





WISSENSÜBERBLICK

BRENNSTOFFZELLENBUSSE: "BEST PRACTICES" UND KOMMERZIALISIERUNGSANSÄTZE

JULI | 2020

EINFÜHRUNG

Angesichts des zunehmenden Drucks auf die Stadtbehörden, auf die Ziele des Pariser Abkommens hinzuarbeiten und die Luftverschmutzung zu bekämpfen, sind Brennstoffzellenbusse eine der wenigen emissionsfreien Transportlösungen. Brennstoffzellenbusse, die sich seit einigen Jahren in der Entwicklung befinden und seitdem aufgrund der kurzen Betankungszeiten und der großen Reichweite der Fahrzeuge an Fahrt gewinnen, sind eine praktikable Option für die Dekarbonisierung der öffentlichen Verkehrsnetze.

Das Programm "Gemeinsame Initiative für Wasserstofffahrzeuge in ganz Europa", bekannt als die Projekte JIVE und JIVE 2, wird in Verbindung mit dem Projekt MEHRLIN von der EU finanziert und führt neue Flotten von Brennstoffzellenbussen und die dazugehörige Infrastruktur für die Betankung



mit Wasserstoff in Städten und Regionen in ganz Europa ein. Die UITP ist Partner in diesen Projekten. Dieser Wissensüberblick gibt eine fiktive Fallstudie¹ aus dem JIVE und JIVE 2 Best Practice Report 2020 wieder, in der dargelegt wird, wie ein neuer Nutzer die Einbindung einer Flotte von Brennstoffzellenbussen angehen könnte. Ziel dieses Überblicks ist es, den Lesern ein besseres Verständnis des Prozesses zu vermitteln, indem von Anfang bis Ende ein schrittweiser Ansatz verwendet und dabei optimale Vorgehensweisen ermittelt werden. Weitere sachliche und technologische Informationen finden Sie im vollständigen Projektbericht².

ÜBER JIVE UND JIVE 2

Das zugrunde liegende Ziel der Projekte JIVE und JIVE 2 besteht darin, dabei zu helfen, dass der Übergang zu Brennstoffzellenbussen zu einer gängigeren Wahl für Behörden und Betreiber des öffentlichen Verkehrs in ganz Europa wird. Daher konzentrieren sich die Projekte JIVE und JIVE 2 darauf, den Markt für die breitere Einführung von Brennstoffzellenbussen vorzubereiten. Dazu müssen mehrere noch ausstehende Herausforderungen für den Sektor angegangen werden, wie z. B. die Senkung der Kosten für die Fahrzeughaltung, die Erweiterung der Auswahl an Modellen von Wasserstoff-Brennstoffzellenbussen und

- ullet 1 Die Fallstudie ist zwar fiktiv, stützt sich jedoch auf eine Reihe realer Szenarien aus den Projekten JIVE und JIVE 2
- 2 Der vollständige Bericht ist hier verfügbar: https://fuelcellbuses.eu/publications

der Nachweis der Machbarkeit des Betriebs großer Flotten von Brennstoffzellenbussen.

Als nächste Phase des Übergangs zu Brennstoffzellenbussen werden im Rahmen der Projekte JIVE und JIVE 2 rund 290 neue Busse eingesetzt, die über längere Zeiträume an zahlreichen unterschiedlichen Standorten im gewerblichen Regelbetrieb verwendet werden sollen. Die Gesamtvision besteht darin, den Weg für eine vollständige Kommerzialisierung von Brennstoffzellenbussen in Europa in den 2020er Jahren zu ebnen, indem Informationen ausgetauscht werden und die weitere Verbreitung gefördert wird. Bei den Projekten JIVE und JIVE 2 umfassen die lokalen Flotten fünf bis 50 Brennstoffzellenbusse. In der Regel sind es zehn bis 20. Einige der Wasserstofftankstel-

Bereitstellungsorte in JIVE und JIVE 2, Stand Juli 2020



len werden im Rahmen des Projekts MEHRLIN eingeführt und betrieben, das im Rahmen der Fazilität "Connecting Europe" (CEF) im Bereich Verkehr finanziert wird.

WO DIE BUSSE EINGESETZT WERDEN

Die nachstehende Tabelle zeigt die geplanten Einsatzorte von Brennstoffzellenbussen in den Projekten JIVE und JIVE 2.

STADT/REGION	Gesamtzahl der Busse
Aberdeen, Großbritannien	21
Auxerre, Frankreich	5
Barcelona, Spanien	8
Birmingham, Großbritannien	20
Brighton, Großbritannien	22
Charleroi, Belgien	10
Köln, Deutschland	50
Dundee, Großbritannien	12
Emmen, Niederlande	10
Gelderland, Niederlande	10
Groningen, Niederlande	20
London, Großbritannien	20
Pau, Frankreich	5
Rhein-Main-Gebiet, Deutschland	10
Südholland, Niederlande	20
Südtirol, Italien	12
Toulouse, Frankreich	5
Velenje, Slowenien	6
Wuppertal, Deutschland	20

*Vier Busse werden noch überprüft



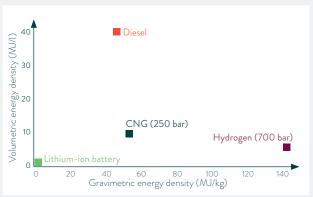
Van Hool-Busse in Pau, Frankreich

WAS IST EIN BRENNSTOFFZELLENBUS?

Ein Brennstoffzellenbus ist ein Elektrobus, der sowohl eine Brennstoffzelle als auch eine Batterie (oder in einigen Fällen Superkondensatoren) enthält. Diese Hybridarchitektur nutzt die Brennstoffzelle, um den Großteil der Energie für den Fahrzeugbetrieb bereitzustellen, während die Batterie Unterstützung bei Spitzenlasten wie schneller Beschleunigung und Steigungen leistet. Die Brennstoffzelle verbraucht Wasserstoff, um durch eine elektrochemische Reaktion elektrische Energie zu erzeugen, wobei nur Wasser und Wärme als Nebenprodukte zurückbleiben. Die elektrische Energie wird verwendet, um Elektromotoren anzutreiben und die Batterieladung zu erhalten. Die als Nebenprodukt entstehende Wärme kann für die Heizung der Kabine genutzt werden, wodurch der Komfort für den Fahrgast erhalten bleibt und gleichzeitig die Fahrzeugeffizienz verbessert wird. Die Batterie dient auch als Speicher für die Energie, die beim Bremsen zurückgewonnen wird.

Wasserstoff hat im Vergleich zu heutigen elektrischen Speichersystemen wie Batterien eine deutlich höhere Energiedichte und ein geringeres Gewicht. Ein Brennstoffzellenbus kann einen ganzen Tag lang ohne Nachtanken betrieben werden. Die gesamte Energie, die zum

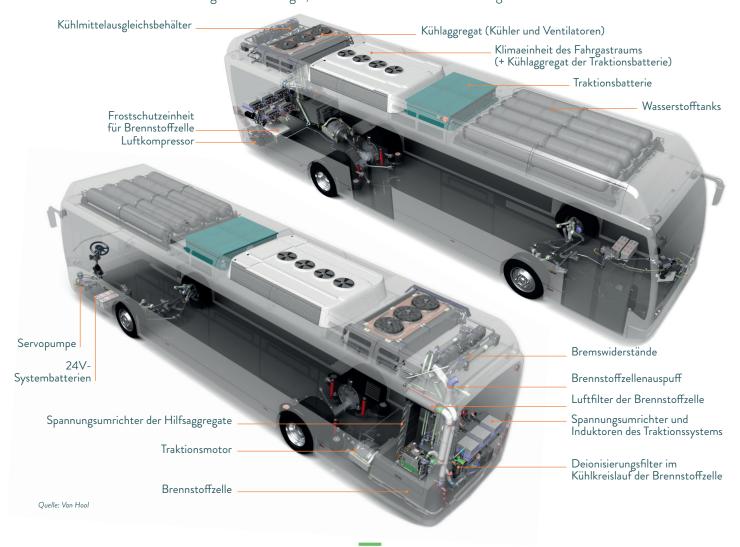
Veranschaulichung der hohen Energiedichte von Wasserstoff im Vergleich zu anderen Technologien



© UITP

Betrieb des Busses benötigt wird, wird durch den an Bord mitgeführten Wasserstoff bereitgestellt.

Die folgenden Abbildungen, bereitgestellt von Van Hool, zeigen ein Beispiel, wie die wichtigsten Komponenten in einem Brennstoffzellenbus angeordnet werden können. Andere Bushersteller bringen die Brennstoffzelle auf dem Dach an. Die Traktionsbatterie kann beispielsweise auch im Heck untergebracht werden.





ERFASSUNG VON HERAUSFORDERUNGEN UND BEST-PRACTICE-LÖSUNGEN

Zu den Beobachtungs- und Analyseaktivitäten der JIVE-Projekte gehört auch die Erfassung der aufgetretenen Herausforderungen und Best-Practice-Lösungen. Ziel dieser Aktivitäten ist es, den Lernprozess zu dokumentieren, der in diesen und früheren Projekten stattgefunden hat bzw. stattfindet, hauptsächlich zur Unterstützung neuer Nutzer der Technologie.

Dieser Wissensüberblick enthält die Zusammenfassung einer Fallstudie aus dem vollständigen Best Practice Report. Da die JIVE-Projekte noch nicht abgeschlossen sind, umfasst die Fallstudie den Prozess der Einführung von Brennstoffzellenbussen bis hin zur Beschaffung der Brennstoffzellenbusse und von Wasserstofftankstellen.

AUFBAU EINES PROJEKTS FÜR BRENNSTOFFZELLENBUSSE: EINE FALLSTUDIE FÜR BEST PRACTICES

Das Szenario der Fallstudie basiert auf einer Reihe von Beispielen aus der Praxis und auf den Erfahrungen der Autoren. In einer Schilderung werden viele der wichtigsten Empfehlungen für optimale Vorgehensweisen zusammengeführt, die von Projektpartnern von JIVE und JIVE 2 sowie anderen Experten gesammelt wurden. Es handelt sich um ein "ideales" Szenario, das auch als solches interpretiert werden sollte. Es dient nur zur Veranschaulichung, um funktionierende Ansätze hervorzuheben.

Es darf nicht außer Acht gelassen werden, dass die Ratschläge aus dieser Fallstudie und anderen Quellen immer im Lichte Ihres eigenen Projekts und seiner spezifischen Umstände betrachtet werden müssen. Unter diesen Voraussetzungen gibt es hier sachdienliche Ratschläge für jede Situation.

DAS UMFELD

Wir schreiben das Jahr 2020. In der europäischen Stadt X hat die Kommunalverwaltung eine Verordnung erlassen,

der zufolge die Verbesserung der Luftqualität höchste Priorität hat und die Busse des öffentlichen Verkehrs ab 2024 durch emissionsfreie Alternativen ersetzt werden müssen. Aufgrund der derzeit begrenzten Reichweite von Elektrobussen (E-Bussen) beschloss die Kommunalverwaltung, Brennstoffzellenbusse zu erwerben. Diese Entscheidungen fanden starke und breite politische Unterstützung in Politik und Gemeinde.

1. PROJEKTKONZEPTIONSPHASE

Der Bürgermeister der Stadt, ein hoch angesehener ehemaliger nationaler Politiker mit weitreichenden politischen Netzwerken, beauftragte den Geschäftsführer (CEO) der öffentlichen Verkehrsbehörde, dies umzusetzen. Der CEO ernannte eine erfahrene leitende Mitarbeiterin zur Projektleiterin, um Finanzmittel zu beschaffen und ein Programm zur Erzielung des gewünschten Ergebnisses umzusetzen. Die Projektleiterin verfügte über umfangreiche Erfahrung in der Verkehrspolitik und in der Zusammenarbeit mit Teams zur Durchführung von Projekten. Sie stellte ein engagiertes Projektteam aus drei Vollzeitbeschäftigten zusammen, bestehend aus ihr selbst, einer Person für den technischen Bereich mit einem guten Verständnis der Bustechnologie, einigen Kenntnissen über alternative Energietechnologien und guten Vernetzungen und Verbindungen zu öffentlichen Verkehrsbetreibern in der Stadt, sowie einem Rechtsexperten für den Bereich Ausschreibung und Verträge.

Außerdem wurde ein Projektlenkungsausschuss eingerichtet, der sich aus dem Bürgermeister, dem CEO der der öffentlichen Verkehrsbehörde, einem mit der Unterstützung des Projekts beauftragten leitenden Finanzbeauftragten, einem leitenden technischen Mitarbeiter und einem leitenden Marketingmitarbeiter der öffentlichen Verkehrsbehörde zusammensetzte. Die Projektleiterin bat sie um die Zusage, in den ersten Monaten des Projekts an regelmäßigen Briefings teilzunehmen, die sie auch erhielt.

Klärung von Erwartungen und Erwartungsmanagement

Das Projektteam begann mit der Entwicklung einer Vision, die das Projekt in das Umfeld der regionalen und nationalen strategischen Zukunftspläne der Stadt stellte. Dazu gehörten die strategische Nutzung von Energiequellen, die Bedeutung für die lokale Industrie³ sowie für nationale und supranationale Anforderungen, die Ziele für saubere Luft und den Klimawandel zu erreichen. Als Beispiele wurden u.a. die folgenden Punkte betrachtet:

- Eine gründliche Bewertung und Erläuterung des politischen Umfelds, das die Entscheidung vorantreibt, in neue saubere Technologien zu investieren.
- Eine Betrachtung des Energiesystems (stationär und für den Verkehr) und wie die Einführung der neuen Energie

^{• 3} Dies würde Branchen wie Erstausrüstern (OEMs) von Wasserstoffbussen ebenso einschließen wie breitere Industriezweige wie die chemische Industrie, die H2 als Nebenprodukt erzeugen, High-Tech-Industrien, die an Tank- und Brennstoffzellenkomponenten interessiert sein könnten, usw.

in dieser Umgebung genutzt werden könnte (z. B. H_2 als Puffer für intermittierende erneuerbare Energien).

Die Möglichkeiten zur Schaffung von Synergien mit der lokalen/regionalen/überregionalen Branche (Hersteller, Gasversorger, Nebenprodukt H₂ aus Chemiefabriken usw.).

Die entwickelte Vision wurde durch eine Beschreibung der Ergebnisse/Vorteile ergänzt, die sich aus der neuen Technologie ergeben könnten. Diese wurden im Verlauf des Projekts aktualisiert (z. B. aus der Analyse von Geschäftsszenarien).

Stakeholder identification and prioritisation Parallel dazu wurden wichtige Interessensvertreter in der Kommune und ihre Interessengebiete identifiziert. Darunter



- 1. Politisches Umfeld:
 - Vorteil: Sehr einflussreiche politische Unterstützung.
 - Risiko: Das politische Klima kann sich schnell und dramatisch verändern.
 - Lösung: Erarbeitung einer wasserdichten Argumentation für Brennstoffzellenbusse, das im gesamten politischen Bereich und bei anderen wichtigen Interessensvertretern der Kommune Anklang findet.
- Ernennung von erfahrenen, engagierte Projektmitarbeitern, die über eine breite Vielfalt der für dieses Projekt erforderlichen Erfahrungen und Fähigkeiten verfügen.
- Entwicklung einer umfassendere Vision für das Projekt.
- 4. Frühzeitige Identifizierung von Interessensvertretern, Einbeziehung aller wichtigen Akteure und Schaffung eines Mechanismus für eine regelmäßige Kommunikation mit den Interessensvertretern.

war ein lokales Verkehrsunternehmen von Bedeutung, das Interesse an einer Teilnahme an dem Projekt zeigte.

In den folgenden Phasen wurde ein Diagramm der Interessensvertreter entworfen und in den weiteren Phasen aktualisiert. Ein erster Kommunikationsplan wurde entwickelt und umgesetzt.

Projektphasen und Beispieldiagramm zur Identifizierung der Interessensvertreter

- ▶ Personal für den Betrieb (Fahrer, Wartung, ...)
- Zulassungsbehörden und Notfallhelfer
- ▶ Medien
- Nachbarn, allgemeine Öffentlichkeit
- ► Ebenen wichtiger gewählter Mandatsträger
- ▶ lokale/regionale Verwaltung
- öffentlicheVerkehrsbetreiber
- erfahrene Städte/Regionen
- ▶ potenzielle Lieferanten

Einsatz und Betrieb Projektkonzeptualisierung

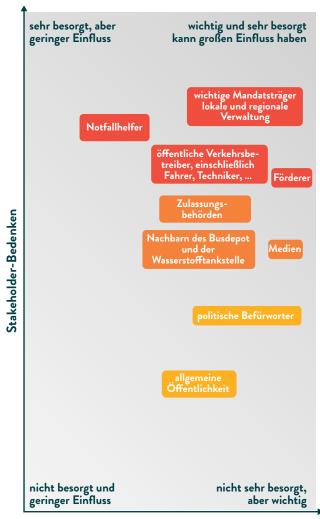
Beschaffung

Finanzierung und Planung

- ▶ Ausschreibungsteam
- öffentliche
- ▶ Medien
- notenzielle Lieferanten
- mögliche Förderer
- ▶ öffentliche Verkehrsbetreiber
- Nachbarn des Busdepot (und der Wasserstofftankstelle), allgemeine Öffentlichkeit
- ▶ erfahrene Städte/Regionen
- potenzielle Lieferanten



Kritikalitätsdiagramm der Interessensvertreter⁴



Auswirkungen auf die Stakeholder



2. FINANZIERUNGS-UND **PLANUNGSPHASE**

With the project vision in place, the Project Team undertook an intensive period of familiarisation with all aspects of the task ahead. This included:

- Die Verbesserung ihres Verständnisses aller Aspekte des Busbetriebs in der Stadt, einschließlich der Ausschreibungs- und Finanzierungszyklen, sowie der Dialog mit dem Verkehrsunternehmen, das sich freiwillig als Betreiber für die Brennstoffzellenbusse für das Projekt gemeldet hatte⁵.
- Uberprüfung von Berichten aus früheren und laufenden Demonstrationsprojekten für Brennstoffzellenbusse.
- Desuch anderer Städte, die bereits den Weg der Anschaffung von Brennstoffzellenbussen beschritten hatten.
- Treffen mit Lieferanten, die Brennstoffzellenbusse verkaufen, und mit Lieferanten von Wasserstofftankstellen und/oder Wasserstoff sowie Durchführung eines formelleren Leistungsanfrageprozesses, um den Markt zu testen⁶.
- Beauftragung eines Experten mit der Ausarbeitung einer Liste möglicher Finanzierungsquellen zur Deckung der die durch die neue Technologie entstehenden zusätzlichen Kosten, sowie Beratung über die am besten geeignete Finanzierungsmethode.



WICHTIGE PUNKTE AUS **DER GESCHICHTE:**

- 5. Sammlung von Informationen aus einer Vielzahl von Quellen, insbesondere von Lieferanten und erfahrenen Städten, und möglicherweise Nutzung eines Leistungsanfrageprozesses.
- 6. Frühzeitige Absprache mit dem öffentlichen Verkehrsbetreiber, um ihn zu informieren und seine Sichtweisen zu verstehen sowie seine direkte Einbeziehung in die Festlegung seiner Anforderungen.
- 7. Engagierter Einsatz, um mögliche zusätzliche Finanzierungsquellen zu finden.
- 8. Aufrechterhaltung der politischen und kommunalen Unterstützung durch Beachtung der aufgeworfenen Fragen.

^{• 4} Es ist wichtig zu beachten, dass die Relevanz und Kritikalität der einzelnen Interessensvertreter von Standort zu Standort unterschiedlich sind. • 5 Dieses Modell kann von Stadt zu Stadt und von Land zu Land unterschiedlich sein, je nachdem, wie der Markt des öffentlichen Verkehrs strukturiert und organisiert ist. Es gibt zum Beispiel Fälle, in denen Busse von der lokalen Verkehrsbehörde, der Kommune oder durch Auftragsvergabe an private Betreiber betrieben werden. Weitere Informationen finden Sie im vollständigen Best-Practice-Bericht unter www.fuelcellbuses.eu/publications. • 6 Ein anderer Ansatz ist die Nutzung von Foren des virtuellen Branchenmarktplatzes, zu dem auch die Technologie für Brennstoffzellenbusse gehört. Diese werden von der Clean Bus Europe Platform. organisiert. Wenden Sie sich an die Plattform, wenn Sie daran interessiert sind, Mitglied zu werden, um von solchen Aktivitäten zu profitieren



Deauftragung der Marketing- und Kommunikationsunterstützung mit der Entwicklung eines zielgerichteten und detaillierten Kommunikationsplans auf der Grundlage des verfeinerten Diagramms der Interessensvertreter und konform mit jeder Phase des Projekts.

Die Arbeiten am Geschäftsszenario für die Brennstoffzellenbusse begannen ebenfalls. Die Finanzmitarbeiter der öffentlichen Verkehrsbehörde erhielten Informationen, die in den frühen Planungsphasen gesammelt wurden. Dieses Geschäftsszenario wurde auf der Grundlage konservativer Kostenschätzungen entwickelt bei ungewissen Kostenpunkten wurde vom oberen Ende der Spanne ausgegangen. Damit sollte das Risiko von "Budgetüberraschungen" zu einem späteren Zeitpunkt verringert werden.

Dem Projektteam war bewusst, dass die Deckung der voraussichtlichen Mehrkosten der neuen Technologie im Vergleich zu Dieselbussen wesentlich für die Beteiligung des öffentlichen Verkehrsbetreibers sein würde. Als kommerzielles Unternehmen würde der Betreiber versuchen, die Abkehr vom bekannten System möglichst risikofrei zu machen, und er würde Unterstützung von der öffentlichen Verkehrsbehörde erwarten. Zu diesem Prozess der Risikobegrenzung gehörte eine gesicherte Versorgung mit H2-Brennstoff.

Im Rahmen dieses Prozesses wurden erneut andere Städte mit Erfahrung in der Anschaffung von Brennstoffzellenbussen kontaktiert, um Ratschläge zu verschiedenen Aspekten des Geschäftsszenarios einzuholen. Der Zeithorizont für das Geschäftsszenario wurde um den typischen Austauschzyklus von Dieselbussen von 10 bis 15 Jahren





herum aufgebaut. Das Geschäftsszenario umfasste Investitionsausgaben (CAPEX) und Betriebskosten (OPEX), einschließlich der jenseits der kofinanzierten Demonstrationsphase zu erwartenden Kosten. Das Szenario lieferte Vergleichsfälle mit Diesel- und Dieselelektrobussen sowie mit Batterie-Elektrobussen.

Berechnung der zusätzlichen Kosten

CAPEX: Der relative Mangel an Wettbewerb zwischen Anbietern von Brennstoffzellenbussen und Wasserstofftankstellen und damit einhergehend wahrscheinlich höhere Kosten wurden bei der Entscheidung über die Kostenschätzung berücksichtigt.

OPEX: Das erforderliche H2-Volumen sollte durch die Annahme einer Umstellung der Fahrzeugflotte der Stadtverwaltung auf Brennstoffzellenfahrzeuge erhöht werden, um durch höhere Volumen einen niedrigeren Preis für den H2 zu erzielen. Dies musste jedoch gegen einen daraus resultierenden höheren CAPEX abgewogen werden. Die Wartungskosten für Brennstoffzellenbusse und Wasserstofftankstellen wurden nach dem bereits oben beschriebenen konservativen Ansatz geschätzt.

Während die CAPEX- und OPEX-Berechnungen (und damit die Gesamtbetriebskosten)⁷die wahrscheinlichen direkten finanziellen Kosten für den öffentlichen Verkehrsbetreiber und die öffentliche Verkehrsbehörde berücksichtigten, wurden zur Darstellung eines umfassen-

deren Szenarios auch die weitreichenderen Vorteile für die Kommune durch die Umstellung auf emissionsfreie Busse berücksichtigt. So sorgen verminderte Abgase durch fossile Brennstoffe für finanzielle Einsparungen bei den Kosten für menschliche Gesundheit. Zu den Vorteilen zählen außerdem die Verbesserung der öffentlichen Attraktivität durch weniger Lärm, mehr Komfort und öffentliche Zustimmung im Sinne eines Ansatzes zur Berechnung der Lebenszykluskosten. Das Projektteam wusste, dass damit gute Argumente vorliegen, bei Bedarf zusätzliche Mittel oder in Zukunft billigere Darlehen von der Regierung (oder ihren Förder-/Finanzierungsorganisationen) anzufordern, für die die Gesundheitskosten einen hohen Haushaltsposten darstellen.

Deckung der zusätzlichen Kosten

Nach Abschluss der Kostenberechnungen und der Fördermittelrecherche wurden Vorschläge zur Deckung der zusätzlichen Kosten aus Quellen außerhalb der üblichen Investitionsprogramme für Busflotten und Infrastruktur eingereicht. Die Finanzierungsanträge wurden im Hinblick auf widersprüchliche Anforderungen zwischen verschiedenen Finanzierungsstellen und unter Berücksichtigung öffentlich-privater Regeln geprüft.

Nachdem alle Planungen – in den Bereichen Technologie, Kommunikation, Finanzierungsergebnisse – abgeschlossen und die Mittel bewilligt worden waren, wurde beschlossen, mit der Beschaffung weiterzumachen.

^{• 7} Read more about TCO in Section 2.1 of the full Ergebnis zu JIVE 2



WICHTIGE PUNKTE AUS DER GESCHICHTE:

- **9.** Fortsetzung der Suche nach Unterstützung durch weitere Stellen mit Erfahrung.
- 10. Sicherstellung einer konservativen Kostenschätzungen, Berücksichtigung des zusätzlichen Finanzbedarfs und der Notwendigkeit, das Risiko zu verringern, um eine Akzeptanz durch den öffentlichen Verkehrsbetreiber zu erreichen.
- Berücksichtigung von möglicherweise widersprüchlichen Anforderungen bei der Suche nach Finanzmitteln für zusätzliche Kosten.
- **12.** Erstellung eines Plans für die Überschreitung des Budget und des Zeitrahmens.
- **13.** Erwägung einer Berechnung der Lebenszykluskosten.
- Reaktion auf kurze Fristen durch gleichzeitige Durchführung von Aktivitäten.

3. BESCHAFFUNGSPHASE

Die Ausschreibungen für Wasserstofftankstellen und Brennstoffzellenbusse wurden getrennt behandelt. Es wurden Expertengruppen mit technologiespezifischen Mitgliedern gebildet. Eine Expertengruppe (hauptsächlich aus der öffentlichen Verkehrsbehörde) verwaltete die Ausschreibung für Wasserstofftankstellen, und die andere (unter der Leitung des öffentlichen Verkehrsbetreibers) das Ausschreibungsverfahren für Brennstoffzellenbusse. Einige Personalüberschneidungen wurden eingebaut. Der Zeitpunkt der Ausschreibungen war darauf ausgerichtet, wenn möglich sowohl Brennstoffzellenbusse als auch Wasserstofftankstellen gleichzeitig in Betrieb zu nehmen. Er entsprach aber auch dem Investitionszyklus der Behörde und des öffentlichen Verkehrsbetreibers, um bestehende und bewährte Beschaffungsprozesse zu nutzen und die Haushaltsplanungen der Stadt zu berücksichtigen.

Um möglichen Vorbehalten lokaler Behörden entgegenzuwirken, denen es an Erfahrung mangelte, wurde frühzeitig eine professionelle Sicherheitsbewertung für die Wasserstofftankstellen und die Buswartungsanlage durchgeführt. Die Ergebnisse wurden in die Ausschreibungsunterlagen aufgenommen⁸.

Erstellung der Ausschreibung für Wasserstofftankstellen

Die Ausschreibung für Wasserstofftankstellen einschließlich der H₂-Versorgung wurde von öffentlichen Verkehrsbehörde verwaltet. Die Mitarbeiter der Behörde

hatten während des Projektplanungsprozesses die Gelegenheit gehabt, Fachkenntnisse zu sammeln, und hatten bereits in Absprache mit dem öffentlichen Verkehrsbetreiber den Standort der Wasserstofftankstelle festgelegt.

Im Ausschreibungsdokument wurde der Schwerpunkt auf die gewünschten Ergebnisse gelegt, anstatt die Eingangsleistungen zu spezifizieren. Die Anforderungen an die tägliche Abgabekapazität, die Modularität und Skalierbarkeit, die Präzision der H2-Dosierung, die H2-Qualität (Reinheit), die Notversorgung und die kurz- bis mittelfristige Versorgung mit umweltfreundlichem H2 wurden berücksichtigt. Potenzielle Lieferanten wurden ermutigt, innovativ zu sein, und erhielten gründliche Einweisungen in Übereinstimmung mit den Beschaffungsvorschriften.

Die Bieter wurden nachdrücklich aufgefordert, mit den Fahrzeuglieferanten zu sprechen und den vorgeschlagenen Standort für die Wasserstofftankstellen zu besuchen⁹.

Erstellung der Ausschreibung für Brennstoffzellenbusse

Der öffentliche Verkehrsbetreiber befand sich im Beschaffungsprozess für neue Busse und die Beschaffung von Brennstoffzellenbussen wurde in seine normale Ausschreibungsvereinbarung aufgenommen. Er hätte die Brennstoffzellenbusse jedoch nach eigener Auskunft auch als spezifische, einmalige Ausschreibungsvereinbarung kaufen können, hätte die öffentliche Verkehrsbehörde dies verlangt.

Der öffentliche Verkehrsbetreiber konnte seine vorhandene Vorlage für Busausschreibungen als Grundlage verwenden und die ergebnisbasierten Leistungskriterien für die Brennstoffzellenbusse darin aufnehmen. Um diese Kriterien zu definieren, hatte man mit erfahrenen Städten gesprochen, öffentlich zugängliche Leistungsdaten über die Technologie recherchiert und den Entwurf der Kriterien mit potenziellen Lieferanten über eine Leistungsanfrage getestet¹⁰.



• 8 Eine kurzen Überblick über Sicherheitsfragen bietet das Ergebnis zu JIVE 2 • 9 Die Hersteller von Wasserstofftankstellen haben proprietäre Lösungen entwickelt, um die Geschwindigkeit der Wasserstoffabgabe bei mittlerer und hoher Beanspruchung zu optimieren. Die Standardisierung für solche Füllungen über 10 kg steht bevor. Das Projekt PRHYDE befasst sich mit den aktuellen und zukünftigen Entwicklungen, die zum Betanken von mittelschweren und schweren Nutzfahrzeugen mit Wasserstoff erforderlich sind. Es begann im Januar 2020 und läuft bis Ende 2021, siehe https://prhyde.eu/ • 10 Weitere Informationen finden Sie im Strukturbericht für Bus-Ausschreibungen von UITP



Infrastruktur für Wasserstofftankstellen. Pau, Frankreich

Auswahl und Beauftragung von Lieferanten

Die angebotenen Preise für die Wasserstofftankstellen waren höher als gewünscht. Der endgültige Preis wurde während des Vertragsabschlusses mit dem bevorzugten Lieferanten ausgehandelt. In Bezug auf die H2-Lieferung konnte die öffentliche Verkehrsbehörde eine garantierte Vertragsdauer mit Auflösungsklauseln anbieten. Alle Fragen im Zusammenhang mit Eigentum, Verantwortlichkeiten, Garantien und Gewährleistungen sowie der Abdeckung von Drittanbietern wurden bei der Ausarbeitung des Vertrags angesprochen. Die öffentliche Verkehrsbehörde garantierte dem öffentlichen Verkehrsbetreiber einen H2-Brennstoffpreis, was zu Kraftstoffkosten pro gefahrenem Kilometer führte, die der Verwendung von Diesel entsprechen.

Der begrenzte Markt für Lieferanten von Brennstoffzellenbussen ergab nur zwei Angebote. Der öffentliche Verkehrsbetreiber blieb bei der Aushandlung des Preises für die Brennstoffzellenbusse mit dem bevorzugten Lieferanten flexibel und nutzte mögliche alternative Wartungs- und Schulungsvereinbarungen sowie mögliche zukünftige Käufe, um einen akzeptablen Preis zu erzielen. Aufgrund der zusätzlichen Mittel, die die öffentliche Verkehrsbehörde für die Einführung der neuen Technologie zur Verfügung stellte, war der öffentliche Verkehrsbetreiber zuversichtlich, dass sein kommerzieller Betrieb nicht gefährdet war.



WICHTIGE PUNKTE AUS DER GESCHICHTE:

- Parallele Durchführung der Ausschreibungen, jedoch nicht unbedingt durch dieselbe Organisation.
- **16.** Ausschreibungen sollten sich auf die gewünschten Ergebnisse konzentrieren und gegebenenfalls skalierbar sein.
- **17.** Käufer sollten flexibel bleiben, um Kostengrenzen einzuhalten.
- **18.** Die Besitzverhältnisse der Vermögenswerte und die Verantwortlichkeiten sollte im Vertrag ausdrücklich festgelegt werden.
- 19. Eine frühzeitige professionelle Sicherheitsbewertung der Wasserstofftankstellen und der Buswartungsanlage beruhigt die lokalen Behörden und unterstützt die Bieter.

Phasen und Teilphasen eines Projekts zur Veranschaulichung von Brennstoffzellenbussen und ihrer Infrastruktur für Wasserstoffbrennstoff

1

PROJEKTKONZEPTION

Verstehen des Umfelds Klärung von Erwartungen und Erwartungsmanagement Identifizierung und Priorisierung von Interessensvertretern

2

FINANZIERUNG UND PLANUNG

Quellenstudium Finanzierung Planung für den Betrieb der Wasserstofftankstelle Planung für den Betrieb von Brennstoffzellenbussen

3

BESCHAFFUNG

Erstellung der Ausschreibung Unterlagen Auswahl der Lieferanten Ausarbeitung der Verträge

4

EINSATZ UND BETRIEB

Fertigung
Auftragsvergabe und Inbetriebnahme
Regelbetrieb

5

NÄCHSTE SCHRITTE IN RICHTUNG DES VOLLEN KOMMERZIELLEN BETRIEBS

FAZIT

Hier endet vorerst diese Geschichte einer "idealen" Anschaffung von Brennstoffzellenbussen. Auf der Grundlage der Erfahrungen, die an den Standorten der Projekte von JIVE und JIVE 2 bei der Inbetriebnahme der Brennstoffzellenbusse gemacht werden, wird man sich in Zukunft mit den Phasen Einsatz und Betrieb befassen.



Autoren und Ansprechpartner für den Best Practice Report und die Fallstudie:

Klaus Stolzenburg, PLANET GbR Engineering and Consulting. k.stolzenburg@planet-energie.de (JIVE) • Nicole Whitehouse. Sphera Solutions GmbH. NWhitehouse@sphera.com (JIVE 2) • Simon Whitehouse, Sphera Solutions GmbH. SWhitehouse@sphera.com (JIVE 2)

Kontakte für die Projekte JIVE und JIVE 2: Madeline Ojakovoh, Projektkoordinatorin. Element Energy. Madeline.Ojakovoh (a element-energy.co.uk • Efe Usanmaz, Projektveröffentlichung. UITP. efe.usanmaz (auitp.org • Sabrine Skiker, Projektveröffentlichung. Hydrogen Europe. S.Skiker (a) hydrogeneurope.eu

Danksagungen

Die Projekte JIVE und JIVE 2 wurden vom Fuel Cells and Hydrogen 2 Joint Undertaking (FCH 2 JU) im Rahmen der Finanzhilfevereinbarungen Nr. 735582 und 779563 finanziert. Dieses Gemeinschaftsunternehmen erhält Unterstützung aus dem Forschungs- und Innovationsprogramm Horizon 2020 der Europäischen Union, Hydrogen Europe und Hydrogen Europe Research.

Haftungsausschluss

Der Bericht gibt lediglich die Ansichten der Autoren wieder und nicht unbedingt die Ansichten der UITP oder der FCH 2 JU. Die FCH 2 JU und die Europäische Union haften nicht für die Verwendung der hierin enthaltenen Informationen.

This is an official Knowledge Brief of UITP, the International Association of Public Transport. UITP has more than 1,800 member companies in 100 countries throughout the world and represents the interests of key players in this sector. Its membership includes transport authorities, operators, both private and public, in all modes of collective passenger transport, and the industry. UITP addresses the economic, technical, organisation and management aspects of passenger transport, as well as the development of policy for mobility and public transport worldwide.





