

## Kurzfassung

Aufgrund der Gefahren, die von der globalen Erwärmung ausgehen, steht die Menschheit vor einer großen Herausforderung. Die Vereinten Nationen haben sich im Pariser Abkommen auf das Ziel festgelegt, die Erwärmung der Erde auf eine Temperatur von unter 2 °C zu begrenzen. Um diese Herausforderung zu bewältigen, ist ein Umdenken notwendig. Neben einer Verkehrswende wird auch eine Energiewende benötigt, um die Nutzung der fossilen Energieträger weiter zu reduzieren. Voraussetzung für die Erreichung des gesetzten Ziels ist die Nachhaltigkeit der zukünftigen Energieträger. Ein potenzieller nachhaltiger Energieträger für den Bereich des Verkehrs ist Wasserstoff. Dieses Potenzial wurde bereits national und international erkannt, sodass viele Städte und Unternehmen bereits erste Projekte mit Wasserstoff-Brennstoffzellen gestartet haben. Es gibt zahlreiche Projekte sowohl in der mobilen als auch in der stationären Nutzung. Zu der mobilen Nutzung gehören unter anderem die Nutzung im Individualverkehr, im Flugverkehr, in der Logistik und im ÖPNV. Städte wie Wuppertal, Köln, Frankfurt und Münster haben bereits erfolgreich Projekte für die Einführungsphase von Wasserstoff-Brennstoffzellenbussen gestartet. Für die Stadt Düsseldorf, als Hauptstadt des Landes NRW und als siebtgrößte Stadt Deutschlands, wäre ein Konzept für die Einführungsphase von Wasserstoff-Brennstoffzellen denkbar. In der Bachelorthesis wird die Aufstellung dieses Konzeptes behandelt. Hierbei werden sowohl technische als auch infrastrukturelle und betriebliche Aspekte berücksichtigt. Um die Einführung von Wasserstoff-Brennstoffzellen zu untersuchen, werden neben dem Problem der globalen Erwärmung ebenfalls die technischen Grundlagen der aktuell genutzten Antriebskonzepte betrachtet. Hinzu kommt eine ökologische Betrachtung der alternativen Antriebskonzepte und eine Gegenüberstellung dieser Konzepte. Es werden nationale Pilotprojekte für Wasserstoff-Brennstoffzellenbusse vorgestellt um einen Einblick in die Praxis zu erlangen. Darauf folgt die Darstellung der Umsetzung des Konzeptes für die Stadt Düsseldorf. Hierbei werden notwendige infrastrukturelle und betriebliche Aspekte betrachtet, die bei der Umsetzung notwendig sind und berücksichtigt werden müssen. Hierzu zählen der Wasserstoffbedarf, die Bereitstellungsmethoden sowie der Transport und Komponenten, die für die Tankstelle notwendig sind. Hinzu kommen bauliche Anforderungen, Normen und Standards sowie der Flächenbedarf. Anschließend wird betrachtet, welcher Betriebshof sich für die Erweiterung um eine Wasserstoff-Tankstelle eignet. Ebenfalls werden Investitionskosten und Betriebskosten abgeschätzt. Im betrieblichen Bereich sind sowohl die Betankung als auch die Wartung der Fahrzeuge bedeutend. Hinzu kommt die Anpassung der Werkstatt auf eine neue Technologie und die damit verbundenen Sicherheitsmaßnahmen, sowie die ordnungsgemäße Mitarbeiterschulung. Zuletzt werden die Fahrzeuge und potenzielle Einsatzgebiete betrachtet. Um die theoretischen Grundlagen durch Praxiserfahrungen zu ergänzen, wurden im Rahmen der Bachelorthesis drei Experteninterviews mit geeigneten Experten geführt, um Hemmnisse und fördernde Faktoren zu identifizieren. Hierzu wurden die Experten explizit zu den Erfahrungen, die während der Einführung von Wasserstoff-Brennstoffzellenbussen in der jeweiligen Stadt gesammelt wurden, befragt.

## Abstract

Due to the dangers caused by global warming, mankind is facing a great challenge. In the Paris Agreement, the United Nations set itself the goal of limiting global warming to less than 2°C. To handle this challenge, a change in thinking is necessary. In addition to a change in transport policy, a change in energy policy is also needed to reduce the use of fossil fuels. A way to achieve the set goal is the use of future energy sources. One potential energy carrier for the transport sector is hydrogen. This potential has already been recognized nationally and internationally. Many cities and companies have already started initial projects with hydrogen fuel cells. There are numerous projects in both mobile and stationary use. Mobile use includes use in Vehicle transport, air traffic, logistics and public transport. Cities like Wuppertal, Cologne, Frankfurt and Münster have already successfully started projects for the introduction of hydrogen fuel cell buses. For the city of Düsseldorf, as the capital of the state of North Rhine-Westphalia and as the seventh largest city in Germany, a concept for the introduction phase of hydrogen fuel cells would be conceivable. The bachelor thesis shall deal with the development of this concept. Technical as well as infrastructural and operational aspects will be considered. In order to examine the introduction of hydrogen fuel cells, technical basics of the currently used drive concepts will be considered. Afterwards, an ecological consideration of the alternative energy sources and a comparison will be made. National pilot projects for hydrogen fuel cell buses are presented in order to get an insight into the practice. This is followed by the implementation of the concept for the city of Düsseldorf. Infrastructural and operational aspects are considered, which are necessary and have to be taken into account for the implementation. This includes the hydrogen demand, the supply methods as well as the transport and components that are necessary for the filling station. In addition, there are constructional requirements, norms and standards, as well as space requirements. Subsequently, it is considered which depot is suitable for the extension by a hydrogen filling station. Investment costs and operating costs are estimated in the next step. In the operational area, both the refueling and the maintenance of the vehicles are important. In addition, the adaptation of the workshop to a new technology and the associated safety measures, and proper employee training. Finally, the vehicles and potential areas of application are considered. In order to supplement the theoretical foundations with practical experience, expert interviews were conducted with suitable experts as part of the bachelor's thesis in order to identify obstacles and promoting factors. For this purpose, the experts were explicitly asked about the experiences gained during the introduction of hydrogen fuel cell buses in the respective city.