

**Abschlussbericht zum Projekt**

# **Leise und sauber:**

**Brennstoffzellen für kommunale Anwendungen**

Hochschule Ulm



**Projekt- und Ansprechpartner:**

*Hochschule Ulm: Prof. Dr. Hubert Mantz und Prof. Dr. Walter Commerell,  
Albert-Einstein-Allee 55, 89081 Ulm*

*Botanischer Garten der Universität Ulm, Peter Zindl,  
Albert-Einstein-Allee 11, 89081 Ulm*

*Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg,  
Markus Jenne, Helmholtzstr. 8, 89081 Ulm (Koordination)*



## Inhaltsverzeichnis

1	Kurzzusammenfassung .....	2
2	Ausgangssituation und Aufgabenstellung .....	3
2.1	Stand von Wissenschaft und Technik .....	3
2.2	Vorgehen und Ziele .....	4
3	Arbeitsergebnisse .....	5
3.1	AP1 Ermittlung mobiler Lastanforderungen an das BZ-Geländefahrzeug .....	5
3.2	AP2 Ermittlung stationärer Lastanforderungen im Alltagsbetrieb .....	6
3.3	AP3 Demonstration der Technologie in der Öffentlichkeit .....	7
3.4	AP4 Konzepte für emissionsfreie Energieversorgung im Gartenbau .....	8
3.5	Umsetzung mit potentiellen Partnern – Status zu Projektende .....	11
4	Schlussfolgerung und Fazit .....	12

### 1 Kurzzusammenfassung

Im Gemeinschaftsprojekt von ZSW, Universität Ulm und Hochschule Ulm wurde mit Mitteln der Solarstiftung Ulm/Neu-Ulm und Unterstützung der Universität Ulm ein geländegängiger, batterieelektrisch angetriebener Kleintransporter beschafft. Das Fahrzeug wurde im Projektverlauf mit einer Datenerfassung und einem Wechselrichter ausgestattet, der für den Einsatz von herkömmlichen Werkzeugen vor Ort Netzspannung von 230V lieferte. Ab Herbst 2016 befand sich das Fahrzeug im täglichen, realen Einsatz im Botanischen Garten und lieferte Daten zur Nutzung, Batteriekapazität, Stromverbrauch und vielem mehr. Die erfassten Daten wurden gesichtet, ausgewertet und Kenngrößen ermittelt, um eine möglichst fundierte Auslegung von Wasserstoffspeicher, Brennstoffzellenstapel und Peripheriekomponenten wie Ventilen, Kühlung und Verdichter zu ermöglichen. Ein Test auf dem Rollenprüfstand der Hochschule Ulm lieferte, weltweit für diese Anwendung bisher einmalig, zusätzliche Informationen über die Anforderungen im Betrieb mit einem angepassten normierten Fahrzyklus.

Entsprechend dieser Kenngrößen wurde ein Brennstoffzellen-Batteriehybrid-System für die Energieversorgung ausgelegt, um genügend Leistung und Reichweite bei gleichzeitig schneller Betankungszeit vorhalten zu können.

Die Suche nach geeigneten industriellen Umsetzungspartnern für die zweite Projektphase (Ausstattung von Prototypen mit Brennstoffzellen-Hybridantrieb) und die nachfolgende Verwertung der Technologie konnte bis zum Projektende noch nicht abgeschlossen werden.



## 2 Ausgangssituation und Aufgabenstellung

### 2.1 *Stand von Wissenschaft und Technik*

Im Gartenbau kommen für gewöhnlich diesel-, gas- oder benzingetriebene Kleintransporter und –traktoren zum Einsatz. Weiterhin werden viele Gartengeräte mit Verbrennungsmotoren angetrieben, sofern keine flächendeckende Stromversorgung im Einsatzbereich gegeben ist. In diesem Segment erringen mittlerweile auch akkubetriebene Geräte größere Markterfolge, diese sind allerdings durch die beschränkte Akkukapazität eher für den Kurzzeiteinsatz geeignet oder benötigen Lademöglichkeiten vor Ort.

Schon seit einigen Jahren befinden sich einige batterieelektrische Fahrzeuge z.B. der Anbieter John Deere, Toro oder Club Car auf dem Markt. Deren Konzept mit robusten, aber relativ schweren Bleibatterien kann allerdings nur eine geringe Reichweite im anspruchsvollen Gartenbetrieb bieten. So konnten in ersten Versuchen im Botanischen Garten Ulm mit der Standard-Batteriekapazität des John Deere Gators von 10 kWh nur ca. 3-4 Berg-Tal-Fahrten im beladenen Zustand durchgeführt werden. Die an sich schon für den Fahrbetrieb knappe Akkukapazität solcher Fahrzeuge würde durch einen Einsatz zur Stromversorgung vor Ort noch weiter belastet, daher ist ein solcher bei diesem Konzept auch nur eingeschränkt möglich. Bereits 1959 wurde in den USA ein experimenteller, durch Brennstoffzellen angetriebener Traktor der Firma Allis Chalmers vorgestellt und für Demonstrationszwecke eingesetzt. Das Gerät wurde von einem 15kW leistenden alkalischen Brennstoffzellen-Stack mit mehr als 1000 Zellen angetrieben. Die Technik konnte sich zu dieser Zeit allerdings nicht durchsetzen. In den letzten Jahren wurde die Idee wieder im Bereich großer Traktoren aufgenommen, die Firma New Holland präsentierte 2009 einen NH2 genannten Prototypen eines wasserstoffgetriebenen Brennstoffzellen-Traktors mit ca. 80 kW Leistung. Eine verbesserte Version mit 100 kW Leistung wurde 2011 vorgestellt.

Im Bereich der Kleintraktoren wurden erste Experimentalfahrzeuge mit Brennstoffzellenantrieb bereits in den 1990er Jahren entwickelt und umgesetzt. Dabei konnte die grundsätzliche Machbarkeit demonstriert werden, entsprechende Projekte von John Deere wurden allerdings nach 2005 nicht mehr weiterverfolgt, da zu diesem Zeitpunkt eine Möglichkeit zur erfolgreichen Kommerzialisierung nicht in einem absehbaren Zeitrahmen gegeben war. Hauptgründe hierfür waren die hohen Kosten für den Brennstoffzellen-Stack, welche zu dieser Zeit auch von den Automobilherstellern noch nicht ausreichend reduziert werden konnten, sowie die fehlende Wasserstoff-Betankungslogistik.

Dagegen ist heute eine flächendeckende Wasserstoff-Tankstellen-Infrastruktur deutlich über das Stadium der bloßen Vision hinaus und im anfänglichen Aufbau begriffen. Eine solche – öffentliche - Tankstelle ist seit Juli 2016 auf dem Gelände des ZSW Ulm verfügbar. Im Hinblick auf das Tankkonzept hat sich die Hochdrucktechnik mit 700 bar als geeignet für die automobilen Anforderungen erwiesen, so dass mittlerweile mit einer Verfügbarkeit entsprechender Tanks etc. in größerer Stückzahl für die nahe Zukunft gerechnet werden kann. Allerdings sind entsprechende Einzelstücke momentan noch sehr kostspielig. Weitere kommerziell erhältliche Optionen zur Betankung eines brennstoffzellen-basierten Kleintraktors oder einer leistungsfähigen unabhängigen mobilen Stromversorgung sind 200bar-Standard-



Gasflaschen (Betankung durch Wechsel), 350-bar-Tanks (spezielle Betankung), Metallhydrid-Tanks (spezielle Betankung) oder ein Konzept, das auf Direktmethanol-Brennstoffzellen basiert. Letztere können kostengünstig und einfach handhabbar durch Flüssigbetankung (z.B. Kanister) versorgt werden.

Vor 10 Jahren waren die geeigneten Brennstoffzellen-Stapel höchstens aus Kleinserien erhältlich, die mit viel Handarbeit und hohen Kosten der Komponenten und Fertigung verbunden waren. Eine erfolgreiche Kommerzialisierung gelang wie erwähnt damals auch im Automobil-Bereich nicht. Heute stehen dagegen aus diesem Bereich belastbare Konzepte zur Verfügung, zu denen auch marktfähige Kostenkalkulationen für höhere Stückzahlen erstellt wurden.

## **2.2 Vorgehen und Ziele**

Die Hochschule Ulm, der Botanische Garten der Universität Ulm und das ZSW beabsichtigten, in zwei Projektphasen emissionsfreie Konzepte für die Energieversorgung im Gartenbau zu entwickeln und umzusetzen.

Im bewilligten Projekt (6/2016 bis 10/2017) wurde zunächst der mobile und der stationäre Leistungsbedarf für die konkrete Anwendung im Botanischen Garten Ulm ermittelt. Die Daten bildeten die Grundlage für die spätere Konzeptionierung und Auslegung einer Hybrid-Lösung aus Brennstoffzellen und Batterie für die Anwendung im Gartenbau.

Für die mobile Anforderungsermittlung wurde ein batteriebetriebenes Geländefahrzeug mit Straßenzulassung beschafft, mit einer Energiedatenerfassung ausgestattet, ab November 2016 bis über das Projektende hinaus im Botanischen Garten betrieben und die Ergebnisse ausgewertet. Für die stationären Anforderungen wurde eine Versorgungsbox in das Fahrzeug integriert. Dadurch konnte das Fahrzeug für die Stromversorgung von Veranstaltungen oder von elektrischen Handgeräten des Botanischen Gartens genutzt werden. Die Versorgungsbox wurde zudem in die Datenerfassung des Fahrzeugs einbezogen.

Der entwickelte Prototyp wurde öffentlichkeitswirksam bei verschiedenen Veranstaltungen im Botanischen Garten – nicht zuletzt auch beim Jubiläum „50 Jahre Universität Ulm“ 2017 – eingesetzt und den interessierten Bürgern präsentiert. Den zahlreichen Besuchern des Botanischen Gartens fiel der Unterschied in der Geräuschkulisse im Vergleich zu durch Verbrennungsmotoren betriebenen Fahrzeugen angenehm auf. Darüber hinaus sollten die städtischen Dienste Ulm/Neu-Ulm das Fahrzeug zur Verfügung gestellt bekommen und die Eignung im laufenden Betrieb für ihren Bedarf testen zu können und die Datenbasis und die Öffentlichkeitswahrnehmung zu erweitern.

Als Ziel des ersten Projektabschnitts stand die auf den realen Energiebedarf angepasste Konzeptionierung einer brennstoffzellengestützten Energieversorgung für den Gartenbau und möglicherweise darüber hinaus für andere Anwendungen im Bereich der Kleintraktion.

Mit dem Konzept wurde und wird aktiv auf mögliche (Industrie-)Partner für die Finanzierung einer nachfolgenden Umsetzungsphase zugegangen.



### 3 Arbeitsergebnisse

#### 3.1 AP1 Ermittlung mobiler Lastanforderungen an das BZ-Geländefahrzeug

Der batteriebetriebene, geländefähige Allmaterialtransporter Toro Workman GTX wurde evaluiert und, zum Teil aus Projektmitteln, beschafft und Anfang Oktober 2016 mit Straßenzulassung ausgeliefert. Das Gefährt wurde offenbar zu diesem Zeitpunkt noch nicht häufig in Deutschland ausgeliefert, was eine abschließende TÜV-Prüfung direkt am Botanischen Garten, auf Kosten des Lieferanten, nach sich zog. Seitens des Botanischen Gartens wurde zunächst die vorhandene Kunststoff-Ladepritsche durch eine Holz-Stahlkonstruktion ersetzt.



Abbildung 1: Toro Workman GTX mit batterieelektrischem Antrieb. Hinten die Datenerfassungsbox

Für die mobile Anforderungsermittlung wurde eine Energiedatenerfassung ausgelegt, programmiert und im November 2016 ins Fahrzeug implementiert und getestet. Seither wurde das Fahrzeug im Botanischen Garten für Alltagsaufgaben betrieben und die Kenndaten des Fahrzeugs, der Umgebung und Bewegungsdaten kontinuierlich erfasst. Um eine solide Datenbasis zu erhalten, wurden Daten bis in den Herbst 2017 berücksichtigt.

Die technischen Herausforderungen für einen Betrieb auf dem Rollenprüfstand wurden in Zusammenarbeit von ZSW und HS gelöst. Für den Test wurde der für automobilen Anwendungen gültige ‚Neue Europäische Fahrzyklus‘ NEFZ auf die erreichbaren Geschwindigkeiten im Kleintraktionsbereich adaptiert und so der Energie- und Leistungsbedarf ermittelt.



Abbildung 2: Zyklustest (adaptierter NEFZ, wie im Original mit Fahrer) auf dem Rollenprüfstand der HS Ulm

### 3.2 AP2 Ermittlung stationärer Lastanforderungen im Alltagsbetrieb

Für die Ermittlung der stationären Anforderungen wurde eine Versorgungsbox für den Betrieb von Standardgeräten mit 230VDC Stromversorgung gebaut, die mit dem Batteriefahrzeug gekoppelt wurde und auf dessen Batteriekapazität zugreift. Diese wurde seit November 2016 für die Stromversorgung von Veranstaltungen oder von elektrischen Handgeräten des Botanischen Gartens Ulm genutzt.



Abbildung 3: "mobile Steckdose" - integrierter DC/AC-Wechselrichter und Steckdose im Fahrgastraum

Die Versorgungsbox wurde zudem in die Datenerfassung des Fahrzeugs einbezogen. Auch hier, wie in AP 1, zum Aufbau einer soliden Datenbasis für AP4.



### 3.3 AP3 Demonstration der Technologie in der Öffentlichkeit

Das erworbene und erweiterte Fahrzeug wurde für verschiedene öffentliche Veranstaltungen im und um den Botanischen Garten zur Stromversorgung und zu Demonstrationszwecken genutzt. Das Fahrzeug wurde grafisch mit Logos der Partner Botanischer Garten, HS, Solarstiftung und ZSW aufgewertet; Infolyer gestaltet und an den Veranstaltungen bereitgelegt.



Abbildung 4: Logos der Solarstiftung und der Projektpartner auf der "Motorhaube" des Toro Workman

Folgende Veranstaltungen sind zu nennen:

- 08.10.2016: Herbstfest am Botanischen Garten, Vorführung
- 14.10.2016: E-Mobilitätstag im Ulmer Stadthaus, Vorführung, Infostand
- 03.02.2017: Workshop der Arbeitsgemeinschaft der Technischen Leiter Botanischer Gärten (AGTL), Vorführung, Projektvorstellung
- 18.06.2017: Sommerfest des Botanischen Gartens und des Fördervereins
- 21.07.2017: Stromversorgung des E-Musik-Festivals im Rahmen des 50jährigen Uni-Jubiläums; Ausstellung des Fahrzeugs
- 01.10.2017: Herbstliche Vielfalt zum Sehen und Schmecken
- 17.01.2018: Projektvorstellung im Rahmen der VDI Vortragsreihe an der HS Ulm

Tagestests bei regionalen kommunalen Betrieben waren geplant, konnten aber aufgrund einer laufenden Reklamation beim Hersteller erst verspätet angegangen werden. Ein Testtag bei der EBU wird möglicherweise nach Projektabschluss noch zustande kommen.

Weiterhin wird das Fahrzeug bei entsprechendem Bedarf bevorzugt bei den regulären Veranstaltungen des Botanischen Gartens wie z.B. Besuchen von Schulklassen, Führungen etc. eingesetzt.

Beispielhaft wurden bei einem Event des Botanischen Gartens die spannenden Erklär-Exponate des auch aus Solarstiftungsmitteln geförderten Projekts „EnergieTOUR Ulm“ hinzugezogen.

Darüber hinaus wurde die öffentliche Akzeptanz gesteigert durch den Alltagsbetrieb des geräuscharmen und abgasfreien E-Fahrzeugs im für Besucher im offenen Botanischen Garten.

### 3.4 AP4 Konzepte für emissionsfreie Energieversorgung im Gartenbau

In AP4 wurde aus den in AP1 und AP2 gewonnenen Daten, aus technischer Recherche und bestehendem Know-how, ein Konzept für die Umsetzung einer brennstoffzellenbasierten Energieversorgung erstellt. Die folgenden Abbildungen zeigen beispielhaft einige Auswertungen der erfassten Daten.

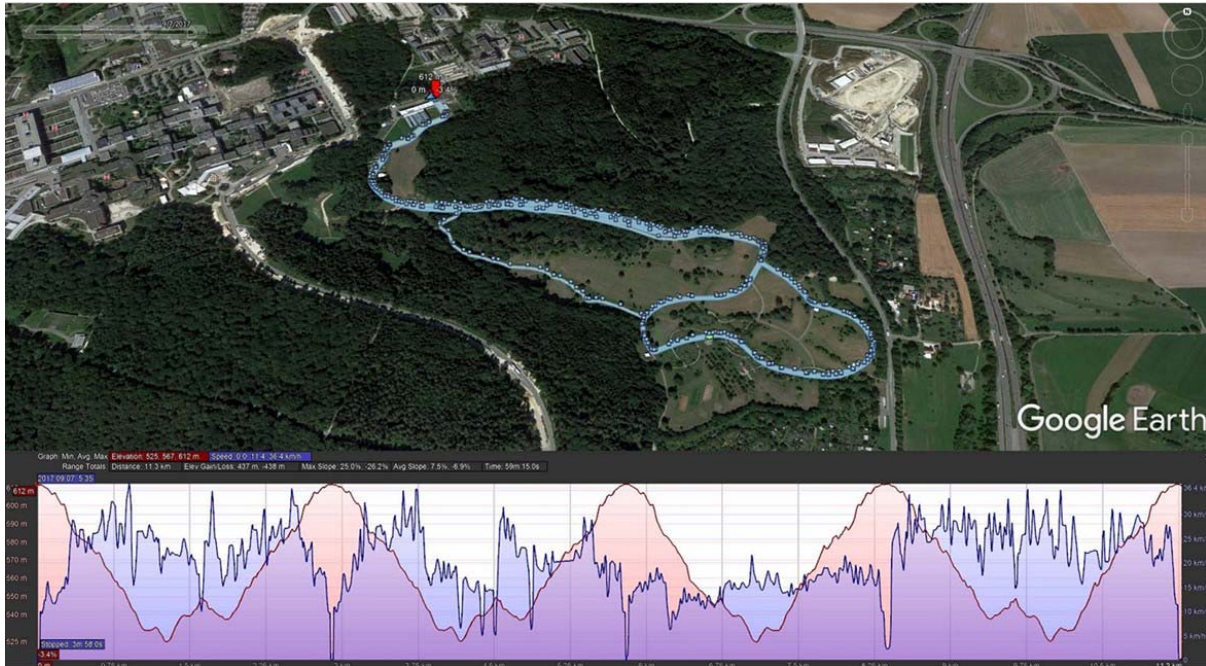


Abbildung 5: Erfasste Daten: Höhenprofil, Geschwindigkeit und Bewegungsprofil im botanischen Garten Ulm

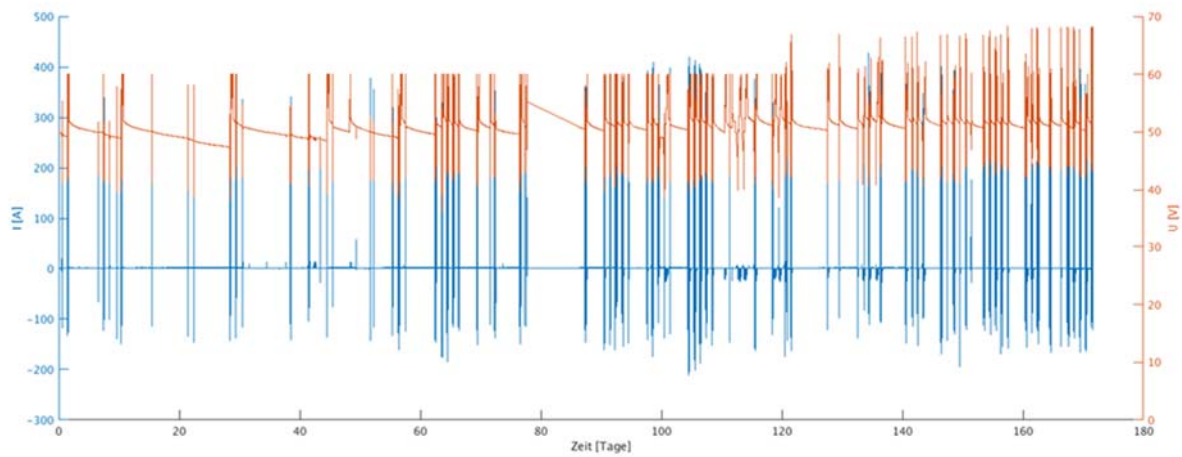


Abbildung 6: Übersicht Batteriespannung und entnommener Strom über 6 Monate Betrieb



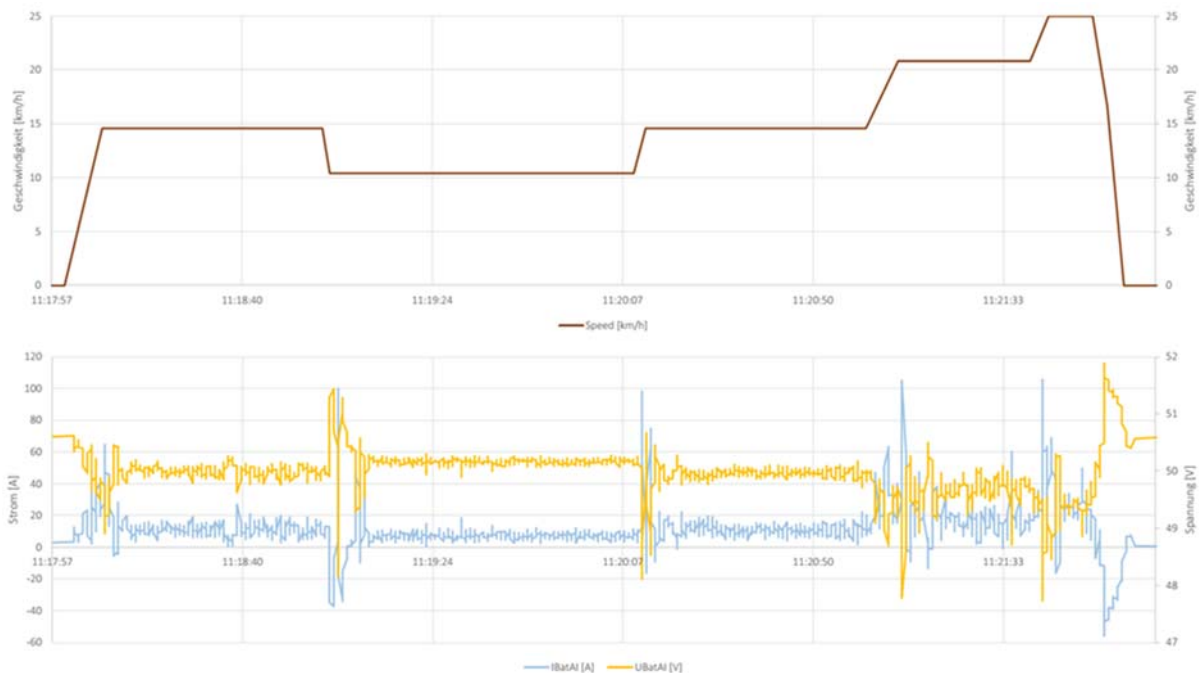


Abbildung 7: Erfasste Daten beim adaptierten NEFZ-Zyklus auf dem Rollenprüfstand der HS

Zielparameter für die Auslegung sind insbesondere die benötigte Leistung eines Brennstoffzellenstapels und die Größe und Druckstufe des Brennstoffspeichers.

Für die Auslegung wurden Tage mit hoher Auslastung des Geländefahrzeugs – viele Berg- und Talfahrten mit möglichst hoher Beladung – herangezogen. Zusätzliche Testfahrten waren nötig, um Detailfragen zu beantworten; als Beispiel wurde so herausgefunden, dass der Elektromotor auch bei vollgeladenem Batteriespeicher weiterhin bei Bergabfahrt Bremsenergie rekuperiert. Mit den Anwendern im Botanischen Garten wurden realistische Anforderungen besprochen und dokumentiert. Ein Ergebnis der Auswertung war, dass die maßgeblichen Anforderungen aus dem mobilen Betrieb kommen und die stationären Anforderungen zumindest im vorliegenden Fall damit in jedem Fall mit erschlagen werden.

Die Evaluation und Berechnung ergab eine benötigte Dauerleistung des Fahrzeugantriebs von 5kW, bei Spitzen von 15kW elektrischer Leistung am Antrieb.

### A Dauerleistung:

Bei einer Arbeitstagdauer - mit etwas Puffer - von 10h werden somit 50kWh Energie am Antriebsmotor und, nach Berücksichtigung der Wirkungsgrade der Speicher- und Umsetzungseinheit, etwa 100kWh im Wasserstoffspeicher benötigt. Mit den Anwendern im Botanischen Garten wurde geklärt, dass eine Betankung pro Arbeitstag zulässig ist.



**Brennstoffzellen-Ausgangsleistung:**  $\geq 5kW_{el}$

- ➔ Brennstoffzellenstapel als Kaufteil z.B. von Elring Klinger oder
- ➔ Kurzstack mit Autostack-Technologie

**Wasserstoffspeicher**  $\geq 1,5 \text{ kg H}_2$  (Energieinhalt  $\text{H}_2$  33,3 kWh/kg)

- ➔ Speicher bei 700bar, Standard automotive, Tankgröße 37 Liter
- ➔ Speicher bei 350bar, Nutzfahrzeuge, Tankgröße 75 Liter
- ➔ Wirkungsgrade der Umsetzungskette berücksichtigt

### B Spitzenleistung

Die ermittelten kurzzeitigen Spitzen – vollbeladene Bergfahrt bei 15kW ca. 5 Minuten, 1,2kWh benötigte Energie – bestimmt die Größe des Hybrid-Akkumulators. Dieser sollte in einem Ladezustandsbereich von 25%-50% betrieben werden. Die gewählte Größe des Akkus liegt bei 3kWh. Die Peakleistung von 15kW entspricht einer C-Rate von 5. Akkumulatoren mit diesen Kenndaten sind als Standardprodukte am Markt erhältlich.

Die folgenden Abbildungen zeigen schematisch den vorhandenen Ausgangszustand und die erarbeitete Lösung eines Brennstoffzellen-Batterie-Hybridantriebs.

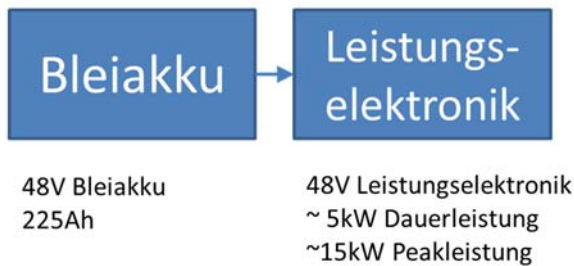


Abbildung 8: Ausgangssituation Toro Workman GTX → Dauerleistung 5kW für ca. 2h möglich

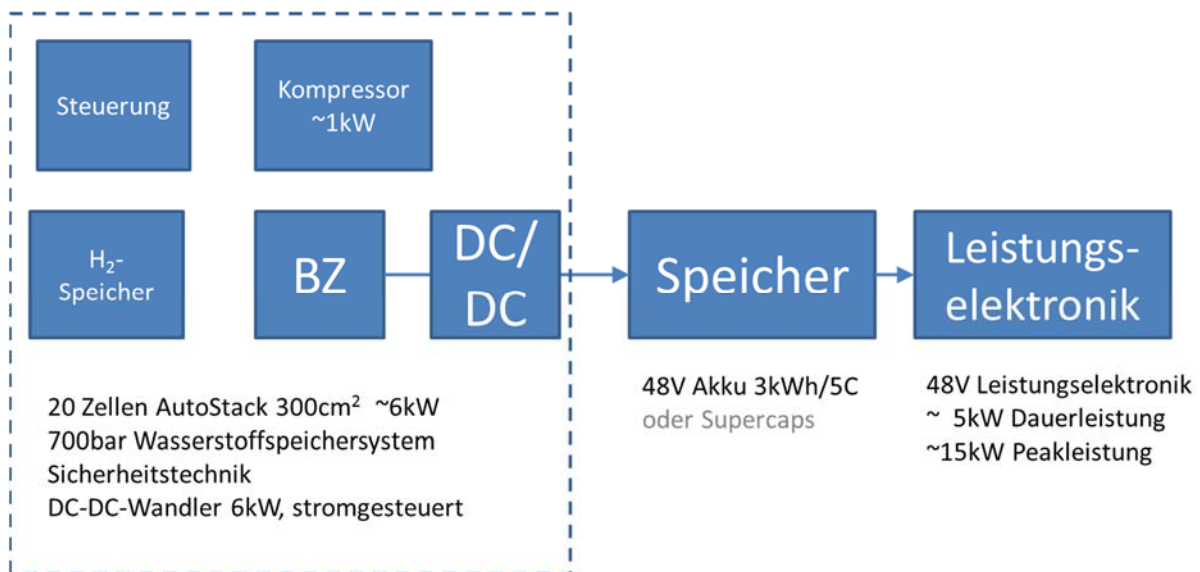


Abbildung 9: mögliches Umsetzungsszenario mit Autostack-Technologie und Li-Ionen-Akkumulator



Abbildung 10: Umsetzungsszenario mit Komponenten für Brennstoffzellen-Batterie-Hybridantrieb

Der Speicher wurde für Druckwasserstoff, wie im KfZ-, Bus- und Nutzfahrzeugbereich bereits genormt und in mittleren Stückzahlen eingesetzt, ausgelegt. Für die, in allen heute in Deutschland öffentlich für KfZ zugänglichen H<sub>2</sub>-Tankstellen verwendeten, 700bar-Technologie, wurde ein verbindliches Angebot über eine Tankeinheit eingeholt, die als Einzelstück zu hohen Kosten führt, je nach Stückzahl aber zu durchaus wirtschaftlichen Kosten erwerbbar sein kann. Mit einer 700bar-Tankeinheit an Bord kann das Geländefahrzeug beispielsweise die H<sub>2</sub>-Tankstelle am ZSW nutzen.

Die Option des Einsatzes einer leistungsarmen Direkt-Methanol-Brennstoffzelle mit Flüssig-Brennstoff in Kanistern wurde aufgrund der Leistungsanforderungen ausgeschlossen.

### 3.5 Umsetzung mit potentiellen Partnern – Status zu Projektende

Kontakte zu möglichen industriellen Umsetzungspartnern wurden geknüpft. So zeigte Toro durchaus Interesse an der beabsichtigten Technologie. Mit dem weltweiten Entwicklungsleiter Herr Gust aus der US-Firmenzentrale wird anlässlich eines Messeaufenthalt 2018 ein Treffen mit den Projektbeteiligten stattfinden. Die Firma John Deere ist aufgrund früherer Erfahrungen zu Anfang des Jahrtausends zurückhaltend. Mit bestehenden Kontakten seitens der HS sollte mittelfristig zumindest ein Update auf den heutigen Status der Brennstoffzellentechnologie möglich sein. Kramer Allrad beabsichtigt in einem Projekt die Ausstattung von Prototypen-Baumaschinen mit BZ-Hybridtechnologie. Bestehende Kontakte des ZSW zum Partner HS Furtwangen könnten eine Kooperation mit den Projektbeteiligten ermöglichen.



Kontakte bestehen darüber hinaus u.a. zur eMobil-BW, die mit Ihrer guten Marktübersicht die Partnersuche unterstützt.

## 4 Schlussfolgerung und Fazit

Im vorliegenden Projekt wurde erfolgreich eine Datenbasis für die Auslegung von Brennstoffzellen-Batterie-Hybridantrieben im Bereich der kommunalen Kleintraktion geschaffen. Die System-Auslegung des Hybridantriebs für den Anwendungsfall Botanischer Garten wurde exemplarisch durchgeführt und die Komponenten bestimmt.

Das batteriebetriebe E-Fahrzeug mit noch geringer Reichweite, welche durchaus für einige Teil-Arbeitsgänge des Botanischen Gartens Ulm ausreicht, wurde im besucherintensiven Alltagsbetrieb durchaus positiv (vor allem wegen geringer Geräusch- und keiner Abgasemissionen) wahrgenommen. Darüber hinaus wurde durch verschiedene Veranstaltungen, Ausstellungen und Präsentationen das mit Datenerfassung und 230V-Steckdose aufgerüstete Fahrzeug der Öffentlichkeit präsentiert und die Akzeptanz der Technologie gesteigert.

Die Projektziele wurden vollumfänglich erreicht. Noch andauernd ist die Suche nach Partnern für die Verwertung der Ergebnisse.

Die Auslegung des Hybridantriebs ergab, dass die vorliegende Anwendung und Baugröße einen Grenzfall für die Verwendung von Brennstoffzellentechnologie darstellt. Wenn verschiedene Rahmenbedingungen gegeben sind – z.B. der Zugriff auf eine Hochleistungs-Ladestation mit ca. 100kW Ladeleistung und die Zulässigkeit, einmal pro Tag während der Arbeitszeit für mindestens 30min Strom zu tanken - könnten zumindest die mobilen Anforderungen auch mit einem Akkumulator-System hoher Kapazität erfüllt werden. Zu berücksichtigen wäre dann auch eine hohe Zyklierungsrate des Batteriesystems und die Auswirkungen auf die Lebensdauer.

Die Verwendung der ausgelegten Brennstoffzellen-Hybridtechnologie ermöglicht schon bei der vorliegenden Anwendung in jedem Fall einen praktikablen Betrieb. Die Rückmeldung der Praktiker aus dem Botanischen Garten ist eindeutig, dass höhere Zuladung und Reichweite für den Alltagseinsatz notwendig wären. Möglicher Industriepartner tendieren zum Einsatz der Hybridtechnologie bei Anwendungen mit höheren Leistungs- und Kapazitätsanforderungen, beispielsweise Weinbergsschlepper oder Golfplatz-Rasenmäher. In diesen Fällen ist kann dann ausschließlich die Brennstoffzellen-Batterie-Hybridtechnologie „Leise und sauber“ kommunale und landwirtschaftliche Anforderungen erfüllen.

Das Ziel bleibt, bei entsprechendem Interesse von Herstellerseite das Konzept in ein kommerzielles Produkt – auch auf anderen Anwendungsgebieten wie Flurförderfahrzeugen – zu überführen. Hierbei sollten auch regionale Unternehmen als Zulieferer beteiligt werden und profitieren. Ein solcher Schritt würde den Ruf der Region als Innovationsmotor im Bereich der Elektromobilität weiter stärken.