrum (aktuell starke Leistungsentwicklung) und Gröbelstraße die Belastungen im Netz beachtet werden, ein Netzausbau könnte notwendig sein.
- ▶ Viele Standorte werden am Umspannwerk Süd versorgt, hier ist die Transformatorbelastung zu beachten.

Alle Anschlusspunkte haben eine Nennspannung von 20 kV.

Ladeplatzanalyse

3.3 Iteration Ladeplätze

Die Untersuchung der Realisierbarkeit von Ladeinfrastruktur hat für die Endpunkte Ockerwitz und Luga ergeben, dass die Errichtung von Lademöglichkeiten nicht umsetzbar ist (siehe Kapitel 3.1.3). Am Bahnhof Heidenau ergibt sich das Bild, dass die laut Umlaufuntersuchung benötigte Anzahl an Ladepunkten nicht umgesetzt werden kann.

Für die Endpunkte werden aus diesem Grund verschiedene Iterationen in Betracht gezogen, um alternative Ladestandorte oder -konzepte zu entwickeln.

Ockerwitz

Für den Endpunkt (betrifft die Linien 92/87) werden die folgenden Iterationen in Betracht gezogen:

- (1) Untersuchung mit Nachladung (Leerfahrten) in Gompitz oder Omsewitz unter Berücksichtigung der Auslastung (Standkapazitäten)
- (2) Verlängerung des Linienweges zum Endpunkt und Ladestandort Gompitzer Höhe
- (3) Umlaufuntersuchung mit Ladepunkten am Schillerplatz und auf dem Betriebshof

Zunächst wurde die Variante 1 mit Hilfe von VISUM untersucht. Sowohl die Endpunkte Omsewitz als auch Gompitzer Höhe wurden als Ladestandorte freigegeben. Für die Iteration ist die Linienführung der Linie 87 beibehalten worden. Auf Grund der etwas kürzeren Entfernung dient der Endpunkt Omsewitz als Ladestandort. Am Endpunkt Ockerwitz erfolgen daraufhin Leerfahrten von der Ockerwitzer Allee über die Warthaer Straße und Freiheit zum Endpunkt Omsewitz zur Nutzung der Ladeinfrastruktur.

Aufgrund der zusätzlichen Leerfahrten von jeweils 6 Minuten und den daraus resultierenden zusätzlichen Ladezeiten ist bei einem 20-Minuten-Takt von einem Mehrbedarf von einem Fahrzeug auszugehen.

Aus Angebotssicht interessant ist die Verlängerung der Linie zur Gompitzer Höhe (Variante 2). Die sich ergebenden Vorteile sind die Angebotsverbesserung für den Stadtteil Ockerwitz (direkte Anbindung zur Gompitzer Höhe mit Zugang zum Straßenbahnnetz) sowie die Vermeidung von Leerfahrten zum Ladestandort (vgl. Variante 1). Auch hier ist aufgrund der zusätzlichen Leerfahrten von jeweils 7 Minuten und den daraus resultierenden zusätzlichen Ladezeiten bei einem 20-Minuten-Takt von einem Mehrbedarf von einem Fahrzeug auszugehen.

Die Linie 92 wurde nicht in der Iteration betrachtet, da aufgrund der zeitnahen Umstellung vom Busnetz Süd-West Stufe 1 auf Stufe 2 und dem langfristigen Umsetzungshorizont von Step 3 ein E-Bus-Einsatz auf der Linie 92 als nicht realistisch angesehen wird.

Die Iteration Nummer 3 wurde auf Grund der Ergebnisse der Varianten 1 und 2 nicht weiter betrachtet.

Luga und Bahnhof Heidenau

Die Endpunkte Luga und Heidenau Bahnhof werden in der Iteration gemeinsam betrachtet. Hintergrund ist, dass sie beide als Ladestandorte für die Linie 65 benötigt werden. Gemäß Ladeplatzanalyse kann am Endpunkt Luga keiner von zwei benötigten Ladepunkten und am Bahnhof Heidenau nur einer von zwei Ladeplätzen realisiert werden. Damit stehen die Lademöglichkeiten an den östlichen Endpunkten nur sehr eingeschränkt zur Verfügung. Mit dem Busnetz Nord-Ost ist eine Verlängerung der Linie 65 in westliche Richtung geplant. Eine Vorzugsvariante dafür wurde während des Projektzeitraumes nicht erstellt, sodass ein zukünftiger westlicher Endpunkt noch nicht feststeht.

Für die Linie 65 wird die folgende Iteration untersucht:

- (1) Betrieb der Linie 65 mit einem Ladepunkt in Heidenau in Verbindung mit Depotladung

Die langen Umlauflängen von 42 km (einmal hin und zurück) und eine angemessene Reichweite von 100 km verbunden mit nur einer von vier benötigten Lademöglichkeiten ergeben in der Umlaufuntersuchung einen Fahrzeugbedarf von 28 Elektrobussen (vorher 17). In den errechneten Umläufen werden zusätzlich die festgelegten minimalen Ladezustände von 21 % unterschritten. Die Ergebnisse verdeutlichen, dass die Linie 65 in ihrer bestehenden Form nicht wirtschaftlich vertretbar elektrifiziert werden kann.

3.4 Untersuchung Betriebshof Trachenberge

Mit der Elektrifizierung der Busflotte und des Linienverkehrs gehen auch Veränderungen auf den Betriebshöfen der DVB in Trachenberge und Gruna einher. Ein Aspekt stellen dabei die veränderten Anforderungen an die Busabstellung in Verbindung mit der Nachladung von Elektrobussen dar. Vor diesem Hintergrund wurde für den Betriebshof Trachenberge ein Abstellkonzept mit mehreren Varianten entwickelt. Die Varianten 1, 4 und 6 werden im Folgenden dargestellt. Weitere

Ladeplatzanalyse

Iterationen sind erfolgt, werden aber nach Absprache mit der DVB nicht näher erläutert.

Das Abstellkonzept ist in allen Varianten der Anlage 6 beigefügt. Die Flächen 1-4 sind in Abbildung 3.1 dargestellt.



Abbildung 3.1: Flächen 1-4 auf dem Betriebshof Trachenberge

Variante 1

Die geplante Abstellung sieht die Überplanung der vorhandenen Busabstellung neben dem Straßenbahndepot (Fläche 1) sowie in der Gleisschleife (Fläche 2) vor.

Auf der Fläche 1 werden die Busse in Blockabstellungen getrennt nach Solo- und Gelenkfahrzeugen aufgestellt. Die Ladehauben werden jeweils an Traversen montiert, die alle Spuren überspannen. Die Gelenkbusse werden in vier Spuren mit je zwei Fahrzeugen hintereinander (8 Gelenkbusse) abgestellt. Die Einfahrt in die Abstellung erfolgt mittels einer Wende über die Straßenbahngleise im Bereich des Straßenbahnmuseums. Die Solobusse werden in fünf Spuren mit je drei Fahrzeugen abgestellt (15 Solobusse). Über die Durchfahrt zwischen Bürogebäude und Lagercontainern gelangen die Busse in die und aus der Abstellung. Hierbei ist zu

beachten, dass auf Grund der geringen Breite nur ein einspuriger Verkehr möglich ist. Eine Umfahrung der Abstellung bleibt bei voller Auslastung bestehen. Somit kann die Dieseltankstelle immer angefahren werden. Die geplante Abstellung inklusive der Traversen für die Ladetechnik bringt Konfliktpunkte mit sich. Insgesamt können in dieser konfliktarmen Variante jedoch deutlich weniger Fahrzeuge als im Bestand abgestellt werden

Die Fläche 2 in der Gleisschleife ist für elektrische CapaCity vorgesehen. Insgesamt können neun Fahrzeuge in Schrägabstellung geparkt werden. Die Abstellpositionen können durch Überfahren der Gleisanlagen erreicht werden. Es ist darauf hinzuweisen, dass die Großraumgelenkbusse dafür zwischen den Fahrleitungsmasten hindurch manövrieren müssen, was nur mit geringen Geschwindigkeiten und mit einem hohen fahrerischen Können möglich ist.

Für den Betriebshof Trachenberge ergibt sich mit der Variante 1 eine Abstellkapazität von:

- ▶ 15 Solobussen,
- ▶ 8 Gelenkbussen und
- ▶ 9 CapaCity.

Variante 4

In der Variante 4 werden auf der Fläche 1 in zwei Blöcken auf je 6 Spuren 15 Gelenkbusse und 21 Solobusse abgestellt. Dies ist jedoch mit einigen Konfliktstellen behaftet. Es müssen einige Leitungen für die Fundamente verlegt werden. Eine konfliktfreie Ausfahrt aus dem Gelenkbusblock bei vollbelegtem Solobusblock ist nicht möglich. Eine Notausfahrt zwischen Verwaltungsgebäude und Verkehrsinsel ist nur im Gegenverkehr möglich. Weitere Konfliktstellen sind im Lageplan dargestellt.

Die Standorte der drei benötigten Trafo-Ladetechnik-Stationen sind im Bereich zwischen Gleisharfe und Gleisschleife vorgesehen. Dadurch ergeben sich relativ lange Kabelwege

Die Fläche 2 ist nicht für die Ladung von Batteriebusen vorgesehen, da das Aufstellen von Lademasten bzw. Traverse die Abstellkapazität dieser Fläche deutlich einschränken würde.

Gegenüber der Variante 1 sind zwei weitere Flächen in die Betrachtung einbezogen. Das ist die Fläche 3 auf dem ehemaligen Mitarbeiterparkplatz. Diese befindet sich im Norden des Betriebshofes schließt schmal und länglich an den Rest des

Ladeplatzanalyse

Betriebshofes an. Die Fläche 4 befindet sich zwischen der neuen Freiaufstellung für Straßenbahnen östlich der Werkstatt und dem neuen Mitarbeiterparkplatz an der Heidestraße.

Auf der Fläche 3 sind vier Schnellladepunkte vorgesehen. Aufgrund der schmalen Geometrie und der unterirdisch vorhandenen und nicht zu überfahrenden Rigolen können die vier Ladepunkte nicht unabhängig voneinander bedient werden. Die Ladegeräte sollen in zwei Trafo-Ladetechnik-Stationen am Rand der Fläche 3 aufgestellt werden. Konzeptionell ist vorgesehen, dass an diesen Ladepunkten eine Schnellladung nach dem Einrücken der Fahrzeuge erfolgt und diese dann auf der Fläche 2 ohne weitere Ladung und Vorkonditionierung abgestellt werden.

Auf der Fläche 4 ist eine zusätzliche Abstellung vorgesehen. Zwischen dieser Abstellung und der Abstellung der Straßenbahn ist eine 6 m breite Feuerwehr-Umfahrung vorgesehen. Auf 5 Spuren können 8 CapaCity und 7 Gelenkbusse abgestellt werden. Generell würde ein Großteil der vorhandenen Grünfläche wegfallen. Unter dieser Fläche befindet sich ein Entwässerungssystem bzw. Rigolen, die umgebaut bzw. verlegt werden müssten. Es ist eine sehr enge Notumfahrung möglich, die nicht frei von Konflikten ist. In der südöstlichen Ecke der Fläche sind zwei Trafo-Ladetechnik-Stationen vorgesehen.

Für den Betriebshof Trachenberge ergibt sich mit der Variante 4 eine Abstellkapazität von:

- ▶ 21 Solobussen,
- ▶ 22 Gelenkbussen und
- ▶ 8 CapaCity + 4 CapaCity an den Schnellladepunkten.

Variante 6

Gegenüber der Variante 4 ergeben sich folgende Änderungen.

Auf der Fläche 1 wird im südlichen Block die linke Spur für die Abstellung aufgegeben und die Trafo-Ladetechnik-Stationen platziert. So können deutlich kürzere Kabelwege ermöglicht werden, was die Effizienz erhöht. Die Stützen der Traversen werden bis auf den Bereich der Diesel-Tankstelle auf den angrenzenden Gehweg verschoben, sodass eine bessere Umfahrung ermöglicht werden kann. Der letzte Stellplatz der rechten Spur im Solobus-Block wird aufgegeben, sodass ein behinderungsfreies Ausfahren der Gelenkbusse aus dem Gelenkbusblock erfolgen kann. Nicht verhindert werden kann, dass einige Bestandsleitungen umgelegt werden müssen. Zudem ist die Bedienung der Besandungsanlage mit Gabelstaplern

sicherzustellen. Es entfallen gegenüber der Variante 4 vier Ladepunkte / Stellplätze für Solobusse

Auf der Fläche 2 sind sechs Ladepunkte für CapaCity-Busse vorgesehen.

Auf der Fläche 3 gibt es keine Änderungen gegenüber der Variante 4.

Für eine konfliktfreie Umfahrung auf der Fläche 4 wurde die östliche Spur entfernt. Es können zwei Gelenk bzw. CapaCity-Busse weniger abgestellt werden.

Für den Betriebshof Trachenberge ergibt sich mit der Variante 6 eine Abstellkapazität von:

- ▶ 17 Solobussen,
- ▶ 15 Gelenkbussen und
- ▶ 12 CapaCity + 4 CapaCity an den Schnellladepunkten + 6 CapyCity auf der Fläche 2.

Übersicht Abstellkapazitäten der Varianten

Die Tabelle 3.4 gibt eine zusammenfassende Übersicht der Abstellkapazitäten der beschriebenen Varianten. Empfehlungen zur Umsetzung der Varianten können dem Kapitel 4.4.1 entnommen werden.

Variante	Solobus	Gelenkbus	CapaCity	Gesamt
1	15	8	9	32
4	21	22	8+4 ¹	51+4 ¹
6	17	15	12+6 ² +4 ¹	47+6 ² +4 ¹

Tabelle 3.4: Abstellkapazität der Varianten 1,4 und 6 für den Btf. Trachenberge

¹ Vier Schnellladepunkte auf der Fläche 3

² Sechs Ladepunkte auf der Fläche 2

Umsetzungsempfehlungen

4 Umsetzungsempfehlungen

Eine schlagartige netzweite Umstellung des Busverkehrs vom konventionellen Diesel- auf E-Busantrieb ist aus mehreren Gründen nicht kurzfristig umsetzbar. Einerseits erfolgt die Busbeschaffung in Zyklen, wodurch erst schrittweise die Dieselsebuse durch E-Busse ersetzt werden können. Dies bedeutet auch, dass bestimmte Fahrzeugtypen erst nach Ablauf deren Einsatzzeit zur Neubeschaffung durch E-Busse anstehen. Für den CapaCity, der heute auf den Linien 62, 64 und am Wochenende auf der Linie 63 eingesetzt wird, ist aktuell noch keine Ausführung als Elektrobus verfügbar, wodurch eine Umrüstung dieser Linien in naher Zukunft erst einmal ausgeschlossen werden muss. Andererseits müssen die Ladeinfrastrukturen sowohl an den Endstellen als auch in den Betriebshöfen erst noch geplant bzw. installiert werden. Dies kann auch nur schrittweise erfolgen. Somit muss die Umstellung der Busflotte auf Elektroantrieb für verschiedene Linien priorisiert werden.

Diese Priorisierung findet in den Umsetzungsstufen statt, nachfolgend Steps genannt. Jeder Step definiert, welche Anforderungen erfüllt sein müssen, damit die in den Steps definierten Linien auf E-Busbetrieb umgestellt werden und gibt gleichzeitig einen groben Realisierungshorizont wieder.

In den folgenden Kapiteln sind für drei definierte Steps die zugehörigen Buslinien und Endpunkte aufgeführt. Angegeben ist jeweils, wie viele Fahrzeuge aus fahrplantechnischer Sicht benötigt werden und welchen Betriebshöfen die Fahrzeuge zugeordnet sind. Nicht berücksichtigt sind u.a. notwendige Reserven für Betrieb, Werkstatt und Schienenersatzverkehr. Diese Reserven sind separat zu bewerten und festzulegen.

4.1 Umsetzungsstufen – Steps

Im **Step 1** sind all jene Buslinien definiert, die mit der nächsten Busbeschaffung auf Elektroantrieb umgestellt werden. Da die nächst zu beschaffenden Fahrzeugtypen Gelenkbusse sind, sind auch nur Linien mit Gelenkbuseinsatz in diesem Step vorgesehen. Sie besitzen keine Anforderungen an infrastrukturelle Ausbauten im Stadtgebiet und sind als Fahrzeugtyp bereits als E-Bus auf dem Markt verfügbar. Um die Installation von Ladeinfrastruktur in diesem Step auf dem Betriebshof Trachenberge so gering wie möglich zu halten soll die Mehrheit an Batteriebussen auf dem Betriebshof Gruna stationiert werden. Dort ist ein sukzessiver Ausbau der Ladeinfrastruktur vorzusehen. Der Realisierungshorizont beträgt dabei ca. 2025.

Umsetzungsempfehlungen

Im **Step 2** sind die Buslinien definiert, welche nach der aktuellen Busbeschaffung in den Fokus rücken. Sie besitzen kaum infrastrukturelle Ausbauvorhaben, sind aber aufgrund der Linienführung aus dem Stadtgebiet heraus nicht zugesichert in der Umsetzung. Dies rührt vor allem vom Aufbau von Ladeinfrastruktur an den Endstellen her, welche sich teilweise außerhalb der Stadt Dresden befinden. Hier müssen vorher Absprachen über den Aufbau, die Einspeisung mit Strom sowie die Nutzung getroffen werden. Neben Gelenkbussen finden sich hier auch die ersten Solobusse zum Austausch auf Elektroantrieb. Aufgrund der noch relativ jungen Flotte an Solobussen mit Dieselantrieb ist deren Anzahl jedoch eher gering. Der Fokus wird wieder auf den Betriebshof Gruna gelegt, aufgrund des noch fehlenden Ausbaukonzepts für das Depot in Trachenberge. Der Umsetzungshorizont liegt hier bei ca. 2029 – 2031.

Im **Step 3** finden sich alle restlichen Buslinien wieder, welche durch verschiedene Hindernisse erst langfristig auf Elektroantrieb umgestellt werden können. Hier sind alle Buslinien mit CapaCity-Einsatz aufgelistet, da hierfür noch kein Modell in Ausführung mit Elektroantrieb auf dem Markt vorhanden ist und perspektivisch auch noch nicht in Aussicht steht. Ebenso findet sich hier der Großteil der Buslinien mit Solobuseinsatz wieder, da zu dem Zeitpunkt der Wagenpark seine maximale Laufzeit erreicht hat und somit mit der nächsten Beschaffung auf E-Busse umgestellt werden können. Der Umsetzungshorizont liegt hier nach 2031.

4.2 Umsetzungsempfehlungen Buslinien

4.2.1 Buslinien Step 1

Für den Step 1 wird empfohlen, folgende Linien auf E-Bus-Betrieb umzustellen:

Linie	Linienweg	Anzahl Gelenk	Depot GRU	Depot TRA
61	Löbtau – Bühlau – Rossendorf / Fernsehturm	21	21	
70	Löbtau, Ebertplatz – Bf. Klotzsche	8		8
80	Löbtau, Ebertplatz – Bf. Klotzsche	8		8 ⁵

⁵ **Hinweis** | Im Rahmen der Umlaufuntersuchung wurde der Betriebshof Gruna als Start und Ziel aller Umläufe der Linie 80 berücksichtigt. Nach Abstimmung mit der DVB sollen alle Fahrzeuge der Linie 80 im Betriebshof Trachenberge stationiert werden. Aufgrund vergleichbarer Ein- und Ausrückewege zum Endpunkt Ebertplatz wird davon ausgegangen, dass sich Kennzahlen hinsichtlich Leerkm und Fahrplanwirkungsgrad nicht ändern.

Umsetzungsempfehlungen

Linie	Linienweg	Anzahl Gelenk	Depot GRU	Depot TRA
85	Striesen, Niederwaldplatz – Gompitz	8	8	
90	Löbtau, Ebertplatz – Gompitz	4	4	

Tabelle 4.1: Buslinien Step 1

Alle Linien sind auf den Einsatz von Gelenkbussen angewiesen und sind überwiegend im Betriebshof Gruna, zum Teil im Betriebshof Trachenberge stationiert. Die Endpunkte Löbtau, Ebertplatz, Bf. Klotzsche und Gompitz werden von mehreren Linien bedient, wodurch sich Synergieeffekte ergeben und nur an sieben Endstellen Ladeinfrastruktur geschaffen werden muss. Ebenso besitzen die Linien eine relativ hohe Laufleistung, wodurch viele Busse benötigt werden. Die Neubeschaffungen lassen sich entsprechend auf diesen Linien konzentriert einsetzen.

Im Rahmen dieser Studie wurde eine Verlängerung der Linie 61 von Weißig bis zum Forschungszentrum Rossendorf berücksichtigt. Es kann davon ausgegangen werden, dass ohne diese Verlängerung ein Gelenkbus weniger benötigt wird. Bei den Linien 70 und 80 hingegen ist mit einem Fahrzeugmehrbedarf aufgrund der sehr hohen Jahresfahrleistungen auszugehen. Ziel ist eine Jahresfahrleistung je Fahrzeug von 80.000 km.

Linie 61

Die Linie 61 wird im ersten Step zum größten Teil elektrifiziert und die Endpunkte Löbtau Gröbelstraße, Fernsehturm und Weißig mit Ladeinfrastruktur ausgestattet. Der Endpunkt Weißig soll trotz der perspektivisch geplanten Verlängerung der Linie bis nach Rossendorf als Ladepunkt ausgebaut werden. Hintergrund ist, dass auf diese Weise der komplette Linienweg der Linie 61 mit Elektrobussen bedient werden kann. Die betriebliche Flexibilität bei der Einsatzplanung für die Linie 61 bleibt erhalten, gleichzeitig wird die geplante Ladeinfrastruktur in der Gröbelstraße effektiv ausgelastet. Der Endpunkt Weißig wird nach aktuellem Stand somit temporär mit stationärer Ladeinfrastruktur ausgestattet. Für den Ausbau in Rossendorf könnten sowohl die Trafo-Ladetechnik-Stationen als auch die Lademasten aus Weißig versetzt und weitergenutzt werden. Die Linie wird hauptsächlich mit Gelenkbussen bedient, wobei als Verstärker zu bestimmten Tageszeiten auch Solobusse vor allem im östlichen Abschnitt der Linie zum Einsatz kommen. Da Elektrosolobusse bei der DVB auf Grund der jungen Bestandsflotte erst in etwa 10 Jahren neu beschafft werden, ist für die Solobusumläufe der Einsatz von Elektrogelenkbussen möglich.

Umsetzungsempfehlungen

Linie 70 / 80

Die Linienwege 70 und 80 werden im Rahmen des Busnetzes Süd-West Stufe 1 verändert. Beide Linien verkehren dann zwischen den Endpunkten Bahnhof Klotzsche und Löbtau Ebertplatz auf unterschiedlichen Linienverläufen. Die Umlaufuntersuchungen wurden linienfein durchgeführt. Auf Grund der ähnlichen Liniencharakteristik und der gemeinsamen Endpunkte werden beide Linien zusammen dargestellt. Im Rahmen der Umsetzung ist eine Neuerstellung der Umlauf- und Dienstpläne zu empfehlen. Hierbei können sich Synergieeffekte und Fahrzeuginsparungen ergeben, wenn beide Linien nicht nur linienfein betrachtet werden. An den Endpunkten Bahnhof Klotzsche und Löbtau Ebertplatz sind für beide Linien zusammen je drei Ladepunkte vorzusehen. Die Gegebenheiten vor Ort ermöglichen dies. Die perspektivische Erweiterung um je einen vierten Ladepunkt ist in den Endpunktbetrachtungen vorgesehen.

Linie 85

Die Linie 85 wird im Rahmen der Umsetzung des Busnetzes Süd-West verlängert. In der Stufe 1 sollen die Busse vom aktuellen Endpunkt Löbtau-Süd weiter in westliche Richtung bis zur Gompitzer Höhe fahren. Mit der Stufe 2 wird die Linie im Osten vom Niederwaldplatz bis zum Schillerplatz verlängert. Für den Endpunkt Schillerplatz erweist sich die Integration von Ladeinfrastruktur als Herausforderung. Hintergrund ist die dichte Wohnbebauung und die allgemein geringen Flächenverfügbarkeiten. Als Vorzugsvariante ist die Integration der Ladeinfrastrukturkomponenten in das Gleichrichterunterwerk am Angelsteg. Hier stehen nach dessen Erneuerung freie Räumlichkeiten zur Verfügung. Die Integration von Ladeinfrastruktur inklusive Ausbaureserven an der Gompitzer Höhe erweist sich als möglich.

Linie 90

Die Linie 90 kann wie geplant zwischen den beiden Endpunkten Löbtau Ebertplatz und Gompitzer Höhe umgesetzt werden. Der Ausbau beider Endpunkte mit Ladeinfrastruktur erfolgt im Zusammenhang mit anderen Linien des Step 1. Die angedachte Verlängerung der Linie 90 bis zum Bahnhof Mitte wurde im Rahmen der Studie nicht untersucht, da gegenwärtig die Lage des neuen Endpunkts und der Linienweg noch nicht festgelegt worden sind. Im Falle einer Verlängerung kann die Ladeinfrastruktur am Ebertplatz durch die Linien 70 und 80 weitergenutzt werden.

Umsetzungsempfehlungen

4.2.2 Buslinien Step 2

Für den Step 2 wird empfohlen, folgende Linien auf E-Bus-Betrieb umzustellen:

Linie	Linienweg	Anzahl Gelenk	Anzahl Solo	Depot GRU	Depot TRA
65	Bf. Neustadt – Leuben – Heidenau / Luga	17 ¹		17 ¹	
66	Nickern / Lockwitz – Mockritz / Coschütz (– 166 Freital-Deuben)	14		14	
78	Wilschdorf – Radeberg Bf. / Ottendorf-Okrilla, Bf. Süd		5		5
84	Blasewitz – Bühlau		2	2	
89	Niedersedlitz – Röhrsdorf		2	2	

Tabelle 4.2: Buslinien Step 2

¹ Nach der Iteration (Depotlader mit 1 Ladepunkt in Heidenau) sind es ca. 28 Fahrzeuge

Auch hier befinden sich Linien mit Gelenkbuseinsatz, welche nur vom Betriebshof Gruna gestellt werden und zeitnah umgestellt werden können. Durch Linienendpunkte außerhalb der Stadt ist die Umsetzung aber mit einem größeren Abstimmungsbedarf verbunden. Ebenso sind einige Linien mit Solobuseinsatz aufgeführt, welche durch ihre geringe Laufleistung als Depotlader bzw. mit der bestehenden Ladeinfrastruktur in Wilschdorf betrieben werden können und keine weitere Ladeinfrastruktur benötigen. Diese Linien bieten sich bei einer Neubestellung von E-Solobussen in kleinerer Stückzahl an.

Linie 65

Die Linie 65 wird im Rahmen der Umsetzung des Busnetzes Nord-Ost verlängert. Laut erster Planung soll die Linie dann bis zum Bahnhof Neustadt geführt werden. Eine Vorzugsvariante für einen westlichen Endpunkt liegt aber noch nicht final vor. In der Umlaufuntersuchung wurde der Fahrplanzustand nach Umsetzung des Busnetzes Nord-Ost mit den Endpunkten Dresden Neustadt und Luga bzw. Heidenau Bahnhof berechnet. Da jedoch am westlichen Endpunkt keine LIS vorgesehen ist (bzw. noch nicht festgelegt werden kann), sind in der gegenwärtigen Berechnung nur Nachladungen in Luga und Heidenau möglich. Die Errichtung von Ladeinfrastruktur erweist sich an diesen Endpunkten jedoch als schwierig. Es kann auf Grund der Gegebenheiten vor Ort nur einer von vier notwendigen Ladepunkten errichtet werden.

Umsetzungsempfehlungen

Als Alternativvariante wurde der Betrieb der Linie mit dem einen möglichen Lade- und Depotladung untersucht. Im Ergebnis zeigt sich ein erheblicher Fahrzeugmehrbedarf, der einen wirtschaftlichen Betrieb der Linie ausschließt.

Vor diesem Hintergrund werden die folgenden weiterführenden Maßnahmen empfohlen:

- ▶ Festlegung eines westlichen Linienendpunktes, an dem Ladeinfrastruktur für Elektrobusse errichtet werden kann
- ▶ Errichtung eines neuen Endpunktes in der näheren Umgebung der Haltestelle Luga, eventuell verbunden mit Grundstückserwerb
- ▶ Neu- oder Teilneukonzeptionierung mit einem neuen bzw. angepassten Linienverlauf

Linie 66 / 166

Die Linie 66/166 kann im Step 2 komplett elektrifiziert werden. Durch den gemeinschaftlichen Betrieb mit der RVSOE kommt es aber zu einem größeren Abstimmungsbedarf. Einerseits muss die gemeinsame Nutzung von Ladeinfrastruktur zur Beziehung von Strom geklärt werden. Dies gestaltet sich aktuell als schwierig, da die DVB gegebenenfalls selbst zum Stromlieferant werden müsste. Ebenso ist es notwendig, Abstimmungen bzw. Verhandlungen durchzuführen, mit welchen Fahrzeugen bezüglich des Antriebs die Kurse der RVSOE gefahren werden. Der Ladestandort am Busbahnhof in Freital-Deuben liegt außerhalb der Stadtgrenzen Dresdens, womit Abstimmungen mit anderen Beteiligten notwendig werden und andere Zuständigkeiten vorherrschen, was die Bedienung angeht. Hier ist der Aufbau von zwei Ladeplätzen notwendig. An den Endpunkten Mockritz und Lockwitz sind auch je zwei Ladepunkte vorgesehen. In Lockwitz wird nur einer betrieblich benötigt, der Zweite dient der Redundanz und kann auch an der Endstelle installiert werden. Am Endpunkt Nickern sind laut Umlaufuntersuchung keine Nachlademöglichkeiten notwendig.

Linie 78

Die Linie 78 kann auf ihrem kompletten Linienverlauf elektrifiziert werden. Hierfür wird nur der bereits vorhandene Ladestandort in Wilschdorf benötigt. Da zwei Ladepunkte für die Linie benötigt werden, können die zwei bereits vorhandenen Ladepositionen genutzt werden. Nach aktuellem Fahrplanstand gibt es wenig Ladekonflikte mit der Linie 81, die bereits elektrisch betrieben wird. Um Konflikte mit der Linie 80 zu vermeiden ist ein neuer Haltesteig zu errichten. Beachtet werden muss zudem das Vorhandensein von Redundanz. Diese kann über die Endpunkte

Umsetzungsempfehlungen

Bahnhof Klotzsche und Infineon oder durch Fahrzeugtausch über die Betriebshöfe gewährleistet werden. Ein Nadelöhr in der Linienführung der Linie 78 besteht mit der Eisenbahnunterführung am Haltepunkt Langebrück. Dieser ist höhenbeschränkt auf 3,20 m. Die bisher bei der DVB beschafften E-Busse vom Typ eCitaro besitzen aufgrund der Batterien und des Pantographen eine lichte Höhe von 3,50 m. Dies erfordert eine Anpassung des Linienwegs im Bereich Langebrück.

Linie 84

Die Linie 84 kann auf den von der DVB betriebenen Kursen mit E-Bussen betrieben werden. Die beiden untersuchten Kurse fahren dabei als Depotlader, es wird also keine zusätzliche Ladeinfrastruktur benötigt. Eine vollständige Elektrifizierung der Linie kann nicht vollzogen werden, da diese als Gemeinschaftslinie mit der Regionalbus Oberlausitz GmbH (RBO) betrieben wird. Bei einer kleineren Beschaffung von Solobussen mit Elektroantrieb ist diese Linie somit ohne größere infrastrukturelle Eingriffe realisierbar.

Linie 89

Die Linie 89 kann komplett elektrifiziert werden. Die E-Busse fahren dabei als Depotlader, es wird also keine zusätzliche Ladeinfrastruktur benötigt. Bei einer kleineren Beschaffung von Solobussen mit Elektroantrieb ist diese Linie somit ohne größere infrastrukturelle Eingriffe realisierbar.

4.2.3 Buslinien Step 3

Für den Step 3 wird empfohlen, folgende Linien auf E-Bus-Betrieb umzustellen:

Linie	Linienweg	Anzahl CapaCity	Anzahl Gelenk	Anzahl Solo	Depot GRU	Depot TRA
61	(Fernsehturm –) Bühlau – Weißig			3	3	
62	Dölzschen / Löbtau Süd – Johannstadt	13			13	
63	Löbtau – Pillnitz		18		18	
64	Reick – Kaditz, Am Vorwerksfeld	15			7	8
E66	Hauptbahnhof – Südhöhe			2	2	
72	ElbePark – Klotzsche, Infineon			4		4

Umsetzungsempfehlungen

Linie	Linienweg	Anzahl CapaCity	Anzahl Gelenk	Anzahl Solo	Depot GRU	Depot TRA
74	Waldschlösschen – Jägerpark			2		2
76	S.-Bf. Pieschen – Justizvollzugsanstalt			1		1
77	Klotzsche, Infineon – Industriegebiet Nord – Marsdorf			4		4
79 ¹ / 73 ²	Mickten – Omsewitz ¹ / Omsewitz – Wilder Mann ²			3 ¹ / 5 ²		3 ¹ / 5 ²
86	Heidenau – Kreischa			2	2	
88	Kleinzschachwitz, Fähre – Prohlis – Goppeln (– 353 Possendorf)			5	5	
92 ¹ / 87 ²	Wölfnitz – Ockerwitz ¹ / Blasewitz – Ockerwitz ²		9 ²	3 ¹	9 ²	3 ¹

Tabelle 4.3: Buslinien Step 3

¹ Fahrplanzustand Busnetz Süd-West Stufe 1

² Fahrplanzustand Busnetz Süd-West Stufe 2

In Step 3 sind alle restlichen Buslinien aufgeführt, welche entweder mit Solobussen oder mit CapaCity-Bussen bedient werden. Die Solobuslinien müssen entweder mit zusätzlicher Ladeinfrastruktur an den Endpunkten ausgerüstet werden oder besitzen einen unklaren Realisierungszeitraum, weshalb empfohlen wird, diese erst in Step 3 umzusetzen. Durch den relativ neuen Fuhrpark an Solobussen ist eine zeitnahe Umstellung auf Elektroantrieb nicht absehbar, da unwirtschaftlich.

Eine Besonderheit zeichnet die Linien 73, 79, 87 und 92 aus, da diese zwei unterschiedliche Fahrplanzustände darstellen. Während die Linien 79 und 92 aus dem Busnetz Süd-West Stufe 1 stammen, sind die Linien 73 und 87 teil der zweiten Umsetzungsstufe. Somit muss bei Umstellung auf E-Busse beachtet werden, welcher Fahrplanstand gerade vorherrscht, da sich vor allem bei Umstellung auf Busnetz Süd-West Stufe 2 die Stationierung der Busse verändert.

Linie 61

Die HVZ-Verstärkerkurse der Linie 61 können vollständig elektrifiziert werden. Die E-Busse fahren dabei überwiegend als Depotlader, nur sehr vereinzelt wird der Ladepunkt am Fernsehturm mitbenutzt.

Umsetzungsempfehlungen

Linie 62

Die Linie 62 kann auf ihrem gesamten Linienverlauf auf E-Busse umgestellt werden, sollte es perspektivisch einen CapaCity als E-Bus-Ausführung auf dem Markt geben. Es werden je zwei Ladeplätze an den Standorten Johannstadt und Dölzschen benötigt, wobei der zweite Ladepunkt in Dölzschen zur Redundanz dient. Aufgrund der örtlichen Verhältnisse ist dieser aber schwierig anzuordnen. Die Linie soll prinzipiell durch die Straßenbahn ersetzt werden. Da der Umsetzungshorizont für die erste Linienhälfte von Johannstadt bis zur Innenstadt jedoch nicht abzuschätzen ist, ist die Elektrifizierung der Linie 62 nicht auszuschließen.

Linie 63

Die Linie 63 wird im dritten Step vollständig elektrifiziert und die Endpunkte Löbtau Gröbelstraße und Pillnitz mit Ladeinfrastruktur ausgestattet. Die Herausforderungen bestehen hierbei in den beiden Endpunkten Löbtau (siehe Linie 61) und Pillnitz. Bei letzterem sind Fragen des Denkmalschutzes noch nicht vollständig geklärt, u.a. da der Parkplatz inklusive Wendeschleife eine relativ neue Anlage ist. Die Linie fährt zwar wochentags mit Gelenkbussen, jedoch wird am Wochenende aus Kapazitätsgründen mit CapaCity gefahren. Es bietet sich an, die Linie 63 eher zu elektrifizieren, um somit auch die Ladestationen am Endpunkt Löbtau, Gröbelstraße besser auszulasten. Jedoch ist es ratsam, eine Linie nur dann zu elektrifizieren, wenn danach alle Kurse mit E-Bussen gefahren werden können. Dies wäre sonst auch aus Kundensicht täuschend, wenn die Umstellung auf E-Bus angekündigt wird, aber an einzelnen Wochentagen durchgehend weiterhin Dieselbusse aus Kapazitätsgründen verkehren. Um die Linie 63 durchgehend mit E-Bussen zu befahren, müssen stattdessen am Wochenende Taktverdichtungen auf den hoch belasteten Abschnitten vorgenommen werden, um nicht auf den Einsatz von CapaCity-Busse angewiesen zu sein.

Linie 64

Im Rahmen einer Angebotsverbesserung soll die Linie 64 in ihrem gesamten Linienverlauf auf einen 10-Minuten-Takt verdichtet werden. Somit werden nur noch die Endpunkte Kaditz, Am Vorwerksfeld und Reick, Hülße-Gymnasium benötigt. Sollte es perspektivisch einen CapaCity als E-Bus-Ausführung auf dem Markt geben, kann die Linie komplett elektrifiziert werden. An beiden Endpunkten werden je zwei Ladepunkte benötigt. Am Ladestandort in Reick ist aktuell nur eine Halteposition verfügbar, für die Ausweitung des 10-Minuten-Taktes soll bereits eine zweite Halteposition errichtet werden. Falls die Ladeinfrastruktur dort nicht realisierbar ist, kann überlegt werden, die Linie bis zum Betriebshof in Reick zu

Umsetzungsempfehlungen

verlängern. Da besteht die Möglichkeit, Ladeplätze an den Betriebshalten des SEVs zu schaffen.

Linie E66

Die HVZ-Verstärkerkurse der Linie 66 können vollständig elektrifiziert werden. Die E-Busse fahren dabei als Depotlader, es wird keine zusätzliche Ladeinfrastruktur benötigt.

Linie 72 / 77

Die Linien 72 und 77 werden aktuell mit gemischten Umläufen gefahren, die Umlaufuntersuchung wurde jedoch linienrein durchgeführt. Im Rahmen der Umsetzung ist eine Neuerstellung der Umlauf- und Dienstpläne zu empfehlen. Hierbei können sich Synergieeffekte und Fahrzeugeinsparungen ergeben, wenn beide Linien nicht nur linienfein betrachtet werden. Für beide Linien werden am Ladestandort Klotzsche, Infineon insgesamt 2 Ladepunkte benötigt. Aktuell kommt es jedoch in der Umlaufplanung teilweise zu einem kurzen Überstehen von 2 min an der Endstelle. Als Redundanzstandort kann Klotzsche, Industriegebiet Nord betrachtet werden. Jedoch wird dieser Endpunkt selten von der Linie 77 angefahren und es kann durch umlauftechnische Gründe dazu führen, dass nicht alle Kurse diese Endstelle anfahren können. Als Rückfallebene für den Ladestandort Infineon sind die relativ nahen Ladestandorte Bahnhof Klotzsche zu betrachten, welcher 1,8 km entfernt liegt, sowie Wilschdorf Industriegebiet in 5,4 km Entfernung zur Endstelle.

Linie 73 / 79

Während die Linie 73 aktuell als Quartierbus zwischen Pieschen und Wilder Mann verkehrt, fährt die Linie 79 als ehemals erste E-Bus-Linie zwischen Mickten und Übigau. Im Busnetz Süd-West Stufe 1 wird die Linie 79 nach Omsewitz verlängert, während die Linie 73 bestehen bleibt. Im Busnetz Süd-West Stufe 2 werden die beiden Linien verschmolzen und fahren dann durchgehend zwischen Omsewitz und Wilder Mann. Der Ladestandort für die Linie 79 in Stufe 1 als auch für die Linie 73 in Stufe 2 wird in Omsewitz angesetzt. Es wird jeweils nur ein Ladepunkt benötigt, aus Redundanzgründen ist ein zweiter Ladepunkt umsetzbar. Die Endstelle Mickten kann als redundanter Standort im Busnetz Süd-West Stufe 1 genutzt werden, während in Stufe 2 die Nutzbarkeit nur bei betrieblichen Einschränkungen, z. B. durch verkürzte Linienwege, möglich ist. Stattdessen kann in Stufe 2 auch der

Umsetzungsempfehlungen

Betriebshof Trachenberge als redundanter Ladestandort genutzt werden. Während der Realisierung des Busnetzes Süd-West Stufe 1 reicht gegebenenfalls auch der Ladepunkt nur in Mickten aus, dann sind jedoch keine Redundanzen im Störfall gegeben. Ebenso müssen Redundanzen mittels eines Fahrzeugtausches über die Betriebshöfe bedacht werden.

Linie 74

Die Linie 74 wird im Rahmen des Busnetzes Nord-Ost angepasst. Hierbei wird der Endpunkt Marienallee aufgegeben und nur noch bis zum Waldschlösschen verkehrt. Die E-Busse fahren dabei als Depotlader, es wird keine zusätzliche Ladeinfrastruktur benötigt.

Linie 76

Die Linie 76 kann vollständig elektrifiziert werden. Die E-Busse fahren dabei als Depotlader, es wird keine zusätzliche Ladeinfrastruktur benötigt.

Linie 86

Die Linie 86 kann auf den von der DVB betriebenen Kursen mit E-Bussen betrieben werden. Hierfür wird ein eigener Ladepunkt in Heidenau benötigt. Ein redundanter Ladepunkt könnte in Kreischa eingerichtet werden. Dieser sollte mit der RVSOE, welcher den Großteil der Linienleistung erbringt, abgestimmt werden. Ein Standort allein für die Fahrzeuge der DVB in Kreischa ist auf Grund des geringen Anteils an der Linienleistung unwirtschaftlich. In diesem Zusammenhang kann auch eine vollständige Elektrifizierung der Linie 86 gemeinsam mit der RVSOE in Betracht gezogen werden.

Linie 92 / 87

Während die Linie 87 zwischen Striesen, Altenberger Straße und Mockritz, Otto-Pilz-Straße verkehrt, fährt die Linie 92 zwischen Cotta, Gottfried-Keller-Straße und Ockerwitz. Im Busnetz Süd-West Stufe 1 wird die Linie 92 nach Wölfnitz, Koblenzer Straße verlängert, während die Linie 87 bestehen bleibt. Im Busnetz Süd-West Stufe 2 wird die Linie 87 von der Altenberger Straße bis zum Schillerplatz und von der Otto-Pilz-Straße bis zur Koblenzer Straße verlängert. Zusätzlich wird die Linie 92 in die Linie 87 integriert und fährt dann durchgehend zwischen Ockerwitz und Blasewitz, Schillerplatz. Der Ladestandort für die Linie 92 in Stufe 1 als auch für die Linie 87 in Stufe 2 wird in Ockerwitz angesetzt und für die Linie 87 zusätzlich

Umsetzungsempfehlungen

einer am Schillerplatz. Ein Ladepunkt in Wölfnitz wird nicht benötigt, da dieser nur temporär als Endpunkt genutzt wird. In Ockerwitz wird ein Ladeplatz benötigt, dessen Umsetzung aber nicht möglich ist. Hierbei fehlt einerseits die benötigte Fläche für die Trafoladestation als auch für die perspektivische Befahrung der Linie 87 mit einem Gelenkbus. Das empfohlene Alternativkonzept sieht aus diesem Grund die Mitnutzung des Ladestandortes Omsewitz oder Gompitz vor. Hierfür sind Leerfahrten zwischen Ockerwitz und Omsewitz oder Gompitz notwendig. Die Umlaufuntersuchung ergibt wegen der zusätzlichen Fahrwege einen Fahrzeugmehrabbedarf von einem Fahrzeug (siehe dazu auch Kapitel 3.3). Neben der Empfehlung sind die folgenden Alternativkonzepte denkbar:

- ▶ Einsatz von Second-Life-Energiespeichern
 - ▶▶ ähnlich hoher Platzbedarf wie bei einer Trafo-Ladetechnik-Station
- ▶ Neubau des Endpunktes auf einer freien Fläche in der unmittelbaren Umgebung
 - ▶▶ freie Gestaltungsmöglichkeiten nach den Bedürfnissen und Ansprüchen
 - ▶▶ hohe Kosten für Umsetzung
- ▶ Betrieb der Linie als Depotlader
 - ▶▶ mit Blick auf den langen Umsetzungshorizont kann von einer Entwicklung in der Batterietechnik und damit verbunden zukünftig längeren Reichweiten der Elektrobusse ausgegangen werden

Am Endpunkt Schillerplatz in Blasewitz wird ein Ladepunkt für die Linie 87 benötigt. Aufgrund der Platzverhältnisse kann auch nur einer installiert werden, der jedoch auch von der Linie 85 genutzt wird. Zum Zeithorizont für die Realisierung, siehe Linie 85 (unter Step 1).

Linie 88

Um die Linie 88 im Bestandsfahrplan zu elektrifizieren, wird nur ein Ladestandort benötigt, dieser befindet sich am Endpunkt Prohlis Gleisschleife. Umlauftechnisch wird nur ein Ladepunkt benötigt, aus Redundanzgründen können zwei Ladepunkte errichtet werden. Hierbei ist eine Koordination der DVB mit der RVSOE notwendig, da die Linie H/S ebenfalls Prohlis Gleisschleife als Endpunkt benutzt. Die Endstelle Kleinzschachwitz, Fähre ist als Redundanzstandort schwer umsetzbar, da sich diese Endstelle im Überflutungsgebiet befindet und bei Hochwasserereignissen die Linie auf Kleinzschachwitz, Freystraße zurückgezogen wird. Als Redundanzstandort für die Endstelle Goppeln ist der Ladestandort Leubnitzer Höhe denkbar mit einer Entfernung von 1,8 km. Ein weiterer Redundanzstandort empfiehlt sich mit

Umsetzungsempfehlungen

Lockwitz für die Endstelle Prohlis (Entfernung 2,1 km). Hier steht ein zweiter Lade- punkt zur Verfügung, da die Linie 66 nur einen benötigt.

4.3 Umsetzungsempfehlungen Endpunkte

4.3.1 Gesamtübersicht Endpunkte

In der Abbildung 4.1 ist eine Übersicht aller Endpunkte dargestellt, an denen im Zusammenhang mit der Umstellung auf Elektrobusbetrieb Ladeinfrastruktur errich- tet werden soll. Eine vergrößerte Darstellung ist in Anlage 7 zu finden.

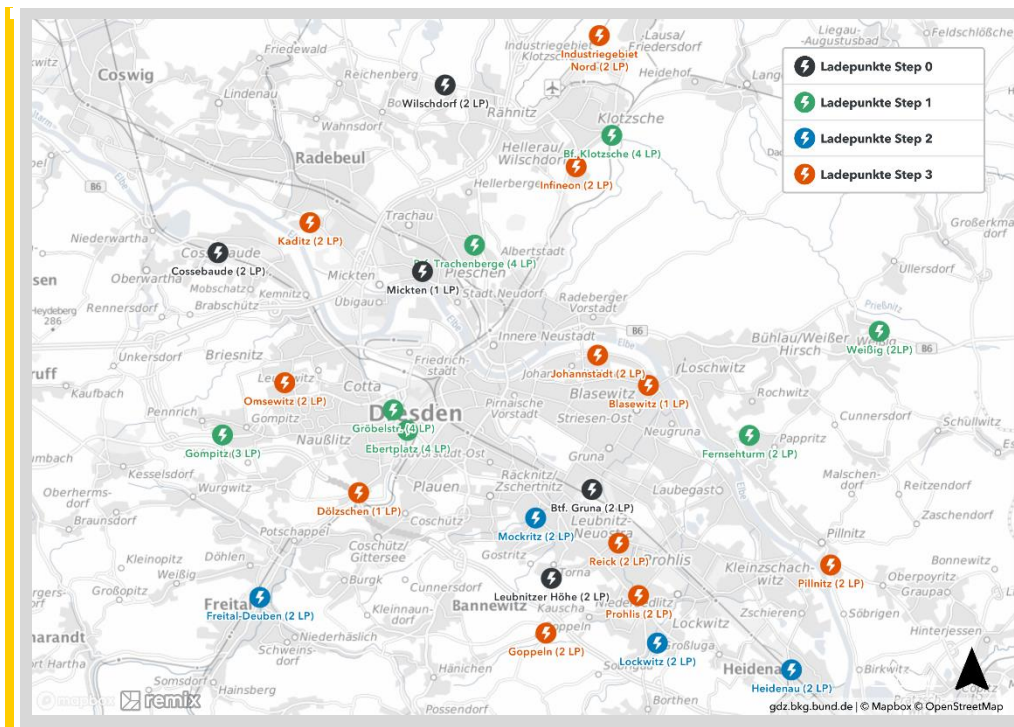


Abbildung 4.1: Übersicht Endpunkte mit Ladeinfrastruktur, unterteilt nach Steps

In der Abbildung 4.1 erkennbar ist eine gleichmäßige Verteilung der Ladestandorte über das Dresdner Stadtgebiet. Ebenso befinden sich mit Freital Deuben Busbahn- hof, Goppeln und Heidenau Bahnhof auch Endpunkten außerhalb der Stadtgrenze Dresdens. Diese Endpunkte werden nach ihrer Umsetzung in den folgenden Jah- ren Bestand haben. Elektrobuslinien werden analog zu Straßenbahnlinien immer zwischen diesen festen Endpunkten verkehren. Die Erschließung mit Ladepunkten über das gesamte Bediengebiet ermöglicht jedoch auch zukünftig Flexibilität in der Linienplanung.

Umsetzungsempfehlungen

Somit ergeben sich im **Störfallmanagement** für eine große Anzahl der Ladepunkte Ausweichmöglichkeiten zum Nachladen der Elektrobusse an anderen Endpunkten in der Umgebung. Dadurch kann auf Einschränkungen durch externe Störungen wie Feuerwehreinätze oder Straßensperrungen reagiert werden. Busse können zum Laden zu anderen Endpunkten umgeleitet und Auswirkungen auf den Linienbetrieb reduziert werden.

Für den Ausfall von Ladetechnik wurden in der Planung der Endpunkte **Redundanzen** berücksichtigt. In Bezug auf die Endpunkte an sich bedeutet dies, dass für jede Linie an jedem Linienende oder an mindestens einem Linienast Ladepunkte vorgesehen sind. Damit soll gewährleistet werden, dass beim Ausfall von Ladeinfrastrukturkomponenten immer ein Endpunkt zum Nachladen zur Verfügung steht. Des Weiteren wird an jedem Endpunkt die Ladetechnik redundant vorgesehen. Die folgenden Empfehlungen werden in Absprache mit der DVB ausgesprochen:

- ▶ Jeder Endpunkt wird mit
 - ▶▶ mindestens einer Trafo-Ladetechnik-Station und
 - ▶▶ mindestens zwei Ladepunkten ausgestattet.
- ▶ Jeder Endpunkt mit drei oder mehr Ladepunkten wird mit je einer Trafo-Ladetechnik-Station je zwei Ladepunkte ausgestattet.

Somit soll gewährleistet werden, dass beim Ausfall einzelner Einheiten (Ladegerät, Transformator) oder auch bei Wartungsarbeiten nur Teilsysteme ausfallen bzw. abgeschaltet werden und ein Betrieb der Linien mit Elektrobusen gewährleistet bleibt.

4.3.2 Endpunkte Step 1

Aufbauend auf die Umsetzungsempfehlungen zu den Buslinien sowie den Ergebnissen der Endpunktuntersuchung wird empfohlen, folgende Endpunkte mit Ladeinfrastruktur auszubauen:

Endpunkt	Anzahl Ladepunkte		Linien
	benötigt	Realisierbar mit Redundanz	
Löbtau, Gröbelstraße	5	2+2 ¹	61, 63 ¹
Fernsehturm	1	2	61
Weißig, Einkaufszentrum	2	2	61

Umsetzungsempfehlungen

Endpunkt	Anzahl Ladepunkte		Linien
	benötigt	Realisierbar mit Redundanz	
Bahnhof Klotzsche	3	4	70, 80
Löbtau, Ebertplatz	3	4	70, 80, 90
Gompitz, Gompitzer Höhe	3 ²	4	85, 90

Tabelle 4.4: Endpunkte Step 1

- ¹ Elektrifizierung erst im Step 3
- ² 2 LP für 85 und 90 nur mit gerechnetem Fahrplan und gemeinsamer Nutzung eines Ladepunkts möglich, perspektivisch evtl. zusätzlich Linie 87

Löbtau, Gröbelstraße

Der Wende- und Pausenplatz Löbtau Gröbelstraße stellt im Liniennetz der DVB auf Grund der Nutzung durch die Linien 61 und 63 einen wichtigen Endpunkt dar. Die Umsetzung von Ladeinfrastruktur für Elektrobusse ist ein bedeutender Erfolgsfaktor für die Umstellung auf Elektrobusbetrieb. An Wochentagen sind gemäß Umlaufuntersuchungen etwa 40 Gelenkbusumläufe auf Lademöglichkeiten angewiesen. Auf Grund der hohen Bedeutung fanden bereits erste Gespräche mit der Stadt zur Grundstücksverfügbarkeit statt. Das Grundstück soll auch langfristig der DVB zur Verfügung gestellt und nicht für Wohnbebauung genutzt werden. Ebenso wurde bereits das Stadtplanungsamt mit einbezogen und erste Hinweise in der Planung berücksichtigt.

Es werden vier Ladepunkte vorgesehen. Eine höhere Anzahl ist auf Grund der Fahrzeugabmessungen der 21-m-Gelenkbusse und der vorhandenen Platzverhältnisse nicht möglich. Die Diskrepanz zu den berechneten fünf benötigten Ladepunkten (es gibt zum Teil Überlagerungen in den Wendezeiten von ein bis zwei Minuten) werden durch das kurzzeitige Warten der Busse bzw. durch auftretende Verspätungen ausgeglichen. Die Planung sieht die Errichtung einer Traverse vor, an der die Ladehauben befestigt werden. Insgesamt können so vier Ladepunkte für 21-m-Gelenkbusse realisiert werden. Die Befahrbarkeit wurde mit Schleppkurven geprüft. Im Ergebnis zeigt sich, dass eine Überschwenkung des aktuell bestehenden provisorischen Bauzaunes für eine erfolgreiche Realisierung notwendig ist.

Umsetzungsempfehlungen

Die Trafo-Ladetechnik-Stationen werden an der westlichen Grundstücksgrenze neben den Baum- und Gehölzstreifen hintereinander aufgestellt. Den städtebaulichen Vorgaben wird durch den Erhalt des Grünstreifens Rechnung getragen. In der Umsetzung zu berücksichtigen ist ebenso die Nähe zur Wohnbebauung. Entsprechende lärmreduzierende Maßnahmen (ggf. eine Überdachung) an der Ladetechnik und den Ladehauben sind vorzusehen.

Fernsehturm

Am Endpunkt Fernsehturm wird die Ladeinfrastruktur in die bestehenden Gegebenheiten vor Ort auf dem Parkplatzgelände integriert. Es werden zwei hintereinanderliegende Ladepunkte mit Lademasten und Ladehaube vorgesehen. Bedingt durch die Platzverhältnisse vor Ort müssen die beiden Gelenkbusse während des Ladevorganges versetzt zueinanderstehen. Der zweite Ladepunkt kann ansonsten nicht exakt angefahren werden. Dies bringt die Notwendigkeit eines verlängerten Auslegers am Lademast mit sich. Die Trafo-Ladetechnik-Station wird in der nördlichen Parkplatzecke geplant. Eine Platzierung zwischen beiden Ladepunkten ist nicht möglich, da der bestehende Sanitärcontainer für das Fahrpersonal erhalten bleiben muss. Eine Integration der Fahrertoilette in die TLS ist auf Grund einer fehlenden Abwasseranbindung nicht möglich.

Im Rahmen der Errichtung von Ladeinfrastruktur für Busse sind die Pläne der Landeshauptstadt Dresden zu berücksichtigen, den nahegelegenen Fernsehturm für Touristen wiederzueröffnen. Aus ersten Gesprächen mit der Stadt geht hervor, dass es Überlegungen gibt, in diesem Zusammenhang auf dem Gelände des Endpunktes Parkmöglichkeiten (evtl. als Parkhaus) mit E-Auto Lademöglichkeiten zu schaffen. In der Umsetzung von Ladeinfrastruktur für Elektrobusse gilt es, Planungen und Konzepte abzustimmen und eine gesamtheitliche Lösung zu schaffen.

Rossendorf, Forschungszentrum

Für die Integration der benötigten zwei Ladepunkte sind zwei verschiedene Varianten vorgesehen. In der Variante 1 ist ein zweiter, neuer Bussteig parallel zum vorhandenen Steig Nummer 1 geplant. Dies bedingt einen erheblichen baulichen Eingriff in den Vorplatz des Forschungszentrums. Gleichzeitig ermöglicht es kurze Entfernungen für die Fahrgäste sowie eine kompakte Aufstellung der Ladeinfrastruktur. In der Variante zwei wird der Ladepunkt am Bussteig 2 aufgestellt. Eine Integration in den Bestand ist möglich. Der Elektrobus steht in diesem Fall während des Ladevorganges auf dem Rechtsabbiegerstreifen. Die verkehrsrechtliche Machbarkeit ist vor der Umsetzung zu prüfen. Beiden Varianten gleich ist eine detaillierte Abstimmung der Betriebskonzepte aller Buslinien, die am Endpunkt halten

Umsetzungsempfehlungen

oder enden. In Hinblick auf aktuelle Fahrpläne der Regionalbuslinien sind längere Ladeaufenthalte an den bestehenden Bussteigen möglich. In der Umsetzung zu beachten ist die Verfügbarkeit der benötigten Anschlussleistung im Netz. Aktuell kann diese noch zur Verfügung gestellt werden. Gemäß Auskunft von Sachsen-Netze ist jedoch eine starke Leistungsentwicklung im Gebiet erkennbar und eventuell ein Netzausbau notwendig.

Zum Stand der Berichtserstellung steht die finale Entscheidung zur Verlängerung der Linie 61 bis zum Forschungszentrum noch aus. Kurzfristig wird eine Elektrifizierung des Endpunktes Weißig Einkaufszentrum verfolgt, um die Linie 61 vollständig mit Elektrobussen bedienen zu können. Der Endpunkt Weißig Einkaufszentrum wurde ebenfalls analysiert (siehe folgender Abschnitt).

Weißig, Einkaufszentrum

Der Endpunkt Weißig Einkaufszentrum soll bis zu einer Entscheidung über eine Verlängerung der Linie 61 nach Rossendorf mit zwei Ladepunkten ausgestattet werden, sodass im Step 1 die Linie größtenteils auf Elektrobusbetrieb umgestellt werden kann. Im Fall der Verlängerung bis Rossendorf können die Ladeinfrastrukturkomponenten zum neuen Endpunkt versetzt und weiter genutzt werden.

An der Endstelle in Weißig werden die Lademasten hintereinander an der bestehenden Haltestelle aufgestellt. Eine Integration ist gut umsetzbar. Die Trafo-Ladetechnik-Station wird auf der angrenzenden Grünfläche platziert. Ersten Gesprächen nach gehört diese zum Grundstück des Einkaufszentrums, welches im Eigentum eines Investors ist. Dieser zeigte sich gegenüber der Nutzung der Fläche als offen und sieht selbst Potenzial für die Errichtung von Pkw-Ladeinfrastruktur.

Bahnhof Klotzsche

Die Ladeinfrastruktur am Bahnhof Klotzsche wird in die vorhandene Haltestellenstruktur integriert. Die Ladepunkte werden an Bussteigen der Linien 70 und 80 errichtet. Die Gegebenheiten vor Ort (Leistungsbestand, Platzverhältnisse) ermöglichen das Aufstellen der Lademasten auf Höhe der bestehenden Einstiegsfelder, sodass keine grundlegenden baulichen Eingriffe erforderlich sind und eine Minimierung solcher zu empfehlen ist. Die notwendigen Trafo-Ladetechnik-Stationen werden auf der Fläche aufgestellt, auf der sich aktuell eine überdachte Fahrradabstellanlage befindet. Im Evaluierungsprozess anderer Standorte hat sich dieser als Vorzugsvariante erwiesen. Vor allem die kurze Distanz zu den Ladepunkten (kurze Kabelwege), der Abstand zu Wohnbebauung und die Eigentumsverhältnisse

Umsetzungsempfehlungen

(LHDD) sprechen für den Standort. Erste Gespräche für die konzeptionelle Überplanung der Fläche fanden bereits zwischen Vertretern der LHDD und der DVB statt. Die TLS sind in ihren Abmessungen so anzupassen, dass eine ausreichende Gehwegbreite erhalten bleibt sowie der notwendige Abstand zum Güterbahnhofsgebäude eingehalten werden kann. Beides ist in der Konzeptplanung berücksichtigt. Als Ersatzfläche für die Fahrradabstellanlage ist das Flurstück 498/32 (Zugang zu den Bahnsteigen) vorgesehen. Auf der Fläche befindet sich aktuell ein Stellplatz für ein Fahrzeug des Car-Sharing-Anbieters teilAuto. Hierfür wird eine Verlegung auf die umliegenden bahnhofsnahe Parkplätze empfohlen. Für die neue Fahrradabstellung wird eine Doppelstockanlage vorgeschlagen. Mit dieser können die aktuellen Abstellkapazitäten ersetzt werden, ebenso ist die Integration einer MOBibike-Station denkbar. Leistungsreserven im Mittelspannungsnetz stehen laut Auskunft von SachsenNetze für die geplante Ladeinfrastruktur zur Verfügung. Im Rahmen der Endpunktuntersuchungen lag der Fokus auf Lademöglichkeiten für den Stadtverkehr (DVB). Vor der finalen Umsetzung ist eine Einbindung des Regionalverkehrs zu empfehlen, der ebenfalls den Endpunkt bedient. Abstimmungen zu möglichen geplanten Ladepunkten des Regionalverkehrs könnten berücksichtigt werden und Synergieeffekte herausgearbeitet werden (bspw. beim Mittelspannungsanschluss).

Löbtau, Ebertplatz

Am Ladestandort Ebertplatz sind vier Lademöglichkeiten für Elektrobusse vorgesehen. Zunächst wird diese von der Buslinie 90 genutzt. Mit Umsetzung der Stufe I im Busnetz Süd-West werden auch die Linien 70 und 80 am Ebertplatz enden und die Ladeinfrastruktur nutzen. Es stehen Überlegungen im Raum, die Linie 90 perspektivisch über den Ebertplatz hinaus bis zum Bahnhof Mitte zu verlängern. Die errichtete Ladeinfrastruktur kann in diesem Fall von den Linien 70 und 80 weitergenutzt werden. Gleichzeitig bildet sie einen wichtigen Redundanzstandort zu den Lademöglichkeiten in der Gröbelstraße.

Zwei Ladepunkte werden entlang der bestehenden Haltestelle errichtet. Die Ladepunkte werden so platziert, dass die vorhandenen Grundstückszufahrten freigehalten werden und eine unabhängige Befahrung möglich ist. Dies gewährleistet eine flexible Einsatzplanung sowie effektive, unterbrechungsfreie Ladevorgänge. Auf der gegenüberliegenden Straßenseite werden die Ladepunkte 3 und 4 (Ausbaureserve) vorgesehen. Hierfür muss die Anzahl der Pkw-Parkstände reduziert werden (je Ladepunkt um etwa 11 Parkstände). Der Platz wird jeweils für die exakte Anfahrbarkeit der Ladepositionen benötigt. Auf Grund des Baumbestandes muss der Lademast an Position 3 versetzt und mit einem verlängerten Ausleger aufgestellt werden. Die exakte Position ist in weiterführenden

Umsetzungsempfehlungen

Planungen mit Blick auf die tatsächlichen Ausprägungen der Baumkronen zu bestimmen. Im Rahmen der Errichtung von Ladeinfrastruktur ist ein grundlegender Ausbau der Straßen- und Haltestelleninfrastruktur zu empfehlen. Hintergrund ist der schlechte bauliche Zustand der Fahrbahn und Gehwege sowie die fehlende Barrierefreiheit des Endpunktes. Für die vier Ladepunkte werden zwei Trafo-Ladetechnik-Stationen in Parallelaufstellung neben dem Grundstück des Gleichrichterunterwerkes vorgesehen. In der Bauphase sind die Einschränkungen durch die bestehenden Bäume zu berücksichtigen.

Gompitz, Gompitzer Höhe:

Am Endpunkt Gompitzer Höhe werden zwei Lademöglichkeiten (Nutzung durch die Linien 85 und 90, die zwei Ladepunkte werden vorwiegend von der Linie 85 genutzt, die Ladezeiten der Linie 90 beschränken sich auf die Schwachverkehrszeit morgens und abends) benötigt. In der Planung für den Endpunkt werden drei Ladepunkte vorgesehen. Ein vierter Ladepunkt kann als Ausbaureserve dienen. Der Standort stellt nach seiner Errichtung gleichzeitig einen Redundanzstandort für umliegende Endpunkte dar. Die Ladepunkte werden an den Bussteigen 5, 6 und 8 errichtet. Der Bussteig 6 kann weiterhin auch während der Ladepausen auf Grund der Steiglänge von anderen Buslinien mit bedient werden. Für den Bussteig 8 hinter dem Hotel (ausschließlich Betriebshalt) ist ein Lademast mit einem verlängerten Ausleger vorgesehen. Auf Grund der geringen Platzverfügbarkeit am Bussteig wird der Lademast auf der anderen Straßenseite platziert. Der Ausleger hat eine Länge von ca. 8,00 m und überspannt die Fahrbahn (das Lichttraumprofil nach StVZO wird freigehalten). Statisch ist eine solche Variante laut Nachfrage bei einem Masthersteller umsetzbar. Die beiden Trafo-Ladetechnik-Stationen werden auf der Grünfläche gegenüber von Bussteig 6 aufgestellt. Die vorgegebenen Abstände zur Straßenbahntrasse werden eingehalten.

4.3.3 Endpunkte Step 2 und 3

Aufbauend auf die Umsetzungsempfehlungen zu den Buslinien sowie den Ergebnissen der Endpunktuntersuchung wird empfohlen, folgende Endpunkte mit Ladeinfrastruktur auszubauen:

Umsetzungsempfehlungen

Endpunkt	Anzahl Ladepunkte		Linien
	benötigt	Realisierbar mit Redundanz	
Blasewitz, Schillerplatz	1	1	85 ¹ , 87
Dölzschen	1	1	62
Freital-Deuben, Busbahnhof	2	2	66/166
Goppeln, Leubnitzer Straße	0	2	68, 88
Heidenau	3	2	65, 86
Johannstadt Schleife	2	2	62
Kaditz, Am Vorwerksfeld	2	2	64
Klotzsche, Infineon	2	2	72, 77
Klotzsche, Industriegebiet Nord	0	2	77
Lockwitz	1	2	66
Luga	2	0	65
Mickten	0	1	79 ²
Mockritz	2	2	66
Omsewitz	2	2	79 ² /73 ³ , 92 ² /87 ³
Pillnitz Schloss	2	2	63
Prohlis Gleisschleife	1	2	88
Reick, Hülße-Gymnasium	2	2	64
Wilschdorf, Industriegebiet ⁴	2	2	78, 81

Tabelle 4.5: Endpunkte Step 2 und 3

- 1 nutzt Endstelle nicht zum Nachladen
- 2 Fahrplanzustand Busnetz Süd-West Stufe 1
- 3 Fahrplanzustand Busnetz Süd-West Stufe 2
- 4 Ladeinfrastruktur bereits vorhanden

Umsetzungsempfehlungen

Die Endpunkte der Steps 2 und 3 wurden gleich den Endpunkten des Steps 1 grundlegend in Bezug auf die Realisierung von Ladeinfrastruktur analysiert (siehe Kapitel 3.1). Auf Grund des fernerer Umsetzungshorizontes wird auf weitere Empfehlungen zur Ausführung verzichtet. Hintergrund sind die sich stetig verändernden Rahmenbedingungen und Betroffenheiten Dritter, sodass heutige Aussagen zum Zeitpunkt der Umsetzung revidiert werden müssen oder sich geändert haben. Für die Endpunkte gilt deshalb, frühzeitig mit den einzelnen Stakeholdern (Stadt, Eigentümer, Netzbetreiber etc.) in Verbindung zu treten und diese für eine erfolgreiche Projektdurchführung zu beteiligen und einzubinden.

4.3.4 Nutzungsmöglichkeiten bereits vorhandener Ladeinfrastruktur

Wilschdorf, Industriegebiet

Der Endpunkt ist gegenwärtig bereits mit zwei Ladepunkten für Solobusse (alternativ ein 18-m-Gelenkbus) ausgestattet, welche von der Linie 81 zum Nachladen genutzt werden. Die Linie 78 wird den Endpunkt ab dem Step 2 ebenfalls bedienen. Gemäß den Umlaufuntersuchungen werden auch dann nicht mehr als zwei Ladepunkte benötigt, da sich die Ladezeiten beider Linien nicht überschneiden. Zur unabhängigen Nutzung der beiden Ladepunkte müssen jedoch die Lademas-ten abgerückt werden. Für die Linie 80, welche die Haltestelle ebenfalls bedient, ist der Bau eines dritten Bussteigs Voraussetzung zur störungsfreien Ladung der Linien 78 und 81.

Mickten

In Mickten existiert bereits einen Ladepunkt, welcher für die Nutzung als Redundanzstandort zuvor erst noch umgebaut werden muss. Dies beinhaltet die Versetzung des Lademastes sowie die Erneuerung der Ladetechnik. Letztere muss innerhalb der bestehenden Fläche bzw. des bestehenden Gebäudes umgesetzt werden, um das Naturdenkmal am Dreyßigplatz zu erhalten.

Bahnhof Cossebaude

Der Endpunkt Bahnhof Cossebaude ist mit zwei Ladepunkten ausgestattet und wird durch die Linie 68 genutzt. An diesem Endpunkt sollen keine weiteren Linien laden. Als Redundanzstandort für andere Linien ist dieser Endpunkt kaum geeignet, da die nächstgelegenen Endpunkte mit Ladeinfrastruktur Kaditz, Omsewitz und Gompitz relativ weit entfernt liegen.

Leubnitzer Höhe

Der Endpunkt Leubnitzer Höhe ist mit zwei Ladepunkten ausgestattet und wird durch die Linie 68 genutzt. An diesem Endpunkt sollen keine weiteren Linien laden. Dieser Endpunkt kann ggf. als Redundanzstandort für die Linie 88 aus Richtung Goppeln genutzt werden.

4.3.5 Ausblick Ladehub

Können Endpunkte nicht mit Ladeinfrastruktur ausgestattet werden oder erfordert die Installation von Ladeinfrastruktur erhebliche Umbaumaßnahmen am Endpunkt, so kann es sich anbieten die Ladeinfrastruktur an anderer Stelle zu installieren. Bei der Suche nach einem Standort können weitere Faktoren wie das Schaffen neuer Linienverknüpfungen, Erschließung nicht bzw. wenig bedienter Gebiete, Lademöglichkeiten für Schienenersatzverkehrsleistungen oder Redundanz für andere nahegelegene Endpunkte einfließen. Als Beispiel für solch einen neu errichteten „Ladehub“ soll der Endpunkt Rungholtplatz in Kiel dienen. Dieser ist in Abbildung 4.2 dargestellt.



Abbildung 4.2: Ladehub Kiel Rungholtplatz (Bildquelle: KVG Kieler Verkehrsgesellschaft mbH)

Umsetzungsempfehlungen

An diesem barrierefrei ausgebauten Endpunkt enden vier Buslinien und es können bis zu vier Batteriebusse gleichzeitig laden. Die Gestaltung der Bussteige ermöglicht das unabhängige Befahren der Ladepunkte. Im Rahmen der Installation von Ladeinfrastruktur wurden außerdem neue Toiletten für das Fahrpersonal geschaffen.

4.4 Umsetzungsempfehlungen Betriebshöfe

4.4.1 Betriebshof Trachenberge

Auf dem Bus- und Straßenbahnbetriebshof Trachenberge besteht aktuell eine Lademöglichkeit per Ladekabel für einen Batteriebus. Im Zuge der Elektrifizierung des DVB-Busnetzes sind weitere Ladepunkte für Batteriebusse zu schaffen. Wie bereits auf dem Betriebshof Gruna begonnen soll jeder Ladepunkt mit einer Ladehaube ausgestattet werden, die entweder an einer Traverse oder an einem Lademast befestigt werden kann. Die Ladeleistung soll mindestens 75 kW pro Ladepunkt betragen. Die Ladeinfrastruktur soll geschützt in Gebäuden (Trafo-Ladetechnik-Stationen) aufgestellt werden, um einen langlebigen Betrieb und gute Instandhaltungsmöglichkeiten zu bieten. Es muss eine ausreichende Leistung vom Versorgungsnetzbetreiber bereitgestellt werden.

Die Linien- und Umlaufuntersuchungen ergeben die in der folgenden Tabelle 4.6 aufgeführten notwendigen Betriebshofkapazitäten (siehe auch Anlage 1.2):

Steps	Solo	Gelenk	CapaCity
0 - Istzustand 2023	1	0	0
1	0	16	0
2	5	0	0
3 - Stand Busnetz Süd-West Stufe 1	6	0	0
3 - Stand Busnetz Süd-West Stufe 2	-1	0	0
3 - Endzustand	13	0	8
SUMME (ohne Reserve)	24	16	8

Tabelle 4.6: Benötigte Abstellkapazitäten Betriebshof Trachenberge

Umsetzungsempfehlungen

Im Kapitel 3.4 werden drei Varianten der Konzeption der Ladeinfrastruktur in Verbindung mit der Abstellung vorgestellt. Diese beziehen sich u.a. auf vier Flächen auf dem Betriebshof, die in Abbildung 4.3 dargestellt sind.

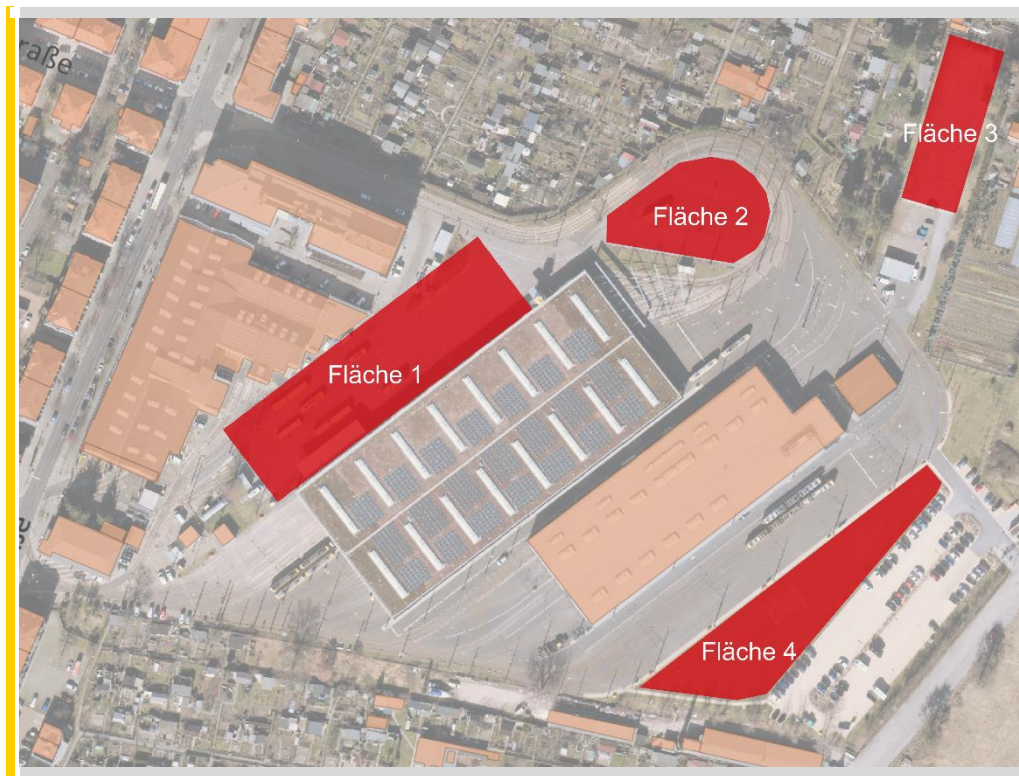


Abbildung 4.3: Flächen 1-4 auf dem Betriebshof Trachenberge

Bei der Variante 1 sind wenige Eingriffe in den Bestand notwendig, jedoch wird die Abstellkapazität zum heutigen Stand deutlich reduziert. Es können nicht alle benötigten Abstellplätze bereitgestellt werden. Daher wird diese Variante nicht zur Umsetzung empfohlen.

Die Varianten 4 und 6 bieten Abstellkapazitäten entsprechend der erfolgten Linien- und Umlaufuntersuchung. Beide Varianten sehen auf den zusätzlichen Flächen 3 (alter Mitarbeiterparkplatz) und 4 (zwischen neuer Straßenbahnabstellung und neuem Mitarbeiterparkplatz) Ladeinfrastruktur vor. Auf der Fläche 3 können vier Schnellladepunkte (je 300 kW Ladeleistung) errichtet werden. Auf der Fläche 4 können 8 CapaCity- und 9 Gelenkbusse (Variante 4, jedoch mit Einschränkungen der Befahrbarkeit) bzw. 12 CapaCity-Busse (Variante 6) abgestellt werden. Auch die Fläche 1 wurde zwischen den Variante 4 und 6 für eine bessere Befahrbarkeit und optimalere Standorte der Trafo-Ladetechnik-Station angepasst.

Umsetzungsempfehlungen

Für die Umsetzung wird Variante 6 als Vorzugsvariante empfohlen.

Die Flächen 2 (Gleisschleife) und 3 können als modular betrachtet werden und je nach Notwendigkeit ausgebaut werden. Vor allem in Bezug auf Fläche 2 muss herausgestellt werden, dass eine Installation von Ladepunkten auf dieser Fläche immer mit Verlust von Abstellkapazität und dementsprechend Flexibilität einhergeht.

Für den Beginn der Elektrifizierung wird empfohlen, die Fläche 3 mit vier Schnellladepunkten auszurüsten. So können nach überschlägiger Berechnung ca. 4 Busse pro Stunde geladen werden; in einem Zeitraum von 21-5 Uhr sind es 32 Fahrzeuge. So kann ein Zeitraum überbrückt werden, bis weitere Ladeplätze geschaffen werden müssen. Jedoch ist der dabei notwendige, mit Personalaufwand verbundene, Rangieraufwand zu beachten. Im Endausbau könnte beispielsweise die Fläche 2 ohne Ladeinfrastruktur bleiben und die dort abzustellenden Fahrzeuge können auf der Fläche 3 geladen werden. Zudem ist zu beachten, dass die Fahrzeuge nachdem sie geladen und abgestellt wurden nicht mehr mit der Ladeinfrastruktur verbunden sind. Somit sind die Fahrzeuge nicht an ein Backend angebunden. Damit ist eine Früherkennung kritischer Ladezustände über das Backend nicht möglich. Auch sind Vorkonditionierung, Balancing über die Ladeinfrastruktur und eine batterieschonende Ladung mit geringer Ladeleistung nicht möglich.

Als Ansatz für weitere Untersuchungen kann in Betracht gezogen werden, die Fahr- und Umlaufplanung so zu gestalten, dass mit höheren SoC eingerückt wird, sodass sich die Ladezeiten und -bedarfe auf dem Betriebshof verkürzen. Hierbei sind ggf. die von der Jahreszeit abhängigen, unterschiedlichen Energieverbräuche zu beachten.

4.4.2 Betriebshof Gruna

Der Busbetriebshof Gruna verfügt bereits heute über Lademöglichkeiten für die Übernacht- und Gelegenheitsladung (zwei Schnellladepunkte) der bereits beschafften Elektrobusse.

Mit der kontinuierlichen Elektrifizierung der Busflotte der DVB ist auch ein Ausbau der Ladeinfrastruktur notwendig. Die Linien- und Umlaufuntersuchungen ergeben die in der folgenden Tabelle 4.7 aufgeführten notwendigen Betriebshofkapazitäten (siehe auch Anlage 1.2):

Umsetzungsempfehlungen

Steps	Solo	Gelenk	CapaCity
0 - Istzustand 2023	2	18	0
1	0	33 ⁶	0
2	4	31	0
3 - Stand Busnetz Süd-West Stufe 1	0	0	0
3 - Stand Busnetz Süd-West Stufe 2	0	9	0
3 - Endzustand	10	18	20
SUMME (ohne Reserve)	16	109	20

Tabelle 4.7: Benötigte Abstellkapazitäten Betriebshof Gruna

Die Erweiterung der Lademöglichkeiten und der Gesamtumbau des Betriebshofes befinden sich in Planung. In einem ersten Schritt werden in der teilelektrifizierten Abstellhalle entsprechend der begonnenen Umsetzung weitere Ladepunkte installiert. Hierbei soll eine bestehende Trafo-Ladetechnik-Station voll bestückt und eine weitere TLS neu errichtet werden (in Summe 18 neue Ladepunkte). Weitere Ladepunkte werden im Rahmen des Betriebshofumbaus geplant. Hierbei soll unter anderem eine weitere Abstellfläche entstehen, unter anderem mit Lademöglichkeiten für etwa 30 Fahrzeuge.

⁶ Hinweis | Von den 33 im Step 1 vorgesehenen Gelenkbusse sind 21 für die Linie 61 (inkl. Verlängerung nach Rossendorf) eingeplant.

Exemplarischer Investitionsbedarf

5 Exemplarischer Investitionsbedarf

Exemplarisch für fünf Buslinien (65, 66, 78, 84 und 89) sind in diesem Kapitel die zu erwartenden Investitionskosten auf Basis des Jahres 2023 linienrein aufgeführt.

Insgesamt werden Investitionskosten von rund 53.325.000 € geschätzt. Davon entfallen etwa 39.480.000 € auf 9 Solo-Batteriebusse und 42 Gelenk-Batteriebusse. Die restlichen Kosten teilen sich auf Ladeinfrastruktur auf der Strecke und den Betriebshöfen sowie Netzanschlusskosten und Risikozuschläge auf. In Tabelle 5.1 sind die Kosten für alle Linien aufgeführt.

Berücksichtigt sind für jedes Fahrzeug die Ladetechnik für einen Ladepunkt auf dem Betriebshof (Ladegerät, Ladehaube, Kabelanlage, anteilig Transformator, Netzanschluss, Gebäude, Traverse, ...).

Kostenposition	Kosten
Batteriebus Gelenkbus	33.810.000,00 €
Batteriebus Solobus	5.670.000,00 €
Baunebenkosten	512.752,08 €
Kabel & Tiefbau	1.105.425,00 €
Ladetechnik	8.288.041,67 €
Netzanschluss	861.575,00 €
Risikozuschlag	3.076.512,50 €
Gesamt	53.324.306,25 €

Tabelle 5.1: Investitionskosten Umsetzung Step 2

In den nachfolgenden Tabellen sind die Kosten je Linie aufgeführt.

Linie 65

Kostenposition	Kosten
Batteriebus Gelenkbus	22.540.000 €



Exemplarischer Investitionsbedarf

Kostenposition	Kosten
Baunebenkosten	212.727 €
Kabel & Tiefbau	454.400 €
Ladetechnik	3.525.042 €
Netzanschluss	275.100 €
Risikozuschlag	1.276.363 €
Gesamt	28.283.631 €

Tabelle 5.2: Investitionskosten Linie 65

Für die Linie 65 sind 28 Gelenkbusse, die zugehörige Ladeinfrastruktur auf dem Betriebshof Gruna und anteilig die Ladeinfrastruktur am Endpunkt Heidenau (wird mit Linie 86 gemeinsam genutzt) berücksichtigt.

Linie 66

Kostenposition	Kosten
Batteriebus Gelenkbus	11.270.000 €
Baunebenkosten	226.465 €
Kabel & Tiefbau	525.700 €
Ladetechnik	3.558.958 €
Netzanschluss	444.650 €
Risikozuschlag	1.358.793 €
Gesamt	17.384.566 €

Tabelle 5.3: Investitionskosten Linie 66

Für die Linie 66 sind 14 Gelenkbusse, die zugehörige Ladeinfrastruktur auf dem Betriebshof Gruna und die Ladeinfrastruktur an den Standorten Freital-Deuben, Mockritz und Lockwitz berücksichtigt.

Exemplarischer Investitionsbedarf

Linie 78

Kostenposition	Kosten
Batteriebus Solobus	3.150.000 €
Baunebenkosten	45.194 €
Kabel & Tiefbau	69.625 €
Ladetechnik	747.125 €
Netzanschluss	87.125 €
Risikozuschlag	271.163 €
Gesamt	4.370.231 €

Tabelle 5.4: Investitionskosten Linie 78

Für die Linie 78 sind 5 Solobusse und die zugehörige Ladeinfrastruktur auf dem Betriebshof Trachenberge berücksichtigt. Die Ladeinfrastruktur am Endpunkt Wilschdorf wurde bereits errichtet und wird aktuell durch die Linie 81 bedient.

Linie 84

Kostenposition	Kosten
Batteriebus Solobus	1.260.000 €
Baunebenkosten	14.183 €
Kabel & Tiefbau	27.850 €
Ladetechnik	228.458 €
Netzanschluss	27.350 €
Risikozuschlag	85.098 €
Gesamt	1.642.939 €

Tabelle 5.5: Investitionskosten Linie 84

Exemplarischer Investitionsbedarf

Für die Linie 84 sind 2 Solobusse und die zugehörige Ladeinfrastruktur auf dem Betriebshof Gruna berücksichtigt. Ladeinfrastruktur auf der Strecke ist nicht vorgesehen, da die Linie 84 als Depotlader betrieben wird.

Linie 89

Kostenposition	Kosten
Batteriebus Solobus	1.260.000 €
Baunebenkosten	14.183 €
Kabel & Tiefbau	27.850 €
Ladetechnik	228.458 €
Netzanschluss	27.350 €
Risikozuschlag	85.098 €
Gesamt	1.642.939 €

Tabelle 5.6: Investitionskosten Linie 89

Für die Linie 89 sind 2 Solobusse und die zugehörige Ladeinfrastruktur auf dem Betriebshof Gruna berücksichtigt. Ladeinfrastruktur auf der Strecke ist nicht vorgesehen, da die Linie 89 als Depotlader betrieben wird.

6 Zusammenfassung

Die vorliegende Machbarkeitsstudie untersucht das gesamte Busliniennetz der Dresdner Verkehrsbetriebe (DVB) hinsichtlich der Umsetzung auf Elektrobusbetrieb. Dabei liegt der Fokus darauf, ein ganzheitliches Umsetzungskonzept für die Errichtung von Busladeinfrastruktur an den Endpunkten im Zusammenhang mit der schrittweisen Einführung von Elektrobussen zu entwickeln. Ebenfalls werden Synergieeffekte in der Nutzung von Ladeinfrastruktur durch verschiedene Buslinien identifiziert, damit kosten- und planungsintensive Infrastrukturen gleichmäßig ausgelastet werden und ein hoher Nutzungsgrad erzielt wird.

Die DVB hat bereits mit der Umstellung erster Linien begonnen, sodass Elektrobusse, Ladeinfrastruktur (LIS) sowohl auf der Strecke als auch auf dem Betriebshof und eine entsprechende Expertise im Umstellprozess vorhanden sind. Darauf baut die Studie auf und erweitert den Betrachtungsraum auf die übrigen Linien.

Im ersten Schritt ermittelt eine Linienanalyse den Umsetzungsbedarf zur Umstellung auf Elektromobilität. Dieser weist konkret die Anzahl an Fahrzeugen (Mehrbedarf im Vergleich zum Diesel) sowie die benötigten Ladepunkte auf der Strecke und den beiden Depots auf. Das Ergebnis mündet in eine Ladeplatzanalyse. Diese wendet ein methodisches Vorgehen an, bei dem wesentliche Parameter vorab geprüft werden. Sie spezifiziert Widerstände und Erfolgsfaktoren in der Umsetzung. Alle betrachteten Wendepunkte werden anschließend in drei Kategorien unterteilt (positiv, neutral, Ausschluss), wobei ein Großteil der betrachteten Stichprobe in die ersten beiden einzugruppiert sind. Lediglich zwei Standorte werden mit dem Ausschlusskriterium versehen. Dementsprechend ist eine Fortsetzung der begonnenen, erfolgreichen Umstellung auf Elektrobusbetrieb mit der gewählten Strategie der DVB möglich.

Es schließen sich konkrete Umsetzungsempfehlungen mit den Herausforderungen in der Umsetzung und Vorschlägen zur Vorgehensweise an. Diese sind mit den aktuell geplanten Veränderungen im Liniennetz sowie den Beschaffungsplänen im Busbereich bei der DVB harmonisiert.

Als wesentliche Herausforderung stellt sich die Ertüchtigung des Betriebshofs Trachenberge auf Grund der Gegebenheit vor Ort dar. Eine Variantenbetrachtung des Umbaus und der Umstellung zeigt Möglichkeiten auf und erläutert diese im Detail. An dieser Stelle sind langfristige Entscheidungen und eine intensive Planung nötig. Der weitere Ausbau im Betriebshof Gruna lässt sich nach Einschätzung der Studie wie bisher geplant fortsetzen.

Zusammenfassung

Themen wie Umgang mit Verkehrsleistungen, die durch Sub- oder Fremdunternehmer durchgeführt werden, Schienenersatzverkehr für Straßenbahn und Eisenbahn oder Busleistungen für den Katastrophenfall wurden rudimentär oder nicht betrachtet.

Anlagenverzeichnis

Anlagenverzeichnis

- Anlage 1: Ergebnisse Umlaufbildung**
- Anlage 1.1: Liniensteckbriefe
- Anlage 1.2: Ergebnistabelle Linienanalyse
- Anlage 1.3: Umlauf Blockdarstellungen
- Anlage 1.4: Umlaufelemente
- Anlage 2: Dokumentationen Endpunkte**
- Anlage 3: Lagepläne Endpunkte**
- Anlage 4: Ergebnisblätter Realisierbarkeit LIS Endpunkte**
- Anlage 5: Leitungskarten Mittelspannung**
- Anlage 6: Lagepläne Trachenberge**
- Anlage 7: Übersicht Endpunkte mit Ladeinfrastruktur**