

# **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***

## **Autoren:**

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

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**

- Dieses Papier greift umfangreich Untersuchungsergebnisse auf, die in Zusammenarbeit mit Dipl.-Ing. oec. Jonas Hildebrandt und Dr. Justus Reinke erarbeitet worden sind. In diesem Zusammenhang sind Analysen aus der Dissertationsschrift von Justus Reinke (Titel: Bereitstellung öffentlicher Ladeinfrastruktur für Elektrofahrzeuge: Eine institutionenökonomische Analyse) und aus einem im Rahmen des Dissertationsvorhabens von Jonas Hildebrandt erstellten Manuskript / Entwurf (Titel: Bereitstellung von Ladeinfrastruktur für Elektrofahrzeuge unter Berücksichtigung idealtypischer Ladebedarfe) in dieses Papier eingeflossen. Im Übrigen korrespondieren die Darstellungen und Empfehlungen in diesem Papier weitgehend mit den Inhalten der folgenden, im Internet zum Download zur Verfügung stehenden Vorträge, die auf im Rahmen von durch Bundesministerien geförderten Forschungsprojekten erarbeiteten Ergebnissen basieren: Beckers, T. (2014/12/04): (Institutionen-)Ökonomische Analyse der Bereitstellung von Ladeinfrastruktur für Elektrofahrzeuge, Vortrag auf dem Workshop „Finanzierungs- und Betreibermodellen für die öffentlich zugängliche Ladeinfrastruktur“, Frankfurt / Main; Beckers, T. (2015/03/19): Ökonomische Betrachtungen zum Aufbau der Ladeinfrastruktur, Vortrag auf der Jahrestagung des Instituts für Klimaschutz, Energie und Mobilität (IKEM), Berlin.
- 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.
- Die Autoren bedanken sich bei Ulrike Beuck (BMVI) und bei Kai Paulssen (BMVI) für konstruktive Hinweise während der Erstellung dieses Papiers bzw. der Überarbeitung früherer Fassungen dieses Papiers. Weiterhin bedanken sich die Autoren für Anmerkungen zu einer früheren Fassung dieses Papiers bei Ulrich Bünger (LBST), Julius Jöhrens (ifeu), Danny Kreyenberg (DLR), Udo Lambrecht (ifeu) und Andreas Lischke (DLR).

## **Inhaltsverzeichnis**

<b>Zusammenfassung zentraler Ergebnisse und Handlungsempfehlungen .....</b>	<b>iv</b>
<b>1 Einleitung .....</b>	<b>1</b>
<b>2 Grundlagen .....</b>	<b>1</b>
<b>3 „Tankstellen-Ladeinfrastruktur“ (T-LI) (mit DC-Schnellladetechnologie) .....</b>	<b>4</b>
<b>4 „Regelmäßig nutzbare“ sowie „nebenbei nutzbare Ladeinfrastruktur“ (R-LI sowie N-LI) .....</b>	<b>8</b>
<b>5 Fazit und Ausblick.....</b>	<b>11</b>
<b>Anhang: Beispielrechnungen hinsichtlich möglicher (Anfangs-)Ausstattungen mit „Tankstellen-Ladeinfrastruktur“ (T-LI).....</b>	<b>13</b>

## Zusammenfassung zentraler Ergebnisse und Handlungsempfehlungen

- Die Nachfrage nach Ladeinfrastruktur kann verschiedenen Konstellationen zugeordnet und damit einhergehend können verschiedene so genannte „Ladebedarfe“ unterschieden werden, denen passende Angebotskonzepte im Bereich der Ladeinfrastruktur gegenüber gestellt werden sollten. Folgend wird zunächst umfangreich das Angebotskonzept „Tankstellen-Ladeinfrastruktur“ (T-LI) betrachtet und dann wird noch kurz auf die weiteren Angebotskonzepte „regelmäßig nutzbare Ladeinfrastruktur“ (R-LI) und „nebenbei nutzbare Ladeinfrastruktur“ (N-LI) eingegangen.
- Mit Blick auf einen erfolgreichen und effizienten Markthochlauf in den kommenden Jahren insbesondere bei den rein batterieelektrischen Fahrzeugen (BEV) ist aufgrund des „Henne-Ei-Problems“ der umgehend anzugehende **Aufbau eines flächendeckenden Schnellladernetzwerks zwingend erforderlich**, das in ein „**Tankstellen-Ladeinfrastruktur“ (T-LI)-Angebotskonzept** eingebettet sein sollte und für das sich ein Rückgriff auf die DC-Ladetechnologie empfiehlt. Durch dieses Netzwerk werden Mobilitätsoptionen geschaffen, weshalb eine Flächendeckung bedeutsam ist. Es werden zunächst Fernverkehrs-Optionen eröffnet. Außerdem können in der „Heimatregion“ der Fahrzeugbesitzer an einzelnen Tagen auch längere Strecken zurückgelegt werden und die Fahrzeuge sind auch in anderen Regionen (z.B. im Urlaub) recht unkompliziert nutzbar.
- Der durch das Netzwerk generierte Nutzen wird nicht nur durch die Kapazität (Menge und Standorte sowie Ladepunkte pro Standort), sondern auch durch weitere Parameter des Angebotskonzepts, insbesondere durch die Bepreisung und weitere Nutzungsregeln, beeinflusst. Die Ausgestaltung des Angebotskonzepts determiniert auch die für die Nutzer vorliegende Komplexität bei Ladevorgängen sowie gerade auch bei der Informationseinholung über und der Planung von (möglichen) Ladevorgängen. Diese **Komplexität sollte möglichst gering gehalten werden**. Die Prognostizierbarkeit der Entwicklung der Kapazität und der weiteren Parameter des Angebotskonzepts ist für die Nutzer ebenfalls wichtig, was auf die **Bedeutung einer entsprechenden Planung und von Commitments** hinsichtlich deren Einhaltung verweist. Auch die **Kommunikation dieser Planung** ist natürlich bedeutsam. Das T-LI-Angebotskonzept für das aufzubauende Schnellladernetzwerk sollte **klare Standards** hinsichtlich Bepreisung und Nutzungsregeln umfassen. Ebenfalls sind (technische) Standards für die Koordination zwischen Ladeinfrastruktur und Fahrzeugen (z.B. in den Bereichen Stecker, Kommunikation) vorzugeben. Bei der Bepreisung bietet es sich grundsätzlich an, die **Grenzkosten** und dabei auch im Falle von Knappheiten bzw. Kapazitätsengpässen vorliegende **Opportunitätskosten** zu berücksichtigen.
- Die **Bereitstellungsentscheidungen** und gerade auch die **Kapazitätsplanung sollten zentral und nicht dezentral** (insbesondere nicht durch im Wettbewerb stehende Akteure) erfolgen. Für die Umsetzung dieser Bereitstellungsentscheidungen sollten dann im Regelfall private (und i.d.R. im Rahmen von Ausschreibungsverfahren im Wettbewerb stehende) Unternehmen verantwortlich sein. Die **Finanzierung** des Ladeinfrastrukturnetzwerks sollte grundsätzlich (zumindest vornehmlich) nicht über bei der einzelnen Beladung erhobene Einnahmen, sondern vielmehr über Haushaltsmittel oder bei den Nutzern erhobene Beiträge („Ladeinfrastruktur-Vignette“) erfolgen, wobei es sich **in der Markthochlaufphase** im besonderen Maße anbietet, auf **Haushaltsmittel** zurückzugreifen.

- Ein **mittleres Szenario bei den Beispielberechnungen**, die hinsichtlich des Bedarfs an Tankstellen-Ladeinfrastruktur (T-LI) durchgeführt worden sind, zeigt einen Bedarf von **etwa 1.000 Ladestandorten im T-LI-Netzwerk mit DC-Schnellladesäulen** an. Im Kontext des **hohen Werts von Verlässlichkeit** hinsichtlich der Kapazitätsnutzung sowie der technisch bedingten **Kostenstrukturen** (recht hohe Fixkosten pro Standort) bietet es sich an, **pro Standort mehrere (z.B. 4 bis 6) Ladepunkte** sowie gewisse diesbezügliche Erweiterungsmöglichkeiten vorzusehen.
- Es wäre vorteilhaft, wenn **sämtliche BEV** über eine **DC-Schnellladeoption** verfügen würden, was z.B. durch eine entsprechende **Selbstverpflichtung der Industrie** erreicht werden könnte.
- Hinsichtlich eines effizienten Aufbaus „**regelmäßig nutzbarer Ladeinfrastruktur**“ (R-LI), an der Fahrzeuge regelmäßig (meistens täglich) beladen werden, und der „**nebenbei nutzbaren Ladeinfrastruktur**“ (N-LI), die z.B. auf Parkflächen von Einzelhandelsgeschäften und Freizeit Anbietern verortet ist, sind noch **diverse Fragen zu klären**, was umgehend angegangen werden sollte. Insbesondere die Schaffung geeigneter Rahmenbedingungen durch die öffentliche Hand für den Aufbau von R-LI auf den Parkflächen bei Mehrfamilienhäusern (in Tiefgaragen etc.) und beim Arbeitgeber sollten bald erfolgen. Für den kurzfristigen Markthochlauf sind noch vorliegende Unklarheiten und Ineffizienzen bei R-LI und N-LI jedoch von relativ begrenzter Bedeutung.

## 1 Einleitung

Ladeinfrastruktur (LI) ist für die Beladung von Elektrofahrzeugen erforderlich und somit ist deren Verfügbarkeit unverzichtbar für einen erfolgreichen Markthochlauf der Elektromobilität.<sup>1</sup> In diesem Papier werden Grundsatzfragen hinsichtlich der Bereitstellung und dabei insbesondere hinsichtlich des Aufbaus von (insbesondere öffentlich zugänglicher) Ladeinfrastruktur für rein batterieelektrische Fahrzeuge (= Battery Electric Vehicle (BEV)) untersucht. In diesem Zusammenhang werden denkbare Ausgestaltungen von Organisationsmodellen für die Bereitstellung von LI diskutiert. Im Fokus des Papiers stehen „normale“ private Nutzer. Auf Flottenfahrzeuge, Car Sharing oder Taxis wird nicht näher Bezug genommen. Auf die Besonderheiten, die sich aus der Nutzung von LI durch Plug-in-Hybrid Fahrzeuge (= Plug-in Hybrid Electric Vehicle (PHEV)) ergeben, wird nur am Rande eingegangen und am Ende des Papiers in einem Ausblick (auf weitere Forschungsfragen) hingewiesen. Aufgrund des begrenzten Umfangs dieses Papiers kann die Anwendung ökonomischer (und dabei insbesondere institutionenökonomischer) Erkenntnisse im Rahmen der Analysen vielfach nicht explizit dargelegt werden und es werden dann lediglich die Ergebnisse der Untersuchungen präsentiert.

## 2 Grundlagen

Die Nachfrage nach Ladeinfrastruktur kann verschiedenen Konstellationen zugeordnet werden und damit einhergehend können verschiedene so genannte „Ladebedarfe“ unterschieden werden, denen passende Angebotskonzepte im Bereich der Ladeinfrastruktur gegenübergestellt werden sollten. In erster Linie auf „normale“ private Nutzer und nicht auf Flotten, Car Sharing, Taxis etc. Bezug nehmend, erscheint im Hinblick auf die Befriedigung der zentralen Bedürfnisse des Großteils der Nachfrager eine Unterscheidung der folgenden idealtypischen Ladeinfrastrukturtypen sinnvoll, für die sich jeweils spezielle Angebotskonzepte (hinsichtlich Kapazität, Nutzungsregeln, Bepreisung etc.) eignen (siehe dazu auch Abbildung 1):

Für eine regelmäßige erfolgende Beladung ist so genannte **„regelmäßig nutzbare Ladeinfrastruktur“ (R-LI)** erforderlich; diese dürfte bei den derzeit weit verbreiteten Batteriekapazitäten und unter der Annahme von durchschnittlichen täglichen Fahrtweiten, bei denen Elektrofahrzeuge hinsichtlich der „Total Cost of Ownership“ (TCO) relativ vorteilhaft abschneiden, vielfach vor bzw. an den meisten (Arbeits-)Tagen genutzt werden. R-LI kann im Hinblick auf ein i.d.R. nächtliches Laden im privaten Bereich („p-R-LI“) auf dem Grundstück bzw. in der (Tief-)Garage des Nutzers verortet sein, wobei zwischen R-LI im alleinigen Verfügungsbereich des Nutzers („Garagen-LI“ bzw. „p-G-R-LI“) und R-LI bei Mehrfamilienhäusern („Tiefgaragen-LI“ bzw. „p-TG-R-LI“) unterschieden werden kann. Im Wohnumfeld kann die Ladeinfrastruktur auch im öffentlich zugänglichen Bereich und dabei insbesondere im öffentlichen Straßen- und Parkraum („ö-R-LI“), aber auch im halböffentlichen Bereich („hö-R-LI“, z.B. in Parkhäusern) platziert sein. Weiterhin kann R-LI

---

<sup>1</sup> In diesem Papier wird die Bezeichnung „Elektromobilität“ in einem engen Sinne verwendet und nur auf rein batterieelektrische Fahrzeuge bezogen. Elektromobilität im weiten Sinne beinhaltet zudem auch die Wasserstoffmobilität.

auch beim Arbeitgeber verortet sein („AG-R-LI“). An R-LI können Nutzer ihre Fahrzeuge i.d.R. ohne Inkaufnahme von Einschränkungen bei ihrem Mobilitätsverhalten über längere Zeit laden, weshalb der Rückgriff auf Schnellladetechnologie grundsätzlich nicht erforderlich bzw. nicht sinnvoll ist und sich vielfach die AC 1-Technologie eignen wird.

(Entfernte) Ziele können jenseits der durch die Batteriekapazität bedingten maximalen Reichweite der Fahrzeuge liegen, was insbesondere den Fernverkehr betrifft. Die maximale Reichweite kann auch durch Fahrten in einer Region („Regionenverkehr“) überschritten werden. Zum einen kann dies der Fall sein, wenn nach einer regelmäßigen Beladung – dann wie dargestellt i.d.R. in der Region im Wohn- bzw. Arbeitsumfeld („Heimatregion“) – an einem Tag entsprechend lange Fahrten erfolgen, zum anderen kann dies auftreten, wenn über mehrere Tage keine regelmäßige Beladung erfolgen kann (z.B. während eines Urlaubs und dann sozusagen in der „Urlaubsregion“). Zur Abdeckung der vorstehend beschriebenen Nachfragekonstellationen dürfte sich in besonderer Weise mit Schnellladetechnologie ausgestattete, öffentlich zugängliche Ladeinfrastruktur eignen, die auf eine ähnliche Weise wie die derzeitigen Tankstellen für konventionellen (Benzin- und Diesel-) Kraftstoff genutzt werden können. Daher wird hierfür nachfolgend der Begriff **„Tankstellen-Ladeinfrastruktur“ (T-LI)** verwendet. Es wird im Übrigen – ohne dies hier weiter zu hinterfragen – davon ausgegangen, dass für die Schnellladung auf die DC-Technologie zurückgegriffen werden wird. Bei der Nutzung von T-LI fallen bei den Nachfragern Zeitkosten an, wobei diesen (Brutto-)Kosten etwaige Nutzen aus während der Ladezeit durchgeführten Aktivitäten gegenüberzustellen sind (z.B. „Kaffeetrinken“ oder „Einkaufen im Tankstellenshop“).

Wenn Nutzer Wegekettten „abfahren“, parken Fahrzeuge und dabei besteht die Möglichkeit, entsprechend geeignet platzierte Ladeinfrastruktur quasi „nebenbei“ zu nutzen und zu laden (**„nebenbei nutzbare Ladeinfrastruktur“ bzw. „N-LI“**). Dadurch kann ggf. die Nutzung von T-LI unterbleiben und entsprechend Zeit eingespart werden. Bei N-LI können wohl verschiedene Ladegeschwindigkeiten und damit einhergehend auch Ladetechnologien (AC 1 und AC 3 sowie ggf. auch DC) sinnvoll einsetzbar sein. N-LI dürfte insbesondere im so genannten halböffentlichen Bereich und dort z.B. auf Parkflächen von Einzelhandelsgeschäften (Supermärkten, Möbelhäusern usw.) und von Freizeitangeboten zu finden sein. Anzumerken ist, dass Ladeinfrastruktur, die zu bestimmten Zeiten durch ein entsprechendes Angebotskonzept als R-LI einzuordnen ist (z.B. ö-R-LI für eine regelmäßige nächtliche Beladung) sich zu anderen Zeit in Verbindung mit einem entsprechend anderen Angebotskonzept als N-LI eignen kann (im aufgeführten Beispiel dann als ö-N-LI, die z.B. tagsüber vom Einkaufsverkehr genutzt werden kann).

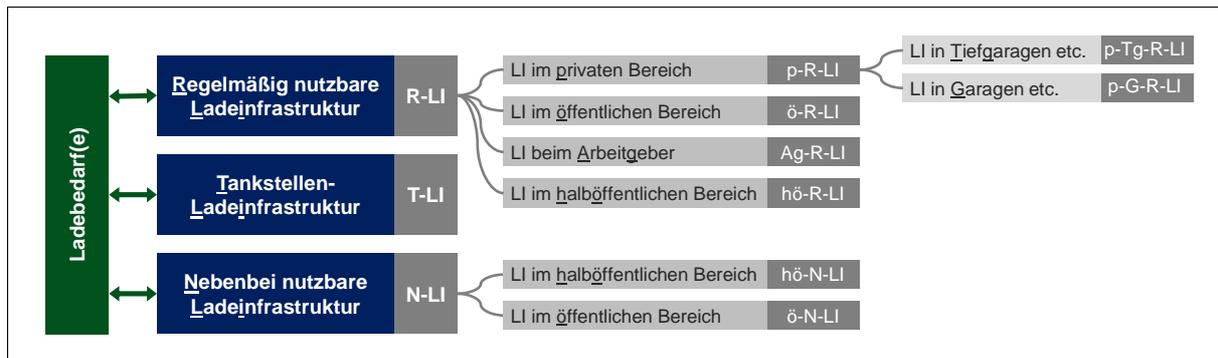


Abbildung 1: Übersicht über die Angebotskonzepte

Der durch Ladeinfrastruktur und dabei gerade auch durch ein Netzwerk von Ladesäulen generierte Nutzen hängt nicht nur von der Kapazität und Verortung sowie der zur Verfügung stehenden und wesentlich durch die (Lade-)Technologie bedingten Ladegeschwindigkeit ab, sondern wird auch durch weitere so genannte Bereitstellungs- bzw. Angebotsentscheidungen beeinflusst, die in ihrer Gesamtheit ein Bereitstellungs- bzw. Angebotskonzept darstellen. Zu nennen sind Zugangs- und Nutzungsregeln und dabei auch die Bepreisung, bei der die grundsätzliche Vorteilhaftigkeit von sich an den Grenzkosten orientierenden Preisen berücksichtigt werden sollte. Auch auf die sich im Zusammenspiel von Kapazität und Nachfrage ergebende Verfügbarkeit von Lademöglichkeiten an einzelnen Standorten und die diesbezügliche (hier zunächst eher kurzfristig betrachtete) Prognostizierbarkeit ist zu verweisen. Weiterhin dürfte – neben weiteren hier nicht thematisierten Einflussfaktoren – die Komplexität der Nutzung von Ladeinfrastruktur bzw. der Wissensstand hinsichtlich ihrer Nutzbarkeit von großer Bedeutung sein, die durch klare und verständliche Konzepte sowie eine breite und unkomplizierte Informationsbereitstellung gering gehalten werden kann. Nicht zuletzt ist darauf hinzuweisen, dass die Anschaffung eines Elektrofahrzeugs und der damit einhergehende Umstieg in die Elektromobilität für die Nutzer eine Investition mit einer nicht nur geringen Spezifität darstellt und dass daher eine gewisse (zumindest mittelfristige und dabei z.B. über 4 bis 5 Jahre reichende) Prognostizierbarkeit und Verlässlichkeit hinsichtlich sämtlicher Nutzen beeinflussender Faktoren ebenfalls wiederum den durch die Ladeinfrastruktur erzeugten Nutzen beeinflussen wird. Für die Beurteilung bestimmter Bereitstellungs-konzepte für die Ladeinfrastruktur sind den Nutzen die Kosten gegenüberzustellen, womit einhergehend dann die Effizienz bestimmter Optionen beurteilt werden kann. Bei einer strikt wohlfahrtsökonomischen Betrachtung bilden die Kosten den Ressourcenverzehr ab. Alternativ können auch die im Kontext bestimmter Institutionen zur Finanzierung von Nutzern und / oder Steuerzahlern zu leistenden (Nutzer- und Steuer-)Zahlungen berücksichtigt werden.

### **3 „Tankstellen-Ladeinfrastruktur“ (T-LI) (mit DC-Schnellladetechnologie)**

Auch ohne spezielle öffentliche Eingriffe im Bereich der Gesetzgebung und Regulierung dürfte ein gewisses Nachfragesegment im privaten Bereich unkompliziert (mehr oder weniger) eigenständig die Verfügbarkeit von R-LI sicherstellen können, was insbesondere für Eigenheimbesitzer und p-G-R-LI sowie – wenn auch mit Einschränkungen – bei Mehrfamilienhäusern und p-TG-R-LI gilt. Mit diesen Nachfrageschichten dürfte in den ersten Phasen und damit zunächst in den folgenden Jahren ein erfolgreicher Markthochlauf für die Elektromobilität in Deutschland zu erreichen sein, wovon folgend ausgegangen wird. Allerdings werden die (potentiellen) Nutzer aus diesen Schichten der Verfügbarkeit von T-LI eine große Bedeutung beimessen, so dass sie sich vermutlich in einem nicht nur geringen Umfang gegen den Kauf von Elektrofahrzeugen entscheiden werden, wenn die Bereitstellung von T-LI nicht bzw. in einem recht suboptimalen Ausmaß gewährleistet ist.<sup>2</sup>

Die Ladegeschwindigkeit bei T-LI ist dem Umstand anzupassen, dass die Unterbrechung der Fahrt unfreiwillig aufgrund des niedrigen Ladestandes erfolgt und daher möglichst schnell ein ausreichend hoher Ladestand wieder erreicht werden soll. Als Ladetechnologie ist daher die DC-Ladung als geeignet anzusehen, wobei sich – so aktuelle Experteneinschätzungen – Leistungen von 50 KW und mehr anbieten dürften.

Zu berücksichtigen ist, dass durch T-LI Mobilitätsoptionen und somit Optionsnutzen generiert werden, so dass die Bedeutung von T-LI (im Sinne des durch diese generierten Nutzens) keinesfalls nur mit dem Umfang von deren tatsächlicher Nutzung korrespondiert. Daher ist eine flächendeckende Bereitstellung von T-LI im Hinblick auf die Erzielung von Abdeckungs- und damit einhergehend Netzwerkeffekten zu empfehlen. Insofern sollte T-LI sowohl in Ballungsräumen und Regionen mit vielen Nutzern sowie an Fernverkehrsstrecken als auch – wenn auch natürlich in einem geringeren Ausmaß – „in der Fläche“ angeboten werden. Im Übrigen wird T-LI nicht nur für „normale“ private Nutzer der Elektromobilität, sondern auch für Flotten, Car Sharing-Fahrzeuge, Taxis etc. von großer Bedeutung sein.

Eine wettbewerbliche Bereitstellung der T-LI würde dabei sowohl ineffektiv als auch ineffizient sein, so dass eine umfangreiche Zentralität und eine öffentliche Verantwortung für die Bereitstellung dringend anzuraten ist. Dies gilt im Übrigen nicht nur hinsichtlich der Kapazität (Menge und Verortung)<sup>3</sup>, sondern auch mit Blick auf die Zielerreichung bezüglich Klarheit und Standardisierung diverser Parameter des Angebotskonzepts. Zu beachten ist, dass Nutzer Elektrofahrzeuge grundsätzlich zur Nutzung auf dem (gesamten) Straßennetz anschaffen und dass es daher vorteilhaft ist, wenn das

---

<sup>2</sup> In diesem Kontext ist darauf hinzuweisen, dass die Verfügbarkeit eines T-LI-Netzwerkes auch die relative Attraktivität von BEV und PHEV beeinflusst. Sofern kein geeignetes T-LI-Netzwerk existiert, erhöht sich die relative Attraktivität von PHEV. Dies bedeutet aber auch, dass dann aus einer relativ hohen Nachfrage nach PHEV nicht geschlossen werden kann, dass die Nachfrager nicht an BEV interessiert sind.

<sup>3</sup> In wettbewerblichen Konstellationen wird sich – u.a. aufgrund des Problems des so genannten „Rosinen-Pickens“ – eine sehr suboptimale Verteilung von Ladestandorten ergeben und der flächendeckende Aufbau eines Netzwerkes, der im Hinblick auf die Generierung von Mobilitätsoptionen vorteilhaft ist, wird nicht erfolgen.

Angebotskonzept unabhängig von der Frage der Straßenbaulastträgerschaft an einzelnen Standorten konzipiert ist.

Zur Lösung des Henne-Ei-Problems ist bei der Bereitstellung von T-LI in Vorleistung zu gehen, wobei eine gewisse anfängliche Kapazitätsüberdimensionierung deutlich weniger problematisch ist als ein zu dünn dimensioniertes Netzwerk; unter Berücksichtigung des Nachfrageanstiegs ist die anfängliche Kapazität dann im Laufe der Zeit entsprechend anzupassen. Die Gewährleistung eines grundsätzlichen Vertrauens in die Verfügbarkeit der Ladeinfrastruktur an einzelnen Standorten bzw. in einzelnen Regionen bei einem entsprechenden Bedarf und dies nach einer – abgesehen von sehr seltenen Ausnahmen – allenfalls eher kurzen Wartezeit dürfte für die Nutzer eine nicht nur geringe Bedeutung aufweisen, was bei der Kapazitätsdimensionierung nicht nur in einzelnen Regionen, sondern auch an einzelnen Standorten zu beachten ist. Bei der Dimensionierung der Ladesäulenausstattung an einzelnen Standorten ist auch zu berücksichtigen, dass – insbesondere wegen des Netzanschlusses und in besonderem Maße im Falle erforderlicher Netzverstärkungen – es nicht unerhebliche Fixkosten je Standort gibt.

Als Anhang sind (Beispiel-)Rechnungen beigelegt, die anzeigen, welche Gesamtsummen sich hinsichtlich Ladestandorten und Ladepunkten ergeben, wenn bestimmte Annahmen bzw. Ziele für die Flächenabdeckung, die Ausstattung an Fernstraßen sowie die adäquate Versorgung von Nachfrageschwerpunkten im städtischen Bereich vorliegen. Ein mittleres Szenario für die Anfangsausstattung würde demnach 1.173 Ladestandorte und 6.238 Ladepunkte umfassen. Dabei ist bei der Kalkulation der Gesamtzahl nicht berücksichtigt, dass bestimmte Standorte nicht nur zur Erreichung einzelner der genannten Ziele (Flächendeckung, Ausstattung von Fernstraßen sowie adäquate Versorgung von Nachfrageschwerpunkten im städtischen Bereich) dienen; die Berücksichtigung der damit einhergehenden Überschneidungen hätten eine gewisse Reduktion des Gesamtbedarfs zur Folge. Dies berücksichtigend kann festgehalten werden, dass auf Basis des mittleren Szenarios ein Bedarf von etwa 1.000 Ladestandorten für mit DC-Schnellladesäulen ausgestattete T-LI abgeleitet werden kann.

Die Beispielrechnungen beinhalten weiterhin Szenarien, bei denen die Anzahl der Ladestandorte von 611 bis 2.443 und die der Ladepunkte von etwa 3.218 bis 12.873 reicht. Aussagen hinsichtlich einer mit Blick auf bestimmte Markthochlaufziele sinnvollen Anfangsausstattung an T-LI, die auf Analysen auf wissenschaftlichem Niveau basieren, können in diesem Papier jedoch keinesfalls getroffen werden. Über die angemessene Kapazitätsdimensionierung im Laufe der 2020er Jahre ist es aktuell nicht sinnvoll umfangreich zu spekulieren; auf Basis gewonnener Erfahrungen über das Nachfrageverhalten kann später die Kapazität schrittweise angepasst werden.<sup>4</sup>

---

<sup>4</sup> Es spricht vieles dafür, dass unter Berücksichtigung der verschiedenen Ladebedarfe und der vorgestellten Angebotskonzepte vertiefte Analysen zur Kapazitätsdimensionierung (sowohl hinsichtlich Anzahl und Verteilung der Standorte als auch Anzahl der Ladesäulen/-punkte pro Standort) durchgeführt werden sollten, wobei stets auch die Interdependenzen zwischen verschiedenen Parametern der Angebotskonzepte (u.a. Nutzungsregeln und Preise) und der Kapazität zu berücksichtigen sind. Die Ergebnisse der Kalkulationen bezüglich R-LI und N-LI dürften für die öffentliche Hand im Allgemeinen und den Bund im Speziellen wohl in erster Linie insofern von Relevanz sein, als dass sie Informationen hinsichtlich der Rationalität sowie Ausgestaltung und dabei auch Dimensionierung von Förder- und Anreizregimen zum Aufbau von Ladeinfrastrukturen nach den verschiedenen

Die Kapazitätsfinanzierung der T-LI sollte grundsätzlich nicht über eine nutzungsbezogene Bepreisung und nutzungsbezogen erhobene Einnahmen erfolgen, sondern in erster Linie über die Erhebung von nutzungsunabhängigen Mitteln bei den Nutzern (z.B. zeitbezogene Beiträge oder Grundgebühren [„Ladeinfrastruktur-Vignette“] oder Einmalzahlungen beim Fahrzeugerwerb) und / oder Steuern. Gerade in der Markthochlaufphase, in der Elektrofahrzeuge direkt oder indirekt subventioniert (und insofern im Vergleich zu konventionell angetriebenen Fahrzeugen (zumindest auch) aus Haushaltsmitteln finanziell gefördert) werden, dürfte es sich anbieten, auf eine Finanzierung überwiegend aus Haushaltsmitteln zurückzugreifen. Bei der Preissetzung sollten die Grenzkosten (aus Sicht des Anbieters) und dabei in jedem Fall die Strombeschaffungskosten berücksichtigt werden, aber auch die Opportunitätskosten bei knapper Kapazität sind zu beachten. In diesem Zusammenhang kann auch eine Zeitkomponente im Bepreisungsschema eine wichtige Rolle spielen – auch um „Behinderungen“ durch nur zu langsamer Beladung fähige Fahrzeuge entgegenzuwirken.<sup>5</sup>

Eine zentrale Rolle der öffentlichen Hand bei der Bereitstellung bietet eine gute Grundlage dafür, die Komplexität für die Nutzung des T-LI-Netzwerks gering zu halten und auch klare glaubhafte Commitments hinsichtlich der zukünftigen an die Nachfrageentwicklung adäquat angepassten T-LI-Bereitstellung abzugeben. Im Übrigen korrespondieren – abgesehen von der kostenlosen Abgabe des Stroms und damit der nicht die Strombeschaffungskosten berücksichtigenden Bepreisung – zentrale Elemente des Bereitstellungskonzepts der so genannten „Supercharger“ von Tesla mit wesentlichen vorstehenden Überlegungen zum Angebotskonzept für T-LI. Auch Aktivitäten in anderen Ländern und Märkten (z.B. Norwegen) beinhalten wesentliche Elemente der vorstehend skizzierten Überlegungen zur T-LI-Bereitstellung.

Zwar ist Zentralität und öffentliche Aktivität hinsichtlich der Bereitstellung von T-LI zu empfehlen, aber für die Umsetzung bietet es sich an, umfangreich auf privates Engagement und Wettbewerbslösungen und dabei gerade auch langfristige Verträge mit privaten Betreibern (so genannte „PPP-Verträge“) zurückzugreifen. Vielfach dürften existierende Tankstellen geeignete Standorte darstellen, aber auch andere Standorte könnten sich – sofern die entsprechenden Standards hinsichtlich Verfügbarkeit etc. eingehalten werden können – eignen. Zu klären ist, wie das Wissensmanagement auf öffentlicher Seite hinsichtlich der Überführung von grundsätzlichen Bereitstellungs- in Umsetzungsentscheidungen

---

Angebotskonzepten für verschiedene Standorttypen (vgl. dazu Abbildung 1) liefern werden. Im Hinblick auf das zur Erreichung ambitionierter Markthochlaufziele bei BEV gebotene baldige Angebot eines T-LI-Netzwerkes zur Lösung des Henne-Ei-Problems ist anzumerken, dass im Zweifelsfall auf Basis einfacher Bedarfskalkulationen mit dem Infrastrukturaufbau begonnen werden kann bzw. sollte. Dabei sollte – wie dargestellt – keine Unterdimensionierung des T-LI-Netzwerkes erfolgen, aber eine drastische Überdimensionierung sollte natürlich ebenfalls vermieden werden, was jedoch auch dann gelingen sollte, wenn zunächst keine fundierten vertieften Bedarfsanalysen vorliegen. Im Rahmen von Analysen zu Nachfragerpräferenzen hinsichtlich der Verfügbarkeit von T-LI sowie von Angebotskonzepten sollten im Übrigen auch die – in der Fußnote 9 und im späteren Abschnitt 5 angesprochenen – Interdependenzen zwischen der Nutzung von T-LI durch BEV und PHEV berücksichtigt werden. Bei der Entwicklung von Angebotskonzepten, die ggf. – speziell hinsichtlich Nutzungsregelungen und Bepreisung – für BEV und PHEV differenziert werden sollten, ist zu beachten, dass T-LI bei BEV eine hohe Bedeutung für die Generierung von Mobilitätsoptionen aufweist, während T-LI bei PHEV in erster Linie zur Aufnahme vergleichsweise günstiger Energie von Bedeutung ist.

<sup>5</sup> Denkbar wäre im Übrigen auch (ggf. auch zusätzlich zu einer zeitbezogenen Bepreisungskomponente) eine gewisse Mindestladegeschwindigkeit als Nutzungsvoraussetzung vorzusehen. Derartige Fragen der Ausgestaltung der Nutzungsregelungen für T-LI sind auch mit Blick auf die zu berücksichtigende (und ggf. zu beschränkende bzw. zu beeinflussende) Nutzung dieser Ladeinfrastruktur durch PHEV von Bedeutung.

erfolgen sollte sowie wie Vertragsumfänge und Ausschreibungen gestaltet werden sollten. Zwar dürfte es sich – wie vorstehend dargestellt – anbieten, diverse Elemente des Angebotskonzepts zentral festzulegen und vorzugeben (einschließlich sämtlicher oder zumindest zentraler Aspekte der Bepreisung), aber viele Aspekte des Angebots (z.B. Nutzen generierende und damit die Brutto-Zeitkosten reduzierende Einkaufsangebote) sollten wettbewerblich determiniert werden.

Gerade im Hinblick auf die gebotene kurzfristige Beseitigung des „T-LI-Bereitstellungs-Defizits“ dürfte sich zunächst eine zentrale Aktivität durch den Bund auf öffentlicher Seite anbieten, jedoch ist zu klären, welche rechtlichen und dabei speziell verfassungsrechtlichen Herausforderungen ggf. existieren. Mittel- und langfristig stellt sich in jedem Fall auch die Frage, ob und in welchem Umfang Länder und Kommunen insbesondere in die Bereitstellung von T-LI für die durch in den einzelnen Regionen stattfindenden Verkehre einbezogen werden sollten. Dabei ist die Herausforderung zu berücksichtigen, trotz eines Einbezugs verschiedener Gebietskörperschaften zentral Standards hinsichtlich zentraler Bereitstellungsparameter sinnvoll definieren und deren grundsätzliche Einhaltung gewährleisten zu können.

Bei den bisherigen Überlegungen ist nicht berücksichtigt worden, dass von den OEM derzeit nicht sämtliche Fahrzeuge serienmäßig mit einer DC-Lademöglichkeit ausgestattet werden. Es kann die Position vertreten werden, dass dies insofern unproblematisch ist, als dass (Erst-) Käufer von Elektrofahrzeugen unter Berücksichtigung ihres Mobilitätsverhaltens sinnvollerweise über die Verfügbarkeit einer DC-Schnellladeoption und die Inkaufnahme etwaiger damit einhergehender erhöhter Fahrzeugbeschaffungskosten entscheiden sollten. Im Kontext von Transaktionskosten an der Schnittstelle von im Wettbewerb stehenden OEM und Nachfragern, die anfallen, wenn auch die DC-Schnelllademöglichkeit im Fahrzeug als Zukaufoption im Rahmen von Preisdifferenzierungsstrategien eingesetzt wird, Auswirkungen auf die Funktionsweise von Sekundärmärkten für Elektrofahrzeuge und der Gefahr, dass die Halter von nicht mit DC-Lademöglichkeit ausgestatteten Fahrzeugen (letztendlich dann ggf. doch erfolgreich) Druck hinsichtlich des Aufbaus eines weiteren und dann auch für sie nutzbaren Mobilitätsoptionen generierenden Ladeinfrastrukturnetzwerks ausüben, spricht jedoch vieles dafür, dass eine DC-Lademöglichkeit zukünftig in sämtlichen Fahrzeugen standardmäßig eingebaut sein sollte und dass diese eine zu definierende Mindestladegeschwindigkeit fahrzeugeitig ermöglichen sollte.<sup>6</sup> Eine Alternative zu einer entsprechenden gesetzlichen Vorgabe könnte eine Selbstverpflichtung der OEM sein, auf deren Zustandekommen die öffentliche Hand ggf. durch entsprechenden Druck hinwirken könnte.<sup>7</sup>

Dass Standards hinsichtlich der physischen Koordination („Stecker“) und des Datenaustauschs (Formate, Wege / Routen / Prozesse etc.) zwischen DC-Schnellladeinfrastruktur und Fahrzeugen zu bestehen haben, versteht sich von selbst. Eine entsprechende Standardsetzung sollte die öffentliche

---

<sup>6</sup> Sofern sämtliche Ladesäulen im Rahmen eines T-LI-Netzwerkes auch eine Ladung nach dem AC 3-Standard erlauben und fahrzeugeitig damit eine zentral definierte (Mindest-)Ladegeschwindigkeit erreicht werden kann, könnte erwogen werden, eine entsprechende fahrzeugeitige AC 3-Ausstattung als Substitut für eine DC-Ausstattung zu „genehmigen“. Fraglich ist, welche praktische Relevanz eine derartige (Options-)Regelung im Kontext der Kostenstrukturen für die fahrzeugeitige Ausstattung mit AC 3- und DC-Ladeoptionen hätte.

<sup>7</sup> Bei PHEV hingegen dürfte bei einer Gesamtbetrachtung – im Gegensatz zu den BEV – keine Rationalität für eine 100%ige Ausstattung mit DC-(Schnell-)Ladefähigkeit vorliegen.

Hand begleiten und im Bedarfsfall sollte sie eingreifen; damit gehen Anforderungen an das Wissensmanagement auf öffentlicher Seite und konkret beim Bund einher. Welche Standards gewählt werden sollten, kann an dieser Stelle nicht abschließend beurteilt werden. Es spricht vieles dafür, dass – vorsichtig formuliert – der CCS-Standard eine bedeutsame Rolle bei der Standardsetzung spielen sollte. Im Übrigen wäre auch noch zu prüfen, ob und ggf. in welcher Form (z.B. hinsichtlich Nutzungsregeln und Bepreisung im Kontext z.T. geringerer Ladegeschwindigkeiten durch fahrzeugseitige Restriktionen) in einem zentral bereitgestellten T-LI-Netzwerk neben DC auch AC 3 als technische Option vorgesehen werden sollte.

Es ist offensichtlich, dass zwischen den vorstehenden Überlegungen hinsichtlich einer effizienten Bereitstellung der Tankstellen-Ladeinfrastruktur und dem Status quo in Deutschland eine große Diskrepanz besteht. Dies zeigt auf, dass großer Handlungsbedarf vorliegt.

Bei Berücksichtigung der vorstehenden Überlegungen – u.a. hinsichtlich Zentralität und von Standards sowie eines damit einhergehenden aus Nutzersicht klaren Angebotskonzepts – dürften die in der EU-Richtlinie 2014/94/EU thematisierte diskriminierungsfreie Zugänglichkeit der T-LI auch für Verkehrsteilnehmer, die aus dem europäischen Ausland nach Deutschland reisen, problemlos zu gewährleisten sein, insbesondere wenn die Kapazitätsfinanzierung (zumindest zunächst) aus Haushaltsmitteln erfolgt und damit einhergehend keine Gäste-/Kurzeittarife für die Nutzung des Netzwerks erforderlich sind.

#### **4 „Regelmäßig nutzbare“ sowie „nebenbei nutzbare Ladeinfrastruktur“ (R-LI sowie N-LI)**

Für erfolgreiche (Zwischen-)Ergebnisse beim Markthochlauf für rein batterieelektrische Fahrzeuge ist zunächst eine zentrale (Bundes-)Aktivität sowie eine öffentliche Bereitstellungsverantwortung bei ö-R-LI bzw. zumindest eine Involvierung in die Bereitstellung bei ö-N-LI und hö-R-LI kurzfristig nicht zwingend erforderlich, was vorstehend ja bereits (zum Teil allerdings nur implizit) dargestellt worden ist. Spätere Markthochlaufphasen erfordern dann jedoch in jedem Fall ein öffentliches Engagement und dabei auch zentrale Bundesaktivität. Bereits kurz- aber zumindest mittelfristig dürfte ein erfolgreicher Markthochlauf dadurch effektiv und effizient unterstützt werden, dass die öffentliche Hand geeignete Rahmenbedingungen für die AG-R-LI und die p-TG-R-LI sowie außerdem die N-LI festlegt, langfristig wird dies ohnehin erforderlich bzw. geboten sein. Es bietet sich daher an, kurzfristig zu klären bzw. den Beginn eines Klärungsprozesses zu starten, wie das entsprechende öffentliche Engagement im Bereich der zentralen Rahmensetzung sowie ggf. auch der konkreten Gewährleistung der Bereitstellung „vor Ort“ grundsätzlich ausfallen sollte. Bevor (zumindest Zwischen-)Ergebnisse aus diesem Klärungsprozess vorliegen, besteht die Gefahr, dass langfristig hinderliche Entscheidungen gefällt und somit „störende Pfadabhängigkeiten“ geschaffen werden. Ein kurzfristiger öffentlicher Mitteleinsatz ist insofern ggf. nicht nur kurzfristig für den Markthochlauf nicht bedeutsam, sondern kann möglicherweise sogar – auch bei Abstraktion von den Opportunitätskosten des Haushaltsmitteleinsatzes – keinerlei (Netto-)Nutzen erzeugen und damit einhergehend aus volkswirtschaftlicher Sicht Schaden anrichten.

Zunächst sind folgende grundsätzliche Fragen hinsichtlich der Organisation der Ladeinfrastruktur und dabei gerade auch der Schnittstellengestaltung in Richtung des Stromsystems und der Fahrzeuge zu klären, die speziell für eine effiziente Bereitstellung von R-LI und N-LI bedeutsam sind, für die vor allem auf AC 1 und ggf. auch AC 3-Ladetechnologie zurückgegriffen werden wird:

- Welche Vorteile bietet ein (Legal) Unbundling zwischen der Ladeinfrastrukturbereitstellung und einer durch Stromvertriebe verantworteten Strombereitstellung für die Endkunden und wie kann dieses ggf. sinnvoll umgesetzt werden?<sup>8</sup>
- Welche öffentlichen Vorgaben sind hinsichtlich von Standards (bezüglich Informationsbereitstellung/-austausch, Zuordnung von Entscheidungsrechten, Datenformaten, Kommunikationsmedien und -routen etc.) zur Steuerung von Beladungsvorgängen im Zusammenspiel von erstens Fahrzeugen und OEM, zweitens Nutzern bzw. Nutzerinteressen wahrnehmenden Stromvertrieben sowie drittens Ladeinfrastrukturbetreibern geboten?<sup>9</sup> Inwieweit werden in einem ausreichenden Maße sinnvolle Standards durch dezentrale Aktivitäten der Akteure aus den verschiedenen relevanten Gruppen (Fahrzeughersteller, Verteilnetzbetreiber, Stromvertriebe etc.) definiert?
- Welche Regelungen sind hinsichtlich der Allokation potentiell knapper Verteilnetzkapazitäten bei der Beladung von Elektrofahrzeugen sinnvollerweise einzuführen? Welche Vorgaben und Anreizregime sollten für Verteilnetzbetreiber hinsichtlich des Netzausbaus bestehen, wenn für Anwendungen bei der Elektromobilität Kapazitätsengpässe (in einem mehr oder weniger großen Ausmaß) vorliegen? Wie sollten Verteilnetzbetreiber im Falle von Kapazitätsengpässen in die Steuerung von Beladungsvorgängen involviert werden und wie erfolgt die Koordination mit den Entscheidungen bzw. Präferenzen von Nutzern und deren Interessen ggf. (mehr oder weniger) wahrnehmenden Stromvertrieben?<sup>10</sup>
- Welche Potentiale bieten Mobile Metering sowie außerdem auch eine Nutzung der damit direkt einhergehenden mobilen Kommunikation mit dem Fahrzeug ebenfalls für Aufgaben der Steuerung von Beladungsvorgängen? Sind zentrale Systementscheidungen hinsichtlich stationärem oder mobilem Meterings sinnvoll oder ist ein Systemwettbewerb vorzuziehen? Wie wären im Falle des Systemwettbewerbs die diesbezüglichen (Wettbewerbs-)Regeln auszugestalten bzw. anzuwenden? Welche Implikationen haben in diesem Zusammenhang Anbieterstrukturen? Dabei ist zu berücksichtigen, dass im Bereich des Mobile Meterings der Anbieter Ubitricity wohl als ein (Innovations-)Treiber eingestuft werden kann, der über relevante (zumindest zeitliche) Vorteile verfügen dürfte.<sup>11</sup>

---

<sup>8</sup> Diese Frage wird im Übrigen im Rahmen des vom BMWi im Zeitraum 2015 bis 2017 geförderten Forschungsvorhabens SD-SE untersucht.

<sup>9</sup> Sehr grundlegende Überlegungen erfolgen dazu übrigens derzeit im Rahmen des vom BMUB im Zeitraum 2012 bis 2015 geförderten Forschungsvorhabens E3-VN.

<sup>10</sup> Diese Fragen werden im Rahmen des vom BMUB im Zeitraum 2012 bis 2015 geförderten Forschungsvorhabens E3-VN thematisiert.

<sup>11</sup> Zentrale Aspekte dieser aufgeworfenen Fragen werden im Übrigen im Rahmen des vom BMWi im Zeitraum 2015 bis 2017 geförderten Forschungsvorhabens SD-SE betrachtet.

Mit Bezug zu p-TG-R-LI und AG-R-LI sind darüber hinaus diverse Fragen hinsichtlich Einbauvorgaben und Nachrüstungsrechten sowie damit einhergehenden Fragen der Kostentragung aus (institutionen-) ökonomischer und rechtlicher Sicht vertieft zu klären.

Bei der Bereitstellung von ö-R-LI sind die Interdependenzen mit Knappheiten beim Parkraum und damit dem Parkraummanagement zu beachten. In diesem Zusammenhang ist auch wiederum die Spezifität bei der Entscheidung von Verkehrsteilnehmer zum Einstieg in das Elektromobilitätssystem und zum Erwerb eines Elektrofahrzeugs zu berücksichtigen. Nutzer dürften eine gewisse und dabei nicht zu geringe Sicherheit hinsichtlich der individuellen Nutzbarkeit von ö-R-LI während eines mit der Spezifität des Elektrofahrzeugerwerbs korrespondierenden Zeitraums (z.B. 4 bis 5 Jahren) in einem nicht nur geringen Maße wertschätzen. Bei der Bepreisung der Ladeinfrastruktur ist es in besonderem Maße sinnvoll, sich an den Grenzkosten der Nutzung zu orientieren, was nachgelagert zu – aber durchaus abgestimmt mit – der Klärung der grundsätzlichen Kapazitätszuordnung während eines mit der Spezifität des Elektrofahrzeugerwerbs korrespondierenden Zeitraums erfolgen sollte.

Es wird zum einen vieles dafür sprechen, umfangreiche Bereitstellungs Kompetenzen hinsichtlich ö-R-LI der dezentralen Ebene und damit wohl den Kommunen zu übertragen, die ja auch für das Parkraummanagement die Verantwortung tragen. Zum anderen werden aber auch (mehr oder weniger umfangreiche) zentrale Standards und Vorgaben hinsichtlich der Bereitstellung sinnvoll sein und auch die Frage eines zentralen Finanzierungsbeitrags stellt sich. Bei der Analyse dieser Fragen, die auch für Elektrofahrzeuge im Bereich des Car Sharing eine große Rolle spielen dürften, werden (verfassungs-)rechtliche Aspekte eine wohl nicht nur geringe Bedeutung spielen.

Sofern eine öffentliche Finanzierung von ö-R-LI erfolgt, besteht die Gefahr, dass eine ineffiziente Nachfragesteuerung bei der R-LI vom privaten hin in den öffentlichen Bereich stattfindet. Diesem unerwünschten Effekt kann grundsätzlich entgegengewirkt werden, in dem auch die p-R-LI-Bereitstellung der privaten Akteure öffentlich finanziell unterstützt wird, was insofern auch zu untersuchen ist.

Während für die Bereitstellung auch von ö-R-LI öffentliches Engagement im Mittelpunkt stehen sollte, wird es sich im Bereich der Umsetzung von Bereitstellungsentscheidungen wiederum anbieten, Unternehmen einbeziehen. Inwiefern dabei insbesondere auf kommunale Unternehmen und / oder bereits in den einzelnen Kommunen tätige Anbieter zurückgegriffen werden sollte, kann hier nicht beurteilt werden. In vielen Konstellationen werden auch Verträge mit privaten Unternehmen und dabei gerade auch PPP-Verträge grundsätzlich sinnvoll anwendbar sein.

Für eine effiziente Bereitstellung von N-LI dürften die oben stehend beschriebenen Fragen zur Schnittstellengestaltung zwischen Ladeinfrastruktur sowie Stromsystem und Fahrzeugen eine besonders große Rolle spielen. Es spricht vieles dafür, dass bei einer geeigneten Rahmensetzung dieser Ladeinfrastrukturtyp umfangreich von Unternehmen im halböffentlichen Raum bereitgestellt sowie in diesem Zusammenhang oftmals umfangreich oder vollständig finanziert wird; diese Unternehmen stellen bereits derzeit ihren Kunden im Kontext der Verfolgung einer „Plattform-Strategie“ Parkraum zur Verfügung (Supermärkte, Möbelmärkte, Anbieter von Freizeitaktivitäten etc.). Zu klären ist, ob und in welchem Ausmaß eine öffentliche Co-Finanzierung sinnvoll ist sowie ob und in welchem Ausmaß – gerade auch im Falle eines Rückgriffs auf eine öffentliche Co-Finanzierung –

Vorgaben hinsichtlich verschiedener Bereitstellungsentscheidungen vorteilhaft sind. Anzumerken ist abschließend noch, dass für PHEV im Kontext der bei diesen geringeren Batteriekapazität N-LI eine deutlich größere Relevanz als für BEV haben dürfte. Bei PHEV dürfte für Pendler neben einer regelmäßig am Wohnort nutzbaren LI oftmals außerdem eine regelmäßig nutzbare LI beim Arbeitsgeber von Wert sein. Diese erhöhen tendenziell den Zeitdruck bei der Klärung der diversen vorstehend aufgeworfenen Fragen.

Auch wenn vorstehend mit Bezug zu R-LI und N-LI in erster Linie auf Klärungsbedarf verwiesen worden ist, so deuten die dargestellten Überlegungen und aufgeworfenen Fragen doch darauf hin, dass im Status quo auch hinsichtlich dieser Ladeinfrastrukturtypen viele Ineffizienzen vorliegen. Auffällig ist, dass eine öffentliche Förderung von Ladeinfrastrukturkapazität im öffentlichen Raum bislang in besonderem Maße in Fällen erfolgt ist, in denen die Bereitstellung dem Ladeinfrastrukturtyp N-LI und zum Teil auch dem R-LI-Typ entspricht bzw. nahekommt. Wie dargestellt ist eine öffentliche (Co-)Finanzierung in diesen Fällen zumindest kurzfristig und zum Teil wohl auch langfristig – zumindest mit Blick auf BEV – nicht prioritär bzw. nicht erforderlich.

Dafür, dass aus dem Ausland nach Deutschland einfahrende (europäische) Nutzer der Elektromobilität in einer für sie Nutzen-stiftenden Weise die deutsche Ladeinfrastruktur nutzen können, dürfte N-LI im Vergleich zur T-LI eine geringe Rolle spielen und R-LI sogar recht unbedeutsam sein. Insofern stellt sich die Frage, ob und ggf. in welchem Ausmaß durch die Richtlinie 2014/94/EU unnötige und bei einer Gesamtbetrachtung ineffiziente Vorgaben etabliert worden sind, was dann ggf. deutsches Engagement hinsichtlich der Weiterentwicklung der Richtlinie sinnvoll erscheinen lassen könnte. Allerdings werden eventuell aus einer rein deutschen Sicht sinnvolle Lösungen hinsichtlich der Bereitstellung von N-LI (und ggf. auch hinsichtlich von R-LI) in einem derartigen Ausmaß die Komplexität bei deren Nutzung – auch bei der Bezahlung – gering halten, dass auch die Zugänglichkeit für ausländische Nutzer recht problemlos möglich ist.

## **5 Fazit und Ausblick**

In diesem Papier ist aufgezeigt worden, dass die Differenzierung der Ladeinfrastrukturnachfrage nach Ladebedarfen, denen passende Angebotskonzepte (T-LI, R-LI und N-LI) gegenübergestellt werden sollten, sinnvoll ist. Mit Blick auf einen erfolgreichen Markthochlauf bei den BEV ist der Aufbau eines flächendeckenden T-LI-Netzwerks, das Mobilitätsoptionen schafft, besonders wichtig, was insbesondere bei einer kurz- und mittelfristigen Betrachtung gilt. Die Bereitstellungsentscheidungen beim T-LI-Netzwerk gerade auch bei der Kapazitätsplanung sollten zentral durch die öffentlichen Hand und nicht dezentral durch sich im Wettbewerb befindende privatwirtschaftliche Unternehmen erfolgen. Bei der Umsetzung der zentralen Bereitstellungsentscheidungen sollten privatwirtschaftliche Unternehmen, die beispielsweise im Rahmen von Ausschreibungsverfahren im Wettbewerb stehen, umfangreich mit einbezogen werden. Die Verfügbarkeit von R-LI dürfte für ein gewisses Segment (p-G-R-LI) auch ohne spezielle öffentliche Eingriffe unkompliziert und (mehr oder weniger) eigenständig sichergestellt werden. Unabhängig davon (und insbesondere auch mit Blick auf die weiteren „Verortungsmöglichkeiten“ für R-LI) sollten für R-LI und auch für N-LI durch die öffentliche Hand kurz- bis mittelfristig geeignete Rahmenbedingungen festgelegt werden, um auch mittel- bis langfristig den erfolgreichen Markthochlauf zu unterstützen.

Zu beachten ist, dass der Fokus dieses Papiers auf passenden Angebotskonzepten für BEV liegt. Die Ausgestaltung der LI-Bereitstellung hat allerdings auch einen Einfluss auf die LI-Nutzung durch PHEV und damit einhergehend auch einen Einfluss auf die relativen Anteile beim Markthochlauf von PHEV und BEV. Grundsätzlich würde die Umsetzung der in diesem Papier dargestellten Überlegungen dazu beitragen, dass die relative Position der BEV gegenüber den PHEV gestärkt würde. Allerdings wirkt eine Konkurrenz um die Nutzung von LI auch die Frage auf, ob und wie unterschiedliche Nutzungsregeln und Preise für BEV bzw. PHEV – also spezifische Angebotskonzepte – vorgesehen bzw. ausgestaltet werden sollten. Vor diesem Hintergrund sind künftig noch detailliertere Analysen zur Wechselwirkung von PHEV und BEV in Bezug auf die Nutzung von LI erforderlich.

Weiterer Forschungsbedarf besteht bei T-LI insbesondere im Hinblick auf die Ermittlung des Kapazitätsbedarfs unter expliziter Berücksichtigung von Optionsnutzen und in Abhängigkeit der Ausgestaltung der Parameter des Angebotskonzepts. Des Weiteren sind Fragen hinsichtlich der Schnittstellengestaltung in Richtung des Stromsystems und der Fahrzeuge zu klären, die speziell für eine effiziente Bereitstellung von R-LI und N-LI bedeutsam sind. Mit Bezug zu R-LI sind darüber hinaus diverse Fragen hinsichtlich Einbauvorgaben, Nachrüstungsrechten und Kostentragung (p-TG-R-LI und AG-R-LI) vertieft zu klären. Bei ö-R-LI müssen zusätzlich auch die Interdependenzen mit Knappheiten beim Parkraum und dem damit verbundenen Parkraummanagement berücksichtigt werden.

## **Anhang: Beispielrechnungen hinsichtlich möglicher (Anfangs-)Ausstattungen mit „Tankstellen-Ladeinfrastruktur“ (T-LI)**

Nachfolgend werden Beispielrechnungen hinsichtlich der Anfangsausstattung für „Tankstellen-Ladeinfrastruktur“ (T-LI) vorgestellt. Bei diesen Beispielrechnungen ergibt sich die Gesamtsumme an Ladestandorten aus den Ladestandorten, die mit Blick auf erstens das Ziel einer Flächenabdeckung, zweitens die Ausstattung der Fernstraßen sowie drittens die (erhöhte) Versorgung von Nachfrageschwerpunkten im städtischen Bereich errichtet werden. Dabei wird – vereinfachend und nicht der Realität entsprechend – davon ausgegangen, dass Standorte nicht mit Blick auf mehr als eines der genannten drei Ziele genutzt werden können. Im Rahmen von drei Szenarien werden für die einzelnen der drei Ziele und damit auch für die Gesamtzahlen geringe, mittlere und hohe Bedarfe ermittelt. Aus den Ladestandorten wird dann die Anzahl der Säulen ermittelt. Dabei wird – den Wert der Verlässlichkeit hinsichtlich einer hohen Verfügbarkeit sowie die wohl recht hohen Fixkosten je Standort (implizit) berücksichtigend – davon ausgegangen, dass als Startausstattung an hinsichtlich einer Flächenabdeckung ausgewählten Standorten jeweils vier Säulen sowie an zur Ausstattung der Fernstraßen und zur (erhöhten) Versorgung von Nachfrageschwerpunkten dienenden Standorten jeweils sechs Säulen errichtet werden. Im Hinblick auf eine Ausbauvariante wird in den Beispielrechnungen die Option betrachtet, die Anzahl der Ladesäulen an den einzelnen Standorten zu verdoppeln.

Für „T-LI in der Fläche“ werden in den drei alternativen Szenarien unterschiedliche Annahmen für die durchschnittlich pro Ladestandort abgedeckte Fläche getroffen (40 km x 40 km = 1.600 km<sup>2</sup>, 30 km x 30 km = 900 km<sup>2</sup> sowie 20 km x 20 km = 400 km<sup>2</sup>). Bei einer Gesamtfläche Deutschlands von 357.340 km<sup>2</sup> resultiert eine Anzahl an Ladestandorten von 223, 397 bzw. 893 Stück. Bei der Annahme von durchschnittlich 4 Ladepunkten pro Standort ergeben sich als Gesamtsummen 893, 1.588 bzw. 3.573 Ladepunkte als Startausstattung sowie 1.787, 3.176 bzw. 7.147 Ladepunkte in der Ausbauvariante.<sup>12</sup>

Für „T-LI an Fernstraßen“ wird angenommen, dass sämtliche Bundesautobahnen (ca. 13.000 km) sowie einige zentrale Bundesstraßen (ca. 2.000 km) ausgestattet werden sollen, sodass von einer abzudeckenden Netzlänge von 15.000 km ausgegangen wird. Drei Szenarien für die durchschnittlichen Abstände zwischen zwei richtungsunabhängig nutzbaren Ladestandorten (alle 80 km, 40 km oder 20 km) führen zu 188, 375 bzw. 750 Ladestandorten. Bei annahmegemäß durchschnittlich 6 Ladepunkten pro Ladestandort resultieren hieraus insgesamt 1.125, 2.250 bzw. 4.500 Ladepunkte als Startausstattung sowie 2.250, 4.500 bzw. 9.000 Ladepunkte in der Ausbauvariante.

Für „T-LI an Nachfrageschwerpunkten“ wird zunächst die Annahme getroffen, dass diese Nachfrageschwerpunkte zusammen etwa 20 Millionen Einwohner umfassen. Die Annahme von

---

<sup>12</sup> Anzumerken ist, dass in den Darstellungen im Text und in der Tabelle Nachkommastellen „abgeschnitten“ sind, diese jedoch bei weiteren Rechenschritten (und zwar speziell bei der Ermittlung der Ladepunkte in einem zweiten Schritt auf Basis der in einem ersten Schritt errechneten Ladestandorte) berücksichtigt werden.

Einzugsgebieten pro Ladestandort von 100.000, 50.000 bzw. 25.000 Einwohnern führt zu 200, 400 bzw. 800 Ladestandorten. Bei der Annahme von durchschnittlich 6 Ladepunkten pro Standort ergeben sich als Gesamtsummen 1.200, 2.400 bzw. 4.800 als Startausstattung sowie 2.400, 4.800 bzw. 9.600 Ladepunkte in der Ausbauvariante.

In Tabelle 1 sind die Ergebnisse der Beispielrechnungen hinsichtlich möglicher (Anfangs-) Ausstattungen mit „Tankstellen-Ladeinfrastruktur“ (T-LI) im Überblick dargestellt.

	Szenario 1	Szenario 2	Szenario 3
<b>Ladestandorte</b>			
- zur Flächendeckung	223	397	893
- zur Abdeckung der Fernstraßen	188	375	750
- für Nachfrageschwerpunkte	200	400	800
-----	----	----	----
<b>Gesamt</b>	<b>611</b>	<b>1.173</b>	<b>2.443</b>
<b>Ladepunkte (Startausstattung)</b>			
- zur Flächendeckung	893	1.588	3.573
- zur Abdeckung der Fernstraßen	1.125	2.250	4.500
- für Nachfrageschwerpunkte	1.200	2.400	4.800
-----	----	----	----
<b>Gesamt</b>	<b>3.218</b>	<b>6.238</b>	<b>12.873</b>
<b>Ladepunkte (Ausbauvariante)</b>			
- zur Flächendeckung	1.787	3.176	7.147
- zur Abdeckung der Fernstraßen	2.250	4.500	9.000
- für Nachfrageschwerpunkte	2.400	4.800	9.600
-----	----	----	----
<b>Gesamt</b>	<b>6.437</b>	<b>12.476</b>	<b>25.747</b>

**Tabelle 1: Ergebnisse der Beispielrechnungen hinsichtlich möglicher (Anfangs-) Ausstattungen mit „Tankstellen-Ladeinfrastruktur“ (T-LI)**