

Aufbau von (Tankstellen-)Infrastruktur für die Wasserstoffmobilität

***Grundsätzliche Fragestellungen aus (institutionen-)
ökonomischer Sicht und Denkanstöße hinsichtlich der
Ausgestaltung eines geeigneten Organisationsmodells***

Autoren:

- Prof. Dr. Thorsten Beckers
- Florian Gizzi
- Till Kreft

Erstellt für das Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) im Rahmen des Auftrags „Analysen für die Entwicklung der nationalen Infrastrukturpläne CNG, LNG, Wasserstoff und elektrische Ladestationen für den Straßenverkehr in Deutschland“, der in die wissenschaftliche Begleitung, Unterstützung und Beratung des BMVI in den Bereichen Verkehr und Mobilität mit besonderem Fokus auf Kraftstoffen und Antriebstechnologien sowie Energie und Klima eingebettet ist (AZ Z14/SeV/288.3/1179/UI40, Hauptauftragnehmer: Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR); Konsortialpartner: Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg GmbH (ifeu), Ludwig-Bölkow-Systemtechnik GmbH (LBST), Deutsches Biomasseforschungszentrum gemeinnützige GmbH (DBFZ)). Dabei sind die einzelnen Autoren dieses Papiers jeweils als Unterauftragnehmer des (direkt) vom BMVI beauftragten DLR tätig gewesen.

Vorbemerkungen

- Die Autoren bedanken sich für einen umfangreichen Austausch zu technisch-systemischen Fragen der Wasserstoffmobilität und zu aktuellen Entwicklungen in der Praxis sowie für kritische Anmerkungen zu einer früheren Fassung dieses Papiers bei Dr. Ulrich Bünger (LBST). Die Autoren bedanken sich weiterhin bei Ulrike Beuck (BMVI) und bei Kai Paulssen (BMVI) für konstruktive Hinweise während der Erstellung dieses Papiers bzw. der Überarbeitung früherer Fassungen dieses Papiers.
- Vor dem Hintergrund der Regelungen in Punkt II. 7 des Ethikkodexes des Vereins für Socialpolitik („Darf eine wissenschaftliche Arbeit, ein Bericht oder ein Gutachten nicht ohne vorherige Einwilligung Dritter veröffentlicht werden, so ist dieser Sachverhalt bei der Veröffentlichung kenntlich zu machen.“) erklären die Autoren folgendes:
 - Da die Vertragstexte den Autoren dieses (im Endeffekt) im Auftrag des BMVI erstellten Papiers keine Veröffentlichungsrechte zugestanden haben, ist die Zustimmung des BMVI für die Veröffentlichung auf diesem Weg einzuholen gewesen. Es ist jedoch – ohne an dieser Stelle eine detaillierte (informations-) rechtliche Analyse durchführen zu können – davon auszugehen, dass nach dem Informationsfreiheitsgesetz des Bundes (IFG) eine Zugänglichkeit zu dem Papier ohnehin gegeben und eine Verbreitung insofern auch möglich gewesen wäre.
 - Die Darstellungen und Aussagen in diesem Papier basieren vollständig auf den Analysen der Autoren und werden von diesen vollumfänglich vertreten.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Grundlagen	1
2.1	Bedeutung der Wasserstoffmobilität im zukünftigen Verkehrs- und Energiesystem sowie Rolle des Staates bei diesbezüglichen Entscheidungen	1
2.2	Bedeutung der (Tankstellen-)Infrastruktur für die Wasserstoffmobilität und zentrale technisch-systemische Ausgestaltungsoptionen	3
3	Diskussion einzelner Gestaltungsbereiche	5
3.1	Kapazitätsbereitstellung sowie Bepreisung und Finanzierung	5
3.2	Koordination zwischen Tankstelleninfrastruktur und Fahrzeugen	9
3.3	Vertikales Design in technisch-systemischer und institutioneller Hinsicht	10
4	Übergreifende Aspekte und Schlussfolgerungen	13

1 Einleitung

In diesem Papier werden Grundsatzfragen hinsichtlich des Aufbaus von (Tankstellen-)Infrastruktur für die Wasserstoffmobilität aus (institutionen-)ökonomischer Sicht diskutiert. Dabei werden denkbare Ausgestaltungen von Organisationsmodellen für die Infrastrukturbereitstellung insbesondere mit Blick auf die Aufbauphase betrachtet, aber viele der (institutionen-)ökonomischen Überlegungen haben auch eine über die Aufbauphase hinaus reichende Relevanz. Im Fokus des Papiers steht die Wasserstoffmobilität im Bereich des motorisierten Individualverkehrs (MIV). Wasserstoffmobilität im Güterverkehr sowie im ÖPNV wird nicht thematisiert. Vor dem Hintergrund des begrenzten Umfangs dieses Papiers bzw. der im Kontext von knappen (Zeit-)Ressourcen begrenzten Möglichkeiten zur vertieften Analyse diverser Fragestellungen können in diesem Papier – wie auch der Titel des Papiers anzeigt – vielfach lediglich Denkanstöße gegeben aber keine umfassend fundierten Aussagen und Handlungsempfehlungen abgeleitet werden. In diesem Kontext ist auch darauf zu verweisen, dass infolge der knappen (Zeit-)Ressourcen bei der Erstellung dieses Papiers die Anwendung der Institutionenökonomik bei der theoriegeleiteten Analyse nicht explizit dargelegt wird und insofern lediglich die Ergebnisse der Analysen präsentiert werden.

2 Grundlagen

2.1 Bedeutung der Wasserstoffmobilität im zukünftigen Verkehrs- und Energiesystem sowie Rolle des Staates bei diesbezüglichen Entscheidungen

Eine (zumindest nahezu) vollständige Vermeidung des Ausstoßes des klimaschädlichen Kohlenstoffdioxids im Bereich des MIV ist erreichbar, indem von den konventionellen Antrieben und den fossilen Kraftstoffen auf die Wasserstoffmobilität und/oder die (rein batterieelektrische) Elektromobilität umgestiegen wird. Dabei ist es natürlich erforderlich, dass der in den Elektrofahrzeugen verwendete bzw. für die Wasserstoffproduktion eingesetzte Strom aus Erneuerbaren Energien stammt und damit einhergehend „CO₂-frei“ ist. Im Übrigen wird in diesem Papier die Bezeichnung Elektromobilität in einem engen Sinne verwendet und nur auf rein batterieelektrische Fahrzeuge bezogen.¹

Bei der Abschätzung der Eignung der Wasserstoffmobilität relativ zur Elektromobilität für einen Umstieg auf einen CO₂-freien MIV sind diverse Aspekte zu berücksichtigen. Die Reichweite von mit Wasserstoff betriebenen Fahrzeugen wird grundsätzlich als höher angesehen als von Elektrofahrzeugen, wobei neuerdings von Herstellern auch Elektrofahrzeuge mit deutlich verbesserten Reichweiteigenschaften angeboten werden bzw. deren Angebot zumindest geplant und angekündigt wird. Außerdem unterscheiden sich beide Antriebskonzepte insbesondere kostenseitig hinsichtlich diverser Aspekte. Die Elektromobilität weist in diesem Zusammenhang den Vorteil auf, dass sie einen deutlich höheren Wirkungsgrad als die Wasserstoffmobilität aufweist, da bei der letztgenannten erhebliche Energieverluste bei der Erzeugung von Wasserstoff unter Stromeinsatz

¹ Elektromobilität im weiten Sinne beinhaltet zudem auch die Wasserstoffmobilität.

sowie der späteren Rückumwandlung anfallen. Allerdings ist zu erwarten, dass es im Rahmen der so genannten „Energiewende“ zukünftig zu Zeiten hoher Stromproduktion aus der Windenergie (mit Blick auf den Ressourcenverzehr und die vorliegenden Opportunitätskosten) kostenlose oder zumindest sehr kostengünstige Elektrizität geben wird und außerdem wird es ab Überschreiten eines bestimmten Anteils der fluktuierenden Erneuerbaren Energien an der gesamten Stromproduktion erforderlich sein, auf einen chemischen Speicher zurückzugreifen, wofür sich (auch) Wasserstoff anbietet. Sofern Wasserstoff als „chemischer Speicher für die Energiewende“ eingesetzt wird, kann es sinnvoll sein, nur einen Teil des Wasserstoffs für die „direkte Rückverstromung“ zur Abdeckung des Strombedarfs zu Zeiten geringer Stromerzeugung aus fluktuierenden Erneuerbaren Energien einzusetzen und im Zusammenhang mit einer entsprechend größeren Auslegung der Umwandlungs- und Speicherkapazitäten Wasserstoff gerade auch als Energieträger für den MIV zu verwenden. Damit einhergehend wären die Wirkungsgradverluste der Wasserstoffmobilität zu einem gewissen Anteil der Rolle des Wasserstoffs als chemischem Speicher für die Energiewende zuzurechnen, was bezüglich der Kosten die relative Position der Wasserstoffmobilität gegenüber der Elektromobilität verbessern würde.

Auf Basis des bisherigen Wissensstandes ist es kaum möglich, übergreifende Aussagen zur sinnvollen Rolle der Wasserstoff- und der Elektromobilität in einem zukünftigen (zumindest sehr weitgehend) CO₂-freien Energie- und Verkehrssystem zu fällen. Es erscheint sehr wahrscheinlich, dass die Elektromobilität aufgrund der bei ihr vorliegenden geringen Wirkungsgradverluste und des (insbesondere im Vergleich zum Aufbau und Betrieb sowie zur Versorgung der Tankstelleninfrastruktur beim Wasserstoff) sowohl technisch als auch institutionell relativ einfachen Ladeinfrastrukturaufbaus speziell im Bereich der auf die Schnellladetechnologie zurückgreifenden so genannten „Tankstelleninfrastruktur“, die als der wohl – insbesondere in frühen Markt-(hochlauf-) Phasen – wichtigste Ladeinfrastrukturtyp angesehen werden kann,² zumindest eine gewisse Rolle im zukünftigen MIV einnehmen wird. Zu welchem Anteil im MIV sowie auch im straßengebundenen Güterverkehr sinnvollerweise auf Wasserstoff als Energieträger zurückgegriffen wird, ist schwer zu beurteilen. Es sprechen viele Argumente dafür, dass auch die Wasserstoffmobilität zukünftig eine Bedeutung aufweisen wird bzw. sollte, und noch mehr Argumente sprechen im Kontext der sinnvollerweise anzustrebenden Verbesserung des Wissensstandes aus gesamtwirtschaftlicher Sicht dafür, dass in den kommenden Jahren in die Wasserstoffmobilität investiert wird und diese auf einer nicht zu geringen Basis – gerade auch in einer Art Wettbewerb mit der Elektromobilität – erprobt und weiterentwickelt wird.

Die von den diversen Akteuren im Rahmen des Übergangs in ein CO₂-freies Energie- und Verkehrssystem durchzuführenden Investitionen sind vielfach wertmäßig hoch und hochspezifisch, d. h. es entstehen große Abhängigkeiten von der gewählten Systemausgestaltung. Eine Absicherung

² Vgl. dazu BECKERS / GIZZI / KREFT / HILDEBRANDT (2015): Effiziente Bereitstellung der (öffentlich zugänglichen) Ladeinfrastruktur für die Elektromobilität in Deutschland: Ökonomische Grundlagen, kurze Beurteilung des Status quo und zentrale Handlungsempfehlungen unter Berücksichtigung der europäischen Richtlinie 2014/94/EU; für das BMVI im Rahmen des Auftrags „Analysen für die Entwicklung der nationalen Infrastrukturpläne CNG, LNG, Wasserstoff und elektrische Ladestationen für den Straßenverkehr in Deutschland“ erstelltes Papier.

dieser Investitionen, die durch verschiedene Akteure getätigt werden, die vielfältige Rollen im Energie- und Verkehrssystem aktuell wahrnehmen bzw. zukünftig wahrnehmen werden, ist ein hochkomplexes Koordinationsproblem, wobei auch zu berücksichtigen ist, dass das genaue technisch-systemische Design dieses zukünftigen Energie- und Verkehrssystems ja derzeit noch unbekannt ist und es kurz- und mittelfristig nicht zuletzt darum geht, Alternativen zu erproben (und damit de facto auch in einen Wettbewerb zu stellen) und Wissen zu generieren. Daher erscheint es erforderlich zu sein, dass ein zentraler Akteur – wie die öffentliche Hand – unter Rückgriff auf verschiedene Institutionen (und dabei – ein weites Begriffsverständnis anwendend – insbesondere so genannte Kapazitätsinstrumente) hochspezifische Investitionen von Akteuren im Energie- und Verkehrssystem nicht nur unwesentlich absichert.³ Damit einhergehend spricht vieles dafür, dass Entscheidungen hinsichtlich zentraler Gestaltungsfragen des zukünftigen Energie- und Verkehrssystems von der öffentlichen Hand gefällt bzw. zumindest maßgeblich beeinflusst werden.⁴ In diesem Zusammenhang ist zu erwarten, dass auch grundlegende Entscheidungen hinsichtlich des Einsatzes von Wasserstoff im Allgemeinen und von Wasserstoff im Mobilitätssystem im Speziellen letztendlich nicht ohne eine umfangreiche Mitwirkung der öffentlichen Hand getroffen werden. Wichtige Koordinationserfordernisse, hinsichtlich derer Entscheidungen zu fällen sein werden, bestehen bei der Wasserstoffmobilität beispielsweise (i) zwischen der zu errichtenden Kapazität für fluktuierende Erneuerbare Energien und der Bedeutung von Wasserstoff im Verkehrssystem, (ii) bei dem Speicher- und Transportkonzept im Energiesystem sowie zwischen dem vertikalen Systemdesign und dem technischen Konzept für die Versorgung der Tankstelleninfrastruktur beim Wasserstoff⁵ sowie (iii) sowie zwischen dem Speicherkonzept im Fahrzeug sowie dem Tankstellen- und Betankungskonzept.⁶

2.2 Bedeutung der (Tankstellen-)Infrastruktur für die Wasserstoffmobilität und zentrale technisch-systemische Ausgestaltungsoptionen

Die Aufnahme von Wasserstoff in die Fahrzeuge im MIV wird mit großer Wahrscheinlichkeit grundsätzlich an öffentlich zugänglichen (Wasserstoff-)Tankstellen erfolgen. Infolgedessen sind öffentliche H₂-Tankstellen – anders als die insbesondere für den Fernverkehr und zu Generierung von

³ Derartige Absicherungen von Investitionen durch die öffentliche Hand können entweder durch deren Möglichkeiten zur Steuererhebung oder durch deren Möglichkeiten zur Regulierung und Verteilung von Fixkosten auf Nachfrager konkret umgesetzt werden.

⁴ Dabei kann (und i.d.R. sollte) die öffentliche Hand auf Basis eines Verständnisses der Entscheidungssituation und -alternativen eine Entscheidung fällen. Alternativ kann die öffentliche Hand durch eine Finanzmittelbereitstellung (direkt aus dem Haushalt oder indirekt über im Rahmen von Umlagen erhobene Mittel von den Nutzern) bestimmte Investitionen und Aktivitäten privater Akteure unterstützen, ohne dass die Implikationen dieser Maßnahmen aus öffentlicher Sicht wirklich nachvollzogen und alternative Handlungsoptionen durchdacht worden sind; aber auch dabei ist die Finanzmittelbereitstellung durch die öffentliche Hand entscheidend dafür, dass dann von (i.d.R. privaten) Akteuren Aktivitäten vorgenommen werden, so dass dann durchaus von einer Entscheidungsfällung bzw. zumindest maßgeblichen Beeinflussung einer Entscheidung durch die öffentliche Hand gesprochen werden kann.

⁵ Vgl. dazu z.B. die Darstellungen in E-MOBIL BW / FRAUNHOFER ISE (Hrsg.) (2013): Wasserstoff-Infrastruktur für eine nachhaltige Mobilität – Entwicklungsstand und Forschungsbedarf.

⁶ Auf die speziellen Koordinationserfordernisse im Kontext eines Übergangs von den heutigen Technologien für die Erzeugung von Wasserstoff (z.B. Dampfreformierung von Erdgas, partielle Oxidation von Erdöl oder Nebenprodukt der Chlor-Alkali-Elektrolyse) auf eine zukünftige Erzeugung ausschließlich aus Erneuerbaren Energien wird in diesem Papier nicht eingegangen.

Mobilitätsoptionen erforderliche Tankstellen-Ladeinfrastruktur bei der Elektromobilität⁷ – absolut unverzichtbar, um Wasserstoff als Energieträger im MIV nutzen zu können.⁸

Während bei der Elektromobilität die Tankstellen-Ladeinfrastruktur, die im Vergleich zu anderen Ladeinfrastrukturtypen in öffentlich zugänglichen Bereichen die höchste Bedeutung aufweisen und technologisch noch am komplexesten sein dürfte⁹, technologisch hinsichtlich kritischer Komponenten weitgehend auf bekannte und erprobte Technologien zurückgreift, bestehen bei den Wasserstoff-Tankstellen noch einige technologische Aufgaben. Dies gilt sowohl für Errichtung und Betrieb der Tankstellen an sich als auch für das Konzept zur Belieferung derselben und die Speicherung des Wasserstoffs. In diesem Kontext ist darauf zu verweisen, dass es mehrere technisch-systemische Optionen für das sog. vertikale (System-)Design – und damit die sog. Gestaltung der Wertschöpfungskette – von der Stromerzeugung (z. B. aus fluktuierenden Erneuerbaren Energien) bis hin zu der Wasserstoffbereitstellung bei der Betankung und auch für die mit der Betankung integriert zu konzipierende Speicherung im Fahrzeug gibt.

Für die Betankung von Fahrzeugen werden insbesondere die folgenden Alternativen diskutiert:¹⁰

- Es kann eine Betankung mit flüssigem Wasserstoff erfolgen. Diese Option ist für PKW nicht relevant, jedoch möglicherweise für die Nutzung im Bereich schwerer Nutzfahrzeuge von Bedeutung. Diese Option wird in diesem Papier nicht weiter berücksichtigt.
- Im Fokus dieses Papiers steht die in Deutschland bereits im Einsatz befindliche CGH₂-Technologie (Compressed Gaseous Hydrogen), bei der die Betankung mit gasförmigem, in der Regel auf minus 40 °C vorgekühltem Wasserstoff bei einem Druck von 700 bar erfolgt. Insbesondere für Stadtbusse kann auch eine Betankung bei 350 bar stattfinden.
- Außerdem wird von BMW die sogenannte „CCH₂-Technologie“ (Cryo-compressed Hydrogen) erprobt, die eine Betankung mit tiefkaltem Wasserstoff bei 350 bar vorsieht.¹¹ Auch diese aus technischer Sicht denkbare Option wird in diesem Papier nicht weiter berücksichtigt.

⁷ Vgl. dazu BECKERS / GIZZI / KREFT / HILDEBRANDT (2015).

⁸ Bei der Elektromobilität hingegen ist es für einzelne Nachfragesegmente sinnvoll möglich, lediglich zuhause das Fahrzeug zu beladen, und für diese Nachfragesegmente ist die Nutzung öffentlich zugänglicher Ladeinfrastruktur komplett verzichtbar.

⁹ Vgl. dazu BECKERS / GIZZI / KREFT / HILDEBRANDT (2015).

¹⁰ Vgl. E-MOBIL BW / FRAUNHOFER ISE (Hrsg.) (2013).

¹¹ Vgl. CLEAN ENERGY PARTNERSHIP (2015): CEP-Partner Total und BMW eröffnen Wasserstoff-Zapfsäule mit innovativer Kryodruck- und 700bar-Tanktechnik in München, Pressemitteilung vom 16. Juli 2015.

Für die Erzeugung des Wasserstoffs stehen ebenfalls zwei grundsätzliche Alternativen zur Verfügung, die sich in technischem System und räumlicher Struktur unterscheiden:

- Die Erzeugung kann an einem anderen als dem Tankort stattfinden (Off-Site). Der in diesem Fall erforderliche Transport des Wasserstoffs kann
 - entweder über die Straße (gasförmig mit ca. 400-1.000 kg Wasserstoff pro LKW oder flüssig [LH₂ / Liquified Hydrogen] mit ca. 3.500 kg Wasserstoff pro LKW)
 - oder gasförmig und unter Druck über Rohrleitungen (bis ca. 100 bar)erfolgen, wobei auch verschiedene Optionen zur zentralen oder dezentralen Verortung der Speicher existieren.¹²
- Die Erzeugung kann außerdem direkt am Tankort, also an der Tankstelle (On-Site), erfolgen.¹³ Hierbei wird in der Regel auf eine elektrolytische Wasserspaltung zurückgegriffen.

3 Diskussion einzelner Gestaltungsbereiche

Nachdem bislang zur Wasserstoffmobilität und der dafür erforderlichen Tankstelleninfrastruktur vornehmlich technisch-systemische Fragen thematisiert worden sind, wird nun die Frage des institutionellen Designs und damit der Ausgestaltung des Organisationsmodells diskutiert, das für die Bereitstellung der (Wasserstoff-)Tankstelleninfrastruktur zur Anwendung kommt. Dabei werden in diesem Abschnitt in den (Unter-)Abschnitten 3.1 bis 3.3 einzelne Gestaltungsbereiche betrachtet und anschließend werden in Abschnitt 4 übergreifende Schlussfolgerungen gezogen und dabei auch übergreifende Fragen beleuchtet.

3.1 Kapazitätsbereitstellung sowie Bepreisung und Finanzierung

Durch im Wettbewerb stehende Unternehmen, die dezentral Entscheidungen fällen, wird im Vergleich mit einer optimalen Planungsaktivität, bei der zentral die Entscheidungen getroffen werden, stets eine suboptimale Kapazitätsauslegung für die Wasserstoff-Tankstelleninfrastruktur hinsichtlich Anzahl und Verortung der Standorte sowie der Kapazität an den einzelnen Standorten erfolgen. Allerdings ist es auch unrealistisch, dass ein Planungsmodell in optimaler Weise funktionieren wird. Eine Frage ist, ob in ferner Zukunft nach der Aufbauphase durch eine wettbewerbliche Bereitstellung der H₂-Tankstelleninfrastruktur eine ähnlich gute Bereitstellungsqualität (hinsichtlich Kapazität und Preis) erreicht werden wird, wie diese derzeit bei den Tankstellen für fossile Kraftstoffe vorliegt, wobei an dieser Stelle keine Bewertung der Bereitstellungsqualität bei den Tankstellen für fossile Kraftstoffe im Status quo erfolgen soll und damit einhergehend auch nicht zu thematisieren ist, welche Defizite aktuell aus Sicht der Konsumenten infolge einer etwaigen Marktchenausübung bei der Preisfestsetzung sowie in Form von entsprechend erhöhten Transaktionskosten aufgrund der intertemporalen Preisgestaltung bestehen.

¹² Die Vorteilhaftigkeit verschiedener Optionen hinsichtlich der Speicherverortung hängt zunächst vom grundsätzlichen vertikalen technischen Systemdesign ab und wird ansonsten u.a. von den Kriterien Transportdistanz und Transportmenge pro Zeit beeinflusst.

¹³ Auf eine Betankung am regelmäßigen Parkort („Home Refueller-Konzepte“) wird in diesem Papier nicht eingegangen.

Im Vergleich zur Tankstellen-Ladeinfrastruktur für die Elektromobilität wird durch die H₂-Tankstelleninfrastruktur vergleichsweise mehr Nutzen durch den Verkauf von H₂ als durch die Generierung von Optionsnutzen generiert, da bei der Wasserstoffmobilität im Gegensatz zur Elektromobilität die Energie nur an den Tankstellen und nicht zuhause in das Fahrzeug „gelangen“ kann. Damit einhergehend ist es deutlich weniger problematisch als bei der Elektromobilität durch Aufschläge beim Verkauf der Energie bzw. des Energieträgers die Fixkosten der Bereitstellung der Tankstelleninfrastruktur zu decken, was grundsätzlich die Umsetzung wettbewerblicher Modelle hinsichtlich der Bereitstellung und Finanzierung erleichtert. Allerdings könnten die Fixkostenanteile bei der H₂-Tankstelleninfrastruktur höher als bei den derzeitigen Tankstellen sein und außerdem wird voraussichtlich – insbesondere wegen der Konkurrenz der Elektromobilität – im Vergleich zum heutigen konventionell angetriebenen MIV nur ein Teil der Nachfrager auf die Wasserstoffmobilität zurückgreifen. Diese beiden Aspekte deuten an, dass eine wettbewerbliche Bereitstellung und damit einhergehende Finanzierung unter Rückgriff auf beim Verkauf von H₂ erzielte Einnahmen zu deutlich schlechteren Ergebnissen (hinsichtlich Abdeckungsqualität und Begrenzung der durch Marktchenausübung erhöhten Preise etc.) führen dürfte als dies bei den derzeitigen Tankstellen für fossile Kraftstoffe der Fall ist. Dies könnte dafür sprechen, dass langfristig grundsätzliche Bereitstellungs- und Finanzierungsfragen eher durch Zentralität als durch dezentrale Aktivitäten von im Wettbewerb stehenden Unternehmen entschieden und verantwortet werden sollten.¹⁴ Bei einem derartigen Vorgehen wäre es jedoch wichtig zu berücksichtigen, dass umfangreich und hinsichtlich diverser Aspekte Ressourcen (insbesondere Wissen) dezentral einzelnen Akteuren zugeordnet sein werden und es dementsprechend sinnvoll sein dürfte, nachgelagert zu zentral wahrgenommener Bereitstellungs- und Finanzierungsverantwortung dezentralen Akteuren die Umsetzung zu übertragen oder diese zumindest dabei umfangreich einzubeziehen.

Kurz- und mittelfristig gibt es gewichtige Argumente dafür, dass Zentralität bei wesentlichen Bereitstellungs- und Finanzierungsaufgaben hinsichtlich der H₂-Tankstelleninfrastruktur in jedem Fall vorteilhaft ist. In der Aufbauphase spricht vieles dafür, auf Basis von Entscheidungen der öffentlichen Hand die Steuerzahler (oder ggf. hinsichtlich gewisser Aufgaben auch die Nutzer über ein Umlagebasierter Finanzierungsregime) einen großen Kostenanteil tragen zu lassen. Dies kann zunächst weitgehend ähnlich wie die analoge Empfehlung bezüglich des Aufbaus der Tankstelleninfrastruktur bei der Elektromobilität begründet werden (vgl. dazu BECKERS / GIZZI / KREFT / HILDEBRANDT (2015)), jedoch verstärkt bei der Wasserstoffmobilität darüber hinaus die denkbare Rolle von „Wasserstoff als Speicher der Energiewende“ die Rationalität für eine umfangreiche öffentliche Finanzierung und in diesem Zusammenhang auch für eine öffentliche Risikotragung hinsichtlich der zukünftigen Rolle des Wasserstoffs im Energie- und Verkehrssystem. Für einen anfänglichen Kapazitätsaufbau dürfte es sich anbieten, ausgehend von einigen Nachfrageschwerpunkten die Fernverkehrsachsen abzudecken und anschließend nach und nach dort die Kapazität zu erhöhen und die Fläche zu erschließen.

¹⁴ Anzumerken ist, dass im Falle einer dezentralen Erzeugung von Wasserstoff im Bereich der Tankstelleninfrastruktur die relative Vorteilhaftigkeit wettbewerblicher Modelle ansteigen dürfte, woraus allerdings keine direkten Schlussfolgerungen zur relativen Vorteilhaftigkeit der einzelnen Alternativen gezogen werden können. Auch im Falle einer (umfangreich) wettbewerblichen Koordination dürfte es sich anbieten, bei bestimmten Bereitstellungs- und Finanzierungsentscheidungen zentral Entscheidungen zu treffen.

Aufgrund der größeren Reichweiten der Wasserstofffahrzeuge ist es wohl sinnvoll, im Vergleich zur Elektromobilität der Flächenabdeckung eine tendenziell geringere Aufmerksamkeit zu schenken und aufgrund der nicht vorhandenen Möglichkeit zur Energieaufnahme „zu Hause“ an Nachfrageschwerpunkten zunächst relativ gesehen mehr zu investieren.

Wenn private Akteure die Finanzierung – auch bei Berücksichtigung etwaiger öffentlich bereitgestellter Mittel – nicht (bzw. zumindest kurz- und ggf. auch mittelfristig nicht) rentabler Investitionen in einem nicht nur geringen Umfang übernehmen, dann stellt sich die Frage nach den Motiven. Die öffentliche Hand sollte in jedem Fall vermeiden, dass sie zur Attrahierung privaten Kapitals in derartigen Situationen Zusicherungen macht, mit denen die Schaffung von Pfadabhängigkeiten unterstützt wird, die mittel- und langfristig dann die Flexibilität hinsichtlich der technisch-systemischen und institutionellen Gestaltung des Energie- und Verkehrssystems im Allgemeinen und der Wasserstoffmobilität im Speziellen in einer aus Sicht der Nutzer und der Steuerzahler bzw. einer deren Interessen wahrnehmenden öffentlichen Hand nicht sinnvollen Weise reduziert. Auch sollte vermieden werden, dass private Akteure durch die Finanzierung (bei einer kurzfristigen Betrachtung) nicht rentabler Investitionen in der Aufbauphase Marktstellungen einnehmen können, die ihnen dann langfristig die unangemessene Ausübung von Marktmacht erlauben. Unabhängig davon ist es absolut denkbar und auch einzelwirtschaftlich sinnvoll, dass Unternehmen in der Aufbauphase aus ihrem „F&E-Budget“ sich an nicht rentablen Investitionen beteiligen, z.B. um dabei Wissen aufzubauen und an den Auslegungs- und Standardisierungsentscheidungen mitwirken zu können. Dabei ist das letztgenannte Motiv aus einer öffentlichen (Steuerzahler und Nutzerinteressen berücksichtigenden) Perspektive betrachtet auch nicht in jedem Fall als unkritisch anzusehen und ggf. genau auf die Etablierung von unangemessener Marktmacht gerichtet, was nahelegt, dass die öffentliche Hand hier achtsam sein und ggf. Gegenmaßnahmen ergreifen sollte.

Die Empfehlung zu im Wesentlichen zentraler Verantwortung für die Bereitstellung und Finanzierung hinsichtlich der H₂-Tankstelleninfrastruktur auf die kurze und mittlere Sicht kann im Übrigen auch Auswirkungen auf die langfristige Beurteilung der Alternativen haben. Sofern mittelfristig auf eine effiziente Weise weitgehend zentral die Bereitstellung und Finanzierung hinsichtlich der H₂-Tankstelleninfrastruktur erfolgt, dann erhöht das die Rationalität dafür, langfristig von diesem zentralistischen Ansatz nicht abzuweichen. Nichtsdestotrotz ist es aktuell nur begrenzt möglich, klare Aussagen zur langfristigen Vorteilhaftigkeit verschiedener Bereitstellungs- und Finanzierungsalternativen zu fällen.

Wie schon angesprochen stellt sich bei der Wasserstoffmobilität gerade auch langfristig die Frage, inwieweit durch Aufschläge beim Verkauf der Energie bzw. des Energieträgers die Fixkosten der Bereitstellung der Tankstelleninfrastruktur gedeckt werden sollen. Im Rahmen einer zentralen Zuordnung der Bereitstellungs- und Finanzierungsverantwortung ist im Gegensatz zu Wettbewerbsmodellen ja zur Abdeckung von Fixkosten (bzw. Fixkostenanteilen) auch relativ unkompliziert eine öffentliche Finanzierung auf Basis von kollektiv erhobenen Mitteln (Steuern oder Grundgebühren o.ä. / Umlagen bei den Nutzern) möglich, die kurzfristig in jedem Fall sinnvoll ist. Detaillierte Analysen und Empfehlungen zu dieser Bepreisungs-Frage erscheinen mit Blick auf langfristige Lösungen zum derzeitigen Zeitpunkt im Kontext der umfangreichen Unsicherheit über die langfristige Entwicklung des Energie- und Verkehrssystems letztendlich jedoch eher unangebracht.

Hinsichtlich der Bepreisung der H₂-Tankstelleninfrastruktur-Nutzung und des von den Nutzern zu kaufenden Wasserstoffs sollte (sowohl kurz- und mittel- als auch langfristig) in jedem Fall berücksichtigt werden, dass nicht nur aktuelle Preise, sondern gerade auch Erwartungen hinsichtlich der (relativen) Preisentwicklung die Fahrzeug-Kaufentscheidung und damit auch die Entscheidung für einen Einstieg in die Wasserstoffmobilität (oder alternativ für einen Einstieg in die Elektromobilität oder für einen Verbleib im fossile Kraftstoffe nutzenden „konventionellen MIV“) beeinflussen werden. Es wäre zweckmäßig, hier möglichst klare Commitments – ggf. zumindest hinsichtlich der Determinanten der (relativen) Preisfestsetzung – auszusprechen. In diesbezügliche Überlegungen und Entscheidungen sollte die öffentliche Hand zumindest umfassend einbezogen sein, denn (i) sie wird vermutlich ohnehin eine maßgebliche Rolle (aufgrund einer direkten [Haushaltsmittel] oder indirekten [Mittel aus Umlagen bei Nutzern] Bereitstellung von erheblichen Mitteln) in sämtlichen Finanzierungskonzepten spielen, (ii) sie ist über ihre Kompetenzen zur Festsetzung von Steuersätzen mit verkehrs-, energie- und / oder haushaltspolitischen Motiven ebenfalls in die Beeinflussung des Endpreises eingebunden und (iii) sie ist deutlich besser als andere Akteure in der Lage Commitments abzugeben. Im Falle einer weitgehend zentralen Zuordnung von Bereitstellungs- und Finanzierungsverantwortung bei der H₂-Tankstelleninfrastruktur bei der öffentlichen Hand ist es für diese im Übrigen unkompliziert umsetzbar, dass – anders als vielfach in Wettbewerbsmärkten im Allgemeinen und internationale Erfahrungen aus den Märkten für fossile Kraftstoffe im Speziellen berücksichtigend – die Komplexität der Preisgestaltung aus Sicht der Nachfrager und damit einhergehend Transaktionskosten gering sind, was ggf. auch für eine nur begrenzte Preisdifferenzierung zwischen Standorten sprechen kann.

Zuletzt sei mit Bezug zu der grundsätzlichen Kapazitätsbereitstellungs- bzw. Angebotsentscheidung zum einen sowie zu Bepreisungsentscheidungen zum anderen noch angemerkt, dass es zumindest mittel- und langfristig wichtig wäre, dass die öffentliche Hand beim Kostenvergleich der verschiedenen und untereinander ja durchaus in einem gewissen Wettbewerb stehenden Konzepte für einen CO₂-freien MIV auch explizit berücksichtigt, inwieweit die einzelnen Alternativen (also insbesondere Wasserstoff- und Elektromobilität) einen Beitrag zur gewünschten Erhebung von (verkehrs-, energie- und / oder haushaltspolitisch-motivierter) Steuern leisten können bzw. bei einem Kostenvergleich sollten Steuern den verschiedenen Alternativen dann in grundsätzlich gleicher Höhe angelastet werden.¹⁵

¹⁵ Auch in diesem Zusammenhang ist es wiederum wichtig, dass der zukünftige Handlungsspielraum der öffentlichen Hand nicht durch (zu) umfangreiche Commitments eingeschränkt sein wird. Dabei kann es einen gewissen (Ziel-)Konflikt damit geben, dass vor Kaufentscheidungen stehende Nutzer – wie vorstehend thematisiert – Klarheit hinsichtlich zukünftig zu erwartender Preisniveaus wertschätzen, wobei dieser (Ziel-)Konflikt ggf. nicht so problematisch ist, insbesondere wenn Commitments für Fahrzeugkäufer zu einem bestimmten Zeitpunkt nicht die Flexibilität der öffentlichen Hand für Entscheidungen wesentlich beeinträchtigen, die Fahrzeugkäufer in einem späteren Zeitpunkt betreffen. Wichtig ist es jedoch in jedem Fall, dass die öffentliche Hand nicht durch langfristige Zusicherungen hinsichtlich zukünftiger Steuerhöhen etc. gegenüber in einer frühen Phase Verluste in Kauf nehmenden Investoren ihre langfristigen Handlungsspielräume unangemessen einschränkt.

3.2 Koordination zwischen Tankstelleninfrastruktur und Fahrzeugen

Zwischen der Tankstelleninfrastruktur und den Fahrzeugen sind bei der Wasserstoffmobilität aus technisch-systemischer Sicht insbesondere die technischen Alternativen für die Betankung von Fahrzeugen und damit einhergehend indirekt auch Technologien für die Speicherung des Wasserstoffs im Fahrzeug abzustimmen.¹⁶ Es sollte angestrebt werden, dass (Gesamt-)Kostenminimierende Lösungen gesucht und Entscheidungen nicht nur mit Blick auf die Fahrzeuge, sondern auch auf die vorgelagerten Wertschöpfungsstufen (siehe dazu dann den folgenden Abschnitt 3.3) gefällt werden. In diesem Papier wird davon ausgegangen, dass in Deutschland auf absehbare Zeit weiterhin die bereits im Einsatz befindliche CGH₂-Technologie für die Betankung von Fahrzeugen verwendet wird, sodass dann hier kein Koordinationsbedarf mehr besteht.¹⁷

Weiterhin besteht ein zeitlicher Koordinationsbedarf hinsichtlich des Angebots von Fahrzeugen für die Wasserstoffmobilität sowie der Verfügbarkeit von H₂-Tankstelleninfrastruktur. Diese Koordination kann über („weiche“) Verabredungen oder („harte“) Verträge oder aber auch über eine finanzielle Beteiligung von OEM an einer Betreiber- und Finanzierungsgesellschaft für die H₂-Tankstelleninfrastruktur gelöst werden. Insbesondere bei letztgenannter Alternative ist allerdings zu berücksichtigen, dass verschiedene OEM möglicherweise keine gleichgerichteten Vorstellungen hinsichtlich des Markthochlaufs haben, was auf eine Koordinationsproblematik zwischen den OEM hinweist. Wenn sich nur einzelne OEM über eine finanzielle Involvierung bei einer Betreiber- und Finanzierungsgesellschaft an Verlusten in einer Markthochlaufphase beteiligen, besteht die Gefahr des Free-Riding bei den OEM. Eine klare Empfehlung zur Lösung des dargestellten Koordinationsproblems zwischen den Investitionszeitpunkten für H₂-Tankstelleninfrastruktur und hinsichtlich des Fahrzeugangebots kann in diesem Papier nicht gegeben werden und erfordert einen Blick auf den Einzelfall.¹⁸ Im Vergleich zu anderen Koordinationsproblemen dürfte dieses jedoch i.d.R. vergleichsweise einfach zu lösen sein. In Zweifelsfällen sollte auch hier – speziell wenn größere Divergenzen der Interessen und Positionen zwischen den verschiedenen OEM bestehen – bei der öffentlichen Hand letztendlich die Hauptverantwortung für die Lösung des Koordinationsproblems liegen. Denkbar wäre es im Übrigen – die Überlegungen aus Abschnitt 3.1 zur Bereitstellung der H₂-Tankstelleninfrastruktur ergänzend –, OEM an Managementaufgaben im Kontext der Bereitstellung von H₂-Tankstellen zu beteiligen. Für die Übernahme dieser Aufgabe dürften OEM – im Vergleich mit und im Gegensatz zur Übernahme von Finanzierungsaufgaben – vermutlich leicht zu überzeugen sein, da sie ein Interesse an einer gewissen (Mindest-)Effizienz im Bereich der Infrastruktur haben werden, was im anschließenden Abschnitt 3.3 noch ausführlicher angesprochen werden wird.

¹⁶ Aus der Perspektive der für die Transformation des Energie- und Verkehrssystems letztendlich zentral verantwortlichen öffentlichen Hand ist im Übrigen ggf. auch darauf zu achten, dass hier Entscheidungen gefällt werden, die mit der möglichen Rolle von Wasserstoff „als chemischem Speicher der Energiewende“ kompatibel sind.

¹⁷ Sofern diese vor allem von einigen Industriebereichen und -akteuren getriebene Entscheidung auf Seite der öffentlichen Hand bislang noch nicht kritisch unter Berücksichtigung der vorstehend genannten Aspekte hinterfragt worden ist, wird empfohlen, dies kurzfristig nachzuholen.

¹⁸ Insofern als es sich hier um abstrakte Überlegungen handelt, ist unter einem Einzelfall die konkrete Situation in einem Land zu verstehen, in dem der Einstieg in die Wasserstoffmobilität angestrebt wird.

3.3 Vertikales Design in technisch-systemischer und institutioneller Hinsicht

Die Entscheidung über das vertikale (System-)Design für die Wasserstoffmobilität aus technisch-systemischer Sicht hat – wie bereits angesprochen – Interdependenzen mit der grundsätzlichen Gestaltung des zukünftigen Energie- und Verkehrssystems, wozu in diesem Papier keine (weiteren) Überlegungen und Untersuchungen angestellt und dargestellt werden können. Berücksichtigend, dass in diesem Papier wird davon ausgegangen, dass in Deutschland auf absehbare Zeit weiterhin die bereits im Einsatz befindliche CGH₂-Technologie für die Betankung von Fahrzeugen verwendet wird, sind vor allem Entscheidungen über die Erzeugungskonzepte/-standorte, die Belieferung der H₂-Tankstellen und zur Speicherung des Wasserstoffs zu klären, wobei im Wesentlichen die in Abschnitt 2.2 dargestellten technisch-systemischen Optionen bestehen. Bezüglich dieser Optionen dürfte es sinnvoll sein, in der nahen Zukunft und (spätestens) einhergehend mit einer ersten Ausbaustufe für die H₂-Tankstellen nicht nur die praktische Realisierung und den verlässlichen Betrieb in der Praxis zu erproben, sondern auch anzustreben, den Wissensstand über Kosten, Wirkungsgrade, Leistungsfähigkeiten etc. deutlich zu verbessern. In diesem Zusammenhang spricht vieles dafür, keinesfalls einzelne technisch-systemische Optionen zu früh „zu den Akten“ zu legen.¹⁹ Vor diesem Hintergrund ist festzuhalten, dass man sich mit Blick auf die technisch-systemischen Optionen und Herausforderungen entlang der Wertschöpfungskette der Wasserstoffmobilität zunächst in einer – der Terminologie zur zeitlichen Phasenstrukturierung bei der Bereitstellung von Systemgütern von BECKERS / GIZZI / JÄKEL (2013) folgend – F&E-Phase befindet bzw. befinden wird.²⁰

Da bei der Wasserstoffmobilität verschiedene Güter bzw. Angebote komplementär zusammenwirken (Tankstellen, Fahrzeuge, Erzeugung, Speicher, Transport etc.) kann man auch von einem Systemgut sprechen. In der F&E-Phase haben sich bei der Wasserstoffmobilität nun Akteure aus unterschiedlichen Bereichen und mit unterschiedlichem Wissen und sonstigen Ressourcen auszutauschen. Die Koordination zwischen diesen Akteuren – insbesondere hinsichtlich der Finanzierungsfrage und der Zuordnung der Rechte an neu generiertem Wissen – ist dadurch extrem erschwert, dass in einer F&E-Phase die Kontrahierbarkeit hinsichtlich der involvierten Transaktionen i.d.R. sehr schlecht ist. Derartige Koordinationsprobleme in einer F&E-Phase können eine Begründung für eine öffentliche F&E-Unterstützung darstellen. Eine Finanzierung des Wissensaufbaus in der F&E-Phase durch die öffentliche Hand ist jedoch bei der Wasserstoffmobilität noch viel mehr und vor allem dadurch zu begründen, dass diese – wie in den Abschnitten 2.1 und 3.1 bereits thematisiert – letztendlich die (Haupt-)Verantwortung für die Fällung zentraler Bereitstellungsentscheidungen trägt – und zwar nicht nur hinsichtlich der Bereitstellung von H₂-Tankstelleninfrastruktur, sondern gerade auch darüber hinausgehend hinsichtlich der Rolle des

¹⁹ Die umfangreiche Erprobung einer flächendeckenden Wasserstofftransportinfrastruktur über Rohrleitungen in einer Aufbauphase der H₂-Tankstelleninfrastruktur ist sicherlich unrealistisch und wäre auch unsinnig, aber auch bezüglich dieser Alternative, die im Falle einer größeren Bedeutung von Wasserstoff als chemischem Speicher in einem zukünftigen Energie- und Mobilitätssystem ggf. eine Relevanz haben könnte, sollte versucht werden, hinsichtlich einzelner technisch-systemischer Aspekte Erkenntnisse zu sammeln.

²⁰ Vgl. BECKERS / GIZZI / JÄKEL (2013): Organisations- und Betreibermodelle für Verkehrstelematikangebote – Untersuchungsansatz sowie beispielhafte Analyse von Verkehrsinformationsdiensten; Studie im Rahmen des von BMVBS, BMWi und BMBF geförderten Projektes SIM-TD; abgerufen am 04.05.2015 unter www.wip.tu-berlin.de.

Wasserstoffs im zukünftigen Energie- und Verkehrssystem. Damit einhergehend spricht jedoch auch vieles dafür, dass die öffentliche Hand nicht nur Entscheidungen trifft und Aktivitäten der verschiedenen bei der Umsetzung der Bereitstellungsentscheidung hinsichtlich des Systemguts Wasserstoffmobilität involvierten Akteure finanziert, sondern vielmehr auch selber ihren Wissensstand verbessert und der Entstehung von Abhängigkeiten von Akteuren entgegenwirkt. Insofern sollte die öffentliche Hand die zentrale Rolle des Systemintegrators²¹, die ihr über die zentrale Bereitstellungsverantwortung de facto zufällt, annehmen und nicht bloß passiv „Geld verteilen“ und damit einhergehend in Abhängigkeiten geraten, die dann zukünftig für die Steuerzahler und Nutzer nachteilig sind. Eine derartige Rolle kann die öffentliche Hand schwerlich im Rahmen der bestehenden Verwaltung wahrnehmen, vielmehr dürfte eine andere Organisationsform hinsichtlich Rechtsform und Ressourcenausstattung geboten sein, die dann auch mehr „unternehmerische Aktivität“ erlaubt – allerdings grundsätzlich mit öffentlicher Ausrichtung.

Neben der öffentlichen Hand werden ggf. auch die OEM ein großes Interesse nicht nur an einer Verfügbarkeit von H₂-Tankstelleninfrastruktur, sondern auch an einer grundsätzlichen (Mindest-)Effizienz in der vorgelagerten Wertschöpfungskette haben, da dies die von ihnen angestrebte Erzielung von Einnahmen und – zumindest langfristig – letztendlich auch von Gewinnen mit dem Verkauf von Wasserstofffahrzeugen fördert.²² Dies könnte nahelegen, die OEM auch zu einer Beteiligung an der Wahrnehmung der Rolle des (die Entscheidungen treffenden und die Finanzierung übernehmenden) Systemintegrators zu motivieren. Allerdings gibt es auch gewichtige dagegensprechende Argumente. Insbesondere ist darauf zu verweisen, dass sich aus der gesamten Transformation des Energie- und Verkehrssystems Argumente für einen Aufbau der Wasserstoffmobilität ergeben, was weit über den Verantwortungs- und (geschäftlichen) Interessenbereich der OEM hinausgeht. Insofern könnte es sich allenfalls anbieten, OEM – ggf. auch nur temporär – zu einer Unterstützung an Managementaufgaben heranzuziehen bzw. zu versuchen sie dafür heranzuziehen. Die Inkaufnahme des Aufwands für eine derartige Aktivität könnte für OEM vor dem Hintergrund ihres erwähnten grundsätzlichen Interesses an einem System mit einer gewissen (Mindest-)Effizienz interessant oder zumindest vertretbar sein, wobei vermutlich diesbezüglich durchaus divergierende Positionen zwischen den OEM bestehen dürften. Im Falle einer entsprechenden Involvierung von OEM wäre es wichtig, dass die öffentliche Hand im Blick hat, an welchen Stellen die Interessenlage der OEM auf der einen Seite und einer die Nutzer- und Steuerzahlerinteressen vertretenden öffentlichen Hand auf der anderen Seite divergieren, um hier eine Durchsetzung der eigenen (öffentlichen) Positionen grundsätzlich sicherzustellen.

Eine Beteiligung an der Rolle des Systemintegrators von Herstellern und aktuell einzelne Güter anbietenden Akteuren (z.B. Hersteller von technischen Anlagen und Komponenten sowie Anbieter von Wasserstoff) sowie sonstigen Akteuren, die zukünftig potenziell wichtige Rollen in der

²¹ „Systemintegrator“ meint hier eine Stellung, aus welcher heraus Akteure in der Lage sind dauerhaft einen maßgeblichen Einfluss auf die Entwicklung großer Systeme, die mehrere komplementäre Komponenten beinhalten, auszuüben.

²² Mit einer analogen Begründung wird z.B. in BECKERS / GIZZI / KREFT / HILDEBRANDT (2015) für die Elektromobilität zur Diskussion gestellt, ob die OEM die Bereitstellung und Finanzierung der Tankstelleninfrastruktur finanzieren könnten.

Wertschöpfungskette übernehmen könnten, ist grundsätzlich zunächst eher kritisch zu sehen. Im Zusammenspiel mit der Finanzierungsaufgabe fallen einem Systemintegrator idealtypisch auch Rechte an dem generiertem Wissen grundsätzlich (vollständig oder anteilig) zu. Damit einhergehend erlangen (wenn auch ggf. wirtschaftlich betrachtet nur in einem anteiligen Ausmaß) gewinnorientiert ausgerichtete Akteure durch eine Übernahme zentraler Bereitstellungsaufgaben in der F&E-Phase monopolistische Positionen und Marktmacht. Grundsätzlich sollte die öffentliche Hand jedoch anstreben, dass Akteure, die auf vorgelagerten Ebenen Ressourcen monopolisieren und / oder auf sonstige Weise unangemessene (Markt-)Macht besitzen, ihre Positionen – zumindest (aus einer nationalen Perspektive argumentierend) mit Bezug zum deutschen Markt – nicht auch noch auf eine zentrale Rolle bei der Wasserstoffmobilität ausdehnen können. Von diesem Ansatz ist allenfalls dann abzuweichen, wenn real existierende Machtkonstellationen keine andere Wahl offen lassen und / oder so umfangreiche Kontrahierungsprobleme beim Einbezug der entsprechenden Akteure in zentrale Entwicklungsaufgaben hinsichtlich der Wasserstoffmobilität existieren, dass vertragliche Lösungen nicht mehr oder zumindest nicht als einzige Koordinationsform in Betracht kommen und vielmehr die Akteure (auch) über Kapitalbeteiligung an der Systemintegrator-Rolle einzubinden sind.²³ In diesem Fall liegen jedoch diverse Nachteile für die öffentliche Hand vor – insbesondere Abhängigkeiten, die sich auch in einem Flexibilitätsverlust äußern, sowie die verstärkte Notwendigkeit, separat und rein öffentlich ausgerichtet das für die Entscheidungsfällung im öffentlichen Bereich (und dabei ggf. als Unterstützung und Entscheidungsvorbereitung für die politische Entscheidung) notwendige Know-how aufzubauen und vorzuhalten.

Als besonders problematisch ist es anzusehen, wenn Akteure, die an einer bestimmten technischen Ausgestaltung des vertikalen (System-)Designs für die Wasserstoffmobilität (siehe Abschnitt 2.2) Interesse haben, eine zentrale Rolle bei der Bereitstellung der Wasserstoffmobilität erhalten und damit einhergehend speziell in der F&E-Phase an der Entwicklung des technisch-systemischen Designs maßgeblich mitwirken können. Dies sollte unbedingt vermieden werden, da ansonsten die Gefahr besteht, dass Wissen unnötigerweise nicht generiert oder verzerrt generiert oder nicht bereitgestellt wird, dass die öffentliche Hand (und nicht zuletzt die Politik) für ihre Entscheidungen benötigt. In diesem Kontext ist auch bezüglich des Finanzierungsbedarfs hinsichtlich von F&E zum gesamten Systemdesign bei der Wasserstoffmobilität und dabei speziell jenseits des von den OEM verantworteten (System-)Bereichs – wie bereits in Abschnitt 3.1 mit Bezug zur Finanzierungsaufgabe für die H₂-Tankstelleninfrastruktur erfolgt – darauf zu verweisen, dass die öffentliche Hand Angebote privater Akteure zur (anteiligen oder vollständigen) Finanzierung von zentralen Bereitstellungsentscheidungen grundsätzlich ausschlagen sollte, wenn ansonsten zu erwarten ist, dass aus öffentlicher (Nutzer- und Steuerzahler-Interessen in den Mittelpunkt stellender) Sicht langfristig vor allem Nachteile vorliegen, wie die Ausdehnung von Machtpositionen etc..

²³ Wenn eine Kapitalbeteiligung von Akteuren aus vorgelagerten Wertschöpfungsbereichen im Bereich der Systemintegrator-Rolle unvermeidlich ist, dann sollte die öffentliche Hand grundsätzlich zumindest anstreben, über Call-Optionen hinsichtlich dieser Kapitalanteile die Möglichkeit vorzubereiten, sich später wieder aus der Abhängigkeit zu lösen.

4 Übergreifende Aspekte und Schlussfolgerungen

Abschließend kann festgehalten werden, dass die öffentliche Hand in der Aufbauphase für die Infrastruktur der Wasserstoffmobilität sowohl hinsichtlich der F&E-Aktivitäten als auch hinsichtlich der Kapazitätsbereitstellung bei der H₂-Tankstelleninfrastruktur die zentralen Bereitstellungs- und Finanzierungsaufgaben übernehmen sollte. Diese Aufgaben kann die öffentliche Hand schwerlich im Rahmen der bestehenden Verwaltung wahrnehmen, vielmehr dürfte eine andere Organisationsform hinsichtlich Rechtsform und Ressourcenausstattung geboten sein, die dann auch mehr „unternehmerische Aktivität“ erlaubt – allerdings grundsätzlich mit öffentlicher Ausrichtung. Ein Einbezug von OEM in Managementaufgaben im Kontext der Wahrnehmung der zentralen Bereitstellungsaufgaben kann im Übrigen als sinnvoll angesehen werden. Bei weiteren Akteuren (Zulieferern etc.) ist hingegen eine umfangreiche (und auch die Eigentümerposition betreffende) Involvierung an einer zentralen Stelle grundsätzlich eher skeptisch zu beurteilen. Anzumerken ist, dass die grundsätzlich empfohlene wichtige Rolle für die öffentliche Hand gerade auch dadurch begründet ist, dass sie letztendlich die zentrale Bereitstellungsrolle bei der Transformation des Energie- und Verkehrssystems innehat und ein Einstieg in die Wasserstoffmobilität in diese Transformation einzuordnen ist.

Um eine effiziente Steuerung und Kontrolle der Aktivitäten der öffentlichen Hand im Rahmen der Wasserstoffmobilität zu ermöglichen, sollte es weitestmögliche Klarheit und Transparenz hinsichtlich der von öffentlichen Organisationen geplanten und durchgeführten Aktivitäten geben. Ansonsten ist – speziell im Kontext der geringen Wissensverbreitung über die Wasserstoffmobilität in der F&E-Phase – die Gefahr groß, dass Informationsasymmetrien ausgenutzt werden. Sicherlich kann berechtigtes Interesse von Unternehmen aus dem OEM- und Zuliefererbereich am Schutz bestehenden Know-how's vorliegen, das in adäquater Weise zu berücksichtigen ist, aber auch dann sollten nachvollziehbare Lösungen hinsichtlich der Begrenzung der Transparenz gewählt werden. Zu verweisen ist abschließend noch darauf, dass industriepolitische Aspekte beim Aufbau der Wasserstoffmobilität und die Förderung von Exportchancen für nationale Unternehmen, die vorgelagert zu den OEM als Hersteller und Zulieferer in der Wertschöpfungskette mit dem Thema Wasserstoff befasst sind, bislang allenfalls am Rande und implizit berücksichtigt worden sind. Sofern industriepolitisch motivierte Maßnahmen nicht zulasten der die Infrastruktur für die Wasserstoffmobilität letztendlich im Wesentlichen finanzierenden Nutzer und Steuerzahler gehen sollen, sind hier ggf. auch unterschiedliche Rechtezuordnungen für zentrale Ressourcen und dabei gerade auch in der F&E-Phase generiertes Wissen hinsichtlich des Gesamtsystemdesigns für die nationale und internationale Verwertung in Betracht zu ziehen.