

- 2) TTIP: Transatlantic Trade and Investment Partnership (Transatlantische Handels- und Investitionspartnerschaft)
- 3) TiSA: Trade in Services Agreement (Abkommen über den Handel mit Dienstleistungen)

## Literatur

*Acquisti, A.; Brandimarte, L.; Loewenstein, G.*, 2015: Privacy and Human Behavior in the Age of Information. In: *Science* 347/6221 (2015), S. 509–514

*BITKOM - Bundesverband Informationswirtschaft, Telekommunikation und neue Medien e.V.*, 2015: Big Data und Geschäftsmodell-Innovationen in der Praxis: 40+ Beispiele. Leitfaden. Berlin

*Chen, M.; Mao, S.; Liu, Y.*, 2014: Big Data: A Survey. In: *Mobile Networks and Applications* 19/2 (2014), S. 171–209

*Citron, D.K.; Pasquale, F.*, 2014: The Scored Society: Due Process for Automated Predictions. In: *Washington Law Review* 89 (2014), S. 101–133

*LinkedIn; BITKOM*, 2015: Big Data im Personalmanagement. Ergebnisse Unternehmensbefragung. Bitkom Research GmbH im Auftrag von LinkedIn Deutschland, Österreich, Schweiz. München, Berlin

*Meyer-Schönberger, V.*, 2015: Was ist Big Data? Zur Beschleunigung des menschlichen Erkenntnisprozesses. In: *Aus Politik und Zeitgeschichte* 65/1112 (2015), S. 14–19

*Ohm, P.*, 2010: Broken Promises of Privacy: Responding to the Surprising Failure of Anonymization. In: *UCLA Law Review* 57/6 (2010), S. 1701–1777

*Rothmann, R.; Sterbik-Lamina, J.; Peissl, W.*, 2014: Credit Scoring in Österreich. Institut für Technikfolgen-Abschätzung der Österreichischen Akademie der Wissenschaften Projektbericht Nr. A66. Wien

*US CEA – Council of Economic Advisers, Executive Office of the President of the United States*, 2015: Big Data and Differential Pricing. Washington D.C.

## Kontakt

Dr. Carsten Orwat  
E-Mail: [orwat@kit.edu](mailto:orwat@kit.edu)

Reinhard Heil, M.A.  
E-Mail: [reinhard.heil@kit.edu](mailto:reinhard.heil@kit.edu)

Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse (ITAS)  
Karlsruher Institut für Technologie (KIT)  
Karlstr. 11, 76133 Karlsruhe



## Wasserstoff im Tank

Vorstellung des interdisziplinären Begleitforschungsprojekts zum 50-Wasserstofftankstellen-Programm

von Jörg Burkhardt und Andreas Patyk,  
Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse (ITAS), Karlsruhe

**Zur Senkung von Klimagasemissionen und zur Ressourcenschonung wird der Einsatz von Wasserstoff im Mobilitätssektor heute als eine der aussichtsreichsten Alternativen zu fossilen Treibstoffen gesehen. Um die Markteinführung zu stützen, sollen bis Sommer 2016 fünfzig Wasserstofftankstellen in Deutschland errichtet werden. Begleitend zum Tankstellenausbau soll die Technik in dem hier vorgestellten Projekt „Begleitforschung 50-Tankstellen-Programm im Rahmen des Nationalen Innovationsprogramms Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie“ interdisziplinär erforscht werden. So wird neben der Standfestigkeit der Technik z. B. auch ihre Akzeptanz bei Nutzern sowie das energiewirtschaftliche Umfeld analysiert und bewertet. Aus der Sachstandserhebung sollen eventuelle Probleme und Schwachstellen identifiziert und Verbesserungsansätze abgeleitet werden. Das Projekt läuft bis Dezember 2016.**

### 1 Projektkontext

Wasserstoff dient im Fahrzeug als Energieträger der meist gasförmig und unter hohen Drücken in dafür vorgesehenen Tankstellen aufgefüllt werden kann. Die erzielbaren Tankzeiten und Fahrzeugreichweiten sind bereits heute mit denen konventioneller Kraftstoffe (Benzin, Diesel) vergleichbar, was ein großer Vorteil der Wasserstoffmobilität ist. Zwar wird Wasserstoff heute überwiegend aus fossilen Energieträgern (Erdgas, Erdöl) hergestellt und in der Chemieindustrie eingesetzt (Smolin-ka et al. 2011). Da Wasserstoff (H<sub>2</sub>) jedoch auch über Wasserelektrolyse<sup>1</sup> hergestellt werden kann, gewinnt seine Erzeugung über Strom aus erneuerbaren Energien zunehmend an Bedeutung. Besonders im Rahmen der Energiewende wird die Produktion von Wasserstoff aus überschüssigen Strommengen (z. B. aus Windenergieanlagen) diskutiert. Dessen Nutzung in Wasserstofffahr-

zeugen ermöglicht eine auf regenerativem Strom basierte Mobilität, die prinzipiell das gleiche Mobilitätsverhalten ermöglicht wie Nutzer es von konventionellen Kraftstoffen kennen.

Um der Wasserstoffmobilität Schub zu verleihen, wird der Ausbau der Tankstelleninfrastruktur durch das „50 Wasserstofftankstellen-Programm“ des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) unterstützt. Im Rahmen des Nationalen Innovationsprogramms „Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie“ (NIP) sollen die derzeit bestehenden 15, bis Sommer 2016 um weitere 35 Wasserstofftankstellen erweitert werden. Der Ausbau der Infrastruktur wird dabei von dem Industriekonsortium Clean Energy Partnership mitgetragen, koordiniert und umgesetzt. Mit dem Ziel der Marktvorbereitung soll so ein Netz an Tankstellen errichtet werden, das es ermöglicht, Deutschland mit einem Wasserstoff betriebenen Auto zu durchqueren.

## 2 Projektgegenstand

Die Wasserstoffmobilität ist heute noch nicht kommerziell etabliert, es gibt nur vergleichsweise wenige Nutzer, Fahrzeuge und Tankstellen. Neben den Fahrzeugen gilt auch die Tankstellentechnik als technisch anspruchsvoll, denn Wasserstoff wird – abhängig vom Tankstellenkonzept – gasförmig (meist 50bar oder 200bar) oder flüssig (bei Temperaturen von ca.  $-250^{\circ}\text{C}$ ) gelagert und für in Deutschland weitgehend harmonisierte Betankungsvorgänge bis ca. 850 bar komprimiert, bevor er gasförmig in das Fahrzeug strömt. Im Unterschied zu in der Vergangenheit installierten Wasserstofftankstellen, handelt es sich bei den jüngeren Anlagen vermehrt um Kleinserienfertigungen, deren Anlagendesign auf den Erfahrungen mit vorherigen „Prototypen“ basiert.

Um die Markteinführung wissenschaftlich zu begleiten, hat das BMVI das hier vorgestellte Begleitforschungsprojekt ins Leben gerufen. Ein interdisziplinäres Forschungskonsortium – bestehend aus Ludwig-Bölkow-Systemtechnik GmbH (LBST), Spilett New Technologies GmbH, Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung (ISI), TÜV SÜD Industrie Service GmbH und dem Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse (KIT/ITAS) – wurde gegründet, um den Ausbau der Tankstelleninfrastruktur

wissenschaftlich zu begleiten und um den Stand der Wasserstoffmobilität aus soziologischen, politischen und technischen Gesichtspunkten zu beleuchten. Das Projekt läuft bis Dezember 2016 und gliedert sich in vier Themenschwerpunkte, die nachfolgend umrissen werden.

## 3 Arbeitspakete

Im ersten Arbeitspaket „Akzeptanz und Rahmenbedingungen“ sollen die Akzeptanz, Motivation und Rahmenbedingungen beim Wechsel hin zu einer Wasserstoffinfrastruktur bei Nutzern, Tankstellenbetreibern und Behörden erhoben werden. Die Sicht der Anwender wird z. B. über Testbetankungen und Befragungen erfahrener sowie unerfahrener Nutzergruppen evaluiert, in denen die Akzeptanz für die Betankungsvorgänge untersucht wird. Denn auch wenn sich das Betankungskonzept weitestgehend an dem konventioneller Treibstoffe orientiert, existieren technikspezifische Besonderheiten, die als ungewohnt wahrgenommen werden und sich auf die Akzeptanz auswirken können. Die Stimmungslage und Motivation der komplementären Seite – der an Aufbau und Betrieb der Wasserstoffinfrastruktur beteiligten Akteure (Tankstellenbetreiber und -pächter, Anlagenlieferanten) – wird über Interviews erhoben. Abschließend wird der behördenseitige Genehmigungsprozess mehrerer, ausgewählter Wasserstofftankstellen analysiert und bewertet, wobei auch regional unterschiedliche Prozesse sowie technikspezifische Besonderheiten adressiert werden.

Das zweite Arbeitspaket widmet sich der Energie- und Klimabilanz der Wasserstoffmobilität. Auch wenn die lokale Nutzung des Wasserstoffs in Wasserstofffahrzeugen ohne Emissionen erfolgt, so kann die Bereitstellung und Konditionierung des Wasserstoffs beträchtliche Energieaufwendungen und Klimagasemissionen nach sich ziehen. Beispielsweise kann ein Wasserstoff-Fahrzeug bei gleicher Strecke mehr Treibhausgasemissionen verursachen als ein äquivalentes Benzin-Fahrzeug, wenn der Wasserstoff z. B. über Wasserelektrolyse aus dem Deutschen Strom-Mix erzeugt wurde (Edwards et al. 2011). Lebenszyklusbasiert werden daher unterschiedliche Wasserstoffherstellungsrouten (fossil, regenerativ) und Versorgungskonzepte (Vor-Ort-Erzeugung vs. Belieferung) untersucht und miteinander vergli-

chen. Im Rahmen dieser Untersuchungen wird auch ein Fokus auf die Tankstellenanlage selbst gelegt. Ausgewählte, bisher installierte Tankstellenkonzepte werden hinsichtlich ihrer Energie- und Betriebsmittelverbräuche miteinander verglichen und technologiespezifisch bewertet, wofür auch auf in Arbeitspaket drei und vier ermittelte Betriebsdaten zurückgegriffen wird. Zusammen mit den im vorherigen Schritt bestimmten Wasserstoff-Bereitstellungsaufwendungen lassen sich so gesamte Bereitstellungsketten bewerten. Im Unterschied zu zahlreichen „klassischen“ Mobilitätsstudien sollen auch die oft als „graue Energien“ bezeichneten Bau-Aufwendungen der zugehörigen Infrastruktur abgeschätzt werden. Diese grauen Energien spielen in regenerativen Energiesystemen die entscheidende Rolle bei fossilem Energiebedarf und Treibhausgasemissionen und werden daher für zwei Versorgungsrouten exemplarisch ermittelt und bewertet.

Das dritte Arbeitspaket befasst sich mit der derzeitigen Kostenstruktur der Wasserstoffbereitstellung, wobei zusätzlich der Einfluss der Tankstellenauslastung sowie die politischen Rahmenbedingungen gesondert untersucht werden. Neben Investitions- und Wartungskosten werden auch Kosten für Bauleistungen, Energieverbräuche, Personal etc. erhoben, sodass zusammen mit den Herstellungs- und Transportkosten auf die spezifischen Wasserstoffkosten an der Tankstelle geschlossen werden kann. Die für den Betrieb notwendigen Energieaufwendungen für Wasserstoffkompression und -Kühlung werden in ausgewählten Tankstellen bei unterschiedlich starken Auslastungen erhoben, wofür eigens Messkampagnen initiiert werden. Die Ergebnisse dieser Messkampagnen werden auch in die Energie- und Klimabilanz-Untersuchungen der Tankstellen gespiegelt. Abschließend werden die energiewirtschaftlichen und politischen Rahmenbedingungen der Wasserstoffmobilität untersucht und hinsichtlich ihrer ökonomischen Auswirkungen bewertet.

Das vierte und letzte Arbeitspaket regelt die zentrale Sammlung, Aufbereitung und Analyse der Tankstellen-Betriebsdaten. Es sollen nicht nur die Energieverbräuche der Anlagen ausgewertet werden, es wird auch ein Fokus auf die Verfügbarkeit der Tankstellen gelegt. Bei Anlagenausfällen werden zudem die Ausfallgründe

recherchiert, sodass vermeidbare Schwachstellen der Anlagentechnik identifiziert werden können. Das Überwachen der Anlagenverfügbarkeit erlaubt zudem einen Rückschluss über die Reaktionszeiten zur Störfallbeseitigung und gibt Aufschluss über eventuelle Optimierungspotenziale der Wartungsprozesse. Auch zurückgreifend auf die Ergebnisse der vorherigen Arbeitspakete wird abschließend auf die Zulieferbasis und die volkswirtschaftliche Wertschöpfungskette entlang der Wasserstoffmobilität in Deutschland geschlossen.

#### 4 Projektziel

Ziel des Projekts ist das interdisziplinäre Erheben des aktuellen Entwicklungsstands der Wasserstoffmobilitätsinfrastruktur, wobei neben der technischen Sicht auch die Erfahrungen und Perspektiven aller beteiligter Akteure (Nutzer, Betreiber, Technologielieferanten, Behörden, Politik) auf verschiedenen Ebenen (umsetzungs- und strategische Ebene) einfließen sollen. Die Ergebnisse dienen der Identifizierung möglicher sozialer, technischer, behördlicher und politischer Hemmnisse bei der Markteinführung, sollen potenziellen Entwicklungsbedarf benennen und als Stütze für die Gestaltung zukünftiger Mobilitätsstrategien (des BMVI) dienen.

#### Anmerkung

- 1) Dissoziierung von Wasser:  $\text{Strom und H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2 + \frac{1}{2} \text{O}_2$

#### Literatur

*Edwards, R.; Larivé, J.F.; Beziat, J.-C. et al., 2011: Well-to-wheels Analysis of Future Automotive Fuels and Powertrains in the European Context. European Commission*

*Smolinka, T.; Günther, M.; Garche, J., 2011: NOW-Studie – Stand und Entwicklungspotenzial der Wasserstoffelektrolyse zur Herstellung von Wasserstoff aus regenerativen Energien. Nationale Organisation Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie. Berlin*

#### Kontakt

Dr. Jörg Burkhardt  
 Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse (ITAS)  
 Karlsruher Institut für Technologie (KIT)  
 Karlstraße 11, 76133 Karlsruhe  
 E-Mail: [joerg.burkhardt@kit.edu](mailto:joerg.burkhardt@kit.edu)