

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

MACHBARKEITSSTUDIE

Busse mit emissionsfreien Antrieben

Untersuchtes Unternehmen

Verhuven-Reisen GmbH
Im Niederbruch 1
46509 Xanten
Deutschland

Konzepterstellung

IZAAC. ENERGY GmbH
Bei den Mühren 69A
20457 Hamburg

Disclaimer:

Alle folgenden Hinweise und Empfehlungen gelten nur als Richtwerte und sollen dabei helfen, fundierte Entscheidungen zu treffen, bei Lieferanten die richtigen Fragen stellen zu können oder auch die korrekten Begriffe zu verwenden. Die nachfolgenden Details haben keinen Anspruch auf Vollständigkeit und sollen zur Orientierung dienen.

In keinem Fall sind die Verfasser in irgendeiner Stufe vertraglich, deliktisch, verschuldensunabhängig, haftpflichtig, gewährleistungspflichtig oder anderweitig haftbar für besondere, zufällige oder Folgeschäden wie z. B. Verzögerung, Unterbrechung, Produktverlust, Verlust erwarteter Gewinne oder Einnahmen.

1 ZUSAMMENFASSUNG

1.1 Ausgangslage und Zielsetzung

Die Verhuven-Reisen GmbH beauftragte eine umfassende Machbarkeitsstudie zur sukzessiven Elektrifizierung ihrer Busflotte am Standort Xanten. 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. Das Unternehmen strebt an, proaktiv Teil der Antriebswende zu werden und sich als innovativer Betrieb zu positionieren.

1.2 Technische Machbarkeit

Die Analyse der bestehenden Umläufe zeigt, dass eine Elektrifizierung der ausgewählten Busumläufe mit dem aktuellen Stand der Batterietechnologie technisch realisierbar ist. Das empfohlene Ladekonzept basiert auf Depotladung mit konduktiven Steckerlösungen am Betriebshof. Die aktuellen Fahrleistungen bieten durch teilweise lange Standzeiten der Fahrzeuge über Nacht ausreichend Spielräume für marktpreisorientiertes Laden. Die Fahrzeugauswahl fokussiert sich auf bewährte Hersteller mit etabliertem Aftersales-Netzwerk, wobei Fahrzeuge mit Zusatzheizung zur Erhöhung der Betriebsflexibilität und Reichweitsicherheit empfohlen werden.

1.3 Stufenweise Umsetzung

Stufe 1 (ab 2026): Teilausbau mit 3 E-Bussen

- Umstellung von 3 Solobussen mit überdurchschnittlich hoher Laufleistung
- Fokus auf ausgewählte Umläufe mit konkretem Elektrifizierungspotential
- Aufbau der Grundinfrastruktur mit optionalem Batteriespeicher
- Gesamtenergiebedarf: ca. 1.590 MWh elektrische Energie
- Jährliche Gesamtlaufleistung: ca. 283.000 km (durchschnittlich 94.295 km pro Bus)
- Fahrzeugauswahl: MAN Lion's City 12 E mit Zusatzheizung unter Berücksichtigung der Bestandsfahrzeuge

Stufe 2 (ab 2035): Vollausbau auf 47 Elektrobusse

- Komplette Flottenerweiterung auf alle Fahrzeugkategorien am Hauptstandort Xanten
- Gesamtenergiebedarf: ca. 3.348 MWh elektrische Energie
- Energieeffizienzsteigerung um über 50% gegenüber Dieselbetrieb
- Optimale Ausnutzung der Infrastrukturinvestitionen durch höhere Fahrzeuganzahl

1.4 Energiesystemvarianten

Vier verschiedene Energiesystemkonfigurationen wurden detailliert analysiert:

- **Variante 1:** Reiner Netzbezug (wirtschaftlichste Basisvariante)
- **Variante 2:** Netzbezug mit stationärem Batteriespeicher (540 kWh Bruttokapazität)
- **Variante 3:** Netzbezug mit 100 kWp PV-Anlage (empfohlene Lösung für Stufe 1)
- **Variante 4:** Netzbezug mit PV-Anlage und Batteriespeicher

Die Modellierung zeigt, dass durch eigene PV-Stromerzeugung in Stufe 1 Eigenverbrauchsquoten von bis zu 29% (Variante 3) bzw. 84% (Variante 4) möglich sind, bei einem Autarkiegrad von 2% bzw. 5,5%. In Stufe 2 verbessern sich die Werte auf 62% bzw. 90% Eigenverbrauchsquote bei einem Autarkiegrad von 2% bzw. 3%. Alle Varianten basieren auf spotmarktorientiertem Strombezug zur Kostenoptimierung.

1.5 Wirtschaftliche Bewertung

Das elektrische Energieversorgungssystem birgt aufgrund höherer Investitionskosten einen Kostennachteil gegenüber dem aktuellen Dieselsystem. Die Energiekosten sinken um 26% bis 37%, während der Gesamtenergiebedarf durch die höhere Effizienz der Elektromotoren um über 50% reduziert wird.

Mehrkostenanalyse Stufe 1:

- Ohne Förderung: +61,43% gegenüber Dieselbetrieb
- Mit Fahrzeugförderung des Bundes: +49,43%
- Mit Fahrzeug- und Infrastrukturförderung: +22,8%

Die hohen Mehrkosten in Stufe 1 resultieren insbesondere aus dem notwendigen Traversensystem aufgrund der beengten Platzverhältnisse und der erhöhten Reservevorhaltung. Beim Vollausbau (Stufe 2) verbessert sich das Verhältnis deutlich, da die Infrastrukturinvestitionen über eine größere Fahrzeugflotte amortisiert werden und die spezifischen Kosten für Mittelspannungstechnik sinken.

1.6 Ökologischer Nutzen

Die Elektrifizierung führt zu einer CO₂-Reduktion von 94% beim Vollausbau bei Bezug von zertifiziertem Grünstrom mit Herkunftsnachweisen. Durch die Integration eigener PV-Erzeugung wird der ökologische Fußabdruck zusätzlich verbessert und die lokale Wertschöpfung erhöht. Der verbleibende CO₂-Ausstoß resultiert aus den Dieselsatzheizern der Fahrzeuge.

1.7 Empfehlungen

1. **Kurzfristig:** Start mit Variante 3 (Netzbezug mit PV-Anlage zu Spotmarkt-Preisen) für optimale Wirtschaftlichkeit in der Anfangsphase
2. **Langfristig:** Beibehaltung der PV-Anlage, perspektivisch Prüfung der Batterieoption bei günstigeren Marktpreisen
3. **Infrastruktur:** Vorausschauender Aufbau der gesamten Infrastruktur bereits in Stufe 1 durch Verlegung von Leerrohren, um Folgekosten zu minimieren
4. **Fahrzeugauswahl:** Empfehlung für Fahrzeuge mit Zusatzheizung zur Erhöhung der Betriebsflexibilität und Reichweitensicherheit, auch wenn diese zunächst nicht genutzt wird
5. **Werkstatt:** Aufbau eigener Wartungskompetenz durch Qualifikation der Werkstattmitarbeiter
6. **Förderung:** Beantragung der Fahrzeugförderung des Bundes und der Infrastrukturförderung des Landes NRW
7. **Dialog:** Proaktive Kommunikation mit Auftraggebern und Aufgabenträgern bezüglich notwendiger Vergütungsanpassungen
8. **Netzanschluss:** Frühzeitige Beantragung der erforderlichen Netzanschlussleistung von mindestens 550 kVA (Stufe 1) bzw. 2.000 kVA (Vollausbau)