

## Vorhabenbezeichnung: Nationales Innovationsprogramm Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie (NIP): Einsatz von Wasserstoff im Verkehr – Wasserstofftankstelle HafenCity Hamburg

### Schlussbericht

Zuwendungsempfänger

Vattenfall Europe Innovation GmbH

Förderkennzeichen

03BV215A

Bewilligungszeitraum

01.06.2009 – 31.10.2016

Projektleiter

Dipl.-Ing. Daniel Hustadt

### Inhalt

1. Zusammenfassung.....	2
2. Anlagenbeschreibung.....	3
3. Anlagenverfahren.....	3
4. Umsatz und Verfügbarkeit .....	5
5. Abgleich Messwerte mit Zielwerten aus Förderantrag.....	7
6. T2.3 Betreuung der Anlagen inkl. Instandhaltung und Überwachung.....	10
7. T 2.4 Versorgung mit Grünstrom und Logistik Wasserstoff.....	11
8. AP 4 Kommunikation und Dissemination.....	11
9. T5.5 Safety.....	12
10. Anhang.....	13

## 1. Zusammenfassung

Mit dem Förderprojekt Wasserstoffstation HafenCity in Hamburg leistet Vattenfall einen bedeutsamen Beitrag zur Integration erneuerbarer Energien in das Mobilitätssystem, indem aus grünem Strom Wasserstoff erzeugt und als Kraftstoff in Elektrofahrzeuge mit Brennstoffzelle vertankt wird. Idealerweise wird Strom zu der Zeit verwendet, wenn Überlast im Netz vorhanden ist, und somit das Abschalten von Windturbinen trotz wehendem Wind verhindert. Die Tankstelle lässt sich ausdrücklich als Leuchtturm-Projekt beschreiben, da viele Aspekte vor der Wirtschaftlichkeit priorisiert wurden. Nicht nur der besondere Standort und die aufwendige Architektur, welche sich passend in das Bild des neuen Stadtteils HafenCity einfügen sollte, sondern auch die hohe installierte Betankungs-Kapazität sind als Wegbereiter für die Anwendung der Wasserstofftechnologie gedacht.

Im Folgenden werden die Ergebnisse des Förderprojekts dargestellt. Beginnend mit einer Zusammenfassung der Anlage und deren Verfahrensweise werden die über den Zeitraum gesammelten Daten ausgewertet und zum Teil interpretiert. Wichtige Aspekte sind dabei kundenrelevante Verfügbarkeit, Absatzmengen für Bus und PKW sowie die Energieverbräuche in verschiedensten Betrachtungsweisen. Letztere dienen auch zur Ableitung beziehungsweise Bestätigung von Effizienzsteigerungsmaßnahmen. Da besonders die erste Zeit innerhalb des Förderzeitraumes noch von der Inbetriebnahme und damit einhergehenden Kinderkrankheiten geprägt war, kann man die jüngeren Berichts-Zahlen als aussagekräftiger einschätzen. Sollte der Bedarf nach anderen als im Folgenden vorliegenden Betrachtungen aufkommen, können Daten bei Vattenfall jederzeit angefragt werden. Die Kommunikation und Dissemination lief generell sehr erfolgreich. Zuletzt wird auch auf den wichtigen Aspekt der Sicherheit eingegangen und kurz über sonstige Vorkommnisse berichtet.

Über den Förderzeitraum hinaus ist der Weiterbetrieb der Anlage trotz Unwirtschaftlichkeit seitens aller Beteiligten ausdrücklich erwünscht. Dazu werden seit August 2015 Gespräche zwischen Vattenfall, H2Mobility und der Hamburger Hochbahn geführt. H2Mobility plant, sukzessive viele der zukünftigen CEP-Tankstellen in ihr Portfolio zu übernehmen, um das Ziel von 400 installierten Tankstellen bis 2023 zu erreichen. Die Hamburger Hochbahn ist an der weitergehenden Versorgung Ihrer Brennstoffzellen-Hybrid-Busse interessiert. Wahrscheinlichstes Szenario für die Weiterverwendung der Tankstelle ist somit eine partnerschaftliche Aufteilung des Betriebsaufwandes zwischen Vattenfall, der Hochbahn und H2Mobility beziehungsweise deren Stakeholdern.

## 2. Anlagenbeschreibung

Die Vattenfall Europe Innovation GmbH betreibt in der HafenCity Hamburg eine Wasserstoffstation mit eigener Herstellung von Wasserstoff mittels Elektrolyse sowie Anlieferung von Wasserstoff mittels Trailern. Die Anlage besteht im Wesentlichen aus der Elektrolyseeinrichtung zur Spaltung von Wasser, Einrichtungen zur Verdichtung und Lagerung des Wasserstoffs sowie Betankungseinrichtungen (Zapfsäulen) für Pkw und Busse.

Die Elektrolyseeinrichtung besteht aus zwei alkalischen Elektrolyseuren der Firma Hydrogenics, wobei zusätzlich ein dritter Elektrolyseur installiert und betrieben werden könnte. Die Wasserstofferzeugungsleistung beträgt pro Elektrolyseur ca.  $60 \text{ m}^3/\text{h}$  (i.N.tr.), d.h. ca. 130 kg/d.

In der Anlage sind zwei ionische Verdichter IC90 der Firma Linde/ATZ verbaut, welche den Wasserstoff in fünf Stufen auf bis zu 900 bar verdichten können. Die Leistung der Verdichter ist mehr als ausreichend dimensioniert. Die redundante Anordnung ist dabei unbedingt zu empfehlen, um den zuverlässigen Betrieb sicherzustellen.

Die Lagerkapazität beträgt maximal 700 kg, verteilt auf Nieder-, Mittel- und Hochdruckspeicher. Der wesentliche Teil entfällt dabei auf die Mitteldrucktanks (450 kg bei 45 bar) und die 120 Typ-II-Hochdruckflaschen (250 kg bei 800 bar).

Sollte die Erzeugungskapazität nicht ausreichen oder es aus wirtschaftlichen Gründen erwünscht sein, kann der Wasserstoff auch mit Trailern angeliefert werden.

Auf dem überdachten, beleuchteten und kameraüberwachten Tankbereich der Station befinden sich zwei Zapfsäulen. Eine für 350 bar Busbetankungen und eine Twin-Säule mit dem üblichen 700 bar PKW Dispenser, aber auch den älteren 350 bar PKW Anschluss.

## 3. Anlagenverfahren

Für die Elektrolyse wird Frischwasser aus dem öffentlichen Trinkwassernetz entnommen, das für den weiteren Prozess aufbereitet (entsalzt) werden muss. Die Entsalzung erfolgt durch Umkehrosmose, wobei jedem nachfolgenden Elektrolyseur eine Umkehrosmoseeinheit vorgeschaltet ist. In jeder Umkehrosmoseeinheit werden pro Stunde etwa 200 Liter Wasser aufbereitet. Es entstehen dabei zwei Teilströme. Etwa  $\frac{2}{3}$  der Einsatzmenge verlassen die Wasseraufbereitung als entsalztes Wasser (Deionat). Im kleineren Teilstrom konzentrieren sich die natürlich im Wasser gelösten Stoffe auf, so dass dieser Teilstrom eine etwa 3-fach höhere Salzkonzentration aufweist, als das Leitungswasser. Dieser Teilstrom wird in das Schmutzwassersiel eingeleitet.

Die Elektrolyse wird als druckbeaufschlagte, bipolare Alkali-Elektrolyse ausgeführt. Die Elektrolyse-Module der Wasserstoffstation sind in Form von Stacks aufgebaut, in die das Deionat eingeführt wird. Jeder Stack besteht aus zwei Elektroden, einem Diaphragma und Alkalilauge als Elektrolyt. Bei der Elektrolyse entsteht an der Anode Sauerstoff und an der Kathode Wasserstoff mit einem sehr hohen Reinheitsgrad (99,9%). Jedes Modul erzeugt insgesamt 60 m<sup>3</sup>/h (i.N.tr.) H<sub>2</sub> mit einem Druck von 9,0 bar. Der maximal zulässige Betriebsdruck der Elektrolyse liegt bei 13 bar. Die Energie zur Wasserspaltung wird durch die Zuführung elektrischer Energie in Form von Gleichstrom bereitgestellt. Die Erzeugung der Wasserstoffmenge wird flexibel dem Bedarf angepasst.

Der bei der Elektrolyse entstandene Wasserstoff wird anschließend zum Modul der Wasserstoffreinigung/- und -trocknung (Deoxo-Drier) überführt. Hier wird in der ersten Stufe durch eine katalytische Reaktion der Sauerstoffgehalt im Wasserstoff reduziert und somit die Reinheit des Wasserstoffs erhöht. In der zweiten Stufe wird der Wasserstoff getrocknet.

Nach der Trocknung gelangt der Wasserstoff in einen Niederdruck-Pufferspeicher, der für einen Betriebsdruck von 13 bar ausgelegt ist. Der Speicher dient dazu, etwaige Lastpulsationen der Verdichterstation auszugleichen. Von diesem Modul aus gelangt der Wasserstoff in die Wasserstoffverdichtung. Der verdichtete Wasserstoff wird in Hochdruck-Speicherbankensystem gespeichert. In vier Hochdruck-Speicherbanken mit insgesamt acht Paketen zu je 15 Hochdruckflaschen und mit einem geometrischen Volumen von je 50 l wird der Wasserstoff für die Betankung gespeichert. Dies entspricht einem Volumen von 6000 l. Der Betriebsdruck der Hochdruckflaschen beträgt 830 bar und der maximal zulässige Betriebsdruck der Hochdruckflaschen 850 bar.

Neben der eigenständigen Erzeugung von Wasserstoff wird ein Teil der Betankungskapazität auch durch Anlieferung von Wasserstoff per Trailerfahrzeug gedeckt. Gelagert wird der angelieferte Wasserstoff in zwei 50 m<sup>3</sup> Mitteldruck-Speicherbehältern, die in unterschiedlichen Betriebsmodi gefahren werden können. Die Speicherbehälter werden in einem Druckbereich von 7 bar bis 45 bar (max. 50 bar) betrieben. Im Falle eines schwankenden Wasserstoffbedarfs, ist es möglich, dass die Mitteldruckspeichertanks auch mit Wasserstoff aus der Elektrolyse aufgefüllt werden können. Aus dem Mitteldruckspeicher wird der Wasserstoff über die Verdichterstation ebenfalls den Hochdruck-Speicherbanken zugeführt und zur Betankung bereitgestellt.

Das letzte Element der Wasserstoffstation sind die Zapfsäulen (Eine Zapfsäule für Busse mit 350 bar und eine Zapfsäule für Pkw mit 350 bzw. 700 bar). Für den Druck von 700 bar wird der Wasserstoff von einer Ultra-Low-Cold-Fill-Einheit auf die geforderte Betankungstemperatur von -40°C gebracht. Da die Bus- wie auch die Pkw-Betankung im Druckausgleichsverfahren erfolgt, können Bus- und Pkw-Betankungen gleichzeitig erfolgen.

## 4. Umsatz und Verfügbarkeit

Die Absatzmengen (**Abb. 1**) stiegen über den Projektzeitraum betrachtet deutlich an. Insgesamt wurden im Projektzeitraum 55,7 Tonnen Wasserstoff umgesetzt. Auf die Busse der Hochbahn entfallen dabei 48,6 Tonnen, also über 87 %. Vorhandene Schwankungen in der Absatzmenge erklären sich bei der geringen Anzahl von eingesetzten Bussen (4-6) durch Ausfälle der ebenfalls erst in Anwendungserprobung befindlichen Fahrzeuge. Bei den PKW sind die Mengen mangels Verbreitung der Technologie gering (20-30 Fahrzeuge in Hamburg, dazu noch 3 weitere PKW-Tankstellen). Herausstechend ist lediglich der Jahreswechsel 2015/2016, da zu dieser Zeit Toyota ihr neues Brennstoffzellenfahrzeug Mirai in Hamburg ausführlich testete und der europäischen Öffentlichkeit präsentierte. Ein relevanter Zusammenhang zwischen Umsatzmengen und Verfügbarkeit (**Abb. 2**) ist kaum zu erkennen, was der geringen Anzahl von Fahrzeugen geschuldet ist.

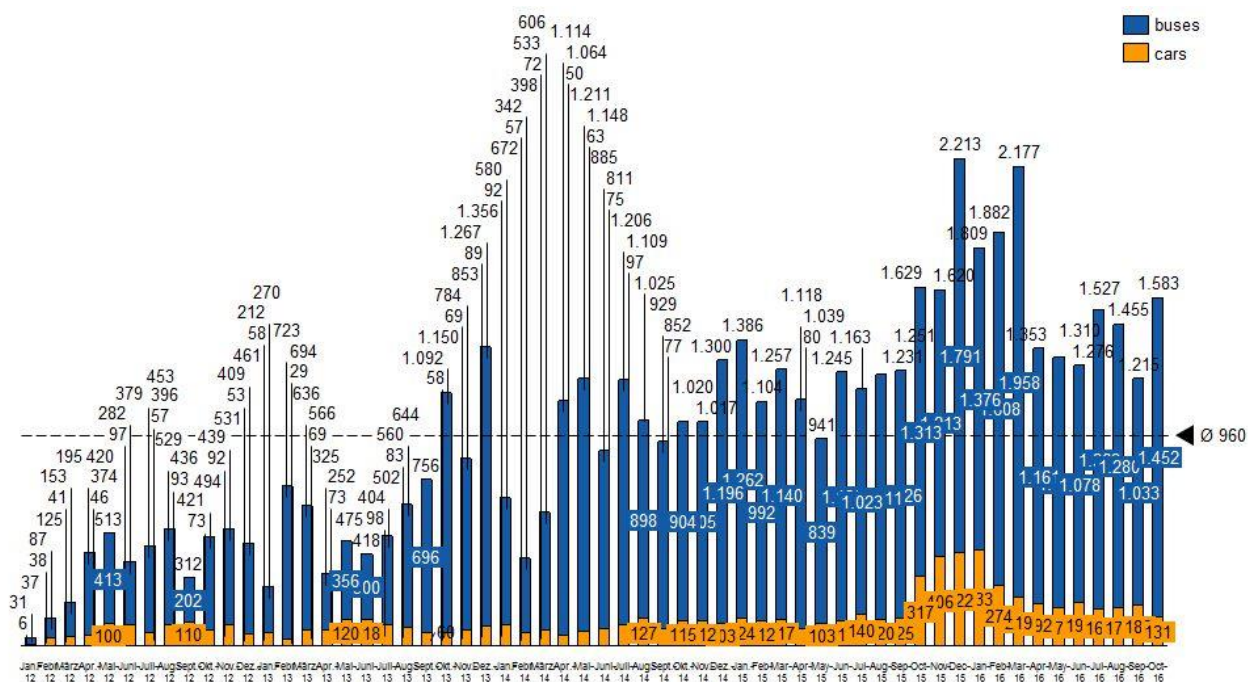
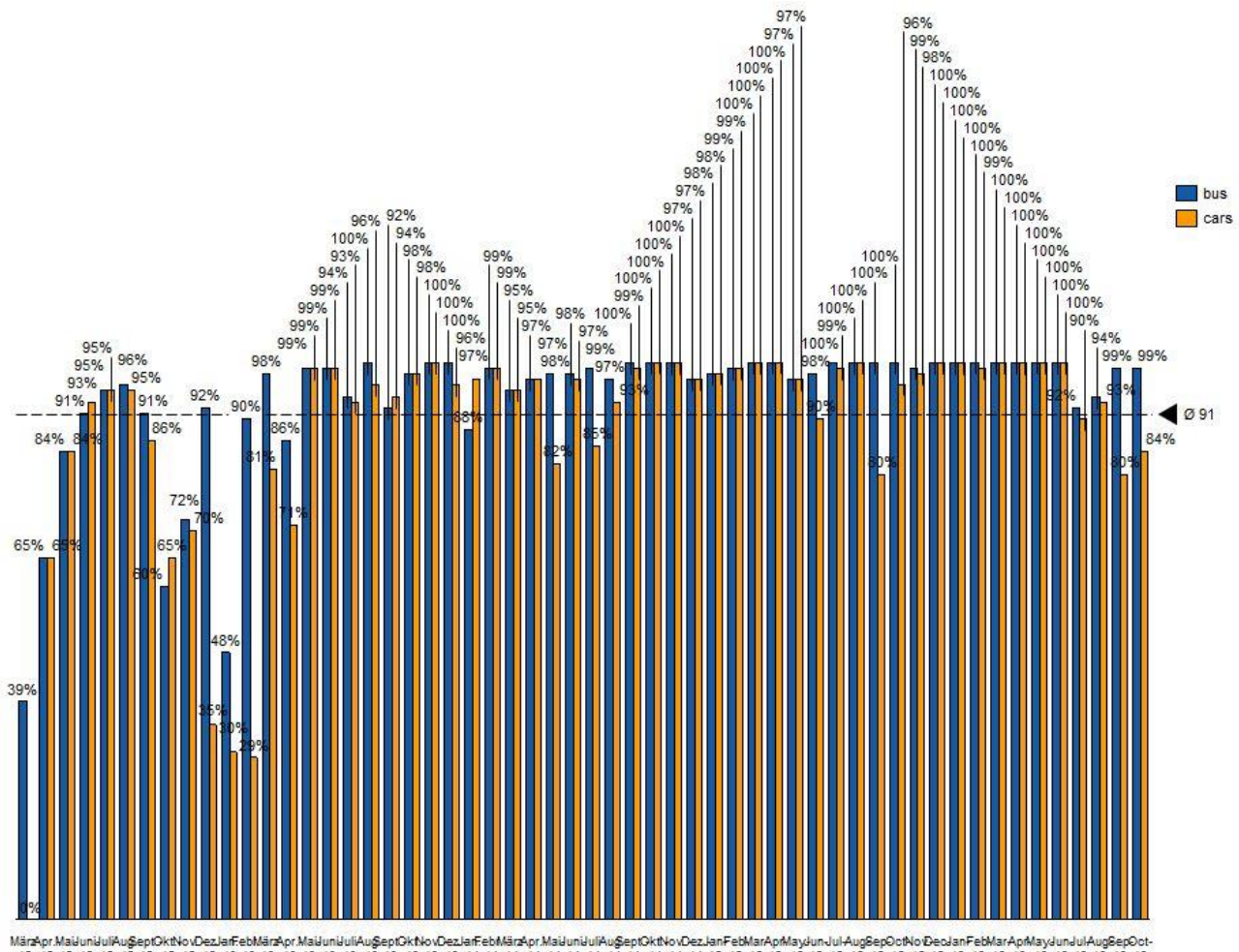


Abbildung 1: An Fahrzeuge abgegebene Mengen Wasserstoff an Wasserstoffstation HafenCity





## 5. Abgleich Messwerte mit Zielwerten aus Förderantrag

Gegenstand	Kriterien	Zielwert	Prüfinstanz	
Effizienz	Wirkungsgrad des Elektrolyseurs	> 60 %	Messpunkte im System	✓
Effizienz	Systemwirkungsgrad	> 55 %	Messpunkte im System	✗
Verfügbarkeit	Ausfallzeiten gemessen an Gesamtzeiten <sup>2</sup>	95 %	Betriebliche Dokumentation	✓
Wasserstoffkosten	Verhältnis der Gesamtaufwendungen zu vertanktem Wasserstoff	8 Euro pro kg H <sub>2</sub>	Kalkulation	✗
Lebensdauer der Anlage	Stunden	50.000 h	Technische Dokumentation	✗
Betankungsraten			Betriebliche Dokumentation	
Bus	g/s	> 100		✓
PKW (700 bar)		27,5 (Zielwert)		
Wahrnehmung	Besucherzahl/a	10.000/a	Dokumentation	✓

Abbildung 3: Zielwerte aus Förderantrag 2009

Die Zielwerte aus dem Förderantrag konnten nur zum Teil erreicht werden (Abb. 3). Eine überschlägige Kostenkalkulation mit den ungefähren Stromkosten von 0,15 €/kWh zeigt, dass alleine diese zu einem Gestehungspreis von 10-15 €/kg führen. Weitere Ausgaben wie Wartung und Reparaturen, Investitionskosten etc. sind dabei noch nicht berücksichtigt. Entscheidend für die Kostensenkung wäre dabei nicht nur eine weitere Verbesserung der Effizienz der Anlage, sondern insbesondere eine regulatorische Veränderung bei Stromkosten für die Wasserstoffproduktion, beispielsweise Befreiung von Abgaben (EEG, Netzentgelte) oder sehr viel günstigere Strompreise, wenn es sich um „Überschussstrom“ handelt. Um die Wirtschaftlichkeit zu verbessern ist übergangsweise auch die Nutzung des sogenannten „grauen“ Wasserstoffs als Nebenprodukt aus der chemischen Industrie in Betracht zu ziehen, da dieser mit lediglich 5-6 €/kg deutlich günstiger zu beziehen ist. Eine solche Anlieferung per LKW-Anhänger wurde in diesem Projekt ebenfalls miteinbezogen (ca. 10% der Gesamtmenge in der Projektlaufzeit).

Die Effizienz der Elektrolyse liegt laut Herstellerangaben bei 5,2 kWh/Nm<sup>3</sup>, was einem Wirkungsgrad von 63% entspricht. Die Messungen durch die WAGO-Klemmen (Linde-Lieferumfang) sowie der nachträglich durch Vattenfall installierten Rogowski-Spule im Rahmen des Energiecontrolling-online bzw. AC/DC-Projekts lieferten folgende Ergebnisse. **Abbildung** zeigt den spezifischen Verbrauch der Elektrolysen in Abhängigkeit von der produzierten Menge. Die produzierte Menge kann erheblich von der vertankten Menge abweichen, daher ist für die Effizienz-Betrachtung die produzierte Menge ausschlaggebend. Sowohl produzierte Menge als auch der Energieverbrauch wurden aus den Daten des PLS übernommen, da –wie in Sachbericht 8 dargelegt– die Rogowski-Spulen der Eco-Messung noch keine zuverlässigen Daten liefern. Dagegen wurden die Messwerte der PLS-Messung plausibilisiert und für korrekt befunden.

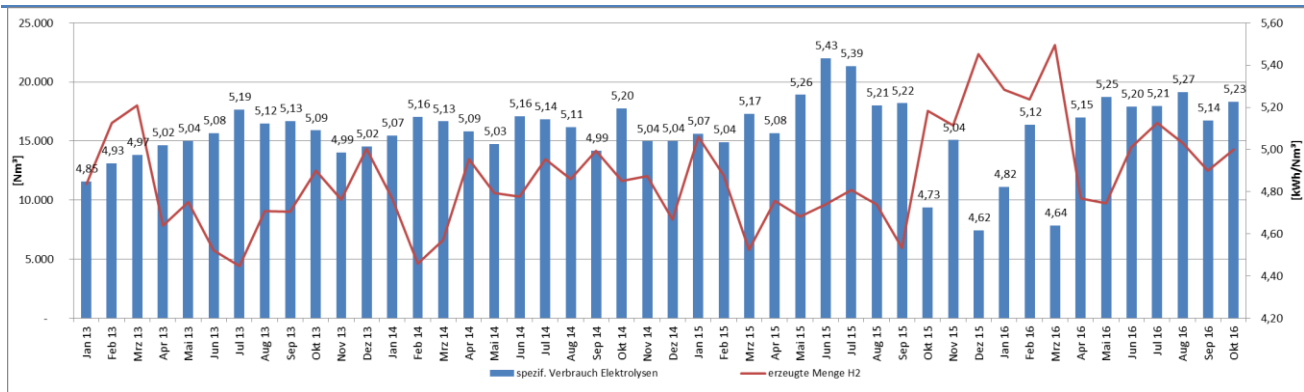


Abbildung 4: Spezifischer Verbrauch der Elektrolysen in Abhängigkeit von der Produktionsmenge

Interessant zu beobachten ist der direkte Zusammenhang zwischen Effizienz der Elektrolyseure und der Auslastung der Wasserstoffproduktion der Anlage (**Abb. 4**). Insbesondere zwischen Oktober 2015 und April 2016 zeigt sich eine deutliche Absenkung des spezifischen Verbrauchs der Elektrolysen bei deutlich höheren erzeugten Mengen. Die Zielwerte für die Effizienz des Elektrolyseurs werden insgesamt gut erreicht.

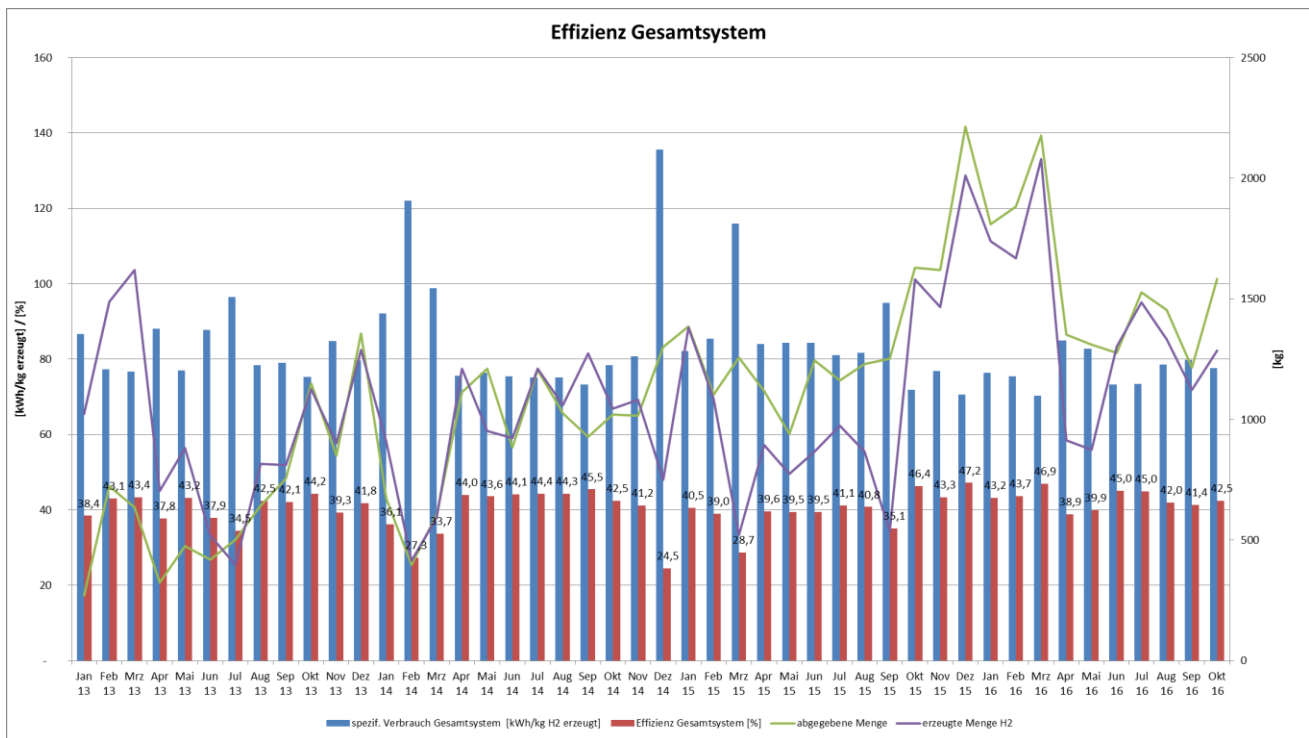


Abbildung 5: Effizienz Gesamtsystem

In **Abbildung 5** ist der gesamte Stromverbrauch der Tankstelle gegenüber der erzeugten und vertankten Menge aufgezeichnet. Es zeigt sich, dass die Vorgabe von 55 % Effizienz bei reiner Produktion vor Ort noch nicht zu erreichen ist (40-45%). Anlieferungen sind durch die Differenzen zwischen der grünen und der lila Linie erkennbar. In Monaten, in denen viel angeliefert wurde, zeigt diese Darstellung ihre Schwäche, da die Effizienz nur auf produzierten Wasserstoff bezogen wird. Deswegen steigt der spezifische Verbrauch in dieser Zeit stark bzw. sinkt die Effizienz (siehe Mrz15, Sep15, Apr16, Mai16).

Der Gesamtumsatz der Tankstelle ist leider zu gering, als dass man die Anlieferquote konstant hoch halten könnte, da die Erzeugungseinheiten sonst nur noch sporadisch gebraucht werden würden und somit Schaden nehmen könnten.



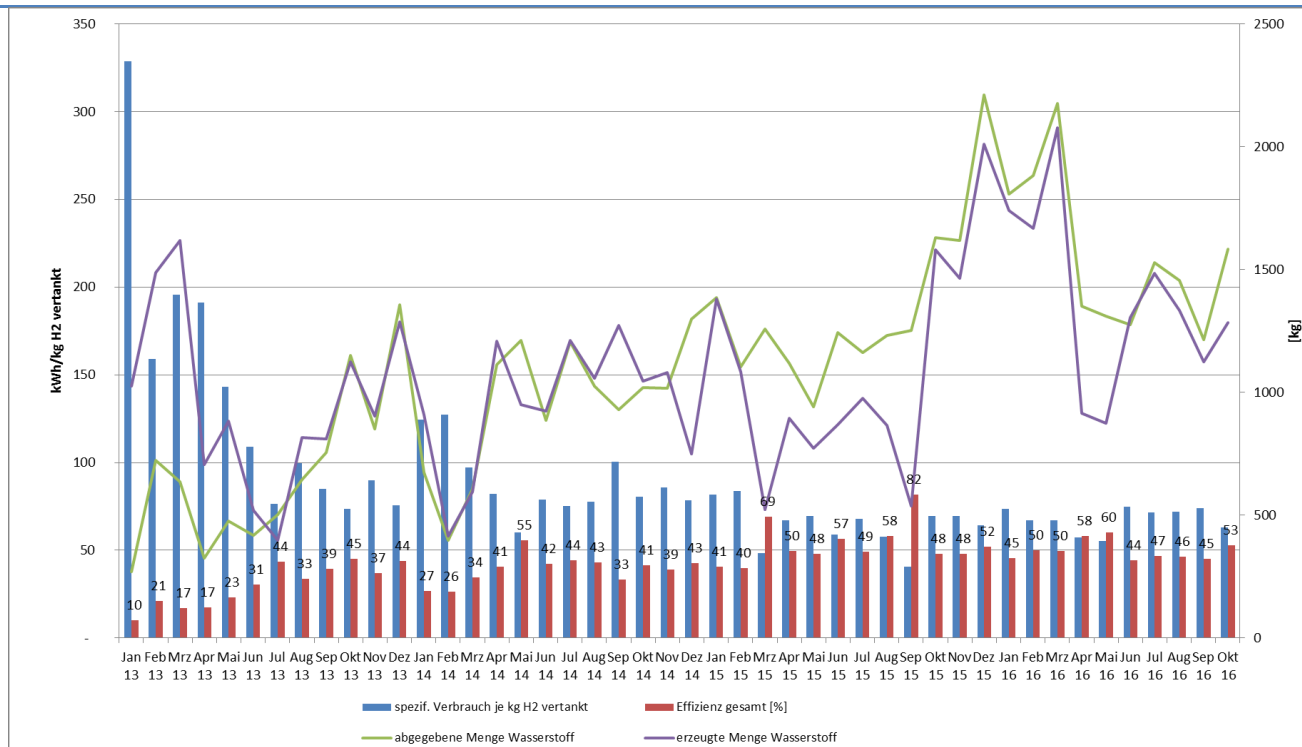


Abbildung 6: Spezifischer Energiebedarf gesamt je abgegebenem kg H<sub>2</sub>

In Abb.6 erfolgt die Betrachtung nun umfassender auf den spezifischen Energieverbrauch auf die abgegebene (vertankte) Menge Wasserstoff bezogen. Demnach ist die hier errechnete Effizienz zwar näher an der Realität, erlaubt aber ebenfalls keine all umfassende Betrachtung, da der angelieferte Wasserstoff als energetisch „umsonst“ in das System eingeht und lediglich verdichtet und bei der PKW-Betankung gekühlt werden muss. Erwartungsgemäß zeigt sich hier eine deutlich höhere Anlageneffizienz (>50%) in Monaten, in denen viel angeliefert wurde.

Der Stromverbrauch der Anlage (derzeit ca. 100.000 kWh monatlich) teilt sich wie folgt auf:

- 71 % Wasserstofferzeugung
- 7 % Verdichtung
- 7 % PKW Vorkühlung (ULCF)
- 15 % Andere (Grundbedarf)

Die Ultra Low Cold Fill (ULCF), die bei 700 bar Betankungen das Wasserstoffgas bis auf mindestens -33°C und max. -40°C abkühlt, um den Anforderungen der SAE J2601 gerecht zu werden, läuft in der Wasserstoffstation HafenCity nahezu dauerhaft, um den Vorlagebehälter und die doppelwandige aktiv gekühlte Leitung bis zum weit entfernten Dispenser zu kühlen. So ergibt sich ein hoher Grundverbrauch. Nur durch viele Pkw- Betankungen ergibt sich ein niedriger spezifischer Verbrauch. Die Tankstelle HafenCity ist derzeit nicht annähernd stark ausgelastet und könnte durch häufigere Betankungen und mehr Absatz diesen spezifischen Verbrauch erheblich senken. Zudem haben Untersuchungen ergeben, dass es konstruktiv effizientere Kühlkonzepte gibt.

Der Grundbedarf setzt sich aus allen anderen Verbrauchern zusammen. Hier kann keine weitere Differenzierung in Sicherheits- und Regeltechnik, Licht, Klimatisierung etc. vorgenommen werden. Der Stromverbrauch durch Beleuchtung der Tankstellenfläche ist jedoch relativ hoch. Aufgrund der Tankstellenverordnung ist der Betreiber einer Tankstelle verpflichtet, eine Mindestbeleuchtung auf dem Forecourt sicherzustellen. Viel Spielraum zur Optimierung herrscht hier nicht. Einzig der Bewegungsmelder

könnte noch optimiert werden, weil dieser derzeit noch bei vorbeigehenden Passanten auf dem Gehweg reagiert. Diese Optimierung würde zumindest unnötige Aktivierungen der Beleuchtung verhindern.

Im Winter müssen bei still stehender Anlage Notheizungen das Einfrieren der Aggregate verhindern. Je häufiger die Anlage läuft, desto weniger Energie wird für die Notheizungen verwendet, da die Abwärme genutzt wird, um das Gebäude zu heizen (Wärmetauschersystem). Hier herrscht jedoch noch höheres Optimierungspotential bei der Konzeption neuer Anlagen.

Die Abhängigkeit des Grundbedarfs der Station, also der Strombedarf ohne Elektrolysen, Verdichter und Vorkühlung ist in **Abbildung** gegenüber der Außentemperatur dargestellt. Deutlich zu erkennen ist, dass im Winter der Grundbedarf bedingt durch Strombedarf für Licht und Heizung stark ansteigt.

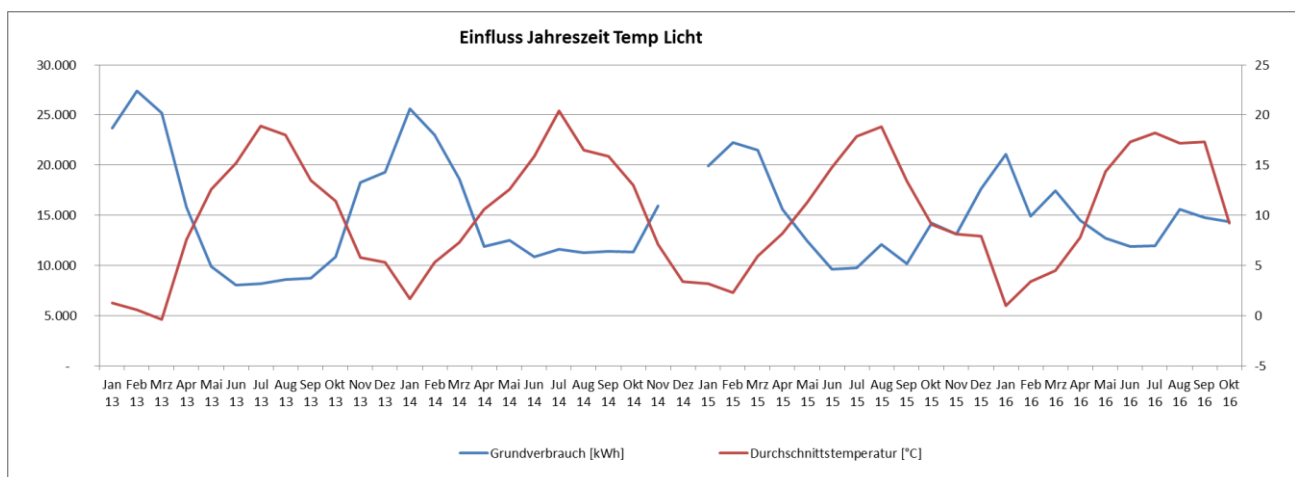


Abbildung 7: Grundbedarf der Station in Abhängigkeit von der Jahreszeit

Generell ist festzuhalten, dass durch deutlich höhere Absatzmengen höhere Effizienz erreicht werden kann und dass die Anlieferung von Wasserstoff nicht nur wirtschaftlich, sondern auch für die energetische Betrachtung vor Ort derzeit noch Vorteile hat. Diese Aussage ist auf die aktuelle Situation bezogen. Eine Betrachtung mit Einbezug der Wasserstoffherzeugung anderenorts (z.B. chemische Industrie) erfordert weiterführende wissenschaftliche Studien. In Zukunft wird der eigentliche Vorteil der Wasserstofftankstelle, die schadstofffreie Kraftstoffherzeugung vor Ort, zunehmend an Bedeutung gewinnen.

## 6. T2.3 Betreuung der Anlagen inkl. Instandhaltung und Überwachung

Die Betreuung der Anlage erfolgte von Anfang an und durchgehend intensiv, was der Grund für die im Vergleich herausragenden Verfügbarkeitswerte sind. Obwohl vollautomatisiert ist die Anlage via Internet steuerbar und kann von einem Betriebsführer jederzeit eingesehen werden. In den ersten Jahren wurde die Betriebsführung durch die Vattenfall-Tochter VERA Klärschlammverbrennung GmbH gewährleistet, welche zwar notwendige Qualifikation, Mitarbeiter und Infrastruktur (u.a. 24/7 besetzte Leitwarte) besaß, jedoch die Anlage nur nebenbei betreiben konnte. Mit Verkauf der VERA aus dem Vattenfall Konzern wurde die Betriebsführung anschließend an den selbstständigen Thomas Krohn (KR-Technik) vergeben, welcher die Funktion seither hauptberuflich wahrnimmt. Die Qualität der Betreuung stieg somit nochmals an.

Der größte Schwachpunkt aufgrund der hohen mechanischen Belastung sind die Verdichter. Die redundante Anordnung von zwei ionischen Verdichtern IC90 (Linde ATZ) war häufig wichtig für die Verfügbarkeit der Anlage, da somit der Betrieb trotz Wartungen oder Reparaturen weitergeführt werden konnte. Die IC90 Verdichter waren in dieser Anlage zum ersten Mal in realer Anwendung eingesetzt, so waren insbesondere in den ersten beiden Betriebsjahren viele Ausfälle zu verzeichnen. Nach diversen Nachbesserungen konnte die neue Verdichtertechnologie schließlich jedoch ihre überzeugenden Eigenschaften in punkto Effizienz und Leistung für den Einsatz im Wasserstoffbereich beweisen.

Ein weiterer empfindlicher Prozess ist die Vorkühlung der 700bar-Betankung. Die Vorgabe das Temperaturfenster genau einzuhalten wird durch verschiedenste Wettereinflüsse erschwert und die richtige Einhaltung der Betankungsdruckrampe erfordert anspruchsvolle Justierung. Bei Nicht-Einhaltung erfolgt ein sofortiger Abbruch des Betankungsvorgangs und im schlimmsten Fall eine Nicht-Verfügbarkeit der 700bar-Betankung.

Auch die Wasserstofferzeugung an sich erfordert einigen Wartungsaufwand, sowohl an der Elektrolyse direkt als auch zum Beispiel bei der Aufbereitung des Leitungswassers. Ausfälle in diesem Teil der Anlage haben allerdings durch die Möglichkeit der LKW-Anlieferung keine Auswirkung auf die kundenrelevante Tankstellenverfügbarkeit.

Bei der wirtschaftlichen Betrachtung fallen die Wartungskosten insbesondere der Elektrolyseure und der Verdichter mit großen Beträgen ins Gewicht. An dieser Stelle besteht erhebliches Optimierungspotential auch bezüglich der Wartungsintervalle speziell für diese Anwendungsfälle. Generell müssten die Kosten in diesem Bereich sinken, um den wirtschaftlichen Betrieb einer solchen Anlage in Aussicht zu stellen.

## **7. T 2.4 Versorgung mit Grünstrom und Logistik Wasserstoff**

Der Strom, der in der gesamten Anlage verwendet wird, ist ausschließlich zertifizierter Grünstrom.

Weiterhin wird mit Anlieferung von „grauem“ Wasserstoff aus Stade (Air Products) gearbeitet. Die Auswirkungen der Anlieferungen auf die Gesamtbetrachtung der Anlage wurden bereits im vorangegangenen Kapitel behandelt.

Im Berichtszeitraum wurden insgesamt ca. 6 t entsprechend 10% der gesamten umgesetzten Menge Wasserstoff angeliefert. Die Anlieferung läuft problemlos. In der Regel wird der Speicherdruck in den Mitteldrucktanks auf etwa 15 bar abgesenkt bevor die Lieferung erfolgt und die Speicher dann wieder auf bis zu 45 bar aufgefüllt werden. Berücksichtigt werden muss lediglich, dass in dem Zeitraum der Anlieferung (ca. 1 Stunde) aus Platzgründen kein Bus tanken kann.

## **8. AP 4 Kommunikation und Dissemination**

Die Kommunikation lief insgesamt über den gesamten Projektzeitraum sehr gut. Das Interesse an Besichtigungen der Anlage u.a. seitens Firmen-, Forschungs- und Politikvertretern aus der ganzen Welt ist konstant sehr hoch. Im Durchschnitt sind schätzungsweise 2-3 Besuche monatlich angefragt worden. Das Spektrum der Interessenten ist extrem breit und zog sich von chinesischen Ministern bis zu Schulklassen aus der Umgebung. Die Aufnahme des Projekts in der Öffentlichkeit lässt sich von unserer Seite zwar nicht genauer quantifizieren, ist aber dem subjektiven Eindruck nach sehr positiv.

Zudem ist durch unseren engen Kontakt zu den Brennstoffzellen-Fahrzeugherstellern bzw. -händlern (Toyota, Hyundai, Daimler) sowie zu den CEP-Managern von Spilett annähernd jede Betankungsschulung für neu beantragte Wasserstoff-Tankkarten für Firmen oder Privatpersonen in Norddeutschland an der Wasserstoffstation HafenCity von unseren Mitarbeitern durchgeführt worden. Dies zeigt, wie öffentlichkeitswirksam Lage und Design sowie die engagierte Betreuung unserer Tankstelle ist.

Die Wasserstoffstation HafenCity war Thema einer großen Anzahl wissenschaftlicher Arbeiten, insbesondere im Zuge der Begleitforschung der Technischen Universität Hamburg (TUHH) unter Prof. Martin Kaltschmitt. Aufzählungen können den halbjährlichen Sachberichten entnommen werden. Die Vattenfall Europe Innovation GmbH möchte die Entwicklung des Wasserstoffsektors ausdrücklich fördern und ist daher über den gesamten Projektzeitraum und auch in Zukunft gerne bereit, Einblick in alle Erkenntnisse zu ermöglichen, sofern es sich nicht um empfindliche Daten beteiligter Firmen handelt.

## 9. T5.5 Safety

In dem Projekt wurde besonders großer Wert auf Sicherheitsaspekte gelegt, da Zwischenfälle mit dieser neuen Technologie zu einer Ablehnung in der Öffentlichkeit führen würden. Gassensoren, Brandmelder und Infrarot-Flammendetektoren sind im ganzen Gebäude verteilt, zudem ist die Anlage programmiert, bei Grenzwertüberschreitungen (z.B. auch zu hohe Temperatur bei Betankungen) sofort abzuschalten.

Im Projektzeitraum haben sich drei erwähnenswerte sicherheitskritischen Vorfälle ereignet:

- Am 13.03.2012 kam es zu einer Leckage an einer der 120 Hochdruckflaschen. Es kam zu einer Freisetzung von Wasserstoff ohne Entzündung und ohne negative Auswirkungen auf Mensch oder Umwelt. Alle Systeme funktionierten einwandfrei. Es wurde ein Incident-Report in der CEP erstellt. Das Sicherheitskonzept wurde daraufhin einer Prüfung unterzogen und es wurden Verfeinerungen vorgenommen. Ursache war ein defekter sog. Einschrauber an einer der Flaschen. Dieser Einschrauber ist derzeit gängiger Standard in Europa, USA und Japan. Das System kann mit einer bestimmten Wahrscheinlichkeit undicht werden. Die Wahrscheinlichkeit ist innerhalb der ersten 200 Lastwechsel höher als in der anschließenden Nutzung. Ganz auszuschließen sind solche Leckagen nicht. Es wird beim Hersteller bereits an einer Version gearbeitet, die mit höheren Drehmomenten eingeschraubt werden kann und ebenfalls nachziehbar ist. Der derzeitige Typ wird nach einer Leckage isoliert und nicht mehr verwendet.
- Im ersten Halbjahr 2015 wurde in einem der Gleichrichterschränke für die Elektrolysen bei der Fehlerermittlung ein abgebranntes Schütz entdeckt. Dies war die Ursache dafür, dass die Elektrolyse immer wieder ausfiel. Nach einer ersten Untersuchung des Schützes ist davon auszugehen, dass eine nicht ausreichend feste Verschraubung zu einem derart hohen Widerstand mit entsprechend hohen Temperaturen geführt hat, dass das Schütz schließlich verkohlte. Glücklicherweise ist im Schrank dadurch kein weiterer Schaden entstanden, ein Feuer gab es nicht. Als Sofortmaßnahme wurde der Lieferant der Elektrolysen informiert, der am darauffolgenden Tag alle Schraubverbindungen überprüfte und nachzog. Bei Vattenfall intern wurde ein incident-report generiert, ebenso in der CEP, damit sich solche Vorfälle, die sich durch fachgerechte Arbeit auf einfache Art und Weise verhindern lassen, nicht wiederholen.
- Am 23.09.2015 ist bei dem Druckstoß anfangs eines Betankungsvorgangs mit einem Mercedes F-Cell der 700bar-Druckschlauch geborsten. Dies machte sich durch lautes Abzischen bemerkbar. Betankungsvorgänge waren nicht mehr möglich. Abgesehen von dem während des versuchten Druckstoßes kurzzeitig ausströmenden Wasserstoffs bestand während dieser Situation unserer

Einschätzung nach keine besondere Gefahr. Der Schlauch wurde am 29.09. ausgetauscht, sodass der 700bar-Betankungsbetrieb wieder aufgenommen werden konnte. Der geborstene Schlauch wurde eingehend von den Zulieferern untersucht und der Vorfall gemeinsam mit allen CEP-Partnern ausführlich ausgewertet. Die Ursache für die Beschädigung konnte nicht abschließend geklärt werden, jedoch ist eine unsachgemäße (mit ungeeignetem Werkzeug und übermäßigem Kraftaufwand) Behandlung des Schlauches beim Austauschen der Befüllkupplung am wahrscheinlichsten. Möglich, aber als eher unwahrscheinlich eingeschätzt, wäre auch eine Beschädigung durch ungünstige Belastung (z.B. gegen die verriegelte Kupplung stoßen). Untersuchung und Kommunikation des Vorfalls erfolgte unter Leitung der CEP.

Die Anlage ist aus Sicherheitsgründen sowohl zur Hamburger Hochbahn Wache als auch zur Hamburger Berufsfeuerwehr aufgeschaltet. Durch Defekte in den Übertragungseinheiten kam es im Projektzeitraum zu mehreren Fehlalarmierungen der Feuerwehr, bei denen jeweils alle Sicherheitsmaßnahmen wie erforderlich funktionierten. Außerdem wurden gemeinsam mit der Feuerwehr zwei Einsatzübungen an der Tankstelle durchgeführt sowie jährlich Sicherheitsschulungen für beteiligte Personen vorgenommen. Insgesamt gestaltete sich die Zusammenarbeit mit den zuständigen Behörden außerordentlich gut, da diese dankbar waren, zentrumsnah Ausbildungen an dieser neuen Infrastruktur durchführen zu können.

Alle 5 Jahre sind die druckführenden Teile einer TÜV-Prüfung zu unterziehen, manche Komponenten sogar häufiger. Es empfiehlt sich, dieses bereits bei der Konstruktion zu bedenken. Im Fall dieses Projektes wurden die Druckspeicher in Absprache mit dem TÜV durch eine Schallemissionsprüfung geprüft und mit dem 1,1-fachen Druck für die Prüfung beaufschlagt. Durch auf jeder Flasche angebrachte Sensoren wären % feine Risse und Undichtigkeiten detektiert worden. Erwartungsgemäß konnten keinerlei Mängel festgestellt werden.

## 10. Anhang

Detaillierte Informationen zum Projektstand und ggf. Abweichungen sind in den folgenden beigefügten Tabellen enthalten:

Tabelle 1: Übersicht des Projektstands

Tabelle 2: Abweichungen zur Planung

Tabelle 3: Wesentliche Projektergebnisse

Tabelle 4. Relevante Ergebnisse Dritter

Tabelle 5: Fortschreibung des Verwertungsplans

Bestätigung der Richtigkeit und Vollständigkeit der in der Kurzbeschreibung und den Tabellen dargestellten Inhalte des Schlussberichts.

Ort: Hamburg, Datum: 17.11.2016

Unterschrift(en):



(Dr. Oliver Weinmann)



(Daniel Hustadt)

**Tabelle1: Übersicht des Projektstands „Nationales Innovationsprogramm Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie (NIP): Einsatz von Wasserstoff im Verkehr – Wasserstofftankstelle Hafencity Hamburg“**

Arbeitspaket	Aktivität	Status			Abweichungen zur aktuellen Planung		Abweichungen haben Auswirkungen auf die aktuelle			
		begonnen	laufend	beendet	Bezug auf Planungsstand <sup>1</sup>	Ja	Nein	Arbeitsplanung	Kostenplanung	Zeitplanung
<b>AP 1 Infrastrukturaufbau und Genehmigung</b>	T1.1 Bauliche und techn. Vor- und Genehmigungsplanung			X	ZB 4		X	Nein	Nein	Nein
	T1.2 Leistungsausschreibung und Bewertung			X	Antrag		X	Nein	Nein	Nein
	T1.3 Technische Umsetzung der Anlage			X	ZB 4		X	Nein	Nein	Nein
	T1.4 Abnahme der Anlage			X	ZB 7		X	Nein	Nein	Nein
	T1.5 AC/DC Ausstattung mit online-Messzählern			X	Aufstockungsantrag		X	Nein	Nein	Nein
	T1.6 Umsetzung neuer Busbetankungsstandard J2601-2, Änderung der Hardware			x	Aufstockungsantrag	X		Nein	Nein	Nein
<b>AP 2 Betrieb der Wasserstoffstation</b>	T2.1 Technische und betriebliche Ausbildung			X	ZB 2		X	Nein	Nein	Nein
	T2.2 Betriebsführung- und Überwachung		X		ZB4		X	Nein	Nein	Nein
	T2.3 Betreuung der Anlagen inkl. Instandhaltung und Wartung		X		ZB 4		X	Nein	Nein	Nein
	T2.4 Versorgung mit Grünstrom und Logistik Wasserstoff		X		ZB 7		X	Ja	Nein	Nein

<sup>1</sup> A = Antrag, ZB Nr. = Nummer des Zwischenberichts, Vereinbarung [Datum] = Vereinbarung vom



	T2.5 Wiederkehrende Prüfungen und Abnahmen		X		ZB 6	X	Nein	Nein	Nein
	T2.6 AC/DC Erprobung der Demand Response-Fähigkeiten der Anlage im Alltagsbetrieb			X	ZB12	X	Nein	Nein	Nein
<b>AP 3 Technische, betriebliche Evaluierung</b>	T3.1 Aufstellung eines Untersuchungsprogramms			X	Antrag	X	Nein	Nein	Nein
	T3.2 Einbringen der Messpunkte in die Systeme			X	ZB 2	X	Nein	Nein	Nein
	T3.3 Wirtschaftlich technische Bewertung Komponenten und Gesamtsystem			X	ZB 12	X	Nein	Nein	Nein
	T3.4 Ökologische Bewertung und Optimierungspotenziale			X	ZB 12	X	Nein	Nein	Nein
	T3.5 Windszenarien und Vorschläge für künftige Windwasserstoffsysteme			X	ZB 12	X	Nein	Nein	Ja
	T3.6 AC/DC erste Aufzeichnung und Auswertung Verbrauchsdaten (Testphase)			X	ZB 9	X	Nein	Nein	Nein
	T3.7 AC/DC Auswertungen zur Wasserstoffstation			X	ZB 9	X	Nein	Nein	Nein
	T3.8 Auswertung des neuen Busbetankungsstandards J2601-2			X	Aufstockungsantrag	X	Nein	Nein	Nein
<b>AP 4 Kommunikation und Dissemination</b>	T4.1 Erstellen Kommunikationskonzept			X	ZB 12	X	Nein	Nein	Nein
	T4.2 Aktive Kommunikation und Pressearbeit			X	Antrag	X	Nein	Nein	Nein
	T4.3 Erstellung aussagefähiger Kommunikationsmedien			X	Antrag	X	Nein	Nein	Nein

Gefördert durch:

	T4.4 InfoCenter und Betreuung Besuchergruppen			X	Antrag	X	Nein	Nein	Nein
	T4.5 Politische Begleitung		X		Antrag	X	Nein	Nein	Nein
<b>AP 5 Projektmanagement</b>	T5.1 Administrative Aufgaben/ Dokumentation		X		ZB 4	X	Nein	Nein	Nein
	T5.2 Berichte			X	ZB 4	X	Nein	Nein	Nein
	T5.3 Wissensmanagement zwischen den Beteiligten			X	Antrag	X	Nein	Nein	Nein
	T5.4 Sicherheitsstudie (HAZOP und -konzept)			X	ZB2	X	Nein	Nein	Nein
	T5.5 Safety Management		X		ZB 4	X	Nein	Nein	Nein
	T5.6 700 bar Betankungsprotokoll		X		ZB 7	X	Nein	Nein	Nein

Tabelle 2: Abweichungen vom Plan

Projektziele	Ergebnisse im Projekt	Probleme, die der Zielerreichung entgegenstehen	Notwendige Zieländerungen (in Abstimmung mit PTJ)
<b>Wirtschaftliche Ziele</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>Unterstützung der Hersteller von Komponenten und Anlagen zur Wasserstoffherzeugung und Distribution bei der Fortentwicklung ihrer jeweiligen Produkte und der gesamten Technologie bis zur Marktreife durch die praxisgeleitete Demonstration der Anlagen.</li> </ul>	Es wurden Verbesserungen gemeinsam mit dem Hersteller des Verdichters erarbeitet (Siebe zwischen den Druckstufen). Eingesetzte Materialien, Programmierung und vorbeugende Wartung wurden optimiert. Die Verdichter bleiben die anfälligste Komponente der Wasserstoffstation.	Über die gesamte Laufzeit äußerst geringe Auslastung der Station. Real-Life-Erfahrungen konnten somit nur mit begrenzter Aussagekraft gesammelt werden. Bus-Anzahl und Verfügbarkeit deutlich unter den Erwartungen.	Keine
<ul style="list-style-type: none"> <li>Bewertung von wirtschaftlichen Skaleneffekten größerer Anlagen mit kontinuierlicher Wasserstoffabnahme</li> </ul>	Bisher sind nur vier 12m- und seit Anfang 2016 zwei 18m-Busse in Hamburg im Einsatz. Die Auslastung der Tankstelle ist auch damit weiterhin gering.	Ramp up der Flotten. Planungssicherheit bei ÖPNV (Busbetriebshöfe) am größten.	Keine.
<ul style="list-style-type: none"> <li>Validierung von kostengünstigen Logistikkonzepten durch Traileranlieferungen.</li> </ul>	Eindeutig ist die Anlieferung aus dem benachbarten Stade am kostengünstigsten. Bspw. sind die Transportkosten von H2 von Linde aus Leuna signifikant höher wie die Ausschreibung ergeben hat.	Transportmenge je Truck.	Druckerhöhung in Trucks.
<ul style="list-style-type: none"> <li>Identifizierung von Optimierungspotenzialen beim Elektrolyseur zur Erreichung von höheren Wirkungsgraden</li> </ul>	Ein Start-Stop-Betrieb ist technisch möglich allerdings nicht sehr ökonomisch wie die Auswertungen zeigen. Der spez. Verbrauch steigt mit abnehmender Produktionsmenge bzw. der Anzahl der Starts- und Stops der Elektrolysen.	Geringe Auslastung der Tankstelle.	Flottenausbau.

### Wissenschaftlich-technische Ziele

- |   |  |  |  |
|---|--|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Umsetzung des neuen Betankungs-„Standards“ SAE J2601</li> </ul>  | <p>Erste Erkenntnisse bei der Auswertung des Betankungsprotokolls nach SAE J2601 deuten darauf hin, dass keine der innerhalb der CEP gebauten Anlagen, die strengen Spezifikationen der SAE J2601 einhalten kann. Hier erfolgte im zweiten Halbjahr 2012 eine Anpassung des SAE J2601 Protokolls auf eine CEP-Variante, die an allen CEP-Tankstellen umgesetzt wurde. Eine weitere Anpassung des SAE Standards wurde in 2016 vorgenommen. Nur neue Tankstellen werden diesen implementieren.</p> | <p>Zeit zum Erreichen des Ziel-Kühlfensters wurde überschritten.</p> | <p>Die SAE musste innerhalb der SAE ggf. modifiziert werden, um die Betankungen immer gemäß SAE J2601 durchführen zu können.</p> |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Dauerhafter und zuverlässigere Betrieb einer Infrastruktur zur Versorgung von 20 Brennstoffzellenbussen und bis zu 100 Pkw.</li> </ul>                                 | <p>Aufgrund der viel zu kleinen Busflotte gibt es hier keine Ergebnisse. Ob die Anlage auch unter Volllast so funktioniert wie derzeit, ist unklar.</p>  | <p>Ramp up der Flotte.</p>   | <p>Flottenausbau.</p>  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Erkenntnisgewinn zur Umsetzung einer Wind-Wasserstoff-Produktion durch flexible Anpassung der Produktionsleistung des Elektrolyseurs an die Windlastprofile</li> </ul> | <p>Im ACDC-Projekt wurde bereits die Flexibilität der Elektrolyseure unter Beweis gestellt und somit indirekt auch die Eignung für Windprofile. Die Nutzung von Windprofilen wird sich wohl auch zunehmend nicht durchsetzen, sondern eher die Nutzung der etablierten Regelenergiearten und weiterer</p>  | <p>Nicht bekannt.</p>  | <p>Keine.</p>  |

Gefördert durch:

Flexibilitäten. Das Nachfahren einzelner Windprofile wird dagegen selten bis nie erforderlich sein. Die Anforderungen seitens der Regelenergie (Präqualifikation) sind darüber hinaus weitaus anspruchsvoller.

Andere Ziele		
Keine.	Keine.	Keine.

Tabelle 4: Relevante Ergebnisse Dritter

Projektziele	Relevante Ergebnisse Dritter	Auswirkungen auf das Projekt und die Zielerreichung
<b>Wirtschaftliche Ziele</b>		
• Keine	• Keine	
<b>Wissenschaftlich-technische Ziele</b>		
• Keine	• Keine	
<b>Andere Ziele</b>		
• Keine	• Keine	

Tabelle 5: Fortschreibung des Verwertungsplans (Konkretisierung)

---

## Anpassung des Verwertungsplans

### Erfindungen/ Schutzrechtsanmeldungen inklusive Verwertungen

- Bisher keine.

### Wirtschaftliche Erfolgsaussichten nach Projektende

- Die Erkenntnisse aus diesem Projekt im Bereich der Planung und Vergabe von Leistungen reduzieren in aufbereiteter Form den zukünftigen Aufwand der beteiligten Projektpartner bei der Errichtung weiterer Standorte. Die Anlage in ihrer jetzigen Form kann nicht wirtschaftlich arbeiten, legt man einen Abgabepreis von Wasserstoff von brutto 9,50 € zugrunde. Gründe hierfür sind die hohen operativen Kosten, Auflagen (wie z.B. für eine Bereitschaft) und die hohen Wartungskosten für Verdichter und Elektrolyse.

### Wissenschaftliche/ technische Erfolgsaussichten nach Projektende

- Die Erkenntnisse aus diesem Projekt, insbesondere in Bezug auf die wirtschaftliche Betrachtung der Skaleneffekte und die technische Optimierung von Wirkungsgraden, können nach Projektende im Rahmen der Aktivitäten von Anschlussprojekten einen wesentlichen Beitrag bei der Umsetzung bei der Einführung standardisierter Betankungsmodule liefern.

### Anschlussfähigkeit für eine mögliche nächste Phase

- Alle Aktivitäten werden derart weiter betrieben und etabliert, dass eine Weiternutzung der Arbeitsergebnisse in einer Anschlussphase des Projekts oder in anderen Nachfolgeprojekten uneingeschränkt gesichert ist. Angesichts des nahenden Projektendes werden zudem Maßnahmen getroffen, die den Weiterbetrieb erleichtern würden. Hierunter fällt unter Anderem das Angebot an H2 mobility, die Wasserstoffstation nach Ende des Fördervorhabens für einen symbolischen Euro zu übernehmen, die Station weiter zu betreiben und somit die Versorgung der Busse und Pkw in Hamburg zu sichern.
-



## Berichtsblatt

1. ISBN oder ISSN <b>geplant</b>	2. Berichtsart (Schlussbericht oder Veröffentlichung) <b>Schlussbericht</b>
3. Titel  <b>Nationales Innovationsprogramm Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie (NIP):          Einsatz von Wasserstoff im Verkehr – Wasserstofftankstelle HafenCity Hamburg</b>	
4. Autor(en) [Name(n), Vorname(n)]  <b>Hustadt, Daniel          Jacobsen, Arne</b>	5. Abschlussdatum des Vorhabens <b>31.10.2016</b>
	6. Veröffentlichungsdatum <b>21.11.2016</b>
	7. Form der Publikation <b>Schlussbericht</b>
8. Durchführende Institution(en) (Name, Adresse)  <b>Vattenfall Europe Innovation GmbH          Überseering 12          22297 Hamburg</b>	9. Ber. Nr. Durchführende Institution -
	10. Förderkennzeichen <b>03BV215A</b>
	11. Seitenzahl <b>20</b>
12. Fördernde Institution (Name, Adresse)  <b>Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI)          Invalidenstraße 44          10115 Berlin</b>	13. Literaturangaben -
	14. Tabellen <b>5</b>
	15. Abbildungen <b>7</b>
16. Zusätzliche Angaben -	
17. Vorgelegt bei (Titel, Ort, Datum) -	
18. Kurzfassung  <b>Die Vattenfall Europe Innovation GmbH betreibt in der HafenCity Hamburg eine Wasserstoffstation mit eigener Herstellung von Wasserstoff mittels Elektrolyse sowie Anlieferung von Wasserstoff mittels Trailern. Die Anlage besteht im Wesentlichen aus der Elektrolyseeinrichtung zur Spaltung von Wasser, Einrichtungen zur Verdichtung und Lagerung des Wasserstoffs sowie Betankungseinrichtungen (Zapfsäulen) für Pkw und Busse.</b>  <b>Mit diesem Projekt wurde die Anwendung der Wasserstoffherzeugung bzw. -bereitstellung im Stadtzentrum Hamburgs zur Nutzung im Elektromobilitätssektor sowohl für Pkw als auch für Stadtbusse mit Brennstoffzellenantrieb untersucht. Der Schlussbericht umfasst dabei die Ergebnisse des Vorhabens, insbesondere die Betrachtung von Energieverbrauch bzw. -effizienz, kundenrelevante Verfügbarkeit, Auslastung, Erfahrungen mit Wartung und Reparaturen sowie Sicherheitsaspekte.</b>  <b>Die Erkenntnisse dieses Schlussberichts sind ein wertvoller Beitrag zum weiteren Ausbau der Wasserstoffinfrastruktur im Mobilitätssektor, da wesentliche Erfahrungswerte und Kriterien herausgestellt sind, welche für die Planung weiterer ähnlicher Anlagen dringend berücksichtigt werden sollten.</b>	
19. Schlagwörter <b>Wasserstoff, Brennstoffzelle, Tankstelle, Mobilität, Erneuerbare Energie</b>	
20. Verlag -	21. Preis -

## Document Control Sheet

1. ISBN or ISSN <b>planned</b>	2. type of document (e.g. report, publication) <b>report</b>
3. title  <b>Nationales Innovationsprogramm Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie (NIP): Einsatz von Wasserstoff im Verkehr – Wasserstofftankstelle HafenCity Hamburg</b>	
4. author(s) (family name, first name(s))  <b>Hustadt, Daniel Jacobsen, Arne</b>	5. end of project <b>31.10.2016</b>
	6. publication date <b>21.11.2016</b>
	7. form of publication <b>report</b>
8. performing organization(s) (name, address)  <b>Vattenfall Europe Innovation GmbH Überseering 12 22297 Hamburg</b>	9. originator's report no. -
	10. reference no. <b>03BV215A</b>
	11. no. of pages <b>20</b>
12. sponsoring agency (name, address)  <b>Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) Invalidenstraße 44 10115 Berlin</b>	13. no. of references -
	14. no. of tables <b>5</b>
	15. no. of figures <b>7</b>
16. supplementary notes -	
17. presented at (title, place, date) -	
18. abstract  <b>Vattenfall Europe Innovation GmbH operates a hydrogen refuelling station in the HafenCity of Hamburg with on-site hydrogen production by electrolysis as well as delivery by trailers. The station consists essentially of electrolysis for splitting the water, compressors and storage for the hydrogen gas as well as dispensers for passenger cars and busses.</b>  <b>By this project the application of hydrogen production and supply in the city centre of Hamburg for the usage in the E-mobility sector for cars as well as for public transport busses with fuel cells was examined. The report includes the results of the project, in particular the consideration of energy consumption and efficiency, customer-relevant availability, capacity, experiences with maintenance and repairs as well as safety issues.</b>  <b>The gained findings in this report are a valuable contribution for the further development of the hydrogen infrastructure in the mobility sector, for significant experiences and criteria are being highlighted, which are highly recommended to be considered for the planning of further similar stations.</b>	
19. keywords <b>hydrogen, fuel cell, fuel station, mobility, renewable energy</b>	
20. publisher -	21. price -