

E-Mobilitätskonzept Omnibusbetrieb E. Schwarz

Abschlussbericht: 03EMK5006

Omnibusbetrieb E. Schwarz e.K.

Autoren:

Thomas Schwarz

Joachim Geisler

Momme Schümann

Omnibusbetrieb
E. Schwarz

Mai 2024

RQP
Die Berater-Experten

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Die Erstellung dieser Studie wurde im Rahmen der „Förderrichtlinie Elektromobilität“ durch das Bundesministerium für Digitales und Verkehr (BMDV) gefördert. Fördermittel dieser Maßnahme werden auch im Rahmen des Deutschen Aufbau- und Resilienzplans (DARP) über die europäischen Aufbau- und Resilienzfacilitäten (ARF) im Programm NextGenerationEU bereitgestellt. Die Förderrichtlinie wird von der NOW GmbH koordiniert und durch den Projektträger Jülich (PtJ) umgesetzt.

Zusammenfassung

Ziel der Studie war die Erstellung eines Konzeptes zur E-Mobilität am Standort des Betriebs in Sarzbüttel, Dithmarschen, SH. Im Dezember 2024 soll die Ausschreibung Kreis Dithmarschen erfolgen. Nach unseren Informationen wird die Erfüllung der CVD-Quote verlangt. Falls das Unternehmen an der Ausschreibung teilnehmen möchte, muss der Umgang mit fossilfreien Antriebsarten erlernt worden sein.

Die Ergebnisse der Arbeitsgruppe zeigen, dass der schrittweise Umstieg auf E-Mobilität für das Unternehmen mit hohen Risiken verbunden ist. Für diese Einschätzung sind die folgenden drei Faktoren maßgeblich:

- 1) Die **unzureichende Stromversorgung** am Standort
- 2) Die **geringe Planungssicherheit** für das Unternehmen in Hinblick auf europaweit ausgeschriebene Verkehrsleistungen
- 3) Die Kapitalintensität der E-Mobilität bzw. dem erforderlichen **Investitionsvolumen** in Zusammenhang mit dem Erwerb von BEV-Fahrzeugen und dem Ausbau einer betriebseigenen Ladeinfrastruktur (LIS).

Die Studie kommt zu dem Ergebnis, dass eine Anbindung an die Mittelspannungsversorgung von SH-Netz nicht ausreichen würde, um die Ziel-Vorgaben der CVD umzusetzen. Ohne geordneten Rahmen, kann das Unternehmen, bei den gegebenen Verkehrsvertragslaufzeiten, den Umschwung in die kapitalintensive E-Mobilität aus eigenen Bordmitteln nicht wagen. Doch die Transformation des öffentlichen Nahverkehrs (ÖPNV) lässt dem Unternehmen keine Wahl. Bis Ende 2025 sollen im ÖPNV 45% „Saubere“ und „Emissionsfreie“ Fahrzeuge im Sinne der Richtlinie eingesetzt werden. Ende 2030 liegt die Beschaffungsquote bei 65%.

Der Aufbau der LIS, die Beschaffung der Fahrzeuge und der Umgang damit sind Aufgabe der Verkehrsunternehmen (VU). Zu beachten ist, dass gemeinwirtschaftliche Verkehrsleistungen mit Steuermitteln finanziert werden und regelmäßig neu öffentlichgeschrieben werden müssen. Für das Unternehmen besteht also das Risiko, dass die Leistung bei der nächsten Ausschreibung wieder verloren wird und das Unternehmen auf den Remanenz-Kosten für die LIS und den E-Fahrzeuge sitzen bleibt. Da diese Kosten nicht umgehend wieder reduziert werden können, bedeutet der Leistungsverlust in Folge die Liquiditätskrise und bei privaten VU die Insolvenz.

Vor diesem Hintergrund wurde nach Lösungen gesucht, die flexibel und zeitnah umgesetzt, das unternehmerische Risiko auf ein Minimum begrenzen und den Fortbestand des Unternehmens sichern können. Das technische Risiko im Aufbau der Infrastruktur, die hohen Investitionskosten aller Bestandteile des Gesamtsystems sowie der Umgang mit Fördermitteln beim Leistungsverlust muss vom Aufgabenträger organisatorisch und finanziell getragen oder z.B. von einem Dienstleister bereitgestellt werden. Das Miet-Konzept der eMIS zeigt einen geeigneten aber noch nicht praxiserprobten Ansatz.

Die **Möglichkeiten**, die das Unternehmen aus seiner Selbstverpflichtung heraus ergreifen wird, betreffen den Ausbau eigener Anlagen zur Stromerzeugung und -speicherung. Bereits in der Phase der Konzepterstellung wurden erste Maßnahmen des Konzeptes umgesetzt sowie PV- und Speicherkapazität installiert. Damit kann der Umgang mit fossilfreien Antriebsarten erlernt werden. Ob die gegebenen Rahmenbedingungen eine Transformation im Betrieb zulassen ist allerdings ungewiss.

Rahmensetzung der Studie

Die Studie erfolgte auf Basis der nachstehenden Grundsätze, Annahmen und Absprachen.

Für die Durchführung der Studie soll ein pragmatischer, prozessorientierter und praxisnaher Ansatz gewählt werden. Das resultierende E-Mobilitätskonzept soll adressatengerecht aufbereitet werden und mit dem Projektteam vom Omnibusbetrieb Schwarz entwickelt werden.

Die Planungsprämissen werden in enger Zusammenarbeit mit dem Führungsteam abgestimmt. Die resultierenden Planungswerte haben einen richtungsweisenden Charakter und dienen der Zielverfolgung, haben allerdings keinen Anspruch auf Vollständigkeit und Eintrittswahrscheinlichkeit.

Die Daten des Unternehmens sind vertraulich und werden nur für die Erstellung des E-Mobilitätskonzeptes verwendet. Daten, die die Geschäftsleitung als vertraulich erachtet, werden nicht veröffentlicht bzw. unkenntlich gemacht.

Die EU-Richtlinie Clean Vehicles Directive (CVD) regelt seit 2019 die Beschaffung von Fahrzeugen mit alternativen Antrieben im öffentlichen Sektor (Behörden und Unternehmen). Seit dem 2. August 2021 müssen öffentliche Aufgabenträger das Gesetz über die Beschaffung sauberer Straßenfahrzeuge (SaubFzgBeschG) beachten. Bis Ende 2025 sollen im ÖPNV 45% „Saubere“ und „Emissionsfreie“ Fahrzeuge im Sinne der Richtlinie eingesetzt werden. Ende 2030 liegt die Beschaffungsquote bei 65%.

Der Handlungsdruck steigt. Will der Betrieb die Transformation des öffentlichen Nahverkehrs bestehen, muss der Umgang mit fossilfreien Antriebsarten erlernt werden.

Der schrittweise Umstieg analog der Richtlinie soll angestrebt werden.

Haftungsausschluss

Auf ein Quellenverzeichnis wurde aufgrund der geringen Nutzung von Zitaten verzichtet und es wird auf das Literaturverzeichnis bzw. konkrete Quellen-Angaben im Text selbst verwiesen.

Zum Ende der Arbeiten haben sich die Rahmenbedingungen des Kontextes E-Mobilität für das Unternehmen stark weiterentwickelt. Aufgrund der Veränderungen kann es zu Doppelspurigkeit im Bericht gekommen sein. Entwicklungen nach Redaktionsschluss berücksichtigt dieser zusammenfassende Bericht nicht.

Die in diesem Bericht verwendeten Personenbezeichnungen beziehen sich – sofern nicht anders kenntlich gemacht – auf alle Geschlechter.

Dieser Abschlussbericht wurde vom Führungsteam erstellt und ist eine Zusammenfassung der wichtigsten Erkenntnisse der finalen Projektdokumentation. Diese wurde auf Wunsch der Geschäftsleitung in PowerPoint erstellt, wovon einige Seiten in diesem Bericht verwendet wurden.

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	III
Rahmensetzung der Studie	IV
Haftungsausschluss	IV
Abkürzungsverzeichnis	VI
Abbildungsverzeichnis	VII
Tabellenverzeichnis	VIII
Ausgangssituation und Zielsetzung	1
Leitfragen der Studie	1
Methodik und Vorgehensweise	2
Arbeitspakete	2
Standortbestimmung	2
Produktionskostenanalyse	5
Kritische Erfolgsfaktoren	5
Entwicklung 2 Schalenphasen Modell	9
Maßnahmenplanung	15
Emissionseinsparpotential	19
Fazit und Handlungsempfehlungen	20
Literaturverzeichnis	A
Anlage	B

Abkürzungsverzeichnis

Akku	<i>Akkumulator</i>
BEV	<i>Battery Electric Vehicle</i>
BwKm	<i>Betriebswagenkilometer</i>
CO ₂	<i>Kohlenstoffdioxid</i>
CVD	<i>Clean Vehicle Directive</i>
DGUV	<i>Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung</i>
FTE	<i>Full Time Equivalent</i>
HVZ	<i>Hauptverkehrszeit</i>
LIS	<i>Ladeinfrastruktur</i>
LV	<i>Linienverkehr</i>
MW	<i>Megawatt</i>
NO _x	<i>Stickoxide</i>
Nwkm	<i>Nutzwagenkilometer</i>
ÖPNV	<i>öffentlicher Nahverkehr</i>
PM	<i>Particulate Matter</i>
SGF	<i>Strategisches- Geschäftsfeld</i>
SH-Netz	<i>Siehe Schleswig-Holstein Netz AG</i>
vEFK	<i>verantwortliche Elektrofachkraft</i>
WEA	<i>Windenergieanlage</i>

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Trennungsrechnung nach Geschäftsfeld	2
Abbildung 2: Untersuchung der prozessunterstützenden Systemlandschaft	3
Abbildung 3: Zwischen Fazit der Standortbestimmung	3
Abbildung 4: Beurteilungsdimensionen der Managementkompetenz	4
Abbildung 5 Unternehmenskrisen	4
Abbildung 6: Produktionskostenvergleich der Antriebsarten im Status Quo	5
Abbildung 7: Kritischer Erfolgsfaktor Stromversorgung	6
Abbildung 8: Kritischer Erfolgsfaktor Ladeinfrastruktur	7
Abbildung 9: Übersicht der kritischen Erfolgsfaktoren für E-Mobilität	9
Abbildung 10: Das zwei Schalenphasen-Modell	9
Abbildung 11: Übersicht der Möglichkeiten zur betrieblichen Zwischenladung	12
Abbildung 12: Kritischer Erfolgsfaktor Energiespeicher	14
Abbildung 13: Prinzipbild der Standortnutzung	14

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Annahmen und Prämissen der Ladezeiten	11
Tabelle 2: Maßnahmenübersicht VIP Shuttle	15
Tabelle 3: Maßnahmenübersicht Austausch 8 Meter Busse	15
Tabelle 4: Maßnahmenübersicht Austausch 12m Solo Busse	15
Tabelle 5: Umsetzungsalternative Anschluss an Mittelspannungsnetz SH Netz AG	15
Tabelle 6: Umsetzungsalternative LIS	16
Tabelle 7: Maßnahmenübersicht PV Ausbau	16
Tabelle 8: Maßnahmenübersicht Windkraft	16
Tabelle 9: Maßnahme Erhöhung der Speicherkapazität	16
Tabelle 10: E-Tourenplanung	B

Ausgangssituation und Zielsetzung

Der Omnibusbetrieb E. Schwarz e.K. betreibt seit 1976, neben Anmietverkehrsleistungen und freigestelltem Schülerverkehr, überwiegend die Beförderung von Personen mit Einschränkungen für die Stiftung Mensch im Kreis Dithmarschen. Mit insgesamt 32 Mitarbeitern und 26 Fahrzeugen wird eine Gesamtfahrleistung von jährlich rund 1,1 Millionen Betriebswagenkilometer (Bwkm) erbracht. Für diese Leistung werden circa 275.000 Liter Dieselkraftstoff benötigt.

Das Unternehmen möchte seinen ökologischen Beitrag zur Energiewende (Reduktion der Nutzung fossiler Brennstoffe) zum Gemeinwohl leisten und einen konkreten Nutzen für die Gemeinde Sarzbüttel und die Region Dithmarschen stiften. Dafür sollen auch alternative und ergänzende Nutzungskonzepte des Standortes überprüft und vorab mit den wichtigen Interessenvertretern abgestimmt werden. Aus diesen Gesprächsrunden sollen die Möglichkeiten und Grenzen im Themenkomplex Elektromobilität ermittelt werden.

Das Unternehmen strebt die Integration erneuerbarer Energien in seine Betriebsabläufe an. Ein Solarpark am Rande von Sarzbüttel war in Planung. Die regionale Erzeugung von nachhaltigen Energien soll insbesondere einen Beitrag zum Klimaschutz und zugleich für Preisstabilität und langfristige, unabhängige Planungssicherheit sorgen und somit die Betriebsexistenz und Wettbewerbsfähigkeit sichern. Diese sich anbahnende Möglichkeit der Energieversorgung wollte das Unternehmen untersuchen.

Leitfragen der Studie

Wie kann ein kleines, privatwirtschaftliches Unternehmen, welches im Wettbewerb um knappe Ressourcen mit seinen Mitbewerbern steht, den Themenkomplex E-Mobilität in seine betrieblichen Prozesse integrieren und dabei wettbewerbsfähig bleiben?

Wie kann das Unternehmen, das einen Planungshorizont von wenigen Jahren (Vertragslaufzeit der Leistungsvergabe) hat, das notwendige Investitionsvolumen für den Netzanschluss, die E-Fahrzeuge (BEV) und die Ladeinfrastruktur (LIS) legitimieren?

Wer hat in der ländlichen Region ein Interesse an der Mitnutzung der LIS? Wären diese potentiellen Interessenten (Gemeindeentwicklungs-konzept/ Unternehmen der Region)? ggf. auch bereit mit bzw. quer zu finanzieren?

Gibt es alternative Nutzungskonzepte für die betrieblichen Flächen, wenn die Umsetzung der politischen Vorgabe der Clean Vehicle Directive (CVD) zur unüberwindbaren Hürde wird, die die Existenz des Betriebs bedroht?

Welche Fördermöglichkeiten bietet das Land Schleswig-Holstein seinen privatwirtschaftlichen Omnibusunternehmen für den Einstieg in die E-Mobilität?

Welche Konsequenzen sind zu befürchten, wenn sich das Unternehmen den Zugang zu den notwendigen Energiekapazitäten für E-Mobilität finanziell nicht leisten kann?

Welche klimafreundlichen Optionen der Energieselbstversorgung hat das Unternehmen, um den Einstieg in die E-Mobilität zu ermöglichen?

Methodik und Vorgehensweise

Ausgangspunkt der Studienarbeit war eine Standortbestimmung des Unternehmens. Dafür wurden die Leistungs-, Mengen-, Kosten- und Ertragsdaten in einer Trennungsrechnung den Strategischen Geschäftsfeldern (SGF) zugeordnet. Durch dieses Vorgehen wurde sichergestellt, dass das erarbeitete Konzept tragfähig und auf alle SGF übertragbar ist. Die nachfolgenden Abschnitte beschreiben die wesentlichen Inhalte und Erkenntnisse der verschiedenen Arbeitspakete der Studienarbeit.

Arbeitspakete

Standortbestimmung

Im Arbeitspaket Standortbestimmung wurden die Unternehmensdaten des Jahres 2023 aufgenommen und analysiert. Besonderes Augenmerk wurde bei der Datenerhebung auf die Datenqualität der Leistungs- und Mengendaten gelegt, da diese im Wesentlichen für die Akzeptanz und Umsetzbarkeit des Konzeptes bedeutsam sind.

Zu den Leistungsdaten gehören die Fahrplan-, Dienstplan- und Umlaufdaten, jeweils differenziert nach Zeiten und Kilometern. Zu den Mengendaten gehören die Fahrzeug- und Personalressourcen des Unternehmens. Die Daten der Fahrzeuge wurden in einer sog. Fahrzeugbilanz erhoben. Die wesentlichen Fahrzeugmerkmale wie z.B. Alter, Laufleistung, Flottenstruktur, Verbrauch, CO₂-Emissionswerte, etc. wurden dabei in einer Datenbankstruktur erfasst und auswertbar gemacht.



Abbildung 1: Trennungsrechnung nach Geschäftsfeld

Die Personaldaten wurden anonymisiert erhoben und in einer Personalbilanz (Kompetenzen, Arbeitsinhalte, etc.) für die weitere Auswertung erfasst. Die Zuordnung der Mitarbeiter zu Unternehmensfunktionen erfolgte über die Effektivanzwesenheit in Vollzeitäquivalenten (FTE), Dadurch wurde sichergestellt, dass die Abgrenzung innerhalb der „Strategischen-Geschäftsfelder“ (SGF) und der Unternehmensfunktionen geordnet ist und in die Funktionskostenanalyse einfließen kann. Alle Daten wurden in funktionspezifischen Kennzahlensystemen verprobt und auf Plausibilität hin überprüft.

Die qualitative Analyse bestand aus der Aufnahme und Bewertung der prozessbegleitenden Systemlandschaft des Unternehmens. Beurteilt wurde, ob und in wieweit die wesentlichen Unternehmensprozesse wirksam unterstützt werden.



Abbildung 2: Untersuchung der prozessunterstützenden Systemlandschaft

Die Bewertung der Managementkompetenz erfolgte anhand der Prüfkriterien Wirtschaftlichkeit (Kostensatzanalyse je Bwkm und Nutzwagenkilometer (Nwkm)), Wettbewerbsfähigkeit (harmonisierter Quervergleich mit potenziellem Wettbewerb) und Marktfähigkeit (z.B. Zugang zu Finanzmitteln und Ressourcen).

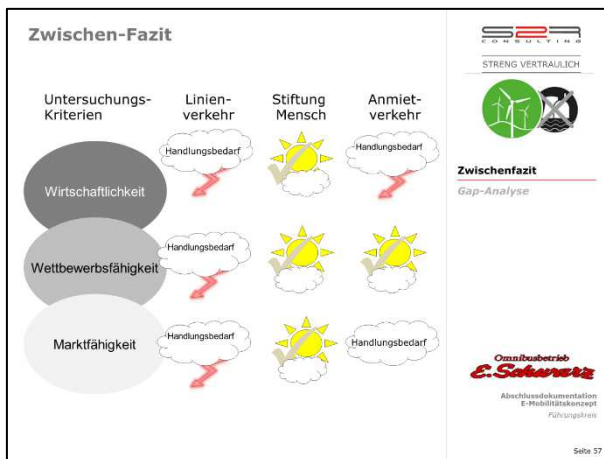


Abbildung 3: Zwischen Fazit der Standortbestimmung

Einigkeit besteht darüber, dass der Themenkomplex E-Mobilität nur im Unternehmenszustand von „Flow“ erfolgreich umgesetzt werden sollte. Dieser Flow-Zustand besteht in der Schnittmenge der Dimensionen Marktfähigkeit, Wettbewerbsfähigkeit und Wirtschaftlichkeit.



Abbildung 4: Beurteilungsdimensionen der Managementkompetenz

Mittels einer SWOT-Bedarfsanalyse wurden die Stärken (strengths), Schwächen (weaknesses), Chancen (opportunities) und Risiken (threats) auf dem Weg zum Einstieg in die E-Mobilität für das Unternehmen aufgezeigt.

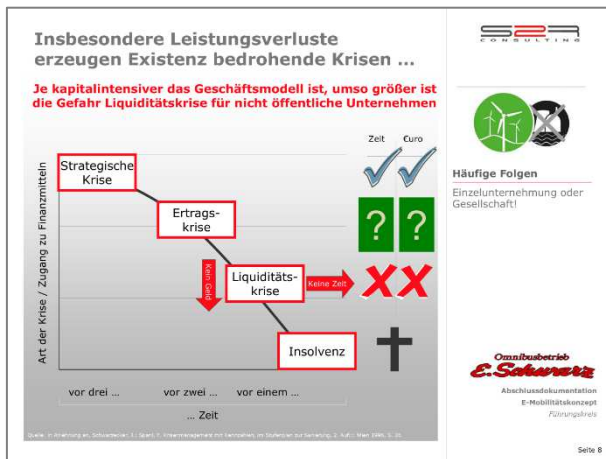


Abbildung 5 Unternehmenskrisen

Erkenntnisse des Workshops waren. Ohne geordneten Rahmen (z.B. Zugang zu Energie, zu Finanzmitteln und planbaren Verkehrsvertragslaufzeiten), ist für private Verkehrsunternehmen der Umschwung in die kapitalintensive E-Mobilität aus eigenen Bordmitteln nur schwer zu wagen.

Doch die Transformation des öffentlichen Nahverkehrs (ÖPNV) lässt dem Unternehmen keine Wahl. Bis Ende 2025 sollen im ÖPNV 45% „Saubere“ und „Emissionsfreie“ Fahrzeuge im Sinne der Richtlinie eingesetzt werden. Ende 2030 liegt die Beschaffungsquote bei 65%.

Der Aufbau der LIS und Beschaffung der Fahrzeuge und der Umgang damit sind Aufgabe der Verkehrsunternehmen (VU). Problematisch ist, dass gemeinwirtschaftliche Verkehrsleistungen mit Steuermitteln finanziert werden und regelmäßig neu öffentlich ausgeschrieben werden müssen. D.h. für das Unternehmen besteht das Risiko, dass man die Leistung bei der nächsten Ausschreibung wieder verliert und auf den Remanenzkosten der Investitionen für die LIS und den E-Fahrzeuge sitzen bleibt.

Da diese Kosten nicht umgehend wieder reduziert werden können, bedeutet der Leistungsverlust in Folge die Liquiditätskrise und bei privaten VU häufig die Insolvenz.

Produktionskostenanalyse

In einer aktuellen Studie von Roland Berger werden für alternative, fossilfreie Antriebstechniken deutliche Kostensenkungspotenziale ggü. dem Dieselflottenbetrieb über einen relativ kurzen Zeitraum prognostiziert. Nach Einschätzung der Studie von Roland Berger beträgt der relative Kostenvorteil für Stadtbusse des ÖPNV beim Dieselantrieb zum Bezugszeitpunkt (Jahr 2030) lediglich sieben bis acht Prozent. Diese grundsätzliche Einschätzung teilt das Führungsteam, da bereits zum gegenwärtigen Zeitpunkt ersichtlich wird, dass sich die Hersteller gezielt auf diese neuen Fahrzeugtechniken ausrichten. Dem Team war zudem bekannt, dass ein Stadtbusbetrieb u.a. wegen höherer Leistungsanforderungen und geringerer Umlaufgeschwindigkeiten, aufwendiger als der Regionalbusbetrieb ist. Daher geht das Führungsteam, für den eigenen Betrieb, sogar davon aus, dass sich die von Roland Berger beschriebenen Effekte eher noch vorteilhafter darstellen. Es besteht Einigkeit im Führungsteam, dass der Umstieg auf E-Mobilität im fallbezogenen Rahmen betriebswirtschaftlich sinnvoll anzustreben ist.

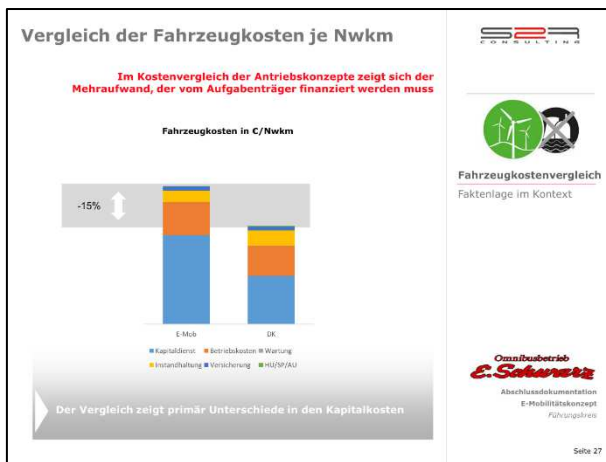


Abbildung 6: Produktionskostenvergleich der Antriebsarten im Status Quo

Kritische Erfolgsfaktoren

Stromversorgung

Eines der Unternehmensziele des Omnibusbetriebs E. Schwarz ist es, umweltgerechte Mobilität unter Berücksichtigung von eigenen Möglichkeiten und den infrastrukturellen Rahmenbedingungen innerhalb der den nächsten fünf Jahre zu realisieren. Eine Grundvoraussetzung für die Erreichung dieses Ziels ist eine Ringleitungsanbindung an das Mittelspannungsnetz von SH-Netz. Allerdings zeigen bisherige Untersuchungen, dass die ladeinfrastrukturellen Voraussetzungen am Standort Sarzbüttel und Umgebung derzeit nicht vorhanden sind und erst geschaffen werden müssen.



Abbildung 7: Kritischer Erfolgsfaktor Stromversorgung

Die Straßensanierung der Hauptstraße, an dem der Betriebsstandort liegt, sollte für eine Anbindung an des Mittelspannungsnetz genutzt werden. Diese Sanierung war zunächst für das Jahr 2025 vorgesehen. Auf Nachfrage bei der Gemeinde kann mit einer Straßensanierung allerdings frühestens 2030 gerechnet werden.

Des Weiteren sind für die Realisierung des Vorhabens Fördermöglichkeiten erforderlich, um die hohen Investitionskosten bzw. den daraus entstehenden Kapitaldienst leisten zu können. Die Kosten für die Anbindung des Betriebs an die Ringleitung wurden von SH-Netz mit knapp 135 TEuro netto beziffert bei einer Lieferzeit von vier bis fünf Monaten. Mit den Einnahmen aus den bestehenden Verkehrsverträgen wird diese Investition für das Unternehmen aus eigener Kraft nicht zu realisieren sein.

Machbarkeit von LIS-Sharing

Die Landesregierung unterstützt die Gemeinden durch finanzielle Förderung von Maßnahmen zur nachhaltigen Sicherung und Verbesserung der örtlichen Lebensbedingungen. Die Sicherstellung von Mobilität steht als eines von vier Handlungsfeldern im Fokus der Gemeinde Sarzbüttel.

In der Gemeinde Sarzbüttel gab es zum Zeitpunkt der Konzepterstellung keine öffentliche Elektroladeinfrastruktur. Im Abschlussbericht des Ortsentwicklungskonzepts¹ aus dem Jahr 2021, wurde neben einem Carsharing für die Dorfgemeinschaft der Wunsch nach einer öffentlich zugänglichen Ladestelle für E-Fahrzeuge formuliert. Das Omnibusunternehmen E. Schwarz, hat sein Umstellungsanliegen gemäß der Handlungsfelder und Maßnahmen 4.1.6., auf Förderung der Umsetzung seines E-Mobilitätskonzeptes, im Ortsentwicklungskonzept angemeldet. Die Aufnahme dieser Maßnahme in das Ortsentwicklungskonzept der Gemeinde Sarzbüttel und dessen Umsetzung ist aus Sicht des Unternehmens erfolgskritisch.

Bei Anbindung an das Mittelspannungsnetz, wären weitere Investitionen für die Ladeinfrastruktur auf dem Betriebsgrundstück notwendig.

¹ Vgl. Ortsentwicklungskonzept der Gemeinde Sarzbüttel, Büro Olaf, 2021, Seite 28)

Kritischer Erfolgsfaktor: Ladeinfrastruktur

Ladeinfrastruktur (LIS)



Baukostenzuschuss für fünf Ladepunkte 21.750Euro
 Kundenstation Trafo für 800KVA für fünf Ladepunkte 120-135TEuro
 DC Ladesäule 150kw 45TEuro je Stück entspricht 225 TEuro gesamt
 Lieferzeiten 4-5 Monate für Ladesäulen, Trafo über 1 Jahr
 Netzberechnung 4-5 Wochen

Anliegen:
 Baugenehmigung für LIS (Ladeinfrastruktur),
 Aussagen zu Fördermöglichkeiten: 60% NOW GmbH / BAG Bund



STRENG VERTRAULICH



Ladeinfrastruktur

Integration in das
Ortsentwicklungskonzept
der Gemeinde Sarzbüttel



Abrechtsdokumentation
E-Mobilitätskonzept
Führungsbrief

Seite 14
© SIR Management Partnerschaft 2009-2024

Abbildung 8: Kritischer Erfolgsfaktor Ladeinfrastruktur

Die Kundenstation mit Trafo für 800 KVA (640kw) für fünf Ladepunkte muss mit 120-135TEuro kalkuliert werden, die DC-Ladesäulen 150kw wurden mit 45TEuro je Einheit angeboten, was weiteren 225 TEuro entspricht. Zudem muss mit einem Baukostenzuschuss für die fünf Ladepunkte von 25TEuro gerechnet werden. Das entspricht einem Investitionsvolumen von 370-385 TEuro zzgl. kalk. Mehraufwandsaufschlag von 15-30 TEuro rund 400 TEuro für 5 Ladepunkte. Die Kosten für Blind-Anschlüsse, die eine Erweiterungsmöglichkeit der LIS in Zukunft bei Bedarf ermöglichen sollen, werden mit 25% der LIS-Anschaffungskosten, also mit weiteren 50TEuro, kalkuliert. Da es sich um die notwendige Erweiterung / Ergänzung des Betriebs handelt, wurden aus Gründen der Hygiene, vorab Gespräche mit Vertretern der Gemeinde und der Baubehörde, Mitteldithmarschen, bezüglich der notwendigen Bauvorhaben geführt. Die Resonanz war zugewandt positiv und Aussagen zu evtl. Fördermöglichkeiten (NOW GmbH / BAG Bund) wurden notiert. Diese gilt es zu prüfen und zu verfolgen.

Grundsätzlich wäre der Betrieb bereit, seine LIS anderen Unternehmen zur Verfügung zu stellen. Mittels Stakeholder-Analyse wurde konkretisiert, welche Gruppen, die im Umfeld des Unternehmens wirken, auch ein Interesse an einer öffentlich-zugänglichen Stromversorgung im Mittelspannungsbereich am Betriebsstandort des Unternehmens haben.

Weiterführende Gespräche mit Unternehmen der Region über eine gemeinsame Bedarfs- und Nutzungsanalyse der LIS wurden aufgrund der Ungewissheit, ob der Betrieb kurz- bis mittelfristig Zugang zum Mittelspannungsnetz von SH-Netz erhält, zunächst zurückgestellt. Das im Projektzeitraum erstellte Konzept für die Identifikation möglicher Partnerunternehmen (gezielte Partneransprache, fragebogengestützte Interviews, kooperationstiefen Austausch, Workshops etc.) soll zum Zeitpunkt der Netzanbindung umgesetzt werden. Erste Rückmeldungen zu zwischenzeitlich geführten Gesprächen zeigten bereits großes Interesse an einer gemeinsam nutzbaren E-Ladesäulenlösung in der Gemeinde, Unternehmen der Region sowie den Unternehmen der Sozialen Allianz.

Exkursion: Machbarkeitsstudie Wasserstoff

Eine weitere Handlungsalternative, die im Rahmen der Studie geprüft wurde, war die Idee, gemeinsam mit einem spezialisierten Unternehmen eine Wasserstofftankstelle auf dem eigenen Betriebsstandort in Sarzbüttel zu errichten; die Versorgung mit grünem Strom sollte durch den geplanten Solarpark Sarzbüttel erfolgen. Bei dem Vorortbesuch

in Nordfriesland, mit anschließendem Besuch der Wasserstofftankstelle in Niebüll, Nordfriesland, wurden die Erfahrungsberichte des mit Wasserstoff betriebenen Linienbetriebs zwischen Husum und Niebüll diskutiert.

Den E-Farm Pilot-Fahrzeugen der Marke CAETANO wurden hohe Reichweiten von 600 km, geringe Verbräuche 5Kg/100 Bwkm sowie kurze Tankdauern bei gleichzeitig hoher Fahrzeugverfügbarkeit bescheinigt. Negativ wurden intern insbesondere die geringe Tankstellenanzahl sowie die hohen Fahrzeugpreise bewertet. Ein wesentlicher Teil der Projektarbeit war die Abstimmung und Überprüfung der für die Vorbereitung der realen Umsetzung kritischen Erfolgsfaktoren.

Als Ergebnis dieser strukturierten Wirtschaftlichkeitsanalyse wurden folgenden Zielerreichungsmerkmale als kritischen Rahmengrößen für die Realisierung festgelegt:

- Anzahl der Betankungen mit der Menge (in Kg) pro Tag,
- Größenordnung in MW (Megawatt) Elektrolyse samt
- benötigte Fläche in Hektar (ha) für Anzahl MW PV bzw. Wind (Anzahl WEA) oder eine Kombination daraus

Trotz zentraler Lage in Dithmarschen, waren diese Zielerreichungskriterien zum Zeitpunkt der Betrachtung für den Betrieb nicht realisierbar. Auch die geforderte Autobahnnähe, mitsamt kritischer Tankstellenflächengröße, konnte nicht erfüllt werden. Zudem war das geplante Vorhaben Solarpark Sarzbüttel aufgrund von Unwägbarkeit gescheitert. Auf Basis dieser Ergebnisse wurde die Option Wasserstoff verworfen bzw. bis auf weiteres zurückgestellt.

Entwicklung 2 Schalenphasen Modell

Auf der Suche nach den Möglichkeiten und Grenzen für E-Mobilität für den Omnibusbetrieb Schwarz, wurden in Anlehnung an das St. Galler Management Modells folgende Denkschritte durchlaufen:

Problemstellungen in Zusammenhang mit dem Themenkomplex E-Mobilität wurden zu Projektbeginn als „Problem der Fragestellung: E-Mobilität“ ausformuliert. Aus Sicht des St. Galler Management Modells wird ein Problem idealerweise in Form einer Frage definiert, da die korrekte Beantwortung der Frage die Problemlösung ergibt. Im Anschluss wurden aus den Antworten die für die Umsetzung der E-Mobilität am Standort Sarzbüttel kritischen Erfolgsfaktoren abgeleitet, die im Rahmen der Studie zwingend zu bearbeiten waren.



Abbildung 9: Übersicht der kritischen Erfolgsfaktoren für E-Mobilität

Auf Basis der festgelegten kritischen Erfolgsfaktoren wurden die Vor- und Nachteile verschiedener Handlungsalternativen beurteilt und gegeneinander abgewogen. Am Ende des Prozesses hat sich das Unternehmen für das ‚2 Schalenphasen-Modell‘ entschieden. Dieses Modell wird in der folgenden Abbildung dargestellt und wesentlichen Aspekte im Nachgang kurz dargestellt:

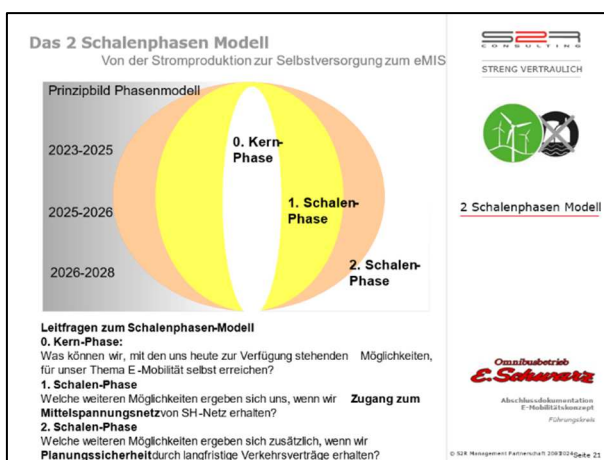


Abbildung 10: Das zwei Schalenphasen-Modell

Das zwei Schalenphasen Modell basiert auf den Lösungen, die sich aus der Beantwortung der Leitfragen der einzelnen Phasen ergeben.

Ausgangspunkt war die Kernphasen-Leitfrage:

Was können wir, mit den uns heute zur Verfügung stehenden Möglichkeiten, für unser Thema E-Mobilität bewirken?



Die Antworten auf die Leitfrage ergab die Lösungsmöglichkeiten:

- Beschaffung und Aufbau von zwei 30kwp PV-Anlage samt jeweils 10kwhp Speicherkapazität, deren Beschaffungskosten sich über Zeit amortisiert.
- Erwerb von einem BEV Vito, der sich über die vorhandenen und selbstproduzierten Energiemengen betrieblich einsetzen lässt.
- Beschaffung von einem H₂ Hyundai NEXO, um sich mit dem Themenkomplex „Wasserstoff & Mobilität“ im Betrieb auseinander zu setzen.
- Ratierlicher Austausch von drei DK-Sprinter-Bussen und Erwerb von drei BEV leichten Nutzfahrzeugen der Marke K-Bus.at mit einem Platzangebot von 15 Sitzplätzen, zwei Rollstuhlplätzen und dem Fahrerplatz, die über die vorhandenen Energiemengen mit Zwischenladekonzept und handelsüblichen Wallboxen betrieben werden können.
- Umstellung der Umläufe/Touren, um den Austausch konzeptionell zu ermöglichen.

Geplanter Umsetzungszeitraum: 2023-2025

Einsparung von grob 57 Tonnen/a CO₂ Ausstoß.

Ausgangspunkt ist die 1. Schalenphasen-Leitfrage:

Welche weiteren Möglichkeiten ergeben sich uns, wenn wir Zugang zum Mittelspannungsnetz von SH-Netz erhalten?



Die Antworten auf die Leitfrage ergab die Lösungsmöglichkeiten:

- Zugang zum Mittelspannungsnetz von SH-Netz, quersubventioniert aus Mitteln für das Ortsentwicklungskonzept der Gemeinde Sarzbüttel für das Vorhaben des Aufbaus einer öffentlich zugänglichen Ladesäule im Ortskern, auf dem Betriebshof vom Omnibusbetrieb Schwarz.
- Durch den Zugang ist ein Ausbau von weiterer 60kWp PV-Anlagekapazität, Windkraftanlagen mit Speicherkapazität am Betriebsstandort möglich
- Darüber hinaus strebt das Unternehmen an, zwei 12 Meter BEV-Fahrzeuge im Austausch mit zwei A20 Lion´s-City anzuschaffen.

Geplanter Umsetzungszeitraum: 2025-2026

Einsparung von fiktiven 80 Tonnen/a CO₂ Ausstoß.

Ausgangspunkt ist die 2. Schalenphasen-Leitfrage:

Welche weiteren Möglichkeiten ergeben sich zusätzlich, wenn wir Planungssicherheit durch langfristige Verkehrsverträge erhalten?



Die Antworten auf die Leitfrage ergab die Lösungsmöglichkeiten:

- Aufbau eines eMIS-Ladeparks am Standort Sarzbüttel für zunächst 6 E-Solo und 2 E-Reisebusse, beim Zustandekommen eines Verkehrsvertrages für den Bau-, Werks- und Shuttleverkehr mit einem großen Unternehmen der Region.
- In dieser Phase begleitet eMIS die gesamte Umstellung auf den E-Busbetrieb. Fördermittel des BMDV kommen dem Unternehmen in voller Höhe zugute. Der Aufwand für den Betrieb der E-Busse (u.a. für Strom, Trafo, LIS, Service und Versicherung) sind in einem eMIS-System-Mietpreis enthalten. Das Ergebnis sind kalkulierbare Kosten pro gefahrenem Bwkm

Geplanter Umsetzungszeitraum: 2024-2028

Einsparung von fiktiven 320 Tonnen/a CO₂ Ausstoß.

Auswahl der BEV-Fahrzeuge der Kernphase

Die E-Fahrzeuge, die im Ersatz für die VDL-Midi Busse eingesetzt werden sollen, müssen mindestens die Standards der Bestandsfahrzeuge erfüllen. K-Bus.at, ein E-Fahrzeughersteller aus Österreich, stellt BEV auf der Basis vom EQV / E Vito mit 100 KW Batterieleistung (+ /- ca. 20 % entsprechend der Saison / Nebenverbraucher), einem Fahrerplatz, 15 Sitzplätzen, zwei Rollstuhlplätzen mit einer Ladeleistung von bis zu 44kw.

Gemäß Hersteller soll mit circa 10 KW Batterieleistung pro 1 Tonne für 100 Kilometer Reichweite (Range) kalkuliert werden. Die Busse haben je nach Ausführung ein Gesamtgewicht von 5 bis 6 Tonnen.

Tabelle 1: Annahmen und Prämissen der Ladezeiten

Annahmen und Prämissen der Ladezeiten:				
Fahrzeuggewicht: 5.500 Kg				
Inkl. Bef. Personen: Fahrer & Fahrgäste: 18 x 75Kg= 1.350 KG				
Akku Kapazität: 100* Effektivitätsfaktor0,81 (vgl. Analyse Energiebedarf) 81KWh				
Kalkulatorische Reichweite: 120-150 Bwkm				
Ladegeschwindigkeit:	0-100%	20-100%	20-80%	20-60%
DC Station bis 50kw:	1h47	1h25	1h01	0h42
Wallbox bis 22kw:	4h32	3h38	2h45	1h45

Quelle: Simulation der Ladezeit EQV (1)

Die Auswertung der Betriebsdaten ergab, dass die zur Verfügung stehende Energiemenge des Betriebs ausreichen wird, die Leistung von drei Bestandsfahrzeugen zu erbringen. Im Folgenden wird die Ausgangslage kurz grafisch dargestellt:

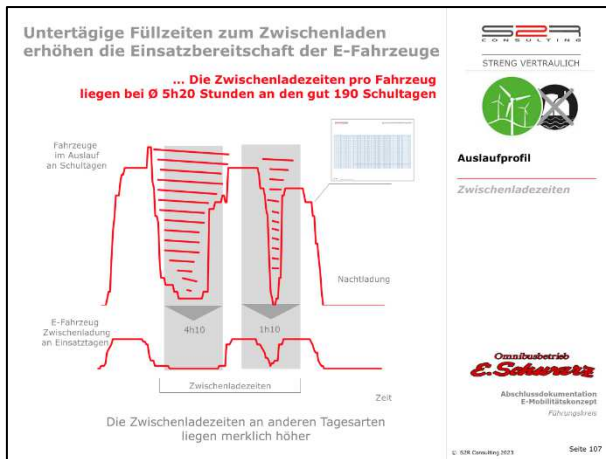


Abbildung 11: Übersicht der Möglichkeiten zur betrieblichen Zwischenladung

Gemäß Planung für Tour 420 leistet das Fahrzeug in der ersten Hauptverkehrszeit (HVZ) 80 Bwkm. Der Ladestand beträgt nach der Leistungserbringung ca. 40 Prozent. Die erste Zwischenladung mit 11KW beträgt 4 Stunden und die Ladekapazität erreicht 80 Prozent. In der zweiten Stoßzeit werden erneut 80 Bwkm geleistet, was die Akkumulatoren (Akku) auf einen Ladestand von 20% reduziert. Die Zwischenladung am Satellitenstandort über 45 Minuten an der CCS-Ladesäule mit 100KW/H erhöht den Ladestand auf 80%. Nach der Restfahrstrecke der Tour von rd. 70 Bwkm und zurück zum Betrieb verbleibt eine Ladekapazität von rd. 30%. In der Nachtladung mit 11KW pro Stunde wird der Akku für den nächsten Einsatz erneut auf 100% geladen.

Dasselbe Prinzip gilt auch für die Touren 460 und 900 (siehe Anlage).

Ermittlung des-Energiebedarfs der Kernphase

Die Ermittlung des konkreten Energiebedarfs für den Betrieb der Kernphase ist von hoher Bedeutung, da dem Betrieb lediglich zwei Hausanschlüsse mit jeweils max. 30KW zur Verfügung stehen.

Die Umläufe des Unternehmens sind, wie beim typischen Schülerverkehr üblich², von Spitzenleistungen geprägt. Beim Omnibusbetrieb Schwarz bedeutet das mit Blick auf die Fahrzeugleistung rund 90 Kilometer vormittags, dann drei bis vier Stunden Pause, am Nachmittag dann noch einmal 130 Kilometer. Die Fahrdynamik der Busse wird beeinflusst von relativ hohen Reisegeschwindigkeiten und Haltestellenabständen.

Die Fahrzeuge sollen nachts, am späten Vormittag und bei Bedarf kurz nachmittags, zwischen den drei Stoßzeiten, geladen werden. So kann der Betrieb tagsüber Zeiten nutzen, in denen sich günstig Strom aus erneuerbaren Quellen einkaufen lässt. Darüber hinaus können Spitzen bei Sonnenstrom und Windaufkommen genutzt werden und Energie bei entsprechend niedrigen Preisen eingekauft werden. Durch den mehrstündigen Lade-Slot ist der Betrieb der Fahrzeuge über Wallboxen-Ladeleistungen realisierbar, was sich auch positiv auf die Lebensdauer der Batterien auswirken kann. In Ergänzung sollen dezentral gelegene Ladepunkte bei befreundeten Unternehmen genutzt werden, um bei Bedarf weitere Zeit zum erneuten Zwischenladen in der Nachmittagszeit zu erhalten und Potenziale durch geringere Leerfahrten (An- und Abfahrtzeiten) zu realisieren.

² Datenfundus S2R Management Partnerschaft

Der Energiebedarf der E-Fahrzeuge wurde kalkulatorisch unterteilt in den Energiebedarf für die reine Fahrleistung³, und den Energiebedarf für Nebenverbraucher⁴. Bei den Energieverbrauchsrechnungen wurden bewusst konservative Schätzwerte gewählt. Die Energienutzung für die Fahrleistung wird maßgeblich vom Fahrzeuggewicht beeinflusst.

Das Fahrgast Gesamtgewicht wurde anhand der Tourenpläne (Anzahl Fahrgäste) mit einem \emptyset Personengewicht von 75 kg ermittelt. Zudem wird aus Gründen der kaufmännischen Vorsicht mit einen Effektivitätsfaktor von 81% der Akku-Kapazitätsangabe kalkuliert. Hierdurch soll Akku-Minderleistung mit einem Faktor 0,9 sowie der ratierte durchschnittliche Kapazitätsverlust des Akkus (Faktor: $(1,0+0,8)/2$) berücksichtigt werden.

Bei den Nebenverbrauchern sorgt neben Lüftung und Klimatisierung insbesondere der Heizbedarf für einen höheren Energiebedarf. Der Heizbedarf an kalten Tagen sollte über eine Brennstoffheizung erfolgen, die die Batterie entlastet.

Die Umlaufkilometer und Lenkzeiten wurden für die drei neu geplanten Touren, die zukünftig emissionsfrei betrieben werden sollen, ermittelt. Diese Daten wurden als Orientierung für die möglichen Zwischenladezeitfenster analysiert. Als grobe kalkulatorische Abgrenzungsgröße wurden circa 20% der theoretisch möglichen Ladezeit abgezogen, um realistische Ladezeiten-Slots vor und nach den Fahrten zu definieren. Da der Betrieb lediglich mit zwei Hausanschlüssen (je max. 30KW) ausgestattet ist, war die Herausforderung ein Ladekonzept zu entwickeln, dass die Fahrzeuge parallel zu laden vermag, um die Leistung vertragskonform zu bringen. Insgesamt musste dabei berücksichtigt werden, dass der Betrieb einen noch nicht optimierten Stromverbrauch von rd. 12Tkw/h (je 6Tkw/h/Anschluss/Jahr) benötigt, um die Betriebsgebäude-, Werkstatt- und Hofbedarfe zu decken. Förderlich war, dass der Betrieb im Laufe des Projekts bereits erste Maßnahmen umgesetzt hatte und über eine Solaranlage mit großer Speicherkapazität (mit weiterem Potenzial) an einem der Hausanschlüsse verfügt. Eine weitere identische Anlage ist für 2024/2025 am zweiten Hausanschluss geplant. Da alle drei Fahrzeugkonfigurationen zusätzliche Ladezeit im Betrieb benötigen, wurde die Umlaufplanung angepasst. In den Schwachlastzeiten können die E-Fahrzeuge bei Bedarf auf dem Betriebshof nachgeladen werden.

Selbsterzeugung und Speicherung erneuerbarer Energien

Derzeit sind die lade-infrastrukturellen Voraussetzungen am Standort Sarzbüttel und Umgebung nicht gegeben. Daher wurde die Entscheidung getroffen für die Kernphase, den Einstieg in die Energiewende aus eigener Kraft und mit den zur Verfügung stehenden Bordmitteln anzugehen.

Die maximale Leistung, die der Betrieb gleichzeitig aus einem Hausanschluss von Schleswig-Holstein Netz AG (SH-Netz) ziehen kann, beträgt 30kw. Dem Betrieb stehen zwei Haushaltsanschlüsse zur Verfügung. Zudem wurde eine Solaranlage mit Ausbaupotenzial samt Speicherkapazität auf einem der Betriebsgebäude installiert. Auch soll an dem weiteren Hausanschluss, Östergang 6a, eine weitere Solaranlage mit Speicher entstehen. Sollte der Betrieb die Entscheidung treffen in die Mittelspannungsversorgung zu investieren, sind der Ausbau von Solaranlagen und kleinen Windkraftanlagen möglich. Diese robusten Minikraftwerke, die auf dem

³ z.B. Fahrwiderstände, Beschleunigung, Verluste des Antriebstrangs und Zurückspeisen von Bremsenergie etc.

⁴ z.B. Lenkhilfen, Kompressoren, Klima und Licht, etc.

Betriebsstandort betrieben werden können, produzieren, bei guten Windverhältnissen, jeweils bis zu 5.000kwh sauberen Strom pro Jahr.

Kritischer Erfolgsfaktor: Energiespeicherung

Selbsterzeugung und Speicherung erneuerbarer Energien

Aufbau robuster Minikraftwerke, die auf Masten in der Nähe des Betriebs montiert werden und – bei guten Windverhältnissen – bis zu 5.000 kw/h sauberen Strom pro Jahr produzieren können. Bei diesen Anlagen ist zunächst mit Kosten von ungefähr 25.000 Euro zu rechnen. Am besten eignen Sie sich in Kombination mit einer Photovoltaikanlage und einem Stromspeicher (1.500 Euro/KWHP)



Anliegen:
Genehmigung für Energiespeicheranlage 310-400 kWh
Aussagen zu Fördermöglichkeiten ?


 STRENG VERTRAULICH

 Energiespeicher

 Diskussionsgrundlage
 Gesprächsgrundlage
 Stand: 25. Januar 2023
 © SES Consulting 2017 Seite 14

Abbildung 12: Kritischer Erfolgsfaktor Energiespeicher

In Kombination mit der Photovoltaikanlage und dem Stromspeicher ergänzen sich die Komponenten zu einem System selbsterzeugter erneuerbarer Energien.

Um die Energiemenge für den Einstieg, zunächst für ein bis drei K-Bus E-Solar City XL, sicherzustellen, wird die Speicherkapazität schrittweise aufgebaut. Im Zielzustand soll die Ladung der Fahrzeuge auch in den betrieblichen Schwachlastzeiten erfolgen und die Speicherkapazität so dimensioniert sein, dass bei Fahrzeugladezeiten die betriebseigene Anlage den Großteil der notwendigen Energiemenge zur Verfügung stellt.

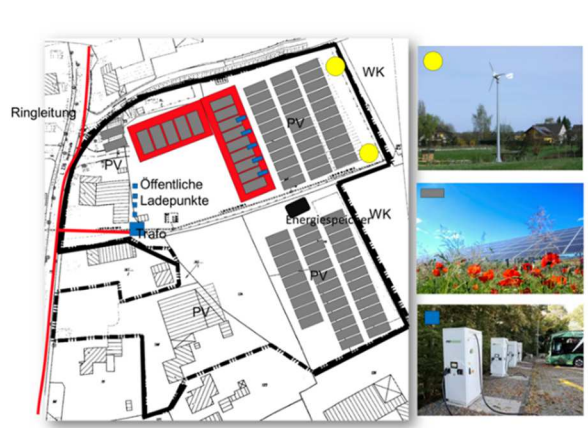


Abbildung 13: Prinzipbild der Standortnutzung

Maßnahmenplanung

M 1-3 Fahrzeuge

Tabelle 2: Maßnahmenübersicht VIP Shuttle

M	Kategorie	Inhalt	Status Umsetzungsplan
1 - 0	VIP-Shuttle	Kauf von zwei E-Fahrzeugen.	Gepl. Umsetzungszeitraum 2023
1 - 1	VIP-Shuttle	Beschaffung Wasserstoff E-KFZ Kauf von Hyundai Nexo	erledigt
1 - 2	VIP-Shuttle	Beschaffung E-KFZ Kauf von E-Vito /Wallbox 1 DC á 22kW 1.000 Euro je Stück	erledigt

Tabelle 3: Maßnahmenübersicht Austausch 8 Meter Busse

M	Kategorie	Inhalt	Status Umsetzungsplan
2 - 0	E-Fahrzeuge	Kauf von drei 8 Meter BEV-Fahrzeugen / Austausch Sprinter Mid-City durch K-Bus E-Solar City XL	Gepl. Umsetzungszeitraum 2024-2026
2 - 1	E-Fahrzeuge	Austausch Fzg: Hei-S 420	Gepl. Umsetzungszeitraum 2024-2025
2 - 2	E-Fahrzeuge	Austausch Fzg: Hei-S 460	Gepl. Umsetzungszeitraum 2024-2025
2 - 3	E-Fahrzeuge	Austausch Fzg: Hei-S 900	Gepl. Umsetzungszeitraum 2025-2026

Tabelle 4: Maßnahmenübersicht Austausch 12m Solo Busse

M	Kategorie	Inhalt	Status Umsetzungsplan
3 - 0	E-Fahrzeuge	Kauf von zwei 12 Meter BEV-Fahrzeugen / Austausch A20 Lion's-City	Kritische Erfolgsfaktoren: Zugang zu Förderung, Zugang zum Mittelsp. SH-Netz
3 - 1	E-Fahrzeuge	Austausch Fzg: Hei-S 8008	Gepl. Umsetzungszeitraum 2028-2030
3 - 2	E-Fahrzeuge	Austausch Fzg: HEI-S 8888	Gepl. Umsetzungszeitraum 2028-2030

M 4-5 Ladeinfrastruktur

Tabelle 5: Umsetzungsalternative Anschluss an Mittelspannungsnetz SH Netz AG

M	Kategorie	Inhalt	Status Umsetzungsplan
4 - 0	LIS	Maßnahme Alternative I : Anschluss Betrieb an das Mittelspannungsnetz SH Netz AG	Kritischer Erfolgsfaktor: Zugang zum Mittelsp. SH-Netz
4 - 1	LIS	Anschluss Betrieb an das Mittelspannungsnetz SH Netz AG	Lieferzeit: 4-5 Monate nach Beauftragung (n.B.)
4 - 2	LIS	Kundenstation Trafo für 800KVA für fünf Ladepunkte	Lieferzeit: 1 Jahr n.B.
4 - 3	LIS	DC Ladesäule 150kw 45-50TEuro je Stück entspricht 225 TEuro gesamt	Lieferzeit: 4-5 Monate n.B.
4 - 4	LIS	Beantragung Netzberechnung	Dauer: 4-5 Woche n.B.

Tabelle 6: Umsetzungsalternative LIS

M	Kategorie	Inhalt	Status Umsetzungsplan
5 - 0	LIS	Maßnahme Alternative : kein Anschluss Betrieb an das Mittelspannungsnetz SH Netz AG	In diesem Szenario werden lediglich drei sprinterähnliche Fahrzeuge erworben, Der Erwerb der 12 Meter Solo BEV Fahrzeuge entfällt vorerst aufgrund der Tatsache, dass die Netz-Anbindung zz. nicht möglich ist
5 - 1	LIS	Drei DC Ladesäule á 22kw 1.000 Euro je Stück entspricht 3 TEuro gesamt / Standort 2 Östergang 6a, 1 Hauptstrasse 42	Lieferzeit: 1 Monat

M 6-7 Selbst-Energieversorgung

Tabelle 7: Maßnahmenübersicht PV Ausbau

M	Kategorie	Inhalt	Status Umsetzungsplan
6 - 0	Solar-Energie	Maßnahme Solar-Energieeigenversorgung aus eigener Kraft	Kritischer Erfolgsfaktor: Zugang zum Mittelsp. SH-Netz
6 - 1	Solar-Energie	Kauf von 30kwp Solaranlage 10 Kw Speicher / Gebäude Hauptstr. 42	Gepl. Umsetzungszeitraum 2023-2024
6 - 2	Solar-Energie	Kauf von 30kwp Solaranlage 10 Kw Speicher / Lagerstätte Hauptstr. 42	Gepl. Umsetzungszeitraum 2024-2025
6 - 3	Solar-Energie	Kauf von 15 kwp Solaranlage 5 kw Speicher/Lager Hauptstr. 42	Gepl. Umsetzungszeitraum 2025-2026
6 - 4	Solar-Energie	Kauf von 30kwp Solaranlage 10 Kw Speicher / Gebäude Östergang 6a & 6	Gepl. Umsetzungszeitraum 2023-2024

Tabelle 8: Maßnahmenübersicht Windkraft

M	Kategorie	Inhalt	Status Umsetzungsplan
7 - 0	Wind-Energie	Maßnahme Windkraft-Energieeigenversorgung aus eigener Kraft	Kritischer Erfolgsfaktor: Anschluss an das Mittelspannungsnetz erforderlich
7 - 1	Wind-Energie	Kauf von Windkraftanlagen Kapazität 5.000 Kw/hp pro Jahr / Grundstück Hauptstr. 42	2026-2027 (Annahme Bescheid Dauer 24 Monate)
7 - 2	Wind-Energie	Kauf von Windkraftanlagen Kapazität 5.000 Kw/hp pro Jahr / Grundstück Hauptstr. 42	2027-2028 (Annahme Bescheid Dauer 24 Monate)

Tabelle 9: Maßnahme Erhöhung der Speicherkapazität

M 8 Energiespeicherung

M	Kategorie	Inhalt	Status Umsetzungsplan
8 - 1	E-Speicher	Maßnahme Energiespeicher 310-400 Kwh	Gepl. Umsetzungszeitraum 2025-2026

M 9 Werkstatt

Für die rechtssichere Umstellung wird die Instandhaltung der E-Fahrzeuge konsequent fremd vergeben. Die geplante Instandhaltungstiefe an den E-Fahrzeugen soll aufgrund der Welle von Vorgaben der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (DGUV) bezüglich der Fahrzeug-Instandhaltung (DGUV 109-009) unter Einhaltung der gesetzlich vorgeschriebenen Arbeitsstättenrichtlinie und den Unfallverhütungsvorschriften lediglich auf die Fahrzeugpflege beschränkt sein.

Für den Umgang im Havariefall der Energiespeicher sind verschiedene Bedingungen einzuhalten. Dabei müssen die Anforderungen des Batterieherstellers eingehalten und in die Betriebs- und Arbeitsanweisungen eingearbeitet werden. Für kleinere Arbeiten muss die Ausstattung der Werkstatt für die Fahrzeuge mit elektrischen Antrieben angepasst bzw. in doppelter Ausführung vorgehalten werden.

(Handlungsalternative: Einarbeitung der Anforderungen des Batterieherstellers in die Betriebs- und Arbeitsanweisung. Ausstattung der Werkstatt mit Werkzeugen für Fahrzeuge mit elektrischem Antrieb)

M 10 Fahrzeugpflege

Für die noch zu beschaffenden Busse mit elektrischen Antrieben, muss eine Wasch- und Pflegeanleitung erstellt werden. Die Hinweise des Fahrzeugherstellers müssen bei der Fahrzeugpflege befolgt werden.

(Handlungsalternative: Wasch- und Pflegeanleitung für die E-Fahrzeuge erstellen)

M 11 Gesicherte Ruhefläche

Ab Inbetriebnahme der Fahrzeuge ist eine gesicherte Ruhefläche auf dem Betriebshof einzurichten. Diese dient als Abstellfläche für (potenziell) beschädigte Fahrzeuge mit Lithium-Ionen-Batterien. Durch das Abstellen der Fahrzeuge an diesem Ort, soll ein Übergreifen von Flammen auf benachbarte Fahrzeuge oder Gebäudeteile verhindert werden. Die VDV-Schrift 825 wird für die Einhaltung der Mindestmaße für eine solche Fläche in Abhängigkeit zu den Fahrzeugabmessungen zu Rate gezogen (Havariefläche = Abstellfläche zzgl. umlaufend 5 m Abstand).

(Handlungsalternative: Kenntlichmachung der Ruhefläche durch Bodenlinien der Havariefläche und Warnhinweis-Beschilderung)

M 12 Fahrpersonal

Das Fahrpersonal soll von Anfang an in die Planung der Einführung von Bussen mit elektrischen Antrieben miteinbezogen werden. Erfahrungen im Umgang mit elektrischen Fahrzeugen soll durch ausführliche Einweisung am Fahrzeug und an den Ladepunkten im Dialog gelehrt werden.

(Handlungsalternative: Planung von regelmäßigen Fahrergruppen-Schulungen an Fahrzeug und Ladepunkt zum Erfahrungsaustausch)

M 13 Schulungs- und Qualifizierungsprogramm

Alle Mitarbeiter werden über die Gefahren, die vom Umgang mit elektrischen Fahrzeugen ausgehen, regelmäßig und nachweislich unterwiesen. Dazu zählt neben dem Fahrdienst auch die Büro- und Reinigungskräfte, sowie externe Dienstleister und Besucher. Die elektrotechnische Verantwortung wird an den Werkstattleiter Sven Martens übertragen.

(Handlungsalternative: Inhalte und weitere Hinweise können in der VDV-Mitteilung 5701 „Verantwortliche Elektrofachkraft (vEFK) im Aufgabenbereich des ÖPNV“ nachgeschlagen werden. Schulungs- und Qualifizierungsprogramm für den Betrieb erstellen.)

M 14 Betriebsanweisungen

Durch Einsatz von Bussen mit elektrischen Antrieben, sind im Unternehmen alle Unternehmensbereiche betroffen. Das macht es notwendig die bestehenden Betriebsanweisungen zu aktualisieren und an die neuen Betriebsabläufe anzupassen.

(Handlungsalternative: Betriebsanweisungen aktualisieren)

M 15 Notfallkonzepte

Nach dem Arbeitsschutzgesetz und Betriebssicherheitsverordnung ist das Unternehmen zur Erstellung einer Gefährdungsbeurteilung verpflichtet um die daraus entstehenden Schutzmaßnahmen ableiten zu können. Diese Schutzmaßnahmen werden in einem Notfallkonzept geführt.

(Handlungsalternative: Notfallkonzept erstellen)

M 16 Aufbau eines eMIS-Ladeparks

Aufbau eines eMIS-Ladeparks am Standort Sarzbüttel für bis zu zehn E Solo bzw. E-Gelenk-Fahrzeugen mit Ausbaureserve. Die Planung setzt dafür das Zustandekommen eines längerfristigen Verkehrsvertrags (privatwirtschaftlich im Werksverkehr und/oder gemeinwirtschaftlich im ÖPNV) voraus. In dieser 2. Schalenphase begleitet eMIS die gesamte Umstellung auf den E-Busbetrieb. Die Fördermittel des BMDV sollen in voller Höhe eingepreist werden Der Aufwand für den Betrieb der E-Busse (u.a. für Strom, Trafo, LIS, Service und Versicherung) sind in einem eMIS- System-Mietpreis enthalten, der spezifisch für den Betrieb ermittelt wird. Das Ergebnis sind kalkulierbare Kosten pro gefahrenem Bwkm

Emissionseinsparpotential

In der einschlägigen Literatur werden Emissionen eingeteilt in global wirksame Emissionen und lokal wirksame Emissionen. Als global wirkende Emission ist insbesondere das Treibhausgas Kohlenstoffdioxid (CO₂) zu sehen. Als lokal wirkende Emissionen sind insbesondere Stickoxide (NO_x) und Feinstaub (Particulate Matter, PM) zu betrachten. Weiterhin wird unterschieden in Emissionen, die während des Betriebs und Emissionen bei der Energieträgerbereitstellung entstehen. Während des Betriebs verbrennt der Motor des Dieselbusses Dieselkraftstoff und emittiert dabei 2,63 kg CO₂ pro Liter Diesel (https://www.spritmonitor.de/de/berechnung_co2_ausstoss.html). Der Elektrobus verursacht unmittelbar keine global wirksamen Emissionen während des Betriebs.

Für die Bereitstellung von Dieselkraftstoff (Raffinerie und Transport) wird ein ökologischer Fußabdruck von 0,34 kg CO₂ pro Liter Diesel angesetzt. Für den ökologischen Fußabdruck der Strombereitstellung durch die Schillhorn Strom und Gas GmbH⁵ werden 692 g CO₂, pro aus dem Netz bezogener Kilowattstunde, angesetzt (Quelle: Schillhorn Abrechnungen des Betriebs). Bei den lokal wirksamen Emissionen werden nur die tatsächlich während des Fahrbetriebs erzeugten Emissionen betrachtet. Emissionen, die lokal wirksam sind, aber außerhalb der Stadt bei der Energieträgerbereitstellung verursacht werden, sind für die städtische Luftbelastung irrelevant. Weiterhin werden Feinstaub-Emissionen, welche durch Bremsabrieb und Luftaufwirbelung verursacht werden, aus der Betrachtung ausgenommen. Zum einen sind sie nur schwer messtechnisch zu erfassen, zum anderen sind durch Bremsabrieb erzeugte Feinstaubpartikel größer und somit weniger schädlich als solche durch Dieselverbrennung in Verbrennungsmotoren. Zudem weisen die Elektrobusse nach Aussagen der Hersteller wegen des regenerativen Bremsens mittels elektrischen Antriebs auch weniger Bremsabrieb auf. Es wird daher angenommen, dass ein Elektrobus keine lokal wirksamen Emissionen verursacht. Für den Dieselbus wird angenommen, dass er die Emissionen verursacht. Für den Diesel-Minibus (Szenario „Diesel“) ergibt sich so ein Sprinter-Dieserverbrauch von durchschnittlich ca. 12 l pro 100 km (Mittel über alle Linien- und Leerfahrten). Der Einsatz eines elektrischen Minibusses senkt bereits mit dem angenommenen Stromtarif (236 g CO₂/kWh) die CO₂-Emissionen auf ca. ein Drittel der Emissionen des Dieselbus-Referenzfahrzeugs. Unter Verwendung eines vollständig CO₂-freien Stromtarifs ließen sie sich gänzlich vermeiden, was zu einer Einsparung von 57 t CO₂ pro Jahr in der Kernphase führen würde. Könnte die Schalenphase 1 erreicht werden, stünden für die 2 E-Solobusse weitere Einsparungen von 80 t CO₂ in Aussicht. Beim Zustandekommen vom Engagement mit eMIS könnten weiter fiktive 320 Tonnen/a CO₂ Ausstoß für 6 E-Solobusse und zwei E-MAN Reisebusse vermieden werden⁶.

⁵ Energielieferant des Omnibusbetriebs E. Schwarz

⁶Aufbau in Anlehnung an Bericht 03EMK114 Machbarkeitsstudie Elektrobuseinsatz in Erkelenz

Fazit und Handlungsempfehlungen

Ziel des Konzeptes war es, die Möglichkeiten und Grenzen/ Chancen und Risiken für E-Mobilität am Standort des Betriebs in Sarzbüttel, Dithmarschen, SH zu identifizieren und bewerten ermitteln und daraus Optionen aufzeigen Handlungsempfehlungen in Zusammenhang mit der Umstellung auf E-Mobilität für den Omnibusbetrieb E. Schwarz aufzuzeigen. Die Ergebnisse der Arbeitsgruppe zeigen, dass der Umstieg auf E-Mobilität für das Unternehmen gegenwärtig nur mit Lösung außerordentlicher technischer Herausforderungen und erheblichem finanziellen Aufwand realisierbar ist, d.h. mit hohen wirtschaftlichen Risiken für das Unternehmen verbunden ist.

Die Umsetzungsrisiken bestehen primär in/ aus 1) einer **unzureichenden Stromversorgung** am Standort, 2) einem **geringen Planungshorizont** bei 3) gleichzeitig **hohen Anschaffungskosten** für BEV-Fahrzeuge und Ladeinfrastruktur (LIS).

Ohne Anbindung an die notwendige Energieversorgung von SH-Netz und ohne finanzielle Fördermöglichkeiten durch das Land oder vom Bund, bei gleichzeitig gegebenen Verkehrsvertragslaufzeiten, sollte das Unternehmen den Umstieg in die kapitalintensive E-Mobilität mit eigenen Bordmitteln nicht unternehmerisch wagen.

Die Möglichkeiten, die das Unternehmen aus seiner Selbstverpflichtung heraus ergreifen kann, sind der Ausbau von eigenen Anlagen zur Stromerzeugung- und -Speicherung. Bereits in der Phase der Konzepterstellung wurden erste energetische Sanierungsmaßnahmen⁷ umgesetzt sowie PV- und Speicherkapazität installiert. Durch diese Maßnahmen können ab 2025 drei BEV-8 Meterfahrzeuge der Firma K-Bus.at **aus eigener Kraft** in Betrieb genommen werden, mit CO₂-Einsparungen von jährlich 53,6tCO₂ zzgl. der Effekte aus den energetischen Sanierungsmaßnahmen.

Sollte sich der Rahmen der Möglichkeiten durch Mittelspannungsversorgung ausweiten, hat das Führungsteam weitere Freiheitsgrade, um schrittweise die Systemumstellung aus eigener Kraft zu voranzutreiben. Durch die Umsetzung dieser Maßnahmen könnten jährlich weitere 80tCO₂ eingespart werden.

Planungssicherheit ist für die kapitalintensive E-Mobilität ein kritischer Erfolgsfaktor. Diese Sicherheit kann für einen Vollanbieter nur über die Abgabe des **Investitionsrisikos** oder das Zustandekommen von langfristigen **Verkehrsverträgen** bzw. das Möglichmachen von **Direktvergaben** gewährleistet werden. Sollten Verkehrsverträge mit entweder einem großen Unternehmen der Region, bzw. Leistungen im Ausschreibungswettbewerb im Linienverkehr (LV) gewonnen werden, strebt das Unternehmen den Aufbau eines eMIS-Ladeparks am Standort Sarzbüttel für zunächst acht BEV-Solo/Gelenkbusse an. Die **Fördermittel** des BMDV kommen dem Unternehmen über einen reduzierten **eMIS-System-Mietpreis** zu. Dieser wird spezifisch für das Unternehmen ermittelt. Das Ergebnis sind kalkulierbare Kosten pro gefahrenem Bwkm. Das Einsparpotenzial dieser Maßnahme entspricht weiteren 320tCO₂

Ein Maßnahmenkatalog mit ehrgeizigem, aber realisierbarem Umsetzungsplan liegt der Geschäftsführung vor. Dieser wird auch aus Gründen des Wettbewerbs um knappe öffentliche Mittel streng vertraulich behandelt und nicht überdies veröffentlicht.

⁷ Luftwärmepumpe, Fassadendämmung, etc.

Literaturverzeichnis

- Roland Berger, "Potenziale der Wasserstoff- und Brennstoffzellen-Industrie in Baden-Württemberg", Studie im Auftrag des Ministeriums für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft des Landes Baden-Württemberg, München, 2020
- Die VDV-Schrift 825
- Verband der deutschen Automobilindustrie e. V., Technische Quarantäneflächen für beschädigte Fahrzeuge mit Lithium-Ionen-Batterien, Berlin, 2022.
- https://www.vbg.de/DE/3_Praevention_und_Arbeitshilfen/1_Branchen/09_OePNV_und_Bahnen/7_Omnibusbetriebe/Elektromobilitaet/6_Elektromobilita-et_node.html (Abruf am 14.12.2023).
- Sphera, Transformationsprozess zu emissionsfreien Bussen im Kontext der Clean Vehicles Directive (CVD-Studie), Stuttgart: WBO – Verband Baden-Württembergischer Omnibusunternehmen e. V, 2021.
- Fraunhofer IVI, eBus TOOL 2023. <https://www.ebustool.de>(Abruf am 14.04.2023).
- www.energiewende.schleswig-holstein.de, Landesstrategie Elektromobilität, Schleswig-Holstein., Druck: hansadruck und Verlags-GmbH & Co KG, Kiel, Stand: 09.2014
- Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin.
- <https://www.baua.de/DE/Angebote/Rechtstexte-und-Technische-Regeln/Regelwerk/ASR/ASR-A1-8.html> (Abruf am 14.04.2023).
- NOW GmbH, Projektübersicht 2019/2020, Zero Emission Busse in Deutschland, Berlin, 2021.
- <https://www.umweltbundesamt.de/daten/luftbelastung/feinstaub-belastung#textpart-4>
- Ortsentwicklungskonzept der Gemeinde Sarzbüttel, Büro Olaf, Meldorf, 2020
- Das St. Galler Management-Modell, Ganzheitliches unternehmerisches Denken, Schulbuch 165.601, R. Dubs, Trauner Verlag, Linz, 2017.
- Verband Deutscher Verkehrsunternehmen e. V., Anforderungen an Betriebshöfe und Werkstätten beim Einsatz von Linienbussen mit sauberen und / oder emissionsfreien Antrieben, Köln: Beka.de, 2023.
- NOW GmbH, Leitfaden für Busse mit alternativen Antrieben, Berlin,2021.
- Fraunhofer IVI, eBusTool – Hilfe bei der Auswahl der richtigen Technologie, Berlin, 2021.
- Fraunhofer IVI, eBus TOOL 2023. <https://www.ebustool.de>(Abruf am 14.04.2023).
- NOW GmbH, Programmbegleitforschung Innovative Antriebe und Fahrzeuge, Berlin, 2022.
- Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin.
- <https://www.baua.de/DE/Angebote/Rechtstexte-und-Technische-Regeln/Regelwerk/ASR/ASR-A1-8.html> (Abruf am 14.04.2023).
- ISO 15118, Road vehicles — Vehicle to grid communication interface, Genf, 2022.
- Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung e. V. (DGUV), DGUV Regel109-009: Fahrzeug-Instandhaltung, Berlin, 2000.
- Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung e. V. (DGUV), DGUV-Information 203-034: Errichten und Betreiben von elektrischen Prüfanlagen, Berlin, 2006.
- https://www.spritmonitor.de/de/berechnung_co2_ausstoss.html
- Bericht 03EMK114 Machbarkeitsstudie Elektrobuseinsatz in Erkelenz
- Datenbankfundus der ÖPNV Branche der S2R Management Partnerschaft (2003-2024)

Anlage

460: 85KM -> Ladestand ca. 36% -> 4 Stunden laden mit 11KW >76% -> 30KM fahren > 53% > 70 Min CCS mit 100KW/H > 95% ☐ 55KM fahren > 50% > Nachtladung mit 11KW pro Stunde > nächster Tag 100%

Und Tour 900:

900: 95KM > Ladestand ca. 25% > 4,5 Stunden laden mit 11KW > 75% > 50KM Fahren > 35% > 80 min CCS mit 100KW/H > 95% > 70KM fahren > 40% > Nachtladung mit 11KW pro Stunde > nächster Tag 100%

Tabelle 2: Einsatzplanung BEV-Fahrzeuge

Tabelle 10: E-Tourenplanung

	Morgenladung							Nachtladung				Zwischenladung				Abendladung										
	420	1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
mögliche Ladezeit	16:55	01:00	01:00	01:00	01:00	01:00	01:00	00:40			01:00	01:00	01:00	01:00			00:45			00:30	01:00	01:00	01:00	01:00	01:00	01:00
Umlaufzeit	07:05							5:40	08:00					0,5	14:15		15:00			17:30						
Leer	41							27							11				3							
Nutz	123,5							43,5							50				30							
leer	65							11							22				32							
BWKM	229,5																									
UV	32,4																									
Ort	Depot	Depot	Depot	Depot	Depot	Depot	Depot			Depot	Depot	Depot	Depot			Meldorf				Depot	Depot	Depot	Depot	Depot	Depot	Depot
	7,08																									
		0,89																								
	460																									
mögliche Ladezeit	18:20	01:00	01:00	01:00	01:00	01:00	01:00	00:50			00:45	01:00	01:00	01:00	00:20	0:05		01:00	00:05	0:15	01:00	01:00	01:00	01:00	01:00	01:00
Umlaufzeit	05:40							5:50	08:15					12:20	13:55			15:05	16:45							
Leer	43							28,5							11				3,5							
Nutz	105							44							12				49							
leer	40							11							7				22							
BWKM	188																									
UV	33,2																									
Ort	Depot	Depot	Depot	Depot	Depot	Depot	Depot			Depot	Depot	Depot	Depot			Heide				Depot	Depot	Depot	Depot	Depot	Depot	Depot
	5,67																									
		0,71																								
	900																									
mögliche Ladezeit	18:20	01:00	01:00	01:00	01:00	01:00	00:40			00:45	01:00	01:00	01:00	00:40			00:55	00:30		00:50	01:00	01:00	01:00	01:00	01:00	01:00
Umlaufzeit	05:40						6:15	08:15						12:40			14:05	15:30		17:10						
Leer	3						1,5							1,5					0							
Nutz	179						66							45					68							
leer	28						25,5							1					1,5							
BWKM	210																									
ØUmlaufV	37,1																									
Ort	Depot	Depot	Depot	Depot	Depot	Depot	Depot			Depot	Depot	Depot	Depot			Brunsbüttel				Depot	Depot	Depot	Depot	Depot	Depot	Depot
	5,67																									
		0,71																								