

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

MACHBARKEITSSTUDIE

Busse mit emissionsfreien Antrieben

Untersuchtes Unternehmen:

BUSPUNKT GmbH
Kanalstraße 7
27616 Beverstedt
Deutschland

Konzepterstellung

Wendlandt Unternehmensberatung GmbH
Gerichtsstraße 4
56410 Montabaur

IZAAC. ENERGY GmbH
Bei den Mühlen 69A
20457 Hamburg

1 ZUSAMMENFASSUNG

1.1 Ausgangslage und Zielsetzung

Die BUSPUNKT GmbH beauftragte eine umfassende Machbarkeitsstudie zur sukzessiven Elektrifizierung ihrer Busflotte am Standort Wingst. Ziel war die Entwicklung eines technisch realisierbaren und wirtschaftlich darstellbaren Konzepts für die Umstellung auf emissionsfreie Antriebe unter Berücksichtigung der bestehenden Umläufe, der erforderlichen Infrastruktur und der lokalen Energiebereitstellung. Die Studie untersucht die Zukunftssicherung des Betriebsstandorts und prüft die Möglichkeit einer Vollelektrifizierung unter ökologischen und ökonomischen Gesichtspunkten.

1.2 Technische Machbarkeit

Die Analyse der bestehenden Umläufe zeigt, dass eine Elektrifizierung ohne Fahrzeugmehrbedarf technisch realisierbar ist. Nahezu alle Dieselumläufe können durch geringfügige Anpassungen so gestaltet werden, dass sie mit dem aktuellen Stand der Batterietechnologie fahrbar sind. Lediglich ein Ferienumlauf (104056) weist im 10. Betriebsjahr an heißen Sommertagen einen kritischen SOC von - 30,5% auf und müsste durch Aufteilung während Fahrerwechseln angepasst werden. Das empfohlene Ladekonzept basiert auf reiner Depotladung mit Steckerlösung und kann als zukunftsichere Lösung implementiert werden.

Die aktuellen Fahrleistungen mit ihren teilweise langen Stand- bzw. Ladezeiten der Fahrzeuge über Nacht bieten ausreichend Spielräume, um marktpreisorientiert laden zu können. Als Referenzfahrzeuge dienen MAN Lion's City Modelle mit Zusatzheizung, die im 10. Betriebsjahr Reichweiten zwischen 324 km (12m SORT II) und 363 km (12m SORT III) aufweisen.

1.3 Stufenweise Umsetzung

Stufe 1 (ab 2025): Teilausbau mit 6 E-Bussen (Umstellung von 6 Solobussen)

- Fokus auf ausgewählte Umläufe vom Standort Wingst mit konkretem Bedarf zur Elektrifizierung
- Aufbau der Grundinfrastruktur mit optionalem Batteriespeicher (200 kWh Bruttokapazität)
- Gesamtenergiebedarf: ca. 442 MWh elektrische Energie (inklusive Verluste)
- Jährliche Fahrleistung: über 329.000 km mit sechs E-Bussen
- Fahrzeugauswahl: MAN Lion's City E mit Zusatzheizung unter Berücksichtigung der Bestandsfahrzeuge
- Netzanschlussgröße: 400 kVA (ohne Batteriespeicher) bzw. 250 kVA (mit Batteriespeicher)
- Transformator-Nennleistung: 630 kVA

Stufe 2 (ab 2035): Vollausbau auf 12 Elektrobusse

- Komplette Flottenerweiterung auf alle Fahrzeugkategorien
- Gesamtenergiebedarf: ca. 637 MWh elektrische Energie
- Energieeffizienzsteigerung um 58% gegenüber Dieselbetrieb
- Optimale Ausnutzung der Infrastrukturinvestitionen
- Netzanschlussgröße: 630 kVA (ohne Batteriespeicher) bzw. 400 kVA (mit Batteriespeicher)
- Transformator-Nennleistung: 1.200 kVA

1.4 Energiesystemvarianten

Vier verschiedene Energiesystemkonfigurationen wurden detailliert analysiert:

- Variante 1: Reiner Netzbezug (kurzfristig wirtschaftlichste Lösung bei Fixpreis)
- Variante 2: Netzbezug mit stationärem Batteriespeicher (200 kWh Bruttokapazität)

- Variante 3: Netzbezug mit 40 kWp (Stufe 1) bzw. 100 kWp (Stufe 2) PV-Anlage als Carport
- Variante 4: Netzbezug mit PV-Anlage und Batteriespeicher

Die Modellierung zeigt, dass durch eigene PV-Stromerzeugung Eigenverbrauchsquoten von bis zu 8% (Stufe 1) bzw. 16,5% (Stufe 2) ohne Batteriespeicher möglich sind. Mit Batteriespeicher steigen diese auf 43% (Stufe 1) bzw. 47% (Stufe 2). Der Autarkiegrad erreicht 0,7% (Stufe 1, Variante 3) bis maximal 7% (Stufe 2, Variante 4). Die geringe Eigenverbrauchsquote und der niedrige Autarkiegrad resultieren aus der schulverkehrsspezifischen Umlaufstruktur mit geringen Lademöglichkeiten während der PV-Haupterzeugungszeit.

1.5 Wirtschaftliche Bewertung

Das elektrische Energieversorgungssystem birgt aufgrund höherer Investitionskosten einen erheblichen Kostennachteil gegenüber dem aktuellen Dieselsystem. Die Energiekosten sinken um bis zu 31-34%, während der Gesamtenergiebedarf durch die höhere Effizienz der Elektromotoren um über 58% reduziert wird.

Mehrkostenanalyse Stufe 1 (6 Busse):

- Ohne Förderung: +42% gegenüber Dieselbetrieb
- Mit Schnellladeförderung (BMDVI): +39,82%
- Mit vollständiger Förderung (Schnellladeförderung + Fahrzeugförderung Bund): +19%

Die hohe Mehrkostenbelastung in Stufe 1 resultiert aus der geringen durchschnittlichen Jahresfahrleistung der Fahrzeuge (reiner Schulbetrieb), wodurch die günstigeren variablen Kosten die Mehrkosten im Bereich der fixen Linienkosten sowie der Investitionen in Infrastruktur und Know-How nur geringfügig kompensieren können.

Vollausbau (Stufe 2):

Beim Vollausbau zeigt sich durch die breitere Verteilung der Infrastrukturkosten auf mehr Fahrzeuge eine verbesserte, aber weiterhin nachteilige Kostenstruktur. Die Variante 1 (Fixpreis) bzw. Variante 2 (Spotmarkt) weisen die geringsten Kostenansätze auf. Die durchschnittliche Jahresfahrleistung je Bus sinkt jedoch um 25% gegenüber Stufe 1, was zu einem um 3% höheren Kilometerpreis führt.

1.6 Ökologischer Nutzen

Die Elektrifizierung führt zu einer CO₂-Reduktion von 95% bei Bezug von zertifiziertem Grünstrom mit Herkunftsnachweisen. Im Teilausbau (Stufe 1) werden jährlich 256 Tonnen CO₂ eingespart, im Vollausbau (Stufe 2) 384 Tonnen CO₂. Die verbleibenden Emissionen resultieren aus den Dieselsatzheizern. Durch die Integration eigener PV-Erzeugung wird der ökologische Fußabdruck zusätzlich verbessert und die lokale Wertschöpfung erhöht.

1.7 Empfehlungen

1. **Kurzfristig:** Start mit Variante 1 (reiner Netzbezug) bei Fixpreis für optimale Wirtschaftlichkeit in der Anfangsphase, alternativ Variante 2 mit Spotmarkt-Preisen und Batteriespeicher für zukünftige Optimierungspotentiale bei Strompreis und Netzentgelten
2. **Langfristig:** Ausbau zu Variante 2 (Netzbezug mit Batteriespeicher zu Spotmarktpreisen) für optimierte Wirtschaftlichkeit beim Vollausbau
3. **Infrastruktur:** Vorausschauender Aufbau der gesamten Infrastruktur bereits in Stufe 1, um Folgekosten zu minimieren und den Vollausbau vorzubereiten
4. **Fahrzeugauswahl:** Empfehlung für MAN Lion's City E Fahrzeuge mit Zusatzheizung zur Erhöhung der Betriebsflexibilität und Reichweitensicherheit, wobei die Zusatzheizung zunächst deaktiviert bleiben kann, solange Umläufe sicher bedienbar sind

5. **Werkstattkonzept:** Qualifikation der eigenen Werkstatt ohne vertragliche Vereinbarungen als Regiewerkstatt oder als Mischlösung mit Full-Service-Vertrag über die Garantiejahre (2-4 Jahre) bei parallelem Kompetenzaufbau
6. **Förderung:** Nutzung der gesicherten Schnellladeförderung (BMDVI) und Beantragung zusätzlicher Landesförderung für Infrastruktur zur Kostenreduktion
7. **Politischer Dialog:** Proaktive Kommunikation mit Auftraggebern und Aufgabenträgern über die ermittelten Mehrkosten und Notwendigkeit einer Vergütungsanpassung für eine kostendeckende Antriebswende