



BERICHT APRIL 2020

BEDARFSGERECHTE UND WIRTSCHAFTLICHE ÖFFENTLICHE LADEINFRASTRUKTUR – PLÄDOYER FÜR EIN DYNAMISCHES NPM- MODELL

ARBEITSGRUPPE 5
VERKNÜPFUNG DER VERKEHRS-
UND ENERGIENETZE,
SEKTORKOPPLUNG



EXECUTIVE SUMMARY

Sieben bis 10,5 Millionen Elektro-Pkw (electric vehicles, EV) beträgt der Zielkorridor der NPM für das Jahr 2030. Dies bedeutet nicht nur eine Verzehnfachung gegenüber den bisherigen Analysen der NPE (vgl. NPE 2018), sondern auch, dass sich damit bis 2030 ein reifer Elektromobilitätsmarkt herausbilden könnte, der von einer Vielzahl unterschiedlicher EV-Ausformungen beziehungsweise -Ladeleistungen in unterschiedlichen Use-Cases geprägt sein wird. Mit Blick auf den parallelen Hochlauf der öffentlichen Ladeinfrastruktur bedeutet dies, dass weiterentwickelnde Bedarfe der Fahrzeuge beziehungsweise Fahrzeugnutzerinnen und Fahrzeugnutzer von der öffentlichen Ladeinfrastruktur abgebildet werden können und diese sich in diesem Zeitraum auch als reifer Markt etablieren muss – also wirtschaftlich betrieben werden kann.

Dabei gilt grundsätzlich, dass jede von den Nutzerinnen und Nutzern nachgefragte Kilowattstunde (kWh) nur einmal geladen werden kann – zum Beispiel zu Hause oder öffentlich, an einer Normalladesäule oder an einer Schnellladesäule. Die verschiedenen Lade- und Leistungsvarianten (@home, @work, @public à 11 kW bis 350 kW¹) verhalten sich dabei als „kommunizierende Röhren“. Das heißt, eine steigende Auslastung einer Ladebeziehungweise Leistungsvariante geht zulasten der anderen. Aufgrund dieser neuen Anforderungen ist es notwendig, den von der NPE verfolgten Ansatz zur Ermittlung des erforderlichen Ladeinfrastrukturbedarfs, der auf ein frühes Marktstadium für 1 Million EV ausgelegt war, weiterzuentwickeln.

Ziel dieses Berichts ist es entsprechend,

1. einen NPM-Ansatz bereitzustellen, der in der Lage ist, den Hochlauf der Ladeinfrastruktur vom aktuellen Stadium bis zu einem reifen Marktstadium dynamisch abzubilden, und der dabei die Anforderungen einer energetischen und leistungsmäßigen Bedarfsorientierung, Wirtschaftlichkeit und die Wechselwirkung der Lade- und Leistungsvarianten („kommunizierende Röhren“) miteinander verbindet;
2. auf Basis dieses NPM-Ansatzes eine Analyse möglicher Markthochläufe unter Berücksichtigung der aktuellen Rahmenparameter des Klimapakets und des *Masterplans Ladeinfrastruktur der Bundesregierung* durchzuführen;
3. der Nationalen Leitstelle Ladeinfrastruktur Ansätze für ihre Ermittlung des Ladeinfrastrukturbedarfs durch verschiedene Szenarien der Marktentwicklung und bedarfe bereitzustellen.

Die Entwicklung des Ansatzes und die Analyse erfolgten in Abstimmung zwischen der AG 2 und der AG 5.

Wesentliche Ergebnisse der Analyse sind:

1. Sofern eine schrittweise höhere Auslastung der Ladeinfrastruktur berücksichtigt wird und die Ladeinfrastruktur auf den energetischen und den Leistungsbedarf der Fahrzeuge ausgelegt ist, ist je nach Standort und im Zusammenspiel mit der Entwicklung auf der Fahrzeugseite ein wirtschaftlicher Betrieb der Ladeinfrastruktur ab 2025 möglich.
2. Die Szenarien zeigen einen Korridor für den Ladeinfrastruktur(LIS)-bedarf Bedarf von rund 180 bis rund 950 Tausend Ladepunkten im Jahr 2030 auf, je nachdem, wie groß der Anteil des öffentlichen Ladens und der AC- beziehungsweise DC-Ladepunkte ausfällt. Dies verdeutlicht die Notwendigkeit, im Rahmen der öffentlichen Förderung die Marktentwicklung zu monitoren und die Förderung entsprechend auf dieses „moving target“ auszurichten, mit dem Ziel, dass das Wechselspiel von Angebot und Nachfrage den Ausbau ab 2025 weiter vorantreibt.

¹ Der öffentliche Bereich soll gemäß der NPE (2018) nicht nur nach Leistungsklassen, sondern auch nach Anwendungsfällen weiter ausdifferenziert werden. Da in diesem Bericht die Auswirkung der Leistungsklassen im Vordergrund steht, wurde auf diese Ausdifferenzierung verzichtet. Im Rahmen einer weitergehenden Analyse sollte dieser Aspekt jedoch Berücksichtigung finden.

3. Mit Blick auf die verschiedenen AC- und DC-Ladeleistungen bildet der Aufbau von circa 40 Tausend DC-Ladepunkten und circa 130 Tausend AC-Ladepunkten untere minimale Bedarfe („bottom line“) für die anvisierten 10,5 Millionen EV.

Vor dem Hintergrund der Ergebnisse empfiehlt die NPM (AG 5), bei der Erstellung und Durchführung des Masterplans mit Blick auf den Ladeinfrastrukturbedarf folgende Ergebnisse des Arbeitspakets zu berücksichtigen:

1. die zeitnahe Erleichterung der Installation von Ladeinfrastruktur im privaten Bereich, wie sie im *Sofortpaket Ladeinfrastruktur* (NPM 2019) schon vorgeschlagen wurde. Dies betrifft insbesondere:
 - a) die geplante Anpassung des Miet- und Wohnungseigentumsrechts;
 - b) eine rasche Umsetzung einer entsprechenden ambitionierten Gebäudeeffizienzrichtlinie im Rahmen des Gebäude-Elektromobilitätsinfrastruktur-Gesetzes;
 - c) eine Förderung intelligenter privater Ladeinfrastruktur.
2. Die im zeitlichen Vorauslauf installierte öffentliche Ladeinfrastruktur muss auf den heutigen und den künftigen Bedarf der Elektrofahrzeuge (Anzahl, Ladeleistung) ausgerichtet sein. Dafür ist eine regelmäßige und belastbare Vorausschau erforderlich. Eine solche kartellrechtskonforme Vorausschau ist im Masterplan vorgesehen und soll durch die Nationale Leitstelle Ladeinfrastruktur durchgeführt werden.
3. Die Strategie zum Aufbau der Ladeinfrastruktur muss dynamisch angelegt sein. Mit Blick auf die Dimensionierung der öffentlichen Ladeinfrastruktur müssen folgende wesentliche Faktoren berücksichtigt werden:
 - a) Die verschiedenen Lademöglichkeiten (@home, @work, @public à 11 kW bis 350 kW) verhalten sich grundsätzlich wie „kommunizierende Röhren“: Steigt der Anteil einer Lademöglichkeit, sinkt der der anderen.
 - b) Eine effektivere Auslastung der Ladeinfrastruktur, die über intelligente Nutzungsfunktionen und -steuerung erhöht werden muss (zum Beispiel Sanktionierung Falschparker; Reservierungsfunktion, Bepreisung Parkzeit nach dem Laden), reduziert signifikant den Ladeinfrastrukturbedarf.

Mit Blick auf die Wirtschaftlichkeit der öffentlichen Ladeinfrastruktur sollten folgende Punkte bei der öffentlichen Förderung berücksichtigt werden:

1. Zum heutigen Zeitpunkt ist die öffentliche Ladeinfrastruktur trotz CAPEX-Förderung nicht wirtschaftlich. Zentraler Hebel zur Verbesserung der Wirtschaftlichkeit ist die Verbesserung der Auslastung, die aktuell bei durchschnittlich circa 0,5 h (Volllaststunden) pro Ladepunkt pro Tag liegt. Dieser Hebel wird im Rahmen eines zeitlichen und räumlichen Vorauslaufs der Ladeinfrastruktur zunächst nicht zu heben sein. Dies bedeutet, dass die Fortschreibung des Status quo zu einer signifikanten Finanzierungslücke bis mindestens 2025 führt.
2. Zum Zweiten muss eine schrittweise Erhöhung der Auslastung der öffentlichen Ladeinfrastruktur bei der Förderung berücksichtigt werden, um die Voraussetzung für einen wirtschaftlichen Betrieb nach dem Auslaufen der öffentlichen Förderung – also nach dem Ende der Phase des vorauslaufenden Ladeinfrastrukturaufbaus – zu schaffen.
3. Drittens muss entsprechend geklärt werden, wie die Finanzierung des angestrebten flächendeckenden, zeitlich vorauslaufenden Ladeinfrastrukturaufbaus erfolgt.
4. Schließlich müssen viertens regulatorisch getriebene technische Nachrüstbedarfe der Ladeinfrastruktur (beispielsweise MsbG) vermieden werden.

INHALT

1	EINLEITUNG	5
2	KURZANALYSE DES STATUS QUO	6
3	METHODISCHES VORGEHEN	7
3.1	Das NPM-Modell – Energiemenge als zentrale Bezugsgröße	7
3.2	Verwendete Daten	8
3.3	Szenarienbildung	9
4	ERGEBNISSE – BEDARFSGERECHTE UND WIRTSCHAFTLICHE LADEINFRASTRUKTUR	11
5	FAZIT UND EMPFEHLUNGEN	14
	ANHANG	15
	ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS	17
	LITERATURVERZEICHNIS	19
	ABBILDUNGSVERZEICHNIS	20
	TABELLENVERZEICHNIS	20
	IMPRESSUM	21

1 EINLEITUNG

Trotz signifikanter Investitionszuschüsse durch Bund und Länder sind der Aufbau und Betrieb öffentlicher Ladeinfrastruktur für Elektrofahrzeuge aktuell kein positiver Business-Case für die Betreiber. Die Wirtschaftlichkeit der öffentlichen Ladeinfrastruktur wird daher mittelfristig entscheidend für ihren nachhaltigen Ausbau sein.

Der Zielkorridor der NPM von 7 bis 10,5 Millionen Elektro-Pkw (electric vehicles, EV) für das Jahr 2030 verdeutlicht die Notwendigkeit, bei der Ermittlung des Ladeinfrastrukturbedarfs die Bedarfsorientierung mit der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung zu verbinden.

Für die Realisierung eines bedarfsgerechten und wirtschaftlichen Ausbaus der öffentlichen Ladeinfrastruktur werden in diesem Bericht die zentralen Einflussfaktoren sowohl für den Ladeinfrastrukturbedarf, als auch für die Ladeinfrastrukturwirtschaftlichkeit herausgearbeitet und die entscheidenden Risiken und Hebel identifiziert. Dafür wurde ein entsprechendes, vereinfachendes Modell erarbeitet.

Der analytische Ansatz der Nationalen Plattform für Elektromobilität (NPE, 2018) zur Ermittlung des Ladeinfrastrukturbedarfs diente hierfür als Ausgangspunkt und wurde entsprechend weiterentwickelt.

Der Bericht gliedert sich wie folgt:

- 1.** Kurzanalyse des Status quo
- 2.** Erläuterung des methodischen Ansatzes
- 3.** Vorstellung der Ergebnisse
- 4.** Fazit und Empfehlungen

2 KURZANALYSE DES STATUS QUO

Zum Jahreswechsel 2019 befanden sich laut Kraftfahrt-Bundesamt (2020) 238.792 Elektro-Pkw (electric vehicle EV) im deutschen Markt, davon 136.617 batterieelektrische Fahrzeuge (BEV) und 102.175 Plug-in-Hybridfahrzeuge (PHEV). Zugleich waren im Dezember 2019 rund 24.000 öffentliche Ladepunkte bekannt, davon rund 15 % Schnelllader (BDEW 2019).

Die Relation zwischen Ladepunkt und Fahrzeugen entsprach damit in etwa der Zielgröße der EU-Kommission von 0,1 öffentlichen Ladepunkten pro Elektrofahrzeug, die in der Alternative Fuel Infrastructure Directive (AFID) von 2014 aufgestellt wurde.

Dieses Verhältnis ist im Rahmen der NPE (2018) aufgrund der sich ausdifferenzierenden Leistungsklassen im öffentlichen Laden weiterentwickelt worden. Folgende Werte wurden dabei verwendet:²

- bis 2020 14 und zwischen 2020 und 2025 bis 16,5 EV pro AC-Ladepunkt (3,7 bis 22 kW) (NPE 2018),
- bis 2020 140 und zwischen 2020 und 2025 bis 165 EV pro DC-Ladepunkt (50 bis 150 kW) (NPE 2018).

Zur besseren Abbildung der Anforderungen an den Ladeinfrastrukturausbau für 7 bis 10,5 Millionen EV besteht die Notwendigkeit, diesen bisherigen Top-down-Ansatz wie folgt weiterzuentwickeln:³

1. Die verschiedenen Ladevarianten müssen als „kommunizierende Röhren“ angelegt sein, da ein Fahrzeug zum jeweiligen Ladevorgang nur eine der Varianten verwenden kann. Das heißt: Jede Kilowattstunde (kWh) kann nur einmal geladen werden. Ohne Berücksichtigung dieser Funktionsweise besteht das Risiko, von zu hohen Bedarfen auszugehen.
2. Die Auswirkung von Veränderungen des Verhältnisses von öffentlichem (@public) und privatem Laden (@home und @work) muss berücksichtigt werden können. Auch hierbei handelt es sich um „kommunizierende Röhren“.
3. Der Effekt der variierenden Leistungsklassen auf den Ladeinfrastrukturbedarf muss stärker berücksichtigt werden: Die bisher gemeinsam veranschlagten AC-Leistungsklassen von 3,7 bis 22 kW variieren um den Faktor 6, die DC-Leistungsklassen von 50 bis 350 kW um den Faktor 7 – mit einem entsprechenden Effekt auf die Dauer des Ladevorgangs und die Anzahl versorgbarer EV in einem bestimmten Zeitraum.
4. Entsprechend müssen auch die Veränderungen in der zeitlichen Auslastung der Ladeinfrastruktur stärker berücksichtigt werden, vor dem Hintergrund, dass eine stärkere Auslastung zu einer entsprechenden Reduktion des Ladeinfrastrukturbedarfs führt.
5. Schließlich muss auch die Wirtschaftlichkeit der öffentlichen Ladeinfrastruktur stärker in den Blick genommen werden, da diese letztlich für den nachhaltigen Aufbau und Betrieb der Ladeinfrastruktur ausschlaggebend ist.

² Für das hier nicht analysierte private Laden (@home) wurde in der AFID (2014) der Wert 0,9 LP/EV gesetzt und in der NPE (2018) aufgrund der Bedeutung des Ladens bei der Arbeitgeberin oder beim Arbeitgeber (@work) korrigiert in 1,125 LP/EV.

³ Dasselbe gilt für den kürzlich von Transport&Environment (2020) vorgestellten Ansatz, der weiterhin auf eine starre Relation zwischen Fahrzeugen und Ladepunkten setzt.

Aufgrund der oben genannten Punkte bietet sich das bisherige Vorgehen – Verhältnis von EV zu Ladepunkt – nicht für die kombinierte Betrachtung von Ladeinfrastrukturbedarf und -wirtschaftlichkeit an. Das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) und das Karlsruher Institut für Technologie (KIT) haben bereits in ihrer Studie *Laden2020* (2016) einen stärker modellgetriebenen Ansatz zur Ermittlung des Ladeinfrastrukturbedarfs gewählt. Da dieser Ansatz aber ebenfalls keine kombinierte Betrachtung von Ladeinfrastrukturbedarf und -wirtschaftlichkeit ermöglicht, wird in diesem Bericht die zu ladende Energiemenge (kWh) als zentrale Kenngröße verwendet.

3 METHODISCHES VORGEHEN

3.1 DAS NPM-MODELL – ENERGIEMENGE ALS ZENTRALE BEZUGSGRÖSSE

Zweck des hier gewählten Ansatzes ist:

- a) eine Verschränkung der Analyse des Ladeinfrastrukturbedarfs mit der Ladeinfrastrukturwirtschaftlichkeit zu ermöglichen,
- b) Ladevarianten (@home, @work, @public à 11 kW bis 350 kW) grundsätzlich als „kommunizierende Röhren“ zu analysieren,
- c) die Effekte variierender Größen (zum Beispiel Leistungsklassen, zeitliche Auslastung) sowohl auf den Ladeinfrastrukturbedarf als auch auf die Ladeinfrastrukturwirtschaftlichkeit herauszuarbeiten.

Kern des gewählten Modells ist die Fokussierung auf den zentralen Zweck der Ladeinfrastruktur: die Bereitstellung von Energie (kWh). Anhand dieser Kenngröße lässt sich sowohl der Ladeinfrastrukturbedarf als auch die Ladeinfrastrukturwirtschaftlichkeit ermitteln. Entsprechend verwendet das Modell zwei Rechenwege: die Ermittlung des Ladeinfrastrukturbedarfs ausgehend vom Energiebedarf der Elektrofahrzeuge sowie die Ermittlung der Wirtschaftlichkeit der Ladeinfrastruktur ausgehend vom Energieabsatzbedarf: Das heißt, der Bedarf an installierter Ladeinfrastruktur (kW) lässt sich ausgehend von dem Energiebedarf der EV (kWh) und der Auslastung der Ladeinfrastruktur (h) im Sinne des physikalischen Grundsatzes „Arbeit (kWh) gleich Leistung (kW) mal Zeit (h)“ ermitteln. Für die Wirtschaftlichkeit der so ermittelten Ladeinfrastruktur gilt, dass die „schwarze Null“ erreicht ist, sobald die abgesetzte Energiemenge (kWh) multipliziert mit dem veranschlagten Preis pro kWh den Kosten für die Ladeinfrastruktur (CAPEX und OPEX) entspricht. Über die Größe der kWh sind somit beide Rechenwege miteinander verknüpft und aufeinander kalibrierbar.

Abbildung 1 gibt dieses Modell vereinfacht wieder.



Abbildung 1: Ermittlung Ladeinfrastrukturbedarf und -wirtschaftlichkeit (Quelle: NPM AG 5)

Der Aspekt der Flächendeckung, das heißt eines entfernungsbedingten Ladeinfrastrukturbedarfs, der zu einer weiteren Erhöhung der Ladepunkte und damit der Unwirtschaftlichkeit in der Hochlaufphase führen kann, wurde in der Modellierung nicht berücksichtigt.

3.2 VERWENDETE DATEN

Da das entwickelte Rechenmodell, wie dargelegt, anstelle einer Top-down-Setzung von Fahrzeug-Ladepunkt-Relationen einen Bottom-up-Ansatz auf der Basis von Marktdaten verfolgt, erfordert die Berechnung einen entsprechenden Dateninput in Form von Echt- und Prognosedaten.

Bezüglich der Echtdateien verwendet die Analyse die Fahrzeugbestandsdaten des Kraftfahrt-Bundesamtes zum 1. Januar 2020 (KBA 2020), Angaben der *Mobilität in Deutschland*-Studie (infas et al. 2019), der Bundesnetzagentur (BNetzA) (2020), des Bundesverbands der Energie- und Wasserwirtschaft (BDEW) (2019) sowie des Allgemeinen Deutschen Automobil-Clubs (ADAC) (2020). Die Nationale Organisation Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie (NOW) hat ebenfalls Echtdateien zu den Kosten und der Auslastung der öffentlichen Ladeinfrastruktur bereitgestellt. Da diese bisher nicht öffentlich verfügbar sind, werden sie im Anhang dieses Berichts aufgeführt.

Bezüglich der Prognosedaten wurden die durch den Verband der Automobilindustrie (VDA) in Abstimmung mit dem Verband der Internationalen Kraftfahrzeughersteller (VDIK) bereitgestellten Informationen zum Fahrzeughochlauf entsprechend dem NPM-Zielwert von 10,5 Millionen EV sowie zur erwarteten Struktur der AC- und DC-Leistungsklassen der Fahrzeuge verwendet (VDA und VDIK 2020a, 2020b). Auch diese sind im Anhang aufgeführt.

Es ist ersichtlich, dass der Umfang der verwendeten Daten aufgrund des schlank gehaltenen Rechenweges überschaubar ist. Auch werden in der Analyse nur Durchschnittswerte verwendet und es wird keine weitere Differenzierung, beispielsweise zwischen Stadt und Land, vorgenommen. Auch wurden keine Kostendegression, Kapitaldienste oder Diskontierung der Ein- und Auszahlungen angesetzt. Grundsätzlich ist der Ansatz jedoch um solche weiteren Aspekte beziehungsweise „Verfeinerungen“ erweiterbar.

Der schlank gehaltene Rechenweg entspricht der Zielsetzung, Dynamiken und zentrale Hebel aufzuzeigen und eine Scheingenauigkeit zu vermeiden. Entsprechend werden in der Auswertung gerundete Werte verwendet, die dennoch Tendenzen klar aufzeigen können.

Ein weiterer Vorteil des gewählten Ansatzes ist, dass die Daten im Zeitverlauf aktualisiert werden können, um die reale Entwicklung mit dem Korridor der Szenarien abzugleichen und gegebenenfalls Handlungsbedarfe zu identifizieren. Das heißt der Ansatz kann in ein Echtwert-basiertes Analyse- und Monitoring-Tool für den Ausbau der öffentlichen und privaten Ladeinfrastruktur überführt werden.

3.3 SZENARIENBILDUNG

Auf Basis des Modells wurden vier Szenarien erstellt, die der Modulation eines vorauslaufenden und ab 2025 wirtschaftlichen Ladeinfrastrukturbedarfes dienen. Für die Erstellung der Szenarien wurden wesentliche Parameter aus den *Eckpunkten für das Klimaschutzprogramm 2030* (Bundesregierung 2019a) sowie dem *Masterplan Ladeinfrastruktur der Bundesregierung* (Bundesregierung 2019b) und dem Koalitionsvertrag für die 19. Legislaturperiode (CDU/CSU und SPD 2018) verwendet.

Diese Dokumente halten unter anderem folgende Punkte fest:

1. Zielsetzung von 1 Million Ladepunkten bis 2030 (Bundesregierung 2019a, S. 8)
2. Förderhorizont für den Ladeinfrastrukturaufbau bis 2025 (Bundesregierung 2019a, S. 8)
3. Anforderung, dass Ladeinfrastruktur langfristig wirtschaftlich betrieben werden kann (Bundesregierung 2019b, S. 4)
4. Annahme eines Verhältnisses zwischen öffentlicher und nicht öffentlicher Ladeinfrastruktur zwischen 40 zu 60 % und 15 zu 85 % (Bundesregierung 2019b S. 3)
5. Zielsetzung beim Ladeinfrastrukturaufbau mindestens $\frac{1}{3}$ Schnellladesäulen (DC) zu errichten (CDU/CSU und SPD 2018, S. 77). Der heutige Status quo liegt bei den Ladepunkten bei rund 10 % DC- und 90 % AC-Ladepunkten (vgl. BNetzA 2020).

Aus diesen Parametern wurden vier Szenarien abgeleitet, die sich aufgrund des variierenden Anteils der öffentlich geladenen Energie und des Anteils von AC-Ladepunkten bezüglich des daraus resultierenden Ladeinfrastrukturbedarfs unterscheiden:

- Das Szenario 1 steht dabei für den höchsten Bedarf an öffentlicher Ladeinfrastruktur aufgrund der Kombination eines hohen Anteils öffentlichen Ladens (40 % gemäß Masterplan-Maximalwert) mit einem großen Anteil von AC-Ladepunkten (90 %; entsprechend dem Status quo) mit geringerer Ladeleistung von 11 bis 22 kW. Dieses Szenario entspricht am ehesten dem Zielwert für 2030 von 1 Million Ladepunkten aus den Eckpunkten für das Klimaschutzprogramm 2030.

- Für den geringsten Bedarf an öffentlicher Ladeinfrastruktur steht das Szenario 4 mit einem geringen Anteil öffentlichen Ladens (15 %; entspricht dem Status quo) und einem größeren Anteil von DC-Ladepunkten (1/3 gemäß dem Ziel des Koalitionsvertrags) mit einer höheren Ladeleistung von 50 bis 350 kW.

Die Szenarien 2 und 3 bewegen sich zwischen den beiden zuvor genannten Szenarien. Dabei entspricht das Szenario 2 in seinen Anfangswerten am ehesten dem heutigen Status quo (15 % öffentliches Laden in Kombination mit einem 90 %-Anteil von AC-Ladepunkten).

Mithilfe dieser Szenarien lässt sich ein Korridor aufspannen, der die Varianz und mögliche Dynamiken in der Entwicklung des Ladeinfrastrukturbedarfs abbilden kann (moving target). Da die Szenarien auf den oben genannten fixen Parametern basieren, weichen die Startwerte der unterschiedlichen Szenarien teils stark vom heutigen Status quo ab.

Bezüglich der Frage der Wirtschaftlichkeit wurde für alle vier Szenarien für 2020 vom heutigen anzunehmenden durchschnittlichen Auslastungswert von einer halben Volllaststunde⁴ pro Tag ausgegangen. Ab dem Jahr 2025 wurde eine konstante Volllaststundenanzahl verwendet, die in jedem Szenario eine positive Marge von 10 % im Jahr 2030 ermöglicht. Über den Zeitraum 2021 bis 2024 wurde der Ausgangswert aus dem Jahr 2020 auf den wirtschaftlichen Zielwert im Jahr 2025 linear hochskaliert.

Eine Übersicht der verwendeten Werte befindet sich im Anhang des Berichts. Zusammenfassend lassen sich die vier Szenarien wie in Abbildung 2 darstellen.



Abbildung 2: Szenarien auf Basis des Masterplans und des Koalitionsvertrags (Quelle: NPM AG 5)

⁴ Die Volllaststunde ist in der Energiewirtschaft das Maß für den Nutzungsgrad einer technischen Anlage, vor allem von Kraftwerken. Sie gibt die Zeit an, die eine Anlage bei Nennleistung (das heißt bei Volllast) betrieben werden muss, um die tatsächlich abgegebene Arbeit zu erzeugen. Dadurch ist Bezugsgröße in der Regel ein Kalenderjahr mit 8.760 Stunden.

4 ERGEBNISSE

Bedarfsgerechte und wirtschaftliche Ladeinfrastruktur

Die Analyse zeigt, dass der Anteil öffentlichen Ladens und der Anteil von AC- beziehungsweise DC-Ladepunkten einen signifikanten Einfluss darauf haben, wie hoch der Bedarf an öffentlichen Ladepunkten ausfällt, um denselben Energiebedarf der Fahrzeuge zu erfüllen:

- Für die avisierten 10,5 Millionen Elektrofahrzeuge im Jahr 2030 ergibt sich im Szenario 1 (40 % öffentliches Laden, 90 % AC-Ladepunkte) ein Ladeinfrastrukturbedarf von rund 950 Tausend Ladepunkten. Das heißt dieses Szenario entspricht am ehesten der Zielsetzung 1 Million Ladepunkten bis 2030.
- Im Szenario 2 (15 % öffentliches Laden, 90 % AC-Ladepunkte), das mit einem geringeren Anteil öffentlichen Ladens und einem hohen Anteil an AC-Ladepunkten am ehesten einer Hochskalierung des heutigen Status quo entspricht, ergibt sich ein Ladeinfrastrukturbedarf von rund 360 Tausend Ladepunkten im Jahr 2030. Das heißt hier sinkt der Ladeinfrastrukturbedarf um 60 % im Vergleich zum Szenario 1, was den signifikanten Effekt des Anteils öffentlichen Ladens auf den Ladeinfrastrukturbedarf verdeutlicht.
- Im Szenario 3 (40 % öffentliches Laden, 67 % AC-Ladepunkte) wiederum, das den hohen Anteil öffentlichen Ladens mit dem stärkeren Ausbau der DC-Ladeinfrastruktur verbindet, ergibt sich für 2030 ein Bedarf von 470 Tausend Ladepunkten. Das heißt in diesem Szenario führt die Erhöhung des Anteils der DC-Ladepunkte gegenüber dem Szenario 1 zu einer Halbierung des Ladeinfrastrukturbedarfs.
- Im Szenario 4 (15 % öffentliches Laden, 67 % AC-Ladepunkte) schließlich, das den geringeren Anteil öffentlichen Ladens mit einem stärkeren Ausbau der DC-Ladeinfrastruktur kombiniert, ergibt sich im Jahr 2030 ein Ladeinfrastrukturbedarf von rund 180 Tausend Ladepunkten. Auch hier zeigt sich im Vergleich zum Szenario 2 der Effekt der verwendeten höheren Leistungsklassen auf den Ladeinfrastrukturbedarf in Form einer Halbierung der erforderlichen Ladepunkte von 360 auf 180 Tausend.

Der breite Korridor des Ladeinfrastrukturbedarfs im Jahr 2030 für die 10,5 Millionen EV zeigt, wie sehr der Bedarf ein „moving target“ darstellt. Die vier Szenarien sind in Abbildung 3 dargestellt.

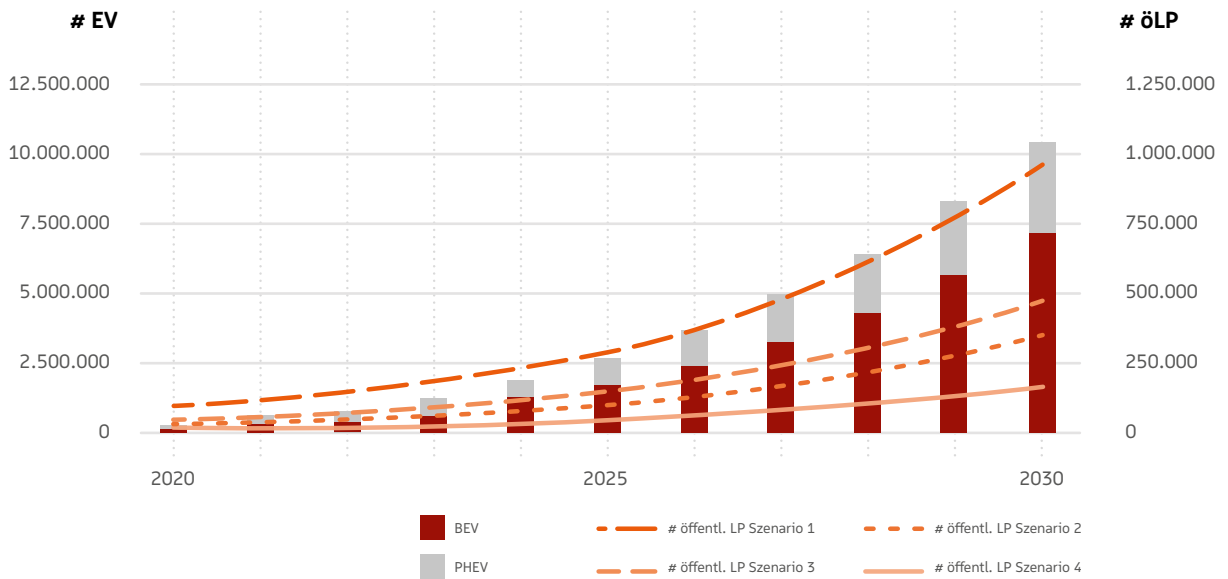


Abbildung 3: Ladeinfrastrukturbedarf Gesamtübersicht⁵ (Quelle: NPM AG 5)

Die Einzelbetrachtung der vier Szenarien zeigt insbesondere die stark schwankende Anzahl der AC-Ladepunkte.⁶ Die Stärke dieser Schwankung von rund 840 Tausend AC-Ladepunkten im Szenario 1 bis rund 110 Tausend im Szenario 4 resultiert nicht nur aus dem variierenden Anteil an AC-Ladepunkten (90 % versus 67 %). Ein weiterer wichtiger Effekt ist hier auch, dass die höheren Leistungsklassen bis 350 kW mehr Energie in derselben Zeit zur Verfügung stellen können als die AC-Ladepunkte.

Darüber hinaus zeigt die Einzelbetrachtung auch eine Szenario-neutrale Bottom-Line für den Ladeinfrastrukturbedarf der 10,5 Millionen EV: So liefert das Szenario 4 mit mindestens 110 Tausend AC-Ladepunkten die Untergrenze auf der AC-Seite. Auf der DC-Seite wiederum ergibt sich die Untergrenze aus Szenario 2 mit mindestens 40 Tausend DC-Ladepunkten.⁷

Die Einzelergebnisse der vier Szenarien sind in Abbildung 4 dargestellt.

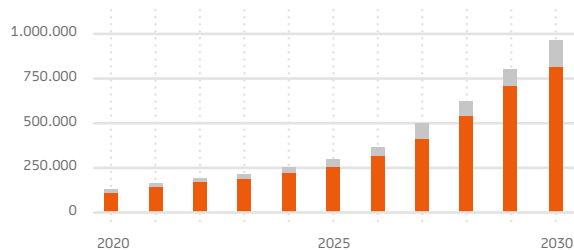
⁵ Bezüglich der Fahrzeugzahlen wurden als Startpunkt die Bestandszahlen des Kraftfahrt-Bundesamtes zum 1. Januar 2020 verwendet und bis 2030 um die kumulierten Neuzulassungen ergänzt, die VDA und VDIK (2020) aus dem NPM-Szenario E für 10,5 Millionen EV abgeleitet haben. Dabei bestand in den letzten Jahren eine Unschärfe von circa 0,2 zwischen Neuzulassungszahlen und Bestandszahlen. Ob sich diese Unschärfe bis 2030 fortsetzt, ist allerdings unklar. Das heißt in dieser Analyse werden die Neuzulassungs- und Bestandszahlen gleichgesetzt.

⁶ Da die Analyse des Leistungsbedarfs aus der Fahrzeugperspektive erfolgte, wurde entsprechend auch der fahrzeugseitige Bedarf am 3,7-kW-Laden berücksichtigt. Da bereits heute der Anteil an 3,7-kW-Ladepunkten im Feld praktisch nicht vorkommt (vgl. BNetzA 2020), wurde der 3,7-kW-Leistungsbedarf den 11-kW-Ladepunkten mit dem Faktor 3,7/11 hinzugerechnet.

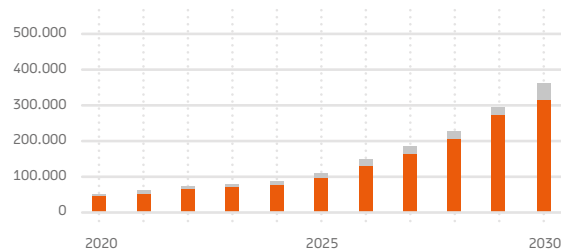
⁷ Mit Blick auf die DC-Seite ist eine ähnliche Entwicklung auch beim 50-kW-Ladebedarf absehbar wie bei den 3,7-kW-Ladebedarfen. Da diese Leistungsklasse heute aber bereits im Markt vertreten ist (vgl. BNetzA 2020) und gegebenenfalls auch künftig Ladesäulenbetreiber aus betriebswirtschaftlichen, netztechnischen oder anderen Überlegungen in diese Leistungsklasse investieren, wurde in dieser Analyse von einer Vorgehensweise wie bei den 3,7-kW-Ladebedarfen abgesehen. Ein Umlegen der 50-kW-Ladebedarfe hätte zu einer Reduktion der Ladepunkte geführt.



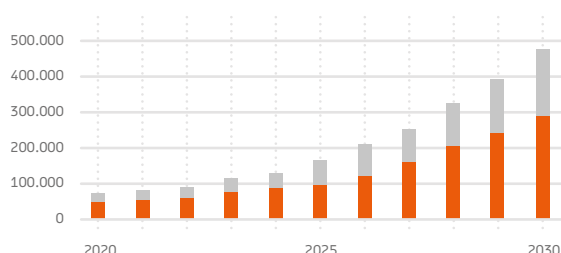
öffentl. LP Szenario 1



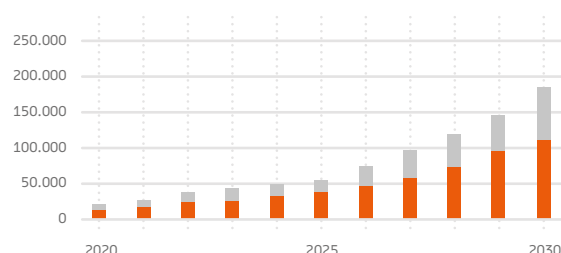
öffentl. LP Szenario 2



öffentl. LP Szenario 3



öffentl. LP Szenario 4



■ # AC LP ■ # DC LP

Abbildung 4: Ladeinfrastrukturbedarf nach Szenario und AC-/DC-Ladepunkten (Quelle: NPM AG 5)

Mit Blick auf die Wirtschaftlichkeit der Szenarien ist anzumerken, dass alle vier Szenarien über ihre Auslastung/Volllaststunden ab 2025 so kalibriert wurden, dass sie wirtschaftlich betrieben werden und im Jahr 2030 eine Marge von 10 % erzielen.

Mit dieser Kalibrierung trifft die Analyse keine Aussagen für die reale Wirtschaftlichkeit individueller Business-Cases von Ladeinfrastrukturbetreibern. Dies gilt unter anderem aufgrund der Unsicherheiten bezüglich des realen EV-Hochlaufs, der Kostenstruktur von 150- und 350-kW-Ladern sowie der modellhaften Vereinfachung, die nur Durchschnittswerte verwendet hat. In der Realität variieren die Kosten stark zum Beispiel zwischen alleinstehenden Ladesäulen und Ladehubs. Außerdem wurden weder Kapitaldienste noch eine Barwertbetrachtung vorgenommen oder alternative Erlösmöglichkeiten berücksichtigt, wie bspw. die Bepreisung von Parkzeit, Vermarktung als Werbeträger oder die Vermarktung von CO₂-Zertifikaten. Auch zusätzliche Risiken für die Wirtschaftlichkeit der öffentlichen Ladeinfrastruktur wie Nachrüstkosten infolge von Anpassungen der Regulierung, zum Beispiel des Mess- und Eichrechts und des Messstellenbetriebsgesetzes (MsbG), wurden nicht berücksichtigt.

Mit dieser Kalibrierung auf wirtschaftliche Szenarien im Jahr 2030 wird mithin auch nicht die Förderung des Ausbaus der öffentlichen Ladeinfrastruktur infrage gestellt. Diese ist weiter erforderlich, insbesondere zur Sicherstellung

- a) des aktuell erfolgenden zeitlichen Vorauslaufs des Ladeinfrastrukturaufbaus und
- b) des flächendeckenden Ausbaus auch wirtschaftlich nicht attraktiver Standorte.⁸

Auch die Risiken für die privaten Investoren bestehen unabhängig von der Modellierung weiter, zum Beispiel auch hinsichtlich der Fragen, wie groß der Anteil von Elektrofahrzeugen im Jahr 2030 sein wird oder wie sich der Anteil des öffentlichen Ladens entwickeln wird. Zur Adressierung dieser Risiken bieten sich auch die Ergebnisse der im Masterplan vorgesehenen regelmäßigen und belastbaren kartellrechtskonformen Vorausschau des Markthochlaufs an (Bundesregierung 2019b, S. 7).

⁸ Auch die Risiken für die privaten Investorinnen und Investoren bestehen unabhängig von der Modellierung weiter, zum Beispiel auch hinsichtlich der Fragen, wie groß der Anteil von Elektrofahrzeugen im Jahr 2030 tatsächlich sein wird oder wie sich der Anteil des öffentlichen Ladens entwickeln wird.

5 FAZIT UND EMPFEHLUNGEN

Zusammengefasst verdeutlicht das Arbeitspaket „Bedarfsgerechte und wirtschaftliche Ladeinfrastruktur“ folgende Punkte:

1. Für die Analyse des Ladeinfrastrukturbedarfs ist ein dynamisches Modell erforderlich, das
 - a) die Wechselwirkung zwischen unterschiedlichen Ladevarianten und Leistungsklassen berücksichtigt („kommunizierende Röhren“);
 - b) die sich verändernden Größen „Anteil öffentlich/privat“ und „Leistungsklassen“ berücksichtigt;
 - c) die Frage der Volllaststunden berücksichtigt, um die Wirtschaftlichkeit der errichteten Ladeinfrastruktur sicherzustellen;
 - d) den Ladeinfrastrukturbedarf über die Zeit differenziert betrachtet, im Sinne einer zeitlichen und räumlichen Vorauslaufphase und einer nachfragegetriebenen, wirtschaftlichen Infrastrukturentwicklung;
 - e) auf einer regelmäßigen und belastbaren kartellrechtskonformen Vorausschau der Entwicklung der EV-Stückzahlen basiert, um in der Vorauslaufphase den Bedarf auf die künftigen Leistungsparameter der EV und der Ladeinfrastruktur auszulegen (BEV/ PHEV-Anteil, Stückzahl, Ladeleistung).
2. Bei Fortschreibung des Status quo sind ein wirtschaftlicher Aufbau und Betrieb der öffentlichen Ladeinfrastruktur nicht absehbar. Für die Verbesserung der wirtschaftlichen Situation muss geklärt werden,
 - a) wie unwirtschaftliche Standorte finanziert werden,
 - b) wie die Auslastung erhöht werden kann (Stichwort „Falschparker“) und
 - c) wie Nachrüstbedarfe bei der öffentlichen Ladeinfrastruktur vermieden werden können.



ANHANG

	Anteil öLaden	Anteil AC-LP	Volllaststunden AC + DC p.d. ab					
			2020	2021	2022	2023	2024	2025
Szenario 1	40 %	90 %	0,5	0,6	0,8	0,9	1,1	1,2
Szenario 2	15 %	90 %	0,5	0,6	0,8	0,9	1,1	1,2
Szenario 3	40 %	67 %	0,5	0,6	0,7	0,9	1,0	1,1
Szenario 4	15 %	67 %	0,5	0,6	0,7	0,9	1,0	1,1

Tabelle 1: Parameter für den Ladeinfrastrukturbedarf
(Quelle: Berechnung und Darstellung NPM AG 5 auf Basis Bundesregierung (2019a und 2019b))

	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
EV gesamt	239	396	629	960	1.413	2.015	2.792	3.776	5.000	6.500	8.316	10.489
BEV	137	234	386	607	914	1.325	1.861	2.543	3.394	4.440	5.709	7.231
PHEV	102	161	243	353	499	689	931	1.233	1.606	2.060	2.607	3.259

Tabelle 2: Fahrzeughochlauf gemäß dem NPM-Szenario 10,5 Millionen EV (gerundet in Tausend)
(Quellen: Berechnung und Darstellung NPM AG 5 auf Basis 2019: KBA (2020), 2020 ff: VDA und VDIK (2020a))

	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
3,7 kW	50 %	50 %	47 %	44 %	41 %	38 %	35 %	34 %	33 %	32 %	31 %	30 %
11 kW	45 %	45 %	48 %	51 %	54 %	57 %	60 %	61 %	62 %	63 %	64 %	65 %
22 kW	5 %	5 %	5 %	5 %	5 %	5 %	5 %	5 %	5 %	5 %	5 %	5 %
50 kW	60 %	60 %	54 %	48 %	42 %	36 %	30 %	27 %	24 %	21 %	18 %	15 %
150 kW	35 %	35 %	40 %	45 %	50 %	55 %	60 %	60 %	60 %	60 %	60 %	60 %
350 kW	5 %	5 %	6 %	7 %	8 %	9 %	10 %	13 %	16 %	19 %	22 %	25 %

Tabelle 3: Forecast Anteile AC und DC-Ladeleistungen der Fahrzeuge
(Quelle: Berechnung und Darstellung NPM AG 5 auf Basis VDA und VDIK (2020b) Stützintervall 2020, 2025 und 2030)

Leistung	Daten	CAPEX pro LP (EUR) ¹	OPEX pro LP p.a. (EUR) ¹	Nutzungsdauer (Jahre) ²	Preis pro kWh (Cent) ³	Kosten pro kWh (Cent) ⁴
11 kW		3.000	250	8	0,40	0,30
22 kW		6.000	250	8	0,40	0,30
50 kW		29.000	600	8	0,50	0,30
150 kW		91.000	600	8	0,50	0,30
350 kW		97.000	600	8	0,50	0,30

Tabelle 4: Daten für die Analyse der Wirtschaftlichkeit der Ladeinfrastruktur
 (Quellen: 1: NOW (2020)⁹, 2: MessEV, 3: Prognos (2020), 4: BDEW (2020))

⁹ Bezüglich der Werte für 150- und 350-kW-Ladepunkte liegt der NOW aktuell nur eine geringe Anzahl an Kostenwerten vor, sodass sich die Durchschnittswerte bei wachsender Datengrundlage noch deutlich verändern können.



Abkürzungsverzeichnis

@home	Laden zu Hause
@public	Laden im öffentlichen Raum
@work	Laden am Arbeitsplatz
AC	Wechselstrom (englisch: alternating current)
ADAC	Allgemeine Deutsche Automobil-Club e. V.
AFID	Alternative Fuel Infrastructure Directive (2014/94/EU)
AG	Arbeitsgruppe
BDEW	Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e. V.
BEV	Batterieelektrisches Fahrzeug (englisch: battery electric vehicle)
BNetzA	Bundesnetzagentur
CAPEX	Investitionsausgaben (englisch: capital expenditure)
CDU	Christlich Demokratische Union Deutschlands
CO₂	Kohlenstoffdioxid
CSU	Christlich-Soziale Union in Bayern
DC	Gleichstrom (englisch: direct current)
DLR	Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e. V.
EU	Europäische Union
EV	electric vehicle
h	Stunde(n)
infas	Institut für angewandte Sozialwissenschaft GmbH
KBA	Kraftfahrt-Bundesamt
KIT	Karlsruher Institut für Technologie

km	Kilometer
kW	Kilowatt
kWh	Kilowattstunde
LIS	Ladeinfrastruktur
LP	Ladepunkt
MessEV	Verordnung über das Inverkehrbringen und die Bereitstellung von Messgeräten auf dem Markt sowie über ihre Verwendung und Eichung (Mess- und Eichverordnung – MessEV)
MsbG	Gesetz über den Messstellenbetrieb und die Datenkommunikation in intelligenten Energienetzen (Messstellenbetriebsgesetz – MsbG)
NOW	Nationale Organisation Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie (NOW GmbH)
NPE	Nationale Plattform Elektromobilität
NPM	Nationale Plattform Zukunft der Mobilität
öLaden	Öffentliches Laden
öLIS	Öffentliche Ladeinfrastruktur
öLP	Öffentliche Ladepunkte
OPEX	Betriebskosten (englisch: operational expenditure)
p. d.	Pro Tag (lat. per diem)
PHEV	Plug-in-Hybrid-elektrisches Fahrzeug (englisch: plugin hybrid electric vehicle)
Pkw	Personenkraftwagen
SPD	Sozialdemokratische Partei Deutschlands
VDA	Verband der Automobilindustrie e. V.
VDIK	Verband der Internationalen Kraftfahrzeughersteller e. V.

Literaturverzeichnis

ADAC (2020): „Aktuelle Elektroautos im Test: So hoch ist der Stromverbrauch“.

URL: <https://www.adac.de/rund-ums-fahrzeug/tests/elektromobilitaet/stromverbrauch-elektroautos-adac-test/>.

BDEW (2019): „Ladesäulen: Energiewirtschaft baut Ladeinfrastruktur auf“.

URL: <https://www.bdew.de/energie/elektromobilitaet-dossier/energiewirtschaft-baut-ladeinfrastruktur-auf/>.

BDEW (2020): „BDEW-Strompreisanalyse Januar 2020“.

URL: https://www.bdew.de/media/documents/20200107_BDEW-Strompreisanalyse_Januar_2020.pdf.

BNetzA (2020): „Ladesäulenkarte“

URL: https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Sachgebiete/ElektrizitaetundGas/Unternehmen_Institutionen/Handel-undVertrieb/Ladesaeulenkarte/Ladesaeulenkarte_node.html.

Bundesregierung (2019a): „Eckpunkte für das Klimaschutzprogramm 2030“.

URL: <https://www.bundesregierung.de/resource/blob/975232/1673502/768b67ba939c098c994b71c0b7d6e636/2019-09-20-klimaschutzprogramm-data.pdf?download=1>.

Bundesregierung (2019b): „Masterplan Ladeinfrastruktur der Bundesregierung.

Ziele und Maßnahmen für den Ladeinfrastrukturaufbau bis 2030“.

URL: <https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Artikel/G/masterplan-ladeinfrastruktur.html>.

infas, DLR, IVT (2019): „Mobilität in Deutschland (MiD). Ergebnisbericht“.

Kraftfahrt-Bundesamt (2020): „Jahresbilanz des Fahrzeugbestandes am 1. Januar 2020“.

URL: https://www.kba.de/DE/Statistik/Fahrzeuge/Bestand/b_jahresbilanz.html;jsessionid=6FAB784A-B48EB2640BD62F71629458FC.live11291?nn=644526.

NOW (2020): „CAPEX und OPEX nach Leistungsklassen“, siehe Anlage.

Prognos (2020): „Lade-Report. Entwicklung der öffentlich zugänglichen Ladeinfrastruktur für die Elektromobilität sowie Vergleich der Ladetarife in Deutschland“.

URL: https://www.prognos.com/fileadmin/pdf/publikationsdatenbank/20200207_Prognos_Lade-Report_2020.pdf.

VDA und VDIK (2020a): „Mengengerüst. Fahrzeuge, VDA-Ableitung aus dem NPM-Szenario E“; siehe Anlage.

VDA und VDIK (2020b): „Forecast Anteile AC und DC-Ladeleistungen der Fahrzeuge 2020, 2025 und 2030“, siehe Anlage.

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Ermittlung Ladeinfrastrukturbedarf und -wirtschaftlichkeit

Abbildung 2: Szenarien auf Basis des Masterplans und des Koalitionsvertrags

Abbildung 3: Ladeinfrastrukturbedarf Gesamtübersicht

Abbildung 4: Ladeinfrastrukturbedarf nach Szenario und AC-/DC-Ladepunkten

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Parameter für den Ladeinfrastrukturbedarf

Tabelle 2: Fahrzeughochlauf gemäß dem NPM-Szenario 10,5 Millionen EV (gerundet in Tausend)

Tabelle 3: Forecast Anteile AC und DC-Ladeleistungen der Fahrzeuge

Tabelle 4: Daten für die Analyse der Wirtschaftlichkeit der Ladeinfrastruktur

IMPRESSUM

Verfasser

Nationale Plattform Zukunft der Mobilität
Arbeitsgruppe 5 „Verknüpfung der Verkehrs- und Energienetze, Sektorkopplung“, Berlin, April 2020

Herausgeber

Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur

Redaktionelle Unterstützung

Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e. V.
acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften e. V.
IFOK GmbH

Satz und Gestaltung

IFOK GmbH

Lektorat

Nikola Klein e-squid text konzept lektorat

Die Nationale Plattform Zukunft der Mobilität (NPM) ist per Kabinettsbeschluss von der Bundesregierung eingesetzt und wird vom Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur federführend koordiniert.

Sie arbeitet unabhängig, überparteilich und neutral. Alle Berichte spiegeln ausschließlich die Meinungen der in der NPM beteiligten Expertinnen und Experten wider.

NPM

**Nationale Plattform
Zukunft der Mobilität**

