FORSCHUNGS CAMPUS
öffentlich-private Partnerschaft für Innovationen

Forschungscampus Mobility 2 Grid EUREF

TECHNOLOGIE-SALON:

Best-Case-Szenario Mobility2Grid 2025

Methode, Ablauf und Ergebnisse

Prof. Dr. Hans-Liudger Dienel,
Dr. Birgit Böhm,
Andreas Manthey,
Eliseo Hernandez

GEFÖRDERT VOM
Bundesministerium für Bildung und Forschung

TU berlin

nexus

Inhalt

1 Einführung 2

2 Salon-Methode 4

3 Ablauf und Ergebnisse des Technologie-Salons 8
3.1 Programm 8
3.2 Teilnehmerkreis 9
3.3 Auftakt und Thema 10
3.4 Kontrapunkt – Probleme benennen: „Was hindert uns, ...?“ 12
3.5 Interludium – Visionen entwickeln 18
3.6 Reprise – Realisierbare Lösungen entwickeln 19
3.7 Delphi-Befragung 22

4 Das im Salon optimierte Best-Case-Szenario Mobility2Grid 2025 28
4.1 Blick zurück auf die Entwicklung bis 2014 29
4.2 Blick zurück aus 2025 auf die Entwicklung seit 2015 32

5 Zentrale Handlungsempfehlungen 48

Für die Erarbeitung des Input-Textes verwendete Literatur 50

1 Einführung

Am 4. und 5. Juni 2014 traf sich auf Einladung des Projekts „EUREF-Forschungscampus: Nachhaltige Energie- und Mobilitätsentwicklung durch Kopplung intelligenter Netze und Elektromobilität – Mobility2Grid“ (kurz „EUREF-Forschungscampus Mobility2Grid“) ein Expertenkreis auf Schloss Genshagen bei Berlin, um in einem „Technologie-Salon“ über die Zukunft der Elektromobilität und des Mobility2Grid zu diskutieren. Das Projekt „EUREF-Forschungscampus Mobility2Grid“ wird vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) im Rahmen seiner Initiative „Forschungscampus: öffentlich-private Partnerschaft für Innovationen“ gefördert.

„Mobility2Grid“ vernetzt als dezentrales, intelligentes Stromnetz Energieerzeuger, Speichermedien und Energieverbraucher, um Schwankungen regenerativ erzeugten Stroms durch intelligente Steuerung zu überbrücken. EUREF-Forschungscampus Mobility2Grid untersucht auf dem EUREF-Gelände in Berlin-Schöneberg die Verknüpfung von energetischem Bauen, regenerativen Energien und neuen intelligenten Stromnetzen mit geeigneten Puffer- und Speicherelementen und Elektrofahrzeugen, um Erkenntnisse für die Umsetzung dezentral organisierter und regenerativer Energieversorgung und Mobilitätssicherung zu gewinnen.

Abb. 1: *Schloss Genshagen bei Berlin, Tagungsort für den Technologie-Salon Best-Case-Szenario Mobility2Grid 2025*

Ausgangspunkt des Technologie-Salons war ein qualitatives „Best-Case-Szenario Mobility2Grid 2025“ mit einem wünschenswerten Zukunftsentwurf für die Weiterentwicklung von Elektromobilität und Mobility2Grid, das kontrovers im Hinblick auf noch zu überwindende Hindernisse in den Bereichen Technik, Ökonomie, Ökologie und Akzeptanz diskutiert wurde. Ziel des Technologie-Salons war es, notwendige Entwicklungsaufgaben aufzuzeigen, um die Chancen einer Realisierbarkeit der im Best-Case-Szenario entworfenen Zukunft zu erhöhen. Ein besonderer Fokus lag dabei auf der möglichen Speicherfunktion von Elektrofahrzeugen im Stromnetz, also einer zusätzlichen Funktion der Elektromobilität neben der Transportfunktion und damit eines zusätzlichen Finanzierungs- und Durchsetzungsarguments für die Elektromobilität.

Die Zukunft der Elektromobilität ist noch nicht gesichert. Auch die Energiewende ist ins Stocken geraten. Um sie voranzubringen, sind konsensfähige Zukunftsszenarien als Grundlage für die Formulierung kurz- und mittelfristiger Ziele und vorrangig notwendiger Schritte von großer Bedeutung. Die Ergebnisse des Technologie-Salons sind ein Beitrag des EUREF-Forschungscampus Mobility2Grid in diese Richtung. Allen Beteiligten gebührt dafür großer Dank.

Der Technologie-Salon wurde als Teil der Aktivitäten des EUREF-Forschungscampus Mobility2Grid durch ein Team des Fachgebiets Arbeitslehre/Technik am Institut für Berufliche Bildung und Arbeitslehre (IBBA) unter Leitung von Prof. Dr. Hans-Liudger Dienel durchgeführt und vom nexus Institut für Kooperationsmanagement und interdisziplinäre Forschung moderiert.

Nachfolgend stellt Kapitel 2 zunächst die Salon-Methode vor,
Kapitel 3 dokumentiert Ablauf und Ergebnisse des Technologie-Salons,
Kapitel 4 umfasst das mit den Ergebnissen kombinierte, qualitative Best-Case-Szenario Mobility2Grid und Kapitel 5 stellt daraus abgeleitete Handlungsempfehlungen zusammen.

2 Salon-Methode

Die „Salon-Methode“ wurde vom nexus Institut für Kooperationsmanagement und interdisziplinäre Forschung 2005 als Instrument zur Entwicklung von Visionen für die „Zukunftskonferenz Vision Sachsen-Anhalt 20-xx“ (vgl. Dienel 2005) entworfen und seitdem mehrfach eingesetzt. Die Bezeichnung der Methode greift den vom 18. bis in das 20. Jahrhundert etablierten „Salon“ als privat zelebrierten, aber gesellschaftlich bedeutsamen Raum für Diskussionen und Veranstaltungen auf. Neben Salons, die sich vorrangig der Literatur, Musik oder Politik widmeten, gab es auch Salons, die wissenschaftliche Themen in den Mittelpunkt stellten und zu deren Gästen viele Gelehrte gehörten, wie z.B. den Salon der Anna von Helmholtz, Ehefrau des Physikers Hermann von Helmholtz, im 19. Jahrhundert in Berlin. Wie in den damaligen Salons geht es auch bei der „Salon-Methode“ darum, Menschen mit unterschiedlichen Erfahrungen, Expertisen und Anschauungen an einem besonderen Tagungsort in einer entspannten Atmosphäre zusammenzubringen und ihnen einen kreativen Austausch und substanziellen Beitrag zur Weiterentwicklung eines gesellschaftlich relevanten Themas zu ermöglichen. Im Gegensatz zu der Arbeitsatmosphäre eines „Workshops“ nutzt der „Salon“ eine attraktive, anregende Freizeitatmosphäre für das Erreichen eines anspruchsvollen Ziels: das Ausloten von Schnittmengen unter den Gästen für gemeinsame Visionen.

Für die Anwendung der Methode zur Diskussion von technologischen Themen mit gesellschaftlichem Bezug hat sich die Bezeichnung „Technologie-Salon“ etabliert (vgl. Technologiesalon zur Zukunft der RFID-Technologie, Vertretung des Landes Nordrhein-Westfalen beim Bund 2009).

Ziel der Salon-Methode ist es, von Beginn an möglichst optimale Bedingungen für den ausführlichen Austausch zu bieten. Daher spielt die Auswahl des Ambientes eine wichtige Rolle, denn der Tagungsort soll einen angenehmen und kreativen Rahmen bieten (s. Abb. 1). Im Verlauf der Veranstaltung kommen verschiedene Kreativmethoden zum Einsatz. Auch die informellen Abschnitte dienen dem anregenden Miteinander, so werden z.B. beim stilvollen Abendessen Tischreden auf die Zukunft gehalten oder bei Salon-Musik wird der Diskurs weitergeführt.

Abb. 2: *Am Empfang zum Technologie-Salon*

Zentral für die Salon-Methode ist, dass Experten/innen

- in einem zeitlich befristeten Think-tank,
- auf einer Klausurtagung,
- ausgehend von einem vorab versandten Inputpapier,
- in einem moderierten Verfahren,
- unter Nutzung von Kreativmethoden,
- wechselnd zwischen Plenumsdiskussion, Dialog-Spaziergang und Kleingruppen-Gespräch
- sowie optional vorher und nachher durch ein Delphi befragt

gemeinsam ein Zukunftsproblem bearbeiten und Lösungen entwickeln.

Nach einem Rekurs auf das Input-Papier widmet sich der erste Tag der Erörterung der verschiedenen Probleme, die sich auf dem Weg zur Verwirklichung des darin enthaltenen Zukunftsentwurfs stellen. Wichtiges Element des ersten Tages ist der philosophische Dialog-Spaziergang. Angelehnt an die peripatetische Philosophenschule des Aristoteles (Peripatos, altgriechisch für „Wandelhalle“ als Ort, an dem der Unterricht stattfand) bilden sich Paare, die ihre Sicht auf die mit dem Zukunftsentwurf verbundenen Probleme und Hindernisse diskutieren und gewichten. Der zweite Tag ist der Diskussion und Ableitung von Empfehlungen gewidmet, die in den Zukunftsentwurf aufgenommen werden.

Von ihrem Ablauf her umfasst die Salon-Methode grundsätzlich fünf Bausteine, die an den spezifischen Bedarf, die organisatorischen Rahmenbedingungen und die inhaltliche Themenstellung angepasst und entsprechend ausgestaltet werden.

Baustein I: Auftakt und Thema

- Der Salon wird von den Veranstaltenden eröffnet, die Teilnehmenden werden begrüßt.
- Das Salon-Team stellt sich sowie Ziel, Ablauf und Vorgehensweise der Veranstaltung vor.
- Die Teilnehmenden, Hauptakteure des Salons, stellen sich vor.
- Als thematischer Einstieg werden, zusammenfassend und anschaulich, die Inhalte des Inputpapiers, das in der Regel ein Zukunftsszenario umfasst und den Teilnehmenden bereits vor dem Salon zugesandt wurde, vorgestellt.

Baustein II: Kontrapunkt – die gegenwärtige Situation und ihre Probleme

- Im Dialog-Spaziergang erhalten die Paare die Aufgabe, die sich zur Thematik stellenden Probleme zu identifizieren, ihre Sichtweisen abzugleichen, die Probleme zu gewichten und die wichtigsten Ursachen zu nennen.
- An Protokoll-Stationen geben die Dialog-Paare ihre Ergebnisse auf vorbereiteten Bögen zu Protokoll, diese werden als Poster aufbereitet.
- Die Poster werden an Stellwänden befestigt, so dass eine Poster-Galerie entsteht.
- Nach Eröffnung der Poster-Galerie stellen die Dialog-Paare ihre Diskussionsergebnisse vor und alle Teilnehmenden können die Poster-Galerie besichtigen.

Baustein III: Interludium – Visionen

- Die Teilnehmenden entwickeln spielerisch und phantasievoll Visionen.

Baustein IV: Reprise – Realisierbare Lösungen entwickeln

- Die Teilnehmenden leiten in Kleingruppen konkrete Handlungsvorschläge ab.

Baustein V: Finale Grandioso – Ergebnispräsentation

- Die Kleingruppenergebnisse werden im Plenum vorgestellt, diskutiert und bewertet.
- Ziel ist, dass die Experten/innen möglichst viele gemeinsame Positionen finden.

Nach dem Salon: Verabschiedung eines Zukunftspapiers

- Die Ergebnisse der verschiedenen Salon-Phasen werden schriftlich in einem sog. Output-, Zukunfts- oder Konsens-Papier aufbereitet.
- Das Zukunftspapier wird den Teilnehmenden zur Stellungnahme zugeleitet, ihre Rückmeldungen werden aufgenommen.

Optional: Delphi-Befragung

- Die Grundidee der Delphi-Befragung besteht darin, systematisch in zwei oder mehreren Wellen Expertenmeinungen anonym einzuholen und Veränderungen abzubilden.
- Bei der Salon-Methode erfolgt die Durchführung eines Mini-Delphis mit einer ersten Befragung vor dem Salon, bevor die Experten/innen Gelegenheit hatten, sich auszutauschen, und einer zweiten Befragung am Ende des Salons, so dass die Experten/innen hier ihre Antworten unter dem Einfluss der Einschätzungen der anderen Teilnehmenden und der Diskussion noch einmal überdenken können.

3 Ablauf und Ergebnisse des Technologie-Salons

Der Technologie-Salon Best-Case-Szenario Mobility2Grid 2025 wurde, entsprechend der Bausteine der Salon-Methode (s. Kap. 2), am Tagungsort Schloss Genshagen bei Berlin (s. Kap. 2, Abb. 1) vom 04. bis 05.06.2014 durchgeführt. Vor der Veranstaltung wurde den geladenen Experten/innen ein qualitativ-narratives Szenario als 20-seitiges-Input-Papier mit dem Titel „Best-Case-Szenario Mobility2Grid 2025 – Der EUREF-Campus als Ausgangspunkt für den Aufbau einer 100% erneuerbaren Stromversorgung und ökonomisch sinnvollen Pufferung des Stromnetzes durch stationäre Speicher und Antriebsbatterien von Elektrofahrzeugen“ zugesandt.

3.1 Programm

Das Programm umfasste die folgenden Veranstaltungsabschnitte:

Mittwoch, 04. Juni 2014

11:00	Ankommen, Delphi 1
12:00	*Mittagessen mit Begrüßung*
13:00	**Baustein I: Auftakt und Thema** + Einführung in Ziel und Ablauf des Salons + Vorstellung des Best-Case-Szenarios Mobility2Grid 2025 + Vorstellungsrunde mit Kommentaren
15:00	*Kaffeepause*
15:30	**Baustein II: Kontrapunkt** + Dialog-Spaziergang im Park + Probleme sammeln + Ergebnispräsentation im Plenum
18:00	*Abendessen*
19:00	**Baustein III: Interludium** + Gemeinsam Visionen für Lösungen entwickeln

Donnerstag, 05. Juni 2014

08:30	*Frühstück*
09:30	**Baustein IV: Reprise** + Kleingruppen + Visionen im Licht des neuen Tages bewerten + Realisierbare Lösungen, Projektideen und Geschäftsmodelle entwerfen
12:00	**Baustein V: Finale Grandioso** + Abschluss und Evaluierung
13:00	Delphi 2
13:30	*Mittagessen und Verabschiedung*

3.2 Teilnehmerkreis

Am Technologiesalon Best-Case-Szenario Mobility2Grid 2025 nahmen folgende Experten/innen aus den Bereichen Erneuerbare Energien, Stromnetze / Stadtwerke, Elektrofahrzeuge, Batteriespeicher, vehicle-to-grid, Politik, Beteiligung und Infrastruktur teil (alphabetisch, s.a. Abb. 3):

- Henning Braun, Bilanzkreismanager für Strom und Gas eines ostwestfälischen Elektrizitätsversorgungsunternehmens (EVU), Bundesverband Solare Mobilität e.V., AG Park&Charge Deutschland
- Hans-Peter Constien, Geschäftsführer Constin GmbH
- Dr. Winfried Damm, Generalbevollmächtigter Stadtwerke Leipzig
- Prof. Hans-Liudger Dienel, Technische Universität Berlin, Leiter Fachgebiet Arbeitslehre/Technik
- Gordian Heindrichs, ehemaliger Leiter des Hauptstadtbüros von Peugeot/Citroen
- Dr. Stefan Höring, Projektträger Jülich PTJ, Büro Berlin
- Stephan Kastner, Projekt PiVo, Pufferung von Stromnetzen durch bidirektionales Laden von Elektrofahrzeugen
- Achmed Khammas, Autor „Buch der Synergie“ zu Energietechnologien
- Frank Laaber, Geschäftsführer German E-Cars GmbH
- Eberhardt Oettel, Fördergesellschaft Erneuerbare Energien FEE
- Fabian Reetz, InnoZ GmbH, Smart Grids
- Dr. Dag Schulze, Klimabündnis
- Sven Ullrich, Schneider Electric GmbH
- Prof. Christian Voy, ehemaliger Leiter des Elektromobilprojektes auf der Insel Rügen

Abb. 3: *Teilnehmerkreis und Team des Technologiesalons Best-Case-Szenario Mobility2Grid 2025*

Als Team aus dem Projekt EUREF-Forschungscampus Mobility2Grid und dem moderierenden nexus Institut nahmen folgende Personen am Salon teil (alphabetisch, s.a. Abb. 3):

- Dr. Birgit Böhm
- Nico Grasselt
- Eliseo Hernandez
- Gritt Hoffmann
- Tobias Kuttler
- Andreas Manthey
- Theo Sakatis
- Julia Zielke

3.3 Auftakt und Thema

Auf Schloss Genshagen wurden die geladenen Experten/innen in der Vorhalle empfangen, erhielten die Tagungsunterlagen und wurden gebeten, den ersten Delphi-Fragebogen (s. Kap. 3.7) auszufüllen.

Nach der Begrüßung wurden im ersten Abschnitt des Technologie-Salons die wesentlichen Inhalte des „Best-Case-Szenario Mobility2Grid 2025 – Der EUREF-Campus als Ausgangspunkt für den Aufbau einer 100% erneuerbaren Stromversorgung und ökonomisch sinnvollen Pufferung des Stromnetzes durch stationäre Speicher und Antriebsbatterien von Elektrofahrzeugen“ vorgestellt. Diese Vorstellung sollte den Teilnehmenden, die das Szenario als Input-Papier vor dem Technologie-Salon erhalten hatten, den Rekurs auf den Text erleichtern.

Im Anschluss an den Rekurs auf das Szenario wurden alle anwesenden Experten/innen zu einer Vorstellungsrunde eingeladen, in der sie nicht nur kurz die eigene Person und ihren professionellen Hintergrund, sondern auch ihren Zugang zum Thema Elektromobilität schildern sollten. Die in der Vorstellungsrunde geäußerten Zugänge zum Bereich Elektromobilität spiegeln die unterschiedlichen Hintergründe, hier einige Stichworte aus dem Teilnehmerkreis:

- Fahrerlebnis Elektromobilität
- Entwicklung vom Lastenroller zum KickTrike
- Idee einer Standardbatterie, Greenpack, die einfach transportierbar und manuell tauschbar ist
- vom Micro Smart Grid zum Mobility2Grid auf dem EUREF-Campus
- Erlebnis VW XL1 Probenutzung und Reaktionen der Passanten
- Zugang zu Erneuerbaren Energien über Windenergie bei Schneider Electric, Teilnahme BeMobility 1.0 und 2.0
- Erlebnis Skepsis vor Nutzung des elektromobilen Fahrzeugs, danach ein Lächeln auf dem Gesicht

Abb. 4: *Vorstellung der Eckpunkte des qualitativen Szenarios*

- Erlebnis Weigerung der deutschen Politik, Elektromobilitätsinnovationen aus dem Ausland zu fördern
- Erlebnis Besuch in Vietnam 1976, dort kein selbsterzeugter Strom, Importe aus dem Ausland notwendig, 2003 haben Minderheiten zum ersten Mal Strom
- Kontakt zu Elektromobilität bei Peugeot
- 1970er Jahre mit ersten Solarkollektoren
- 1979 Thermische Solartechnik in Syrien installiert, Einfluss der Gesellschaft entscheidend, Distribution über Upper Class
- Reichweitenangst in den meisten Fällen unbegründet
- Elektrifizierung eines 18-Tonnen LKW ruft große Begeisterung hervor
- Ehrenamtliches Engagement bei Greenpeace, Fragen des Wachstumszwangs und alternative Ökonomie
- Klimabündnis und Hobbys führten zur Elektromobilität
- Erlebnis Kommunikation und Nutzer/innen, Bildungsarbeit ist notwendig
- Während des Studiums Berührung mit Solarmobilen
- 1968 konnte man schon Hybridfahrzeuge an der TU Berlin fahren, aber die Kommunikation war mangelhaft bzw. schwierig
- Erlebnis: Konferenz „Greening of society“, Konflikte über Zugang zu Energiequellen müssen verhindert werden

3.4 Kontrapunkt – Probleme benennen: „Was hindert uns, …?"

Für den Dialog-Spaziergang wurden Paare gebildet (s. Abb. 5 bis 10). Die Paare sammelten und diskutierten Probleme und Hindernisse, die sich dem im qualitativen Best-Case-Szenario Mobility2Grid 2025 dargestellten, bestmöglichen Verlauf entgegenstellen könnten und für deren Überwindung Lösungen entwickelt werden müssten. Die Probleme wurden entlang der im Szenario enthaltenen, inhaltlichen Bereiche Technik, Ökonomie, Ökologie und Akzeptanz diskutiert (s.u.). Im Park waren durch das Veranstaltungsteam Protokollstationen für jeden dieser inhaltlichen Bereiche aufgebaut (s. Abb. 13). Dort gaben die Paare ihre Ergebnisse zu Protokoll. Im Anschluss an den Dialog-Spaziergang wurden die Ergebnisse in einer Poster-Galerie präsentiert, besichtigt und diskutiert (s. Abb. 15).

Die Spaziergänge erbrachten eine sehr differenzierte und detaillierte Liste von Hürden auf dem Weg zu einer breiten Einführung des bidirektionalen Ladens und damit einer Mobility2Grid-Vision. In den nachfolgenden Unterkapiteln werden die an den Protokollstationen genannten Hindernisse in den Bereichen Technik, Ökonomie, Ökologie und Akzeptanz auf dem Weg zu einem Best-Case-Szenario Mobility2Grid 2025 mit einer Priorisierung aufgelistet.

3.4.1 Hindernisse im Bereich Technik

Zusammenführung aus Ergebnissen aller Paare des Dialog-Spaziergangs, Reihenfolge nach Gewichtung

Hindernisse	*Gewichtung*	*Mögliche Ursachen*
Bisher zur vereinzelte Nutzung („Flohnutzer"), zentralisierte Systeme verändern sich rapide (Anpassungen eher durch öffentliche Einrichtungen/Großverbraucher möglich)	+++	Fehlende Prioritätensetzung im Hinblick auf Großverbraucher
(Fehlende Nutzermotivation) Schwarmbilden lässt sich nicht umsetzen	+++	Motivation der Nutzer
Fahrzeughersteller bieten keine bi-direktionale Ladetechnik an	+++	Hohe Kosten (Überschneidung mit Ökonomie Pfadanhänglichkeit); es kostet Geld und wiegt; Technik verfügbar, Autoindustrie nicht bereit, diese aufzunehmen
Spitzentechnologien nicht an andere Länder angepasst	+++	Gemeinsame Anpassungsforschung fehlt
Batterietauschstationen noch nicht Priorität	+++	Sinnvolle Art von Normung anderer Ladetechnologien nötig
Fehlende Standardisierung/Normung	+++	Keine Richtlinien (VDE), Machtfaktor

IT-Kommunikation	++	Dichte Menge, Handel in 3-Stunden-Takt
Saisonale Speicherung nicht abgedeckt	++	Fluktuation der Erneuerbaren Energien
Technischer Aufwand für Ausrüstung bi-direktionaler Fahrzeuge zu groß	++	Einbau nötig im Fahrzeug
Große Fahrzeuge (müssen viel fahren wegen effizienter Ausnutzung)	+	Effizienz wichtig (stehendes Fahrzeug verursacht Kosten)
Aktuelle Ladezeiten zu lang	+	v.a. bei großen Fahrzeugen
Keine bi-direktionalen Ladegeräte in E-Fahrzeugen (keine Vorsorge fürs Netz getroffen, Netzschutz nicht gegeben)	+	Es kostet Geld und es wiegt; Technik ist verfügbar, Autoindustrie nicht bereit diese aufzunehmen
Technologisches Data Mining	+	
Vorhandenes (z.B. ÖPNV) bereits elektrifiziert, wird nicht genutzt mit seinen Möglichkeiten	+	Rechtliche und politische Beschränkungen
Heizungsproblematik	+	Winter-Batterieleistung; Kraft-Wärme-Kopplung an Bord nicht gegeben
(mangelnde/regional unterschiedliche) Verfügbarkeit seltener Erden		
Aufwand zum bi-direktionalen Umbau zu groß		
Kolbenmotor sehr komplex		Auto- vs. Batteriehersteller: Rationalität bzgl. des Traditionsgeschäfts
Batteriestationen nicht einheitlich		
Unterschiedliche Batterietechnik		
Ladetechnik (nicht) einheitlich		
Noch unklar: Wo ist die Intelligenz im M2G (Ladesäule, Kabel, Auto)?		
Schutztechnik zu teuer		
Kommunikation der Fahrzeughersteller mangelhaft		

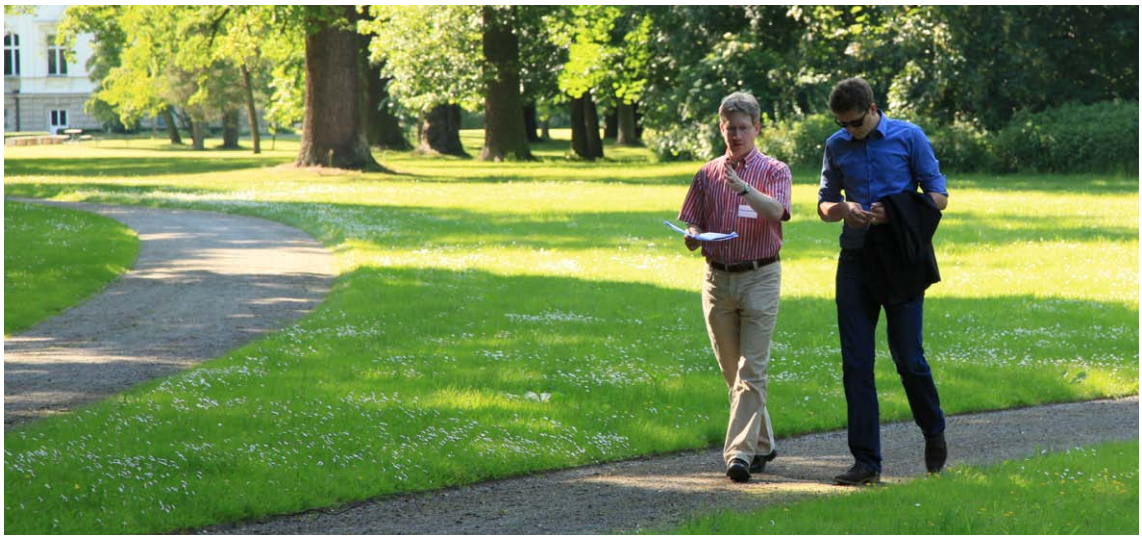

Abb. 5-10: *Paar beim Dialog-Spaziergang*

Dag Schulze

3.4.2 Hindernisse im Bereich Ökonomie

Zusammenführung aus Ergebnissen aller Paare des Dialog-Spaziergangs, Reihenfolge nach Gewichtung

Hindernisse	*Gewichtung*	*Mögliche Ursachen*
Für E-Mobilität als Teil der Gesamtenergiewende braucht man große Kapitalmengen	+++	Es fehlt Kapital
Noch zu geringe Marktfähigkeit und Akzeptanz, rechnet sich noch nicht für die Hersteller; Marktregelungen und Marktmechanismen heutiger Energiewirtschaft bieten noch kein lukratives Geschäftsmodell	+++	Preis zu hoch (fällt zu langsam), Verlust für Anbieter; wer es implementiert und investiert, hat nicht den positiven Effekt, sondern andere
Risiko durch neue Technologie	+++	Man hat noch keine Sicherheit, ein Störfall / GAU kann den Markt kaputt machen
Elektronik zu teuer	+++	Monopolstellung der Hersteller
Systemintegration zu teuer, Stückzahlen zu klein	+++	Stückzahlen zu klein (wegen mangelnder Standardisierung)
Akkus zu teuer, gebunden am Autopreis	+++	Rohstoffe, seltene Erden z.B. Neodym, zu teuer („sitzen Chinesen darauf“)
E-Mobilität macht nur Sinn, wenn sie aus 100% Erneuerbaren Energien kommt	++	Trennung von Energieproduktion und Verbrauch
Kulturökonomie: Glauben an „traditionelle“ Modelle, Motor=Geld?	++	Batterie und Elektromotor sind keine Kernkompetenzen der traditionellen Autobauer
M2G rentiert sich nur lokal, aber nicht auf Bundesebene	++	fehlende Regelungstechnik
Unmöglichkeit, Leistung zu quantifizieren	++	Deutsches Netz ist zu groß, setzt zu viel Energie um
M2G erbringen keine „Dienstleistung“, Anreiz fehlt	++	Noch keine Angebote; Preismodelle zu starr
Chemische Speicher, Technik und Ausrüstung zu teuer	++	Preisspanne vom Ankauf zum Verkauf; mangelnde Standardisierung
Kein Vorteil gegenüber Benzin/Diesel, Umsatzkosten decken nicht Betriebskosten	++	Grenzkosten durch Benzin als preisliche Blockade
E-Mobilität wird zu eng gedacht, Wärmeproduktion mit denken, wenn es um Strom geht	+	E-Mobilität wird noch nicht als Teil des Gesamtenergiesystems (z.B. Wärme) gesehen
Noch kein lukratives Geschäftsmodell	+	Kein finanzieller Anreiz wegen fehlenden Geschäftsmodells
Bidirektionale Fahrzeug-Aus-/und Aufrüstung zu teuer	+	Zusätzliche Technik kostet eben, kommt auf Autobauer an
Ladesäulen zu teuer	+	Ladesäulen technisch zu kompliziert
Neue Arbeitsplätze ersetzen alte Arbeitsplätze		

3.4.3 Hindernisse im Bereich Ökologie

Zusammenführung aus Ergebnissen aller Paare des Dialog-Spaziergangs, Reihenfolge nach Gewichtung

Hindernisse	*Gewichtung*	*Mögliche Ursachen*
Fehlende Recyclingverfahren v. Akkus (z.B. f. Lithium-Ionen)	+++	Andere Verfahren (Batterien) können nicht so leicht aufgeladen werden; Größenordnung von Recycling bisher nicht vorhanden
Herstellung Batterien nicht komplett ökologisch	+++	
Ressourcenabhängigkeit von China etc.	+++	
Schnelle Innovationszyklen, geringe Langlebigkeit, d.h. steigender Ressourcenverbrauch	+++	Zunehmende Verknüpfung IKT–Automobilbranche -> neuer Benchmark
Langsamer Ausbau Erneuerbarer Energien hemmt Ausbau E-Mobilität/M2G	+++	Politische Rahmenbedingungen; Akteure benötigt (z.B. Google) in der Mobilität
Batterieproduktion ist energieintensiv	++	
Akteure nicht pragmatisch genug (Greenpeace etc.), das bedeutet politischen Stillstand	++	Zu hohe Forderungen der Ökologie / aus Politik
Elektromobilität muss mit Erneuerbaren Energien verknüpft sein	++	Politische Rahmenbedingungen und Interessen arbeiten z.T. entgegen
Rohstoffe = Lithium + seltene Erden sind ökologisch grenzwertig	+	
E-Auto = Individualverkehr ≠100% ökologisch	+	
Versiegelung von Flächen durch parkende und ladende Fahrzeuge	+	
Netzausbau bedeutet Eingriff in Ökosysteme	+	Frage des Netzausbaus stellt sich, wenn dezentrale Produktion und Versorgung nicht erfolgreich
E-Fahrzeuge dürfen nicht billiger sein als stationäre Speicher (sonst erhöhter Flächenverbrauch)	+	Autos werden auch in Zukunft auf der Straße sein; falsche Geschäftsmodelle, falsche Subventionierung
Abbau von Rohstoffen ökologisch problematisch		
Städtischer Flächenverbrauch wird nicht verringert		
Einseitige Fokussierung auf Personenverkehr (C02-Einsparungen im Güterverkehr höher)		

3.4.4 Hindernisse im Bereich Akzeptanz

Zusammenführung aus Ergebnissen aller Paare des Dialog-Spaziergangs, Reihenfolge nach Gewichtung

Hindernisse	*Gewichtung*	*Mögliche Ursachen*
Angebote nicht differenziert genug	+++	Noch kein Hype, nicht sexy
Öffentliche Ladeinfrastruktur vs. Parkraum/Parkraumbewirtschaftung	+++	Wird nicht akzeptiert im Kampf um den Parkraum
Mangelnde Einfachheit / Bedienbarkeit der Systeme	+++	Sehr komplexe Vorgänge
VDE Normen, EN Normgremium	++	Lobbyismus / Blockade für die Akzeptanz
Energiewende nicht zu Hause / vor der eigenen Tür	++	Ladesäule + Energie sind nicht vor Ort
Steuerrechtlich im Flottenbetrieb für Arbeitgeber noch nicht geklärt	++	Fehlende Regelungen für geldwerten Vorteil
Kabelgebundenheit schwierig	++	Je mehr Kabel, desto schwieriger
Preise	++	Konditionen sind noch nicht vergleichbar
Privatnutzer vs. fremdes Netz	++	Privatbatterie einem fremden Netz zur Verfügung stellen
Reichweitenangst / Unsicherheit	++	Begrenzte / endliche Kapazität der Autobatterien
Nicht genügend Vorteile für Normalbürger	++	
Zeiteinteilung und Lebensgewohnheiten / Tagesablauf	++	Aufwand des Ladens
Leute wollen „Rennreiselimousine“	++	Fehlende Einstellung/Bereitschaft im „Autoland Deutschland“
Komplexität hoch	+	Komplexität wird dem Nutzer nicht abgenommen
Kennzeichnung (fehlende)	+	
Nutzergruppen / Kundengruppen		
Incentivierung nötig		
Verfügbarkeit (e-FZ)		
Netzbetreiber muss es auch wollen		
Fahrzeug = Erzeuger oder Speicher?		
Verbindlichkeit / Verpflichtung		
Medien		

Abb. 10: *Paar beim Dialog-Spaziergang*

3.5 Interludium – Visionen entwickeln

In diesem Zwischenspiel wurden – auf spielerische Weise – am Abend Visionen entwickelt und auf grossformatigem Papier festgehalten.

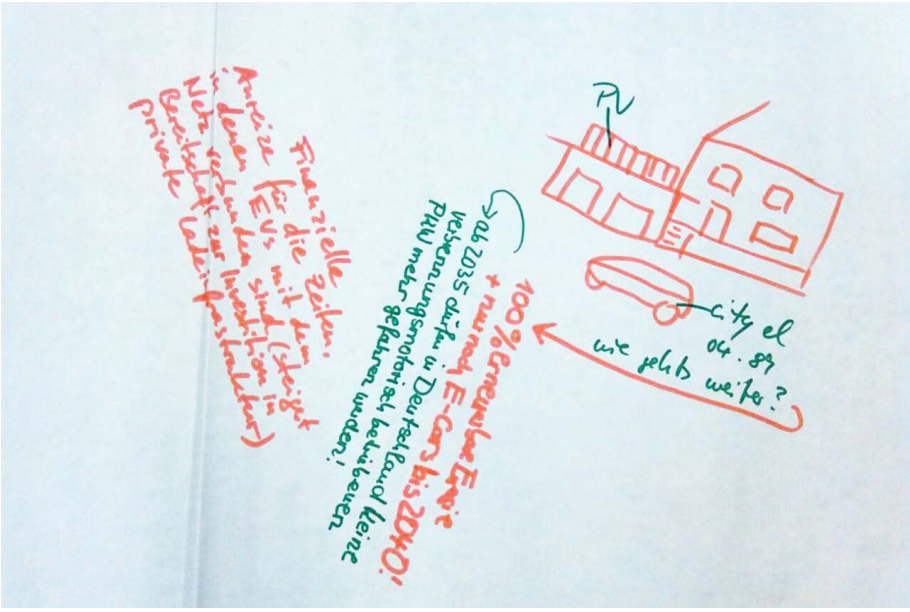

Abb. 11: *Skizze auf Tischdecke aus Visionsphase*

3.6 Reprise – Realisierbare Lösungen entwickeln

Am nächsten Morgen unternahmen die Gäste des Salons vor dem Hintergrund der im Gespräch identifizierten Hindernisse auf dem Weg zum bidirektionalen Laden und Speichern und im Angesicht der am Vorabend kreierten Visionen einen neuen Anlauf, eine Reprise, um das angestrebte Best-Case-Szenario Mobility2Grid 2025 zu erreichen. Dabei blieb man bei den Bereichen Technik, Ökonomie, Ökologie und Akzeptanz und entwickelte die nachfolgend aufgeführten Lösungen.

3.6.1 Lösungen für Hindernisse im Bereich Technik

Hindernis	Lösungen
Batteriestation- und Technik nicht einheitlich	+ Auf bewährte Standards (Schuko / CEE) verweisen, keine Ladesäulen, Technik vereinfachen und verknüpfen + Schuko nicht für bi-direktionales Laden?
Bi-direktionale Fahrzeuge noch nicht aufgerüstet	+ In Forschung investieren, da unklar, ob Ladezyklen gut oder schlecht für Batterie sind + Technologie in Säule nicht im Auto, CAN-Bus, Anpassung an Spannung des Autos + Flächendeckende Akku-Automaten-Infrastruktur bauen + Ausbau der Dienstleistungen (z.B. Batteriewechsel) weniger Arbeit für Nutzer/innen
Zu lange Ladezeiten	+ Wenn Energiebedarf mehr als 1 Ladezyklus / Tag (z.B. Flotten), Wechseltechnologie (für FZ kleiner als PKW)
Fehlende Normung	+ Zusammentun, Sprechen, VDMA, eigene Ressourcen nutzen und Standard setzen + Marktreife / -welt hinterfragen + Normierung Rückspeisung Arbeitsgruppe und Kommunikation

3.6.2 Lösungen für Hindernisse im Bereich Ökonomie

Hindernis	Lösungen
Noch zu geringe Chancen am Markt	+ Solidarische Ökonomie: Energiegenossenschaften + Teilökonomie + Rechtliche und finanzielle Sicherheit für Bürgerenergieanlagen schaffen + Eigenproduzierter Strom muss überall zugänglich sein (z.B. am Arbeitsplatz); Modelle: über den Lohn ausgleichen, neue Modelle mit dem Netzbetreiber + Stadtwerke mit ÖV: Deren Fahrzeuge einbinden (Speicher von Bussen, Solartürme) + E-Mobilität etc., materielle Werte müssen in dezentrale Hand, können nicht entwertet werden + Es braucht Massenprodukte und viele Nutzfahrzeuge! + Energiegenossenschaften zusammenbringen mit Elektromobilität, verschiedene Modelle für Stadt und Land
Noch nicht genügend Wertschöpfung	+ Bürgerfinanzierung + Praktizierte Energiegenossenschaft + Regionale Wertschöpfung + Sicherung der Wertanlagen + Stadtwerke einbinden
Noch zu wenig Nutzeneffekte	+ Skaleneffekte von EV-Massenproduktion + Ökonomische Analysen und vergleichende Länderanalysen + Privatkapital für Bürgermodelle + Übertragbarkeit auf verschiedene Stadttypen und andere Räume beachten

3.6.3 Lösungen für Hindernisse im Bereich Ökologie

Die durchaus vorhandenen ökologischen Probleme von Mobility2Grid wurden in informellen Vorgesprächen als weniger hinderlich und wichtig eingeschätzt. Daher fand sich am Morgen keine Gruppe zusammen, die ökologische Lösungen entwickeln wollte. Die Gäste des Salons bevorzugten die Teilnahme an den drei anderen Themen, die sie für die Durchsetzung von Mobilty2Grid als wichtiger erachteten.

3.6.4 Lösungen für Hindernisse im Bereich Akzeptanz

Probleme	Lösungen
1) Steuerrecht a) Laden beim Arbeitgeber b) Dienstwagenregelung für Tanken zuhause	+ Was es schon gibt: Der hohe Preis von elektromobilen Fahrzeugen als Dienstwagen ist schon steuerlich ausgeglichen: Akkukosten werden noch ausgerechnet. + Zu a) Steuerlich freistellen = Arbeitgeber darf Strom verschenken (wie z.B. Logik bei Kitaplätzen) + Zu b) Arbeitgeber darf Arbeitnehmer steuerfrei vergüten für Laden zuhause
2) Fehlende Kennzeichnung	+ Zu erwarten: Durch das neue Elektromobilitätsgesetz dürfen Kommunen Hinweisschilder aufstellen und Parkplätze ausweisen
3) Kabelgebundenheit	+ Haftungsumkehr per Gesetz: z.B. jemand, der über Ladekabel stolpert, das z.B. Signalfarbe haben muss, ist selbst schuld + Kabel selbstleuchtend (LED) durch Strom, der hindurchfließt, um Stolpergefahr zu reduzieren + Insgesamt: Individualverkehr verringern, nicht durch Elektromobilität ersetzen.
4) Reichweitenangst / Unsicherheit	+ Unterschiedliche Anzeigen-/ Signal Varianten, um Sicherheit zu geben, dass noch genug Strom da ist + Akku verbessern + Das, was es hierzu an Lösungen schon gibt, breiter und besser kommunizieren: Vertriebsmarge steigern, Autohäuser, Stromanbieter, muss „sexy“ werden + „Trainingseffekt“ durch Erfahrungen / Ausprobieren, dafür mehr Angebote schaffen + Mobilitätsgarantien / Abschleppgarantien vom Autohaus, wenn E-Car liegenbleibt (gibt es schon z.T.) + Laden bei der Arbeit: dadurch Sicherheitsgefühl, dass noch genug Strom für Rückfahrt da ist + Elektromobiles Fahrzeug und Angebot, z.B. für Urlaub und Fernstrecken Verbrennerfahrzeug (z.B. schon bei VW) + Range-Extender
5) Nicht genügend Vorteile für Normalbürger	+ Ordnungsrechtliche Einschränkungen für Verbrennungsfahrzeuge in der Innenstadt + Vorbildfunktion der öffentlichen Hand (Kommune/ Land/Bund) + Sexy und attraktiv machen, z.B. „Formel E“ + Erweiterte Fußgängerzonen (neu) befahrbar für Elektrofahrzeuge + Kaiser Wilhelm hatte in seinem Fuhrpark 2 Elektroautos. Und wie viele hat Frau Merkel?

3.7 Delphi-Befragung

Der Fragebogen für das Mini-Delphi wurde vor Beginn und am Ende des Technologie-Salons verteilt. 12 der 14 teilnehmenden Experten/innen füllten beide Fragebögen aus. Die Befragung wurde anonym durchgeführt.

Der Fragebogen enthielt eine Erläuterung und die folgenden 23 Aussagen zur Thematik Best-Case-Szenario Mobility2Grid 2025:

1. Der Anteil Erneuerbarer Energien in Deutschland hat 50% erreicht.
2. Der Anteil Erneuerbarer Energien in Europa hat 50% erreicht.
3. In Deutschland gibt es 1000 öffentliche Ladesäulen mit TYP2-Steckverbindung.
4. In Deutschland gibt es flächendeckend öffentliche Ladesäulen Schuko/CEE 230V.
5. In Deutschland gibt es 1000 öffentliche Schnellladestationen CHAdeMO/CCS.
6. Mehr als 30% aller Elektro-PKW werden induktiv geladen.
7. Deutschland kann 10% seines Strom-Tagesbedarfes in stationären Batterien speichern.
8. Akkus von Solarfähren tragen zur Pufferung des Stromnetzes bei.
9. In Deutschland sind 1 Mio. Elektro-PKW zugelassen.
10. In Deutschland sind 5 Mio. Elektro-PKW zugelassen.
11. In Deutschland sind 10 Mio. Elektro-PKW zugelassen.
12. In Deutschland gibt es 1 Mio. Elektroroller.
13. In Deutschland gibt es 5 Mio. Pedelecs.
14. 10% aller Busse im öffentlichen Personen-Nahverkehr sind rein elektrisch.
15. Busse und andere Nutzfahrzeuge arbeiten mit Batteriewechseltechnik.

Abb. 12: *Ausgabe des ersten Fragebogens für das Mini-Delphi am Empfang*

16. Die Bundesregierung gibt als Anreiz einen Anschaffungszuschuss für E-Fahrzeuge.
17. Die Bundesregierung gibt als Anreiz einen Betriebszuschuss (in Eurocent/km) für E-Fahrzeuge.
18. Die Bundesregierung gibt als Anreiz einen Rückspeisezuschuss für rückspeisefähige E-Fahrzeuge (in Eurocent pro mit dem Netz verbundener Stunde).
19. Elektrofahrzeuge dürfen die Busspur benutzen.
20. Elektrofahrzeuge dürfen in bewirtschafteten Parkzonen kostenlos parken.
21. Privatwirtschaftliche Organisationen bieten Geschäftsmodelle zur Refinanzierung der Batteriemiete an.
22. Verschiedene Anbieter haben Geschäftsmodelle/Angebote für E-Mobil-Nutzer und -Nutzerinnen, um ihre Kosten erheblich zu reduzieren.
23. Es gibt Sonderkonditionen beim Carsharing mit Elektrofahrzeugen für sozial benachteiligte Personen.

Die Befragten waren aufgefordert, diese Aussagen in dem tabellarisch angelegten Fragenbogen im Hinblick auf Folgendes zu bewerten:

+ Relevanz der Aussage
  (sehr wichtig, wichtig, weniger wichtig, unwichtig)
+ Wahrscheinlichkeit des Eintreffens/der Realisierung
  (100, 70, 50, 30 und 0 Prozent)
+ Zeitpunkt des Eintreffens/der Realisierung
  (bis 2015, 2020, 2025, später)
+ Beitrag zur Lösung von Problemen
  (in Technik, Ökonomie, Ökologie und Akzeptanz)
+ Hinderung der Realisierung durch Probleme
  (in Technik, Ökonomie, Ökologie und Akzeptanz)
+ Beeinflussung durch Maßnahmen auf verschiedenen Ebenen
  (Bürger, Kommune, Land, Bund, Europa)

Bei der Auswertung des Mini-Delphis sind vorrangig Veränderungen zwischen der ersten und zweiten Befragung relevant. Hier ergaben sich bei einzelnen Kriterien bei der Bewertung von Aussagen Veränderungen. Dabei wurden nur solche Veränderungen als auffällig berücksichtigt, bei denen mindestens 5 Personen / Antworten und damit knapp die Hälfte oder mehr der 12 Befragten bei der zweiten Befragung anders geantwortet hatten als bei der ersten Befragung. Zwar lassen sich damit keine Aussagen darüber treffen, ob es sich hier jeweils um dieselben Personen handelt, da die Befragung anonymisiert durchgeführt wurde, aber es lässt sich durch die Anzahl an Personen zumindest eine Tendenz zur Veränderung in der Bewertung aufzeigen. Im Folgenden sind die Aussagen aufgeführt, bei denen es in einzelnen Kriterien zu diesen Veränderungen zwischen der ersten und der zweiten Befragung kam (mit Bezug auf 2025):

- Zu Aussage 1 – Der Anteil Erneuerbarer Energien in Deutschland hat 50% erreicht: In der zweiten Befragung sahen 5 Personen mehr in gesellschaftlicher Akzeptanz einen Beitrag zum Erreichen dieser Aussage. Dazu passend sahen 5 Personen weniger im Bereich der gesellschaftlichen Akzeptanz Behinderungen bei der Realisierung dieser Aussage. Die Beeinflussbarkeit dieser Aussage durch Maßnahmen auf der Ebene der Kommune gaben bei der zweiten Befragung 5 Personen weniger an.

- Zu Aussage 2 – Der Anteil Erneuerbarer Energien in Europa hat 50% erreicht: In der zweiten Befragung sahen für diese Aussage 5 Personen weniger Hindernisse bei der gesellschaftlichen Akzeptanz. Die Beeinflussbarkeit dieser Aussage durch Maßnahmen auf der Ebene Europa wurde ebenfalls von 5 Personen weniger angegeben.

- Zu Aussage 4 – In Deutschland gibt es flächendeckend öffentliche Ladesäulen Schuko/CEE 230V: Für diese Aussage sahen 6 Personen weniger als bei der ersten Befragung Hindernisse bei der Realisierung im Bereich der Ökonomie sowie 5 Personen weniger im Bereich der Technik. Damit korrespondierend sahen 6 Personen mehr einen Beitrag im Bereich Technik zur Lösung von Problemen zum Erreichen dieser Aussage.

- Zu Aussage 6 – Mehr als 30% aller Elektro-PKW werden induktiv geladen: Hier zeigte sich eine Veränderung bei der Beeinflussbarkeit durch Maßnahmen auf der Ebene der Bürger, 5 Personen weniger gaben hier eine Veränderung durch Maßnahmen an.

- Zu Aussage 7 – Deutschland kann 10% seines Strom-Tagesbedarfes in stationären Batterien speichern: 7 Personen weniger gaben hier bei der zweiten Befragung Hindernisse bei der Realisierung dieser Aussage durch Probleme im technischen Bereich an.

- Zu Aussage 9 – In Deutschland sind 1 Mio. Elektro-PKW zugelassen: 7 Personen weniger als noch bei der ersten Befragung sahen hier Behinderungen bei der Realisierung durch Probleme im Bereich Ökonomie. 5 Personen weniger sahen eine Beeinflussbarkeit durch Maßnahmen auf der Landesebene.

- Zu Aussage 10 – In Deutschland sind 5 Mio. Elektro-PKW zugelassen: Die Relevanz der Aussage als wichtig wurde von 5 Personen mehr angegeben. Die Behinderung der Realisierung dieser Aussage durch Probleme im Bereich Ökonomie wurde von 6 Personen weniger angegeben.

- Zu Aussage 11 – In Deutschland sind 10 Mio. Elektro-PKW zugelassen: Die Behinderung der Realisierung dieser Aussage durch Probleme im Bereich der Ökonomie wurde von 7 Personen weniger angegeben.

- Zu Aussage 12 – In Deutschland gibt es 1 Mio. Elektroroller: Die Wahrscheinlichkeit (70%) des Eintreffens wurde im Vergleich zur ersten Befragung von 5 Personen weniger angegeben.

- Zu Aussage 13 – In Deutschland gibt es 5 Mio. Pedelecs: Die Relevanz der Aussage als weniger wichtig wurde von 5 Personen weniger angegeben. Die Wahrscheinlichkeit (100%) des Eintreffens wurde von 5 Personen mehr angegeben. Dazu passend gaben 5 Personen weniger die Wahrscheinlichkeit des Eintreffens mit 70% an. Die Beeinflussbarkeit durch Maßnahmen auf der Ebene des Landes wurde von 5 Personen weniger angegeben.

- Zu Aussage 15 – Busse und andere Nutzfahrzeuge arbeiten mit Batteriewechseltechnik: Eine Behinderung der Realisierung dieser Aussage durch Probleme im Bereich Technik sahen 6 Personen weniger.

- Zu Aussage 21 – Privatwirtschaftliche Organisationen bieten Geschäftsmodelle zur Refinanzierung der Batteriemiete an: 5 Personen mehr gaben den Zeitpunkt des Eintreffens bis 2020 an.

- Zu Aussage 22 – Verschiedene Anbieter haben Geschäftsmodelle/ Angebote für E-Mobil-Nutzer/innen, um ihre Kosten erheblich zu reduzieren: Die Relevanz der Aussage als wichtig wurde von 5 Personen weniger angegeben.

- Zu Aussage 23 – Es gibt Sonderkonditionen beim Carsharing mit Elektrofahrzeugen für sozial benachteiligte Personen: 5 Personen mehr gaben eine Behinderung der Realisierung dieser Aussage durch Probleme im Bereich Ökonomie an.

Abb. 13: *An einer Protokoll-Station beim Dialog-Spaziergang*

Neben diesen Veränderungen ist in Bezug auf die Anpassung des qualitativen Best-Case-Szenarios Mobility2Grid 2025 außerdem die Einschätzungen der Wahrscheinlichkeit des Eintreffens bzw. der Realisierung der Aussagen bis 2025 von Interesse. Hier wurden die Einschätzungen der Befragten aus der zweiten Befragung im Mini-Delphi herangezogen, da diese vor dem Hintergrund der erfolgten Diskussionen abgegeben worden sind. Diese sind in der folgenden Abbildung aufgeführt.

Wahrscheinlichkeit Eintreffen Aussage bis 2025, Delphi 2, n = 12

1)	Der Anteil Erneuerbarer Energien in Deutschland hat 50% erreicht.	
2)	Der Anteil Erneuerbarer Energien in Europa hat 50% erreicht.	
3)	In Deutschland gibt es 1000 öffentliche Ladesäulen mit TYP2-Steckverbindung.	
4)	In Deutschland gibt es flächendeckend öffentliche Ladesäulen Schuko/CEE 230V.	
5)	In Deutschland gibt es 1000 öffentliche Schnellade-stationen CHAdeMO/CCS.	
6)	Mehr als 30% aller Elektro-PKW werden induktiv geladen.	
7)	Deutschland kann 10% seines Strom-Tagesbedarfes in stationären Batterien speichern.	
8)	Akkus von Solarfähren tragen zur Pufferung des Stromnetzes bei.	
9)	In Deutschland sind 1 Mio. Elektro-PKW zugelassen.	
10)	In Deutschland sind 5 Mio. Elektro-PKW zugelassen.	
11)	In Deutschland sind 10 Mio. Elektro-PKW zugelassen.	
12)	In Deutschland gibt es 1 Mio. Elektroroller.	
13)	In Deutschland gibt es 5 Mio. Pedelecs.	
14)	10% aller Busse im öffentlichen Personen-Nahverkehr sind rein elektrisch.	
15)	Busse und andere Nutzfahrzeuge arbeiten mit Batte-riewechseltechnik.	
16)	Die Bundesregierung gibt als Anreiz einen Anschaffungszuschuss für E-Fahrzeuge.	
17)	Die Bundesregierung gibt als Anreiz einen Betriebs-zuschuss (in Eurocent/km) für E-Fahrzeuge.	
18)	Die Bundesregierung gibt als Anreiz einen Rück-speisezuschuss für rückspeisefähige E-Fahrzeuge (in Eurocent pro mit dem Netz verbundener Stunde).	

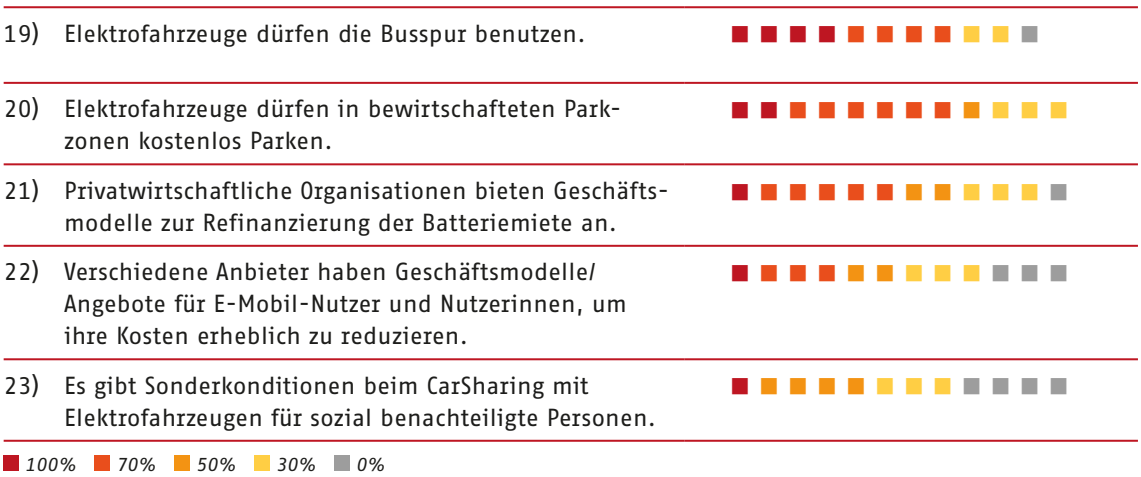

Abb. 14: *Angegebene Wahrscheinlichkeit des Eintreffens der Aussage bis 2025 im Delphi 2*

Abbildung 14 zeigt, welche Aussagen die Befragten mit welcher Wahrscheinlichkeit des Eintreffens bis 2025 eingeschätzt haben. 1 Befragter machte bei den Aussagen 10 bis 23 keine Angaben, 1 Befragter gab bei den Aussagen 5 bis 11, 16 bis 18 und 20 bis 23 zwei Wahrscheinlichkeiten und bei den Aussagen 14 und 15 drei Wahrscheinlichkeiten an. Am wahrscheinlichsten (70% und 100%) sahen die Befragten im Mini-Delphi 2 die Realisierung folgender Aussagen bis 2025 an, wobei nur die Aussagen herangezogen werden, bei denen mindestens die Hälfte der Befragten eine Wahrscheinlichkeit von 70% oder 100% angegeben hatte:

- Aussage 1 – Der Anteil Erneuerbarer Energien in Deutschland hat 50% erreicht.
- Aussage 3 – In Deutschland gibt es 1000 öffentliche Ladesäulen mit TYP2-Steckverbindung.
- Aussage 9 – In Deutschland sind 1 Mio. Elektro-PKW zugelassen.
- Aussage 12 – In Deutschland gibt es 1 Mio. Elektroroller.
- Aussage 13 – In Deutschland gibt es 5 Mio. Pedelecs.
- Aussage 15 – Busse und andere Nutzfahrzeuge arbeiten mit Batteriewechseltechnik.
- Aussage 16 – Die Bundesregierung gibt als Anreiz einen Anschaffungszuschuss für E-Fahrzeuge.
- Aussage 19 – Elektrofahrzeuge dürfen die Busspur benutzen.
- Aussage 20 – Elektrofahrzeuge dürfen in bewirtschafteten Parkzonen kostenlos parken.
- Aussage 21 – Privatwirtschaftliche Organisationen bieten Geschäftsmodelle zur Refinanzierung der Batteriemiete an.

4 Das im Salon optimierte Best-Case-Szenario Mobility2Grid 2025

Dieses Kapitel enthält das überarbeitete qualitative Best-Case-Szenario Mobility2Grid, wie es den Gästen des Salons vorab zugesandt und dann im Salon optimiert worden ist. Die zahlreichen Ergänzungen und Änderungen der Experten/innen des Technologie-Salons wurden aufgenommen und der überarbeitete Text den Gästen erneut zugeleitet. Auf diese Weise ist der Text zu einem gemeinsamen Werk aller Experten/innen geworden. Er macht stichwortartig sichtbar, welche wesentlichen Hindernisse durch welche Lösungen zu bewältigen sind, damit die skizzierte Best-Case-Entwicklung als Zukunftsentwurf wahrscheinlicher werden kann. Die in den Input- bzw. Szenario-Text aufgenommenen Ergebnisse sind jeweils mit dem Hinweis „Ergebnis aus dem Technologie-Salon“ gekennzeichnet.

Szenarien sind keine Prognosen, sondern mögliche Zukunftsentwürfe. Sie sollen Hinweise liefern, welche Faktoren für eine mögliche Zukunftsentwicklung besonders relevant sind und wie diese Faktoren beeinflusst werden sollten, um negativ bewertete Zukunftsentwicklungen zu verhindern oder positiv bewertete Zukunftsentwicklungen zu erreichen. Im EUREF-Forschungscampus Mobility2Grid geht es darum, auf eine als positiv bewertete Zukunftsentwicklung der Verbreitung des Mobility-2Grid hinzuarbeiten. Dafür müssen bestimmte Faktoren in den Bereichen Technik, Ökonomie, Ökologie und Akzeptanz besonders beachtet werden. Es wurde ein Best-Case-Szenario Mobility2Grid 2025 entworfen, um im Technologie-Salon erarbeiten zu können, welche Hindernisse besonders beachtet werden müssen, die sich dieser Entwicklung entgegenstellen können und welche Lösungen sich daraus entwickeln lassen.

Das vorliegende qualitative Szenario ist damit eine Erzählung, die technische Details und Aussagen über einzelne Entwicklungsschritte enthält, aber aus einer gewünschten Zukunft heraus. Dabei wird zunächst auf die bereits anhand der historischen Fakten resümierbare Entwicklung bis 2014 zurückgeblickt, um dann aus dem Jahr 2025 auf als wünschenswert anzusehende weitere Entwicklungsschritte zurückzublicken. Im Anschluss daran wurden dann zu den Bereichen Technik, Ökonomie, Ökologie und Akzeptanz die Ergebnisse aus dem Technologie-Salon aufgenommen. Der Effekt ist, dass das Szenario damit zwar das Wünschenswerte als Fokus behält, jedoch um Aspekte bereichert wird, die sich dem Wünschenswerten entgegenstellen können und für die, auch im Kontext der weiteren Forschung des EUREF-Forschungscampus Mobility2Grid, Lösungen entwickelt werden müssen.

Abb. 15: *Präsentation in der Poster-Galerie*

4.1 Blick zurück auf die Entwicklung bis 2014

Energiewende in der Bundesrepublik Deutschland

Die „Energiewende" ist der Umbau der bundesdeutschen Energieversorgungsinfrastruktur (Strom) von fossil und atomar nach erneuerbar. Sie wird bereits seit den 1970er Jahren gefordert, von einer wachsenden Zahl von gesellschaftlichen, politischen und wirtschaftsseitigen Akteuren. Der Unfall im russischen Kernkraftwerk Tschernobyl 1986 hat dazu beigetragen, die Akzeptanz Erneuerbarer Energien zu erhöhen. Zunächst gab es schon in den 1990er Jahren das Energieeinspeisegesetz, das dann im Jahr 2000 vom „Gesetz zur Einspeisung Erneuerbarer Energien" oder auch Erneuerbare Energien Gesetz EEG abgelöst wurde, das Strom aus Erneuerbaren Energien, vor allem Photovoltaik und Windstrom im Binnenland, einen Einspeisevorrang vor anderen Energieträgern einräumte.

Das hieß konkret, dass jede erneuerbar erzeugte Kilowattstunde vom örtlichen Elektrizitätsversorgungsunternehmen EVU unbedingt „angekauft" werden musste, und zwar zu einem gesetzlich festgelegten, jährlich sinkenden Preis, der die Kosten zur Errichtung der Anlage und auch die Verzinsung des eingesetzten Kapitals über 20 Jahre refinanzieren konnte. Die Höhe dieser „Einspeisevergütung" wurde in regelmäßigen Abständen überprüft und angepasst. Durch diese Einspeisevergütung sollte sichergestellt werden, dass die Anlagen nach ihrer Errichtung auch wirklich laufen und nicht nur die Errichtung finanziell unterstützt wird, wie es vor der Einführung des EEG der Fall war.

Das Reaktorunglück im japanischen Fukushima im Jahre 2011 brachte das Thema wieder verstärkt in die Köpfe der Bundesbürger. Danach

konnte selbst die CDU-geführte konservative Bundesregierung unter Bundeskanzlerin Angela Merkel nicht mehr an dem Weiterbetrieb der deutschen Kernkraftwerke festhalten.

Energiewende bedeutete damals die Umstellung auf 100% Erneuerbare Energien innerhalb der nächsten 20-40 Jahre, hier hatte jede im Bundestag vertretene Partei ihre eigenen Zeitpläne. Das war in einem Land, das seinerzeit zu 90% mit fossilen Energien (vor allem Kohle und Kernenergie) versorgt wurde, kein leichtes Unterfangen, aber man war zuversichtlich, die Investitionen in Forschung und frühe Erprobungs- und Demonstrationsprojekte durch spätere wirtschaftliche Erfolge im Export von Umwelttechnologien auszugleichen. So ist es auch dem deutschen EEG zu verdanken, dass die Preise für Solarstromanlagen zwischen 1989 und 2014 deutlich gefallen sind.

Die Höhe der Vergütung für Strom aus Erneuerbaren Energien analog zu anderen (fossilen und nuklearen) Kraftwerken führte später dazu, dass es in einigen Bereichen, z.B. im nördlichen Sachsen-Anhalt, wo mehrere Windparks standen, dazu kam, dass zu bestimmten Zeiten aller erneuerbarer Strom ausreichte, um den gesamten Bedarf im Stromnetz zu decken. Dann durften erstmals Anlagen zur Erzeugung von regenerativen Energien abgeschaltet werden. Da gemäß EEG Anlagen keinen Investitionszuschuss bekamen, sondern sich nur refinanzieren konnten, wenn sie auch Strom ins Netz speisten, mussten die Investoren/innen über weitere Verwendungsmöglichkeiten für den Strom nachdenken. Neben anderen Ideen kam auch die Idee des „Vehicle2Grid“ auf.

Vehicle2Grid/Delaware/USA

Im us-amerikanischen Delaware ersann der Energieforscher Willet M. Kempton Ende der 1990er Jahre ein Konzept zur Pufferung von Erneuerbaren Energien durch die Antriebsbatterien von elektrisch betriebenen Straßenfahrzeugen und nannte dies „Vehicle2Grid“. Die Fahrzeuge sollten in der Lage sein, elektrische Energie aus den Antriebsbatterien bei Bedarf wieder zurück in das Stromnetz zu speisen, um hier zu Zeiten geringer Erzeugungsmengen das Stromnetz zu unterstützen. Dies war natürlich nur möglich, wenn das Elektrofahrzeug auch mit dem Stromnetz verbunden war. Bereits kurze Zeit später schrieb der Staat Delaware Vehicle2Grid verbindlich in das Gesetz.

EUREF-Campus Schöneberg

Ab 2010 wurde in Berlin auf dem EUREF-Campus, dem Gelände des ehemaligen Schöneberger Gasometers, ein „Mobility2Grid“ genannter Vehicle2Grid-Testbetrieb eingerichtet, in dem vor Ort erzeugte Erneuerbare Energie aus Solarstrom- und Windkraftanlagen die Wohnungen, Büros und Gewerberäume auf dem Gelände versorgen sollten. Gepuffert wurde die elektrische Energie durch eine stationäre Batterie und zunächst 15 Elektrofahrzeuge, die zum Teil gesteuert geladen wurden und zum Teil auch in das Stromnetz zurückspeisen konnten. Der Begriff Vehicle2Grid wurde zu Mobility2Grid erweitert, da auch Busse und schwere gewerbliche Fahrzeuge (z.B. der Berliner Stadtreinigung BSR und

der Berliner Verkehrsgesellschaft BVG) zu bestimmten Zeiten zur Netzpufferung genutzt werden sollten.

Aufbau eines Netzwerkes öffentlicher Ladesäulen, neuartige Steckverbindung

Bereits ein paar Jahre zuvor bauten die Energieversorger RWE und Vattenfall im Rahmen von Erprobungsprojekten Ladestationen im Berliner Straßenland auf. Diese waren nicht mit den damals für Elektrofahrzeuge üblichen einphasigen 230V-Schuko- oder den ein- oder dreiphasigen CEE-Steckdosen versehen, sondern mit einem neuartigen dreiphasigen Drehstromstecker mit zusätzlichen Datenleitungen, der nicht nur bis zu 22 kW elektrischer Leistung übertragen konnte, sondern auch Signale zur Steuerung der Ladetechnik des Elektrofahrzeuges. Diese Steckverbindung hieß zunächst Mennekes-Stecker, später dann Typ 2.

Netzfreundliches Laden

Um 2012/2013 gab es nur wenige Experimentalfahrzeuge, die diese Eigenschaften zur Netzrückspeisung hatten. Da es zu dieser Zeit bereits dreiphasige Ladegeräte gab, konnte zumindest die Netzbelastung beim Laden zwischen den Phasen ausbalanciert werden. Dieses Verfahren nennt sich „netzfreundliche“ Ladetechnik. Phasen, die schon stark belastet sind, werden weniger belastet und Phasen, die noch nicht so stark belastet sind entsprechend höher.

Kombination von Elektrofahrzeugen im Privatbesitz mit Carsharing für Langstreckenfahrten

Durch die große Anzahl von verbrennungsmotorisch betriebenen Carsharing-Fahrzeugen speziell in Berlin konnte man sich als Besitzer/in eines Elektrofahrzeuges relativ einfach ein verbrennungsmotorisch betriebenes Fahrzeug für lange Strecken besorgen, so dass man nicht zwei Fahrzeuge vorhalten musste.

Abb. 16: *Präsentation in der Poster-Galerie*

4.2 Blick zurück aus 2025 auf die Entwicklung seit 2015

4.2.1 Gesamtentwicklung

Rückspeisefähige öffentliche Ladesäulen

Nachdem bis 2014 zunächst nur auf dem EUREF-Campus-Gelände Strom aus den Fahrzeugbatterien in das Netz zurückgespeist worden war, wurde der Testbetrieb ab 2015 auch auf die dreiphasigen Ladesäulen im Berliner Stadtgebiet erweitert.

Erstes Rückspeisenetzwerk gegründet

Einige besonders umweltbewusste und fortschrittliche Unternehmen schlossen sich im Rahmen des „Rückspeisenetzwerkes" zusammen und koordinierten den Einsatz ihrer Elektrofahrzeuge und die Pausen ihrer mit den Elektrofahrzeugen fahrenden Mitarbeiter/innen so, dass zu jedem Zeitpunkt eine bestimmte Anzahl von Elektrofahrzeugen zur Netzpufferung zur Verfügung stand. Am Anfang, als die Flotte noch klein war, kam es durch Verkehrsstaus und defekte Ladesäulen immer wieder zu Engpässen in der Speicher- und Rückspeisekapazität der Gruppe. Aber als dann ab 2015 auch die deutschen Fahrzeughersteller ihre Fahrzeug-Angebote am Markt hatten und es ab 2016 die Anschaffungsprämie von 5000 Euro pro Fahrzeug gab, nahm die Anzahl der Fahrzeuge schnell zu und die einzelnen Ausfälle fielen nicht mehr so stark ins Gewicht. Wichtig war, dass es Organisationen gab, die die Rückspeisekapazität mehrerer Elektrofahrzeuge zusammenfassen konnten, um die am Markt für Regelenergie geforderte Mindestleistung von 1 MW für mindestens eine Viertelstunde zur Verfügung zu stellen, d.h. durch ein großes oder mehrere kleinere Fahrzeuge musste eine freie Batteriekapazität von 250 kWh verfügbar sein. Nachdem der Tesla Model S mit einer Batteriekapazität von 85 kWh ab 2014 in Deutschland angeboten wurde, genügten wenige Fahrzeuge, um eine „Netzscheibe" abzudecken. Die Einspeiseaufträge wurden von der Taxizentrale wie normale Fahraufträge an die Fahrerinnen und Fahrer abgegeben. Da eine Energiemenge von 85 kWh einer Fahrstrecke von etwa 500 km entspricht, waren die Aufträge sehr begehrt und wurden an der Stromscheibenbörse je nach Alternativangeboten entsprechend hoch gehandelt.

Campus Tegel, Pufferung mit Bio-RangeExtender

Als dann 2017 der Flughafen Tegel geschlossen wurde, baute man auch dort einen Unternehmenspark für innovative Technologieunternehmen auf, dessen Energieversorgung zu 100% auf Erneuerbare Energien ausgelegt war. Es war der erste Fall, bei dem die Ergebnisse des „EUREF-Campus"-Demonstrators direkt auf ein anderes Projekt bzw. Stadtareal übertragen wurden. Die Übertragbarkeit der Erfahrungen auf andere Standorte war ein wichtiges Kriterium im Projekt

EUREF-Forschungscampus Mobility2Grid. Die dortigen Gebäude nach Plusenergiekonzept konnten sich komplett selbst mit Strom und Wärme (Biomasse-BHKW) versorgen und speisten bei Bedarf noch Energie in das öffentliche Stromnetz ein. Ein Fuhrpark aus rückspeisefähigen Elektro- und Plug-In-Hybridfahrzeugen stand den Mietern/innen in der Anfangszeit kostenlos zur Verfügung, um die Nutzung der Fahrzeuge attraktiv zu machen. Der Fuhrpark bestand zunächst aus 10 BMW i3 und 5 Mercedes-Sprinter Kleintransportern, davon 3 mit seriellem Hybridantrieb auf der Basis von Biokraftstoffen.

Netzpufferung durch serielle Hybridfahrzeuge

Diese Mercedes Sprinter mit seriellem Hybridantrieb konnten, falls es in Flautenzeiten nötig war, mit den eingebauten Aggregaten aus Biokraftstoff-Verbrennungsmotor und Generator zur Nachladung der Batterien auch längerfristige Stromnetz-Einspeisungen mit bis zu 22 kW vornehmen. Wenn das Fahrzeug längere Zeit zur Stromerzeugung im stationären Betrieb lief, konnte es auch über einen Wärmetauscher die vom Antriebsaggregat erzeugte Abwärme ins Gebäudewärmenetz einspeisen. Die schwierigste Zeit im Stromnetz war und ist bis heute, im Jahr 2025, der späte Nachmittag, wenn die Leute von der Arbeit nachhause kommen und der Stromverbrauch z.B. durch Kochen und Wäschewaschen ansteigt. Die Einsatzzeiten der Sprinter-Hybridfahrzeuge waren so getaktet, dass sie tagsüber für Transporte zur Verfügung standen und nachmittags und abends auf speziellen Parkplätzen an die Strom- und Wärmeversorgung des Gebäudeparks angeschlossen wurden. Da sichergestellt war, dass sie nur mit Biokraftstoff betankt wurden, konnten sie sogar eine Vergütung nach EEG für ihren eingespeisten Strom bekommen.

Standorte privater Elektrofahrzeuge

Wichtig für die Pufferung der Erneuerbaren Energien war, dass die rückspeisefähigen Fahrzeuge möglichst oft und lange mit dem Stromnetz verbunden waren, denn nur dann konnten sie Strom aufnehmen oder ins Netz abgeben. Vom Zentrum Technik und Gesellschaft der TU Berlin, das sich schon in den 1990er Jahren mit elektrischen Fahrzeugflotten beschäftigt hatte, wurde untersucht, wo sich speziell Fahrer/innen von Elektrofahrzeugen zu dieser Zeit aufhalten. Ein Schwerpunkt wurde in drei Berliner Einkaufszentren ermittelt, die spezielle Parkplätze mit Stromanschluss für eine Rückspeisung einrichteten. Die zunächst nach dem Gießkannenprinzip vorgenommene Verteilung dreiphasiger Einspeisepunkte erwies sich als unrentabel, und es wurde ermittelt, wo relativ viele Fahrzeuge in für das Stromnetz kritischen Zeiten zusammenkommen. Schnell wurde klar, dass private Besitzer/innen eines Elektrofahrzeuges keine langen Umwege in Kauf nehmen würden, um ihr Fahrzeug zur Pufferung zur Verfügung zu stellen. Deshalb musste man die Energie dort abholen, wo sie gerade geparkt war.

Tragfähige Geschäftsmodelle zur Netzpufferung

Als klar geworden war, dass sich das Puffern des Stromnetzes unter bestimmten Bedingungen lohnen würde, erweiterten einige der neu gegründeten Energiegenossenschaften ihr Portfolio, indem sie

Antriebsbatterien von Elektrofahrzeugen finanzierten, wenn das Elektrofahrzeug zu bestimmten Zeiten und an bestimmten Orten mit dem Stromnetz verbunden war. Dies betraf nicht nur die Rückspeisung ins Netz, sondern auch die Bereitschaft, bei Bedarf Strom aus dem Netz aufzunehmen. Durch diese Finanzierungen konnten sich die Nutzer/innen von Elektrofahrzeugen auch größere Batterien zulegen und die so genannte Reichweitenangst verschwand durch die Kombination aus Lademöglichkeiten an zentralen öffentlichen Stellen und bei typischen Reichweiten von 250-300 km pro Ladung. Daraufhin sanken die Batteriepreise durch die Bündelung großer Einkaufskapazitäten schlagartig auf unter 180 Euro pro kWh Speicherkapazität, ein Preis, der ein paar Jahre zuvor nicht einmal in Großserienmengen für möglich gehalten worden war.

Kombination von privatem Elektrofahrzeugbesitz mit Carsharing

Elektrofahrzeugfahrer/innen, die auch Mitglieder von Energiegenossenschaften waren, hatten zur Vermeidung von Reichweitenangst in der Regel ein Freikontingent von 10 Miettagen incl. Freikilometer pro Jahr für verbrennungsmotorisch angetriebene Carsharing-Fahrzeuge für weite Fahrstrecken. Entsprechend dem CashCar-Prinzip konnten sie ihre eigenen Elektrofahrzeuge dann als Carsharing-Fahrzeuge anderen Nutzern/innen zur Verfügung stellen.

Fahrzeugakku-Lebensdauer steigt durch Netz-Puffer-Betrieb

Nachdem Nutzer/innen von Elektrofahrzeugen zunächst Angst hatten, dass der wertvolle Fahrzeugakku unter der Stromnetz-Rückspeisung leiden würde, da dies zusätzliche Ladezyklen bedeutet, kristallisierte sich im Alltagsbetrieb heraus, dass die Lebensdauer der Batterien durch die weiche Zyklisierung im Netzpufferbetrieb (max. 22 kW, während im Fahrbetrieb bis zu 100 kW Leistung aus den Batterien entnommen und zurückgespeist wurde) deutlich stieg. Hier waren auch schnell Angebote von Versicherungsgesellschaften am Markt, die von den Haltern/innen der hochpreisigen Fahrzeuge dankbar angenommen wurden.

Kombination des Akkuservice mit TÜV-Prüfung

Wer eine Batterie einer Energiegenossenschaft nutzte, hatte in der Regel auch alle zwei Jahre (Neufahrzeuge alle drei Jahre) eine neue Batterie, da die Zellen dann einzeln vermessen und die schlechteren Zellen für die stationäre Netzpufferung verwendet wurden. Da im Rahmen dieser Batterieprüfung gleich die TÜV-Untersuchung mit erledigt wurde, war der Fahrzeugausfall für jeweils einen Tag gut zu verschmerzen.

Stationäre Pufferung

Die aussortierten zweite Wahl-Zellen wurden in 40-Fuss-Hochseecontainern zusammengefasst und als so genannte Netzreserve ständig mit dem Stromnetz verbunden, um die vertraglich zwischen EVU (Stromversorger, Stadtwerke) und Energiegenossenschaften geforderten Mindestpufferleistungen erfüllen zu können. Ab einer sofort abrufbaren Leistung von

1 MW für 15 Minuten konnten bereits erhebliche Vergütungen für die Bereitstellung der Kapazität erwirtschaftet werden, ohne dass auch nur eine kWh elektrische Energie geflossen war. Die rückgespeiste Energiemenge wurde zusätzlich vergütet. Zu bestimmten Zeiten wurden selbst Stromentnahmen aus dem Stromnetz vergütet.

Standortflexibilität, Pufferlizenz

Besonderheit dieser stationären Batteriecontainer war, dass sie bei Bedarf kurzfristig umgesetzt werden konnten, an Standorte, die einen erhöhten Pufferbedarf hatten. Die EVU schrieben die Standorte für Pufferbedarf im Internet aus und die Energiegenossenschaften konnten sich um die Pufferlizenzen bewerben.

Batteriecontainer als stationärer Netz-Puffer

Ein Batteriecontainer besteht auch heute, im Jahr 2025, noch aus denselben Komponenten wie früher. Neben den aus den Fahrbatterien ausrangierten „2. Wahl"-Lithium-Akkuzellen gibt es eine Ladeeinheit, das so genannte BMS (Battery Monitoring System), das die Spannung jeder einzelnen Zelle überwacht und eine Rückspeiseeinheit mit einem Netzwechselrichter, der mit dem Mittelspannungsnetz verbunden wird. Hierdurch kann erheblich mehr Leistung aufgenommen und abgegeben werden als selbst mit mehreren Elektrofahrzeugen zusammen.

Schnellladung von Elektrofahrzeugen

Als weiterer Vorteil hat sich gezeigt, dass der Container Schnellladungen für Fahrzeuge anbieten kann, ohne das Stromnetz stark zu belasten. Über ein oder zwei angeschlossene CHAdeMO- oder CCS-Ladesäulen werden Fahrzeuge mit bis zu 50 kW schnellgeladen. Das bedeutet für ein Fahrzeug mit einer typischen 300 km/40kWh-Batterie die komplette Aufladung in weniger als einer Stunde, 100 zusätzliche Kilometer Reichweite sind in ca. 15 Minuten nachgeladen. Das ist nicht so preiswert wie die Ladung an der Steckdose oder Wallbox zu Hause, aber im Notfall eine praktikable Lösung. Je nach Stromangebot können die Konditionen der Schnellladung per Smartphone-App abgerufen oder ersteigert und ein Ladefenster reserviert werden.

Einphasige Ladung

Während sich anfangs nur Firmen und Eigenheimbesitzer Elektrofahrzeuge zulegten, konnten mit zunehmender Verbreitung von Ubitricity-Boxen an Laternen auch so genannte Laternenparker als Laternenlader ins Geschäft mit Elektrofahrzeug und Netzpufferung einsteigen. Die Leistung der in der Regel an Laternen installierten Stromanschlüsse ist wegen der einphasigen Leitung und der geringen Absicherung auf 3 kW begrenzt, aber in der Menge ein erheblicher Beitrag zur Netzpufferung.

Laden von Elektroleichtfahrzeugen (ELF) im öffentlichen Straßenraum

Daher wurden hier zunächst Elektroroller ge- und entladen. In Verbindung mit einem zweiten Wechselakku in der Home-Docking-Station, der in der Wohnung 24 Stunden zur Pufferung bereitstand, und durch

Abb. 17: *Diskussion im Salon*

die Menge der Fahrzeuge lohnte es sich bald auch für Wohnungsmieter/innen. Zweitaktroller dürfen bei Nachweis sozialer Notlagen auch heute, im Jahr 2025, noch in Umweltzonen einfahren, aber nachdem Elektroroller von Energiegenossenschaften ohne Batteriekosten in großen Stückzahlen vermarktet wurden, sanken die Preise für Modelle vernünftiger Qualität in den Bereich vergleichbarer verbrennungsmotorisch angetriebener Roller. Marktführer ist hier der Peugeot mit 2 mal 1,4 kWh Wechselakku, was für 80-100 km Reichweite pro Ladung ausreicht. Dieser Akku kann mit 3 kW das Stromnetz puffern und Ersatzakkus gibt es an den in Zusammenarbeit mit Wall eingerichteten stationären Solar-Netzpuffer-Wechselakku-Stationen (SoNeWeSta). Diese öffentlichen Batteriewechselstationen (Batterietürme) fanden unter der Bezeichnung „Battery2Grid“ als neues Element Einzug in die Technik der Netzpufferung. Mit den 3 kW Ladeleistung kommen auch viele der heute, im Jahr 2025 in Berlin verbreiteten ELF gut aus, da die durchschnittliche Tagesfahrstrecke nur rund 40 km beträgt und der Stromverbrauch dieser meist zweisitzigen ELF unter 10 kWh/100 km liegt.

4.2.2 Einzelne Entwicklungsaspekte: Technik, Ökonomie, Ökologie und Akzeptanz

Für die hier beschriebene, erfolgreiche Entwicklung des Mobility2Grid, auf die wir aus dem Jahr 2025 zurückblicken, waren verschiedene Voraussetzungen in den Bereichen Technik, Ökonomie, Ökologie und gesellschaftliche Akzeptanz relevant, denen sich eine Reihe von Hindernissen entgegenstellten, die zu berücksichtigen und zu bewältigen waren.

Technik

Sparsamere Fahrzeuge, preiswertere Akkus

Bei der Marktdurchdringung von elektrisch angetriebenen Fahrzeugen gilt: je geringer die benötigte Antriebsleistung, desto geeigneter ist ein Fahrzeug für den Elektroantrieb. So gab es etwa seit 2008 einen regelrechten Boom für Elektrofahrräder bzw. Pedelecs. Auch Elektro-Motorroller waren am Markt mit verschiedenen Modellen vertreten. Die US-amerikanische Firma Tesla Motors schaffte es 2013 mit ihrer Elektro-Limousine Model S ein Fahrzeug mit einer Speicherkapazität von 60 kWh für einen Basispreis von 70.000 Euro auf den Markt zu bringen (inkl. Schnellladestrom), und kündigte an, dass der Akku bald nur noch 180 Euro pro kWh Speicherkapazität kosten würde. Heute, im Jahr 2025, gibt es ELF, die zwischen Roller und PKW anzusiedeln sind. Die Kaufpreise der von überwiegend mittelständischen Unternehmen angebotenen Fahrzeuge waren anfangs niedriger als bei der Automobilindustrie, doch mit steigenden Stückzahlen setzten sich hier die Economies of scale durch. Inzwischen bietet auch die Autoindustrie leichtere und energiesparende Fahrzeuge an, damit sie ihre Flotten-Emissionsziele erreichen kann.

Leistungsfähigere Ladeinfrastruktur

Erster größerer Anbieter von Ladeinfrastruktur war das in mehreren europäischen Ländern organisierte Ladestellen-Netzwerk Park&Charge, von dem es 2014 über 500 Ladestellen in Europa gab, deren Standorte im Internet abgefragt werden konnten. Die ersten Anfänge gab es ab 1992 in der Schweiz, ab 1996 auch in Deutschland. Mit der Einführung des Typ2-Steckers (früher Mennekes-Stecker) kamen dann relativ aufwändige und kostspielige Ladestationen hinzu, die zunächst nur mit Fördergeldern wirtschaftlich zu betreiben waren und wegen ihrer Komplexität mit Energiezählung und Abrechnungstechnik anfällig für Ausfälle waren. Im Jahr 2025 laden viele Fahrzeuge induktiv, da die Nutzer/innen sich nicht mehr mit schmutzigen Ladekabeln belasten wollen. Das Fahrzeug identifiziert sich elektronisch im Stromnetz und die Rechnung kommt monatlich vom Netzbetreiber.

Kombination mit Ergebnissen zu Technik aus dem Technologie-Salon:

Normierung und Standardisierung

Als wesentlich für die Verbreitung des Mobility2Grid erwies sich die Vereinheitlichung von Batteriestation und Technik, die Normierung und Standardisierung der Rückspeisetechnik. Hier kam die Frage auf, ob nicht sogar Schuko-Steckdosen für eine Rückspeisung geeignet seien. Zur Untersuchung dieser Frage wurde eine Arbeitsgruppe im Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbauer (VDMA) eingerichtet. Da für Deutschland als Exportnation eine mangelnde Normierung und Standardisierung

ein Handelshindernis darstellte, war es notwendig, Fahrzeuge und Ladetechnik so weiter zu entwickeln, dass sie auch an andere Regionen technisch anpassbar und dort einsetzbar waren. Vorrangig wurden bewährte und bereits verbreitete Standards verwendet, und es wurde darauf geachtet, die technischen Lösungen so einfach wie möglich zu gestalten. Von vorneherein wurden bei der Entwicklung dieser Lösungen im Rahmen des EUREF-Forschungscampus Mobility2Grid auch die Bedingungen in verschiedenen, für den Export der Technologie besonders relevanten Ländern, berücksichtigt. Gleichzeitig wurde mit Hochdruck daran gearbeitet, Standards für Fahrzeuge, Batterie und Ladestation zu setzen, die unter verschiedenen infrastrukturellen Bedingungen erfüllbar sind. Diese Entwicklung war nur in enger Zusammenarbeit des EUREF-Forschungscampus Mobility2Grid mit der Automobilindustrie möglich, die durch ihre Exportorientierung hohes Interesse an Lösungen für eine Standardisierung hatte.

M2G zunächst in Fuhrparks

Wegen der besseren Planbarkeit und Steuerbarkeit von Flottenfahrzeugen (öffentliche Fuhrparks und Flottenbetreiber) wurden diese für die ersten Erfahrungen mit der praktischen Anwendung von Mobility2Grid als sinnvoller als Privat-PKW angesehen. Auch im Rahmen des EUREF-Forschungscampus Mobility2Grid wurde daher der Einsatz zunächst in Flotten auf dem EUREF-Gelände vorangetrieben und erprobt.

Kostengünstigere Aufrüstung bi-direktionaler Fahrzeuge

Die zunächst hohen Kosten für die Aufrüstung bi-direktionaler Ladetechnik mussten dadurch gesenkt werden, dass sowohl Ladegeräte als auch Antriebssteuerungen die kostspieligen Bauteile enthielten, die für das Rückspeisen in das Stromnetz benötigt wurden. Damit waren die kostenintensiven Komponenten der Rückspeisetechnik bei geschickter Konfiguration der Antriebselektronik und Wahl der optimalen Bordspannung bereits im Fahrzeug vorhanden.

Wechseltechnologie als Lösung für das Problem langer Ladezeiten

Als problematisch bei der Verbreitung des Mobility2Grid hatte sich zunächst erwiesen, dass potenzielle Nutzer/innen vor der Technologie zurückschreckten, weil sie nicht sicher waren, ob der Energiebedarf für das Fahrzeug pro Tag möglicherweise höher sein würde als ein Ladezyklus. Es bestand die Befürchtung, man müsse zwischendurch Ladezeiten einplanen. Die Entwicklung einer Infrastruktur für eine Wechseltechnologie, die einen schnellen Batterieaustausch ermöglicht, wurde daher besonders vorangetrieben, um den Nutzer/innen ausreichende Flexibilität zu gewährleisten. Lösungen zur Entwicklung von Batterieaustauschstationen hatten damit besondere Priorität. Dabei gab es schon 2014 Lösungen für den manuellen Batteriewechsel für ELF. Die Akkus wurden in sog. „Batterietürmen“ aufbewahrt und konnten 24 Stunden am Tag für die Netzpufferung genutzt werden. Diese manuellen Wechsel-Systeme wurden im Rahmen des EUREF-Forschungscampus Mobility2Grid

analysiert und es wurde ein geeignetes System unter der Bezeichnung „Battery2Grid“ als weiterer Bestandteil der Netzpufferinfrastruktur aufgebaut und erprobt.

Batterien mit langer Lebensdauer

Parallel zur Konzentration auf Wechseltechnologien war es auch notwendig genau zu erforschen, ob und wie stark die bei der Netzpufferung stattfindenden Ladezyklen die Lebensdauer einer Batterie reduzieren. Deshalb wurden im EUREF-Forschungscampus Mobility2Grid frühzeitig Testreihen gestartet und nicht nur technische, sondern auch ökonomische Konzepte entwickelt, um die Sorge von Nutzern/innen, aber auch Anbietern von Batterien und Wechselstationen vor einer hohen Belastung und schnellen Alterung der Batterien und damit hohen Kosten auszuräumen. Zudem wurde darauf geachtet, möglichst viele technologische Komponenten der Leistungselektronik in die Batterieladestationen zu integrieren.

Ökonomie

Günstige Preisentwicklung von Elektrofahrzeugen

Die Elektrifizierung von PKW galt noch bis 2015 als sehr teuer. Die ersten Elektro-Fahrzeuge von kleinen und mittelständischen Herstellern in den 1990er Jahren hatten noch erheblich höhere Anschaffungspreise als vergleichbare verbrennungsmotorische PKW. In der Regel kostete selbst um 2010 ein elektrisch angetriebenes Fahrzeug incl. Batterie das Dreifache seines verbrennungsmotorischen Pendants. Auf den ersten Blick erschienen die Anschaffungspreise deutlich höher, aber wenn man die geringeren Betriebskosten und die Befreiung von der KFZ-Steuer mit einrechnete, ergab sich ein besseres Bild. Die Neupreise für die Fahrzeuge sanken regelmäßig um 10-20% pro Jahr mit den steigenden Stückzahlen der produzierten Fahrzeuge. Eine Besonderheit waren hier die Fahrzeuge der Marke Tesla, die im erheblichen Kaufpreis des PKW (ab ca. 70.000 Euro brutto) bereits die (Auto-)lebenslange kostenlose Nachlademöglichkeit an den unternehmenseigenen Schnellladestationen beinhaltete.

2025 gibt es nun eine Bandbreite von Fahrzeugen der Kleinwagen- und Kompaktklasse, die ohne Batterie zwischen 15-20.000 Euro zu kaufen sind. Je nach Bedarf least man sich die passende Batteriegröße dazu. Weiterhin gibt es eine Klasse von Luxuslimousinen und Sportwagen, die die höhere Leistungsfähigkeit des Elektroantriebs nutzen. Nicht zu vergessen sind die Zweiräder, von der Mikromobilität (z.B. Faltroller, KickTrike) über Pedelecs, E-Bikes und E-Roller bis zu kleinen ein- und zweisitzigen PKW bis 45 km/h.

Günstige Stromkostenentwicklung für Elektrofahrzeuge

In den 1980er und 1990er Jahren des 20. Jahrhunderts kostete Strom für Elektrofahrzeuge im sog. Nachttarif ca. 11 Pfennig/5 Eurocent pro kWh. 2014 zahlten private Verbraucher/innen ca. 30 Eurocent/kWh. Trotzdem ist bei einem Verbrauch von ca. 15 kWh/100 km eines PKW das Nachladen mit ca. 4,50 Euro/100 km im Vergleich mit Kraftstoff bei ca. 8 Liter/100 km und einem Kraftstoffpreis von ca. 1,50 Euro/Liter vergleichsweise günstig, denn ca. 12 Euro Kraftstoff pro 100 km Fahrstrecke ist fast das Dreifache von 4,50 Euro für Strom.

Rückspeise-Förderung IDEE

Als Anreiz für die Zurverfügungstellung von Fahrzeug-Akkus für die Netzpufferung gab es das Konzept IDEE. Hier wurde von Verbänden der Erneuerbaren Energien vorgeschlagen, den Elektrofahrzeugbesitzer/innen eine erhöhte Vergütung zu bezahlen, wenn sie ihr Fahrzeug zur Rückspeisung zu bestimmten Zeiten am Stromnetz zur Verfügung stellten. Der Betrag war von der Dauer der Netzverbindung und von den eingespeisten Energiemengen abhängig. Nach diesem Vorschlag konnten Elektrofahrzeugnutzer/innen im Jahr bis zu 1000 Euro Vergütung pro Fahrzeug erwirtschaften.

Vermehrte Einspeise-Treffen seit 2020

Energiegenossenschaften ersteigern Stromnetz-Einspeise-Zeit-Scheiben, die von den Netzbetreibern/innen ausgeschrieben sind. Dann laden sie „Einspeiser/innen“ aus ihren Netzwerken zu den Einspeise-Treffen ein. Wenn bis zu einem Zeitpunkt vor dem Einspeisetermin nicht ein bestimmter Prozentsatz der benötigten Einspeiseleistung von den angefragten Einspeisern/innen zugesagt ist, wird die ersteigerte Strom-Scheibe an ein EVU zurückgegeben, das dann ein herkömmliches Biomasse-Kraftwerk anschaltet. Da die Netzplanung in Scheiben von 15 Minuten erfolgt und die voraussichtlichen Einspeiseleistungen von Solar- und Windstrom immer besser prognostiziert werden können, gibt es alle paar Tage von den Energiegenossenschaften Angebote per SMS an angemeldete „mobile Einspeiser/innen“ zu einem Einspeise-Treffen. Die Aktivisten/innen müssen nicht einmal ein eigenes Elektrofahrzeug besitzen. Per SMS kommt einige Stunden vorher eine Einladung, um eine bestimmte Uhrzeit mit einem rückspeisefähigen Elektrofahrzeug an einem bestimmten Einspeisepunkt zu erscheinen. Die Einspeiser/innen recherchieren dann über ihr iFeed-Smartphone den Standort und den Ladezustand leistungsfähiger Fahrzeuge, wie zum Beispiel den Tesla Model S in der 85 kWh-Batterie-Version. Wer das Fahrzeug zuerst reserviert und auch einen Einspeisepunkt im Ortsnetz des Einspeise-Flashmobs hatte, konnte einen kleinen Gewinn machen. Zudem hatte die Person die Chance, eine Bonusvergütung bei Erreichen der 1 MW über 15 Minuten zu erhalten und in der bundesweiten Highscore der Einspeiser/innen weit oben zu landen und die attraktiven Sachpreise wie Elektroroller, Wochenenden mit attraktiven Elektrofahrzeugen oder Eintrittskarten zu Läufen der IDSM Internationale Deutsche Solarmobilmeisterschaft zu gewinnen.

Kombination mit Ergebnissen zu Ökonomie aus dem Technologie-Salon:

Erhöhung der Chancen am Markt durch Energiegenossenschaften

Als ein Ansatz zur Erhöhung der Chancen am Markt wurden bereits 2014 bestehende Modelle solidarischer Ökonomie wie Energiegenossenschaften aufgegriffen, um Mobility2Grid zu verbreiten. Akzeptanzuntersuchungen und Erfahrungen aus verschiedenen Bürgerbeteiligungsverfahren hatten gezeigt, dass die Elektromobilität sich nur dann verbreiten lässt, wenn der Strom für die Batterien zu einem hohen Anteil aus Erneuerbaren Energien kommt. Aus Sicht von Verbrauchern/innen konnte dann ein im Vergleich zu Verbrennerfahrzeugen höherer Anschaffungspreis durch den höheren ökologischen Nutzen kompensiert werden. Der EUREF-Forschungscampus Mobility2Grid gewann deshalb Energiegenossenschaften als Partner für die Einführung des Mobility-2Grid in verschiedenen Berliner Quartieren, um eine möglichst große Beteiligung von Bürgern/innen zu erreichen, die bereit waren, mit bi-direktional ladbaren Elektrofahrzeugen ein Element der Funktionalität der Energieproduktion ihrer eigenen Energiegenossenschaft zu werden. Schrittweise wurden die Modelle eingeführt, dabei konnten die Bürger/innen Anteile an einer Energiegenossenschaft erwerben und zugleich in Carsharing-Modellen bi-direktional ladbare Elektrofahrzeuge nutzen. Voraussetzung dafür war zunächst, dass eine noch größere rechtliche und finanzielle Sicherheit für Bürgerenergieanlagen geschaffen wurde. In diese Entwicklung wurden auch die Stadtwerke eingebunden. Viele Bürger/innen hatten großes Interesse, Anteile an lokalen Energiegenossenschaften zu erwerben und Einfluss darauf zu nehmen, lokal Erneuerbare Energie zu produzieren und damit zu einer regionalen Wertschöpfung beizutragen. Durch die sich verbreitende Möglichkeit, bi-direktional ladbare Fahrzeuge im Carsharing zu nutzen und eine höhere Flexibilität der Carsharing-Angebote wuchs die Nachfrage nach Fahrzeugen, was wiederum bei der Automobilindustrie dazu führte, dass höhere Stückzahlen produziert wurden und Marktchancen stiegen.

Preisgünstigere Akkus

Als ein ökonomisches Hindernis für die Verbreitung des Mobility2Grid waren 2014 noch die Kosten für Akkus angesehen worden, die auch durch das für die Produktion notwendige Lithium und die vorrangig in China vorkommenden, seltenen Erden wie z.B. Neodym entstanden. Es war zunächst nicht absehbar, ob es hier, ähnlich wie bei Lithium-Akkus, zu einem rapiden Absinken der Kosten kommen würde. Bei Solarstrommodulen war es in den Jahren 2000 bis 2014 zu einem erheblichen Preisverfall gekommen. Während wenige Jahre vorher Akku-Systemkosten von 500 Euro pro kWh Speicherkapazität noch nicht abzusehen waren, erschienen 2014 selbst Kosten von unter 200 Euro/kWh möglich. Tesla Motors plante damals in den USA eine sehr große Batteriefabrik, die diese erheblich geringeren Kosten (damals angekündigt: 178 Euro/kWh) ermöglichen sollte. Bereits bei dem ersten Modell Tesla-Roadster hatte

man zu einem technischen Trick gegriffen, um erheblich größere und leistungsfähigere Akkus als die Wettbewerber anzubieten. Pro Fahrzeug wurden etwa 6800 Laptop-Akkuzellen (Typ 18650, Lithium) zu einem Akku mit 56 kWh Kapazität zusammen geschaltet, die wegen der hohen Produktionsmenge zu erheblich günstigeren Konditionen am Weltmarkt zu beschaffen waren als andere Lithium-Zellen. Zudem begannen seit 2015 immer mehr Unternehmen, in verschiedenen Ländern nach Vorkommen seltener Erden zu suchen. Bereits 2012 hatte das Unternehmen Seltenerden Storkwitz AG in Deutschland in einer Lagerstätte nahe Storkwitz explorative Untersuchungen durchgeführt, um bis zu einer Tiefe von 600 Metern die bisherigen Ressourcenschätzungen für Seltenerd-Oxid von Geologen zu bestätigen. Ab 2014 wurden weitere Bohrungen bis zu einer Tiefe von 1200 Metern durchgeführt, da ein großes Potenzial für eine Ressourcenerhöhung mit zunehmender Tiefe bestand. Nicht nur in Deutschland, auch in anderen Ländern wurden vermehrt Explorationen zur Ressourcenabschätzung für seltene Erden durchgeführt, um die Abhängigkeit von chinesischen Vorkommen zu reduzieren. Daneben wurden weitere, erfolgversprechende Energiespeicher-Konzepte wie Luft-Systeme und Redox-Flow-Systeme, bei denen man den Akku durch Auswechseln einer Flüssigkeit wieder auflädt, nach erfolgreichen Prototypentests weiter entwickelt. So entstand eine Wettbewerbssituation am Markt, die dazu führte, dass verschiedene Systeme parallel entwickelt wurden, um Akkukosten zu reduzieren.

Reduzierung der Kosten für Rückspeise-Elektronik

Die Rückspeise-Elektronik war 2014 noch als zu teuer eingeschätzt worden, um ökonomisch ertragreich zu sein. Es zeigte sich jedoch, dass bei geschickter Verwendung von Komponenten der Leistungselektronik sowohl im Rahmen der Antriebssteuerung als auch in der Rückspeiseelektronik die Kosten vertretbar blieben, denn wenn Strom in das Stromnetz zurückgespeist wurde, wurde nicht gleichzeitig gefahren. Hierbei waren Rückspeiseleistungen im Bereich der Antriebsleistung des Fahrzeuges möglich (z.B. 50-100 kW). Vorrangig wurden daher Lösungen für die Belastbarkeit der Anschlusssicherung der Einspeisestelle, der Einspeisedauer und für eine größere Akkukapazität entwickelt.

Rentabilität von Rückspeise-Elektronik durch höhere Stückzahlen

Durch Mehrfach-Verwendung von Bauteilen der Leistungselektronik konnten die Mehrkosten von Fahrzeugen mit Rückspeisetechnik im Vergleich zu Fahrzeugen ohne Rückspeisetechnik gesenkt werden. Sie hingen mehr von den Stückzahlen der Komponenten ab als vom Mehrpreis eventuell zusätzlicher Bauteile. Da auch entsprechende Einspeisestellen und Vergütungen verfügbar waren, gehörte diese Option bald zum Serienumfang eines Elektrostraßenfahrzeuges dazu.

Anreizmodelle

Bereits Ende 2014 reagierte die Bundesregierung auf die eher zögerliche Entwicklung im Bereich der Elektroautos mit der Änderung des Elektromobilitätsgesetzes (EmoG), um die Akzeptanz und Nutzung der

Elektromobilität durch neue Anreize zu fördern. Dazu gehörten die Möglichkeit besonderer Parkplätze an Ladestationen im öffentlichen Raum, die Reduzierung oder Erlassung von Parkgebühren und die Ausnahme von bestimmten Zufahrtsbeschränkungen für Elektrofahrzeuge. Es zeigte sich, dass weitere Anreize, z.B. steuerliche Anreize wie in Norwegen, notwendig wurden, um den Ausbau der Elektromobilität weiter voranzutreiben.

Ökologie

Sinkende CO2-Emissionen der PKW-Flotte

Die durchschnittliche CO2-Emission von PKW lag um 2010 bei 170 g pro km. Ein Elektro-PKW mit Strom aus erneuerbaren Energien liegt heute, im Jahr 2025, bei 20 g, mit dem aktuellen deutschen Strommix bei 50 g.

Steigender Anteil Erneuerbarer Energie

Der Anteil Erneuerbarer Energien im deutschen Stromnetz liegt 2025 bundesweit bei knapp 60%. Auf dem EUREF-Campus werden bereits 90% erreicht. Der Verbrauch richtet sich mehr nach der Erzeugung als früher. Solaranlagenbesitzer/innen optimieren ihren Verbrauch, um einen hohen Eigenverbrauchsanteil zu erzielen und bei über 70% Eigenverbrauch zusätzlich eine etwas höhere Einspeisevergütung zu erzielen als Anlagenbesitzer/innen mit geringerem Eigenverbrauch. Seit Einführung der KfW-Kredite für Pufferbatterien haben zahlreiche Solaranlagenbesitzer/innen von dieser Option Gebrauch gemacht.

Energiesparschulung als Nebeneffekt

Da die Nutzer/innen von Elektrofahrzeugen wesentlich ökonomischer mit ihrer begrenzten Batteriekapazität umgehen als diejenigen von verbrennungsmotorisch angetriebenen Kraftfahrzeugen mit ihrem Kraftstoff, verbrauchen sie auch im Haushalt weniger Strom als Personen, die nicht regelmäßig mit dem Elektrofahrzeug unterwegs sind.

Steigende Fahrzeuglebensdauer

Da die Karosserien vieler Fahrzeuge heute aus Verbundmaterialien bestehen, halten sie wesentlich länger als die korrosionsanfälligen Metallfahrzeuge. Auch die Lebensdauer der Batterien ist im Zeitalter des Batterieleasing für die Verbraucher/innen nicht wahrnehmbar.

Sinkender Energieverbrauch pro 100 km

Die Verbraucher/innen erkannten schnell, dass preiswerte Elektrofahrzeuge mit hoher Reichweite nur so genannte Purpose Design-Fahrzeuge mit Kunststoffkarosserie sein können, da sie mit einer wesentlich geringeren Akku-Kapazität auskommen als umgerüstete Fahrzeuge mit Metall-Karosserie. Bei besonders leichten Fahrzeugen ist die Akkukapazität so gering, dass manuell wechselbare Wechselakkus zur kurzfristigen Reichweitenverlängerung genutzt werden.

Kombination mit Ergebnissen zu Ökologie aus dem Technologie-Salon:

Lösungen für Batterierecycling

Bisher waren Bleibatterien die am weitesten verbreiteten Akkusysteme, da sie bei verbrennungsmotorisch angetriebenen Kraftfahrzeugen als Starterakkus verbaut wurden und absehbar noch verbaut werden. Ihr Recycling kann zumindest in Industrieländern als gelöst betrachtet werden. Pfandsysteme und in großem Maßstab vorhandene Recycling-Kapazitäten sicherten bereits 2014 eine Bleibatterierecyclingquote von 99%. Für Lithium-Systeme erwies sich eine Recycling-Infrastruktur als die einzig sinnvolle Lösung für den nationalen Zugang zu Lithium-Rohstoffen. Parallel wurden Luft-Systeme und Redox-Flow-Systeme weiterentwickelt, die wesentlich einfacher zu recyceln sind.

Weniger Anteil und mehr Recycling seltener Materialien

Das Problem des Zugangs zu seltenen Materialien und die noch 2014 bestehenden Ressourcenmonopole für Rohstoffe (Akkus, Motoren) wurden mit zunehmendem Recycling von Lithium und seltenen Materialien (seltene Erden, ...) und durch Forschung zur Reduzierung der Anteile dieser Materialien pro hergestellter Einheit (Akku, Motor, ...) entschärft.

Schneller Ausbau Erneuerbarer Energien für die Stromversorgung

Der vormals ausreichende, aber durch die EEG-Novelle vom Sommer 2014 erheblich reduzierte Ausbau-Korridor für Erneuerbare Energien in Deutschland wurde durch die Verlagerung von wirtschaftlichen Aktivitäten in das vor allem europäische Ausland kompensiert. In Kombination mit einer Ausbildungsoffensive konnten zahlreiche junge Arbeitslose aus südeuropäischen Ländern qualifiziert werden und einen erheblichen Beitrag zur Verbreitung Erneuerbarer Energien in Europa leisten.

Akzeptanz

Abbau der Reichweitenangst

Die sogenannte Reichweitenangst (range anxiety) war in Umfragen anfangs ein großes Hemmnis zur Anschaffung von Elektrofahrzeugen. Im Laufe der Zeit erhielten jedoch immer mehr Personen die Gelegenheit, Elektrofahrzeuge zur Probe zu fahren, z.B. bei öffentlichen Veranstaltungen wie der „Challenge Bibendum“ auf dem ehemaligen Flughafen Berlin-Tempelhof, der Messe „Mobilitec“ auf dem Messegelände in Hannover oder als Nutzer/in eines der zahlreichen elektrisch angetriebenen Carsharing-Fahrzeuge. Diese konnten für eine geringe Gebühr mit einer niedrigen Hemmschwelle vor allem in größeren Städten genutzt werden. Wer dies regelmäßig ausprobierte, merkte, dass die im Alltag

zurückgelegten Wegstrecken wesentlich geringer waren, als vermutet. Wichtig war, dass man das Elektrofahrzeug auch bestimmungsgerecht einsetzte. Wer versuchte, mit einem Elektrofahrzeug unbedingt das letzte Fahrzeug mit Verbrennungsmotor abzulösen, scheiterte allerdings. Zuerst schafften sich solche Personen Elektrofahrzeuge an, die im Umland größerer Städte wohnten, wo der öffentliche Verkehr nicht so gut ausgebaut war, dass sie ganz auf einen PKW verzichten wollten. Hier hatten die Haushalte oft ein eigenes Haus und damit die Möglichkeit, ihr Fahrzeug an der eigenen Steckdose zu laden.

Kombination von privaten Elektrofahrzeugen mit Sharing von Verbrennerfahrzeugen

Insbesondere die Kombination eines Elektrofahrzeuges in privatem Eigentum in Verbindung mit der Möglichkeit (z.B. über Carsharing), tage- oder wochenweise ein Fahrzeug mit Verbrennungsmotor für weitere Fahrten zu nutzen, ließ die Akzeptanz von Elektrofahrzeugen signifikant ansteigen. Bereits 2014 hatten Besitzer/innen eines BMW i3 Elektrofahrzeuges die Option bis zu 14 Tage im Jahr kostenlos ein BMW Fahrzeug mit Verbrennungsmotor nutzen zu können.

Ermäßigungstarife für sozial Schwache im elektromobilen Carsharing

Durch die hohen Anschaffungspreise zu Beginn der Markteinführung entstand der Eindruck, dass Elektrofahrzeuge nur für wohlhabende Bürger/innen erschwinglich seien. Die Presse trug ihren Anteil mit Überschriften wie „Vorfahrt auf der Busspur für den Drittwagen der Arztgattin“ und „teure Parkplätze für Elektroautos“ bei. Um soziale Inklusion auch in diesem Bereich zu unterstützen, wurde – ähnlich wie im ÖPNV oder bei Ermäßigungstarifen in Theatern, Kinos, Schwimmbädern – ein Ermäßigungstarif für das Sharing von elektromobilen Fahrzeugen eingeführt, wodurch die Akzeptanz für elektrisch betriebene Fahrzeuge in fast allen Bevölkerungsschichten heute, im Jahr 2025, deutlich gestiegen ist.

Kombination mit Ergebnissen zu Akzeptanz aus dem Technologie-Salon:

Vereinfachung der Bedienung der Lade-Infrastruktur

Noch 2014 wurden der Zugang zur und die Bedienung der Lade-Infrastruktur in Untersuchungen zur Akzeptanz von Elektromobilität von vielen Befragten als zu aufwändig und kompliziert eingeschätzt, das induktive Laden wurde dabei als die unkomplizierteste Variante angesehen. Daher wurde die Forschung verstärkt auf die Optimierung dieser Ladevariante ausgerichtet. Vom Zugang her wurde ein Roamingmodell wie für Mobiltelefone entworfen. Die EU hatte in der Vergangenheit mögliche Höchstpreise für internationales Telefonroaming festgelegt, daher wurde eine ähnliche Lösung auch für die grenzüberschreitende Elektromobilität entwickelt.

Parkplätze in der Innenstadt als Anreiz zum bi-direktionalen Laden

In den Innenstädten von Metropolen ist der Parkraum knapp. Selten benutzte Parkplätze vor Ladestationen sind für Fahrer/innen von verbrennungsmotorischen Kraftfahrzeugen eine Versuchung, dort widerrechtlich zu parken. Verschiedene Kommunalverwaltungen hatten hier Strafen vergleichbar mit den Sanktionen für das Zuparken von Behindertenparkplätzen geschaffen. Die Erfahrung beim Betrieb von Ladesäulen in Innenstädten (z.B. Park&Charge seit 1992) zeigte, dass Parkplätze mit Lademöglichkeit in Innenstädten wesentlich häufiger frequentiert wurden als solche im Außenbereich. Daher lag die Vermutung nahe, dass die Nutzer/innen von elektromobilen Fahrzeugen eher einen zentralen Parkplatz nutzen wollten, als dass wirklich Bedarf zum Nachladen der Antriebsbatterie bestand. Eine These war, dass hierbei unnötig Strom zur Tageszeit geladen und eine Aufladung zur Schwachlastzeit und an Schwachlastorten (Umland nachts) verschoben und damit der Ansatz der Netzrückspeisung konterkariert wurde. Daher wurde ein Anreiz speziell für bi-direktional ladbare Elektrofahrzeuge geschaffen, die in Hochverbrauchszeiten begehrte Innenstadtparkplätze unter der Bedingung besetzen durften, dass sie die Parkzeit zum Rückspeisen an der Ladesäule nutzten.

Klare steuerrechtliche Regelungen für Nutzung von bi-direktional ladbaren Dienstwagen

Bereits 2014 war der hohe Preis von Elektrofahrzeugen als Dienstwagen schon steuerlich ausgeglichen. Jedoch waren verschiedene Konstellationen wie das Laden beim Arbeitgeber oder das Laden von Dienstfahrzeugen zuhause noch nicht geregelt. So war es nicht geregelt, ob ein/e Arbeitgeber/in den Mitarbeitern/innen für seine/ihre Elektrofahrzeuge kostenlos Strom anbieten darf. Oder umgekehrt, ob es eine Vergütung für durch Mitarbeiter/innen zu Hause nachgeladenen Strom für einen Dienstwagen geben darf. Hier wurden neue steuerliche Regelungen geschaffen.

Kennzeichnung von Parkplätzen für Elektrofahrzeuge

Bereits Ende 2014 war es für die Kommunen möglich geworden, Hinweisschilder aufzustellen und Parkplätze für Elektrofahrzeuge auszuweisen, was vorher nur für Behindertenparkplätze möglich war.

Rechtliche Klärung von Haftungsfragen

Für das kabelgebundene Laden gab es zunächst keine rechtliche Klarheit in Bezug auf Haftungsfragen. Damit war z.B. unklar, wer haftet, wenn eine Person beim Laden der Fahrzeugbatterie über ein Ladekabel stolpert und einen Schaden erleidet. Hier wurde per Gesetz die Haftungsumkehr eingeführt, bei der zunächst davon ausgegangen wird, dass jemand, der über ein Ladekabel, das jedoch eine Signalfarbe haben muss, stolpert, selbst haftet. Es wurden unter Nutzung des Stroms, der hindurchfließt, selbstleuchtende Kabel entwickelt, um die Stolpergefahr zu reduzieren.

Reduzierung der Reichweitenangst durch ein Bündel von Maßnahmen

Die Reichweitenangst der Nutzer/innen konnte seit 2014 bis heute, 2025, deutlich reduziert werden. 2014 betrug die Reichweite von Elektrofahrzeugen ca. 120 km, in den weiteren Jahren stieg sie durch leistungsfähigere und preiswertere Batteriesysteme auf 250-300 km. Für längere Strecken können auch heute noch verbrennungsmotorische Carsharing-Fahrzeuge genutzt werden. Privatpersonen können dann besonders gut ein Elektrofahrzeug nutzen, wenn ihre Fahrstrecken relativ gleichmäßig lang sind und nur selten unerwartete längere Strecken zurückgelegt werden müssen. Die bestehende Reichweitenangst wurde aber nicht nur durch die größere Reichweite, sondern durch ein ganzes Bündel von Maßnahmen reduziert. Neben bereits vorhandenen Lösungen wie Range-Extender wurden Anzeigen- bzw. Signalvarianten entwickelt, um den Nutzern/innen Sicherheit zu geben, dass noch genügend Strom in der Batterie vorhanden ist. Bestehende und neu entwickelte Lösungen wurden breiter und besser kommuniziert. Durch die Möglichkeit, Elektrofahrzeuge vielfach ausprobieren zu können, wurde der Informations- und Erfahrungsstand in der Bevölkerung erhöht und ein Trainingseffekt erreicht. Es wurden Mobilitäts- und Abschleppgarantien verbreitet, immer mehr Möglichkeiten, das Fahrzeug zu laden, während man arbeitet, wurden geschaffen, um das Sicherheitsgefühl zu erhöhen, dass noch genügend Strom in der Batterie ist, wenn man nachhause zurückfährt. Außerdem wurden Kombinationen für die Nutzung von Elektrofahrzeugen und Verbrennerfahrzeugen für Fernstrecken z.B. für Dienst- und Urlaubsreisen geschaffen.

Mehr Vorteile für „Normalbürger/innen"

Um mehr Vorteile für „Normalbürger/innen" bei der Nutzung von Elektrofahrzeugen zu schaffen, wurden ordnungsrechtliche Einschränkungen für Verbrennerfahrzeuge in der Innenstadt ermöglicht. Dabei kam der öffentlichen Hand (Kommune, Land, Bund) eine Vorbildfunktion zu. Es gelang, in breiten Kampagnen wie z.B. der Kampagne „Formel-E" die Elektromobilität attraktiver zu machen. Fußgängerzonen wurden erweitert, diese erweiterten Bereiche wurden allein für Elektrofahrzeuge als befahrbar zugelassen. Die Anzahl der für Elektrofahrzeuge reservierten Parkplätze in Zonen mit hohem Parkdruck wurde zügig an den tatsächlichen Bestand von Elektrofahrzeugen angepasst.

5 Zentrale Handlungsempfehlungen

Um für Elektromobilität und Mobility2Grid in den nächsten zehn Jahren und damit bis 2025 eine Best-Case-Entwicklung, wie sie im vorangegangenen Kapitel skizziert ist, zu unterstützen, sind auf Basis der Ergebnisse des im Projekt EUREF-Forschungscampus Mobility2Grid durchgeführten Technologie-Salons die nachfolgend aufgeführten Empfehlungen der Expertenrunde zentral. Sie sind zugleich wichtige Anregungen für die Weiterführung der Arbeit des Projekts.

- Die Technik für das Laden von Elektrofahrzeugen und die Rückspeisung im Mobility2Grid muss möglichst schnell standardisiert und normiert werden, dabei ist auch auf eine Anpassungsfähigkeit der Technik im Hinblick auf den Export und damit auf die Bedingungen in anderen Ländern zu achten. Das bedeutet auch, dass die technischen Lösungen so einfach wie möglich gestaltet werden sollten.

- Die Erprobung des Mobility2Grid wird, aufgrund der besseren Planbarkeit und Steuerbarkeit, für Flottenfahrzeuge zunächst als sinnvoller und praktikabler angesehen als für private Personenkraftwagen.

- Forschung und Entwicklung für eine kostengünstigere Aufrüstung bi-direktionaler Fahrzeuge müssen vorangetrieben werden.

- Das Problem langer Ladezeiten sollte, neben der Entwicklung von Batterien mit höherer Speicherkapazität und längerer Lebensdauer, durch Wechseltechnologie und Batterieaustauschstationen gelöst werden.

- Energiegenossenschaften, die eine Beteiligung von Bürger/innen ermöglichen, können die Marktchancen der Elektromobilität und des Mobility2Grid erhöhen, weil die Bürger/innen in diesen Modellen einen direkten Nutzen von der lokalen Erzeugung und Vermarktung Erneuerbarer Energien haben und eher bereit sein werden, mit einem bi-direktionalen elektromobilen Fahrzeug zur Stabilität der Energieerzeugung beizutragen.

- Die Kosten für die Akkus der elektromobilen Fahrzeuge müssen gesenkt werden, dabei entstehen insbesondere Kosten durch Lithium und notwendige seltene Erden, die vorrangig in China abgebaut werden. Forschung und Entwicklung von Akku-Technologien, die mit weniger Lithium und seltenen Materialien auskommen sowie die Exploration von Ressourcen seltener Erden in verschiedenen Ländern sollten vorangetrieben werden.

- Forschung und Entwicklung zur Senkung der Kosten für die Rückspeise-Elektronik müssen vorangetrieben werden und es müssen höhere Stückzahlen produziert – und gekauft – werden, um hier zur Rentabilität zu kommen.

- Weitere Anreize wie zuletzt die Änderung des Elektromobilitätsgesetzes (EmoG) mit der Möglichkeit für die Kommunen, besondere Parkplätze an Ladestationen im öffentlichen Raum zu schaffen, Parkgebühren zu reduzieren oder zu erlassen und elektromobile Fahrzeuge von bestimmten Zufahrtsbeschränkungen auszunehmen, müssen geschaffen werden.

- Um den ökologischen Nutzen der Elektromobilität und des Mobility2Grid, neben dem geringen CO2-Ausstoß und der geringen Lärmbelastung, noch weiter zu erhöhen, müssen Lösungen für das Batterierecycling entwickelt werden.

- Der Ausbau der Erneuerbaren Energien für die Stromversorgung muss noch deutlich forcierter erfolgen, da die Mehrausgaben bei der Anschaffung von elektromobilen Fahrzeugen und ihrer Nutzung im Mobility2Grid von potenziellen Käufern/innen nur dann akzeptiert werden, wenn der Strom für die Fahrzeuge aus Erneuerbaren Energien produziert wird.

- Die Bedienung der Lade-Infrastruktur muss weiter vereinfacht werden, um die Akzeptanz der potenziellen Nutzer/innen zu erhöhen.

- Es müssen klare steuerrechtliche Regelungen für die Nutzung von bi-direktional ladbaren Dienstwagen geschaffen werden, das betrifft insbesondere das Laden beim Arbeitgeber und das Laden von Dienstwagen durch Mitarbeiter/innen zuhause, sowie für Haftungsfälle.

- Die Reichweitenangst als Akzeptanzhindernis muss durch ein Bündel von Maßnahmen reduziert werden, um größere Akzeptanz für die Nutzung von Elektromobilität und Mobility2Grid zu schaffen. Dazu gehört insbesondere, mehr Gelegenheiten für eine direkte Erfahrung der Elektromobilität zu ermöglichen wie z.B. durch den Ausbau von kostengünstigen, elektromobilen Carsharing-Angeboten, aber auch nutzerfreundliche, technologische Maßnahmen wie Range-Extender, Entwicklung von Anzeigen- und Signalvarianten, die den Ladezustand der Batterien zuverlässig anzeigen und ein Sicherheitsgefühl vermitteln, sowie Mobilitäts- und Abschleppgarantien bei der Nutzung elektromobiler Fahrzeuge.

Für die Erarbeitung des Input-Textes verwendete Literatur

Adegbite, Dayo; Bacher, Hans Jürgen; Faschang, Mario; Glatz, Marion; Kupzog, Friederich; Nauck, Enrico; Prüggler, Wolfgang (2011): NEUE ENERGIEN 2020. Smart Grids Modellregion Salzburg – Erstellung eines Umsetzungsplans zur Vehicle-to-Grid Interfaceentwicklung. Publizierbarer Endbericht. Hg. v. Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft mbH (FFG). Klima- und Energiefonds. Salzburg, Österreich. http://www.smartgridssalzburg.at/fileadmin/user_upload/downloads/Endbericht_V2G-Interfaces.pdf. Zugriff: 14.04.2014

Agora Energiewende (Hg.) (2013): Stromverteilnetze für die Energiewende. Empfehlungen des Stakeholder-Dialogs Verteilnetze für die Bundespolitik. Schlussbericht. Unter Mitarbeit von Dierk Bauknecht, Bernhard Beck, Thorsten Beckers, Nils Bieschke, Christoph Dany, Bernd Engel, Michael Fiedeldey, Jochen Hauff, Christian Held, Bernd Kördel, Christoph Mayer, Albert Moser, Christoph Roenick, Kurt Rohrig, Oliver U. Stahl, Rainer Stock, Margarete von Oppen, Thomas Weisshaupt, Enno Wieben, Christof Wittwer, Gunnar Wrede. Berlin, Deutschland. http://www.geode-eu.org/uploads/GEODE%20Germany/Stellungnahme/2014/schlussbericht_des_stakeholder_dialogs_verteilnetze_agora_energiewende.pdf. Zugriff: 14.04.2014

Allgemeiner Deutscher Automobil-Club e.V. (Hg.) (2013): Elektroautos: Marktübersicht/Kenndaten. 19.07.2010 – IN 27373. München, Deutschland. http://www.adac.de/_mmm/pdf/Elektroautos_Marktuebersicht_Kenndaten_49KB_46583.pdf. Zugriff: 06.04.2014

Bartosch, Ulrich; Hennicke, Peter; Weiger, Hubert (Hg.) (2014): Gemeinschaftsprojekt Energiewende. Der Fahrplan zum Erfolg. München, oekom-Verlag.

Böhme, Dieter; Dürrschmidt, Wolfhart; van Mark, Michael (2012): Erneuerbare Energien in Zahlen. Nationale und internationale Entwicklung. Unter Mitarbeit von Frank Musiol, Thomas Nieder, Thorsten Rüther, Marion Walker, Ulrike Zimmer, Michael Memmler, Stefan Rother, Sven Schneider, Katja Merkel. Hg. v. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU). Berlin, Deutschland. Online verfügbar unter www.erneuerbare-energien.de. http://www.bv-agrar.de/sites/default/files/pdf/info/statistik/bmu_eeg_update_dez2013.pdf. Zugriff: 06.02.2014

Bormann, René; Fink, Philipp; Iwer, Frank; Schade, Wolfgang (2014): Wie Phönix aus der Asche? Zur Zukunft der Automobilindustrie in Deutschland. Hg. v. Abteilung Wirtschafts- und Sozialpolitik der Friedrich-Ebert-Stiftung. Bonn, Deutschland. Online verfügbar unter www.fes.de/wiso. http://library.fes.de/pdf-files/wiso/10481.pdf. Zugriff: 07.03.2014

Breyer, Christian; Müller, Berit; Möller, Caroline; Gaudchau, Elisa; Schneider, Ludwig; Gajkowski, Kevin; Resch, Matthias (2013): Vergleich und Optimierung Von zentral und dezentral Orientierten ausbaupfaden Zu einer Stromversorgung aus erneuerbaren Energien in Deutschland. Hg. v. Reiner Lemoine Institut gGmbH. Berlin, Deutschland. http://www.bvmw.de/fileadmin/download/Downloads_allg._Dokumente/politik/Studie_zur_dezentralen_Energiewende.pdf.pdf. Zugriff: 10.03.2014

Büchs, Hubert P.; Dögl, Rudolf; Geier, Jörg; Leber, Ulrich; Nestmeier, Karl: M – E - NES Modelstadt Elektromobilität Bad Neustadt. Presseinformation: Konzeptskizze M-E-NES. http://www.badneustadt.rhoen-saale.net/fileServer/LKRG/1003/15524/Presseinfo_M-E-NES-Projekt_Stand_2010_12_22.pdf. Zugriff: 10.03.2014

Bundesverband eMobilität e.V. (Hg.) (2013): Neue Mobilität Das Magazin von Bundesverband eMobilität. Sonderausgabe –Who is who-. Unter Mitarbeit von Christian Heep, Juliane Girke, Sandrine Frideres, Benjamin Carl Franke, Alexander Böhm, Klaus Bergerfurth. Berlin, Deutschland. http://www.bem-ev.de/wp-content/uploads/2014/03/140213-Sonderpublikation-Who-is-Who.pdf. Zugriff: 12.03.2014

Canzler, Weert; Knie, Andreas (2013): Schlaue Netze. Wie die Energie- und Verkehrswende gelingt. München: oekom-Verlag

Ciechanowicz, David; Leuckerm, Martin; Sachenbacher, Martin (2012): Ökonomische Bewertung von Vehicle-to-Grid in Deutschland. Multikonferenz Wirtschaftsinformatik 2012. Hg. v. Dirk Christian Mattfeld und Susanne Robra-Bissantz. Institut für Wirtschaftsinformatik. Braunschweig, Deutschland. Online verfügbar unter http://www.digibib.tu-bs.de/?docid=00048193. digisrv-1.biblio.etc.tu-bs.de:8080/docportal/servlets/MCRFileNodeServlet/DocPortal_derivate_00027746/Beitrag180.pdf. Zugriff: 12.03.2014

Cipcigan, L.; Wells, P.; Nieuwenhuis, P.; Davies, H.; Whitmarsh, L.; Papadopoulos, P. (2012): Electricity as a transportation fuel: Bridging the gaps in the electric vehicle value chain. EEVC European Electric Vehicle Congress. Brüssel.

Creutzig, Felix; Edenhofer, Ottmar (2010): Mobilität im Wandel. Wie der Klimaschutz den Transportsektor vor neue Herausforderungen stellt. In: Internationales Verkehrswesen 62. Online verfügbar unter www.dvvmedia.com. https://www.pik-potsdam.de/members/edenh/publications-1/creutzig_edenhofer_10. Zugriff: 12.03.2014

Dienel, C. (2005): Vision Sachsen-Anhalt 20-xx. Magdeburg: Friedrich-Ebert-Stiftung. Online verfügbar unter: http://www.nexus-berlin.com/images/stories/content-pdf/13-09-16_Vision_2020.pdf. Zugriff: 05.01.2015

Engel, Tomi (2006): Vehicle to Grid. Das Elektroauto als Netzpuffer. Hg. v. Deutsche Gesellschaft für Sonnenenergie e.V. (DGS). Fachausschuss für Solare Mobilität. Bad Windsheim, Deutschland. Online verfügbar unter www.dgs.de. http://www.dgs.de/fileadmin/files/FASM/2006.11-DGS-FASM-RegioSolar-Text.pdf. Zugriff: 10.03.2014

Ethik-Kommission Sichere Energieversorgung (Hg.) (2011): Deutschlands Energiewende -. Ein Gemeinschaftswerk für die Zukunft. Unter Mitarbeit von Klaus Töpfer, Matthias Kleiner, Ulrich Beck, Klaus von Dohnanyi, Ulrich Fischer Alois Glück, Jörg Hacker, Jürgen Hambrecht, Volker Hauff, Walter Hirche, Reinhard Hüttl, Weyma Lübbe, Reinhard Marx, Lucia Reisch, Ortwin Renn, Miranda Schreurs, Michael Vassiliadis, Günther Bachmann, Ina Sauer, Rudolf Teuwsen, Gerd Thiel. Berlin, Deutschland. http://www.bmbf.de/pubRD/2011_05_30_abschlussbericht_ethikkommission_property_publicationFile.pdf. Zugriff: 20.03.2014

Evangelos, L.; Karfopoulos, P.; Papadopoulos, S.: Introducing electric vehicles in the microgrids concept. 16th International Conference on Intelligent System Application to Power Systems (ISAP), 2011. 25 – 28 Sept. 2011, Hersonissos, Greece. ISAP; International Conference on Intelligent System Applications to Power Systems. Piscataway, NJ.

Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme, ISE (Hg.) (2012): 100% Erneuerbare Energien für Strom und Wärme in Deutschland. Unter Mitarbeit von Hans-Martin Henning, Andreas Palzer. Freiburg, Deutschland. http://www.ise.fraunhofer.de/de/veroeffentlichungen/veroeffentlichungen-pdf-dateien/studien-und-konzeptpapiere/studie-100-erneuerbare-energien-in-deutschland.pdf. Zugriff: 20.02.2014

Friedrich, Axel; Petersen, Rudolf (2009): Der Beitrag des Elektroautos zum Klimaschutz. Wunsch und Realität. Hg. v. Vereinte Europäische Linke/Nordische Grüne Linke, Parlamentsfraktion Europäisches Parlament. Brüssel, Belgien. http://www.sabine-wils.eu/pdf-neu/Elektroautos-und-Klimaschutz.pdf. Zugriff: 20.03.2014

Götz, Konrad; Sunderer, Georg; Birzle-Harder, Barbara; Deffner, Jutta (2011): Attraktivität und Akzeptanz von Elektroautos. Arbeitspaket 1 des Projekts OPTUM: Optimierung der Umweltentlastungspotenziale von Elektrofahrzeugen. Hg. v. ISOE – Institut für sozial-ökologische Forschung. Frankfurt am Main, Deutschland. http://www.oeko.de/oekodoc/1337/2011-001-de.pdf. Zugriff: 05.03.2014

Grolman, Hermuth von; Hallensleben, Sebastian; Rieß, Cornelia (2013): Um eine breite Nutzung von Elektromobilität zu fördern, reicht eine partielle Ausstattung mit Schnellladestationen völlig aus. Hg. v. Deutsches Dialog Institut, Frankfurt am Main. Frankfurt am Main, Deutschland. http://www.dialoginstitut.de/uploads/media/Ergebnispapier_12_Ladeinfrastruktur.pdf. Zugriff: 07.04.2014

Hlusiak, M.; Arnhold, O.; Breyer, Ch. (2012): Optimising a Renewables Based Island Grid and Integrating a Battery Electric Vehicles Concept on the Example of Graciosa Island, Azores Archipelago. 6th European Conference on PV-Hybrids and Mini-Grids, Chambéry 2012, April 26-27.

IFEU, Fraunhofer IBP, Hochschule Regensburg (Hg.) (2012): Fahrplan Energiewende. Technische und gesellschaftliche Stationen auf dem Weg zu einem nachhaltigen Energiesystem – ein Diskussionsimpuls. Unter Mitarbeit von Martin Pehnt, Michael Sterner, Udo Lambrecht, Lars-Arvid Brischke, Ina Twardowski, Norman Gerhardt, Doris Burghardt, Cristina Sager, Rolf-Michael Luking, Petra Schweizer-Ries, Julia Engelhardt. Darmstadt, Deutschland. https://www.ifeu.de/energie/pdf/Fahrplan_Energiewende_EZ.pdf. Zugriff: 17.03.2014

Kempton, Willett; Tomic, Jasna (2005): Vehicle-to-grid power fundamentals: Calculating capacity and net revenue. In: Journal of Power Sources (0378-7753/$). http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378775305000352. Zugriff: 12.03.2014

Kempton, Willett; Tomic, Jasna (2005): Vehicle-to-grid power implementation: From stabilizing the grid to supporting large-scale renewable energy. In: Journal of Power Sources (0378-7753/$). http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378775305000212. Zugriff: 12.03.2014

Klumpp, Matthias (Hg.) (2011): Elektroauto – Milliardengrab oder Erfolgsstory? Entstehungsgeschichte, Marktanalyse 2010 und Zukunftspotenziale der Elektromobilität. Schriftenreihe Logistikforschung Band 19. Unter Mitarbeit von Oliver Backhaus, Henning Döther und Thomas Heupel. FOM Hochschule für Oekonomie & Management, ild Institut für Logistik- & Dienstleistungsmanagement Schriftenreihe Logistikforschung. ILD Essen, Deutschland.

Knoll, Michael; Oertel, Britta (2012): Dienstleistungen für die energieeffiziente Stadt. Springer Spektrum-Verlag. Berlin, Heidelberg.

Matthes, Felix Chr. (2013): Ein neues Strommarktdesign für die Energiewende. Stellungnahme zur Anhörung des Unterausschusses „Begleitung der Energiewende in Rheinland-Pfalz" des Landtags Rheinland-Pfalz. am 20. November 2013. Hg. v. Öko-Institut e.V. Büro Berlin. Berlin, Deutschland. http://www.oeko.de/oekodoc/1842/2013-511-de.pdf. Zugriff: 14.03.2014

Moura, Filipe; Mendes Lopes, Mafalda; Coimbra e Costa, Pedro; Silva, Marta (2012): Electric vehicle diffusion in the lisbon metropolitan area: major constraints and possible market shares in the medium and long term. In: Association for European Transport and Contributors 2012. http://www.google.de/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0CCYQFjAA&url=http%3A%2F%2Fabstracts.aetransport.org%2Fpaper%2Fdownload%2Fid%2F3992&ei=i4LsVPPVBaL0yQ0KuIDgAg&usg=AFQjCNGnrXrsTLLBWfZ7bcTkz8g7stRMDA. Zugriff: 12.3.2014

Musiol, Frank (2006): Leitfaden Erneuerbare Energien. Konflikte lösen und vermeiden. Unter Mitarbeit von Monika Kias. Hg. v. NABU Naturschutzbund Deutschland e.V. Bonn, Deutschland. http://wiki.piratenpartei.de/wiki/images/7/7b/Leitfaden_ErneuerbareEnergien.pdf. Zugriff: 20.04.2014

Öko-Institut e.V. Büro Berlin (Hg.) (2014): Treibhausgasemissionen des Straßen-Schienen- und Luftverkehrs im Vergleich. Berlin, Deutschland. http://www.oeko.de/oekodoc/1853/2014-001-de.pdf. Zugriff: 12.3.2014

Papadopoulos, P.; Akizu, O.; Cipcigan, L. M.; Jenkins, N.; Zabala, E. (2011): Electricity demand with electric cars in 2030: comparing Great Britain and Spain. In: Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part A: Journal of Power and Energy (vol. 225 Part A). http://pia.sagepub.com/content/225/5/551.full.pdf+html. Zugriff: 15.03.2014

Papadopoulos, P.; Skarvelis-Kazakos, S.; Grau, I.; Cipcigan, L. M.; Jenkins, N. (2010): Electric vehicles' impact on British distribution networks. In: IET Electrical Systems in Transportation, Volume 2, Issue 3, September 2012, p. 91 – 102

Pötscher, Friedrich; Winter, Ralf; Lichtblau, Günther (2010): Elektromobilität in Österreich. SZENARIO 2020 UND 2050. Hg. v. Umweltbundesamt GmbH. Wien, Österreich. http://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/publikationen/REP0257.pdf. Zugriff: 12.3.2014

Puppe, Michael (2009): Die Idee des Vehicle to Grid. aus der Vortragsreihe Neue Entwicklungen auf den Energiemärkten. Hg. v. TU Berlin. Fachgebiet Energiesysteme. Berlin, Deutschland. https://www.ensys.tu-berlin.de/fileadmin/fg8/Downloads/NeueEntwicklungen/WS2008/20090116_Puppe_Vehicle-to-grid.pdf. Zugriff: 10.1.2014

Raab, Andreas F.; Ferdowsi, Mohsen; Karfopoulos, Evangelos L.; Grau Unda, Iñaki; Skarvelis-Kazakos, Spyros; Papadopoulos, Panagiotis et al. (2011): Virtual Power Plant Control Concepts with Electric Vehicles. Intelligent System Application to Power Systems (ISAP), 2011 16th International Conference on. Hersonissos, Greece, 25.09.2011

Rehtanz, Christian; Brunekreeft, Gert; Witzmann, Rolf; Wagner, Ulrich; Lecheler, Helmut: Zusammenfassung der zentralen Ergebnisse der Studie „Ausbau- und Innovationsbedarf in den Stromverteilnetzen in Deutschland bis 2030" durch die Projektsteuergruppe. http://www.dena.de/fileadmin/user_upload/Presse/Meldungen/2012/denaVNS_Ergebniszusammenfassung_PSG.pdf. Zugriff: 15.03.2014

Schluchter, Christian (2007): Die Idee des Vehicle to grid (V2G). D-ITET, PPS Arbeit. Unter Mitarbeit von Göran Andersson, Florian Kienzle. Hg. v. ETH Zürich. EEH – Power Systems Laboratory. Zürich, Schweiz. http://www.eeh.ee.ethz.ch/uploads/tx_ethpublications/pps_07_schluchter.pdf. Zugriff: 10.01.2014

trend:research und Leuphana Universität Lüneburg (Hg.) (2013): Definition und Marktanalyse von Bürgerenergie in Deutschland. Im Auftrag der Initiative „Die Wende – Energie in Bürgerhand" und der Agentur für Erneuerbare Energien. Bremen/Lüneburg. http://100-prozent-erneuerbar.de/wp-content/uploads/2013/10/Definition-und-Marktanalyse-von-B%C3%BCrgerenergie-in-Deutschland.pdf. Zugriff: 12.03.2014

University of Delaware (Hg.) (2013): The Grid-Integrated Vehicle with Vehicle to Grid Technology. Unter Mitarbeit von: Jon Lilley, Nathaniel Pearre, Sachin Kamboj, Jacqueline Piero, Willett Kempton, Jo Huxster, Scott Baker,Jean Brodeur, Brandon Budenz, and Nicole Suto, Corey Lange, Furkan Cayci, Stephen Janansky, Joshua Marks, Rodney McGee, Nicholas Waite, Fouad Kiamilev, Elpinki Iosifidou Apostolaki, Li Liao, Keith Decker, Keith Trnka, Sachin Kamboj, Colin Kern, George Parsons, Willett Kempton, Michael Hidrue, Jon Lilley, Meryl Gardner. http://www.udel.edu/V2G/. Zugriff: 10.01.2014

VDE Verband der Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik e.V. (Hg.) (2010): Elektrofahrzeuge. Bedeutung, Stand der Technik, Handlungsbedarf. Unter Mitarbeit von Joachim Böcher, Mathias Bösing, Mathias Bredehorn, Wolf-Rüdiger Canders, Bernd Cebulski, Peter Doetsch, Rik De Doncker, Omid Forati Kashani und Bernhard Friedrich, Thomas Grube, Kay Hameyer, Martin Hennen, Klaus Hoffmann, Dorin Iles, Alexander Kreim, Benedikt Lunz, Martin März, Axel Mertens, Christian Need, Wilhelm Peters, Christian Rehtanz, Johannes Rolink, Dirk Uwe Sauer, Tim Schäfer, Uwe Schäfer, Heinz Schäfer, Benedikt Schmülling, Marc Schöning, Detlef Stolten, Daniel van Treek, Manfred Wemuth, Michael Wittler, Rainer Wirth. Studie der Energietechnischen Gesellschaft im VDE (ETG). Frankfurt am Main, Deutschland. Frankfurt : Energietechnische Gesellschaft im VDE, 2010, S. 2 – 92

Vertretung des Landes Nordrhein-Westfalen beim Bund (Hrsg.) (2009): Auf dem Weg zum gläsernen Produkt: Politische Rahmenbedingungen für die Zukunft der RFID-Technologie. 1. Berliner Technologie-Salon. Ergebnispapier. In Zusammenarbeit mit METRO Group Future Store Initiative und nexus Institut für Kooperationsmanagement und interdisziplinäre Forschung. http://www.nexusinstitut.de/images/stories/download/10-01-13_Broschuere_RFID.pdf. Zugriff: 10.03.2014

Wikipedia.org (Hg.) (2014) : Anna von Helmholtz. Online verfügbar unter http://de.wikipedia.org/wiki/Anna_von_Helmholtz. Zugriff: 15.05.2014

Wikipedia.org (Hg.) (2014): Stromnetz. Online verfügbar unter http://de.wikipedia.org/wiki/Stromnetz. Zugriff: 10.01.2014

Wikipedia.org (Hg.) (2014): Metalle der seltenen Erden. Online verfügbar unter: http://de.wikipedia.org/wiki/Metalle_der_Seltenen_Erden. Zugriff: 10.01.2015

Wikipedia.org (Hg.): Vehicle to Grid. Online verfügbar unter http://de.wikipedia.org/wiki/Vehicle_to_Grid. Zugriff: 24.05.2014

Zimmer, Wiebke; Hacker, Florian; Rausch, Lothar; Fritsche, Uwe (2013): Weiterentwicklung des Analyseinstruments Renewbility. RENEWBILITY II – Szenario für einen anspruchsvollen Klimaschutzbeitrag des Verkehrs. Hg. v. Umweltforschungsplan des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit. Dessau-Roßlau, Deutschland. Online verfügbar unter https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/publikationen/texte_84_2013_weiterentwicklung_des_analyseinstruments_renewbility_renewbility_ii.pdf. Zugriff: 15.03.2014

Impressum

Herausgeber
EUREF-Forschungscampus Mobility2Grid
Technische Universität Berlin
Institut für Berufliche Bildung und Arbeitslehre (IBBA)
Fachgebiet Arbeitslehre-Technik
Sekretariat MAR 1-1
Marchstraße 23, D-10587 Berlin
Prof. Dr. Hans-Liudger Dienel
hans-liudger.dienel@tu-berlin.de

Redaktion
Dr. Birgit Böhm, Andreas Manthey, Eliseo Hernandez

Dokumentation
nexus Institut für Kooperationsmanagement und interdisziplinäre Forschung

Fotos
Theo Sakatis

Layout und Satz
böing gestaltung, Berlin

Das dieser Veröffentlichung zugrunde liegende Vorhaben wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung unter dem Förderkennzeichen AZ 03F016005A gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei der Redaktion.

Berlin 2015

Technische Universität Berlin
Institut für Berufliche Bildung
und Arbeitslehre (IBBA)
Fachgebiet Arbeitslehre-Technik
Sekretariat MAR 1-1
Marchstraße 23, D-10587 Berlin

Das dieser Veröffentlichung zugrunde liegende Vorhaben wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung unter dem Förderkennzeichen AZ 03F016005A gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei der Redaktion.