

Forschungsbericht BWPLUS

**Nachrüstung CEP-Ready-Konformität für  
Wasserstoffenergiekette Freiburg**

von

Christopher Voglstätter

Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE  
Freiburg

Förderkennzeichen: BWH 12001

Laufzeit: 01.08.2012 - 31.08.2013

Die Arbeiten des Programms Lebensgrundlage Umwelt und ihre Sicherung werden mit  
Mitteln des Landes Baden-Württemberg gefördert

November 2013

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Ausgangssituation, Zielsetzung und Vorgehensweise</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>CEP-Tankstellenverfügbarkeitssystem</b>	<b>5</b>
2.1	Technische Umsetzung	5
2.2	Nutzungserfahrungen	7
<b>3</b>	<b>CEP Abnahmetest</b>	<b>8</b>
3.1	Durchführung	8
3.2	Erfahrung / Ergebnis	8
<b>4</b>	<b>CEP-Kartenleser</b>	<b>10</b>
4.1	Technische Umsetzung	11
4.2	Nutzungserfahrung	12
<b>5</b>	<b>Kosten und zeitlicher Ablauf</b>	<b>14</b>
5.1	Zeit- und Kostenplan	14
5.2	Projektveränderung durch den CEP-Kartenleser	15
5.3	Nutzungserfahrung	16
<b>6</b>	<b>Zusammenfassung</b>	<b>17</b>

# 1 Ausgangssituation, Zielsetzung und Vorgehensweise

Im Rahmen des Projektes „Wasserstoffenergiekette Freiburg“ errichtete das Fraunhofer ISE mit Unterstützung durch das Umweltministerium Baden-Württemberg eine Wasserstofftankstelle auf dem institutseigenen Gelände. Diese Wasserstofftankstelle weist die komplette Energiekette von der Energieerzeugung/-wandlung durch Photovoltaik, der Wasserstofferzeugung durch Wasserelektrolyse, der Kompression und Lagerung, sowie der Abgabe an Fahrzeuge an einem Dispenser auf. Die Tankstelle ist öffentlich zugänglich und ein Eckstein der deutschen, sowie ein wichtiger Knotenpunkt der europäischen Wasserstofftankstellen-Infrastruktur.

Jedoch ergaben sich Hindernisse bei der freien Benutzung der Tankstelle: Aufgrund des derzeitigen Entwicklungsstands der Technologie ist eine persönliche Einweisung und ein geschlossener Kundenkreis mit Authentifizierung gewünscht. Zudem existiert an der Tankstelle des Fraunhofer ISE keine Kundenkasse, und so muss aus ggf. zukünftig relevanten Abrechnungsgründen eine Tankkarte herausgegeben werden, was ein wesentliches Hindernis für eine überregionale Wasserstoffmobilität ist. Dies wird durch eigene Betankungskarten gelöst, stellt aber für überregionale Tankgäste ein deutliches Hindernis dar, da vor dem ersten Betanken eine Tankkartenausgabe und Einweisung (die sich ggf. jährlich wiederholt) benötigt wird, die auf Termin erhältlich ist.

Des Weiteren ergibt sich auch die Schwierigkeit, dass die Tankstelle bedingt durch Wartungen oder Reparaturen zeitweise außer Betrieb ist, was aufgrund der nicht-vorhandenen Redundanz einen großen Unsicherheitsfaktor für potentielle Kunden darstellt, die bei Ausfall der Tankstelle nicht ihr Ziel erreichen können.

Ein weiterer Punkt ist die Normenkonformität der Tankstellen. Die Norm SAE J2601 standardisiert den Tankvorgang und alle wichtigen Sicherheitsfunktionen bei der Betankung. Die bis dato gebauten Tankstellen wurden nach u.a. dieser Norm spezifiziert und wurden auch von den Anlagenherstellern technisch dementsprechend ausgestattet. Um jedoch die Sicherheit ihrer Kunden zu gewährleisten, bestehen die Automobilhersteller auf einem Test der Tankstellen bezüglich Sicherheit und Normkonformität. Dies führte in der Vergangenheit dazu, dass die Tankstellen von vielen Automobilherstellern aufwändig geprüft wurden und teilweise auch manche Fahrzeuge nur an bestimmten Tankstellen getankt werden konnten. Zudem hat sich gezeigt, dass auch manche Tankstellen von der Norm abweichen.

Eine Sammlung sinnvoller und bis dato im Bereich der Wasserstoffinfrastruktur einzigartiger Ansätze zur Beseitigung dieser Hindernisse wird durch die CEP angestrebt und unter dem Begriff „CEP-Ready“ gebündelt. Im Rahmen von CEP-Ready werden die Aspekte Zugänglichkeit, Sicherheitsminimalanforderungen, Authentifizierung, Bezahlssystem und inzwischen auch Bedienung des Dispensers vereinheitlicht.

Bei der Errichtung der Tankstelle am Fraunhofer ISE wurde bereits darauf geachtet, die prinzipiellen Voraussetzungen für CEP-Ready zu erfüllen. Da jedoch manche Spezifikationen für CEP-Ready erst nach Ende des Projektes zur Verfügung standen, müssen drei wesentliche Punkte nachträglich erfüllt werden und konnten daher nicht mehr im Rahmen des ursprünglichen Projektes erfüllt werden.

Diese Punkte sind:

- Nachrüstung des CEP-Kartenlesers
- Nachrüstung des Tankstellenverfügbarkeitssystems
- Normierter Abnahmetest und Prüfung auf Normenkonformität durch GM/Opel

Im vorliegenden Projektbericht wird die Umsetzung dieser fehlenden Maßnahmen an der Wasserstoff-Tankstelle des Fraunhofer ISE im Rahmen eines durch das Umweltministerium Baden-Württemberg geförderten Projektes erläutert,

## 2 CEP-Tankstellenverfügbarkeitssystem

Ziel des Tankstellenverfügbarkeitssystems ist den Live-Zustand der Tankstelle den Fahrzeugnutzern mitzuteilen und damit Planungssicherheit für die Fahrer von Brennstoffzellenfahrzeugen zu bieten, v.a. in der Demonstrationsphase in der aufgrund der geringen Tankstellendichte der Ausfall einer Tankstelle besonders problematisch ist.

### 2.1 Technische Umsetzung

Die Umsetzung teilt sich in drei Teile: Bereitstellung von Statuschnittstellen, eine entsprechende Hardware zur Übermittlung und Abfrage der Statusinformationen und einen zentralen Server zur Bereitstellung und Aufbereitung der Informationen

Tankstellenseitig muss eine Status-Schnittstelle an der Tankstelle bereitgestellt werden, die die Status-Meldungen „700 bar bereit“ und „350 bar bereit“ über potentialfreie Klemmen bereitstellt. Das CEP-Verfügbarkeitssystem bietet noch weitere Schnittstellen für „350 bar Bus“ und Flüssigbetankung, die jedoch im Kontext der Freiburger Tankstelle nicht relevant sind. Die potentialfreien Klemmen werden hierbei durch die Steuerung der Tankstelle gesteuert und schalten um, sobald eine betankungsrelevante Störung der Tankstellen vorliegt. Die Nachrüstung dieser Funktionalität wird durch den Anlagenhersteller durchgeführt.

Die Hardware zur Übertragung der Informationen besteht aus einem DIN A4 Blatt großen Schaltschrank (siehe Abbildung 1) und einer Mobilfunk-Antenne. Für den Betrieb des Verfügbarkeitssystems ist damit an der Tankstelle Netzempfang für das entsprechende Mobilfunknetz notwendig. Die Hardware wertet die Tankstellenklemmen aus und versendet an den Zentralserver der Fa. Kistner Statusinformationen per SMS. Jede Box hat dabei eine eigene Mobilnummer und kann von Tankgästen unterwegs per SMS abgefragt werden. In diesem Fall schickt sie bis eine halbe Stunde nach Abfrage Statusänderungen an den anfragenden Autofahrer.

Die lokale Hardware hat auf der Außenseite der Anlage außerdem einen Kippschalter für einen manuellen Wartungsmodus (Tankstelle nicht verfügbar). Dieser ist für längere Ausfallzeiten gedacht während derer die Tankstelle zwar keine Fehler meldet, aber bspw. aufgrund einer ausgebauten Komponente (Kompressor) nicht betriebsbereit ist.



Abbildung 1: CEP-Tankstellenverfügbarkeitssystem - Hardware

Auf dem zentralen Server werden die Verfügbarkeitsdaten dann zusammengeführt und über eine CEP interne Schnittstelle bereitgestellt. Die Firma Spilett New Technologies wertet diese Daten dann im Auftrag der CEP intern, ggf. betreiberseitig und auf der CEP-Verfügbarkeitskarte aus. Nach einer Einbindung in die CEP-Karte durch die Fa. Spilett, ist die Tankstelle auf der Tankstellenkarte der CEP zu sehen und kann über SMS unter Angabe der Stationsnummer abgefragt werden.



Abbildung 2: Tankstelle des Fraunhofer ISE auf der Karte des Tankstellenverfügbarkeitssystems

## 2.2 Nutzungserfahrungen

Der Betrieb des Verfügbarkeitssystems ist nach Installation des Systems absolut problemfrei. Aus Rückmeldungen von Nutzern und Tankgästen zeigt sich, dass das System gut funktioniert und Planungssicherheit schafft. Die negativen Rückmeldungen (Tankstelle wird als verfügbar gemeldet, funktioniert aber nicht oder umgekehrt) lassen sich i.d.R. auf nicht konsequente manuelle Ein- und Ausschaltung des Wartungsmodus durch den Betreiber zurückführen.

Seitens der CEP wird quartalsweise an alle Betreiber eine Statistik der Verfügbarkeit verschickt. Ein Beispielauszug für Freiburg kann in Abbildung 3 betrachtet werden. Im Januar 2013 liegt aufgrund des Einpflegens in das System in KW2/2013 eine verringerte Verfügbarkeit vor. Die Verfügbarkeitseinbrüche in den Monaten Mai – Juli lassen sich auf Wartungsprobleme mit einem Kompressor und einer defekten Kühlmittelpumpe zurückführen, die zweimal für mehrere Wochen Ausfall gesorgt haben.

Zumindest in der aktuellen Entwicklungsphase der Tankstellen wäre eine zusätzliche durch den Betreiber schaltbare Meldung wünschenswert, um längere Ausfälle bzw. geplante Wartungsarbeiten über das System zentral ankündigen zu können. Dies wird derzeit zumindest bei Daimler über einen Kundennewsletter realisiert, d.h. der Betreiber meldet die geplante Wartung und Daimler verschickt einen Kundennewsletter.

Die Investitionskosten des Verfügbarkeitssystems sind vergleichsweise günstig. Jedoch fallen vergleichsweise hohe Betriebskosten an, die pro Jahr den Investitionskosten der Hardware entsprechen. Hier wäre eine Überprüfung auf Kostensenkung vermutlich zielführend.

Monat	ISE FB Pkw 350/700 bar
Aug 11	
Sep 11	
Okt 11	
Nov 11	
Dez 11	
Jan 12	
Feb 12	
Mrz 12	
Apr 12	
Mai 12	
Jun 12	
Jul 12	
Aug 12	
Sep 12	
Okt 12	
Nov 12	
Dez 12	
Jan 13	90%
Feb 13	99%
Mrz 13	100%
Apr 13	99%
Mai 13	84%
Jun 13	32%
Jul 13	78%
Aug 13	100%
Sep 13	100%

Abbildung 3: Verfügbarkeit der Tankstelle des FhG ISE

## 3 CEP Abnahmetest

Ziel des CEP-Abnahmetests ist es, die Sicherheit der Tankstelle für die Benutzung mit anderen Fahrzeugen festzustellen. Neben Tests, die auch häufig schon durch die ZÜS durchgeführt wurden (bspw. Ableitfähigkeitsmessung, Überprüfung vorhandener Sicherheits- und Leckagedetektionsfunktionen) wird die Konformität der Betankung mit der SAE J2601 geprüft, um so sicherzustellen, dass alle Fahrzeuge aller Hersteller sicher und problemfrei betanken können. Speziell für diesen Test ist ein sehr gutes Verständnis und Wissen über das Betankungsprotokoll und eine aufwändige Test-Hardware notwendig, über die zum Zeitpunkt der Abnahme nur Opel verfügte. Opel hat diese Test-Hardware jedoch wie angekündigt zum Ende des Jahres 2012 still gelegt. Aktuell wird in CEP-Kreisen nach einem alternativen Betreiber entsprechender Test-Hardware gesucht.

### 3.1 Durchführung

Für die Überprüfung der Konformität mit der SAE J2601 werden mehrere Betankungen mit und ohne Kommunikation unter genauer Beobachtung der Betankungstemperaturen und –drücke durchgeführt, sowie die ordnungsgemäße Funktion der Infrarotschnittstelle und deren Abschaltungssignale getestet. Allgemein wurde an den meisten Tankstellen eine Optimierung der Tankprozedur erst anhand dieses Tests ermöglicht. Durch das Vorhandensein einer baugleichen Tankstelle bei Shell in Hamburg konnte der Anlagenhersteller Air Products für die Abnahme auf frühere Erfahrungen und Korrekturen der Hamburger Tankstelle zurückgreifen, so dass nur noch kleinere Korrekturen durchgeführt werden mussten.

Der CEP-Abnahmetest wurde in KW47/12 durchgeführt und dauerte ca. 3 Tage, was derzeit der Regel entspricht. Da die meisten Tankstellen noch Anpassungen benötigen, um den Test zu bestehen, ist die Anwesenheit des Anlagenherstellers und des Anlagenbetreibers notwendig.

Aufgrund limitierter Erzeugungs- und Speicherkapazitäten wurde für die Durchführung der Tests die Tankstelle provisorisch um einen manuell zuschaltbaren Mitteldruckspeicher erweitert, der im Vorfeld durch die Anlage gefüllt worden war.

### 3.2 Erfahrung / Ergebnis

Ein Auszug aus dem Bericht des SAE Tests durch Opel ist in Abbildung 4 dargestellt.



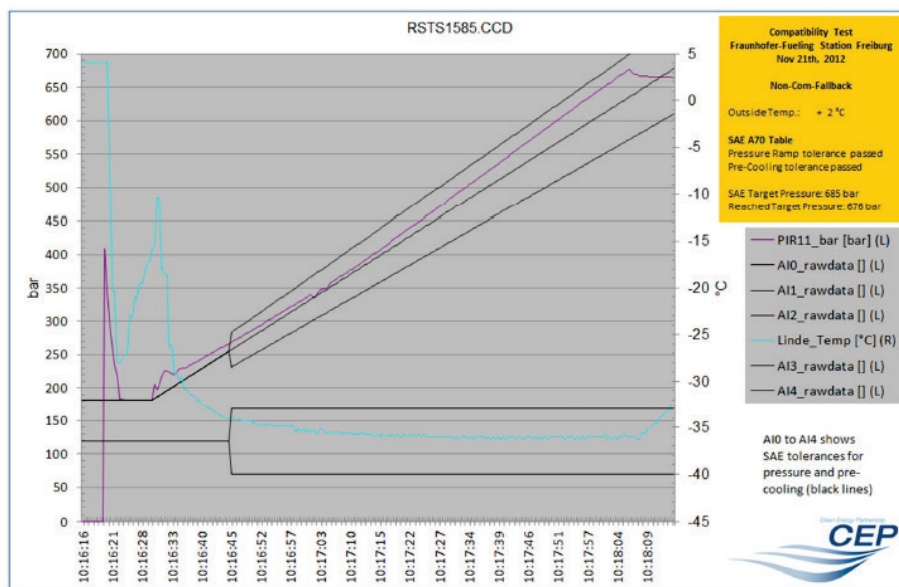


Abbildung 4: Auszug aus dem Bericht des Abnahmetests. In lila dargestellt ist der Tankdruck über die Zeit. In blau dargestellt ist die Temperatur des Wasserstoffs. Die jeweiligen Toleranzgrenzen sind in schwarz dargestellt.

Während des Testverlaufs waren alle Betankungen bis auf eine einwandfrei und normkonform. Eine der Betankungen hatte die Normgrenzen von 10% Abweichung vom Soll Druck verlassen. Vermutet werden hier die Ventile der Anlage, die bereits in der Vergangenheit mehrfach Probleme verursacht hatten. Die Experten von Opel empfehlen in Ihrem Bericht ein weiteres Monitoring und eine Ursachensuche der Abweichung. Die Vorkühlung hat einwandfrei gearbeitet und alle Sicherheitsfunktionen und –abschaltungen der Infrarotschnittstelle haben funktioniert.

Die Probebetankungen wurden beim Opel-Test mit einem für diesen Zweck angepassten Opel-Tanksystem durchgeführt. Dadurch bedingt ergibt sich für den Test eine definierte Tankgröße bei der die Betankung getestet wurde. Betankungen mit anderen Tankgrößen können durch die Veränderung der Volumenströme zu Abweichungen des Tankvorgangs führen. Eine Überprüfung, ob dies einen relevanten Einfluss hat, wird empfohlen.

## 4 CEP-Kartenleser

Vor Einführung der CEP-Karte war vor allem bei den Tankstellenbetreibern ohne klassisches Tankstellengeschäft wie bspw. EnBW, Vattenfall oder auch Forschungsinstituten jeweilige Insellösungen mit Schlüsseln oder anderen Tankkarten zu finden. Um eine Tankberechtigung zu erhalten, musste vor Ort eine Einweisung für jede Tankstelle durchgeführt werden, die meist nur zu Bürozeiten möglich war. Dies hat eine regional übergreifende Mobilität drastisch erschwert und auch den Aufwand für Fahrer und Betreiber sehr hoch gehalten.

Ziel des CEP-Kartenlesers ist es diese Insellösungen für Tankkartensysteme zu bündeln und in der Demonstrationsphase, in der die viele Tankstellen unbesetzt sind, eine freie Mobilität zu ermöglichen, sowie auch eine Abrechnung durch Erfassung der Tankdaten zu ermöglichen.

Ein weiterer Vorteil ist bei entsprechender Hardware die Übertragung der Tankdaten aus den Tankcomputern an die CEP, was Statistiken ermöglichen und Rückschlüsse über bspw. die Genauigkeit der Mengenummessung an der Tankstelle erlaubt.

Die Tankkarten für die Nutzung des oder der Kartenleser können Tankstellenkunden auf der CEP-Homepage bestellen. Vor Freischaltung der Karte muss der Benutzer der Karte eine Schulung an einer vollwertigen CEP-Tankstelle (bspw. EnBW Karlsruhe oder EnBW Stuttgart) erhalten.

## 4.1 Technische Umsetzung

Für den Einsatz des CEP-Kartenlesers sind mehrere Komponenten notwendig

- Ein Tankkartenterminal, welches die Tankkarten entgegen nimmt, die Tank-Autorisierung erteilt und Lieferscheine/Quittungen ausdruckt
- Ein Massendurchflussmesser  
Meist wird diese Komponente in Form eines Coreolis-Messers ausgeführt, der in den Betankungsstrang vor der Vorkühlung eingebaut wird. Stand Oktober 2013 ist noch keine eichfähige Mengenmessung für 700bar-Tankstellen bekannt. Dies ist ein bekanntes Problem, welches in der CEP adressiert wird und von mehreren Firmen bearbeitet wird. Für das vorliegende Projekt wurde ein nicht-geeichter Mengemesser installiert.
- Ein Zapfsäulenrechner, d.h. eine Einheit, welche die Werte des Massendurchflussmessers auswertet und eine Anzeige über entnommenen Wasserstoff und dadurch entstehende Kosten für die Zapfsäule liefert



Abbildung 5: Tankkartenterminal des Fraunhofer ISE

- Das Kassensystem, d.h. ein Computersystem angepasst an die eichamtlichen Bestimmungen mit einer Kassensoftware, welche einerseits eine Schnittstelle zur Authentifizierung / Freigabe der Betankung darstellt und andererseits auch die resultierenden Daten an den zentrale Server weiterleitet.
- Falls notwendig: Anpassung des Dispensers auf eine CEP-konforme, einheitliche Bedienung (Zweiknopf-Bedienung)

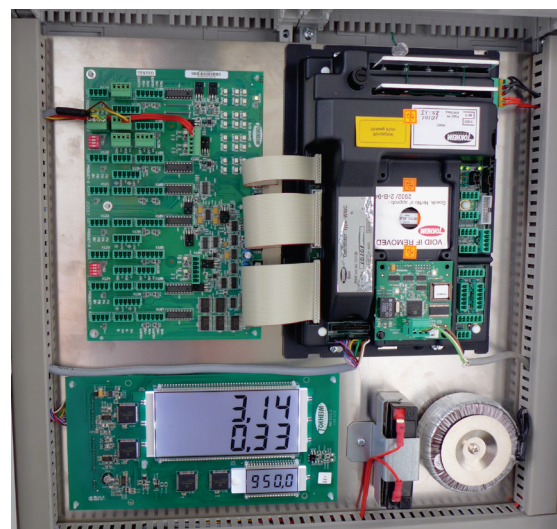


Abbildung 6: Zapfsäulenrechner Fraunhofer ISE

Diese Komponenten sind räumlich getrennt und untereinander verbunden bzw. vernetzt.

Bei in bestehende Tankstelle integrierte Wasserstoff-Tankstellen, sind viele dieser Komponenten bereits vorhanden, so dass meist nur der Zapfsäulenrechner und ggf. der Kartenleser angeschafft werden müssen. Notwendig ist außerdem ein Massendurchflussmesser, der jedoch meist Bestandteil der Standardanlagen ist.



Abbildung 7: Steuerrechner des Kassensystems am Fraunhofer ISE

Bei Standalone Tankstellen wie bspw. der des Fraunhofer ISE sind diese Komponenten meist noch nicht existent, sondern müssen zusätzlich beschafft und installiert werden, was mit deutlichen Mehrkosten zu Buche schlägt.

Als Hersteller für diese Abrechnungssysteme kommen verschiedene Hersteller in Frage. Durch bereits existierende Abrechnungssysteme an bestehenden Tankstellen bzw. durch entsprechende großvolumige Verträge sind Betreiber von konventionellen Tankstellenketten meist über Rahmenverträge oder existierende Strukturen an Abrechnungssystemhersteller gebunden.

Da die Standardisierung der Tankstellen ein zum Zeitpunkt des Berichtes noch laufender Prozess ist, wurde eine einheitliche Bedienerschnittstelle am Dispenser erst kurz vor Projektende von der CEP spezifiziert. Daher wurde diese Anpassung an der Freiburger Tankstelle nicht mehr bzw. nur teilweise durchgeführt.

## 4.2 Nutzungserfahrung

Die genaue Ausführung des Kartenlesers und des Kassensystems sind je nach Anbieter des Bezahlsystems leicht unterschiedlich. Aus Gesprächen mit anderen Betreibern kommt das Bild, dass nicht alle Systeme eine Online-Anbindung an das CEP-System bieten, da das CEP-System bereits eine Festlegung auf einen Hersteller bedingt. Kompatibilitätsprobleme sind den Fahrern der Fahrzeuge des Fraunhofer ISE jedoch bisher nicht aufgefallen und die CEP-Karte hat im Süden Deutschlands bisher an allen dementsprechend nachgerüsteten Tankstellen funktioniert.

Der Kartenleser benötigt neben einem Stromanschluss, einen Anschluss an die Authentifizierungsroutine der Tankstellensteuerung, sowie entweder einen bauseits bereit zu stellenden DSL Anschluss oder eine anders geartete Internetverbindung, um Verbindung zum Tokheim Netzwerk aufzunehmen. Bei Geräten anderer Hersteller kann dies abweichen.

Das Kartenleser und Abrechnungssystem an sich ist sehr stark auf Manipulationsicherheit eingestellt. Dies geht einher mit einem erfrischendem Maß an Redundanz und IT-Sicherheit. Die Ursache dieser Aspekte ist wahrscheinlich eichamtlichen Vorschriften und Industrieanforderungen an Verfügbarkeit und Sicherheit geschuldet.

Die Massendurchflussmesser haben bis dato immer noch keine eichamtliche Zulassung und es wurden auch deutliche Abweichungen zwischen tatsächlich getankter Menge und den Messwerten der Coreolismesser berichtet. Erste grobe Vergleiche zwischen den Tankmengen, die das Fahrzeug und die der Massendurchflussmesser anzeigen, sind deutlich verbessert gegenüber Berichten aus der Szene und liegen nicht allzu weit voneinander entfernt. Diese Aussage muss aber dahingehend relativiert werden, dass hier zwei ungeeichte Geräte miteinander verglichen werden.

## 5 Kosten und zeitlicher Ablauf

### 5.1 Zeit- und Kostenplan

Die Verteilung der Projekt-Investitionskosten auf die einzelnen Arbeitspakete ist in Abbildung 8 zu sehen. Sowohl beim Punkt Kartenleser, als auch beim Verfügbarkeitssystem sind durch eine Integration bereits beim Bau der Tankstelle Kostenersparnisse zu erwarten.

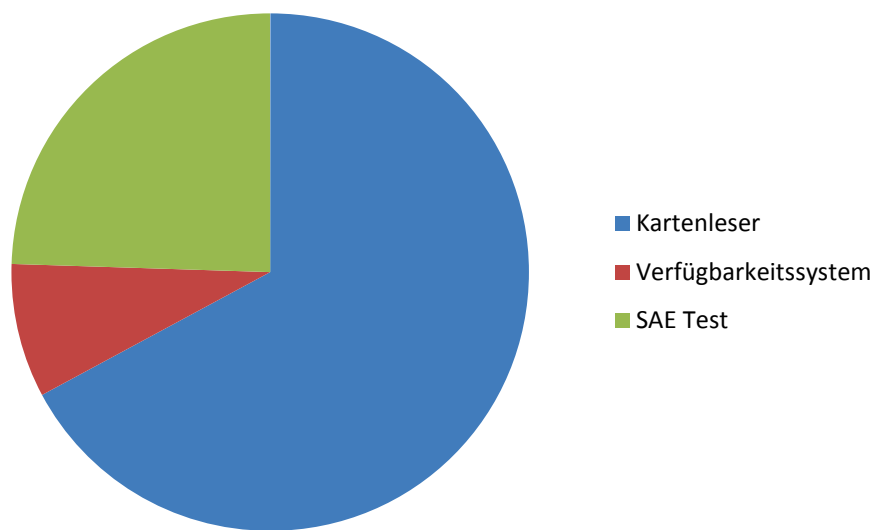


Abbildung 8: Investkostenverteilung im Projekt CEP-Ready

Die Kosten für den Kartenleser sind in Abbildung 9 genauer aufgeschlüsselt. Durch Integration in die Projektierung der Tankstelle ist eine deutliche Reduzierung der Anpassungskosten (Montage und IBN) zu erwarten und bei bei Integration in konventionellen Tankstellen und damit Vorhandensein einer Abrechnungsinfrastruktur kann eine deutliche Reduzierung des Postens „Kartenleser“ erwartet werden.

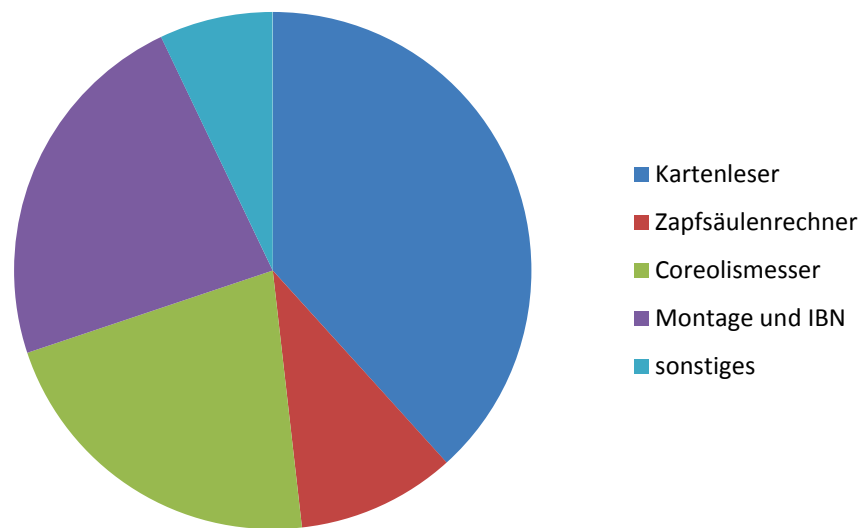


Abbildung 9: Kostenverteilung Kartenleser

Der Projektzeitplan ist in Tabelle 1 dargestellt. Ursprüngliches Projektende war der Monat 12/2012. Bedingt durch Verzögerungen bei AP1 wurde das Projekt verlängert und aufgestockt. Der Hintergrund der Verzögerung wird in Kapitel 5.2 dargestellt.

Tabelle 1: Zeitlicher Ablauf des Projektes - AP1: Kartenleser - AP2: Verfügbarkeitssystem - AP3: Abnahmetest

	08/12	09/12	10/12	11/12	12/12	01/13	02/13	03/13	04/13	06/13	06/13	07/13
AP1	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	✓
AP2	x	x	x	x	✓							
AP3	x	x	x	✓								

## 5.2 Projektveränderung durch den CEP-Kartenleser

Im ursprünglichen Projektantrag waren für den CEP-Kartenleser geringere Kosten und ein geringerer Zeitrahmen angesetzt.

Basis für diese Kostenschätzung waren eine Anfrage an die CEP, die jedoch nur die Kosten für den Kartenleser selbst enthielten und ein Angebot, welches vom Hersteller der Tankstelle für die Komplettanrüstung erstellt wurde.

Bedingt durch die Notwendigkeit wider Erwarten eine Mengenummessung in das System integrieren zu müssen kam es nach langer Prüfung zu Zeitverzögerungen durch lange Lieferfristen und zusätzliche Kosten der zusätzlich notwendigen Komponenten.

Zum Zeitpunkt des Berichtes ist keine eichfähige Mengenmessung für 700bar-Tankstellen verfügbar. Dies ist ein bekanntes Problem, welches in der CEP adressiert wird. Für das Projekt war in der ursprünglichen Planung vorgesehen, zur Kostenersparnis auf diese Mengenmessung zu verzichten. Nach Auftrag kristallisierte sich jedoch heraus, dass eine Mengenmessung notwendig war, da sonst ein Abbruch der Betankung unvermeidlich ist. Alternativ wurde geprüft, eine Mengenmessung zu simulieren – dies ist jedoch aufgrund der gegenphasigen redundanten Signale, die vom Mengemesser generiert werden schwer. Air Liquide ist eine solche Emulation mit einer nicht auf dem Markt verfügbaren Lösung und mit großem Zeitaufwand gelungen. Air Products lehnte eine entsprechende Lösung aufgrund gering eingeschätzter Erfolgschancen ab.

### **5.3 Nutzungserfahrung**

Die Koppelung der Mengenmessung mit den jeweiligen Tankstellen-Abrechnungssystemen ist nicht trivial. Um die Signale mit dem System zu koppeln ist bisher zusätzliche Elektronik notwendig, die derzeit laut Aussage Hersteller nicht als Standardprodukt auf dem Markt verfügbar ist. Erschwert wird dies dadurch, dass die Unterstützung der Abrechnungssystem-Hersteller aufgrund der zum Zeitpunkt der Nachrüstung geringen Stückzahlen an geplanten Wasserstoff-Tankstellen bisher teilweise nur sehr widerwillig geschieht.

Aufgrund der Nicht-Eichfähigkeit der Messungen wird derzeit von den Tankstellen keine Quittung ausgegeben, sondern ein Lieferschein, der die Menge und die anfallenden Tankkosten aufzeigen.

Der Kartenleser funktionierte in den bisherigen Betriebsmonaten problemlos und ausfallsicher und wurde von externen Tankgästen gut angenommen. Die Firma Spilett versendet Aufstellungen über die erfolgten Betankungen in einem Wunschzyklus und ermöglicht dadurch Auswertungen der Betankungen und potenziell auch Abrechnungen. Mit dem System ist es möglich unabhängig von Bürozeiten und Terminen zu tanken und mobil zu sein.



## 6 Zusammenfassung

Die Projektarbeiten zur Nachrüstung der Wasserstoff-Tankstelle in Freiburg für eine CEP-Ready Konformität wurden erfolgreich durchgeführt.

Das Tankstellenverfügbarkeitssystem wurde angeschafft und installiert und die dafür benötigten Schnittstellen wurden geschaffen. Seit Dezember 2012 ist das Verfügbarkeitssystem erfolgreich in Betrieb und der Zustand der Tankstelle kann über das Internet und per SMS abgefragt werden. Die Nachrüstung war problemfrei.

Der CEP-Abnahmetest wurde durch Opel im November 2012 durchgeführt. Die Tankstelle am Fraunhofer ISE hat den Test erfolgreich bestanden, was teilweise durch Vorerfahrungen des Anlagenherstellers an einer vergleichbaren Anlage erleichtert wurde. Damit existiert eine Freigabe der Freiburger Wasserstoff-Tankstelle für alle in der CEP vertretenen Fahrzeughersteller.

Der CEP-Kartenleser wurde erfolgreich installiert und in Betrieb genommen. Durch nachträgliche Veränderung des Angebots durch den Anlagenhersteller aufgrund von Erkenntnissen, die im Projektverlauf entstanden, musste zusätzlich ein Massendurchflussmesser beschafft werden, wodurch sowohl eine zeitliche Verlängerung, als auch eine Aufstockung des Projektes notwendig wurden. Der Kartenleser wurde dann im Juni/Juli 2013 erfolgreich installiert und in Betrieb genommen.

Mit Abschluss der Kartenleserinstallation sind erfolgreich die letzten Hürden für eine barrierefreie Nutzung der Wasserstoff-Tankstelle durch Langstrecken-Fahrer gefallen und die Freiburger Wasserstoff-Tankstelle ist erfolgreich in das Netz der CEP-Tankstellen integriert worden.