



Kurzfassung

Da der öffentliche Personennahverkehr (ÖPNV) einen unerlässlichen Baustein zur Gewährleistung der individuellen Mobilität der Bevölkerung darstellt, gilt es, diesen klima- und umweltfreundlicher als auch frei von fossilen Brennstoffen zu gestalten. Nur mit einem Umstieg auf emissionsfreie und effiziente Busse mit alternativen Antriebssystemen können die Emissionen reduziert und die gesetzlichen Vorgaben sowie Klimaschutzziele eingehalten werden. Insbesondere wird die Marktnachfrage nach emissionsfreien Bussen durch die EU-Richtlinie „Clean Vehicles Directive“ (CVD) und deren inzwischen im nationalen Recht verankerten Beschaffungsvorgaben begleitet. Eine Umstellung von konventionellen Dieselnissen auf alternative Antriebssysteme wie Batterie- oder Wasserstoff-Brennstoffzelle ist dabei ein zentraler Hebel für aktiven Klimaschutz. Der Umbau des öffentlichen Personennahverkehrs und damit die Umstellung der Dieselnissenflotten auf emissionsfreie Antriebe stellt die Verkehrsunternehmen jedoch auch vor zahlreichen Herausforderungen.

Unter Berücksichtigung dieser Herausforderungen betrachtet die vorliegende Bachelorarbeit die Umstellung der Nissenflotten auf emissionsfreie Antriebe aus betrieblicher, wirtschaftlicher und ökologischer Perspektive. Hierbei werden die verschiedenen auf dem Markt erhältlichen Fahrzeugkonzepte sowie die zum Betrieb erforderliche Infrastruktur als auch die hierzu notwendigen Anpassungen von Betriebshöfen näher beleuchtet. Des Weiteren wird auf die Notwendigkeit von Unterwegsladeeinrichtungen eingegangen.

Die Ergebnisse zeigen, dass die Umstellung der Nissenflotten auf emissionsfreie Antriebe technisch als auch betrieblich möglich, ökologisch äußerst vorteilhaft, aber wirtschaftlich herausfordernd ist. Jede emissionsfreie Antriebstechnologie bringt spezifische Vorteile, aber auch Nachteile, mit sich, die es abzuwägen gilt. Es lassen sich deutliche Umweltvorteile gegenüber den Dieselnissen erzielen. Mit der Anschaffung und Einführung sind aber auch Mehrkosten und Infrastrukturaufwände verbunden. Zudem müssen auch im Betrieb andere Vorgehensweisen berücksichtigt werden. Bildet beim batterieelektrischen Bus gerade die begrenzte Reichweite ein Schwerpunktthema für weitere Optimierungen, so geht es beim Brennstoffzellen-Bussystem insbesondere darum, die Verfügbarkeit sowohl der Fahrzeuge als auch der Wasserstoff-Tankstellen zu steigern.

Die Notwendigkeit von Unterwegsladeeinrichtungen für Batteriebusse hängt von verschiedenen Faktoren ab, darunter die Reichweite der Busse, die Routenstruktur und die jeweiligen Betriebsanforderungen. Busbetreiber müssen eine ganzheitliche Bewertung vornehmen, um festzustellen, ob Unterwegsladeeinrichtungen für ihre spezifischen Anforderungen erforderlich sind. Die Frage, welches Fahrzeug- und Energieversorgungskonzept für ein Verkehrsunternehmen das passende ist, kann nicht pauschal beantwortet werden. Eine Standardlösung gibt es nicht. Städte und Verkehrsbetriebe müssen die unterschiedlichen Optionen abwägen und diejenige wählen, die am besten ihre spezifischen Anforderungen entspricht und die langfristig nachhaltigste Lösung bietet.

Abstract

Since public transportation is an essential component for ensuring the individual mobility of the population, it is necessary to make it more climate and environmentally friendly, as well as free of fossil fuels. Only by transitioning to emission-free and efficient buses with alternative propulsion systems can emissions be reduced and legal requirements as well as climate protection goals be met. In particular, the market demand for emission-free buses is accompanied by the EU directive "Clean Vehicles Directive" (CVD) and its procurement requirements, which are now embedded in national law. Switching from conventional diesel buses to alternative propulsion systems such as battery or hydrogen fuel cell is a key lever for active climate protection. The transformation of public transportation, including the transition of diesel bus fleets to emission-free propulsion, presents numerous challenges for transportation companies.

Taking into account these challenges, the present bachelor thesis examines the transition of bus fleets to emission-free propulsion from operational, economic, and ecological perspectives. This includes a closer examination of the various vehicle concepts available on the market, the infrastructure required for operation, and the necessary adjustments to depots. Furthermore, the necessity of en-route charging facilities is addressed.

The results indicate that transitioning bus fleets to emission-free propulsion is technically and operationally feasible, environmentally highly beneficial, but economically challenging. Each emission-free propulsion technology has specific benefits and drawbacks that need to be carefully considered. Significant environmental benefits compared to diesel buses can be achieved, but there are also additional costs and infrastructure requirements associated with procurement and implementation. Furthermore, different procedures must also be considered during operation. While the limited range is a major focus for further optimization in battery-electric buses, the key focus for fuel cell bus systems is to increase the availability of both vehicles and hydrogen refueling stations.

The necessity of en-route charging facilities for battery buses depends on various factors, including the buses' range, route structure and operational requirements. Bus operators must conduct a comprehensive assessment to determine if en-route charging facilities are necessary for their specific requirements. The question of which vehicle and energy supply concept is suitable for a transportation company cannot be answered universally. There is no one-size-fits-all solution. Cities and transportation companies must weigh the different options and choose the one that best suits their specific requirements and provides the most sustainable long-term solution.