

Metastudie Forschungsüberblick Netzintegration Elektromobilität

Dezember 2018



Eine Studie im Auftrag von:

VDE FNN

bdew

Energie. Wasser. Leben.

Herausgeber:

FGH e.V.

Anschrift:

Besselstraße 20-22
68219 Mannheim
Deutschland

Telefon: +49 621 976807-10

Telefax: +49 621 976807-70

E-Mail: info@fgh-ma.de

Internet: www.fgh-ma.de

Bearbeiter:

Dr.-Ing. Hendrik Vennegeerts

M. Sc. Jacob Tran

M. Sc. Felix Rudolph

M. Sc. Pascal Pfeifer

Aachen, Dezember 2018

Management Summary

Die gesellschaftlich gewollte und politisch geförderte Energiewende stellt die deutschen Elektrizitätsversorgungsnetze vor große Herausforderungen. Neben dem fortschreitenden Zubau an Erzeugungsleistung erneuerbarer Energien befindet sich zukünftig auch die Lastseite im Wandel. Insbesondere die Auswirkungen der Elektrifizierung des Verkehrssektors sind für die Netzbetreiber aufgrund der dynamischen technologischen Entwicklung im Fahrzeugbereich und des noch unklaren Ladeverhaltens durch die Anschlussnutzer mit großen Unsicherheiten behaftet. Unstrittig ist allein, dass Elektromobilität (E-Mobilität) bei zunehmender Marktdurchdringung einen signifikanten Effekt auf die Lastseite haben wird und dass aufgrund der Langfristigkeit der Netzplanung bereits heute die Weichenstellungen für eine erfolgreiche Netzintegration der E-Mobilität erfolgen sollten.

Die zu erwartenden Auswirkungen auf die Netze bei gleichzeitig hoher Unsicherheit bezüglich der Entwicklung der E-Mobilität motivieren gegenwärtig und in den vergangenen Jahren eine Vielzahl von Forschungsinitiativen zur E-Mobilität. Der Fokus der Untersuchungen sowie die betrachteten Szenarien sind dabei sehr vielfältig und decken einen weiten Betrachtungsbereich ab.

Als wichtige Ansprechpartner zur Integration der E-Mobilität in das deutsche Stromnetz haben das Forum Netztechnik/Netzbetrieb im VDE (VDE|FNN) und der Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V. (BDEW) die Forschungsgemeinschaft für elektrische Anlagen und Stromwirtschaft e.V. (FGH) damit beauftragt, im Rahmen einer Metastudie die aktuellen Forschungserkenntnisse zusammenzutragen und vergleichend zu bewerten. Auf dieser Basis sollen Handlungsempfehlungen für die technische Regelsetzung, Netzbetreiber und die Regulierung sowie der weitere Forschungsbedarf abgeleitet werden.

Die Metastudie hat demnach folgende aufeinander aufbauende Ziele:

1. Erarbeitung eines Überblicks über relevante Forschungsprojekte
2. Analyse der Vorgehensweisen und Annahmen zur technischen Ausgestaltung der E-Mobilität in den Studien und die Bewertung des Einflusses auf die Netzbelastung
3. Formulierung von Handlungsempfehlungen für eine erfolgreiche Netzintegration
4. Ableitung von weiterem Forschungsbedarf

284 nationale und 36 internationale Studien und Forschungsprojekte (im Folgenden zusammenfassend mit Studien bezeichnet) liegen der Metastudie zu Grunde. Sie entstammen einer umfangreichen Recherche und Auswertung relevanter Forschungsprojekte, wissenschaftlicher Veröffentlichungen sowie Dissertationen. Anhand der Kriterien Vollständigkeit von Angaben für quantitative Auswertungen sowie Umfang und Klarheit der Schlussfolgerungen wurde danach ein Pool von 60 Studien (52 national und 8 international) aus dem Themenfeld Netzintegration von E-Mobilität ausgewählt. Aufbauend auf einer detaillierten Analyse der Studien wurde anschließend ein Parameterset zur Szenarienbeschreibung erarbeitet. Dieses Parameterset (z. B. Marktdurchdringung der E-Mobilität, Anstieg der Netzbelastung, Steuerbarkeit der Ladeeinrichtungen sowie dessen Einsatzziel) definiert die Grundlage für eine einheitliche Auswertung aller ausgewählten Studien. Da viele Studien aus dem Pool mehrere im Sinne dieses Parametersets unterscheidbare Szenarien betrachten, ergeben sich 157 auswertbare Szenarien. Bei der quantitativen Auswertung wurden die Simulations- und Messer-

gebnisse aus Feldtests in den Studien gegenübergestellt und im qualitativen Teil Erkenntnisse der Studien themenbezogen zusammengefasst.

Zentrale Handlungsempfehlungen der Metastudie für eine erfolgreiche Netzintegration sind:

Gleichzeitigkeit und lokale Netzsituation sind zentrale Kenngrößen

- 1** Die aus der E-Mobilität resultierende Netzbelastung ist im Wesentlichen abhängig von zwei Faktoren:
1. der Anzahl der Elektrofahrzeuge, ihrer Ladekurve und der aus ihrem Ladeverhalten resultierenden Gleichzeitigkeit sowie
 2. die konkrete lokale Situation im jeweiligen Verteilnetz.

Entwicklungspfad E-Mobilität noch nicht erkennbar

- 2** Aus den in den Studien untersuchten Szenarien lassen sich keine belastbaren Entwicklungspfade für die E-Mobilität und ihre technische Ausgestaltung ableiten. Es besteht demnach eine hohe Unsicherheit über die zukünftige Ausgestaltung der E-Mobilität und ihren Auswirkungen. Dies stellt ein hohes Risiko für Netzbetreiber dar. Daher benötigen Netzbetreiber Werkzeuge zum Umgang mit dieser Unsicherheit.

Netzdienliche Steuerbarkeit ist entscheidend

- 3** Eine netzdienliche Steuerbarkeit der Ladeeinrichtungen ist entscheidend für eine erfolgreiche, kurzfristig realisierbare Netzintegration der E-Mobilität.

Flexibilität durch E-Mobilität

- 4** Lokale Synergieeffekte zwischen E-Mobilität und der Einspeisung aus erneuerbaren Energien sind möglich. Für einen höheren Beitrag der E-Mobilität zur Systemintegration der erneuerbaren Energien sind jedoch sowohl die Steuerbarkeit als auch mittelfristig entsprechend ausgebaute Netzerforderlich.

Weiterentwicklung der regulatorischen Rahmenbedingungen

- 5** Eine Anpassung der regulatorischen Rahmenbedingungen ist notwendig zur Ermöglichung von bidirektionalem Laden sowie zur kurzfristig umsetzbaren Implementierung intelligenter Technologien.

Die Metastudie identifiziert folgende Forschungsbedarfe:

- 1**

Gleichzeitigkeit muss ausgewiesen werden

Ein zentraler Faktor für die Netzbelastung ist die Gleichzeitigkeit der Ladevorgänge. Diese Kennzahl fasst die Eingangsdaten hinsichtlich der Wirkung auf die Netze vor der tatsächlichen Netzberechnung objektiv zusammen und ist zudem für die Netzplanungspraxis leicht zugänglich. Die Annahmen bezüglich der Gleichzeitigkeit werden in den bisherigen Studien nur selten ausgewiesen.

→ In zukünftigen Studien sollte die Gleichzeitigkeit zur besseren Vergleichbarkeit grundsätzlich berücksichtigt und ausgewiesen werden.
- 2**

Aktuelle Technologien und Entwicklung müssen berücksichtigt werden

Die verfügbaren Studien betrachten oftmals Fahrzeug- und Ladetechnologien, die aufgrund der dynamischen Entwicklung nicht mehr den Stand der Technik abbilden (bspw. Batteriekapazität, Ladeleistung). Zudem wird die Auswirkung zunehmender E-Mobilität im Gewerbesektor kaum betrachtet. Auch finden sich nur wenige Untersuchungen, die das Zusammenwirken unterschiedlicher Lademöglichkeiten (privat, öffentlich, halböffentlich) detailliert nachbilden. Schließlich wird in der Regel die heutige Mobilitätsnutzung unverändert in die Zukunft übertragen.

→ Künftige Forschungsprojekte sollten umfassende, zukunftsgerichtete Modelle von Mobilitätskonzepten verwenden und darauf basierend die Auswirkung auf die unterschiedlichen Spannungsebenen analysieren.
- 3**

Bisher Fokus auf (vor-)städtische Netze – Forschungsbedarf ländliche Netze

Die betrachteten Studien untersuchen überwiegend städtische Niederspannungsnetze, so dass die Herausforderungen in ländlicheren Netzen nicht umfassend untersucht werden.

→ Zukünftige Studien sollten ländliche Netze untersuchen, insbesondere bezüglich der Herausforderungen bei der Spannungshaltung und der Möglichkeit zur Blindleistungsbereitstellung durch Ladeeinrichtungen.
- 4**

Aspekte der Spannungsqualität künftig stärker berücksichtigen

Neben den Grenzen für Strom und Spannung werden nur selten die in Verteilnetzen ebenfalls zu beachtenden Aspekte zur Spannungsqualität adressiert.

→ Künftige Studien sollten auch den Einfluss auf die Spannungsqualität, insbesondere Unsymmetrien bei einphasigem Laden und Netzurückwirkungen (Oberschwingungen), betrachten.
- 5**

Netzausbaubedarf wurde kaum quantifiziert

Nur wenige der untersuchten Studien quantifizieren den Netzausbaubedarf. In den Fällen, in denen dies erfolgt, ist die Aussage auf die ausgewählten Modellnetze beschränkt.

→ Es besteht weiterhin Forschungsbedarf hinsichtlich einer repräsentativen Ermittlung des Netzausbaubedarfs in Abhängigkeit von der Versorgungsaufgabe.

Inhaltsverzeichnis

Management Summary.....	i
1 Motivation und Zielsetzung.....	2
1.1 Hintergrund.....	2
1.2 Ziele der Studie.....	3
1.3 Aufbau des Berichts.....	4
2 Methodisches Vorgehen.....	5
2.1 Überblick.....	5
2.2 Auswertung der Studien anhand eines Parametersets.....	6
2.2.1 Durchdringung.....	6
2.2.2 Gleichzeitigkeit.....	7
2.2.3 Steuerbarkeit.....	7
2.2.4 Anstieg der Netzbelastung.....	8
2.2.5 Weitere Parameter.....	8
3 Datengrundlage der bisherigen Studien.....	9
3.1 Ableitung von Szenarien und Übersicht zum Informationsgehalt.....	9
3.2 Ausgewiesene Betrachtungszeiträume der Szenarien.....	10
3.3 Ladeleistung und Batteriekapazität.....	11
3.4 Betrachtete Spannungsebenen und Versorgungsaufgaben.....	12
3.5 Schlussfolgerungen.....	13
4 Quantitative Auswertung.....	14
4.1 Einfluss der Durchdringung auf die Netzbelastung.....	14
4.1.1 Analyse der Durchdringungsannahmen in den Szenarien.....	14
4.1.2 Auswertung der Netzbelastung.....	15
4.1.3 Auswertung der Netzbelastung unter Parameterfilterung.....	17

4.1.4	Schlussfolgerung.....	19
4.2	Einfluss der Gleichzeitigkeit auf die Netzbelastung	21
4.3	Einfluss der Ladesteuerung auf die Netzbelastung	23
4.3.1	Übersicht zu Annahmen zur Ladesteuerung	23
4.3.2	Einfluss netzdienlicher Steuerung unter weiterer Parameterfilterung.....	25
4.3.3	Schlussfolgerung.....	28
4.4	Einfluss der Ladeleistung auf die Netzbelastung.....	29
4.5	Einfluss des Zubaus erneuerbarer Energien auf die Netzbelastung.....	31
5	Qualitative Diskussion von Schlussfolgerungen der Studien	34
5.1	Übersicht und Vorgehen	34
5.2	Szenarien und Annahmen der E-Mobilität.....	35
5.3	Technische Grenzwerte.....	36
5.4	Netzplanung	37
5.5	Bereitstellung von E-Mobilität für Netz- und Systemdienstleitungen	38
5.6	Ladevorgang	40
5.7	Regulierung.....	41
5.8	Sektorenkopplung	43
6	Resümee.....	45
	Referenzen	47
	Anhang A: Auswertungsbogen	49
	Anhang B: Liste gesammelter Studien.....	50
	Anhang C: Studiensteckbriefe	51

Abkürzungsverzeichnis

CCCV	Constant Current Constant Voltage
DEA	Dezentrale Erzeugungsanlagen
EE	Erneuerbare Energie
E-Fahrzeuge	Elektrofahrzeuge
E-Mobilität	Elektromobilität
GZF	Gleichzeitigkeitsfaktor
HöS	Höchstspannung
HS	Hochspannung
MS	Mittelspannung
NS	Niederspannung
PHEV	Plug-in-hybrid electric vehicle
SoC	State-of-Charge

1 Motivation und Zielsetzung

1.1 Hintergrund

Die Energiewende in Deutschland steht an einem entscheidenden Punkt. Durch tiefgreifende Veränderungsprozesse der letzten Jahre im elektrischen Energieversorgungssystem stehen die deutschen Netzbetreiber vor vielen grundlegenden Herausforderungen. Neben dem zunehmend verstärkten Ausbau erneuerbarer Energien auf der Erzeugungsseite werden die Netzbetreiber durch die Elektrifizierung des Verkehrssektors durch Elektromobilität (E-Mobilität) auch mit neuen Herausforderungen auf der Lastseite adressiert. Im Bereich der Netze werden in der Branche neue Netzengpässe vor allem in den Verteilnetzen durch gleichzeitige Ladevorgänge der Elektrofahrzeuge (E-Fahrzeuge) erwartet. Dabei wirken die Verletzung thermischer Belastungsgrenzen sowie – insbesondere in ländlichen Netzen – auch zulässiger Spannungsbänder in den Netzen begrenzend. Abhängig von der Vorauslastung der in der Vergangenheit für andere Versorgungsaufgaben geplanten Netze liegt lokal unterschiedliches Potenzial zur Netzintegration der E-Mobilität vor. Die zeit- und bedarfsgerechte Netzintegration der E-Mobilität stellt demnach einen mit der Anzahl von E-Fahrzeugen zunehmend relevanten Erfolgsfaktor auch für die sogenannte Verkehrswende dar.

Hinsichtlich des Ausbaus der E-Mobilität setzt das Energiekonzept der Bundesregierung aus dem Jahr 2010 einen Rahmen mit dem Ziel einer Reduktion des Endenergieverbrauchs des Verkehrssektors bis zum Jahre 2050 um 40 Prozent gegenüber dem Referenzjahr 2005. Auch wenn das dort ausgewiesene Ziel von einer Million E-Fahrzeuge für das Jahr 2020 aus heutiger Perspektive ambitioniert erscheint, so gewinnt die E-Mobilität in Deutschland gegenwärtig an Bedeutung. Um den Marktanteil von E-Fahrzeugen weiter zu erhöhen, wurden im Jahr 2016 durch die Bundesregierung zwei Förderinitiativen beschlossen: das sogenannte Marktanzreizprogramm zur Förderung der Ladeinfrastruktur und die Förderung des Erwerbs von E-Fahrzeugen. Darüber hinaus wird eine Vielzahl von Forschungsinitiativen und -projekten zum Thema E-Mobilität öffentlich gefördert.

Die auftretende Netzbelastung ist aber nicht nur mit der Marktdurchdringung an E-Fahrzeugen verknüpft. Auch deren Nutzungsprofile, die verwendete Ladetechnologie und -leistung, deren Standorte und Netzanschlusspunkte sowie schließlich die Steuerung der Ladeeinrichtungen sind relevante Einflussfaktoren, weil sie sich auf das Lastprofil und die Gleichzeitigkeit der Ladevorgänge auswirken. Zusammenfassend bilden sie Szenarien für die Entwicklung der Nutzung der E-Mobilität.

Netzplanerische Entscheidungen erfordern zum einen zeitlichen Vorlauf, zum anderen ist aufgrund der langen Lebensdauern von Betriebsmitteln eine Auslegung für längere Prognosezeiträume der Netznutzung erforderlich. Daher sind abhängig von den Szenarien Strategien und Handlungsoptionen für die Netzbetreiber zu entwickeln. Die müssen in Kombination mit anderen Entwicklungen, insbesondere einer weiter erwarteten steigenden Anzahl dezentraler Erzeugungsanlagen (DEA) oder dem erwarteten Zubau von Speichern realisiert werden, um Wechselwirkungen, insbesondere mögliche Synergien, zu erfassen.

Für viele technische, wirtschaftliche, gesellschaftliche und regulatorische Herausforderungen mit dem Ausbau der E-Mobilität sind in den letzten Jahren bereits viele Entwicklungen und Entscheidungsfindungen gestartet. Dies zeigt sich auch in der Vielzahl der bereits beendeten und laufenden

Forschungsprojekte zur E-Mobilität und der hohen Resonanz, die deren Ergebnisse in der Öffentlichkeit finden.

Als wichtige Ansprechpartner zur Thematik Integration der E-Mobilität in das deutsche Stromnetz haben das Forum Netztechnik/Netzbetrieb im VDE (VDE|FNN) und der Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V. (BDEW) die Forschungsgemeinschaft für elektrische Anlagen und Stromwirtschaft e.V. (FGH) damit beauftragt, im Rahmen einer Metastudie die aktuellen Forschungserkenntnisse zusammenzutragen und vergleichend zu bewerten. Auf dieser Basis sollen Handlungsempfehlungen für die technische Regelsetzung, Netzbetreiber und Regulierung sowie der weitere Forschungsbedarf abgeleitet werden.

1.2 Ziele der Studie

Innerhalb der letzten Jahre wurde in einer großen Zahl wissenschaftlicher Studien der Einfluss der E-Mobilität auf die heutige und zukünftige Belastung der elektrischen Netze untersucht. Die Szenarien zur Nutzung der E-Mobilität sind dabei sehr vielfältig und decken einen weiten Bereich möglicher Entwicklungen ab. Teilweise wurden sie auf Basis umfangreicher Analysen und Simulationen zukünftiger Mobilitätsnutzung und -konzepte mit entsprechend abgeleiteten Modellen ermittelt. Allerdings handelt es sich gelegentlich auch nur um plausible Annahmen zur Abdeckung der möglichen Entwicklungsbandbreite. Des Weiteren sind unterschiedliche Maßnahmen auf Netzbetreiberseite wie auch anderweitige Ladesteuerungsoptionen berücksichtigt. Zwangsläufig ergeben sich unterschiedliche Ergebnisse, insbesondere hinsichtlich des Integrationspotentials der bestehenden Verteilnetze für die Elektromobilität und dem zu erwartenden Netzausbaubedarf.

Die vorliegende Metastudie muss also zunächst die Ergebnisse der Studien differenziert in Abhängigkeit der untersuchten Szenarien und betrachteten elektrischen Netze diskutieren. Dabei werden folgende Fragestellungen verfolgt:

- Quantifizierung des Einflusses der E-Mobilität auf die Netzauslastung anhand verschiedener zuvor identifizierter Einflussfaktoren
- Qualitative Auswertung der betrachteten Studien sowie Ableitung von allgemeingültigen Kernaussagen
- Formulierung von Handlungsempfehlungen für verschiedene Stakeholder, wie beispielsweise Netzbetreiber und Politik

Darüber hinaus bietet es sich an, den zukünftigen Forschungsbedarf zur Schließung von Erkenntnislücken abzuleiten.

Weitere Einflüsse auf die zukünftige Netznutzung, etwa die weitere Integration von Erzeugungsanlagen in die Verteilnetze oder andere erwartete Änderungen auf der Verbrauchsseite (z. B. Wärmepumpen und stationäre Speicher) werden nur insofern erfasst, als dass sie im Sinne der Szenarien Einflussfaktoren auf die in den Studien vorgenommene Netzgestaltung darstellen oder die Netzauslastung beeinflussen. Ihr Einfluss steht aber nicht im Fokus der Untersuchung, sodass Studien, die ihren Einfluss ohne Betrachtung der E-Mobilität analysieren, nicht in die Metastudie miteinbezogen sind.

1.3 Aufbau des Berichts

Im nachfolgenden Abschnitt 2 wird das methodische Vorgehen zur Auswertung der betrachteten Studien beschrieben. Dazu wird zunächst erläutert, anhand welcher Kriterien die Studien ausgewählt wurden. Anschließend wird das Parameterset vorgestellt, auf dessen Basis die Auswertungen erfolgt sind. Außerdem wird die Darstellungsform der Studiensteckbriefe beschrieben, anhand derer die detailliert ausgewerteten Studien im Anhang des Berichts in komprimierter Form dargestellt sind.

Abschnitt 3 erläutert die Ableitung der Szenarien als zentrales Instrument, die Studien vergleichend zu diskutieren. Ferner sind Auswertungen zur Datengrundlage aufgeführt, die zum einen die Bandbreite der Parameter zur Szenarienbeschreibung aufzeigen, zum anderen den – je nach Auswertungstiefe beschränkten – Datenumfang verdeutlichen.

Die Darstellung der Ergebnisse erfolgt in den beiden darauffolgenden Abschnitten. Abschnitt 4 liefert quantitative Auswertungen der ausgewiesenen Netzbelastungen in Abhängigkeit einzelner Parameter. Dabei werden bereits Handlungsempfehlungen für Netzbetreiber, Politik, Regulierung und Hersteller formuliert und auf verbleibenden Forschungsbedarf hingewiesen.

Die qualitative Auswertung in Abschnitt 5 fasst die Kernaussagen der einzelnen Studien thematisch gegliedert zusammen. Soweit sich hieraus gegenüber Abschnitt 4 weitere Handlungsempfehlungen und Aussagen zum zukünftigen Forschungsbedarf ergeben, sind sie dort aufgeführt.

Abschnitt 6 enthält ein zusammenfassendes Fazit, wobei über die Handlungsempfehlungen hinaus Lehren zur Durchführbarkeit einer solchen Metastudie auf vorhandenen Informationen gezogen werden.

Im Anhang befindet sich zudem der Auswertungsbogen (Anhang A), eine Übersicht aller ausgewerteten Studien (Anhang B) sowie zugehörige Steckbriefe (Anhang C).

2 Methodisches Vorgehen

2.1 Überblick

Für die erfolgreiche Erstellung einer Metastudie bedarf es eines systematisch methodischen Vorgehens, um sachgerechte Vergleiche der Studienerkenntnisse zu ermöglichen. In diesem Abschnitt wird deshalb auf das für die Metastudie ausgewählte methodische Vorgehen eingegangen und in den folgenden Abschnitten die verwendeten Begriffe und Definitionen beschrieben. Diese bilden die Basis für die Darstellung der quantitativen und qualitativen Analyse der Ergebnisse in den Abschnitten 4 und 5. Abbildung 1 fasst die nachfolgend beschriebenen Schritte zusammen.

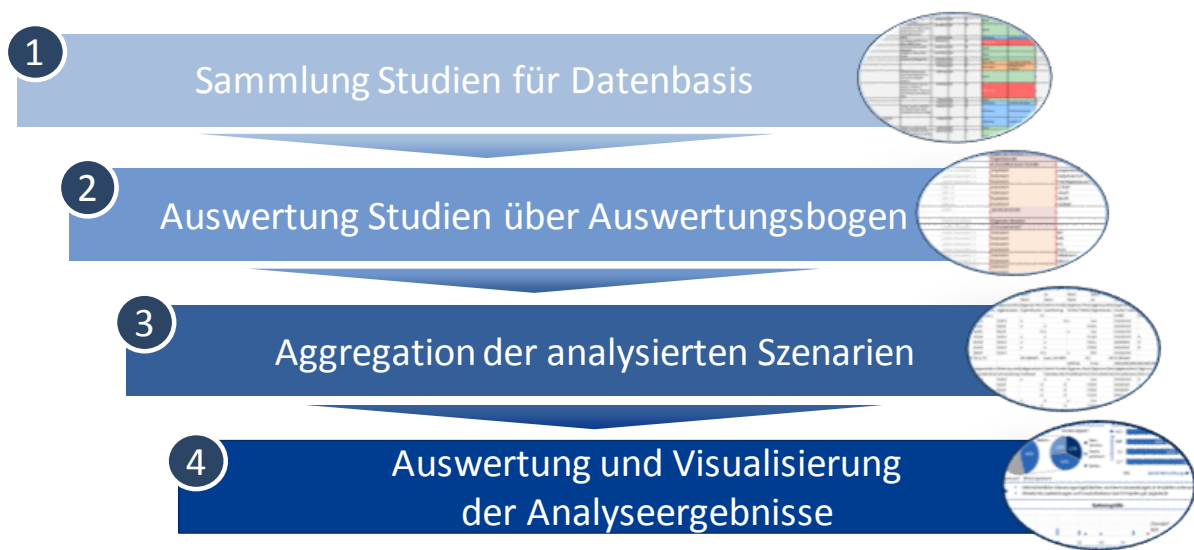


Abbildung 1 Übersicht der Vorgehensweise in der Metastudie

Das Ziel der Metastudie ist die Sammlung von Erkenntnissen aus bereits durchgeführten Studien hinsichtlich der heutigen sowie zukünftig zu erwartenden Auswirkungen der E-Mobilität auf die elektrischen Netze der allgemeinen Versorgung. Für quantitative Aussagen ist eine umfassende Datengrundlage notwendig, weshalb insgesamt 320 öffentlich verfügbare Forschungsprojekte, wissenschaftliche Veröffentlichungen sowie Dissertationen (im Folgenden allgemein als Studien bezeichnet) zu diesem Themengebiet in einer Projektdatenbank zusammengetragen wurden.

Die im Rahmen der Metastudie identifizierten 320 Studien unterscheiden sich hinsichtlich untersuchter Szenarien sowie methodischem Vorgehen und setzen individuelle thematische Schwerpunkte. Deshalb erfolgte nach einer ersten Sichtung der gesammelten Dokumente die Erarbeitung eines Auswertungsbogens, um die Ergebnisse der Studien unter wissenschaftlichen Gesichtspunkten auswerten und einordnen zu können sowie einen thematischen Bezug zum gesetzten Schwerpunkt der Metastudie zu ermöglichen. Dieser Auswertungsbogen besteht aus einem definierten Parameterset zur Beschreibung der Szenarien, das eine Vergleichbarkeit der unterschiedlichen Studien erlaubt und vor allem hinsichtlich der quantitativen Auswertung eine automatisierte Auswertung ermöglicht.

Eine vollständige Darstellung des Auswertungsbogens ist im Anhang A zu finden. Eine nähere Erläuterung der für die Metastudie wichtigsten Parameter erfolgt in Abschnitt 2.2.

Anhand des erstellten Auswertungsbogens wurden die Studien unter der Berücksichtigung einer hinreichend vollständigen Beschreibung der Eingangsparameter und Annahmen vorselektiert. Dabei hat sich gezeigt, dass hinreichend vollständige Angaben im Hinblick auf die angestrebten quantitativen Analysen nur für 46 Studien vorliegen bzw. zu erwarten sind. Darüber hinaus wurden 14 Studien mit qualitativen Erkenntnissen zur Thematik E-Mobilität aufgenommen. Anschließend und auch iterativ bei der weiteren Auswertung dieser Studien wurde der Auswertungsbogen erweitert, um sämtliche für etwaige Auswertungen relevanten und in den Studien aufgeführten Parameter zu erfassen.

In den meisten Studien wurden mehrere Szenarien untersucht, etwa für unterschiedliche Betrachtungsjahre oder berücksichtigte Optionen zur Steuerung der Ladeeinrichtung. Dies führt schlussendlich bei einer auswertbaren Zahl von 46 Studien zu einer erheblich höheren Anzahl an Szenarien. Von den vorliegenden 157 Szenarien ist jedoch wiederum oftmals das Parameterset nicht vollständig ermittelbar, sodass in den quantitativen Untersuchungen eine unterschiedliche Anzahl an Szenarien je nach Datenverfügbarkeit verwendet wurde.

In der quantitativen Auswertung (Abschnitt 4) erfolgte zunächst eine maschinelle Aggregation der ermittelten Parameter in den Auswertungsbögen. Anschließend erfolgten eine Filterung anhand der zu untersuchenden Parameter und die Auswertung der sich ergebenden Angaben zu bekannten und potentiellen Einflussfaktoren auf die Belastung der Stromnetze.

Bei der qualitativen Auswertung (Abschnitt 5) wurden die in den Studien ausgewiesenen Ergebnisse nach folgenden thematischen Aspekten differenziert erfasst und vergleichend diskutiert:

- Mögliche Szenarien der zukünftigen Entwicklung von E-Mobilität und erneuerbaren Energien (EE)
- Technische Grenzwerte
- Netzplanungsaspekte
- System- und Netzdienstleistungen durch E-Mobilität
- Ladevorgang
- Regulierung
- Sektorenkopplung

2.2 Auswertung der Studien anhand eines Parametersets

2.2.1 Durchdringung

Die Marktdurchdringung der E-Mobilität (im Folgenden mit Durchdringung bezeichnet) ist eine relative Angabe, welche die Anzahl der E-Fahrzeuge im Verhältnis zum Gesamtflottenbestand des jeweiligen Betrachtungsgebiets beschreibt. Der Begriff E-Fahrzeug umfasst dabei nachfolgend sowohl rein batterieelektrische Fahrzeuge als auch Plug-In Hybride (PHEV). Die Durchdringung wurde, sofern nicht direkt in den Studien ausgewiesen, auf Grundlage verfügbarer Daten zum heutigen PKW-Bestand und Einwohnerzahlen ermittelt. Die Szenarien wurden zudem in drei Cluster *konservativ*, *moderat* und *progressiv* eingeteilt. Die Zuteilung erfolgte dabei überwiegend anhand der in den Stu-

dien genannten Bezeichnungen der betrachteten Szenarien, sofern eine entsprechende Selbsteinschätzung vorhanden war. Fehlt diese Angabe, wurde zur Bestimmung der Cluster-Zugehörigkeit die in den Szenarien angegebene Durchdringung mit den E-Mobilitätszielen der Bundesregierung für die Jahre 2020 (1 Mio. Fahrzeuge) und 2030 (6 Mio. Fahrzeuge)¹ verglichen. Szenarien innerhalb einer Abweichung von 10% der jeweiligen E-Mobilitätsziele werden dem Cluster moderat zugeordnet. Szenarien unterhalb und oberhalb der 10%-Abweichung werden als konservativ bzw. progressiv klassifiziert.

2.2.2 Gleichzeitigkeit

Der Gleichzeitigkeitsfaktor (GZF) beschreibt für eine Gruppe von Verbrauchern die Wahrscheinlichkeit, dass diese gleichzeitig ihre maximale Leistung verbrauchen. Sie berechnet sich aus dem Verhältnis des maximalen zeitgleichen Summenbezugs zur Summe der maximalen individuellen Verbrauchsleistungen. Für die E-Mobilität entspricht dies im Falle einer Anzahl n von Ladeeinrichtungen mit gleich hoher maximaler Ladeleistungen P_{max} dem Verhältnis von maximal gemessener Summenverbrauchsleistung dieser Ladeeinrichtungen zu $n \cdot P_{max}$.

In der Netzplanung lässt sich anhand der GZF die resultierende Netzbelastung für eine vorgegebene Anzahl von gleichartigen Netzverbrauchskunden oder Verbrauchsgeräten abschätzen. Ein Netz kann dann auf eine maximale Auslastung ausgelegt werden, die dem Produkt aus GZF und summierter Anschlussleistung der Netznutzer der betrachteten Gruppe entspricht. Die Nutzung von GZF stellt somit einen direkten Anschluss an klassische Netzplanungsgrundsätze für Verteilnetze dar.

2.2.3 Steuerbarkeit

Die Gleichzeitigkeit der Ladevorgänge wird stark dadurch beeinflusst, ob diese ungesteuert oder gesteuert erfolgen, bei Steuerung zudem nach deren Art und Anlass. Beim ungesteuerten Fall wird das Fahrzeug für den direkt nach Anschluss an die Ladeeinrichtung einsetzenden, gesamten Ladevorgang mit maximaler Leistung gemäß Ladecharakteristik geladen (ungesteuertes Sofortladen). Für den gesteuerten Fall ist zwischen marktgesteuertem und netzdienlichem Laden zu unterscheiden. Bei Marktsteuerung wird der Ladevorgang durch Anreize aus dem zeitlich veränderlichen, aber für alle Marktteilnehmer eines Marktgebiets gleichen Strompreis beeinflusst. Beim netzdienlichen Laden wird der Ladevorgang so beeinflusst, dass thermische Überlastungen der Netzbetriebsmittel vermieden werden sowie die Spannung und Frequenz im Netz stets im zulässigen Bereich liegen. Dazu werden in den Studien verschiedene Konzepte vorgestellt, die sowohl die Unterbrechung oder Verringerung des Wirkleistungsbezugs der E-Fahrzeuge, aber auch die Einspeisung gespeicherter Energie umfassen können. Diese Einspeisung setzt Ladeeinrichtungen mit bidirektional einstellbarer Wirkleistungsflussrichtung voraus.

Einige Studien betrachten zusätzlich eine systemdienliche Steuerung, bei der die Flexibilität der Ladeeinrichtungen für E-Fahrzeuge dazu verwendet wird, den Verbrauch möglichst optimal auf die kostengünstig oder dargebotsabhängig verfügbare Einspeisung anzupassen. Vor allem wird damit

¹ Nationaler Entwicklungsplan E-Mobilität der Bundesregierung (NEP), 2009

eine Anpassung an die EE-Erzeugung beabsichtigt. Im aktuellen Marktrahmen entspricht dies in Deutschland näherungsweise einer Marktsteuerung, da bei hohem EE-Dargebot tendenziell niedrigere Preise zu erwarten sind.

2.2.4 Anstieg der Netzbelastung

Der zentrale Bewertungsparameter der Metastudie ist der auf Betriebsmittel bezogene Anstieg der maximalen Auslastung. Referenzwert für diesen Anstieg ist die jeweilige Auslastung ohne Berücksichtigung von E-Fahrzeugen. Je nach Szenario kann diese Referenz Entwicklungen bei anderen Netzkunden (z. B. DEA, Speicher) und für deren Netzintegration getätigten Netzausbau beinhalten. In der Metastudie wird der durch das Laden der E-Fahrzeuge hervorgerufene Auslastungsanstieg als Anstiegsfaktor bezeichnet.

Zu beachten ist dabei, dass der Anstiegsfaktor alleine noch keine Aussage hinsichtlich auftretender Überlastungen im Netz erlaubt. Damit ergibt sich daraus auch nicht unmittelbar eine Aussage zur Notwendigkeit des Netzausbaus. Da der Anstiegsfaktor sich auf ein individuell definiertes Referenzszenario ohne Berücksichtigung von E-Mobilität bezieht, kann bei einem bereits im Referenzfall stark ausgelasteten Netz auch ein geringer Anstieg der Netzbelastung zu einer Überlastung führen. Umgekehrt kann auch der zusätzliche Leistungsbedarf in Szenarien mit Berücksichtigung von E-Fahrzeugen im Netz unkritisch sein, etwa in Netzen, in denen die hohe Anzahl von dezentralen Erzeugungsanlagen die Netzauslegung bestimmt.

2.2.5 Weitere Parameter

Neben den bereits erläuterten Parametern berücksichtigt die Metastudie weitere Bewertungsparameter. Diese umfassen netztechnische Parameter, z. B. die untersuchte Spannungsebene sowie zu unterscheidende Versorgungsaufgaben (in den Kategorien städtisch, vorstädtisch, ländlich entsprechend der Angaben in den Studien). Ebenfalls berücksichtigt werden Freiheitsgrade in der Netzplanung (z. B. Berücksichtigung von regelbaren Ortsnetzstationen, Verbraucherflexibilität und Spitzenkappung) sowie technische Parameter in Bezug auf E-Mobilität (z. B. Ladeinfrastruktur, Ladeleistung und Batteriekapazität). Weiterhin wird die Durchführungsmethode der Studie festgehalten, d. h. ob es sich um rein simulative Untersuchungen handelt oder Feldtests durchgeführt wurden.

3 Datengrundlage der bisherigen Studien

3.1 Ableitung von Szenarien und Übersicht zum Informationsgehalt

Von den 60 als relevant eingeordneten und somit ausgewerteten Studien sind 46 im Hinblick auf das im Projektverlauf definierte Parameterset (vgl. Abschnitt 2.1) quantitativ auswertbar. Im überwiegenden Teil der Studien werden mehrere Szenarien definiert, um die Ergebnisse hinsichtlich verschiedener unsicherer Parameter, wie beispielsweise Betrachtungszeitraum, Durchdringung, Eigenschaften von E-Fahrzeugen (z. B. Ladeleistung, Batteriekapazität) oder Netzspezifikationen zu differenzieren. Da die Studien unterschiedliche Schwerpunkte legen und verschiedene Betrachtungsbereiche aufweisen, weisen die Szenarien nicht zu allen Parametern Angaben auf. Zudem lassen sich nicht alle Parameter aus den verfügbaren Quellen der Studie ableiten.

In Abbildung 2 ist beispielhaft die Aufschlüsselung der Anzahl der Szenarien für die Parameter Spannungsebene und Durchdringung im Zusammenhang mit der Netzbelastung dargestellt. In den 46 Studien sind insgesamt 157 auswertbare Szenarien definiert. Bei vielen Parametern ist eine mehrfache Angabe unterschiedlicher Parameterwerte innerhalb eines Szenarios möglich (Spannungsebene, Versorgungsaufgabe, betrachtete Batteriegrößen, Freiheitsgrade im Netzausbau und Ladeleistung). In Abschnitt 4.4 wird beispielsweise der Einfluss der Ladeleistung auf die Netzbelastung ausgewertet. Hierbei gehen viele Szenarien von einem Mix unterschiedlicher Ladeleistungen in ihren E-Mobilitätsannahmen aus. Innerhalb einer differenzierten Auswertung der Ladeleistungen wird die resultierende Netzbelastung eines Szenarios jedem der in dem Szenario betrachteten Leistungswerte zugeordnet. Eine mehrfache Berücksichtigung eines Anstiegswertes der Netzbelastung ist somit möglich. Entsprechend kann in dieser Auswertung die Anzahl der untersuchten Netzbelastungsergebnisse größer sein als die der berücksichtigten Szenarien.

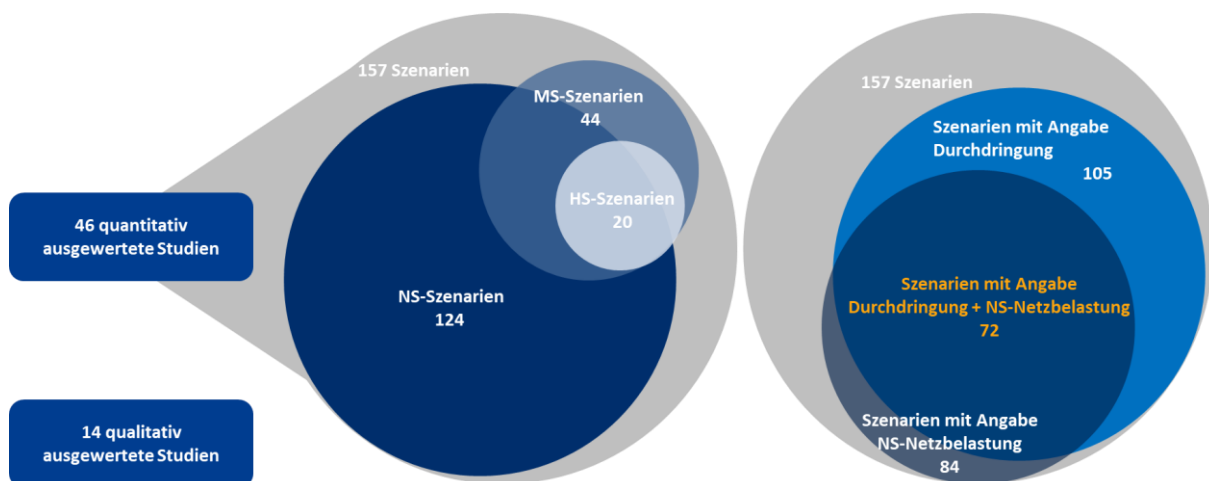


Abbildung 2 Beispielhafte Herleitung der Anzahl an Szenarien für verschiedene Auswertungsparameter aus dem Gesamtpool der ausgewerteten Studien (Schnittmengendiagramme nicht maßstabsgetreu)

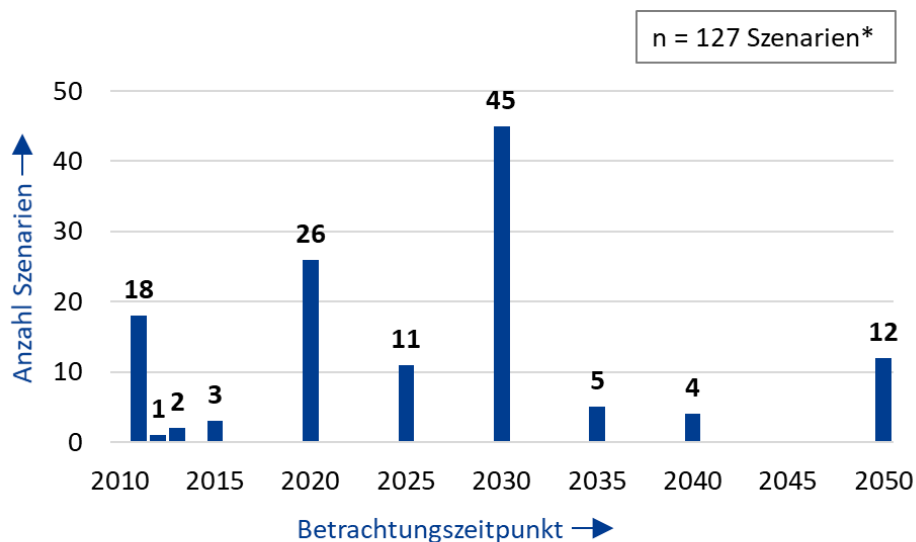
Im Gegensatz zu der zuvor erläuterten Vorgehensweise bei mehrfacher Angabe eines Parameterwertes stellt die Auswertung der Netzbelastung im Zusammenhang mit der Spannungsebene eine Besonderheit dar. In den 157 Szenarien werden insgesamt 188 Netzausschnitte (124 Niederspannungs-

Netze (NS), 44 Mittelspannungs-Netze (MS) und 20 Hochspannungs-Netze (HS) betrachtet (vgl. Abbildung 2, linkes Schnittmengendiagramm). Im Einzelfall werden auch Ausschnitte des Höchstspannungsnetzes (HöS) berechnet. Für die unterschiedlichen Spannungsebenen werden in den Szenarien differenzierte Werte der Netzbelastung angegeben, wodurch aus einem Szenario bis zu 3 Anstiegswerte der Netzbelastung entnommen werden können. Bei einer Auswertung der Netzbelastung kann daher auch hier die Gesamtzahl der Anstiegswerte der Netzbelastungen die eigentliche Anzahl an Szenarien übersteigen.

Je mehr Parameter in einer Auswertung betrachtet werden, desto wahrscheinlicher ist es, dass sich aufgrund eines unterschiedlichen Fokus der Studien oder auch fehlenden Angaben die auswertbare Anzahl an Szenarien verringert. In Abschnitt 4.1.3 wird der Einfluss der E-Mobilität auf die Netzbelastung unter anderem in Abhängigkeit der Durchdringung in der NS-Ebene untersucht. Aus den Studien können 105 Szenarien mit einer Durchdringungsangabe und 84 Szenarien mit einer Angabe der Netzbelastung im NS-Netz gewonnen werden. Für die kombinierte Betrachtung der genannten Parameter resultieren 72 Szenarien (vgl. Abbildung 2, rechtes Schnittmengendiagramm). Es wird ersichtlich, dass sich insbesondere bei einer tiefergehenden Untersuchung die verfügbare Datengrundlage deutlich reduzieren kann und somit belastbare Aussagen aus den Auswertungen zum Teil nicht mehr gezogen werden können.

3.2 Ausgewiesene Betrachtungszeiträume der Szenarien

Zur anschaulichen Beschreibung der Szenarien werden oftmals Zeitpunkte definiert, zu denen die beschriebene Entwicklung der Parameter erwartet wird. Diese angegebenen Zeitpunkte werden im Folgenden als Betrachtungszeitpunkte der Szenarien bezeichnet und sind in Abbildung 3 dargestellt.



* Einige Szenarien ohne Angabe eines Betrachtungszeitpunkts

Abbildung 3 In Szenarien betrachtete Zeitpunkte

In einigen Studien werden sämtliche ausgewiesene Szenarien auf einen einzelnen Zeitpunkt bezogen, um die Bandbreite möglicher Entwicklungen zu erfassen. Dies hat zur Folge, dass die definierte Durchdringung in den jeweiligen Studien nur für einen Netzzustand simuliert werden, ohne dass eine zukünftige, durch andere Treiber wie etwa die dezentrale Einspeisung verursachte Netzentwicklung,

berücksichtigt wird. Das Projekt „ZENEM“ bestimmt so z. B. in 18 Szenarien die Auswirkungen verschiedener Durchdringungen auf ein zur Laufzeit des Projektes gegenwärtiges städtisches Netz aus dem Jahr 2011 [1]. Des Weiteren wurden Szenarien identifiziert, die auf keinen definierten Betrachtungszeitpunkt referenzieren und der anhand der Studienangaben auch nicht abgeleitet werden konnte.

Mit 82 Szenarien liegt die Mehrheit der Szenarien in einem Betrachtungszeitraum zwischen 2020 und 2030. Weiter in der Zukunft liegende Szenarien (2040 bis 2050), wie sie in der politischen Zielsetzung für die Energiewende durchaus betrachtet werden, werden nur in einigen wenigen Szenarien untersucht. Für diese Zeitpunkte ergeben sich große Unsicherheiten bei allen beeinflussenden Parametern wie auch des Mobilitätskonzeptes an sich. Die für die Jahre 2020 und 2030 definierten Zielwerte der Bundesregierung zur E-Mobilitätsentwicklung werden bei den Auswertungen der Metastudie als Orientierungswerte aufgeführt.

3.3 Ladeleistung und Batteriekapazität

Die Ladevorgänge der Batterien in den E-Fahrzeugen sind im Vergleich zu anderen Verbrauchsgeräten am Niederspannungsnetz durch relativ hohe Ladeleistungen charakterisiert, die je nach Nutzungsprofil des E-Fahrzeugs und Batteriekapazität stark unterschiedlich lang anstehen. Die diesbezüglich getroffenen Annahmen in den Szenarien werden nachfolgend dargestellt. Der Anteil der in den Projekten betrachteten Ladeleistungen zeigt Abbildung 4.

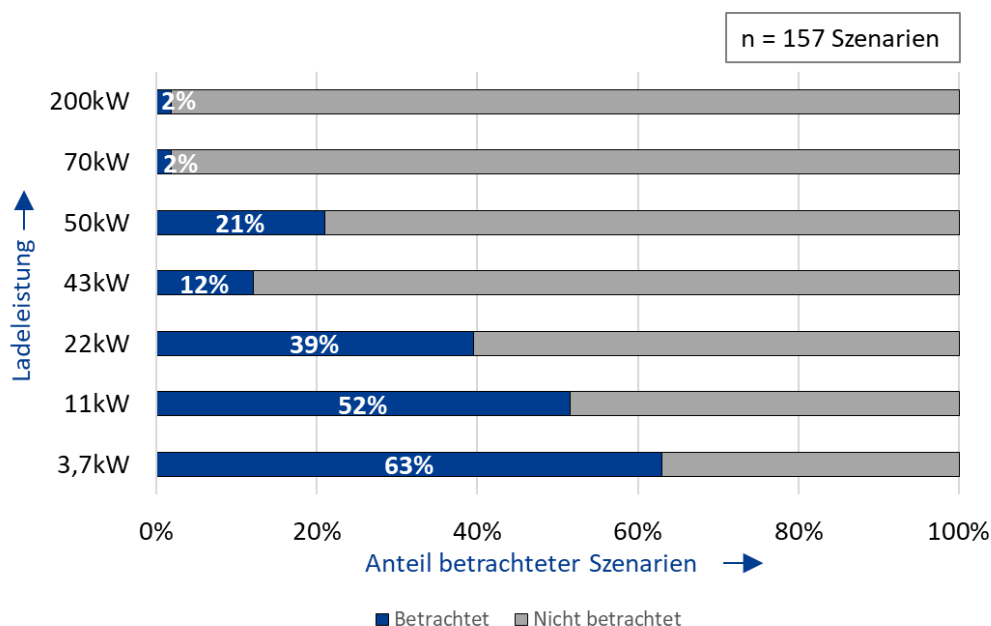


Abbildung 4 In Szenarien betrachtete Ladeleistung

Die Studien betrachten demnach überwiegend niedrige Ladeleistungen. Die am häufigsten angenommenen Ladeleistungen sind dabei 3,7 kW (230 V / 16 A) und 11 kW (400 V / 16 A). Ersteres entspricht dem einphasigen Laden an der Haushaltssteckdose, letzteres entspricht dreiphasigem Laden bei einem symmetrischen Leistungsbezug mit einem Maximalstrom von 16 A. Höhere Ladeleistungen werden bis zum Laden mit Gleichstrom bei 50 kW (dies nur in „ZENEM“) in den Studien betrachtet. Die Anzahl der Szenarien nimmt allerdings mit steigender Ladeleistung ab. Schnellladeeinrichtungen

mit Ladeleistungen von mehr als 50 kW werden in nur wenigen Szenarien berücksichtigt, bei denen auch eine resultierende Netzbelastung ausgewiesen wird. Die hauptsächlich betrachteten Ladeleistungen folgen demnach dem oftmals vorliegenden Fokus auf das NS-Netz (vgl. Abschnitt 3.4).

Abbildung 5 zeigt die Auswertung der in den Szenarien betrachteten Batteriekapazitäten der E-Fahrzeuge. Die Szenarien betrachten überwiegend Batteriekapazitäten zwischen 10 kWh und 40 kWh. Dabei stehen insbesondere die Nennungen der Batteriegrößen bis ca. 20 kWh repräsentativ für die Betrachtung von PHEV in den Szenarien. Heutige durchaus übliche Batteriegrößen für voll-elektrische E-Fahrzeuge mit Auslegung auf größere Reichweiten, wie sie beispielsweise im Opel Ampera-e (60 kWh) und Tesla Model S (75-100 kWh) verbaut werden, sind in den Szenarien nur selten untersucht worden

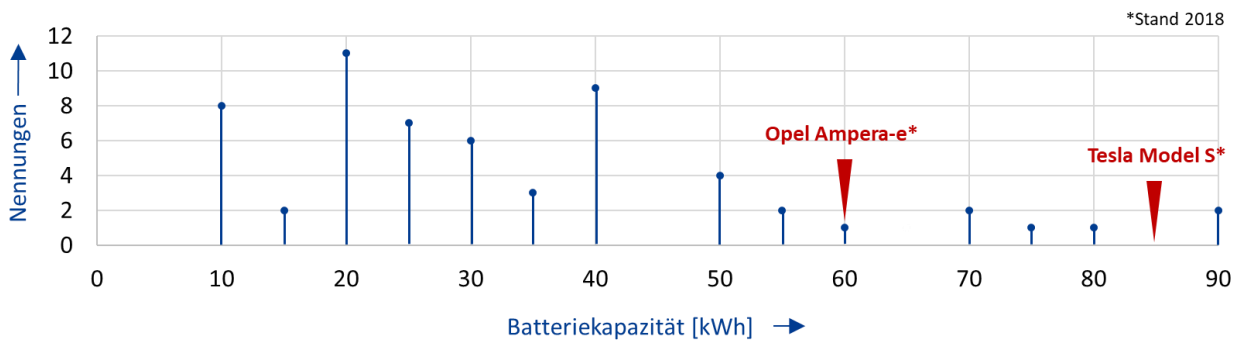


Abbildung 5 In Szenarien betrachtete Batteriekapazitäten

3.4 Betrachtete Spannungsebenen und Versorgungsaufgaben

Die in den Studien ausgewiesenen Szenarien differenzieren nach betrachteten Spannungsebenen und charakteristischen Versorgungsaufgaben. Die zugehörigen Angaben der berücksichtigten Szenarien zeigt Abbildung 6.

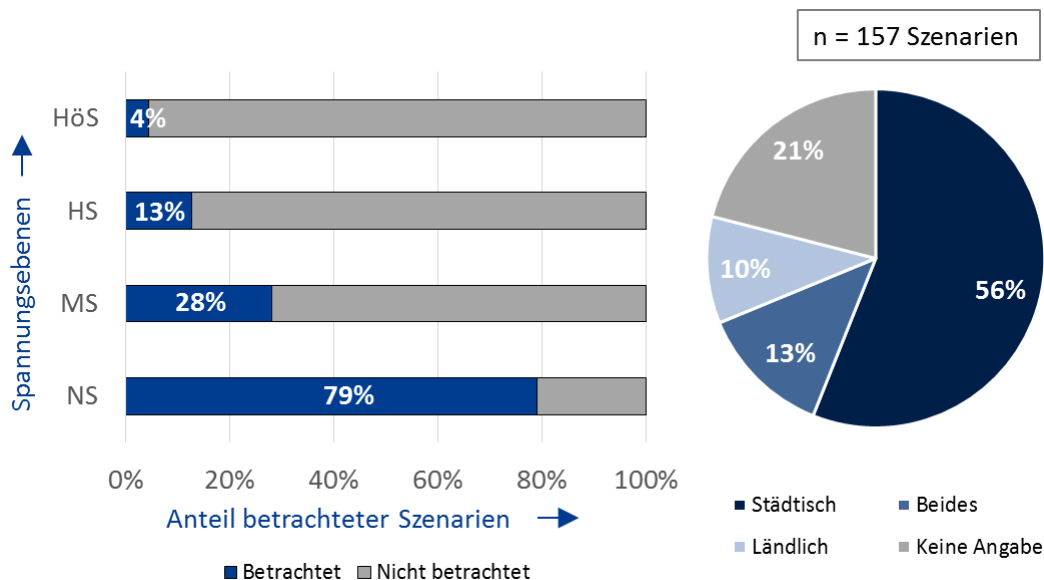


Abbildung 6 Links: In Szenarien betrachtete Spannungsebenen Rechts: In Szenarien aus der Versorgungsaufgabe resultierenden betrachteten Netze

Die linke Darstellung in Abbildung 6 zeigt den Anteil der Szenarien, die die entsprechenden Spannungsebenen berücksichtigen. Dabei wird nach NS, MS, HS und HÖS unterschieden. Sowohl das HÖS- als auch das HS-Netz werden in den Szenarien nur selten betrachtet. Fast alle Szenarien betrachten hingegen das NS-Netz, in 28 % der Szenarien wird auch das MS-Netz in die Analysen einbezogen.

Die rechte Darstellung in Abbildung 6 zeigt die Unterteilung der Szenarien nach charakteristischen Versorgungsaufgaben, die den Gruppen städtisch, ländlich oder einer Kombination aus städtischer und ländlicher Versorgungsaufgabe zugeordnet werden. Die Unterteilung erfolgt dabei nur, falls diese auch in den Studien angegeben sind. Die weitaus überwiegende Zahl der Szenarien betrachtet städtische Regionen, ländliche Regionen stellen mit 10 % der ermittelten Szenarien eine Minderheit dar. Ein Fokus auf städtische Regionen ist insofern nachvollziehbar, als dass elektrische Antriebe oftmals vor allem für die städtische Mobilität als Option gesehen werden. Damit korrelieren auch die nach Abschnitt 3.3 tendenziell gering angenommenen Batteriekapazitäten.

3.5 Schlussfolgerungen

Auch wenn sich aus den Auswertungen zu den auswertbaren Szenarien und beschreibenden Parametern alleine noch keine abschließenden Schlussfolgerungen ziehen lassen, so geben sie doch bereits Hinweise vor allem auf mögliche Schwerpunkte zukünftiger Forschung und erwartete Auswirkungen. Aus den Auswertungen in diesem Abschnitt kann daher festgehalten werden:

- Die vollständige Angabe eines vordefinierten Parametersets würde die Vergleichbarkeit der Studien und die Datengrundlage für derartige Metastudien erhöhen. Dies ist für die aus den Studien abgeleiteten Szenarien nicht durchgängig der Fall, sodass bei der Auswertung der Szenarien nach bestimmten Parametern nur geringe Vergleichsergebnisse verfügbar sind, die die Ableitung von Schlussfolgerungen erschweren bis nicht sachgerecht erscheinen lassen.
- Langfristige Betrachtungszeitpunkte über 2030 hinaus werden kaum betrachtet. Hier ist aber auch zu vermuten, dass die Unsicherheit bei der Entwicklung der E-Mobilität besonders groß ist, sodass entsprechende Aussagen zur Auswirkung auf die Netze kaum eine Leitlinie für heutige Entscheidungen darstellen können.
- Heute bereits verfügbare Batteriekapazitäten für vollelektrische E-Fahrzeuge sind bisher kaum in die Betrachtungen eingeflossen.
- Die Studien betrachten überwiegend NS-Netze in städtischen Regionen.

4 Quantitative Auswertung

4.1 Einfluss der Durchdringung auf die Netzbelastung

4.1.1 Analyse der Durchdringungsannahmen in den Szenarien

Ergebnisse der betrachteten Studien

Einer der wichtigsten Parameter für den Einfluss der E-Mobilität auf die Belastung der Stromnetze ist die Durchdringung an E-Fahrzeugen im betrachteten Netz. Abbildung 7 weist diese Durchdringung in Abhängigkeit des Betrachtungszeitpunkts für die diesbezüglich auswertbaren 115 Szenarien aus. Es zeigt sich, dass in den Studien unterschiedliche Parameterwerte bezüglich der Durchdringung getroffen wurden, wobei insbesondere die als progressiv klassifizierten Szenarien eine hohe Streuung aufweisen. Die Berücksichtigung von Szenarien unterschiedlicher Durchdringung bei gleichem Betrachtungszeitpunkt deutet bereits auf die hohe Unsicherheit bezüglich einer geeigneten Wahl dieses Parameters in den Studien sowie die Unsicherheit in der Dynamikerwartung für die Entwicklung der E-Mobilität hin.

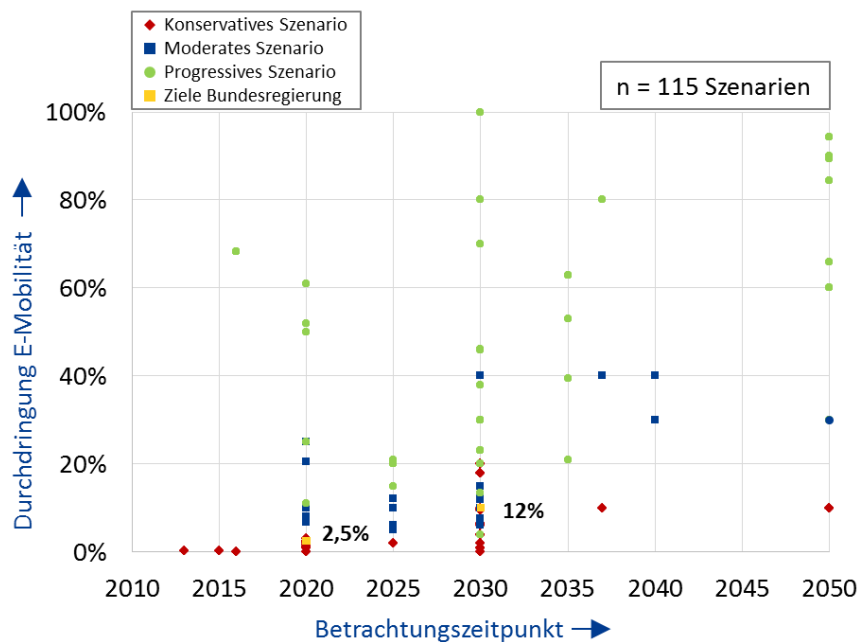


Abbildung 7 Übersicht der Szenarien in Abhängigkeit der Durchdringung und des Betrachtungszeitpunkts

Die Autoren der Studien betonen vielfach, dass die Entwicklung der E-Mobilität nicht nur von technischen Faktoren abhängt, wobei bereits diese aufgrund der technischen Entwicklungen für größere Zeiträume nur schwer prognostizierbar sind. Vielmehr spielen politische Entscheidungen eine große Rolle, insbesondere zur Förderung beim Erwerb von E-Fahrzeugen oder beim Ausbau der Ladeinfrastruktur.

Die Durchdringungsangaben der Studien basieren größtenteils auf vereinfachten Annahmen oder externen Szenarien (z. B. E-Mobilitätsziele der Bundesregierung). In nur wenigen Studien wird die Durchdringung mittels fundierter Modellierung und Simulation der zukünftigen Mobilitätsnutzung

ermittelt (z. B. „ARTEMIS“ [10]). Dies deutet daraufhin, dass die technologischen und politischen Einflussfaktoren auf die Entwicklung der E-Mobilität entweder sehr aufwendig zu ermitteln oder nicht genauer bekannt sind.

Die offensichtlich bestehende Prognoseunsicherheit stellt für die Netzplanung einen erheblichen Risikofaktor dar. Wie oftmals beim Ausbau der DEA mangels sinnvoller Alternativen erzwungen, droht erneut ein rein anlassbezogener Netzausbau, anstatt mit hinreichend belastbar prognostizierbarer Entwicklung der E-Mobilität den Netzausbau effizienter gestalten zu können. Zur besseren Einschätzung wird in den folgenden Abschnitten die resultierende Netzbelastung in den Szenarien betrachtet.

4.1.2 Auswertung der Netzbelastung

Ergebnisse der betrachteten Studien

Abbildung 8 zeigt den Anstieg der Netzbelastung in Abhängigkeit der Durchdringung für alle diesbezüglich auswertbaren 110 Szenarien. Zudem wird für alle Szenarien ausgewiesen, ob Überlastungen im betrachteten Netz aufgetreten sind.

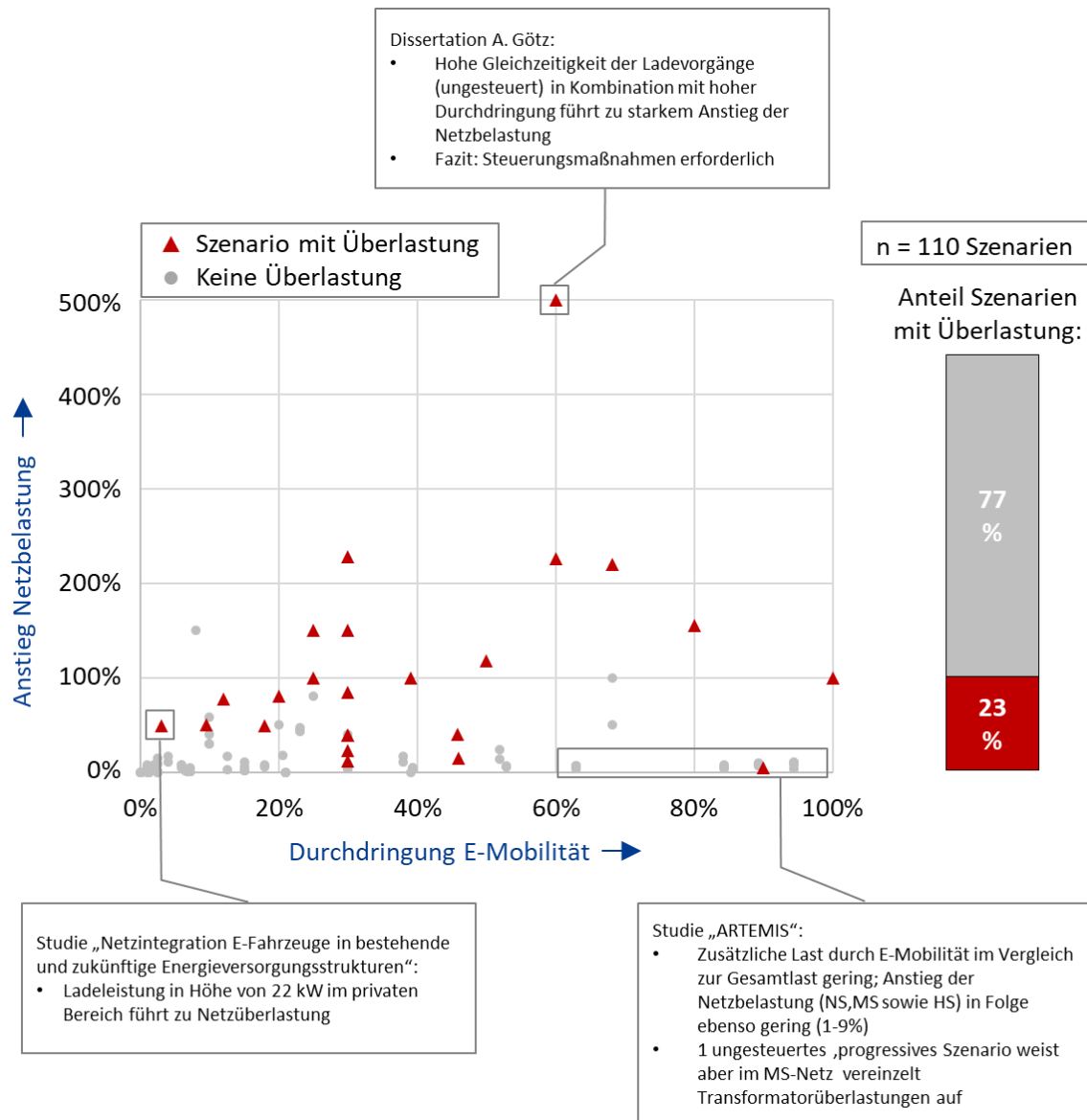


Abbildung 8 Übersicht der Szenarien in Abhängigkeit der Durchdringung und des Anstiegs der Netzbelastung sowie Kennzeichnung der Netzüberlastungen

Mit 23 % ist der Anteil von Szenarien mit resultierenden Netzüberlastungen relativ gering, obwohl zahlreiche progressive Szenarien betrachtet werden. Oftmals ist also kein Netzausbau auch bei größeren Durchdringungen erforderlich. Wie in Abschnitt 2.2.4 ausgeführt, kann das betrachtete Netz aber durchaus gegenüber heute Ausbaumaßnahmen aus anderen Gründen (z. B. DEA, Speicher) beinhalten. Entscheidend ist dann, welche Entwicklung überwiegend dimensionierend auf die Netzauslegung wirkt.

Erwartungsgemäß zeigen sich resultierende Überlastungen tendenziell häufiger bei höheren Anstiegen der Netzbelastung. Zudem ist bei steigender Durchdringung eine Zunahme sowohl der Netzbelastung als auch der Überlastungen zu erkennen. Dennoch nehmen die Netzbelastungen in den Szenarien nicht durchgängig mit steigender Durchdringung zu. Es existieren Szenarien mit sehr geringem Anstieg der Netzbelastung und keiner resultierenden Überlastung bei sehr hohen Durchdringungen. Ebenfalls erkennbar ist, dass auch bei niedriger Durchdringung vereinzelt Überlastungen auftreten können. Die genannten Punkte lassen sich nur durch eine Abhängigkeit von anderen, hier nicht aus-

gewerteten Parameter erklären, die die resultierende Netzbelastung signifikant beeinflussen oder sogar – im Vergleich zum Parameter Durchdringung – dominieren. Der Einfluss der Durchdringung wird daher im Folgenden unter Filterung nach weiteren Einflussparametern erneut untersucht, um so eine Vergleichbarkeit von Szenarien mit ähnlichen Simulationsannahmen zu ermöglichen.

4.1.3 Auswertung der Netzbelastung unter Parameterfilterung

Ergebnisse der betrachteten Studien

Um gezielt ähnliche Szenarien hinsichtlich des Zusammenhangs von ausgewiesener Durchdringung und resultierender Netzauslastung zu bewerten, wurden Szenarien entsprechend der beispielhaften Vorgehensweise in Abbildung 9 gefiltert. Die Auswertung beschränkt sich auf das NS-Netz, da nur dort eine größere Anzahl von Szenarien aus den Studien vorliegt und die höchsten Anstiege der Netzbelastung ausgewiesen wurden. Um zu verhindern, dass unterschiedliche Steuerungs- und Netzausbauprämissen die Netzbelastung beeinflussen, beschränkt sich die folgende Auswertung zudem auf Szenarien mit konventionellem Netzausbau, in denen ein ungesteuertes Sofortladen betrachtet wurde.

Abbildung 10 zeigt den Anstieg der Netzbelastung in Abhängigkeit der ausgewiesenen Durchdringung bei Auswahl der betrachteten Szenarien anhand der in Abbildung 9 gezeigten Parameterfilterung. Bei den verbleibenden 44 Szenarien weisen Szenarien mit höherer Durchdringung im jeweiligen Teilnetz eine erhöhte Wahrscheinlichkeit für Überlastung und somit die Notwendigkeit netzentlastender Maßnahmen auf. Da die Ergebnisse selbst bei selektiver Auswahl der Szenarien nach Abbildung 9 und Betrachtung einer fixen Durchdringung sehr unterschiedliche Netzbelastungen ausweisen, lässt sich keine Szenarien übergreifend gültige kritische Durchdringung ableiten. Dies ist zum Teil auch durch den Einfluss nicht betrachteter Parameter und Annahmen zu erklären. So hängt die auftretende Netzbelastung insbesondere auch von der Netztopologie, der Dimensionierung des Netzes auf die vorliegende Versorgungsaufgabe ohne Berücksichtigung von E-Mobilität, der Entwicklung dieser Versorgungsaufgabe sowie der Position der Ladeeinrichtungen im Netz und deren Nutzung ab. Doch auch eine weitere Filterung der Szenarien nach diesen Parametern schafft keine belastbarere Aussage zur kritischen Durchdringung und des erforderlichen Netzausbaus.

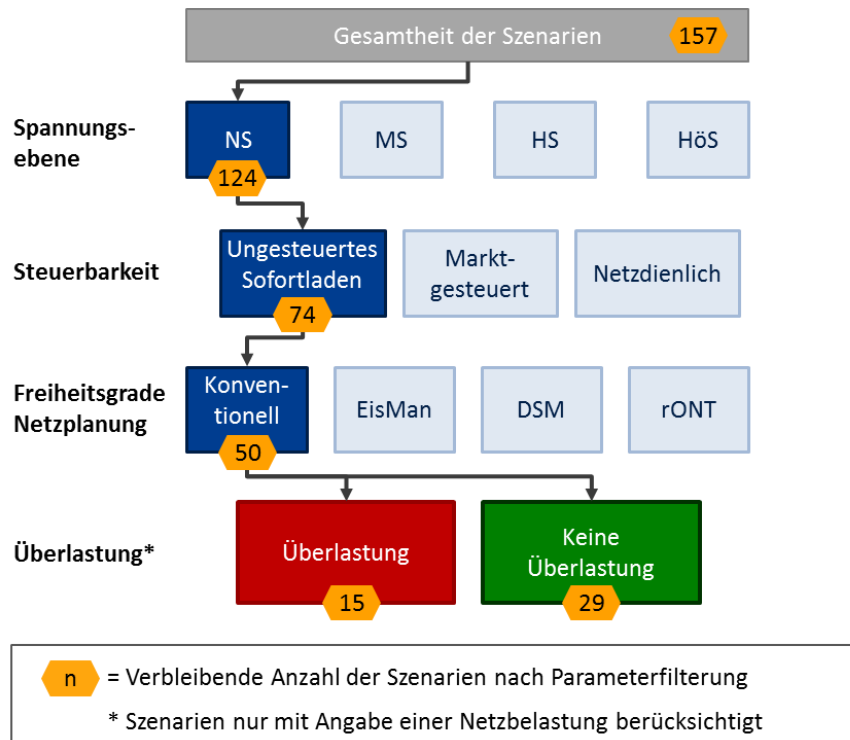


Abbildung 9 Vorgehensweise der Parameterfilterung bei der Untersuchung des Einflusses der Durchdringung auf die Netzbelastung

Die Übertragbarkeit und Verallgemeinerbarkeit der Ergebnisse aus den betrachteten Forschungsprojekten wird auch dadurch erschwert, dass oftmals nur wenige exemplarische Netzausschnitte behandelt wurden. Zudem wird häufig eine homogene Verteilung der Ladeeinrichtungen bei ähnlicher Nutzung der E-Mobilität unterstellt. Dies lässt aber außer Betracht, dass in der Praxis Konzentrationseffekte aufgrund der verfügbaren Einkommen in bestimmten Vierteln und Regionen, der Möglichkeit zur Errichtung privater Ladeinfrastruktur auf eigenen Grundstücken sowie von bereits aus der Verbreitung von PV-Anlagen bekannten nachbarschaftlichen Nachahmer-Effekten zu erwarten sind. Daher sind lokal auch bei geringen Durchdringungen der E-Mobilität bereits Überlastungen möglich.

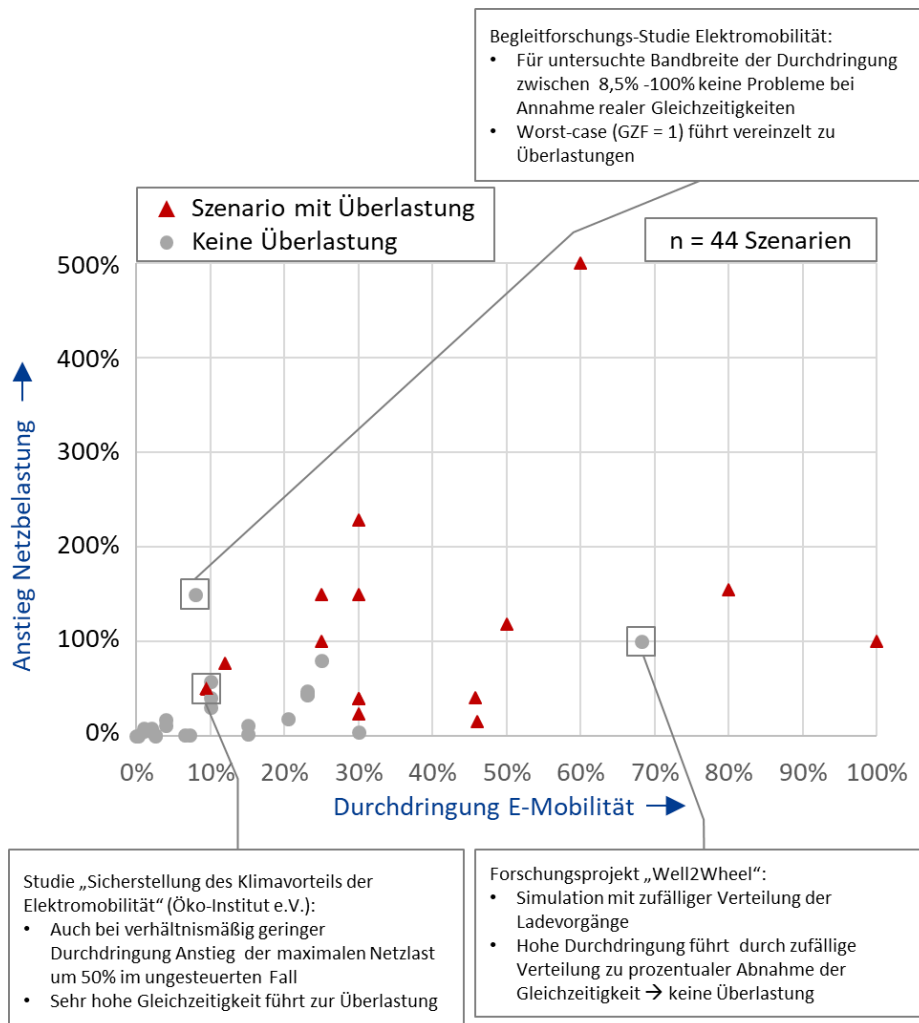


Abbildung 10 Übersicht der Szenarien in Abhängigkeit der Durchdringung und des Anstiegs der Netzbelastung nach Parameterfilterung

4.1.4 Schlussfolgerung

Handlungsempfehlungen

Die Analyse der Durchdringungsannahmen in den Szenarien hat aufgezeigt, dass bezüglich dieses Parameters eine hohe Unsicherheit vorliegt. Diese liegt sowohl in der überhaupt erwarteten Durchdringung als auch der zeitlichen Dynamik bis zum Erreichen bestimmter Durchdringungswerte vor. Grundsätzlich ist mit einem Technologiewechsel wie bei der E-Mobilität eine hohe Unsicherheit verbunden, wenn die wirtschaftlichen Einsatzgebiete der neuen Technologie nur auf Basis von Szenarien eingeschätzt werden können. Dies gilt insbesondere dann, wenn die Szenarien mangels umfangreicherer Modelle oder aufgrund der schwer zu prognostizierenden Entwicklung der Technologie nur auf einfachen Abschätzungen basieren. Die Auswertungen in den vorherigen Abschnitten zeigen aber sehr wohl, dass E-Mobilität zu deutlichen Anstiegen der Netzbelastung und damit der Notwendigkeit von Netzausbau führen kann. Die Politik sollte sich daher bei ihrer Anreizsetzung bewusst sein, mit welcher Dynamik und Prognosegenauigkeit Herausforderungen für die elektrischen Netze entstehen.

Um den Netzbetreibern eine Reaktionsmöglichkeit auf die lokale Entwicklung der Netzbelastung durch E-Mobilität zu bieten, wird für Ladeeinrichtungen eine angemessene Anmeldepflicht empfohlen. Trotz der Anmeldepflicht verbleiben für den Netzbetreiber Unsicherheiten bei der Prognose der

Netzbelastung aufgrund des nicht bekannten tatsächlichen Nutzerverhaltens. Für die Verteilnetze der MS- und vor allem auch der NS-Ebene kann der aktuelle Belastungszustand mangels Messungen und deren zentrale Auswertung heute betrieblich in der Regel nicht überwacht werden. Damit liegt eine Voraussetzung für eine gezielte übergreifende Steuerung der Ladevorgänge nicht vor. Daher sind kurzfristig implizite, dezentral wirkende Maßnahmen erforderlich, mit denen eine Überlastung verhindert werden kann. Hier ist z. B. eine an den Ladeeinrichtungen parametrierbare $P(U)$ -Regelung vorzuschlagen. Mindestens ist eine Eingriffsmöglichkeit für Netzbetreiber vorzusehen, mit denen eine Option zur temporären Reduzierung und Verschiebung der bezogenen Leistung besteht, sofern es kritische Situationen im Netz gibt. Diese kann auf dem jeweils bestehenden Informationsgrad zur aktuellen Netzbelastung genutzt werden. Langfristig ist damit bei hergestellter Beobachtbarkeit und zulässiger Steuerung eine gezielte und maximale Ausnutzung der vorhandenen Netzkapazität möglich.

Die gefilterte Auswertung der Szenarien hat gezeigt, dass die in den Studien untersuchten Netzausschnitte bei zunehmender Durchdringung von E-Fahrzeugen eine steigende Wahrscheinlichkeit von erforderlichen Maßnahmen (z. B. Ladesteuerung oder Netzausbau) zur Vermeidung von Netzüberlastungen aufweisen. Aus Untersuchungsergebnissen einzelner Netzausschnitte kann jedoch keine belastbare Aussage für andere Verteilnetze getroffen werden. Abhängig von der spezifischen Netzstruktur und lokaler Häufung von E-Fahrzeugen im Netz können auch bei geringen Durchdringungen lokale Überlastungen auftreten. Es wird daher empfohlen: für Netze, in denen aufgrund des Anschlusses von E-Fahrzeugen kritische Systemzustände zu erwarten sind, eine hinreichende Beobachtbarkeit des aktuellen Belastungszustands aufzubauen, um Netzengpässe frühzeitig zu erkennen und Maßnahmen ergreifen zu können.

Handlungsempfehlungen



- **Verpflichtende Anmeldeverfahren für Ladeeinrichtungen zur Reduzierung der Unsicherheit in der Entwicklung der regionalen und lokalen Durchdringung**
- **Schaffung von Optionen für netzentlastend wirkende Maßnahmen für den Netzbetreiber zur Begegnung der Unsicherheit des unbekanntem Nutzerverhaltens. Kurzfristig sind implizit wirkende Sicherheitsmaßnahmen erforderlich (z. B. $P(U)$ -Regelung). Zudem ist bereits heute die Option zur Lastverschiebung sicher zu stellen.**
- **Aufbau eines Monitoringsystems zur Überwachung des Systemzustands in Netzen, in denen kritische Systemzustände zu erwarten sind**

Forschungsbedarf

Die Studien thematisieren die Durchdringung überwiegend nur für private E-Fahrzeuge. Die Durchdringung bezieht sich dabei meist auf die heutige PKW-Nutzung unter Berücksichtigung heutiger Mobilitätskonzepte. Da elektrifizierte Nutzfahrzeuge oftmals nicht im Fokus stehen, wird ein potentiell signifikanter Anteil der E-Mobilität nicht ausgewertet. Auch können sich Mobilitätsbedarf und Nutzerverhalten (etwa durch die Verfügbarkeit autonom fahrender Fahrzeuge) ändern. Forschungsbedarf besteht zudem hinsichtlich der Lastprofile der privaten Ladeinfrastruktur im Hinblick auf sich ändernde Fahrzeug- und Ladetechnologien (z. B. Ladeleistung und Batteriekapazität), die eine andere

Verteilung der durch die Ladevorgänge entstehende Verbrauchslast auf die Spannungsebenen bedingen kann.

Forschungsbedarf



- Neue Studien mit aktuellem Stand der Technik, da aktuell meist nur Studien mit veralteten Technologien zur Verfügung stehen
 - Auswirkung der E-Mobilität im Gewerbesektor, da aktuell kaum betrachtet
 - Detailliertes Zusammenwirken zwischen unterschiedlichen Lademöglichkeiten (privat, öffentlich, halböffentlich), da aktuell nur selten untersucht
 - Genauere Hochrechnungsmethode für Mobilitätsnutzung, da heute üblicherweise unverändert hochgerechnet wird
- ➔ Bedarf nach einer umfassenden Modellierung von Mobilitätskonzepten in zukünftige Forschungsprojekte; darauf basierend Analyse der Auswirkung auf die Netze unterschiedlicher Spannungsebenen

4.2 Einfluss der Gleichzeitigkeit auf die Netzbelastung

Ergebnisse der betrachteten Studien

In vielen Studien sind die gestiegenen Netzbelastungen und der damit begründete Netzausbaubedarf in Abhängigkeit der Durchdringung dargestellt. Qualitativ wird in den Studien darüber hinaus auf die Bedeutung der Gleichzeitigkeit eingegangen, allerdings erfolgt selten eine konkrete Ausweisung dieses Parameters oder Angaben, aus denen GZF abgeleitet bzw. berechnet werden können. Die in der Metastudie erfassten GZF basieren teilweise auf vereinfachenden Annahmen und sind daher kritisch zu diskutieren. Dazu zählen die nachfolgenden Aspekte:

- Die gemessenen GZF aus Feldtests sind nicht repräsentativ, da dort stets von einer verhältnismäßig kleinen Flotte ausgegangen wird.
- Der GZF bezieht sich auf die gesamte Flotte eines Feldtests. Dies erlaubt jedoch keine Aussage bezüglich des lokal unterschiedlichen Ladeverhaltens, wodurch die lokale Netzbelastung fehlerhaft bestimmt wird.
- Es werden E-Fahrzeuge eingesetzt, die nicht dem Stand der Technik bzw. möglichen zukünftigen Entwicklungen entsprechen. Geringe Ladeleistung und Batteriegröße beeinflussen aber das Ladeverhalten und führen zu anderen GZF.
- Anstatt einer Bandbreite von möglichen GZF wird nur das worst-case Szenario betrachtet, d. h. ein GZF von 1.

Dennoch verdeutlicht die Auswertung der verfügbaren zwölf Szenarien mit ausgewiesenen oder ableitbaren Angaben zur Gleichzeitigkeit und Durchdringung die Notwendigkeit einer kombinierten Betrachtung beider Parameter bei der Bewertung des Einflusses der E-Mobilität auf die Netzbelastung. Abbildung 11 zeigt dazu den Anstieg der Netzbelastung in Abhängigkeit dieser beiden Parameter. Es wird ersichtlich, dass eine hohe Durchdringung nicht automatisch einen hohen Anstieg der Netzbelastung bedingt. So sind bei Szenarien mit hohen Durchdringungsangaben, aber niedrigen

GZF, ähnlich hohe relative Anstiege der Netzbelastung zu verzeichnen, wie bei Szenarien mit relativ kleinem Anteil E-Mobilität aber hohen GZFs.

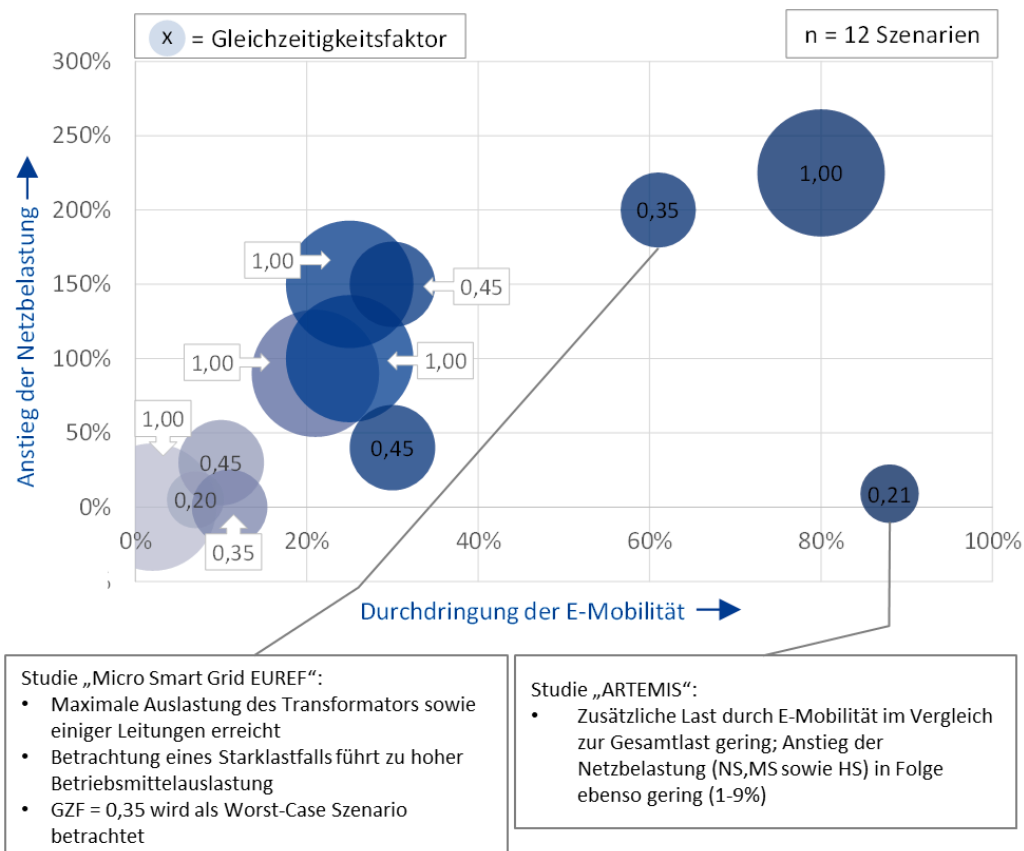


Abbildung 11 Kombinierte Betrachtung der Einflüsse von Gleichzeitigkeit und Durchdringung auf den Anstieg der Netzbelastung

Forschungsbedarf

Die Gleichzeitigkeit der Ladevorgänge ist ein zentraler Faktor für die Netzbelastung, fasst die Eingangsdaten hinsichtlich der Wirkung auf die Netze vor der tatsächlichen Netzberechnung objektiv zusammen und ist zudem Grundlage für die Netzplanung. Sie wird aber in den bisherigen Studien nur selten ausgewiesen. Dies sollte zukünftig zur besseren Vergleichbarkeit der Studien grundsätzlich erfolgen.



Forschungsbedarf

- Ausweisung der angenommenen Gleichzeitigkeit für bessere Transparenz und als geeignete, praxisrelevante Grundlage zum Vergleich verschiedener Projektergebnisse

4.3 Einfluss der Ladesteuerung auf die Netzbelastung

4.3.1 Übersicht zu Annahmen zur Ladesteuerung

Die gezielte Beeinflussung des Ladevorgangs – etwa die Unterbrechung des Ladevorgangs für einen bestimmten Zeitraum – ist ein wesentlicher Einflussfaktor für die resultierende Netzbelastung. Ein solcher steuernder Eingriff wird in einer Vielzahl von Projekten untersucht. Dabei werden häufig verschiedene Konzepte der Ladesteuerung gegenübergestellt. Abbildung 12 zeigt dazu die in den Szenarien betrachteten Steuerungsoptionen.

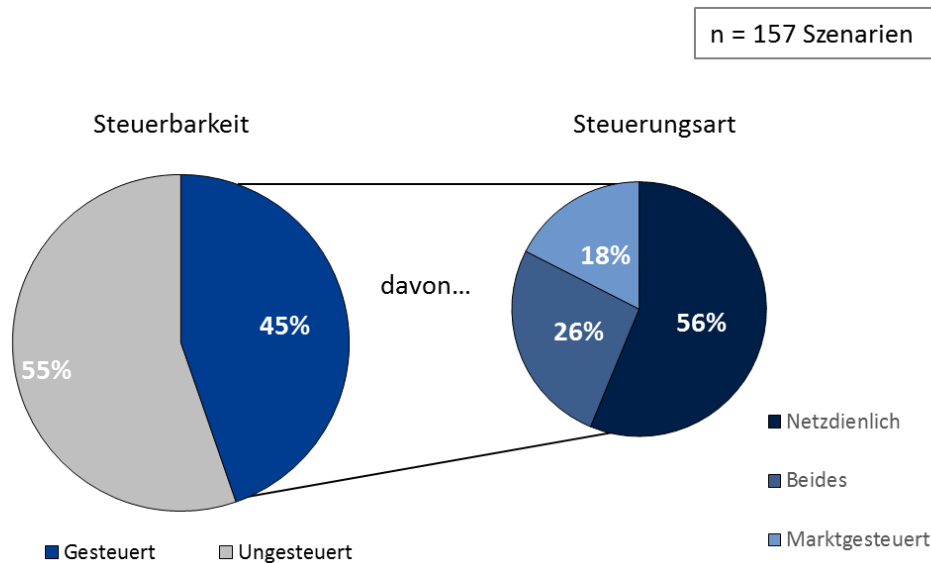


Abbildung 12 In den Szenarien betrachtete Steuerungsoptionen

Nahezu die Hälfte (45 %) der hierzu ausgewerteten Szenarien berücksichtigt eine Steuerung der Ladeeinrichtung. In diesen Szenarien wird zudem nach unterschiedlichen Arten der Steuerung – netzdienliche Steuerung, Marktsteuerung – differenziert (vgl. Abschnitt 2.2.3). Die Realisierung der so differenziert kategorisierten Ladesteuerung ist in den betrachteten Studien aber zusätzlich konzeptionell unterschiedlich. Die Vielzahl an Unterschieden im Detail erlaubt aber keine weitere detaillierte Aufschlüsselung. Auf die Konzepte wird in der qualitativen Auswertung (vgl. Abschnitt 5.6) der Metastudie detailliert eingegangen. Für die verbleibenden 55 % der Szenarien wird in den Studien entweder von ungesteuertem Sofortladen ausgegangen oder eine diesbezügliche Angabe fehlt komplett. Unter der Prämisse, dass die Steuerbarkeit des Ladevorgangs – falls in den Studien umgesetzt – stets angegeben wird, wird für den Fall einer fehlenden Angabe von ungesteuertem Sofortladen ausgegangen.

Um die Auswirkungen der Steuerbarkeit auf die Netzbelastung zu untersuchen, sind in Abbildung 13 die prognostizierten Anstiege der Netzbelastung in Abhängigkeit der Steuerungsart und Durchdringung der E-Mobilität aufgetragen. Insgesamt umfasst die Menge der betrachteten Szenarien 32 mit nur netzdienlicher Steuerung sowie sechs mit ausschließlicher Marktsteuerung. Bei drei Szenarien wird eine Marktsteuerung betrachtet, die für Zeiträume mit kritischer Netzbelastung durch eine netzdienliche Steuerung ersetzt wird. Diese Szenarien werden – jeweils mit ihrem spezifischen Er-

gebnis in den Zeiträumen – in Abbildung 12 sowohl der Kategorie netzdienliche Steuerung als auch Marktsteuerung zugeordnet.

Erwartungsgemäß zeigt sich, dass ein Großteil der netzdienlich gesteuerten Szenarien im Vergleich zu Szenarien ohne Steuerungsoption einen niedrigen Anstieg der Netzbelastung aufweist. Hier gelingt im Allgemeinen mittels der Steuerung eine Verschiebung der Ladung in Zeitbereiche geringerer Netzauslastung bzw. eine Begrenzung der Gleichzeitigkeit. Auch bei Durchdringungen deutlich über 20 % weisen einige Szenarien mit netzdienlicher Steuerung einen nur geringfügigen Anstieg der Netzbelastung aus. Allerdings weisen einige Studien hohe Anstiegsfaktoren auch bei netzdienlicher Steuerung und niedriger Durchdringung aus. Eine detaillierte Untersuchung dieser Szenarien erfolgt daher in Abschnitt 4.3.2.

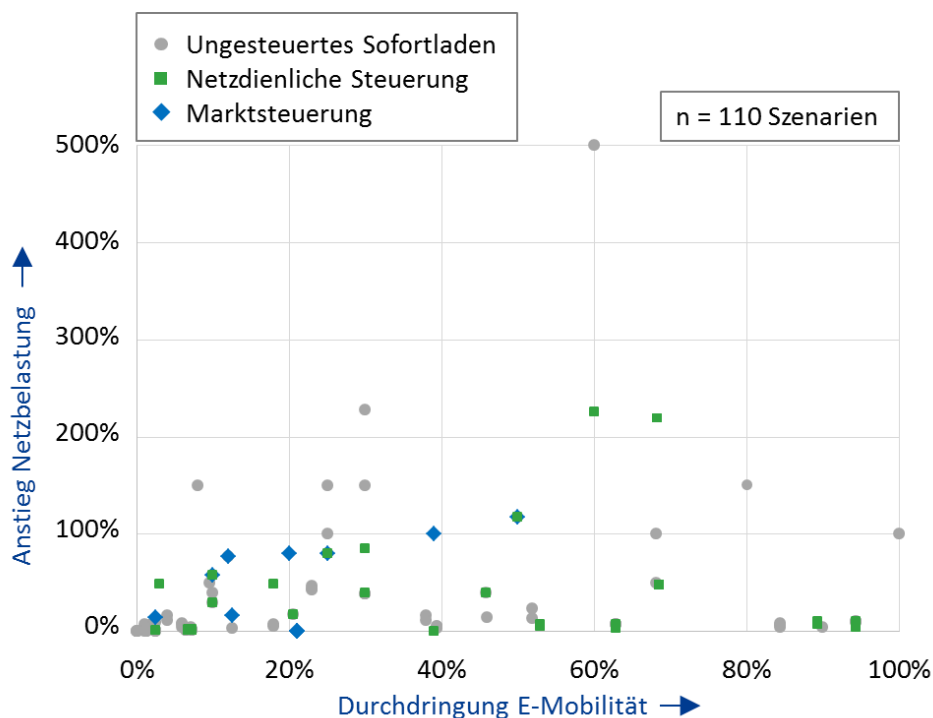


Abbildung 13 Übersicht der Szenarien in Abhängigkeit der Steuerungsart, der Durchdringung und des Anstiegs der Netzbelastung

Eine Korrelation zwischen den Szenarien mit Marktsteuerung und der Durchdringung ist in Abbildung 13 nicht erkennbar. Einige Studien sagen aus, dass der Einsatz der Marktsteuerung im Vergleich zum ungesteuerten Sofortladen die Netzbelastung sowohl erhöhen als auch reduzieren kann. Die zunächst erwartete Auswirkung einer ausschließlich höheren Netzauslastung durch höhere Gleichzeitigkeiten infolge der Preissignale des Marktes ist somit nicht allgemeingültig feststellbar.

Durch eine weitergehende Analyse der konkreten Umsetzung der Marktsteuerung in den Projekten konnten folgende Erkenntnisse gewonnen werden:

- Grundsätzlich kann die Orientierung der Ladevorgänge an Strompreisen zu einer hohen Gleichzeitigkeit der Ladvorgänge führen. Fällt der Zeitpunkt niedriger Strompreise mit einer hohen Verbraucherlast (z. B. für Haushalte in den Abendstunden) zusammen, führt die Marktsteuerung zu einer signifikanten Erhöhung der Netzbelastung.

- In Einzelfällen können in Abhängigkeit der lokalen Netz- und Kundenstruktur die Preisanreize der Strommärkte aber auch netzentlastend wirken. Sind die Strompreise etwa aufgrund eines hohen Dargebots an Einspeisung auf Basis EE verhältnismäßig gering und DEA sowie Ladeinfrastruktur im Netz vorteilhaft verteilt – d. h. insbesondere örtlich benachbart –, kann Marktsteuerung die Netzbelastung reduzieren.
- Bei einer Marktsteuerung abhängig vom Börsenpreis ist grundsätzlich eine möglichst gute Systemintegration der E-Mobilität hinsichtlich der Verfügbarkeit an Erzeugungsleistung zu erwarten. Es besteht demnach ein Zielkonflikt zwischen der zur Vermeidung lokalen Netzausbaus gewünschten netzdienlichen Steuerung und der oftmals zu hoher Gleichzeitigkeit führenden systemdienlichen Steuerung. Dieser Zielkonflikt könnte ggf. durch geeignete Priorisierungsmechanismen anhand von Systemdaten aufgelöst werden im Sinne einer volkswirtschaftlich optimalen Lösung unter Berücksichtigung gegebener Betriebsbedingungen.

4.3.2 Einfluss netzdienlicher Steuerung unter weiterer Parameterfilterung

Ergebnisse der betrachteten Studien

In der bisherigen Analyse hat sich gezeigt, dass beim Vergleich aller Szenarien jene mit netzdienlicher Steuerung meist geringere Netzbelastungen ausweisen. Um dieses Ergebnis zu bestätigen, wird der Einfluss netzdienlicher Steuerung analog zu Abbildung 14 detaillierter untersucht. Dabei werden erneut nur NS-Netze mit konventionellem Netzausbau sowie in Bezug auf die angenommene Durchdringung nur moderate und progressive Szenarien betrachtet. Es verbleiben 38 Szenarien, davon zwölf mit netzdienlicher Steuerung. Insbesondere sollen die Unterschiede zwischen der Steuerbarkeit herausgearbeitet werden, sodass vor allem Szenarien interessant sind, die in der gleichen Studie unter sonst gleichen Randbedingungen die Steuerbarkeit variiert haben.

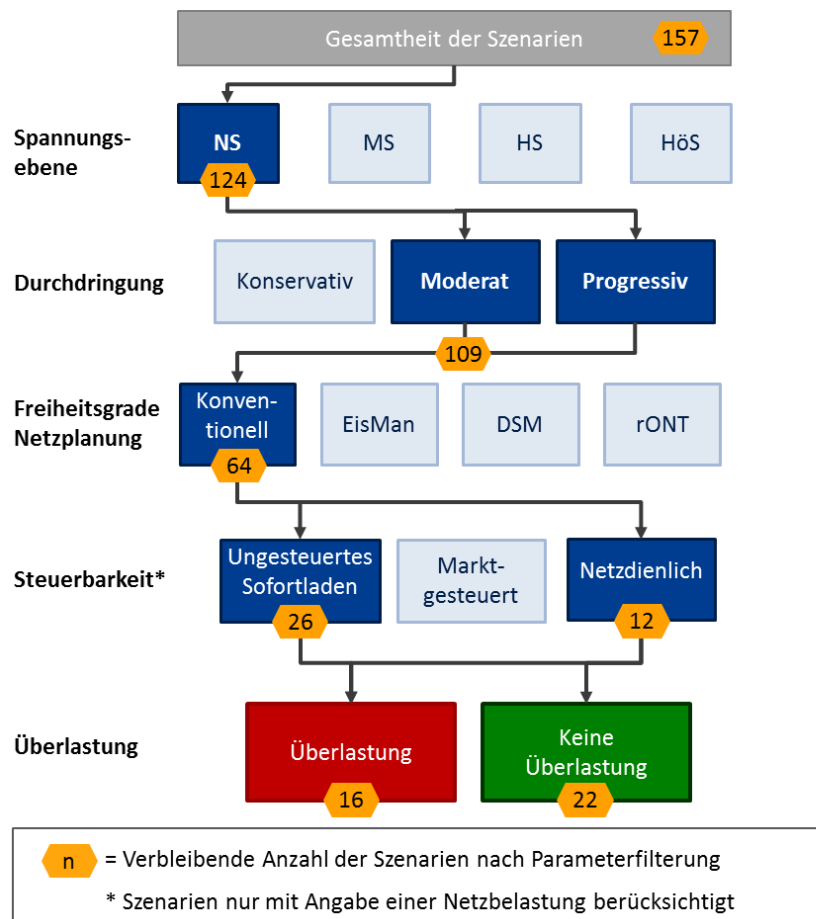


Abbildung 14 Vorgehensweise der Parameterfilterung bei der Auswertung der netzdienlichen Steuerung

Abbildung 15 zeigt die verbleibenden Szenarien nach Filterung in Abhängigkeit der angegebenen Durchdringung, des Anstiegs der Netzbelastung und mit Angabe, ob eine Überlastung im betrachteten Netz zu verzeichnen war. Zu erkennen ist, dass auch nach dieser Filterung Szenarien mit netzdienlicher Steuerung mehrheitlich niedrigere Anstiegsfaktoren der Netzbelastung aufweisen als Szenarien mit ungesteuertem Sofortladen. Bis zu einer Durchdringung von 30 % tritt bei netzdienlicher Steuerung nur in einem Szenario eine Netzüberlastung – bei einem Anstieg der Netzbelastung von 85 % – auf (vgl. Abbildung 15). Demnach kann eine Überlastung der Netzsituation in den untersuchten und in dieser Auswertung gefilterten NS-Netzausschnitten die netzdienliche Steuerung bis zu dieser Durchdringung verhindert werden. Trotz der erheblichen Reduzierung der Netzbelastung durch diese Steuerung kann die Überlastung nicht bei allen Szenarien behoben werden. Bei sehr hoher Durchdringung sind auch bei netzdienlicher Steuerung zusätzliche Maßnahmen im Netzbetrieb oder erforderlicher Netzausbau zu erwarten (vgl. Studie „Götz“ [2] und entsprechende Pfeile in Abbildung 15).

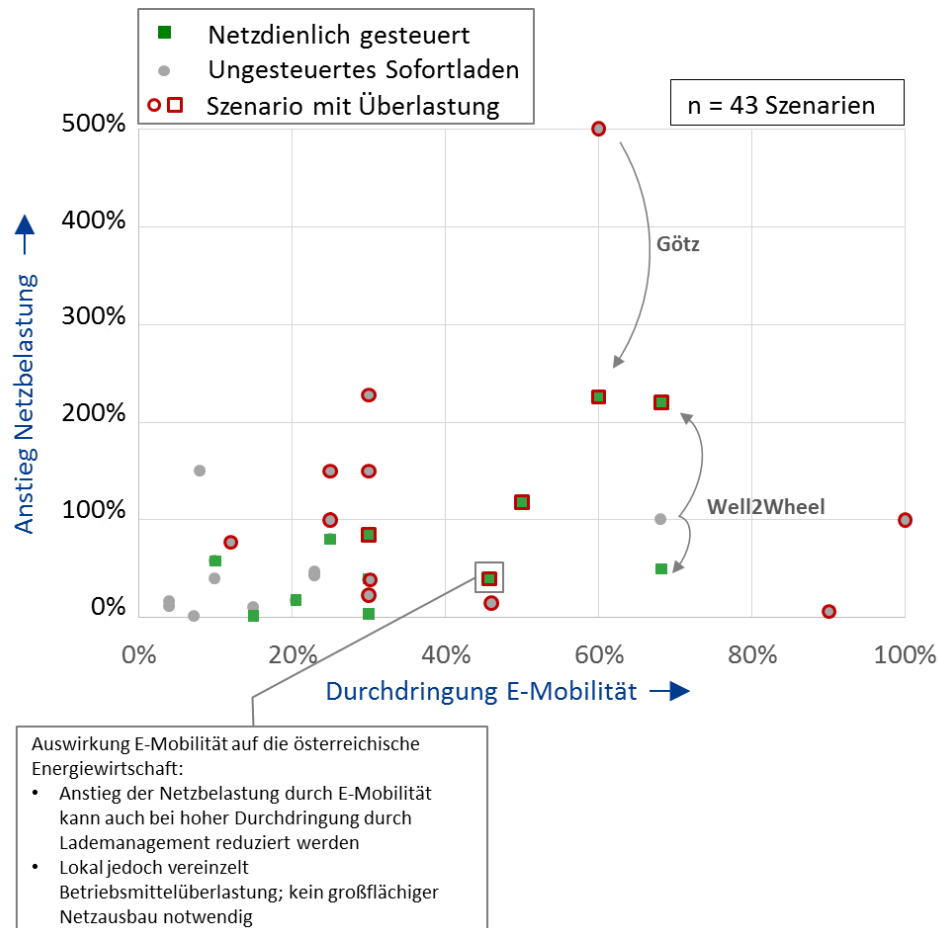


Abbildung 15 Übersicht der Szenarien in Abhängigkeit der Ladesteuerung, der Durchdringung und des Anstiegs der Netzbelastung nach Parameterfilterung

Die Autoren des Projekts „Well2Wheel“ weisen für die dort untersuchten netzdienlich gesteuerten Szenarien Überlastungen aus, die sogar über dem ungesteuerten Szenario liegt (vgl. Abbildung 15) [3]. Für die Interpretation der Ergebnisse werden deshalb die unterschiedlichen Ansätze der netzdienlichen Steuerung detaillierter betrachtet. Die in der Studie verwendeten Steuerungsoptionen werden als „kollektive“ und „individuelle“ Steuerung bezeichnet. Die „kollektive“ Steuerung beschreibt eine zentral gesteuerte, netzdienlich angelegte Steuerungsoption, bei der alle steuerbaren Ladevorgänge für bestimmte Zeiträume gesperrt werden. Da die Ladesperrung zentral geregelt wird und für alle Netzkunden gilt, führt diese Steuerungsoption bei Aufhebung der Sperrzeiträume zu einer hohen Gleichzeitigkeit und somit höheren Netzauslastungen. Das Projekt konstatiert hier einen sogenannten „Lawineneffekt“. Eine sogenannte „individuelle Steuerung“ der Ladeeinrichtungen mit netzdienlichem Ansatz in dem Projekt „Well2Wheel“ resultiert dagegen in einem Anstiegsfaktor von 50 % und liegt damit unter dem ungesteuerten Fall mit 100 %. Für die individuelle Steuerung werden die Kunden gemäß ihrem Nutzungsverhalten und ihres Standorts in Kundengruppen eingeteilt. Die Kundengruppen werden dann bei Erkennung einer erhöhten Netzbelastung gezielt zur Vermeidung von Netzengpässen hinsichtlich der bezogenen Leistung gesteuert.

Anhand der betrachteten Ergebnisse lässt sich folgern, dass die netzdienliche Steuerung einen eindeutig positiven Einfluss auf die Belastung der Netze hat. Allerdings zeigt der Abgleich dieser Ergebnisse, dass bei großen Durchdringungen eine ausschließlich netzdienliche Steuerung nicht ausreicht, um Netzausbau zu vermeiden. Die Ergebnisse des Projekts „Well2Wheel“ zeigen zudem, dass eine

differenzierte bzw. individuelle Ausgestaltung netzdienlicher Steuerung erforderlich ist, die über eine zentrale Sperrung von Ladevorgängen hinausgeht.

4.3.3 Schlussfolgerung

Handlungsempfehlung

Die Betrachtung der Szenarien mit netzdienlicher Steuerung der Ladeeinrichtungen im Vergleich zum ungesteuerten Sofortladen zeigt hinsichtlich der Netzbelastung, dass durch intelligente netzdienliche Steuerungskonzepte die Gleichzeitigkeit der Ladevorgänge und somit die Belastung des Stromnetzes deutlich verringert werden kann. Die netzdienliche Steuerung der Ladeeinrichtungen stellt somit eine wesentliche Komponente zur Netzintegration von E-Mobilität dar. Sie ist daher vor dem Hintergrund der vorgenannten hohen Unsicherheiten bei der Entwicklung von Durchdringung, Nutzung und GZF für E-Mobilität als Sicherungsmaßnahme für das Netz und zur Optimierung des Netzausbaus durch Gewinn an Prognosesicherheit – letzteres ähnlich wie bei der Spitzenkappung für Erzeugungsanlagen – zu empfehlen.

Handlungsempfehlungen



- Eine netzdienliche Steuerbarkeit der Ladeeinrichtungen ist entscheidend für eine erfolgreiche wie effiziente Netzintegration der E-Mobilität und ist daher grundsätzlich sicher zu stellen.
- Langfristig bei höheren Durchdringungen oder auch kurzfristig bei lokalen Konzentrationseffekten sowie zur Systemintegration kann Netzausbau erforderlich werden. Dazu müssen Netzbetreiber die grundsätzlichen wie lokalen Entwicklungen verfolgen und sukzessive durch eigene Messungen die Wissensbasis über Nutzungsprofile erhöhen.

Forschungsbedarf

Wie bereits erläutert existiert eine Bandbreite unterschiedlicher Ansätze für eine netzdienliche Steuerung. Diese sollten systematisch unter Beachtung der Implikationen für notwendige Steuerung und Monitoring im Netz sowie regulatorisch-gesetzlichen Randbedingungen – insbesondere der Diskriminierungsfreiheit – detaillierter analysiert werden. Dazu gehören auch einfache Ansätze, wie etwa der Vergleich der ungesteuerten verzögerten Ladung gegenüber dem ungesteuerten Sofortladen.

Forschungsbedarf



- Weitergehende Untersuchung unterschiedlicher Konzepte der netzdienlichen Steuerung und Bewertung hinsichtlich technischen und wirtschaftlichen Nutzens notwendig. Der Fokus sollte auf heute aufgrund aktuell fehlender flächendeckender fernwirktechnischer Erschließung der NS- und MS-Netze auf intelligenten dezentralen Ansätzen liegen. Dazu gehört beispielsweise die Untersuchung des Nutzens von ungesteuertem verzögerten Laden gegenüber ungesteuertem sofortigen Laden.
- Analyse des Zielkonfliktes zwischen der netzdienlichen Steuerung und der oftmals zu hohen Gleichzeitigkeits führenden systemdienlichen Steuerung zur Ableitung gesamtheitlich kostenoptimaler Ausgestaltung von Vorgaben.

4.4 Einfluss der Ladeleistung auf die Netzbelastung

Nachfolgend wird der Einfluss unterschiedlicher Ladeleistungen auf die Netzbelastung bei Filterung nach weiteren Parametern ausgewertet. Die Aufschlüsselung der verwendeten Parameter wird in Abbildung 16 dargestellt. Da Schnellladetechnologien kaum betrachtet werden (s. auch Abschnitt 3.3), sind Ladeleistungen ab 43 kW zusammengefasst. Wiederum werden, um den Einfluss des Parameters Ladeleistung möglichst unverfälscht durch andere Einflüsse betrachten zu können, nur konventionelle ausgebaute Netze mit ungesteuerter Sofortladung der E-Fahrzeuge betrachtet. Die Konzentration auf NS-Netze motiviert sich aus der größten Teilmenge. Zwar werden damit zwangsläufig höhere Ladeleistungen herausgefiltert, doch liegen dafür ohnehin nach Abschnitt 3.3 nur wenige Szenarien vor. Aus der Filterung nach Abbildung 16 resultieren 32 Szenarien, deren Auswirkung auf die Netzbelastung in Abbildung 17 dargestellt ist.

Ergebnisse der betrachteten Studien

Die Abbildung 17 zeigt das Ergebnis der Auswertung. Von den 32 Szenarien betrachten 24 eine Ladeleistung von 3,7 kW. Von einer Ladeleistung von 11 kW gehen weitere 21 Szenarien aus, von 22 kW insgesamt 12. Nur 3 Szenarien aus dieser Auswahl betrachten eine Ladeleistung von 43 kW oder mehr. Aus Abbildung 17 geht hervor, dass der Median der Anstiegsfaktoren für die Netzbelastung bei einer Ladeleistung von 43 kW mit 30 % am höchsten ist – allerdings bei nur geringer Anzahl an Szenarien. Die Mediane der Anstiegsfaktoren für 3,7 kW und 22 kW befinden sich mit 16 % und 17 % auf einem ähnlichen Niveau. Im Vergleich zu den anderen Ladeleistungen liegt bei 11 kW der Median der Anstiegsfaktoren mit 8 % deutlich niedriger.

Eine Analyse des Zusammenhangs zwischen Ladeleistungen und resultierender Netzbelastungen ist grundsätzlich unscharf, da die Szenarien in den Studien häufig mehrere Ladeleistungen in einer Durchmischung am gleichen Netz betrachten. So betrachtet beispielsweise ein großer Anteil der Szenarien sowohl Ladeeinrichtungen mit maximaler Ladeleistung von 3,7 kW als auch 11 kW. Zudem wird auf mögliche Unterschiede der Nutzerprofile von Ladeeinrichtungen unterschiedlicher Ladeleistungen oftmals nicht eingegangen.

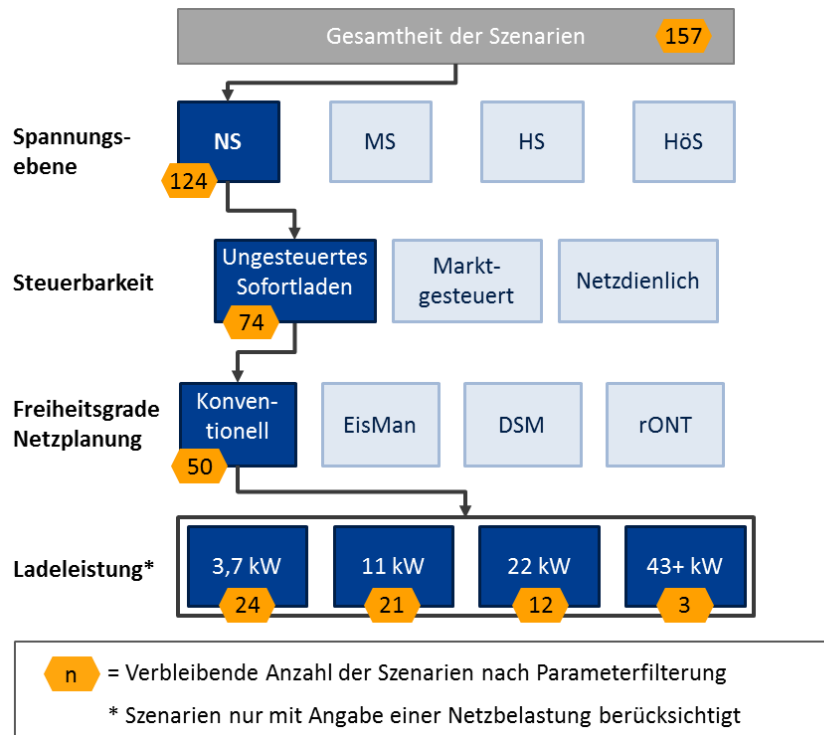


Abbildung 16 Übersicht der Parameterfilterung bei der Untersuchung des Einflusses der Ladeleistung auf die Netzbelastung

Somit kann eine Veränderung der Netzbelastung den einzelnen Ladeleistungen nicht eindeutig als Ursache zugewiesen werden. Die Unterschiede in den Medianen in Abbildung 17 werden auch durch Szenarien mit einem Mix von Ladeleistungen deutlich beeinflusst. So werden in Szenarien mit einem Anstiegsfaktor von 150 % sowohl Ladeleistungen von 3,7 kW als auch Ladeleistungen größer gleich 43 kW betrachtet. Daher lassen sich aus dieser Auswertung keine Trends ableiten.

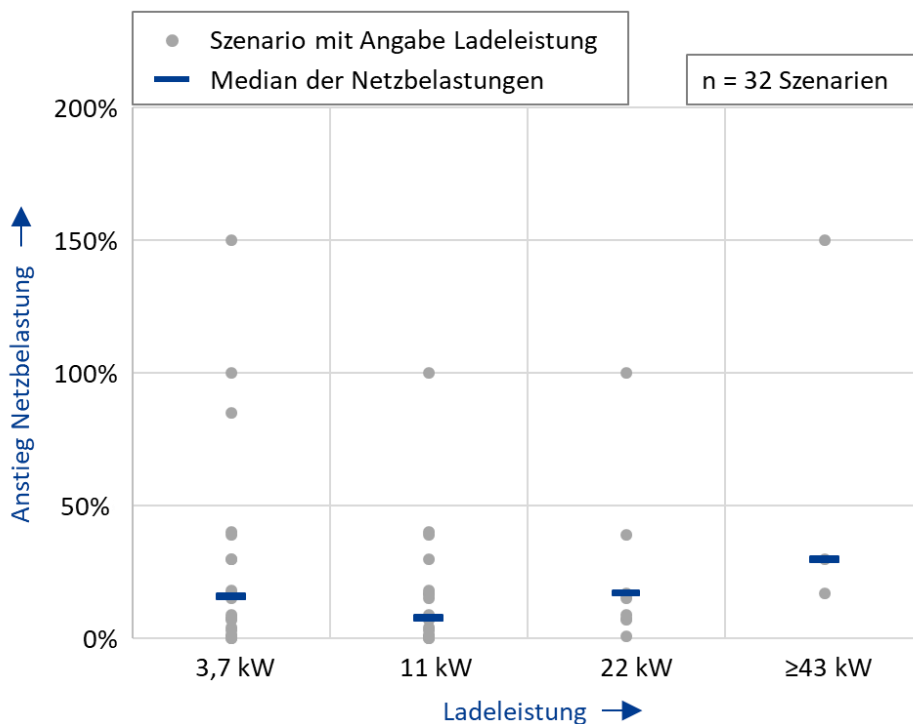


Abbildung 17 Vergleich der Anstiegsfaktoren der Netzbelastung in Abhängigkeit der Ladeleistung

Ein direkter Zusammenhang zwischen höherer Ladeleistungen und Netzbelastung konnte aus den ausgewiesenen Ergebnissen nicht ermittelt werden. Zwar unterscheiden sich die Mediane niedriger Ladeleistungen leicht von den Medianen höherer Ladeleistungen, doch kann dies mit den unterschiedlichen Annahmen zur Nutzung der Ladeeinrichtungen, Durchdringung sowie der spezifischen Netzsituation in den verschiedenen Projekten relativiert werden. Ein sehr starker Zusammenhang kann bei den hier ausschließlich betrachteten Szenarien mit ungesteuertem Sofortladen ohnehin nur erwartet werden, wenn die Ankopplung der E-Fahrzeuge an Ladeeinrichtungen eine deutliche zeitliche Häufung aufweist. Dies konnte aus den Studien nicht zweifelsfrei abgeleitet werden. Bei zeitlicher Streckung der Ladevorgänge kann eine niedrige Ladeleistung zu einer Erhöhung der Gleichzeitigkeit führen, da sich die Ladevorgänge zeitlich stärker überlappen.

Forschungsbedarf

An die MS- oder HS-Ebene angeschlossene Schnellladeinfrastruktur wird in den bisherigen Forschungsprojekten kaum untersucht. Zukünftige Forschungsprojekte sollten untersuchen, welche Rückwirkungen durch eine Schnellladeinfrastruktur mit Anschluss an die MS- und HS-Ebene auf die durch Ladeneinrichtungen am NS-Netz entstehende dortige Netzbelastung bestehen. Anzunehmen ist, dass durch die aus heutiger Sicht vergleichsweise höher frequentierte Nutzung der Schnellladeeinrichtung, eine Reduzierung der Ladevorgänge am NS-Netz erreicht werden kann.

Des Weiteren wird in einigen Studien darauf hingewiesen, dass höhere Ladeleistungen die Betriebsmittel zwar stärker auslasten, jedoch in der Theorie auch dazu führen, dass der GZF der Ladevorgänge verringert wird [4]. Inwiefern einer der gegensätzlichen Effekte überwiegt, wird in keiner ausgewerteten Studie ausreichend quantitativ untersucht und sollte daher in zukünftigen Studien thematisiert werden.

Forschungsbedarf



- Untersuchung der möglicherweise entlastenden Rückwirkung von Schnellladeinfrastruktur mit Anschluss an MS- und HS-Ebene auf die Netzbelastung im NS-Netz
- Detaillierte Untersuchung der Wechselwirkungen zwischen höheren Ladeleistungen, GZF und der resultierende Netzbelastung

4.5 Einfluss des Zubaus erneuerbarer Energien auf die Netzbelastung

Zuletzt wird der Einfluss des EE-Zubaus auf die Netzbelastung in Abhängigkeit der Durchdringung untersucht (s. Abbildung 18). Für diesen Parameter wurden gezielt Studien ausgewertet, die die Einspeisung aus Erzeugungsanlagen in ihren Untersuchungen berücksichtigen sowie unter Angabe der installierten Leistung. In einer ersten Auswertung wurde dazu die Menge der zugebauten Leistung aus DEA in Abhängigkeit der Anstiege der Netzbelastung analysiert. Aufgrund der mit 14 geringen Anzahl entsprechender Szenarien konnten keine eindeutigen Erkenntnisse gewonnen werden. Daher zeigt Abbildung 18 die Szenarien mit ausgewiesener Berücksichtigung von EE in Abhängigkeit der Durchdringung und Anstieg der Netzbelastung im Vergleich zu den anderen Szenarien. Die visuell wahrnehmbare positive Korrelation zwischen einem simulierten EE-Zubau und dem Anstieg der Netzbelastung im Durchdringungsbereich von 0 %-25 %, hält einer genaueren Analyse der einzelnen

Studien nicht stand. Vielmehr sind hier andere Faktoren, wie insbesondere Steuerungsoptionen oder lokale Konzentrationen von E-Mobilität ausschlaggebend für die höhere Netzbelastung.

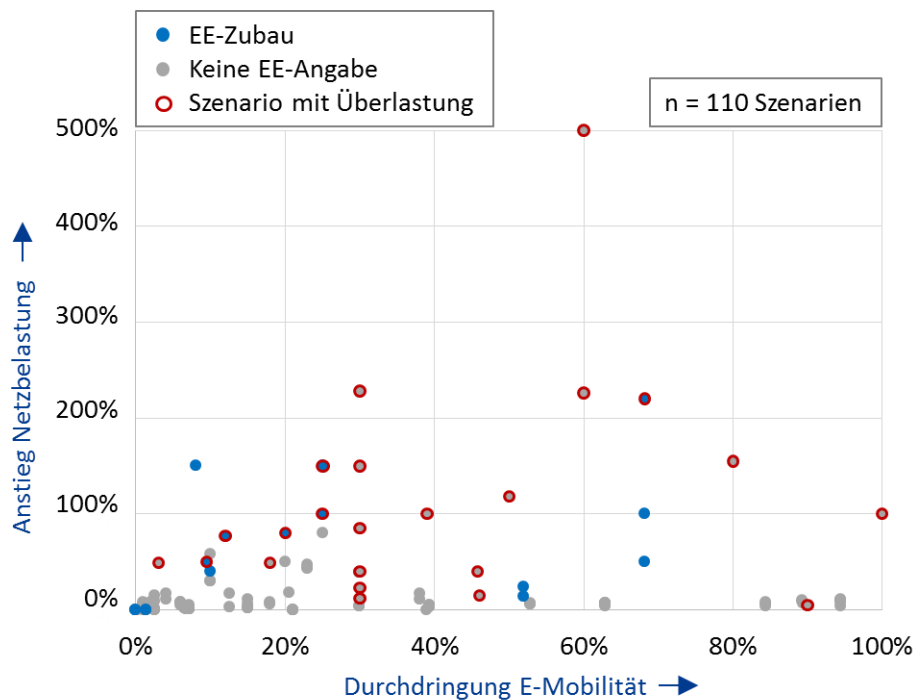


Abbildung 18 Übersicht der Szenarien in Abhängigkeit der Durchdringung und des Anstiegs der Netzbelastung mit Kennzeichnung der Szenarien mit EE

Auch hinsichtlich möglicher Synergieeffekte und einer damit verbundenen netzentlasteten Wirkung bei zeitgleicher Einspeisung von Leistung aus EE und der Durchführung von Ladevorgängen von E-Fahrzeugen lässt sich keine eindeutige Aussage ableiten. Dies gilt auch für den möglichen Effekt, dass in Netzen, in denen die DEA-Durchdringung auslegungsrelevant ist, auch höhere Verbrauchsleistungen angeschlossen werden können. Da die Studien zumeist einen Fokus auf städtische NS-Netze legen (s. Abschnitt 3.4), spielen die Auswirkungen der Einspeisung dezentraler Erzeugungsanlagen – vor allem Windenergieanlagen – nur eine untergeordnete Rolle.

Handlungsempfehlung

Auf Basis von Modellüberlegungen ist durchaus zu erwarten, dass in Netzen mit hoher EE-Durchdringung positive Effekte auf die Integrationsfähigkeit der E-Mobilität vorliegen können. Dies kann bei entsprechender Steuerung der Ladeeinrichtungen verstärkt werden, wenn die erzeugte EE-Energie für die Ladung der E-Fahrzeuge im Sinne des lokalen Energiemanagements genutzt wird. Die enge Randbedingung der hinreichenden lokalen Durchmischung von Erzeugungsanlagen und Ladeeinrichtungen setzt diesem Effekt aber klare Grenzen. Das gilt insbesondere auf der NS-Ebene, wo die Durchmischung zur Vermeidung von Leitungsüberlastungen bereits auf Abgangsebene gewährleistet sein müsste. Ein überregionaler systemdienlicher Ausgleich von eingespeister Leistung aus EE und bezogener Leistung während des Ladevorgangs erhöht aufgrund der kollektiven Steuerung – ähnlich einer Marktsteuerung (s. auch Abschnitt 4.3) und damit eventuell höherer Gleichzeitigkeit im Verteilnetz die Netzbelastung.

Handlungsempfehlungen



- Lokale Synergieeffekte zwischen E-Mobilität und EE-Erzeugung sind möglich. Eine gesicherte Nutzung setzt die Steuerbarkeit der Ladeeinrichtungen voraus. Für einen höheren Beitrag der E-Mobilität zur Systemintegration der EE sind sowohl Steuerbarkeit als auch mittelfristig ausgebaute Netze erforderlich.

Forschungsbedarf



- Betrachtung ländlicher Netze
- Untersuchung möglicher Synergieeffekte bei Integration erneuerbarer Energien und E-Mobilität sowie Ermittlung des gesamtheitlich sinnvollen Abgleichs zwischen Nutzung lokaler Synergieeffekte und Zielen der Systemintegration (in Zusammenhang mit empfohlenen Untersuchungen nach Abschnitt 4.3 zu Steuerungsoptionen der Ladeeinrichtungen)

5 Qualitative Diskussion von Schlussfolgerungen der Studien

5.1 Übersicht und Vorgehen

Die betrachteten Studien umfassen zu einem wesentlichen Teil neben der Angabe von quantitativen Kenngrößen darüber hinausgehende in Textform ausformulierte Ergebnisse, Erkenntnisse und Handlungsempfehlungen. Diese qualitativen Ergebnisse lassen keine Interpretation in Form von Größenangaben von festgelegten Parametern zu, sind aber für einen vollständigen Forschungsüberblick zum Thema E-Mobilität nicht minder relevant, zumal sie die Quintessenz aus den Ergebnissen der Studien darstellen. Diese Aussagen und Ergebnisse der Studien werden im folgenden Abschnitt im Überblick diskutiert. Dazu erfolgt eine Einteilung der Aussagen entsprechend den in Abbildung 19 aufgeführten sieben Themenfeldern (s. auch Abschnitt 1.2).



Abbildung 19 Themenfelder der qualitativen Auswertung

Zunächst werden in Abschnitt 5.2 die Aussagen zur erwarteten E-Mobilitätsdurchdringung und zum Zubau EE in den ausgewiesenen Szenarien analysiert. Anschließend werden in Abschnitt 5.3 und 5.4 die in den Projekten betrachteten technischen Grenzwerte und die damit verbundenen Aussagen zur Netzplanung diskutiert. Viele Studien befassen sich nicht nur mit den netztechnischen Auswirkungen der E-Mobilität, sondern auch mit möglichem system- und netztechnischem Nutzen. Die dazu getroffenen Aussagen werden in Abschnitt 5.5 behandelt. Zusätzlich wird in Abschnitt 5.6 auf die Ladeinfrastruktur eingegangen, die das Verbindungsglied zwischen E-Fahrzeugen und Netz darstellt. Schließlich werden in den Abschnitten 5.7 und 5.8 die regulatorischen Empfehlungen und die sektorenübergreifende Wirkung der E-Mobilität thematisiert.

Es wird darauf hingewiesen, dass die entsprechenden Ausführungen die Aussagen aus den einzelnen Studien im Überblick zusammenfassen und es sich nicht um Schlussfolgerungen der Autoren dieser Metastudie handelt. Wo sich Studienergebnisse widersprechen, weist das vor allem auf entspre-

chende Unsicherheiten bei der konkreten Entwicklung der Parameter sowie der lokalen Verhältnisse hin, kann aber auch durch den unterschiedlichen Betrachtungsbereich bedingt sein.

Sehr wohl werden aus der qualitativen Diskussion Handlungsempfehlungen und Schlussfolgerungen zum Forschungsbedarf getroffen, die auch auf Erkenntnisse der quantitativen Auswertungen in Abschnitt 4 zurückgreifen. So können sich auch Bestätigungen bereits getroffener Empfehlungen ergeben.

5.2 Szenarien und Annahmen der E-Mobilität

Es wird studienübergreifend für alle zukünftigen Szenarien ein steigender Marktanteil von E-Fahrzeugen ausgewiesen. Diese Entwicklung ist zum einen politisch motiviert. Der Erwerb von E-Fahrzeugen sowie der Aufbau einer flächendeckenden Ladeinfrastruktur wird bereits heute angereizt [5]. Um die gesetzten Klimaziele der Bundesregierung zu erreichen, ist auch zukünftig von einer Förderung auszugehen. Zum anderen werden auch verwendete Technologien – allen voran die notwendigen Batterien – immer günstiger [6][7]. Allerdings sind der Umfang und die Dynamik des zeitlichen Verlaufs dieser Entwicklung äußerst unklar. Der Schwierigkeit einer geeigneten Prognose für die Entwicklung der E-Mobilität sowie der damit verknüpften Parameter wird in den Studien oftmals durch Betrachtung einer Bandbreite von Szenarien begegnet. Für den Netzbetreiber bedeutet dies, dass sich kein wahrscheinlicher Entwicklungspfad ableiten lässt und er somit vor großen Unsicherheiten bzgl. der Netzplanung steht (vgl. Abschnitt 3.2) [8][9].

Bereits die Überlegungen im Rahmen der quantitativen Analysen haben verdeutlicht, dass die Notwendigkeit zum Netzausbau für E-Mobilität auch von den Annahmen zum weiteren Ausbau von Erzeugungsanlagen auf Basis EE abhängen. Um von möglichen Wechselwirkungen zu profitieren oder um die zusätzliche Belastung durch die Entwicklung EE abschätzen zu können, müssen diese in den Studien berücksichtigt werden [11]. Hierfür wurden in den Studien unterschiedliche Szenarien bezüglich des Anteils EE definiert. Viele Szenarien orientieren sich dabei an den Zielwerten für den EE-Ausbau des Energiekonzepts des BMWi für die Jahre 2020 bis 2050. Im Gegensatz zur Entwicklung der E-Mobilität existieren für den Entwicklungspfad von EE-Anlagen weniger Unsicherheiten, da diese Entwicklung bereits seit vielen Jahren stattfindet, der langfristige Zielrahmen definiert ist und die geeigneten Standorte begrenzt sind [6].

Wechselwirkungen zwischen einem Zusammenspiel von E-Mobilität und EE zum Netzausbau konnten aufgrund des starken Fokus auf städtische Netze nicht eindeutig belegt werden (vgl. Abschnitt 4.5). Die Studien betonen jedoch ausdrücklich, dass die Thematik der E-Mobilität nicht losgelöst von anderen Entwicklungen betrachtet werden kann. Als besonderer Einfluss wird dabei die Entwicklung der EE-Anlagen angeführt (vgl. bspw. [12][13]).

Trotz der Betrachtung zahlreicher Szenarien und zugehöriger Parameter in der Metastudie konnten nur vereinzelt gesamthaft belastbare quantitative Rückschlüsse gewonnen werden. Dies illustriert einerseits die tatsächlich vorhandene Unsicherheit zur zukünftigen Entwicklung der E-Mobilität, ist aber auch darauf zurückzuführen, dass die methodischen Vorgehensweisen und Annahmen nicht vollständig oder für Vergleichszwecke geeignet wiedergegeben sind. Um die Ergebnisse von Forschungsprojekten eindeutiger vergleichen zu können, ist die Erarbeitung eines einheitlichen Parametersets als Richtlinie für zukünftige Untersuchungen zu empfehlen.

Kritisch zu hinterfragen sind zudem die aus heutiger Sicht zum Teil inaktuellen Annahmen in den Projekten zur technischen Ausgestaltung der E-Mobilität, wie z. B. die Annahmen zur Ladeleistung, der Batteriekapazität, der Ladeinfrastruktur sowie der Ladezeiten und -verfahren. Zusammen mit Vereinfachungen in den Simulationen sind die Ergebnisse der untersuchten Studien daher nur begrenzt für die Realität aussagekräftig. Aufgrund der bisher unzureichenden Verfügbarkeit von elektrischen Fahrzeugen in den Netzen und begrenzten Projektbudgets konnten auch Feldtests nur schwach repräsentative Ergebnisse erzielen.

Handlungsempfehlungen



- Die in den Studien untersuchten Szenarien ergeben keine belastbaren abgeleiteten Entwicklungspfade für die Dynamik der E-Mobilität und ihrer technischen Ausgestaltung. Es besteht demnach eine hohe Unsicherheit über die zukünftige Netzbelastung aufgrund von E-Mobilität. Dies stellt ein hohes Risiko für Netzbetreiber dar. Daher benötigen Netzbetreiber Werkzeuge zum Umgang mit dieser Unsicherheit.
- Lokale Synergieeffekte zwischen E-Mobilität und EE-Erzeugung sind möglich.

Forschungsbedarf



- Die Thematik der E-Mobilität darf nicht losgelöst von anderen Entwicklungen betrachtet werden. Daher sind insbesondere Untersuchungen möglicher Synergieeffekte bei Integration EE und E-Mobilität sowie die Ermittlung des gesamtheitlich sinnvollen Abgleichs zwischen Nutzung lokaler Synergieeffekte zur Vermeidung von Netzausbau und Zielen der Systemintegration erforderlich.
- Zukünftige Untersuchungen sollten ihre Eingangsdaten für die netzbezogenen Untersuchungen in einem einheitlichen Parameterset ausweisen. Anhang A liefert dazu einen Mindestumfang.

5.3 Technische Grenzwerte

In den betrachteten Studien ist eine geeignete Beschreibung, die Rückschlüsse auf die Ursachen ausgewiesener Verletzungen technischer Grenzwerte erlaubt, häufig nicht ausreichend vorhanden. Häufig wird die Wirkleistung als Ursache für Verletzung von Stromgrenzwerten genannt, was insbesondere in den vorwiegend untersuchten städtischen Netzen auch durchaus zu erwarten ist. Allerdings ist erfahrungsgemäß aus dem Betrieb von Netzen mit DEA zu erwarten, dass in ländlichen NS-Netzen mit ausgedehnten Strukturen und großen Leitungslängen auch die Spannungshaltung ein begrenzendes technisches Kriterium für den Netzanschluss von Ladeeinrichtungen bilden kann. Aus diesem Grund empfiehlt sich in zukünftigen Studien die Betrachtung ländlicher Netze und Versorgungsaufgaben unter Einbezug der Auswirkung auf die Spannungshaltung.

Wiederum in Analogie zu den Erzeugungsanlagen wird in verschiedenen Projekten vorgeschlagen, etwaigen Herausforderungen bei der Spannungshaltung durch eine angepasste Blindleistungsbereitstellung aus den Ladeeinrichtungen zu begegnen. Insbesondere wird eine Option zur Regelung der Blindleistung diskutiert [9].

Des Weiteren werden in den Projekten vielfach Unsymmetrien durch einphasige Ladeeinrichtungen als möglicherweise kritisch genannt. Diese Bewertung erfolgt bisher jedoch ausschließlich qualitativ. Eine Untersuchung unter Zuhilfenahme realitätsnaher Simulationen ist bisher kaum durchgeführt worden. Um kritische Durchdringungen für einphasige Ladeeinrichtungen zu ermitteln und bereits definierte Leistungsgrenzwerte zu validieren, sind solche simulativen Untersuchungen für zukünftige Forschungsprojekte dringend zu empfehlen. Die verfügbaren Studien weisen darauf hin, dass die unsymmetrische Belastung durch ein- und zweiphasige Verbraucher an einem Netzanschluss minimiert werden muss. Durch die Schiefast der Phasen können Betriebsmittel bereits früher überlastet werden. Insbesondere bei steigender Durchdringung oder lokal hohen Konzentrationen von E-Mobilität sollte die Anzahl der einphasigen Ladeeinrichtungen an einem Netzanschluss entsprechend der spezifischen Netzsituation begrenzt werden [14].

Forschungsbedarf



- Die betrachteten Studien fokussieren überwiegend städtische Niederspannungsnetze. Damit werden die Herausforderungen in ländlicheren Netzen nicht umfassend untersucht, sodass hier weiterer Forschungsbedarf existiert. Dies gilt insbesondere für Herausforderungen bei der Spannungshaltung und den Möglichkeiten zur Blindleistungsbereitstellung durch Ladeeinrichtungen.
- Neben den Grenzen für Strom und Spannung werden nur selten die in Verteilnetzen ebenfalls zu beachtenden Spannungsqualitätsaspekte adressiert. Dies gilt insbesondere für die Frage resultierender Unsymmetrien bei einphasigem Laden im Niederspannungsnetz sowie in Bezug auf den Oberschwingungspegel.

5.4 Netzplanung

Der Begriff Netzplanung beschreibt im Kontext dieses Berichts die Ausbauplanung von Elektrizitätsversorgungsnetzen. Der Netzausbaubedarf durch Integration von E-Mobilität ist im Wesentlichen durch prognostizierte zukünftige Verletzungen der Strom- und Spannungsgrenzwerte getrieben und deshalb thematisch stark an den Bereich der Grenzwertverletzung gekoppelt.

Als hauptsächlichen Treiber für eine gestiegene Netzbelastung und einen damit begründeten Netzausbaubedarf wird in vielen Projekten die Durchdringung genannt. Der Netzausbaubedarf, der allerdings nur selten absolut quantifiziert wird, wird deshalb häufig in Abhängigkeit der E-Mobilitätsdurchdringung ausgewiesen. Einzelne Projekte weisen einen Netzausbaubedarf ab einer Durchdringung zwischen 2 % und 45 % aus. Die hohe Spannweite verdeutlicht die Komplexität in der Abschätzung der Auswirkung von E-Mobilität auf die Netzbelastung. Das liegt zum Teil an der regional divergenten Struktur der Verteilnetze und lässt sich kaum verallgemeinern. Zudem kann auf Basis

der eventuell heterogenen räumlichen Verteilung der E-Fahrzeuge sowie der unbekanntem zukünftigen Ladeleistung der Netzausbaubedarf stark variieren. Es wird daher empfohlen, probabilistische Netzplanungsgrundsätze in Betracht zu ziehen, um gezielt Stellen im Netz zu identifizieren, die am wahrscheinlichsten einen Last-Zuwachs erfahren werden.

In einigen Projekten wird ein erhöhter Investitionsbedarf vor allem in halbstädtischen Netzen gesehen. In den auf hohe Auslastungen ausgelegten städtischen Netzen sowie in den teilweise für die EE-Integration massiv verstärkten ländlichen Netzen ist der Bedarf hingegen geringer. Der Bedarf ist generell gegenüber dem notwendigen Ausbau für Integration von dezentralen Erzeugungsanlagen in den meisten Szenarien gering und zudem sehr stark regional beschränkt. Einige Projekte weisen bei geringer Durchdringung von E-Fahrzeugen, E-Mobilität in Wechselwirkung mit EE und marktorientiertem Laden sogar einen positiven Effekt auf die Netzbelastung aus, wodurch auch der Netzausbaubedarf gesenkt wird.

Es wird vorgeschlagen, Ladeinfrastruktur für den öffentlichen Personennahverkehr an der MS-Ebene oder gar höheren Spannungsebenen anzuschließen, um so Netzausbaukosten in der typischerweise mit geringeren Kapazitäten dimensionierten NS-Ebene zu vermeiden.

Handlungsempfehlungen



- Für Netzbetreiber: Identifikation von Netzen, in denen E-Mobilität am wahrscheinlichsten zu Überlastungen führen wird, durch probabilistische Simulation aller Netze, um auch lokale Effekte zu erfassen

Forschungsbedarf



- Nur wenige Studien weisen den resultierenden Netzausbaubedarf quantitativ aus, zudem erstreckt er sich dann auf die beschränkte Auswahl untersuchter Modellnetze. Hier besteht Forschungsbedarf, den Netzausbaubedarf in Abhängigkeit der Versorgungsaufgabe repräsentativ zu ermitteln.

5.5 Bereitstellung von E-Mobilität für Netz- und Systemdienstleitungen

In einigen Studien wird der mögliche positive Einfluss von E-Fahrzeugen auf das Netz in Form von Systemdienstleistungen untersucht. Dazu zählen u. A. die Spannungs- und Frequenzunterstützung, d. h. der Einsatz als Zwischenspeicher für Energie aus regenerativen Quellen und darauf aufbauend die Bereitstellung von positiver und negativer Regelleistung [6][15][16][17]. Für die Bereitstellung von Systemdienstleistungen durch E-Fahrzeuge ist zukünftig die Entwicklung und Standardisierung einer Schnittstelle nötig, welche einen bidirektionalen Leistungsfluss ermöglicht. Ebenfalls müssen die Ladeelektronik des Fahrzeugs und die Leistungselektronik der Ladeeinrichtung diese Betriebsweise technisch ermöglichen. Zudem ist durch die Leistungselektronik in einigen Ladesäulen bereits heute ein Ausgleich von Unsymmetrien im Netz möglich. Da diese Ladeeinrichtungen aber erst seit kurzem verfügbar sind, erfolgte keine Berücksichtigung dieser neuen Entwicklung in den Pilotprojekten und Feldtests der untersuchten Studien.

Im Rahmen der Studie „iZeus“ wurde unter anderem die sog. fahrzeuggesteuerte Netzüberwachung und Netzstabilisierung untersucht, d. h. der Einfluss von Wirk- und Blindleistung auf Spannungsbandverletzungen und Betriebsmittelüberlastungen unter Einsatz dezentraler Regelungen. Anhand von Simulationen wurde herausgestellt, dass – bei unterstelltem Anschluss an das Niederspannungsnetz – vergleichsweise viel Blindleistung aufgewendet werden müsste, um einen nur geringen Effekt auf das Spannungsband erzielen zu können. Gleichzeitig würden Transformatoren und Kabel stärker belastet. Dieser Effekt ist aus den Untersuchungen zu dezentralen Erzeugungsanlagen ebenfalls bekannt, hat aber in der Abwägung von Vor- und Nachteilen nicht zum Verzicht auf eine optionale Blindleistungsregelung bei den Erzeugungsanlagen geführt.

In einer anderen Studie [9] wurde hingegen die dezentrale, spannungsabhängige Blindleistungsregelung als positiver Einfluss auf die Belastung der untersuchten Netze bewertet. In städtischen Niederspannungsnetzen sei nicht die Verletzung des Spannungsbandes das Ausbaurkriterium, sondern die Leitungsauslastung. Die benötigte induktive Blindleistung wird im Normalfall durch das Mittelspannungsnetz bereitgestellt. Eine lokale Blindleistungsbereitstellung vermeidet den langen Transportweg über Leitungen und Transformatoren und führte in den Untersuchungen zu einer Entlastung stark ausgelasteter Leitungen sowie zu einer deutlichen Reduzierung der wöchentlichen Netzverluste. Zu berücksichtigen ist allerdings ggf. eine Reduktion des Wirkleistungsbezugs während des Ladevorgangs, da die Ladesäule hinsichtlich ihrer Nennscheinleistung begrenzt ist.

Netzdienliche Dienstleistungen angeschlossener E-Fahrzeuge sind bspw. die Zwischenspeicherung von Energie aus regenerativen Quellen sowie die Erbringung positiver und negativer Regelleistung. Dabei wurde für das technische Potential etwa die Größenordnung der gesamten deutschen Pumpspeicherkraftwerke ermittelt, wobei das Verhältnis von Energiegehalt zu Leistungsbereitstellung bei Fahrzeugbatterien deutlich geringer als bei Pumpspeicherkraftwerken sei [16]. Dies entspricht somit nutzbarer Speicherkapazität im Sekunden- bis Stundenbereich und ist vor allem als zukünftiger Tagesspeicher für den Lastausgleich interessant. Allerdings sind konkurrierende Speichertechnologien (Pump- oder Druckluftspeicher) für die Bereitstellung von Systemdienstleistungen kostengünstiger, sodass die Wirtschaftlichkeit von Vehicle-to-Grid eher als nicht gegeben bewertet wird und somit der Einbau bidirektionaler Ladegeräte nicht lohnenswert sei. Ein gesteuerter Ladevorgang ist wirtschaftlich ausreichend. In der Studie „Auswirkungen zukünftiger E-Mobilität auf die österreichische Elektrizitätswirtschaft“ wurde die Investition in Batteriesysteme mit dem Ausbau bestehender Speicher zu Pumpspeichern bzw. Kapazitätserhöhung in bestehenden Pumpspeichieranlagen in Österreich verglichen. Dabei wurden aufgrund der hohen spezifischen Investitionskosten und der geringen Zykluslebensdauer (Zyklus = ein vollständiger Entlade- und Ladevorgang) von Batterien hohe resultierende Zykluskosten ermittelt. Neben den wirtschaftlichen Nachteilen existiert auch eine nicht zu vernachlässigende Anzahl praktischer Probleme, z. B. im Hinblick auf die Sicherheit, sodass die Verwendung als Speicher im Vehicle-to-Grid-Konzept nicht empfohlen wird.

Sollte dagegen die Entwicklung eines Business Cases für die Bereitstellung von Regelleistung möglich sein, ist eine Gruppierung (das sog. Pooling) von E-Fahrzeugen notwendig, um die Teilnahme am Regelleistungsmarkt zu ermöglichen [6][12][17]. Für die Teilnahme an der Primärregelung wurde ermittelt, dass zum Zeitpunkt des Studienabschlusses 2015 eine Umsetzung des vom ÜNB vorgegebenen Sollsignals, die vorgegebene, qualifizierende Reaktionszeit von 30 Sekunden technisch nicht möglich ist [17]. Aufgrund der zeitlichen und batteriekapazitiven Restriktionen von E-Mobilität, eignet sich auch die Teilnahme am Tertiärregelmarkt nicht.

Bei entsprechenden gesetzlichen Rahmenbedingungen ist die Bereitstellung von Sekundärregelleistung durch das Pooling von elektrischen Fahrzeugen technisch durchaus sinnvoll. Die zuvor genannten hohen Zykluskosten erlauben den wirtschaftlichen Betrieb der Batteriespeicher für positive Sekundärregelung nach Aussage einzelner Projekte aus heutiger Sicht nicht. Die Drosselung oder Verschiebung eines aktiven Ladevorgangs kann jedoch positive Sekundärregelleistung bereitstellen, ohne die Batterielebenszeit zu beeinträchtigen. Weiterhin ist das Potential für negative Regelleistung, durch die gezielte Aktivierung des Ladevorgangs gegeben.

Handlungsempfehlungen



- **Anpassung der regulatorischen Rahmenbedingungen für bidirektionales Laden, vor allem mit Fokus auf die Systemintegration der EE**



Forschungsbedarf

- **Beachtung der Möglichkeiten der Blindleistungsbereitstellung durch Ladeeinrichtungen und Definition sinnvoller Vorgaben durch Netzbetreiber**

5.6 Ladevorgang

Der Ladevorgang von E-Fahrzeugen erfolgt üblicherweise nach dem Prinzip Constant Current Constant Voltage (CCCV). Dafür wird zu Beginn mit einem konstanten Strom geladen bis zu einem State-of-Charge (SoC) von 80 %. Nach Erreichen dieses Schwellwerts wird mit Konstantspannung weitergeladen. Der Ladestrom wird dabei kontinuierlich reduziert. Dies ist ein heutzutage häufig verwendetes Ladeprofil für Batterien auf Lithium-Basis und wird deshalb auch in vielen Studien für E-Fahrzeuge verwendet. Zur Vereinfachung erfolgt in den Simulationen der Projekte aber dennoch häufig die Annahme einer konstanten Ladelast, was zu einer Unterschätzung der tatsächlichen Ladedauer führt. Dies führt bei Simulationsergebnissen z. B. bezüglich der Gleichzeitigkeit zu Ungenauigkeiten. Eine Abweichung kann auch bei der vereinfachten Modellierung von DC-Schnellladeeinrichtungen auftreten, bei denen in der Realität abweichende Ladeverfahren zum Einsatz kommen.

Der gesteuerte Ladevorgang wird grundsätzlich in zwei Ansätze unterteilt, nämlich die Marktsteuerung und die netzdienliche Steuerung. In beiden Fällen ist eine Anbindung der Ladeinfrastruktur an ein IKT-Netz sinnvoll. Bei einer rein unidirektionalen Signalvorgabe, wie etwa der Rundsteuerung, sind die Regelungsmöglichkeiten deutlich eingeschränkt. Beim marktgesteuerten Prinzip erfolgt die Steuerung des Ladeverhaltens durch Anreize auf Basis der zeitlich schwankenden Strompreise. In der Tendenz sollen Ladevorgänge dann erfolgen, wenn ein hohes Angebot an Energie verfügbar ist. Als Beispiel kann dafür der Mittagspeak von PV-Anlagen im Sommer dienen. Die Kopplung an den Preis wurde in den Projekten auf unterschiedlichste Wege hergestellt. So kann dem Nutzer der Ladeeinrichtung ein aktuelles Preissignal als Information zur Verfügung gestellt werden oder es erfolgt eine Optimierung der Ladevorgänge vieler Einrichtungen durch Aufnahme als flexible Last in ein Handelportfolio. Beim netzdienlichen Ladeprozess soll das Ladeverhalten dahingehend gesteuert werden,

dass Spannungsbandverletzungen im Netz sowie Überlastungen der dort vorhandenen Betriebsmittel vermieden werden (vgl. Abschnitt 4.3.2). Dies wird z. B. durch eine flexible Leistungsbegrenzung erreicht, welche in den Ladevorgang im Laufe eines Lastpeaks eingreift. In einem Projekt erfolgte die Betrachtung des Ladevorgangs mit rudimentären Steuerungsmöglichkeiten, z. B. die Verschiebung in zuvor definierte Zeitfenster (Bsp. „Mittagspeak“) [3]. Ebenfalls empfiehlt sich hierbei eine zeitliche Anpassung der freigegebenen maximalen Ladeleistung der steuerbaren Ladeeinrichtungen. Eine Umsetzung ist relativ einfach und der sprunghafte Anstieg der Ladelast beim gleichzeitigen Start des Ladevorgangs kann somit effektiv unterbunden werden. Die in den Studien am häufigsten vertretenen Konzepte der netzdienlichen Steuerung basieren auf der Umverteilung der Ladevorgänge. Um eine gleichmäßige Verteilung zu generieren, werden die Ladevorgänge der am Netz angeschlossenen Fahrzeuge von den Abendstunden über die gesamte Nacht gleichverteilt. Um die Diskriminierungsfreiheit der Netzkunden zu gewährleisten, werden die gesteuerten Kunden zufällig ausgewählt. Auch wenn dadurch eine homogene Verteilung der Ladevorgänge im Netz nicht immer garantiert werden kann, zeigen die Simulationen deutlich, dass Netzbelastungen reduziert werden können.

Handlungsempfehlungen



- Eine netzdienliche Steuerbarkeit der Ladeeinrichtungen ist entscheidend für eine erfolgreiche wie effiziente Netzintegration der E-Mobilität und ist daher grundsätzlich sicher zu stellen

Forschungsbedarf



- Durchgehend genauere Modellierung der Ladevorgänge mit Berücksichtigung des Ladeleistungsverlaufs
- Weitergehende Untersuchung unterschiedlicher Konzepte der netzdienlichen Steuerung und Bewertung hinsichtlich technischen und wirtschaftlichen Nutzens notwendig, wobei der Fokus auf heute – aufgrund fehlender flächendeckender fernwirktechnischer Erschließung der NS- und MS-Netze – auf intelligenten dezentralen Ansätzen liegen sollte. Dazu gehört beispielsweise die Untersuchung des Nutzens von ungesteuertem verzögertem Laden gegenüber ungesteuertem sofortigem Laden.

5.7 Regulierung

Alle Netzbetreiber sind gesetzlich verpflichtet, ein zuverlässiges und leistungsfähiges Energieversorgungsnetz zu betreiben. Um das auch im Zuge der Energiewende zu gewährleisten, müssen die Netze den Anforderungen entsprechend angepasst werden. Die Modernisierung und der Ausbau der Netze erfolgt unter den Rahmenbedingungen der Anreizregulierung. Die Studien betonen oftmals, dass der Einsatz von Smart Grid-Lösungen anstelle eines ausschließlich konventionellen Netzausbaus im aktuellen System der Regulierung nicht ausreichend angereizt wird. Dabei stellen gerade innovative Lösungen, wie die Steuerung der Ladeeinrichtungen, eine vergleichsweise kostengünstige, effiziente und schnell umzusetzende Lösung dar. Der Regulierungsrahmen sollte daher so angepasst werden,

dass technische Lösungen so angereizt werden, dass sich im Resultat die gesamtheitlich sinnvolle Wahl auch für den Netzbetreiber als optimal darstellt.

Um die Lastverschiebungspotentiale heben zu können, empfehlen verschiedene Studien die Möglichkeit, dynamische Netznutzungstarife als Anreiz zu nutzen [5][15][16][18][19][20]. Es muss außerdem dafür Sorge getragen werden, dass die aus Sicht des Kunden vorliegende Informationsasymmetrie abgebaut wird. Kunden erfahren netzdienliche Eingriffe heute weitgehend stochastisch, sodass Ängste bezüglich eines nicht realisierbaren Ladezustands der E-Fahrzeuge entstehen können. Hinzu kommen Ängste vor hohen Kosten durch die Batteriedegradation [5]. Dies kann insbesondere dann erreicht werden, wenn den Kunden glaubhaft nachvollziehbare und zuverlässige Informationen bzgl. der Chancen und Folgen der Steuerung von E-Mobilität zur Verfügung gestellt werden.

Für die Netzplanung ist die Schaffung von Klarheit bzgl. der zu erwartenden Ladeleistungen und somit Ladeinfrastrukturen notwendig, um Fehlinvestitionen zu vermeiden [18]. Unsicherheiten über die Entwicklung der E-Mobilität und die zukünftigen Versorgungsaufgaben müssen abgebaut werden. Dies könnte dadurch erreicht werden, indem – über die Netzanschlussregeln oder alternativ auch regulatorisch – die Anmeldung von Ladeeinrichtungen² beim jeweiligen Verteilnetzbetreiber eingeführt wird. Aus den Studien leitet sich dabei keine Untergrenze für die Ladeleistung ab (s. auch Abschnitt 4.4). Einige Studien weisen darauf hin, dass mit einem durch E-Mobilität verbundenen Netzausbau trotz der Verteilung auf zusätzliche Verbraucher die Netznutzungsentgelte ansteigen können. Da hier eine heterogene Verteilung auf Netze wie Netzbetreiber erwartet wird, werden in einer Studie dafür übergreifende Ausgleichsmechanismen vorgeschlagen [21].

Die Bereitstellung von Systemdienstleistungen muss durch die geeignete Ausgestaltung von relevanten Märkten ermöglicht werden. Zur marktbasierter netzdienlicher Nutzung von Flexibilitäten in den Verteilnetzen werden zusätzlich regionale bis lokale Aufschlüsselungen empfohlen [18]. Die netzdienliche Nutzung der Flexibilität durch E-Fahrzeuge soll dabei derart angereizt werden, dass die Bereitstellung durch die Kunden auch tatsächlich attraktiv wird [5]. Dazu wird in einer Studie eine Anpassung von Vorlaufzeiten und der zeitlichen Auflösung von Angebotszeiten empfohlen [5]. Für Beteiligung der E-Mobilität an Spannungs- und Frequenzhaltung müssen neben der technischen auch die normativen Voraussetzungen geschaffen werden.

Die Regulierung muss außerdem die sichere, standardisierte und kosteneffiziente Ausbringung von IKT-Infrastruktur ermöglichen [18]. Es muss hier insbesondere die Interoperabilität der Schnittstellen sichergestellt sein – ein großer Markt ist auf Unternehmen „anziehender“ als viele kleine Märkte. Dadurch können der Wettbewerb gesteigert und effizientere Lösungen gefunden werden [5]. Roaming (Kosten für Nutzung der Ladeinfrastruktur anderer Betreiber) und Abrechnung muss standardisiert werden, also einheitliche IKT-Plattformen, Standards und Normen [5][15][17]. Die Kosten für Messung und Abrechnung einer Messstelle mit registrierender Lastgangmessung sind nach Auffassung einzelner Projekte derzeit nicht einheitlich, intransparent und im Allgemeinen zu hoch und stellen ebenfalls ein wirtschaftliches Hindernis dar [17].

² In den aktuell in der Verabschiedung befindlichen technischen Netzanschlussregeln – insbesondere VDE-AR-N 4100 für die NS-Ebene) sind solche Anmeldepflichten bereits verankert.

Die Förderung von Joint Ventures entlang der Wertschöpfungskette ist sinnvoll [5], um das Know-How unterschiedlicher Akteure vernetzen zu können. Unabdingbar sind Planbarkeit und Verlässlichkeit durch einen langfristigen gesetzlichen Rahmen, damit die Technologieaktivitäten der Industrie gesteigert werden [22]. Außerdem wird in einigen Projekten vorgeschlagen, dass der Verteilnetzbetreiber Informationen über Netzkapazitäten möglichen Anbietern von Ladeinfrastruktur zur Verfügung stellt, damit diese für eine kosteneffiziente Ausbringung von Ladeinfrastruktur genutzt werden kann [5].

Handlungsempfehlungen



- Reduzierung der Unsicherheit zur Entwicklung der regionalen Durchdringung mittels sofort geltender, verpflichtender Anmeldeverfahren für Ladeeinrichtungen
- Anpassung des Regulierungsrahmens zur kurzfristigen Förderung intelligenter Technologien, sodass im Resultat die gesamtheitlich sinnvolle Wahl zwischen diesen Technologien und konventionellem Netzausbau auch für den Netzbetreiber optimal ist
- Ermöglichung zur (marktbasierten) Nutzung lokaler Flexibilitäten durch Verteilnetzbetreiber im Regulierungsrahmen
- Verbindung netzdienlicher Steuerung mit Information an Kunden und – soweit möglich – Mindestladeenergien.
- Schaffung der normativen Vorgaben zur Beteiligung der E-Mobilität an Spannungs- und Frequenzhaltung

5.8 Sektorenkopplung

Unter Sektorenkopplung wird die Verbindung der Sektoren Wärme, Verkehr und elektrischer Energie (Strom) verstanden. Durch die Speicherung von Energie und die Nutzung als Transportmittel stellt die E-Mobilität ein Verbindungsglied zwischen den Sektoren Verkehr und Strom dar. In der Metastudie liegt der Fokus auf die Auswirkung der E-Mobilität auf den Stromsektor, insbesondere die Verteilnetze.

Der Einfluss der E-Mobilität auf die steigende Elektrizitätsnachfrage und damit die Auswirkung auf das Energieversorgungssystem wird oftmals als überschaubar gering bewertet. Der Grund liegt darin, dass andere Entwicklungen stärkeren Einfluss ausüben. Der Anstieg der Elektrizitätsnachfrage für die Zukunft aus anderen Bereichen überwiegt oftmals den Anteil, der durch E-Mobilität alleine verursacht wird (unter Berücksichtigung der aktuellen politischen Zielvorgaben für die Entwicklung von E-Mobilität) [23]. Weiterhin betonen die Studien, dass die E-Mobilität keinen merklichen Einfluss auf die durchschnittlichen europäischen Grenzkosten der Elektrizitätserzeugung aufweist. Hieraus folgt, dass sich auch zukünftig mit zunehmendem Anteil an E-Fahrzeugen der Nettostrompreis im europäischen Durchschnitt mittelfristig nicht wesentlich erhöht [23][24].

Da Fahrzeugbatterien als Stromspeicher fungieren können, tragen sie bei entsprechendem Einsatz zu einer Stabilisierung von Angebots- und Nachfragemengen, insbesondere unter Berücksichtigung der

zunehmenden volatilen, dargebotsabhängigen EE [21], bei. Bei einer direkten Kopplung der Stromnachfrage der E-Fahrzeuge an regenerativ erzeugtem Strom, wie sie z. B. im marktgesteuerten Konzept des „E-Flott“ Projekts vorgestellt wird, kann auch dargebotsabhängige Energie aus DEA genutzt werden, die bisher abgeregelt wurde [6][12].

Die Wirtschaftlichkeit und damit der Anreiz für den kombinierten Erwerb von E-Fahrzeug und PV-Anlage kann durch die Optimierung des Eigenverbrauchs gesteigert werden. Überschüsse aus der PV-Anlage mussten bisher gespeichert werden oder wurden in das Netz eingespeist. Letzteres kann zu einer zusätzlichen Belastung im Verteilnetz und letztendlich zu Netzengpässen führen. Durch die Nutzung von PV-Strom zum Laden der E-Fahrzeuge können Netzentgelte vermieden werden [4][6][25].

Handlungsempfehlungen



- **Lokale Synergieeffekte zwischen E-Mobilität und EE-Erzeugung sind möglich. Eine gesicherte Nutzung setzt die Steuerbarkeit der Ladeeinrichtungen voraus. Für einen höheren Beitrag der E-Mobilität zur Systemintegration der EE sind sowohl Steuerbarkeit als auch mittelfristig ausgebaute Netze erforderlich.**

6 Resümee

Die aus den Ergebnissen der Studie abgeleiteten Handlungsempfehlungen an Netzbetreiber, die technische Regelsetzung und Regulierung sowie der zukünftige Forschungsbedarf sind in der Studie kontextbezogen aufgeführt und in der Kurzfassung zusammengefasst. Anstelle einer Wiederholung sollen daher an dieser Stelle einige Erkenntnisse und Erfahrungen aus der Bearbeitung der Metastudie aufgeführt werden, die sich an anderer Stelle nicht einordnen ließen.

Wie auch aufgrund der entsprechenden Forschungsprogramme der Vergangenheit zu erwarten, ist die E-Mobilität im Zusammenhang mit Fragen der Netzintegration Gegenstand zahlreicher Forschungsprojekte gewesen, von denen in der Metastudie 320 Studien betrachtet wurden. Dies könnte nahelegen, dass zu der Thematik kaum weiterer Forschungsbedarf besteht. Die Analysen in der Metastudie haben aber aufgezeigt, dass sich die Studien – dem naheliegenden Anwendungsfall der E-Mobilität für städtische Mobilität folgend und basierend auf der vor einigen Jahren verfügbaren Technologie mit geringeren Batteriekapazitäten – vor allem auf städtische Netze und geringen täglichen Fahrstrecken konzentrieren. Zudem werden oftmals Aspekte wie die Nutzung von Ladeinfrastruktur an unterschiedlichen Orten sowie die gewerbliche E-Mobilitätsnutzung ausgeblendet. Hier ergibt sich also weiterhin Untersuchungsbedarf unter Beachtung der heute verfügbaren und absehbaren technischen Entwicklungen bei E-Fahrzeugen, insbesondere aber auch unter Anwendung von Modellen zur Simulation des zukünftigen Mobilitätsbedarfs und dessen Deckung. Dabei ist die E-Mobilität im Sinne dieser Studie nur eine der möglichen einzubeziehenden Optionen. Daher sind hier Projekte unter Einbezug aller berührten Fakultäten zu empfehlen.

Aus Sicht einer Forschungseinrichtung ernüchternd ist der Detailgrad an Informationen zu Projektergebnissen, wie er aus den verfügbaren Veröffentlichungen für die Allgemeinheit gewonnen werden kann. Deshalb mussten einige Studien für eine detaillierte Betrachtung aussortiert werden. Jedoch konnten auch innerhalb des Parametersets zur Beschreibung der berechneten Szenarien nicht alle Daten ermittelt werden. Dies birgt die Gefahr, dass widersprüchliche Aussagen aus Studien resultieren, deren Gegensätze bei detaillierteren Informationen sehr wohl erklärt oder aufgelöst werden könnten. Hier sind alle Forschungseinrichtungen gefordert, entsprechende Informationen zu bieten – etwa mindestens durch vollständige Angabe des Parametersets zur Beschreibung von Szenarien – und ihre Erkenntnisse im Vergleich zu Vorgängerstudien einzuordnen. Die zusammenfassenden Ergebnisse dieser Metastudie sowie die Projektsteckbriefe im Anhang können dabei als Ausgangspunkt dienen.

Die Unsicherheit in der Entwicklung der E-Mobilität in Ausmaß und zeitlicher Dynamik ist in der Metastudie als Motivation für die Notwendigkeit von Werkzeugen für die Verteilnetzbetreiber bereits mehrfach betont worden. Anmeldepflicht, Option zur Ladesteuerung sowie stetige Verbesserung der Informationslage zu Nutzungsprofilen und wahrscheinlichen Netzrestriktionen sollen dazu dienen, trotz der unbekanntem Entwicklung im Netzausbau – sogenannt intelligent oder konventionell – hinreichend effizient agieren zu können. Es wird daraus aber auch deutlich, dass eine klassische Zielnetzermittlung und -bewertung in Studien wie auch der Planungspraxis nur wenig hilfreich für die tatsächlich heute zutreffenden Entscheidungen ist. Vielmehr ist der Ausbauprozess unter Unsicherheit abzubilden und dafür benötigt der Netzbetreiber entsprechende Planungswerkzeuge. Schließlich ist noch zu betonen, dass die Auswertungen der Metastudie keine Ableitung einer kritischen Durchdrin-

gung für E-Fahrzeuge zulassen, ab welcher grundlegenden mit Netzüberlastungen zu rechnen ist. Dennoch bestätigen die Auswertungen, dass bei niedrigen Durchdringungen kein flächendeckender Netzausbaubedarf zu erwarten ist. Daher können die nächsten Jahre genutzt werden, durch Messungen an vorhandenen Ladeeinrichtungen und darauf basierende systematische Simulationen der Verteilnetze, die Informationslage zu schärfen.

Aachen, Dezember 2018

FGH e.V.

Referenzen

- [1] Technische Universität Wien, Institut für Energiesysteme und elektrische Antriebe: ZENEM (2013).
- [2] Andreas Götz: Zukünftige Belastungen von Niederspannungsnetzen unter besonderer Berücksichtigung der Elektromobilität (2016).
- [3] HEAG Südthessische Energie AG (HSE): Well2Wheel (2013).
- [4] Michael Agsten, Steffen Schlegel, Dirk Westermann: Einfluss gesteuerten Ladens von Elektrofahrzeugen auf Verteilnetze bei volatiler Windeinspeisung (2012).
- [5] GREEN EMOTION: Green eMotion: Development and demonstrations of a unique and user-friendly framework for green electromobility in Europe (2011).
- [6] Richter J., Lindenberger D.: Potenziale der Elektromobilität bis 2050: Eine szenarienbasierte Analyse der Wirtschaftlichkeit, Umweltauswirkungen und Systemintegration (2010).
- [7] Jørgen S. Christensen: EDISON: Impact of fast Charging on the electric grid (2013).
- [8] Patrick Plötz, Till Gnann, André Kühn, Martin Wietschel: Markthochlaufszszenarien für Elektrofahrzeuge (2014).
- [9] Probst A: Auswirkungen von Elektromobilität auf Energieversorgungsnetze analysiert auf Basis probabilistischer Netzplanung (2014).
- [10] Galus MD., Georges G., Waraich RA.: ARTEMIS: Abating Road Emissions Through Efficient Mobility Interactions with the electric System (2012).
- [11] Linßen J: Netzintegration von Fahrzeugen mit elektrifizierten Antriebssystemen in bestehenden und zukünftige Energieversorgungsstrukturen - NET-ELAN: Advances in Systems Analysis 1. (2012).
- [12] Philipp Nobis, Christoph Pellingner, Thomas Staudacher: e-Flott: wissenschaftliche Analysen zur Elektromobilität (2011).
- [13] Elektromobilität und Erneuerbare Energien - eine Betrachtung aus ökonomischer und rechtlicher Sicht (2011).
- [14] Weigand M., Agsten M., Beyer D., Bohn S., Bretschneider P.: Einfluss künftiger Elektromobilität auf städtische Verteilernetze. Energiewirtschaftliche Tagesfragen (2015).
- [15] iZEUS: Intelligent Zero Emission Urban System (2012).
- [16] Richter M., Steiner L: Begleitforschungs-Studie Elektromobilität: Potentialermittlung der Rückspeisefähigkeit von Elektrofahrzeugen und der sich daraus ergebenden Vorteile.

- [17] Intelligente Netzanbindung von Elektrofahrzeugen zur Erbringung von Systemdienstleistungen - INEES (2016).
- [18] G4V: Grid for Vehicles - Analysis of the impact and possibilities of a mass introduction of electric and plug-in hybrid vehicles on the electricity networks in Europe (2010).
- [19] e-mobil BW GmbH: Systemanalyse BWe Mobil: IKT- und Energieinfrastruktur für innovative Mobilitätslösungen in Baden-Württemberg (2013).
- [20] RegModHarz: Regenerative Modellregion Harz (2012).
- [21] Marwitz S., Klobasa M., Wietschel M.: Auswirkungen von Elektromobilität und Photovoltaik auf die Finanzierung deutscher Niederspannungsnetze (2016).
- [22] Anja Peters, Claus Doll, Fabian Kley, Michael Möckel, Patrick Plötz, Andreas Sauer et al.: Konzepte der Elektromobilität und deren Bedeutung für Wirtschaft, Gesellschaft und Umwelt (2012).
- [23] KIT: Optimizing the allocation of fast charging infrastructure along the German autobahn (2015).
- [24] Prof. DI Mag. Dr. Heinz Stigler et al.: Auswirkungen zukünftiger Elektromobilität auf die österreichische Elektrizitätswirtschaft (2010).
- [25] Philipp Richard Rainer Nobis: Entwicklung und Anwendung eines Modells zur Analyse der Netzstabilität in Wohngebieten mit Elektrofahrzeugen, Hausspeichersystemen und PV-Anlagen (2016).

Anhang A: Auswertungsbogen

	Parameter	Einheit	Obligatorisch	Freitext	
Info	Projektname				
	Link				
	Kurzzusammenfassung				
Annahmen Elektromobilität	Betrachtungszeitraum	Jahr			
	Benennung Szenarien	Namen			
	Durchdringung				
	Szenarioclusterung (konservativ/moderat/progressiv)	k/m/p			
	ÖPNV berücksichtigt?	siehe Auswahl			
	Hybride berücksichtigt?	siehe Auswahl			
	Quelle Durchdringungsszenarien	siehe Auswahl			
	Mobilitätskonzept	siehe Auswahl			
	Gleichzeitigkeiten E-Mobility	0...3			
	Ladeverhalten	siehe Auswahl, X		ungesteuert	
		siehe Auswahl, X		netzdienstlich	
		siehe Auswahl, X		marktgesteuert	
	Ladeleistung	kW, X, Ladeort im Freitext		3,7kW	
	Ladeort (privat/halböffentlich/öffentlich)	kW, X, Ladeort im Freitext		11kW	
		kW, X, Ladeort im Freitext		22kW	
		kW, X, Ladeort im Freitext		43kW	
		kW, X, Ladeort im Freitext		50kW	
	kW, X, Ladeort im Freitext		70kW		
	kW, X, Ladeort im Freitext		145kW		
	kW, X, Ladeort im Freitext		200kW		
	kW, X, Ladeort im Freitext		350kW		
Batteriegröße (unabhängig von Szenarien)	kWh;kWh;kWh;...				
Annahmen Entwicklung EE/Last	siehe Freitext				
Quelle Annahmen	siehe Auswahl				
Methode	Typ der Studie/Projekt	siehe Auswahl			
	Betrachtete Spannungsebenen	siehe Auswahl, X		NS	
		siehe Auswahl, X		MS	
		siehe Auswahl, X		HS	
		siehe Auswahl, X		H6S	
	Betrachtete Netze	siehe Auswahl, X		Städtisch	
		siehe Auswahl, X		Ländlich	
	Beachtete techn. Randbedingungen	siehe Auswahl, X		Strom	
		siehe Auswahl, X		Spannungen	
		siehe Auswahl, X		Sonstiges	
Freiheitsgrade Netzausbau		siehe Auswahl, X		Konventionell	
		siehe Auswahl, X		rONT	
		siehe Auswahl, X		Einspeisemanagement	
		siehe Auswahl, X		Verbraucherflexibilität	
		siehe Auswahl, X		Sonstiges	
		siehe Auswahl, X			
Ergebnisse	Anstieg Netzbelastung	Faktor, Überlastung im Freitext		NS, Städtisch	
	Überlastung: "ja" oder "Trafo"/"Leitung" wenn gegeben	Faktor, Überlastung im Freitext		NS, Ländlich	
	Keine Überlastung: "nein"	Faktor, Überlastung im Freitext		MS, Städtisch	
		Faktor, Überlastung im Freitext		MS, Ländlich	
		Faktor, Überlastung im Freitext		HS, Städtisch	
		Faktor, Überlastung im Freitext		HS, Ländlich	
	Netzausbaukosten		Steigerung, %		NS, Städtisch
			Steigerung, %		NS, Ländlich
			Steigerung, %		MS, Städtisch
			Steigerung, %		MS, Ländlich
		Steigerung, %		HS, Städtisch	
	Steigerung, %		HS, Ländlich		
	Handlungsempfehlungen				

Anhang B: Liste gesammelter Studien

Die folgende Liste enthält alle gesammelten Studien mit dem Themenbezug E-Mobilität und Auswirkungen auf das elektrische Versorgungsnetz.

Für jede Studie wurden folgende Basisinformationen aufgenommen:


- **Titel/Name der Studie**
- **Konsortialführer**
In der Regel sind die Forschungsstudien als Zusammenschluss unterschiedlicher Unternehmen und Forschungseinrichtungen organisiert. Der Konsortialführer ist für die Koordination/Delegation der Arbeitsinhalte an alle Studienpartner verantwortlich.
- **Studienpartner**
Studienpartner sind Unternehmen oder Forschungseinrichtungen, die an der Bearbeitung des Forschungsvorhabens teilhaben.
- **Studienstart-Datum**
Zur zeitlichen Einordnung wird das Startdatum der Studie aufgenommen. Die Studien können somit verschiedenen Förderungsphasen zugeordnet werden.
- **Studienend-Datum**
Analog zum Startdatum wird auch das Enddatum der Studie aufgenommen.
- **Laufzeit**
Die Laufzeit der Studie ergibt sich aus der Differenz von End- und Startdatum.
- **Budget (optional)**
Falls vorhanden, wird neben dem Gesamtbudget auch der Förderanteil als Information aufgenommen.

Anhang C: Studiensteckbriefe

Für die 46 quantitativ ausgewerteten Studien wurden zu Übersichtszwecken Steckbriefe angefertigt. Diese beinhalten die folgenden Informationen:

- **Allgemeine Studieninformationen:**
Hier werden die allgemeinen Informationen der Studien wie Titel, Budget und Laufzeit angegeben (ebenfalls in der Projektdatenbank enthalten).
- **Studien-Standort** (optional)
Der Untersuchungsstandort innerhalb der Studie. Im Allgemeinen ist dies das Land der Studienteilnehmer. Abweichende Standorte bei Feldtests werden hier ebenfalls mit aufgenommen.
- **Kategorisierung in Themenfelder**
Für eine schnelle thematische Einordnung der Studien erfolgt die Darstellung entsprechend der Themenfelder:
 - Ladevorgang
 - Regulierung
 - Sektorenkopplung
 - Szenarien
 - System- & Netzdienstleistungen (SDL & NDL)
 - Technische Grenzwerte
 - Netzplanung
- **Kurzbeschreibung der Studie**
Enthält eine Zusammenfassung des Studieninhalts sowie die gewählten Parameter.
- **Kernziele der Studie**
Enthält die kommunizierten Forschungsziele der Studie.
- **Kernergebnisse der Studie**
Enthält die wesentlichen Ergebnisse der im Rahmen der Studie durchgeführten Simulationen oder Feldtests.
- **Handlungsempfehlungen der Studie**
Enthält Empfehlungen der Studien hinsichtlich regulatorischer oder technischer Änderungen zur Integration der E-Mobilität in bestehende Versorgungsnetze.

Analyse der langfristigen Auswirkungen von E-Mobilität auf das deutsche Energiesystem im europäischen Energieverbund (Dissertation)

Budget [€]: Anteil Förderung:	Themenfelder: 	
Laufzeit: Startdatum: Enddatum: 19.06.2013		
Standort: Deutschland		
Konsortialführer: KIT Heidi Ursula Herinrichs		
Kurzbeschreibung: Dissertation mit ganzheitlich europäischen Ansatz, um eine Bewertung bezüglich der Entwicklung von E-Mobilität und deren Einfluss auf das deutsche Energiesystem zum Jahr 2030 durchzuführen. Für die Analyse werden neben dem europäischen Energiebinnenmarkt, Energiehandel und die Entwicklung erneuerbarer Energien auch mögliche Netzengpässe integriert betrachtet. Für die Entwicklung der E-Mobilität wird ein national differenzierter Ansatz gewählt. In Abhängigkeit des Szenarios wird eine Marktdurchdringung von 10 %, 40 % oder 70 % und für die Ladeleistung 3.7 kW, 11 kW oder 22 kW untersucht.		
Kernziele: <ul style="list-style-type: none"> • Quantitative Analyse der Auswirkung von E-Mobilität auf das deutsche Energiesystem im europäischen Energieverbund • Langfristige Betrachtung der Entwicklung des Energiesystems in Abhängigkeit der E-Mobilitätsentwicklung • Aktiv gestaltbare Rahmenbedingungen für Politik und europäisch agierende Energieversorgungsunternehmen aufzeigen 		
Kernergebnisse: <ul style="list-style-type: none"> • Unter Berücksichtigung politischer und wirtschaftlicher Rahmenbedingungen ist eine theoretische Durchdringung von 3% bis 70% bis 2030 in Europa möglich 		

- Geringer Einfluss auf die Struktur des Energiesystems in der HÖS-Ebene, sodass ausreichend Zeit zur Integration von Elektrofahrzeugen besteht
- Mit 1 % bis 13 % zusätzlicher Nachfrage an Elektrizität durch Elektrofahrzeuge in 2030, haben diese lediglich als überlagernden Effekt eine Auswirkung auf die gesamt steigende Elektrizitätsnachfrage. Im Vergleich steigt konventionelle Nachfrage um 23%.
- Höhere Elektrizitätsnachfrage von Elektrofahrzeugen führt zu einem höheren Ausbau erneuerbarer Energien
- Einfluss von Elektrofahrzeugen auf die Grenzkosten der Elektrizitätserzeugung gering
- Mit steigender Marktdurchdringung kommt es zu einer Senkung der CO₂ Emissionen des Pkw-Verkehrs
- Europäische Ziele zur E-Mobilitätsentwicklung spiegeln sich nur teilweise in den ergriffenen Fördermaßnahmen wieder
- Entwicklung ist abhängig von politischen Faktoren aber auch technologischen – insbesondere Batteriefortschritt

Handlungsempfehlung:

- -

Analyse Nutzerverhalten und Raumplanung regionale Infrastruktur		
Budget [€]: - Anteil Förderung: -	Themenfelder: 	
Laufzeit: 15 Monate Startdatum: 01.07.2009 Enddatum: 30.09.2011		
Standort: Deutschland		
Konsortialführer: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit	Weitere Projektpartner: RWE Effizienz GmbH SAP AG Ewald & Günter Unternehmensberatung GmbH & Co. KG TU Dortmund TU Berlin	Marktrolle: Ministerium, Industrie, Universität
Kurzbeschreibung: <p>Dieses Forschungsvorhaben beschäftigt sich mit der Planung und der Auslegung einer Ladeinfrastruktur. Hierbei wird der Fokus nicht technische Aspekte gelegt, sondern auch soziopolitische Einflüsse mitberachtet. Grundlage für die regionale Planung der Infrastruktur in Berlin dient somit neben einer Analyse der politischen Genehmigungsverfahren im öffentlichen Raum auch eine Szenarioanalyse und der Befragung von potentiellen Nutzern der Ladeeinrichtungen. Aufbauend auf den Erkenntnissen aus dieser Analyse werden die Standorte möglicher Ladeeinrichtungen mittels eines GIS-Systems lokal aufgelöst, unter der zusätzlichen Berücksichtigung von technischen Anforderungen, geplant.</p>		
Kernziele: <ul style="list-style-type: none"> • Identifizierung externer Einflüsse mittels Szenarioanalyse • Maximierung der Kundenakzeptanz durch eine qualitative Nutzerbefragung • Optimale Planung der Ladeinfrastruktur für Berlin • Analyse der politischen Rahmenbedingungen 		

Kernergebnisse:

- Derzeitig werden Elektroautos überwiegend auf privaten Flächen geladen
- Öffentliche Lademöglichkeiten lediglich als Sicherheitsgefühl
- Ein eindeutiger Mehrwert in der betrieblichen Anwendung von Elektrofahrzeugen konnte nicht dargestellt werden
- Infrastrukturplan für Berlin zur Gelegenheitsladung für privat und teilweise auch für gewerblich eingesetzte Elektrofahrzeuge

Handlungsempfehlung:

- Reformstrategien bezüglich des öffentlichen Genehmigungsprozesses für Ladeinfrastruktur
- Politik sollte bei der Einführung des Elektroverkehrs die Kooperation zwischen Wirtschaftsakteuren unterstützen
- Qualitative Weiterentwicklung der politischen Verhältnisse im Sinne von partizipativen Beteiligungsverfahren
- Koordinierungsstelle zwischen öffentlichen und privaten Akteuren für die Planung der Ladeinfrastruktur empfehlenswert
- Langzeitmessungen zur Signalstärke von unterschiedlichen Mobilfunkanbietern nötig
- Untersuchungen, inwiefern Personen ohne Möglichkeit einer privaten Ladeeinrichtung den Besitz eines Elektrofahrzeugs anstreben
- Kommunen sollten die Bereitstellung von Ladeinfrastruktur positiv beeinflussen

Analyse zukünftiger Netzbelastungen und Implikationen auf den Netzausbau in vorstädtischen Niederspannungsnetzen

Budget [€]: 772.507

Anteil Förderung: -

Laufzeit: 36 Monate

Startdatum: 01.02.2016

Enddatum: 31.01.2019

Standort:

Deutschland

Themenfelder:



Konsortialführer:

Fraunhofer ISI

Weitere Projektpartner:

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie

Markttrollen:

Forschungseinrichtung

Kurzbeschreibung:

Als Teilprojekt des Forschungsvorhabens „EnSys-FlexA“, welches sich u.a. mit der Bewertung unterschiedlicher Verbrauchergruppen hinsichtlich ihres Beitrags zur Integration erneuerbarer Energien in Stromnetze beschäftigt, wird der Effekt ungesteuerten Ladens von Elektrofahrzeugen auf das Netz untersucht. Als Grundlage für die Untersuchung dient ein städtisches NS-Netz mit vier Strängen, dessen Entwicklung für die Jahre 2030 (46 % Marktdurchdringung) und 2050 (90 % Marktdurchdringung) abgeschätzt wird. Für das Ladekonzept wird eine Leistung von 11 kW sowie eine private Ladeeinrichtung angenommen. Als Bewertungsgröße dient die Abweichung von der Spannungsbandgrenze.

Kernziele:

- Bestimmung des Einflusses von E-Mobilität auf die Netzbelastung im Niederspannungsnetz
- Identifikation der auslegungsrelevanten Technologie für Niederspannungsnetze
- Untersuchung ausgleichender Effekte zwischen PV-Anlagen und ungesteuerten Ladevorgängen der Elektrofahrzeuge


Kernergebnisse:

- Ungesteuerte Ladevorgänge gleichen Einspeisung von PV-Anlagen nicht aus
- Einfluss von PV-Anlagen und E-Mobilität abhängig von Szenario
 - 2030: Netzstränge unterschiedlich stark belastet
 - 2050: Ausgleich der Belastungen im Netz

Handlungsempfehlung:

- Ladevorgänge steuerbar machen, um den Einfluss von PV-Anlagen auszugleichen

Anforderungen an das Stromnetz durch E-Mobilität, insbesondere Elektrobusse, in Hamburg

Budget [€]: Anteil Förderung:	Themenfelder: 	
Laufzeit: Startdatum: Enddatum: 07.03.2017		
Standort: Deutschland		
Konsortialführer: Helmut-Schmidt-Universität / Universität der Bundeswehr (Hamburg, Professur für Elektrische Energiesysteme)		
Kurzbeschreibung: Das Forschungsprojekt untersucht den Einfluss von Elektrofahrzeugen auf die Auslastung von Umspannwerken im Hamburger Stromnetz, wobei ein besonderer Fokus auf die Elektrifizierung von Bus-Flotten gelegt wird. Für die Jahre 2020, 2025 und 2030 werden unterschiedliche Durchdringungsgrade der Elektrofahrzeuge anhand von Hochlaufrechnungen ermittelt und deren Einfluss identifiziert. Es wird von einem ungesteuerten Ladekonzept ausgegangen und der Ladeanschluss wird mit 3,7 kW, 11 kW oder 22 kW dimensioniert. Anhand einer Simulation von realen städtischen Netzen können potentiell überlastete Umspannwerke identifiziert werden. Durch ein Modell zur Abbildung des realen Busbetriebes können Tageslastgängen an den einzelnen Busbetriebshöfen erstellt und anschließend sowohl deren benötigte Anschlusskapazität als auch die Spannungsebene bestimmt werden.		
Kernziele: <ul style="list-style-type: none"> • Auswirkung einer verstärkten Durchdringung von Elektrofahrzeugen auf das Hamburger Stromnetz mit Fokus auf die Auslastung der Umspannwerke bestimmen • Einfluss der Elektrifizierung der Fahrzeugflotte (ÖPNV, Gewerbe- und Privatfahrzeuge) eines Untersuchungsgebietes auf die Auslastung eines Umspannwerkes untersuchen und Engpässe identifizieren 		

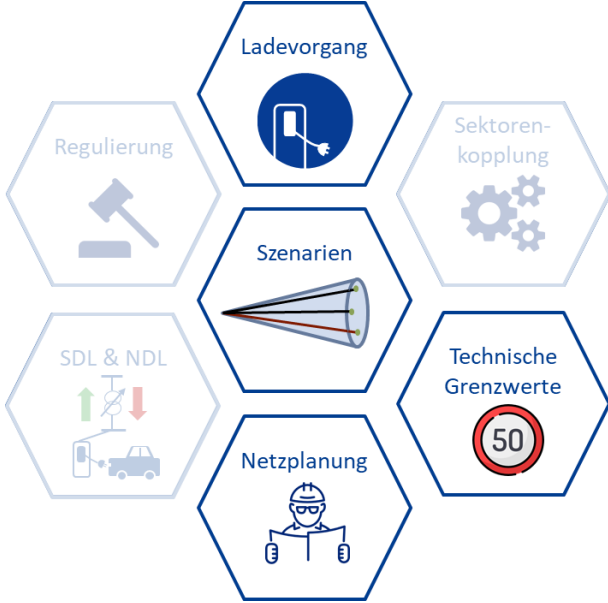
- Auswirkungen von schnellladefähigen Fahrzeugen auf das Netz prüfen

Kernergebnisse:

- Spitzenlast in den Abendstunden, da die gewerbliche Nutzung der Elektrofahrzeuge höher prognostiziert und von einem ungesteuerten Laden ausgegangen wird
- Großes Verschiebepotential in die Nachtstunden
- Für Umspannungsgebiete mit angeschlossenem ÖPNV und Gewerbe wird eine starke zusätzliche Last für bestimmte Hochlaufszenerarien ermittelt

Handlungsempfehlung:

- Finanzieller Anreiz für die Lastverschiebung in die Nacht schaffen
- Große Elektrofahrzeugflotten über ein Lademanagement zur Verschiebung von Lastspitzen nutzen
- Ausbau von Schnellladesäulen sollte nicht aus privater Hand finanziert werden, da dieser mit einem massiven dezentralen Leitungsausbau verbunden ist
- Busbetriebshöfe sollten mindestens in der Mittelspannungsebene angeschlossen werden

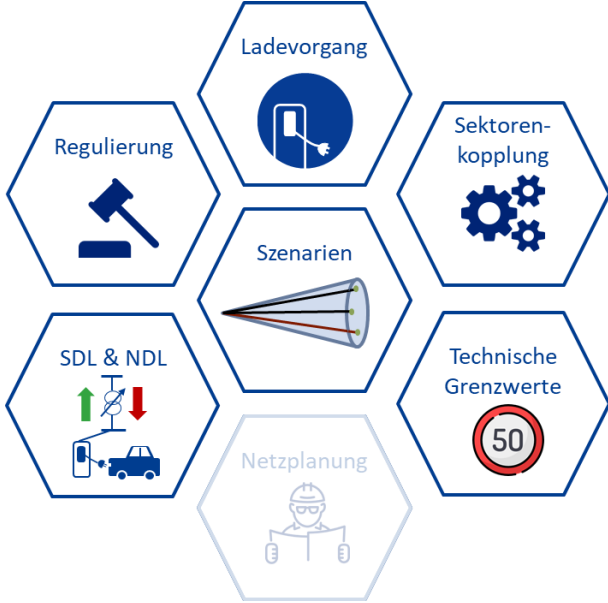
ARTEMIS		
Budget [€]: - Anteil Förderung: -	Themenfelder: 	
Laufzeit: 36 Startdatum: 01.2009 Enddatum: 12.2011		
Standort: Zürich, Schweiz		
Konsortialführer: ETH Zürich	Weitere Projektpartner: EWZ novatlantis	Marktrolle: Universität Verteilnetzbetreiber Kraftwerksbetreiber
Kurzbeschreibung: <p>Forschungsprojekt mit Kompetenzen in den Bereichen Fahrzeugtechnik, Verkehr und Stromnetze. Das Projekt untersucht die Auswirkung hypothetischer Szenarien von größeren Marktdurchdringungen elektrifizierter Fahrzeuge auf existierende Stromnetze der Stadt Zürich. Zusätzlich wird der zusätzliche Bedarf an Elektrizität und die erzielbare CO2 Reduktion abgeschätzt. Es werden Szenarien für die Jahre 2010, 2020, 2035 und 2050 definiert, für die zusätzlich unterschiedliche Grade an E-Mobilitätsdurchdringung angenommen werden. Die betrachteten Ladeleistungen mit 3.7 kW und 11 kW entsprechen den aktuellen typischen Werten.</p>		
Kernziele: <ul style="list-style-type: none"> • Konkrete Quantifizierung der Auswirkungen von hohem Anteil E-Mobilität auf das Züricher Stromnetz • Abbildung von lokalen Lasten, den flottenweiten Endenergie- und Primärenergiebedarf sowie die einhergehenden CO2 Emissionen 		
Kernergebnisse: <ul style="list-style-type: none"> • Niedrige Ladeleistungen (3.7 kW) sowie Durchdringungen bis zu 85 % verursachen keine Überlastung von Leitungen und Transformatoren • Bei Kombination aus Ladeleistungen von 11 kW und Durchdringung von 90 - 95 % konnte eine 		

Mehrbelastung der Leitungen beobachtet werden, ohne dass jedoch Grenzwertverletzungen auftreten. Es wurden jedoch wenige **Transformatorüberlastungen** gemessen, die durch eine **netzdienliche Steuerung** nahezu vollständig behoben werden konnten.

- Lokale Kohlendioxidemissionen des individuellen Personenverkehrs lassen sich mit Hilfe der E-Mobilität stark reduzieren, selbst falls sich die CO₂-Intensität des Strommixes sich gegenüber dem heutigen Werten verschlechtern sollte.

Handlungsempfehlung:

- Stromnetz der Stadt Zürich bereits weitgehend für hohe Marktpenetration von E-Mobilität ausgelegt
- Bei nahezu vollständiger Elektrifizierung sowie 3-phasiger Ladeleistung (11 kW), sollte die Möglichkeit der netzdienlichen Steuerung des Ladevorgangs implementiert werden, um Transformatorüberlastungen zu vermeiden. Alternativ kann die Transformatorleistung durch einen Austausch auch entsprechend erweitert werden.

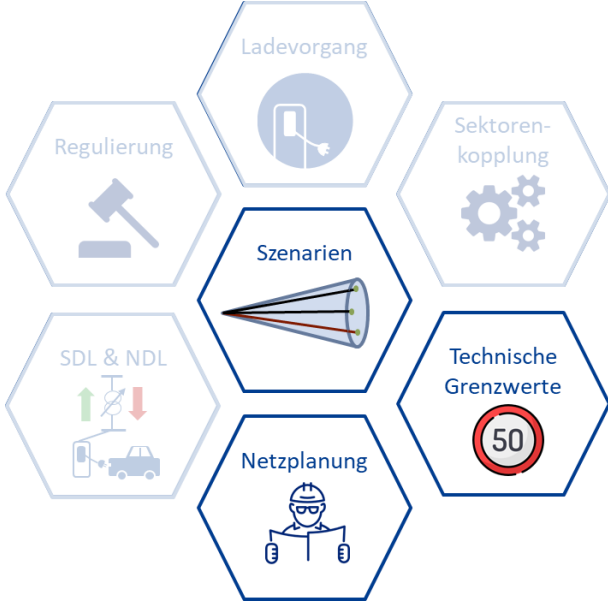
Auswirkungen zukünftiger E-Mobilität auf die österreichische Elektrizitätswirtschaft		
Budget [€]: - Anteil Förderung: -	Themenfelder: 	
Laufzeit: Startdatum: Enddatum: 04.2010		
Standort: Österreich		
Konsortialführer: Oesterreichs Energie	Weitere Projektpartner: Technischen Universität Graz	Marktrolle: Interessenvertretung Universität
Kurzbeschreibung: <p>Das Forschungsprojekt befasst sich neben dem Einfluss auch mit der Einbindung von Elektrofahrzeugen in das bestehende Elektrizitätsversorgungsnetz von Österreich. Bezüglich der Einbindung werden technische Konzepte zum Anschluss und die geographische Verteilung der Ladeinfrastruktur beleuchtet. Hinsichtlich des Einflusses auf das Stromnetz werden drei Szenarien mit unterschiedlicher Marktdurchdringung (2,48 %, 20,5 % und 43,79 %) und Anschluss in städtischen Niederspannungsnetzen untersucht. Hieraus ergibt sich auch die Bandbreite der Ladeleistung (3,7 kW, 11 kW), welche sich im Simulationsmodell an privaten Standorten befinden und die Grundlage zur Bestimmung des zusätzlichen Strombedarfs von Österreich darstellen. Um möglichen Netzengpässen in Ballungsgebieten entgegenzuwirken werden in dieser Studie weiterhin unterschiedliche Laststeuerungstechnologien untersucht und das bidirektionale Laden von Elektrofahrzeugen hinsichtlich seiner Wirtschaftlichkeit bewertet.</p>		
Kernziele: <ul style="list-style-type: none"> • Umfassende Planung der Ladeinfrastruktur und Analyse der zugehörigen möglichen Abrechnungssysteme • Ermittlung des zusätzlichen Strombedarfs von Österreich unter Berücksichtigung verschiedener Marktdurchdringungsraten von Elektrofahrzeugen • Analyse der Möglichkeiten zur intelligenten Laststeuerung von Elektrofahrzeugen • Technische und wirtschaftliche Untersuchung des bidirektionalen Ladens 		

Kernergebnisse:

- Verfügbare Akkumulatoren stellen wirtschaftlich und technisch das größte Hindernis für eine höhere Marktdurchdringung von Elektrofahrzeugen dar
- Der Zusatzbedarf elektrischer Energie durch E-Mobilität in den Szenarien wird als sehr gering eingeschätzt (0,2 % bis 3 %)
- Im Falle hoher lokaler Dichten an Elektrofahrzeugen und einem ungesteuerten Sofortladekonzept können Netzengpässen auftreten
- Batterien für Elektrofahrzeuge sind für das bidirektionale Laden weder technisch noch wirtschaftlich als Alternative zu bestehenden Energiespeichertechnologien zu betreiben

Handlungsempfehlung:

- Die Errichtung einer Ladeinfrastruktur und der Abrechnungssysteme sollten frühzeitig geplant werden, um den Vorteil der geringen Energiekosten nicht zu schmälern.
- Um Netzengpässen entgegenzutreten ist kurzfristig eine Tonfrequenzsteuerung möglich, jedoch sollte bei wachsender Anzahl an Elektrofahrzeugen Konzepte mit umfassenden Steuerungs- und Kommunikationsmöglichkeiten implementiert werden.
- Vereinheitlichung von Abrechnungssystemen.
- Anstatt die Infrastruktur für bidirektionales Laden zu ermöglichen, sollten bestehende Pumpspeicherkraftwerke ausgebaut werden.

Auswirkungen E-Mobility und PV auf Finanzierung dt. NS-Netze		
Budget [€]: - Anteil Förderung: -	Themenfelder: 	
Laufzeit: Startdatum: Enddatum: 23.12.16		
Standort: Deutschland		
Konsortialführer: Stiftung Energieforschung Baden-Württemberg	Weitere Projektpartner: Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI Competence Center Energietechnologien und Energiesysteme EnBW	Marktrolle: Forschungseinrichtung
Kurzbeschreibung: <p>In diesem Forschungsvorhaben werden unterschiedliche NS-Netze (ländlich, halbstädtisch und städtisch) hinsichtlich ihres Ausbaubedarfs bei verstärkter Integration von PV-Anlagen und Elektrofahrzeugen untersucht. Hierfür wird die jeweilige Durchdringung für das Jahr 2030 in drei Szenarien variiert, um mögliche Überlastungen in den Netzen zu identifizieren und die damit verbundenen Ausbaukosten zu quantifizieren. Aufgrund der Tatsache, dass der Einfluss der Ausbaukosten auf die Netznutzungsentgelte Teil des Forschungsvorhabens ist, findet die Auswertung auf Haushaltsebene statt. Anhand eines eigens entwickelten Modells wird die Nutzung der Elektrofahrzeuge simuliert, der Ausbaubedarf auch im Zusammenhang mit einer veränderten PV-Durchdringung bestimmt und anschließend die Verteilung der Netznutzungsentgelte anhand der nachgefragten Energiemenge ermittelt.</p>		
Kernziele: <ul style="list-style-type: none"> • Quantifizierung des zusätzlichen Netzinvestitionsbedarfs durch die Integration von PV-Anlagen und Elektrofahrzeugen • Auswirkungen der Netzinvestitionskosten auf die Netznutzungsentgelte • Untersuchung zur Verteilung der Netznutzungsentgelte (insbesondere mit Fokus auf die Verursa- 		

cher)
Kernergebnisse: <ul style="list-style-type: none">• Hoher Investitionsbedarf in den untersuchten Niederspannungsnetzen, falls Ziele der Bundesregierung erreicht werden• Vor allem in vorstädtischen Netzen werden Netzüberlastungen bei hoher Ladeleistung oder hoher Marktdurchdringung der Elektrofahrzeuge ausgelöst• Bei geringer Durchdringung und Ladeleistung verbessern Elektrofahrzeuge die Netzauslastung und verringern hiermit die Netznutzungsentgelte• In städtischen Netzen besteht ungenutztes Integrationspotenzial für PV-Anlagen• Bereits bei geringer Ladeleistung und moderater Marktdurchdringung von Elektrofahrzeugen (30 %) treten Netzüberlastungen auf• Falls der Anschluss an die MS-Ebene erfolgt, werden die NS-Netze entlastet
Handlungsempfehlung: <ul style="list-style-type: none">• In ländlichen Netzen mit hoher PV-Einspeisung sollten die Betreiber von PV-Anlagen an der Netzfinanzierung beteiligt werden• NS-Netze sollten auf Nachfrage- oder Erzeugungsspitzen ausgelegt werden

Auswirkungen von E-Mobilität auf Energieversorgungsnetze analysiert auf Basis probabilistischer Netzplanung (Dissertation)

Budget [€]: -

Anteil Förderung: -

Laufzeit:

Startdatum:

Enddatum: 15.12.2014

Standort:

Deutschland

Themenfelder:



Konsortialführer:

Alexander Probst (Universität Stuttgart)

Weitere Projektpartner:

Marktrolle:

Universität

Kurzbeschreibung:

Diese Dissertation befasst sich mit dem Einfluss von E-Mobilität auf zukünftige Stromnetze anhand eines probabilistischen Lastflussverfahrens. Hierfür werden neben der potentiellen Marktentwicklung und der Ladetechnik/-leistung auch kommerziell verfügbare Elektrofahrzeuge hinsichtlich ihrer technischen Daten analysiert. Im Betrachtungsbereich der probabilistischen Untersuchung ist sowohl das Übertragungs- als auch das Verteilungsnetz, wobei für das Verfahren eine Monte-Carlo-Simulation durchgeführt wird. Für diese wurden Last- (Haushalte und Elektrofahrzeuge) und Erzeugungsmodelle für synthetische Zeitreihen entwickelt. Das Verhalten der Elektrofahrzeuge wird dabei anhand repräsentativer Fahrprofile, welche von einer Auswertung des deutschen Mobilitätsverhaltens abgeleitet wurden, bestimmt. Der Vergleich zwischen dem alleinigen, konventionellen Netzausbau und einer Kombination mit Systemdienstleistungen wird über eine Analyse des Lademanagements von Elektrofahrzeugen untersucht. Insbesondere werden auch mögliche Netzanschlussbedingungen für E-Mobilität ermittelt.

Die Dissertation definiert 4 Szenarien. 2 Szenarien entsprechen dem Netzzustand im Jahr 2020 und haben eine E-Mobilitätsdurchdringung von 2,5 %. Die anderen 2 Szenarien simulieren eine Durchdringung von 12,5 % für die Netzsituation im Jahr 2030. Jeweils ein Szenario pro Betrachtungszeitraum wird im ungesteuert Fall untersucht und eins unter Einführung einer Marktsteuerung. Es werden folgende Ladeleistungen betrachtet: 3,7 kW, 11 kW, 22 kW sowie 43 kW. Die Anteile an 3,7 kW (74 %) und 11 kW (21,5 %) Ladeinfrastruktur überwiegen stark.

Kernziele:

- Einfluss von E-Mobilität auf zukünftige Netzstrukturen und eventuell notwendigen Ausbaubedarf bestimmen
- Anschlussbedingungen zur optimalen Einbindung von Elektrofahrzeugen in das Elektrizitätsversorgungsnetz bestimmen
- Entwicklung einer Methode zur statistischen Bestimmung von Netzbelastungen
- Bestimmung des notwendigen Netzausbaus unter Berücksichtigung von Lademanagement und Betriebsstrategien anderer Erzeuger und Verbraucher
- Ableitung von Kriterien für die Bestimmung des optimalen Kompromisses zwischen konventionellem Netzausbau und Eingriff in das Betriebsverhalten von Verbrauchern bzw. Erzeugern


Kernergebnisse:

- Einfluss von E-Mobilität beschränkt sich, aufgrund möglicher heterogener räumlicher Verteilung, auf die Verteilnetzebene
- Zwischen Standardlastprofilen und real gemessenen Daten bestehen deutliche Abweichungen
- Die zeitliche Korrelation von Haushaltslastdaten müssen stets berücksichtigt werden
- Erst bei fünf Million Elektrofahrzeugen werden in Deutschland Engpässe in der Stromnetzinfrastruktur erwartet
- Eine kurzzeitige Regelung im Sinne der Primärregelreserve, die bei Unterfrequenz die Ladeleistung reduziert führt zu wenig Komfortverlust des Kunden, ist kostengünstig implementierbar und bringt Vorteile für den Netzbetrieb. Eine realistische technische Umsetzung ist jedoch zu hinterfragen und sollte im Echtbetrieb überprüft werden.
- Lokale Blindleistungsregelung durch Ladeeinrichtung des Elektrofahrzeugs ist, aufgrund der Entlastung von Leitungskapazitäten, sinnvoll
- Wirkleistungsregelung nur dann sinnvoll, wenn der Verzicht auf Netzausbau durch die Regelung nicht durch ständige Absenkung der Wirkleistung der Fahrzeughalter am Abgangsende realisiert wird
- Marktsteuerung führt zu einer signifikanten Mehrbelastung der Netze durch höhere Gleichwertigkeiten der Ladevorgänge. Für die Refinanzierung der E-Mobilität für den Verbraucher und somit als initialen Anreiz des Erwerbs ist diese Steuerung wichtig.

Handlungsempfehlung:

- -

Begleitforschungs-Studie E-Mobilität: Potentialermittlung der Rückspeisefähigkeit von Elektrofahrzeugen und der sich daraus ergebenden Vorteile

Budget [€]: - Anteil Förderung: -	Themenfelder: 	
Laufzeit: 12 Monate Startdatum: 01.04.2010 Enddatum: 31.03.2011		
Standort: Deutschland		
Konsortialführer: Technische Universität Darmstadt	Weitere Projektpartner:	Marktrolle: Universität
Kurzbeschreibung: <p>Das Projekt untersucht die Auswirkungen von E-Mobilität auf die Netzinfrastruktur und umwelttechnische Fragestellungen bei einer hohen Marktdurchdringung von E-Mobilität. Außerdem wird das Flexibilitätspotential von Elektrofahrzeugen anhand einer Szenarioanalyse (ein bis fünf Millionen Elektrofahrzeuge) quantifiziert. Für die Ermittlung von möglichen Netzengpässen werden NS- und MS-Netze untersucht, wobei sehr hohe Ladeleistungen (bis 50 kW) berücksichtigt werden.</p>		
Kernziele: <ul style="list-style-type: none"> • Ermittlung der technischen und wirtschaftlichen Potentiale des gesteuerten uni- und bidirektionalen Ladens 		
Kernergebnisse: <ul style="list-style-type: none"> • Ungesteuertes Laden führt bei den betrachteten Szenarien nur zu einer geringen Auswirkung auf die Belastung der Netzinfrastruktur • Durch gesteuertes Sofortladen können hohe Gleichzeitigkeiten auftreten und zu einer Überlastung führen • Technisches Potential aus bidirektionalem Laden entspricht ungefähr dem der gesamten deutschen Pumpspeicherkraftwerke 		

- Flexibilitätspotential aus bidirektionalem Laden im Vergleich zu bestehenden Technologien nicht wirtschaftlich

Handlungsempfehlung:

- Zeitliche Verschiebung der Aufladung durch dynamische Tarife als einfaches und effektives Mittel zum Lastmanagement möglich

Belastung der Stromnetze durch E-Mobilität		
Budget [€]: - Anteil Förderung: -	Themenfelder: 	
Laufzeit: Startdatum: Enddatum: 02.2015	Standort: Deutschland	
Konsortialführer: Forschungsstelle für Energiewirtschaft e.V.		
Kurzbeschreibung: Das Forschungsprojekt befasst sich mit der Belastung der Stromnetze bei Variation der Ladeleistung und der Marktdurchdringung von Elektrofahrzeugen. Für das Jahr 2030 werden drei Szenarien gebildet und sowohl städtische, als auch ländliche NS-Netze untersucht. Um Handlungsempfehlungen bezüglich eines Ladekonzeptes zu geben wird zudem der Einfluss von unterschiedlichen Ladeleistungen auf das Potential zur Verschiebung der Last untersucht.		
Kernziele: <ul style="list-style-type: none"> • Einfluss von Elektrofahrzeugen auf den Energiebedarf in NS-Netzen • Ermittlung der potentiell zeitlich verschiebbaren Energie durch Elektrofahrzeuge 		
Kernergebnisse: <ul style="list-style-type: none"> • Spitzenlast erhöht sich um 39 % bei steigender Ladeleistung zwischen 3,5 kW und 14 kW • Ab 10 kW Ladeleistung haben höhere Werte einen geringeren Effekt, da die Gleichzeitigkeit der Ladevorgänge mit höherer Ladeleistung geringer wird (aufgrund der verkürzten Ladezeit) • Grundsätzlich hohes Flexibilisierungspotential bei der zeitlichen Verschiebung des Ladevorgangs • Belastung des gesamtdeutschen Netzes eher gering, jedoch trotzdem Möglichkeit zur Bereitstellung von Sekundärdienstleistung 		

Handlungsempfehlung:

- Ladesteuerungen sollten in schwach ausgebauten Netzen (unter Berücksichtigung der Gleichzeitigkeit) eingesetzt werden

Dienstleistungen für E-Mobilität - Ergebnisse einer Expertenstudie		
<p>Budget [€]: 498.512</p> <p>Anteil Förderung: -</p>	<p>Themenfelder:</p> 	
<p>Laufzeit: 16 Monate</p> <p>Startdatum: 01.01.2014</p> <p>Enddatum: 30.04.2015</p>	<p>Standort:</p> <p>Deutschland</p>	
<p>Konsortialführer:</p> <p>Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)</p>	<p>Weitere Projektpartner:</p> <p>Fraunhofer IAO</p> <p>FIR e.V. an der RWTH Aachen</p> <p>Karlsruher Institut für Technologie (KIT)</p> <p>Universität Siegen</p> <p>INVERS GmbH</p> <p>Steuber Elektrotechnik GmbH</p> <p>Zoz GmbH</p> <p>QOSIT Softwaretechnik GmbH</p> <p>Autohaus Keller GmbH & Co. KG</p>	<p>Marktrolle:</p> <p>Ministerium</p> <p>Forschungseinrichtung</p> <p>Industrie</p>
<p>Kurzbeschreibung:</p> <p>Kern dieses Projekts sind Interviews mit Experten, in denen neben allgemeinen Fragen (zu Person, Unternehmen und Wahrnehmung von E-Mobilitätsdienstleistungen) auch explizite Fragen zu neuen Geschäftsmodellen, der Nutzerorientierung von E-Mobilitätslösungen und zu Potenzialen bzw. bestehenden Hemmnissen für Dienstleistungen gestellt. Der Fokus liegt dabei auf vielen unterschiedlichen Branchen und Organisationsarten (Startups bis Großkonzerne, Vertreter aus Forschung, Verbände und Kommu-</p>		

nen/Landesvertretungen).

Kernziele:

- Ansatzpunkte verschiedener Akteure für den Aufbau des "Systems E-Mobilität" in Deutschland aus Sicht der Dienstleistungen und Geschäftsmodelle vorstellen

Kernergebnisse:

- Bedarf und Stellenwert von Dienstleistungen auf dem Weg zu einer elektromobilen Gesellschaft wird als hoch bis sehr hoch eingeschätzt

Handlungsempfehlung:

- Ausrollen von Dienstleistungen zur unterstützenden Entwicklung der E-Mobilität
- Die Kontaktfläche von Kunden mit Elektrofahrzeugen durch intermodale Dienstleistungsangebote erhöhen
- Ladeinfrastruktur unter Berücksichtigung von Dienstleistungen zum Betrieb, Wartung, Reparatur der Ladesäulen und Batterien bzw. dem Elektrofahrzeug selbst aufbauen
- Unterstützung der E-Mobilität zuerst über Privilegien, anschließend Entwicklung und Umsetzung passgenauer Dienstleistungen und abschließend mit finanziellen Anreizen
- Unternehmen sollten in einer Vorreiterrolle Arbeitnehmer an Elektrofahrzeuge heranführen
- Kooperationen zwischen Unternehmen sollte gesucht werden
- E-Mobilitätsdienstleistungen mit dem Ziel der Kundenbegeisterung als Ziel entwickeln
- Wissenschaft sollte sich stärker auf die Erforschung von Dienstleistungen konzentrieren
- Interdisziplinäre Forschung soll Systemdenken steigern
- Wissenschaft sollte Instrumentarien für die Einbindung von Nutzern in die Dienstleistungsentwicklung von kleinen und mittleren Unternehmen bereit stellen

econnect Germany - „Stadtwerke machen Deutschland elektromobil – von Aachen bis Leipzig, vom Allgäu nach Sylt“

Budget [€]: 25.000.000

Anteil Förderung: -

Laufzeit: 36 Monate

Startdatum: 01.01.2012

Enddatum: 31.12.2014

Standort:

Deutschland

Themenfelder:



Konsortialführer:

smartlab Innovationsgesellschaft mbH

Weitere Projektpartner:

Stadtwerke Trier
 Stadtwerke Allgäu
 Stadtwerke Leipzig
 Stadtwerke Duisburg
 Stadtwerke Osnabrück
 Stadtwerke Sylt
 ABB AG
 Fachhochschule Trier
 Fachhochschule Kempten
 HaCon Ingenieurgesellschaft mbH
 John Deere GmbH & Co. KG
 Kellendonk Elektronik GmbH
 MSR-Solutions GmbH

Marktrolle:

Industrie
 Stadtwerke
 Universität

	Phoenix Contact Electronics GmbH PSI AG RWTH Aachen University STAWAG AG Schleupen AG Siemens AG Soloplan GmbH Universität Duisburg Essen	
<p>Kurzbeschreibung:</p> <p>Im Rahmen dieses Projektes wurde ein Feldtest durchgeführt, bei dem Elektrofahrzeuge innerhalb eines Demand-Side-Management Systems eingesetzt wurden. Hierfür wurden Strom- und Spannungsregelungen implementiert, welche auf Basis von gemessenen Leistungsflüssen bspw. aktiv in das Ladeverhalten von Elektroverhalten eingreifen sollten. Aufgrund der hohen möglichen Ladeleistung von bis zu 22 kW und der klassischen „Worst-Case“ Abschätzung wurde ein besonders stark ausgebautes Netz untersucht. Es konnte festgestellt werden, dass sich der „Worst-Case“ Ansatz nicht verifizieren lässt.</p>		
<p>Kernziele:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Feldtest zur Umsetzung eines Smart Grids mit neuartigen Verbrauchern 		
<p>Kernergebnisse:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Keine ausgeprägte Gleichzeitigkeit bei einzelnen Ladevorgängen • Klassische "Worst Cast" Annahmen konnte nicht verifiziert werden 		
<p>Handlungsempfehlung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Für die Abschätzung von Netzausbauvorhaben sollten Leistungsmessungen eingesetzt werden, wenn neuartige Verbraucher berücksichtigt werden müssen 		

EDISON – Case Studies of Grid Impacts of Fast-Charging		
<p>Budget [€]: 6.590.000</p> <p>Anteil Förderung: -</p> <p>Laufzeit: 36 Monate</p> <p>Startdatum: 2009</p> <p>Enddatum: 2012</p> <p>Standort:</p> <p>Dänemark</p>	<p>Themenfelder:</p>	
<p>Konsortialführer:</p> <p>ForskEl</p>	<p>Weitere Projektpartner:</p> <p>The Danish Energy Association DTU Elektro Risø DTU IBM Denmark Siemens Østkraft Net DONG Energy Power EURISCO</p>	<p>Marktrolle:</p> <p>Lobbygruppe Energieunternehmen Technologieunternehmen Universität</p>
<p>Kurzbeschreibung:</p> <p>Die Studie fokussiert sich auf den Einfluss von Autobahn-Schnellladeeinrichtungen im Verteilnetz. Insbesondere die veränderte Residuallast wird hier untersucht. Dafür wurden anhand eines Modells 100 Schnellladeeinrichtungen in ganz Dänemark optimal verteilt. Der zusätzlich benötigte Ausbau der Netze ist abhängig von der durch die hohe Ladeleistung zusätzlich verursachten Last, die wiederum von der Nutzungsintensität der Kunden am jeweiligen geographischen Ort abhängig ist. Das Nutzungsverhalten der Kunden und die Anzahl an elektrischen Fahrzeugen wird anhand von Annahmen und vorliegenden Verkehrsdaten abgeschätzt. Für die Studien wurden 3 Szenarien mit einem E-Mobilitätsanteil am Gesamtfahrzeugbestand von ca. 2 %, 6 % und 12 % angenommen.</p>		
<p>Kernziele:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Optimale Verteilungsstruktur von Schnellladeeinrichtungen • Erfassung des Anstiegs der Netzbelastung und die daraus resultierende Notwendigkeit an Netzausbaumaßnahmen 		

Kernergebnisse:

- Eine Verstärkung von Leitung und Transformatoren treten erst ab einer Durchdringung von 12 % auf
- Anzahl und Häufigkeit der überlasteten Betriebsmittel ist jedoch relativ gering
- Tatsächliches Nutzungsverhalten von Schnellladetechnologien ist fragwürdig
- Lademöglichkeiten im öffentlichen und privaten Bereich im Gegensatz zu Schnellladetechnologien im Autobahnbereich(>>50kW) deutlich günstiger

Handlungsempfehlung:

- Nutzung von Schnellladetechnologien auf Autobahnen konnte für das verhältnismäßig kleine Land Dänemark nicht bewiesen werden
- Schnellladetechnologien in Verbindung mit hoher Durchdringung können Netzgrenzwerte überschreiten
- Die Anzahl der Grenzmittelverletzungen bei einer erhöhten Durchdringung von 12 % ist mit 2 % relativ gering → Netzausbau nur in vereinzelt Standorten notwendig

ELECTRIC VEHICLES IN A DISTRIBUTED AND INTEGRATED MARKET USING SUSTAINABLE ENERGY AND OPEN NETWORKS (E.D.I.S.O.N.) – EV PORTFOLIO MANAGEMENT AND GRID IMPACT STUDY
Budget [€]: 6.590.000

Anteil Förderung: 67 %

Laufzeit: 36 Monate

Startdatum: 2009

Enddatum: 2012

Standort:

Dänemark

Themenfelder:

Konsortialführer:

ForskEI

Weitere Projektpartner:

 The Danish Energy Association
 DTU Elektro

Risø DTU

IBM Danmark

Siemens

Østkraft Net

DONG Energy Power

EURISCO

Marktrolle:

Lobbygruppe

Energieunternehmen

Technologieunternehmen

Universität

Kurzbeschreibung:

In diesem Forschungsvorhaben wird über eine Prognose des Day-Ahead-Marktes der Zeitpunkt bestimmt, an der die Leistung aus erneuerbaren Energien am höchsten ist und daran der Zeitpunkt des Ladens einer Elektrofahrzeugflotte orientiert. Zusätzlich werden auch andere Ladestrategien zusammen mit variierenden Marktpenetrationen hinsichtlich ihres Einflusses auf das Stromnetz analysiert.

Kernziele:


- Entwicklung eines Verfahrens zur optimalen Nutzung von Erneuerbaren Energien zur Ladung einer Elektrofahrzeugflotte
- Den Einfluss unterschiedlicher Ladekonzepte mit variierender Marktpenetration von Elektrofahrzeugen auf ein Netz mit hohem Anteil an Strom aus Windenergieanlagen (30%) untersuchen

Kernergebnisse:

- Einphasiges Laden aus Netzsicht zu bevorzugen
- Bei hoher Marktpenetration (>20%) und dreiphasigem Laden treten bei allen Ladestrategien Engpässe in den NS-Netzen auf

Handlungsempfehlung:

- Einführung eines Engpassmarktes durch den Verteilungsnetzbetreiber
- Implementierung von netzdienlicher Steuerung für Erfolg von E-Mobilität unabdingbar

eFlott		
Budget [€]: ca. 1.400.000 Anteil Förderung: -	Themenfelder: 	
Laufzeit: 20 Monate Startdatum: 01.02.2010 Enddatum: 30.09.2011		
Standort: Deutschland		
Konsortialführer: -	Weitere Projektpartner: E.ON Energie AG TU München FfE e.V. Audi AG SWM GmbH	Marktrolle: Energiekonzern Universität Forschungseinrichtung Automobilhersteller Stadtwerk
Kurzbeschreibung: Das Projekt beinhaltet die Datenerhebung von konventionellen Fahrzeugen um 100 Bewegungsfahrprofile abbilden zu können. Mit Hilfe dieser Daten wurde die FfE e.V. beauftragt zukünftige Geschäftsmodelle für den Bereich E-Mobilität zu erarbeiten. Unter anderem wurde die Einbindung von Elektroautos zur besseren Nutzung der volatilen Erzeugung aus erneuerbaren Energiequellen im Kontext der Netzstabilität untersucht. Insbesondere die Notwendigkeit der Möglichkeiten des gesteuerten Ladens und die Teilnahme von Elektroautos an den Energiemärkten wird analysiert. Ebenfalls Teil der Untersuchung ist die Betrachtung des Vehicle-to-Grid Potentials und die Quantifizierung einer notwendigen Flottengröße für die Teilnahme an Regelleistungsmärkten.		
Kernziele: <ul style="list-style-type: none"> • Wechselwirkungen zwischen Integration erneuerbarer Energien und E-Mobilität • Einfluss von Ladestrategien auf die Netzstabilität • Potential von Netz- und Systemdienstleistungen von E-Mobilität • Bestimmung eines ökologischen Mehrwerts von elektrifizierten Fahrzeugen im Verkehr 		

Kernergebnisse:

Lademanagement

- Verschiebepotentiale der Last als auch finanzielle Einsparpotentiale vorhanden
- Durch Orientierung der Steuerung an EE-Einspeisung können diese effizienter genutzt werden
- Hoher Anteil EE im Strommix beeinflusst den Preis auf Markt → Marktsteuerung erfüllt Ziel einer netzdienlichen Steuerung
- Vereinfachte netzdienliche Steuerung führt zu Lawineneffekt und damit zur Erhöhung der Netzbelastung

Vehicle-to-Grid

- V2G wird in Zukunft durch die zunehmende Integration von EE an Bedeutung gewinnen
- Einführung von Nutzergruppen um Poolgröße und Verfügbarkeit (Kapazität) zu bestimmen
- Jede Nutzergruppe verfügt über charakteristische Verfügbarkeitszeiträume
- Für Primärregelung Flottengröße von 500-1.200 notwendig
- Sekundärregelpool mit 10.000-22.500 Fahrzeugen

Lokale Emissionsfreiheit

- Innerstädtische CO₂ und NO_x-Belastung sehr hoch
- Potential zur Reduktion lokaler Emissionen in Großstädten besonders groß
- Fokus Einsatz von E-Fahrzeugen in Großstädten
- Höheres Potential für Klimaziele, falls Fahrzeuge durch Energien aus erneuerbaren Quellen gespeist werden

Handlungsempfehlung:

- Einführung einer Steuerungsmöglichkeit der Ladevorgänge sollte implementiert werden
- Zusätzliche Integration von EE durch das Zusammenspiel mit marktorientierten/EE-orientierten Ladeverhalten
- V2G in Deutschland durchaus umzusetzen. V2G Konzepte sollten weiter vorangetrieben werden.
- Durchdringung von E-Mobilität in den Großstädten fördern um Klimaziele zu erreichen

Einfluss gesteuerten Ladens von Elektrofahrzeugen auf Verteilnetze bei volatiler Windeinspeisung		
Budget [€]: - Anteil Förderung: -	Themenfelder:	
Laufzeit: Startdatum: Enddatum: 01.02.2012		
Standort: Deutschland		
Konsortialführer: TU Illmenau	Weitere Projektpartner:	Marktrolle:
Kurzbeschreibung: <p>In diesem Projekt werden die Ladestrategien Wind-2-Vehicle (W2V) und Lokales Lastmanagement (LLM) vorgestellt und bewertet. Das W2V-Verfahren beschreibt die Nutzung gesteuerten Ladens, welches sich an der regenerativen Einspeisung orientiert. Beim LLM werden Informationen aus dem Verteilnetz genutzt, um die Ladeleistung von Elektrofahrzeugen zeitlich zu begrenzen.</p>		
Kernziele: <ul style="list-style-type: none"> • Gesteuertes Laden untersuchen, welches sich nach der Einspeisung regenerativer Energieträger richtet (am Beispiel Wind) • Einfluss des gesteuerten Ladens auf die Verteilnetzbetriebsführung analysieren • Ansatz zur Vermeidung von Grenzwertverletzungen im Verteilnetz durch LLM analysieren 		
Kernergebnisse: <ul style="list-style-type: none"> • Gesteuertes Laden nach dem W2V Prinzip führt zu Grenzwertverletzungen im betrachteten Netz • Zeitvariabler Tarif kann einen ähnlichen Effekt wie W2V haben • LLM kann Grenzwertverletzungen erfolgreich vermeiden 		
Handlungsempfehlung: <ul style="list-style-type: none"> • Ladestrategie sollte sich nicht nur nach der Einspeisung aus regenerativen Energieträgern ausrichten 		

E-Mobilität - Bewertung der Auswirkungen auf städtische Verteilungsnetze		
Budget [€]: Anteil Förderung:	Themenfelder:	
Laufzeit: - Startdatum: - Enddatum: 2017		
Standort: Deutschland		
Konsortialführer: Stromnetz Berlin GmbH	Weitere Projektpartner: VATTENFALL GmbH Helmut-Schmidt-Universität Hamburg	Marktrolle: Verteilnetzbetreiber Übertragungsnetzbetreiber Universität
Kurzbeschreibung: <p>Dieses zweigeteilte Projekt befasst sich in einer Potentialanalyse mit dem möglichen Bestand an Elektrofahrzeugen, dem damit verbundenen Ladeeinrichtungsstandorten und deren Auswirkungen auf das Stromnetz in Berlin. Zusätzlich werden in einer NS-Netzstudie zwei explizite Netze (Stadtrand und Innenstadt) auf mögliche Netzbelastungen durch E-Mobilität untersucht.</p>		
Kernziele: <ul style="list-style-type: none"> • Abschätzung zur Gesamtbelastung der Stromnetze und benötigten Infrastruktur bei 20 % Marktdurchdringung von Elektrofahrzeugen in Berlin • Exemplarische Modellierung von realen Netzgebieten mit zusätzlichem Einfluss aus dem Ladeverhalten von Elektrofahrzeugen 		
Kernergebnisse: <ul style="list-style-type: none"> • Keine Umspannwerkerweiterung bzw. Netzausbaumaßnahmen aufgrund von E-Mobilität, jedoch punktuelle Verstärkung im MS/NS-Netz • Durchschnittliche Mehrbelastung von ca. 1,8 MVA pro Umspannwerk • Bei realen Gleichzeitigkeitsfaktoren keine Überlastung des Umspannwerks • Bei "Worst Case" Betrachtung hoher Ladeleistungen (22 kW) und einem Gleichzeitigkeitsfaktor 		

von 1,0 ergeben sich Netzengpässe

Handlungsempfehlung:

- Möglichst gleichmäßige Verteilung der Ladepunkte auf die einzelnen Netzabschnitte
- Nutzung der privaten Ladeinfrastruktur sollte in Schwachlastzeiten erfolgen

emobilität vorleben		
Budget [€]: 2.300.000 Anteil Förderung:	Themenfelder: 	
Laufzeit: 34 Monate Startdatum: 1.6.2013 Enddatum: 31.3.2016	Standort: Deutschland	
Konsortialführer: Fraunhofer Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik (I-WES)	Weitere Projektpartner: Georg-August-Universität Göttingen stadt-teil-auto Car Sharing Göttingen GmbH E.ON Mitte AG Grünes Auto Göttingen	Marktrolle: Universität Landkreis Energiekonzern Carsharing Unternehmen
Kurzbeschreibung: Dieses zweigeteilte Forschungsvorhaben überprüfte den Einsatz von Car- und Pedelecsharing zur Verbesserung der intermodalen Mobilität auf dem Land und die Erweiterung der bestehenden Carsharingstrukturen und -systeme in der Stadt mit Elektrofahrzeugen auf Akzeptanz. Zusätzlich wurde auch ein Smart Grid System im Wechselspiel mit den Nutzern auf ihren Zuspruch evaluiert. Hierfür wurden in den Haushalten einzelne Elektrogeräte gemessen und der momentane Anteil an Erneuerbaren Energien über eine Ampel visualisiert (grüner Ampelstatus: Anteil Erneuerbarer Energien hoch, roter Ampelstatus: Anteil Erneuerbarer Energien gering). Um den Nutzern einen Anreiz für den Energieverbrauch in der grünen Ampelphase zu schaffen, wurde ein Bonuspunktesystem mit einer monetären Entlohnung am Ende des Projektzeitraums eingeführt. Bei einem Energieverbrauch in der grünen Ampelphase konnten dabei Bonuspunkte und in der roten Ampelphase Maluspunkte verdient werden. Während des gesamten Projektzeitraums wurden Anpassungen an den beiden Projekte (Sharing Plattformen und Smart Grid) ausgehend von Interviews durchgeführt.		
Kernziele: <ul style="list-style-type: none"> • Entwicklung von E-Mobilitätsanwendungen zur Minderung von CO2-Emissionen • Entwicklung von Geschäftsmodellen in Bezug zur E-Mobilität, welche nachhaltig wirtschaftlich betrieben werden können 		

- Analyse von Anreizen, welche einen effizienten Nutzen der bereitgestellten Mobilitätsträger ermöglicht
- Entwicklung eines Konzepts zur Steigerung der Akzeptanz der E-Mobilität im ländlichen Raum
- Bereitstellung von Bildungsangeboten für fachliche Erfordernisse und allgemeine Verständnis der Notwendigkeit von Verhaltensänderungen

Kernergebnisse:

- Geschäftskonzept eines Pedelecsharing zur Nutzung für die intermodale Mobilität im Zusammenhang mit ÖPNV konnte etabliert werden
- Nachhaltiges Geschäftskonzept für Carsharing von Elektrofahrzeugen konnte kostenneutral etabliert werden
- Akzeptanz gegenüber Smart Grid konnte nicht festgestellt werden

Handlungsempfehlung:

- Für intermodale Verknüpfung muss die Taktung des ÖPNV Angebots erhöht werden
- Aufbau einer flächendeckenden und qualitativ hochwertigen Fahrradabstellinfrastruktur zur Förderung der Intermodalität
- Konsequenter Ausbau von Radwegen notwendig, um einen entscheidenden Beitrag von Pedelecs zu einer nachhaltigen Mobilität zu ermöglichen

Entwicklung und Anwendung eines Modells zur Analyse der Netzstabilität in Wohngebieten mit Elektrofahrzeugen, Hausspeichersystemen und PV-Anlagen (Dissertation)

Budget [€]: - Anteil Förderung: -	Themenfelder: 	
Laufzeit: Startdatum: Enddatum: 21.09.2015		
Standort: Deutschland		
Konsortialführer: Dr. Philipp Richard Rainer Nobis (TU München)		
Kurzbeschreibung: <p>In dieser Dissertation wird in einer ganzheitlichen Betrachtung das Zusammenspiel der Komponenten Haushalt, Elektrofahrzeug, PV-Anlage und Hausspeichersystem unter Berücksichtigung saisonaler Einflüsse durch hochaufgelöste Jahressimulationen untersucht. Hierfür wird das Verhalten von Wohngebieten über simulierte und real erhobene Nutzungsverhalten abgebildet. Um die Netzstabilität selbst und den Einfluss der einzelnen Komponenten zu bewerten, werden geregelte und ungeregelte Referenzszenarien gegenübergestellt. Bezüglich der Regelung werden Wirk-/Blindleistungsregelung, das Peak-Shaving und eigenheimoptimierendes Laden näher beleuchtet.</p>		
Kernziele: <ul style="list-style-type: none"> • Energetische und netztechnische Simulation von Wohngebieten unter Berücksichtigung saisonaler Unterschiede • Nutzen und Risiken beim Zusammenspiel von PV-Anlagen, Hausspeichersystemen und Elektrofahrzeugen analysieren • Realitätsnahe Simulation durch individuelle Verbrauchslastgänge der Haushalte, reale Erzeugungsverläufe von PV-Anlagen und Fahrprofilen für Elektrofahrzeuge, welche von konventionellen Fahrzeugen abgeleitet wurde 		
Kernergebnisse: <ul style="list-style-type: none"> • Energetische und netztechnische Simulation von Wohngebieten unter Berücksichtigung saisona- 		

ler Unterschiede

- Nutzen und Risiken beim Zusammenspiel von PV-Anlagen, Hausspeichersystemen und Elektrofahrzeugen analysieren
- Realitätsnahe Simulation durch individuelle Verbrauchslastgänge der Haushalte, reale Erzeugungsverläufe von PV-Anlagen und Fahrprofilen für Elektrofahrzeuge, welche von konventionellen Fahrzeugen abgeleitet wurde

Handlungsempfehlung:

- Ladeeinrichtungen sollten mit einer spannungsabhängigen Blindleistungsregelung ausgestattet werden
- Zeitweise Reduktion der Ladeleistung wird bei geringer Spannung empfohlen
- Simulation des Mittelspannungsnetzes zur Abbildung von Wechselwirkungen zwischen verschiedenen Niederspannungsnetzen nötig
- Berücksichtigung von Wärmespeichern in weiteren Untersuchung, um weitere Lastverschiebungspotentiale zu analysieren

Fleets Go Green		
<p>Budget [€]: 4.600.000</p> <p>Anteil Förderung: 61 %</p>	<p>Themenfelder:</p> <div style="text-align: center;"> </div>	
<p>Laufzeit: 36 Monate</p> <p>Startdatum: 01.09.2012</p> <p>Enddatum: 31.08.2016</p>	<p>Standort:</p> <p>Deutschland</p>	
<p>Konsortialführer:</p> <p>Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit</p>	<p>Weitere Projektpartner:</p> <p>TU Braunschweig</p> <p>BS ENERGY Braunschweiger Versorgungs-AG & Co. KG</p> <p>imc Meßsysteme GmbH</p> <p>I+ME ACTIA GmbH</p> <p>iPoint-systems GmbH</p> <p>Lautlos durch Deutschland GmbH</p> <p>TLK-Thermo GmbH</p> <p>Volkswagen AG</p> <p>Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung</p>	<p>Marktrolle:</p> <p>Ministerium</p> <p>Universität</p> <p>Industrie</p>
<p>Kurzbeschreibung:</p> <p>In diesem Forschungsverbundprojekt wurde eine Werksflotte um messtechnisch ausgestattete Elektrofahrzeuge erweitert. Anhand der gesammelten Nutzungsdaten wird ein Werkzeug zur Planung von Flotten entwickelt und anschließend eine ökologische Bewertung unter Berücksichtigung von Komponenten- und Gesamtfahrzeugsimulationen durchgeführt.</p>		

Kernziele:


- Analyse und Bewertung der Umwelteffizienz von Elektrofahrzeugen im Alltagsbetrieb
- Entwicklung eines Werkzeugs zur ökologischen Flottenplanung

Kernergebnisse:

- Fahrzeuge werden überwiegend im innerstädtischen Bereich eingesetzt
- Es werden nur kurze Fahrtstrecken zurückgelegt
- Dauer und Aufwand des Ladens haben einen signifikanten Einfluss auf das Laden
- Klimazone spielt zentrale Rolle bei der Auswahl des Elektrofahrzeugs

Handlungsempfehlung:

- Vertrauenswürdige Reichweitenprognose sollte von den Elektrofahrzeugen insbesondere bei Wetterlagen mit sehr hohem Klimatisierungsbedarf bereitgestellt werden
- Energiestrommix sollte von erneuerbaren Energien dominiert werden, um Ökobilanz positiv zu beeinflussen
- Vor der Elektrifizierung einer Flotte sollten Modelle und Simulationen zu Rate gezogen werden

Grid for Vehicles (G4V)		
<p>Budget [€]: 3.759.214</p> <p>Anteil Förderung: 67,3 % (EU)</p>	<p>Themenfelder:</p> 	
<p>Laufzeit: 18 Monate</p> <p>Startdatum: 01.01.2010</p> <p>Enddatum: 30.06.2011</p>	<p>Standort:</p>	
<p>Konsortialführer:</p> <p>RWE AG</p> <p>Europäische Kommission</p>	<p>Weitere Projektpartner:</p> <p>Chalmers</p> <p>ECN</p> <p>eDF</p> <p>edp</p> <p>Endesa</p> <p>Enel</p> <p>Imperial College London</p> <p>RWTH Aachen University</p> <p>TU Dortmund</p> <p>Universidad Politécnica de Valencia (UPV)</p> <p>Vattenfall</p>	<p>Marktrolle:</p> <p>Energieversorger</p> <p>Netzbetreiber</p> <p>Universitäten</p>
<p>Kurzbeschreibung:</p> <p>Elektro- und Plug-in-Hybridfahrzeuge (EV, PHEV) haben das Potenzial, einen wesentlichen Beitrag zur Lösung heutiger und zukünftiger ökologischer und ökonomischer Herausforderungen der Mobilität zu</p>		

leisten. Diverse Projekte in verschiedenen EU-Mitgliedsstaaten setzen sich derzeit isoliert mit dem Thema auseinander. Das G4V-Konsortium, bestehend aus großen europäischen Energieversorgern und renommierten akademischen Einrichtungen, verfolgt nun einen ganzheitlichen europäischen Ansatz, um die Auswirkungen einer Masseneinführung im Detail zu analysieren, um die Netzinfrastruktur zu optimieren und die damit verbundenen Chancen für den Betrieb intelligenter Netze und die Energieeffizienz zu nutzen. Ziel des Projekts ist es, einen analytischen Rahmen für die Planung technologischer Entwicklungen in der Netzinfrastruktur und die Definition der damit verbundenen IKT- und Politikanforderungen zu entwickeln, um die Masseneinführung von EVs und PHEVs zu bewältigen. Auf der einen Seite geht es darum, die Auswirkungen einer Masseneinführung unter physikalisch vorgegebenen Parametern und unter Berücksichtigung lokaler Aspekte in verschiedenen EU-Mitgliedsstaaten klar zu verstehen.

Des Weiteren werden die Chancen, die sich aus aktiver Nachfrage und Speichermöglichkeiten ergeben ausgiebig erforscht, da diese auch Optionen zur Bewältigung der möglichen negativen Auswirkungen auf das Netz beinhalten. Das Projekt wird Empfehlungen zu Aspekten wie mögliche IKT-Lösungen, netzunterstützende Dienste, RES-Integration, Vorhersage von mobilen Kunden, die potenzielle Energiehändler sind, und die Auswirkungen von dedizierten Tarifen abgeben. Um einen offenen und ganzheitlichen Ansatz zu gewährleisten, berücksichtigt das Projekt alle Stakeholder und hat einen Beirat eingerichtet, der sich aus Institutionen entlang der gesamten Wertschöpfungskette zusammensetzt. Das Projekt wird innerhalb von 18 Monaten zu schnellen und offen zugänglichen Ergebnissen führen: Ein analytischer Rahmen zur Bewertung der Auswirkungen einer groß angelegten Einführung auf die Netzinfrastruktur und eine visionäre "Roadmap" für das Jahr 2020 und darüber hinaus.

Kernziele:

- Entwicklung einer analytischen Methode zur Abschätzung der Auswirkungen der Masseneinführung von EVs und PHEVs auf die Stromnetze
- Erarbeitung von Empfehlungen für den technologischen Ausbau der Netzinfrastruktur und der zugehörigen IKT-Systemlösungen für das Netzmanagement
- Erarbeitung von Empfehlungen für politische Entscheidungsträger zur Förderung der E-Mobilität (in Form von Regelungen und Anreizen)
- Identifikation und Nutzung von Geschäftschancen für verschiedene Stakeholdergruppen
- Erarbeitung von Normungsvorschlägen => Gemeinsamer europäischer Ansatz
- Definition der zukünftig erforderlichen FTE-Aktivitäten und -Projekte

Kernergebnisse:

- Simulation von mehr als 200 realen Netzen zur Bewertung verschiedener Ladekontrollstrategien
- Untersuchung unterschiedlicher Fahrvarianten, sowie einer Vielzahl an Ladeleistungen und –orten
- Manche Netze können eine Durchdringung von 100 % EVs bewältigen, andere Netze benötigen sofortige Verstärkung
- Kosteneffiziente Einführung von EVs hängt von geeigneten Steuerungsstrategien ab
- Öffentliche Akzeptanz von EVs hängt von einer gut ausgebauten Infrastruktur und anderen sozialen und regulatorischen Faktoren ab

Handlungsempfehlung:

- Entwicklung von nationalen und internationalen E-Mobilität und Lademärkten betreffenden Normen beschleunigen
- hohe Standards für Cybersicherheit und Privatsphäre für Anbieter von EV-Infrastruktur + beteiligte Stakeholder
- Transparenz bei Schaffung von Standards (z. B. Ladesäulen)
- IKT-Anbieter können Synergieeffekte ausnutzen (z. B. mehrere IKT-Rollen übernehmen, Erfahrungen aus anderen techn. Bereichen) und so wirtschaftlicher werden
- Menschen muss Angst vor Liegenbleiben genommen werden --> Ausbau der Ladesäulen wichtig
- Nutzer bevorzugen Laden zu Hause --> für günstige technische Ladetechnologie zu Hause sorgen
- Menschen finden off-peak-/marktgesteuertes Laden gut, haben aber Angst davor, nicht fahren zu

können--> flexible Tarife schaffen, aber dafür sorgen, dass immer Restenergie in Akku vorhanden ist

- Finanzielle Anreize müssen hoch genug sein, damit Kunden an V2G teilnehmen
- Öffentliche Ladeinfrastruktur nur in Gebieten aufstellen, in denen Unternehmen dazu nicht in der Lage sind
- Energieversorgung sollte für alle möglichen Stakeholder möglich sein --> Wettbewerb erhöhen/ermöglichen
- öffentliche Ladeinfrastruktur muss in den Anfangszeiträumen staatlich gefördert werden
- Nutzung von EV für systemunterstützende Maßnahmen erfordert fairen Zugang zu allen relevanten Märkten
- Intelligentes Laden verringert Netzbetriebskosten
- V2G (Laden + Entladen) hat nur geringe finanzielle Vorteile gegenüber unidirektionalen Ladestrategien

Green eMotion		
<p>Budget [€]: 42.000.000</p> <p>Anteil Förderung: 50 %</p>	<p>Themenfelder:</p> <div style="text-align: center;"> </div>	
<p>Laufzeit: 50 Monate</p> <p>Startdatum: 31.03.2011</p> <p>Enddatum: 31.05.2015</p>	<p>Standort:</p> <p>Brüssel, Belgien</p>	
<p>Konsortialführer:</p> <p>Europäische Kommission</p>		

Electricity Supply Board	
BMW AG	
Daimler AG	
Nissan International SA	
Renault s.a.s.	
Municipality of Barcelona	
Municipality of Malaga	
City of Copenhagen	
City of Dublin Energy Management Agency Ltd.	
City of Malmö	
City of Rome	
Municipality of Cork	
Fundacion Cartif	
Fundacion Cidaut	
Centro di Ricercha per il Trasporto e la Logistica	
Imperial College London	
Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V.	
Irec	
RS	
Trinity College Dublin	
Technical University of Denmark	
Stichting Energieonderzoek Centrum Nederland	
Tecnia	
TNO	
Danish Technology Institute	
Forschungsgesellschaft Kraftfahrzeuge mbH Aachen	

	TÜV Nord Mobilität GmbH & Co. KG	
<p>Kurzbeschreibung:</p> <p>Green eMotion ist Teil der European Green Cars Initiative (EGCI), dessen Ziele die Erreichung der Klimaziele der EU, wie etwa die Reduktion der CO₂-Emissionen um 60 % bis zum Jahre 2050 beinhaltet. Dazu unterstützt EGCI die Forschung und Entwicklung innovativer Straßenverkehrskonzepte mit Fokus auf Nutzung erneuerbarer und umweltfreundlicher Energiequellen.</p> <p>Das Green eMotion Konsortium besteht aus 43 Partnern aus Industrie, Energiewirtschaft, Herstellern von elektrischen Kraftfahrzeugen, Gemeinden, Universitäten und Forschungseinrichtungen. Primäres Ziel des Projektes ist es, europaweit einheitliche Standards, Prozesse und IT-Lösungen zu entwickeln. So soll ein unkomplizierter Zugang zu Ladeinfrastruktur und Dienstleistungen ermöglicht werden.</p> <p>Das Projekt beinhaltet elf Demonstrationsregionen in ganz Europa mit unterschiedlichen Forschungsschwerpunkten. Dabei werden technische, wirtschaftliche, rechtliche und politische Aspekte untersucht.</p>		
<p>Kernziele:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Schaffung eines Rahmens für die gesamteuropäische interoperable E-Mobilität, der allgemein akzeptiert, benutzerfreundlich und skalierbar ist • Integration von Smart Grid-Technologien, innovativen IKT-Lösungen und Mobilitätskonzepten • Schaffung eines europaweiten Marktplatzes für E-Mobilität 		
<p>Kernergebnisse:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 41 % bis 77 % der durch die Massenintegration von EKFZ zusätzlich entstehenden Netzausbaukosten lassen sich durch intelligente Lademethoden vermeiden. Dabei wurden Durchdringungsraten für EKFZ zwischen 5 % und 30 % unterstellt. • In der Niederspannungsebene können in näherer Zukunft Engpässe durch EKFZ auftreten. • E-Mobilität verbessert die Integration erneuerbarer Energien. • Flottennutzung kann bereits heute ein erfolgreiches Geschäftsmodell für EKFZ sein • Das Betreiben von Ladeinfrastruktur ist aktuell ein schwieriges Geschäftsfeld und ist nur bei hochfrequenter Nutzung und hoher Zahlungsbereitschaft der Kunden gewinnbringend möglich. • Definition einer „Roadmap Interoperabilität“, mit dem Ziel identifizierte fehlende Standards v.a. bei IKT-Systemen abzubauen 		
<p>Handlungsempfehlung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Voraussetzung für die Akzeptanz von E-Mobilität ist eine hinreichende Ladeinfrastruktur. Deshalb ist ein freier Zugang zur gesamten öffentlichen Ladeinfrastruktur für EKFZ notwendig. • Gesteuertes/Flexibles Laden von EKFZ hält Systemintegrationskosten gering. Deshalb müssen Verteilnetzbetreiber die Entwicklung zentral gesteuerter Modelle zur Steuerung des Ladeverhaltens forcieren. • Die Entwicklung eines Markt- und Regulierungsframeworks ist unabdingbar. • Privates Laden wird bevorzugt, falls Stellplätze vorhanden sind. Mittelfristig sind aber Ladesäulen an Traffic Hotspots wichtig und sollten gefördert werden. 		

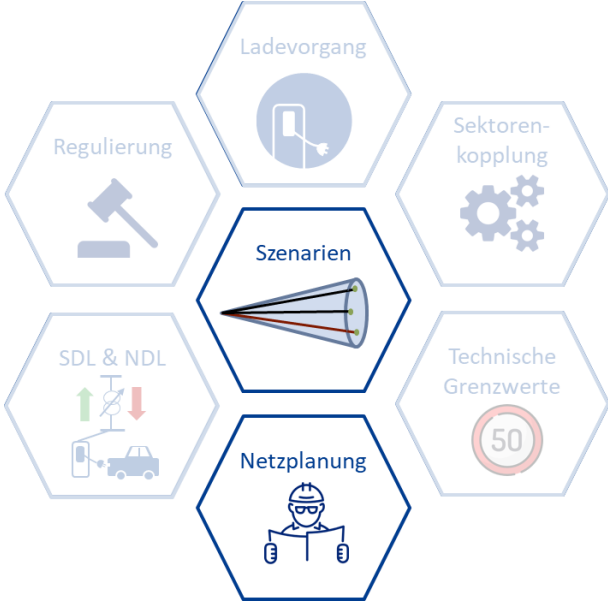
Handlungsbedarf und -optionen zur Sicherstellung des Klimavorteils der E-Mobilität		
Budget [€]: - Anteil Förderung: -	Themenfelder: 	
Laufzeit: Startdatum: Enddatum: 23.05.2017		
Standort: Deutschland		
Konsortialführer: Öko-Institut e.V.	Weitere Projektpartner:	Marktrolle: Forschungseinrichtung
Kurzbeschreibung: <p>Dieses Forschungsvorhaben befasst sich mit der CO₂-Bilanz der E-Mobilität heute und in Zukunft in Deutschland, wobei sowohl die Betrachtungsebene der Systemperspektive als auch die Individualperspektive beleuchtet wird. Hierdurch werden die Veränderungen und ihr Einfluss auf die Emissionen des gesamten Systems von Energieversorgung und Mobilität durch die neue Technologie und die Zuordnung des individuellen Effekts auf die Emission als Fahrzeugnutzer getrennt voneinander betrachtet. In einem Zukunftsszenario 2030 werden 4,3 Mio. Elektrofahrzeuge angenommen, wobei nicht davon ausgegangen wird, dass alle einen rein elektrischen Antriebsstrang besitzen. Ein Großteil der Elektrofahrzeuge im Szenario sind sogenannte Hybride, welche zusätzlich über einen Verbrennungsmotor verfügen. Teil der Untersuchung ist auch zu prüfen, inwiefern Elektrofahrzeuge emissionsneutral betrieben werden können, bevor das dt. Stromsystem vollständig auf Erneuerbaren Energien beruht. Zusätzlich zur wissenschaftlich analytischen Untersuchung wurden auch Interessenvertreter aus Automobilindustrie, Stromwirtschaft sowie Verbände aus Mobilität, Umwelt- und Verbraucherschutz und ausgewählte Vertreter aus der Stakeholdergruppe in den Diskussionsprozess eingebunden.</p>		
Kernziele: <ul style="list-style-type: none"> • Wirkung der E-Mobilität auf die Treibhausgas-Emissionen von Verkehrs- und Stromsektor sowie die dabei auftretenden ökonomischen Verteilungseffekte bewerten • Aufgreifen von offenen Handlungsfeldern und -optionen für die Sicherstellung des Klimavorteils der E-Mobilität durch Diskussionen mit relevanten Stakeholdern 		

Kernergebnisse:

- Im Markt für „Fahrstrom“ spielen intelligente Ladestrategien aktuell kaum eine Rolle
- Elektrofahrzeug bisher ein Nischenmarkt, der lediglich Enthusiasten bedient
- Zeitversetztes Laden in einigen Verteilungsnetzen bei großer Zahl von Elektrofahrzeugen nötig, um Netzausbau zu verhindern
- Aufgrund der Kapazitäten des lokalen Verteilnetzes können Elektrofahrzeuge nur begrenzt Leistungsüberschüsse aus Erneuerbaren Energien nutzen
- Modelliertes Szenario führt zu 3,1 t bis 3,8 t (bei vollständig flexibler und systemdienlicher Nutzung der Elektrofahrzeuge) CO₂-Reduktion
- EU Emissionshandel kann eine klimaneutrale Bereitstellung der zusätzlichen Stromnachfrage durch E-Mobilität auf absehbare Zeit nicht sicherstellen
- Bis 2030 ist aus Individualperspektive ein Bezug von „Fahrstrom“ aus 100 % EE möglich
- Überblick über die Wechselwirkungen der E-Mobilität mit den regionalen Verteilnetzen
- Deutlicher Klimavorteil der E-Mobilität ist als gesichert anzusehen
- Systemdienliches Laden wird auf absehbare Zeit, wegen lokaler Netzengpässe, vorrangig für das Verschieben von Lastspitzen, welche durch zeitgleiches Laden vieler Fahrzeuge entsteht, eingesetzt

Handlungsempfehlung:

- Anreize für den Ausbau EE für die Versorgung von E-Mobilität schaffen
- Leistung aus den oben genannten Anreizen sollte nicht in die allgemeinen Ausbauziele für EE eingehen
- Nutzer von Elektrofahrzeugen sollten einen hochwertigen Ökostrom als „Fahrstrom“ wählen, um einen Beitrag zur Verbesserung der Klimabilanz zu leisten
- Sicherstellen eines diskriminierungsfreien Zugangs aller Stromanbieter zur öffentlichen und semi-öffentlichen Infrastruktur, um das Angebot von Ökostromprodukten auch öffentlichen und semi-öffentlichen Ladesäulen zu ermöglichen
- Finanzielle Beteiligung konventioneller Kraftstoffe an der Emissionsreduktion einführen und zum Aufbau der benötigten intelligenten Ladeinfrastruktur nutzen
- Zweckgebundene Umlagen zur Verstärkung des Klimavorteils der E-Mobilität durch Ausbau von EE-Kapazitäten
- Nutzen des systemdienlichen Ladens von Fahrzeugen

IKEM Netzintegration der Erneuerbaren Energien im Land Mecklenburg-Vorpommern		
Budget [€]: Anteil Förderung:	Themenfelder: 	
Laufzeit: Startdatum: Enddatum: 31.5.2013		
Standort: Deutschland		
Konsortialführer: Universität Rostock	Weitere Projektpartner:	Marktrolle:
Kurzbeschreibung: <p>Dieses Forschungsvorhaben beschäftigt sich mit der Bestimmung des Netzausbaubedarfs zur Integration von Erneuerbaren Energien (PV, Bioenergie, Wind) im Land Mecklenburg-Vorpommern. Für die Prognosen bezüglich der Anlagenzahl und installierten Leistung der unterschiedlichen Technologien werden geographisch spezifizierte Lagedaten für ein mittleres und ein oberes Szenario herangezogen. Für die Ausbauplanung von Windenergie wird das Ziel der Landesregierung mit standortgenauen und geodatenbasierte Zu- und Rückbauplanung (einschl. Repowering) gekoppelt. Die installierte PV-Leistung wird über gemeindebezogene Flächenpotentiale aus Statistiken und einer GIS-Analyse der Dachflächen ermittelt. Die Ziele für die Deckung des Wärmebedarfs der Landesregierung von Mecklenburg-Vorpommern liefern für die Bioenergie die Szenarien bis zum Jahr 2030. Für die wirtschaftliche Bewertung des Netzausbaus werden sowohl konventionelle Methoden, HGÜ-Freileitungen und das Konzept von Einspeisernetzen untersucht.</p>		
Kernziele: <ul style="list-style-type: none"> Ermittlung des Netzausbaubedarfs zur Integration von Erneuerbaren Energien im Land Mecklenburg-Vorpommern 		
Kernergebnisse: <ul style="list-style-type: none"> EE-Leistung bis 2025 zwischen 11 und 15 GW Verbrauch sinkt bis zum Jahr 2025 um 16 % auf 2 TWh Anteil der EE-Stromerzeugung steigt von ca. 60 % auf 470 % Investitionsbedarf besteht hauptsächlich in HöS- und HS-Ebene Mittelfristig (2015-2020) Investitionen ~380 Mio. € bis 775 Mio. € nötig Bei mittelfristiger Investition bleibt der ausbleibende Investitionsbedarf in beiden Szenarien unter 200 Mio. € 		

- Insgesamt
 - Mittleres Szenario: 0,9 Mrd. €
 - Oberes Szenario: 1,5 Mrd. €
- Netznutzungsentgelte steigen um 50 % bis 90 %
- Anstieg der Strompreise um bis zu 60 %
- Klassische Netzausbaumaßnahmen sind volkswirtschaftlich nachteilig und genehmigungstechnisch kaum praktikabel
- Netzentwicklungsplan (NEP) 2012 nicht ausreichend

Handlungsempfehlung:

- Einrichtung mehrerer separater Einspeisernetzwerke
- Klassischer Netzausbau auf vorhandenen Trassen sollte für HS und HöS durchgeführt werden
- Umfangreicher Ausbau der Trafoinfrastruktur sowie der MS- und NS-Netze
- Rechtliche und regulatorische Rahmenbedingungen sowie gezielte Unterstützung durch die Energiepolitik der Landesregierung notwendig
- Auf- und Ausbau von Nah- und Fernwärmenetzen und Anlagen zur Gewinnung von EE-Wärme, um Wärmebedarf durch EE zu decken

Intelligente Netzanbindung von Elektrofahrzeugen zur Erbringung von Systemdienstleistungen - INEES		
Budget [€]: - Anteil Förderung: -	Themenfelder:	
Laufzeit: 43 Monate Startdatum: 01.06.2012 Enddatum: 31.12.2015		
Standort: Deutschland		
Konsortialführer: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit	Weitere Projektpartner: Volkswagen AG Fraunhofer IWES LichtBlick SE SMA Technology AG	Marktrolle: Industrie Forschungseinrichtung Ministerium
Kurzbeschreibung: <p>Das Forschungsvorhaben befasst sich mit der vorteilhaften Einbindung einer Elektrofahrzeugflotte in das Stromnetz. Aufgrund des weiter voranschreitenden Ausbaus von erneuerbaren Energien besteht im deutschen Elektrizitätsversorgungsnetz ein grundsätzlicher Bedarf an Flexibilität, welche in der Lage ist Energie in Zeiten hoher Einspeisung aus erneuerbaren Energie aufzunehmen und in Zeiten niedriger Einspeisung eventuell auszuspeisen. Zusätzlich ist es auch ökologisch sinnvoller, dass Elektrofahrzeuge ihre Energie aus erneuerbaren Energien beziehen. In diesem Zusammenhang wurde in einem einjährigen Flottenversuch ein Konzept zur Bereitstellung von Sekundärleistung aus Elektrofahrzeugen untersucht.</p>		
Kernziele: <ul style="list-style-type: none"> • Demonstration der technischen Machbarkeit • Optimale Gestaltung des Einsatzes eines Elektrofahrzeuges im Strommarkt aus Sicht des Nutzers • Prüfung auf energiewirtschaftlichen Nutzen und Mobilitätseinschränkungen des Nutzers • Wirtschaftliche Bewertung 		

Kernergebnisse:

- Kurzfristige Schwankungen der Frequenz im Stromnetz durch Fahrzeugpool möglich abzufangen
- Grundsätzlich keine Einschränkung in alltäglicher Mobilität der Elektrofahrzeuge durch Erbringung von Regelleistung
- Elektrofahrzeugpools eignen sich, wegen der Beanspruchung der Batterie, eher für die Vermarktung des Leistungs- anstatt des Arbeitspreises
- Betriebskosten können durch die Erträge am Markt zur Laufzeit der Studie nicht gedeckt werden
- Auf kurzfristige Sicht nur selten mit Engpässen in Verteilungsnetzen zu rechnen

Handlungsempfehlung:

- Standardisierung und Normierung in der Kommunikation zwischen Fahrzeug und Ladeeinrichtung
- Bei sehr hohem Anteil an Elektrofahrzeugen sollten Smart-Grid-Technologien die Aufnahmefähigkeit der Netze erhöhen
- Nutzen von Elektrofahrzeugpools im Markt für Sekundärregelleistung auf bestehende Unsicherheiten zur generellen Entwicklung des Speicherbedarfs und des Marktdesigns zu bewerten

iZEUS – intelligent Zero Emission Urban System		
<p>Budget [€]: -</p> <p>Anteil Förderung: ca. 12,5 Millionen €</p>	<p>Themenfelder:</p> <div style="text-align: center;"> <p>The diagram consists of seven hexagonal nodes arranged in a circular pattern around a central node. The nodes are: 'Ladevorgang' (top), 'Regulierung' (top-left), 'Sektorenkopplung' (top-right), 'Szenarien' (center), 'Technische Grenzwerte' (bottom-right), 'Netzplanung' (bottom), and 'SDL & NDL' (bottom-left). Each node contains an icon related to its theme.</p> </div>	
<p>Laufzeit: 30 Monate</p> <p>Startdatum: 01.01.2012</p> <p>Enddatum: 30.06.2014</p>	<p>Standort:</p>	
<p>Konsortialführer:</p> <p>EnBW Energie Baden-Württemberg AG</p>	<p>Weitere Projektpartner:</p> <p>Adam Opel AG</p> <p>ads-tec GmbH</p> <p>Daimler AG</p> <p>EnBW Vertrieb GmbH</p> <p>Fraunhofer Gesellschaft</p> <p>Karlsruher Institut für Technologie</p> <p>PTV Group</p> <p>SAP AG</p> <p>TWT GmbH Science & Innovation</p> <p>bridgingIT</p> <p>Toyota</p>	<p>Marktrolle:</p> <p>Verteilnetzbetreiber</p> <p>Energieversorger</p> <p>Technologiehersteller</p> <p>Automobilhersteller</p> <p>Forschungseinrichtung</p> <p>Universität</p>
<p>Kurzbeschreibung:</p> <p>Die Integration von Verkehrs- und Energiesystemen durch IKT wird im entstehenden Smart Grid Konzept nicht nur Roaming und innovative Abrechnungskonzepte erlauben, sondern gleichzeitig eine verbesserte Integration erneuerbarer Energiequellen und eine Stabilisierung der Verteilungsnetze durch dezentrales</p>		

Energie- und Lademanagement ermöglichen. Begleitend dazu werden der rechtliche Rahmen sowie Standards durch politische und normative Handlungsempfehlungen weiterentwickelt, so z. B. anhand des Referenzmodells E-Mobilität.

Die Einbindung in laufende nationale und internationale Projekte sowie die breite Basis an eigenen Vorarbeiten der Projektpartner auf diesem Gebiet stellen dieses Konsortium optimal für diese Herausforderungen auf.

E-Mobilität bietet hohe Potenziale zur Verringerung des CO₂-Ausstoßes. Eine möglichst weitgehende Ausschöpfung dieser Potenziale erfordert jedoch intelligente und kundentaugliche Systeme zur Einbindung der E-Mobilität in unser bestehendes Energiesystem.

Ein Fokus von iZEUS ist daher die Entwicklung von Standards des gesteuerten Ladens, welche durch eine intelligente Anpassung der Ladeintensität Schwankungen des Energieangebots weitestgehend berücksichtigt und zugleich die Bedürfnisse der Fahrzeugnutzer nicht einschränkt. Diese Ladetechnologie soll in Kundenhand getestet werden.

iZEUS schafft somit wichtige Voraussetzungen zur optimalen Nutzung eines infolge des zunehmenden Einsatzes von regenerativen Energien volatiler werdendem Energieangebot optimal zu nutzen.

Kernziele:

- Entwicklung von Standards des gesteuerten Ladens
- Die Integration der Prototypen des Verbundprojekts econnect Germany und iZEUS erfolgt mit dem Ziel, die Erfahrungen der beteiligten Forschungspartner im Bereich Intermodalität zu stärken. Hierfür wird anhand des folgenden Szenarios auf die Entscheidungsunterstützung bei der intermodalen Reisekettenplanung fokussiert.
- Ziel ist es, auf Basis standardisierter Datenaustauschformate und -schnittstellen die Authentifizierungs-, Autorisierungs- und Abrechnungsdaten unter Einhaltung von datenschutzrechtlichen Rahmenbedingungen auszutauschen. Innerhalb der Konzeptionsphase werden die grundlegenden prozesstechnischen Aspekte für das RFID-Management, die Abrechnungs- sowie Serviceprozesse festgelegt. Basierend auf den fachlichen Anforderungen wird eine IKT-Architektur für das Roaming Konzept abgeleitet und pilotiert. Während der Feldtestphase wird das System kontinuierlich optimiert.

Kernergebnisse:

- „Elektronauten Prepaid-Ladekarte“ als diskriminierungs- und barrierefreies Medium zur Authentifizierung und Bezahlung der Ladevorgänge inklusive Roamingmöglichkeit und Wiederaufladung sowie White Labeling Version
- Umsetzung der Autorisierung über Plug & Charge inklusive Abrechnung und Roaming
- Konzeptionelle Entwicklung eines Flottenenergiemanagements
- Entwicklung und prototypische Implementierung von Tarifierungskonzepten
- Entwicklung eines Anwendungsfalls des Nutzens eines stationären Speichers im Niederspannungsnetz
- Entwicklung und prototypische Umsetzung eines Partnerkonzeptes zur regionalen Ausdehnung der Ladeinfrastruktur
- Entwicklung des Produktes PartnerConnect zur simplen und schnellen Vernetzung unterschiedlicher Ladeverbände
- Entwicklung eines Lastenheftes zur Konzeptionierung eines Roamingmodells mit dem Anbieter Smartlab
- Entwicklung und konzeptionelle Umsetzung einer Schnittstelle für das übergreifende IKT-Projekt Clearing-house
- Entwicklung und Umsetzung eines hersteller- und projektübergreifenden Service- und Betriebskonzeptes für die Ladeinfrastruktur

Handlungsempfehlung:


- Autonomes und tarifbasiertes Laden vermeiden kritische Situationen im Netz und tragen aktiv dazu bei, Erneuerbare Energien in das Elektrizitätssystem zu integrieren
- Das Eingreifen des Netzbetreibers ist nur in Ausnahmefällen notwendig
- Die Erlöse am Strommarkt sind relativ gering und erlauben keinen Aufbau von teuren Systemen zur Steuerung von Elektrofahrzeugen
- Erfolgreiche Geschäftsmodelle sollten daher die Kosten für erforderliche Infrastruktur geringhalten, um Anreize an die Kunden weitergeben zu können
- Das gelingt, indem Controller und Kommunikationssysteme nicht doppelt im Fahrzeug und der Ladeeinrichtung verbaut werden
- Direkte Kommunikation zwischen Fahrzeug und Backend-System sowie die mobile Abrechnung bieten die Möglichkeit Infrastruktur wesentlich zu vereinfachen
- Fahrzeugnutzer zeigen eine prinzipielle Bereitschaft für das tarifbasierte Laden
- Ein bidirektionales Ladesystem, welches die betrachteten Ladestrategien realisieren kann, wurde entwickelt, zur Fahrzeugintegration vorbereitet und im Labor getestet

Klimavorteil E-Mobilität? - Handlungsempfehlungen zur Gestaltung des Beitrags der E-Mobilität zum Klimaschutz		
Budget [€]: - Anteil Förderung: -	Themenfelder:	
Laufzeit: Startdatum: Enddatum: 24.08.2017		
Standort: Deutschland		
Konsortialführer: Öko-Institut e.V.	Weitere Projektpartner:	Marktrolle:
Kurzbeschreibung: <p>In dieser Untersuchung wurden die Wechselwirkungen zwischen Strom- und Verkehrssektor bei einer Markteinführung elektrischer Fahrzeuge bezüglich Emissionen und ökonomischen Verteilungseffekten analysiert. Gerade in Hinsicht auf den weiteren Ausbau von Erneuerbaren Energien ergeben sich hierbei Potentiale, da sich durch das Laden mit Strom aus Erneuerbaren Energien ein Klimavorteil vermuten lässt. Zusätzlich wird beleuchtet inwiefern der EU-Emissionshandel einen positiven Effekt auf die Klimaneutralität von Elektrofahrzeugen haben könnte. Ebenfalls wird geprüft, ob der Finanzierungsmechanismus des EEG für eine gerechte Verteilung der Kosten für den Ausbau der Erneuerbaren Energien sorgt.</p>		
Kernziele: <ul style="list-style-type: none"> • Einfluss von E-Mobilität auf die Emissionen bestimmen • Handlungsbedarf und -empfehlungen zur Sicherstellung eines Klimavorteils der E-Mobilität ableiten 		
Kernergebnisse: <ul style="list-style-type: none"> • E-Mobilität weist bereits heute einen Klimavorteil gegenüber konventionellen Vergleichsfahrzeugen auf • Ziele für den Anteil an Strom aus erneuerbaren Energien am Bruttostromverbrauch erhöhen in Deutschland mittelfristig den Klimavorteil von Elektrofahrzeugen • Belastung von Fahrstrom mit der EEG-Umlage trägt zur gerechten Verteilung der Kosten für den Ausbau Erneuerbarer Energien bei 		

- In einer sektorübergreifenden Bilanz reduzieren sich die CO₂-Emissionen deutlich
- EU-Emissionshandel stellt den Klimavorteil der E-Mobilität auf absehbare Zeit nicht sicher

Handlungsempfehlung:

- Ausbau von Erneuerbaren Energien sollte von der Bundesregierung forciert und die Ziele an den Strombedarf der E-Mobilität angepasst werden
- Ausbau der Kapazitäten Erneuerbarer Energien sollte von Akteuren mit Bezug zu E-Mobilität außerhalb des EEG-Finanzierungsrahmens unterstützt werden
- Fossile Kraftstoffe sollten stärker finanziell belastet werden, um die E-Mobilität fördern zu können
- Förderprogramme sollten die Systemintegration im Sinne einer intelligenten Ladeinfrastruktur berücksichtigen

Kontaktloses Laden von Elektrofahrzeugen		
Budget [€]: - Anteil Förderung: -	Themenfelder: 	
Laufzeit: 20 Monate Startdatum: 01.01.2010 Enddatum: 30.9.2011	Standort: Deutschland	
Konsortialführer: Fraunhofer IEE		
Kurzbeschreibung: <p>Der Großteil der Forschungsprojekte beschränkt sich bei der Betrachtung des Ladevorgangs mit der kabelgebundenen Verknüpfung mit dem Stromnetz. Mit dieser sind jedoch mögliche Komfortverluste und andere Nachteile verbunden. Aus diesem Grund beschäftigt sich dieses Forschungsvorhaben mit der kabellosen Netzkopplung auf Basis einer induktiven Energieübertragung, welche möglicherweise zu einer höheren Nutzerakzeptanz und einer damit verbundene erhöhten Marktdurchdringung führen. In diesem Zusammenhang wird ein kabelloses Ladesystem als Labormuster entwickelt und anschließend die Einparkvorgänge analysiert. Dabei werden sowohl die Testnutzer in einem Interview zum Komfortgewinn befragt und neben Anforderungen an das Übertragungssystem auch zukünftige Entwicklungsschwerpunkte abgeleitet.</p>		
Kernziele: <ul style="list-style-type: none"> • Entwicklung eines kontaktlosen Energieübertragungssystems für den Ladevorgang von Elektrofahrzeugen mit einer Leistung von 3 kW und Wirkungsgrad >90 % • Einhaltung der Sicherheitsstandards der Automobilindustrie • Konzeptentwicklung und Umsetzung eines Stromrichters, welcher sowohl kabellose als auch kabelgebundene Netzkopplung in kompakten Abmessungen ermöglicht 		

- Integration der entwickelten Technik in Elektrofahrzeuge von zwei verschiedenen Fahrzeugherstellern
- Untersuchung bezüglich des Akzeptanzgewinns des kabellosen gegenüber dem kabelgebundenen Laden

Kernergebnisse:

- Labormuster, welches sowohl kabelgebundenes als auch kabelloses Laden der Fahrzeugbatterie und Rückspeisen in das Niederspannungsnetz ermöglicht
- Notwendige Entwicklungsschritte hin zu einer Markteinführung
- Ausreichend genaue Positionierung des Fahrzeuges über Ladeplattform nur mit Unterstützung
- Großteil der Probanden empfinden das kabellose Laden als "viel besser"
- Kontaktloses Laden bietet sehr wahrscheinlich eine Zeitersparnis gegenüber kabelgebundenem Laden
- Normativ definierte Toleranzbereiche und Grenzwerte für Temperatur und Verschiebung teilweise verletzt

Handlungsempfehlung:

- Kommunikation mit nationalen und internationalen Normungsgremien während der Entwicklung, um einheitliche Schnittstellen zu gewährleisten


Landkreis als Vorreiter – Regenerative Modellregion Harz		
<p>Budget [€]: 16.000.000</p> <p>Anteil Förderung: 62,5 %</p>	<p>Themenfelder:</p>	
<p>Laufzeit: 36 Monate</p> <p>Startdatum: 01.11.2008</p> <p>Enddatum: 01.12.2012</p>	<p>Standort:</p> <p>Deutschland</p>	
<p>Konsortialführer:</p> <p>Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit</p>	<p>Weitere Projektpartner:</p> <p>IWES Fraunhofer-Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik (Projektkoordinator)</p> <p>CUBE Engineering GmbH</p> <p>E.ON Avacon</p> <p>MITNETZ STROM</p> <p>Fraunhofer-Institut für Fabrikbetrieb und -automatisierung IFF</p> <p>HALBERSTADTWERKE GmbH</p> <p>HSN Magdeburg GmbH</p> <p>in.power GmbH</p> <p>Krebs und Aulich GmbH</p> <p>Landkreis Harz</p> <p>Regenerativ-Kraftwerke-Harz</p> <p>Windpark Druiberg GmbH u.Co KG</p>	<p>Marktrolle:</p> <p>Forschungseinrichtung</p> <p>Stadtwerke</p> <p>Übertragungsnetzbetreiber</p> <p>Verteilungsnetzbetreiber</p> <p>Universität</p> <p>Gemeindeverwaltung</p> <p>Industrie</p>

	Siemens AG Stadtwerke Blankenburg GmbH Stadtwerke Quedlinburg GmbH Stadtwerke Wernigerode GmbH Universität Kassel Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg 50Hertz Transmission GmbH Ceramic Fuel Cells GmbH EMD International A/S enercast GmbH price[it] GmbH	
<p>Kurzbeschreibung:</p> <p>In diesem Forschungsvorhaben wird die Entwicklung eines virtuellen Kraftwerks aus Erzeugern, Verbrauchern und Speichern untersucht und in einer Modellregion erprobt. Hierfür wird eine Mehrschicht-Architektur entwickelt, welche eine generische Anbindung von Anlagen (Lasten und Erzeuger) an ein virtuelles Kraftwerk ermöglicht. Zur Vermarktung von erneuerbare Energie wurde eine regionale Marktplattform umgesetzt, welche eine transparente Einbindung der Anlagen in der Modellregion ermöglichte. Außerdem wurden Prognosemodelle für Last, Erzeugung, Wärmebedarf und Börsenpreise für eine erfolgreiche Vermarktung entwickelt. Innerhalb der Region wird ein Haushaltskudentarif konzipiert, welcher einen Anreiz für den Verbrauch überschüssige Energiemengen aus den Erneuerbaren Energien ermöglicht. Für den Netzbetrieb werden verschiedene unterstützende Werkzeuge untersucht. Für eine präzise Netzzustandsmessung wurden Phasor Measurement Units ausgebracht und dynamische Haushaltskundenverträge entwickelt, um einen Anreiz zur Lastverschiebung zu bieten. Eine Simulation der zeitlichen und räumlichen Bereitstellung von Systemdienstleistungen durch Elektrofahrzeuge wurde durch eine statistische Auswertung ermöglicht. Zur weitergehenden Untersuchung hinsichtlich des möglichen Ausbaupotentials von Erneuerbaren Energien wird die Modellregion simulativ abgebildet und in drei Szenarien näher untersucht.</p>		
<p>Kernziele:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Koordination von Erzeugung, Speicherung und Verbrauch mit einem maximalen Anteil Erneuerbarer Energie zur stabilen und zuverlässigen Versorgung unter Beweis stellen • Entwicklung von Geschäftsmodellen und Technologien für ein Smart Grid unter Berücksichtigung von Wirtschaftlichkeit, Versorgungssicherheit und Umweltverträglichkeit • Ermittlung des Potentials für erneuerbare Energien im Landkreis Harz 		
<p>Kernergebnisse:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ausbaupotential von 13,0 TWh reicht selbst bei vollständiger Elektrifizierung von Verkehr und Wärmebedarfsdeckung aus • Von den erneuerbaren Energien bietet Windenergie das größte Potential • Unter den derzeitigen Bedingungen sind keine neuen Geschäftsmodelle neben dem EEG wirtschaftlich 		

- Ermittelte maximale Zubau von Erneuerbaren Energien kann von Modellregion getragen werden
- Hoher Anteil erneuerbarer Energien verschlechtert generell Zuverlässigkeit, falls Betriebsmittel nicht an veränderte Bedingungen angepasst werden

Handlungsempfehlung:

- Vergrößerung der Eignungs- und Vorrangflächen für Windenergie im Landkreis Harz
- Transparenz des Marktes muss erhöht werden, um neuen Akteuren die Marktteilnahme zu ermöglichen
- Erneuerbare Energien sollten marktorientiert und zugleich mit geringem ökonomischen Risiko betrieben werden können
- Weiterentwicklung von Standardlastprofilen benötigt
- Voraussetzungen zur Befreiung von Strompreisbestandteilen konkretisieren
- Verfahren zur Teilnahme von Windkraft- und Photovoltaikanlagen am Regelleistungsmarkt entwickeln

Mobile Energy Resources in Grids of Electricity (MERGE) – MODELLING ELECTRIC STORAGE DEVICES FOR EV		
<p>Budget [€]: 4.432.644</p> <p>Anteil Förderung: 66,81 %</p>	<p>Themenfelder:</p> 	
<p>Laufzeit: 48 Monate</p> <p>Startdatum: 01.01.2010</p> <p>Enddatum: 31.12.2011</p>	<p>Standort:</p> <p>Deutschland</p>	
<p>Konsortialführer:</p> <p>Public Power Corporation S.A. (Griechenland)</p>	<p>Weitere Projektpartner:</p> <p>INESC TEC (Portugal)</p> <p>Cardiff University (Großbritannien)</p> <p>Technische Universität Berlin</p> <p>Institute of Communication and Computer Systems (Griechenland)</p> <p>Universidad Pontificia Comillas (Spanien)</p> <p>REN – Rede Electricia Nacional SA (Portugal)</p> <p>RED Electrica de Espana S.A.U. (Spanien)</p> <p>Iberdrola Distribucion Electrica, S.A. (Spanien)</p> <p>Association Europeene des Vehicules Electriques a Batteries, Hybrides et a Pile a Combustible (Belgien)</p> <p>Ricardo UK Ltd. (Großbritannien)</p>	<p>Marktrolle:</p> <p>Forschungseinrichtung</p> <p>Universität</p> <p>Netzbetreiber</p> <p>Industrie</p> <p>Ministerium</p> <p>Unternehmensberatung</p> <p>Investmentfond für Erneuerbare Energien</p>

	IMRWorld Ltd. (Großbritannien) Regulatory Authority for Energy (Griechenland) Consulting4Drive GmbH (Deutschland) ESB Networks Ltd. (Irland) Inspire Invest AS (Norwegen)	
<p>Kurzbeschreibung:</p> <p>Die Batterie ist ein zentraler Bestandteil eines Elektrofahrzeuges, da diese über die Reichweite bestimmt und in Abhängigkeit der Nutzung sehr schnell altern kann. In diesem Zusammenhang hat das Forschungsprojekt MERGE u.a. eine Analyse der verfügbaren Daten zu Elektrofahrzeugen und Prototypen durchgeführt. Der Fokus lag dabei auf allgemeinen Informationen wie bspw. Kapazität, Anzahl der Ladzyklen und Reichweite in km zur Traktionsbatterie. Weiterhin wurde ausgehend von den Kosten der verfügbaren Batterien eine Prognose zur Kostenentwicklung bestimmt und zusätzlich eine Sensitivitätsanalyse bezüglich der Nutzbarkeit von Elektrofahrzeugen für unterschiedliche Weglängen eines Tages durchgeführt. In einem Modell wurde der Lebenszyklus von Batterien in Abhängigkeit unterschiedlicher Alterungsfaktoren (wie bspw. Temperatur) modelliert. Für die weitere Betrachtung und Abschätzung der Effekte von Elektrofahrzeugen auf das Energieversorgungsnetz wurde der Markthochlauf für Elektrofahrzeuge in unterschiedlichen europäischen Ländern (Deutschland, GB, Spanien, Portugal und Griechenland) bestimmt.</p>		
<p>Kernziele:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Analyse der verfügbaren Traktionsbatterietechnologien • Modellierung von heute und zukünftig verfügbaren Batteriespeichersystemen für den Antrieb von Elektrofahrzeugen • Einfluss der Traktionsbatterie auf das Design von Ladeeinrichtungen • Analyse heute und in Zukunft verfügbarer Batteriemanagementsysteme • Modellierung von Traktionsbatterien mit Option zur netzseitig gesteuerten Energiespeicherung im Kontext des Energieversorgungssystems 		
<p>Kernergebnisse:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Kosten der Batterie ist kritisch für den Erfolg von Elektrofahrzeugen • Selbst bei langen Tageswegen (160 km) ist mit einem hohen Ladezustand am Ende des Tages zu erwarten • Kommunikation zwischen Batteriemanagementsystem und Stromnetz bei Einsatz von V2G notwendig • Identifikation von Funktionen des Batteriemanagementsystems für die Nutzung von V2G • Weniger als 2 % Durchdringung von Elektrofahrzeugen in den untersuchten europäischen Ländern im Jahr 2020 		
<p>Handlungsempfehlung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Kommunikation zwischen Batteriemanagementsystem und Ladesäulen aufgrund von Sicherheitsaspekten zwingend notwendig 		

Net INES - Netzintegration mobiler Energiespeicher		
Budget [€]: Anteil Förderung: 1.068.233,88 €	Themenfelder: 	
Laufzeit: 57 Monate Startdatum: 01.07.2012 Enddatum: 31.03.2016		
Standort: Deutschland		
Konsortialführer: Technische Universität Berlin	Weitere Projektpartner: Forschungszentrum Jülich GmbH Zentrum für Sonnenenergie und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg	Marktrolle: Forschungseinrichtung Universität
Kurzbeschreibung: Dieses Forschungsvorhaben untersucht die Funktionalität netzbezogener Anwendungen für Elektrofahrzeuge vor technischen und ökonomischem Hintergrund. Dabei werden Elektrofahrzeugflotte im Zusammenspiel mit einem Energiemarkt und Einzelfahrzeuge zur Eigenheimoptimierung betrachtet. Hinsichtlich der Energiemärkte sollen netzdienliche Anwendungsfälle für Elektrofahrzeuge analysiert werden, sodass Gewinnpotentiale abgeschätzt und technische und regulatorische Rahmenbedingungen berücksichtigt werden. Für die Szenarien orientiert sich die Studie an den Zielen der Bundesregierung mit sechs Millionen Elektrofahrzeuge für das Jahr 2030.		
Kernziele: <ul style="list-style-type: none"> • Ökonomische und technische Analyse der Flottenoptimierung für die Teilnahme am Regelenenergiemarkt • Allgemeingültige Ergebnisse aus exemplarischen Verteilungsnetzen ableiten • Verteilungsnetzen auf ihre Robustheit gegenüber weiterem Anschluss von Lasten (Elektrofahrzeuge) überprüfen 		
Kernergebnisse: <ul style="list-style-type: none"> • Durch Elektrofahrzeuge wird in 2030 eine Überlastung der Netze in bisherigen Hochlastzeiten auftreten, während heutige Niedriglastzeiten mit der Zusatzbelastung durch die Ladeleistung der 		

Elektrofahrzeuge keine Probleme haben werden

- Thermische Belastungsgrenzen werden vor dem Spannungsband verletzt
- Bei einer Ladeleistung von weniger als 3,7 kW ist kein Netzbau nötig
- Ladeleistung von mehr als 6,9 kW wird für die bestehenden Netze kritisch bewertet
- Glättung der Preiskurve aufgrund des Zusammenspiels zwischen erhöhter Anzahl Erneuerbarer Energien und Elektrofahrzeugen zu erwarten
- Netzseitige Marktdurchdringung von 2-4 % möglich

Handlungsempfehlung:

- Untersuchungen von realen Netzinfrastrukturen sollte aufzeigen, inwiefern die Marktdurchdringung netzseitig durch Ladestrategien weiter erhöht werden kann

Netzintegration von Fahrzeugen mit elektrifizierten Antriebssystemen in bestehende und zukünftige Energieversorgungsstrukturen

Budget [€]:

Anteil Förderung:
1.071.760 €

Laufzeit: 42 Monate

Startdatum: 01.12.2008

Enddatum: 29.2.2012

Standort:

Deutschland

Themenfelder:



Konsortialführer:

Forschungszentrum
Jülich GmbH

Weitere Projektpartner:

Technische Universität Berlin

Ford Forschungszentrum Aachen
GmbH

Zentrum für Sonnenenergie- und
Wasserstoff-Forschung Baden-
Württemberg

Vattenfall Europe Innovation GmbH

Pöyry Management Consulting

Marktrolle:

Universität

Automobilindustrie

Forschungseinrichtung

Energieversorgung

Unternehmensberatung

Kurzbeschreibung:

Die Verringerung der CO₂-Emissionen im Verkehrsbereich durch Elektrofahrzeuge ist eng mit dem Einsatz Erneuerbarer Energien verknüpft. Bei Verknüpfung der Speicherfähigkeit der Elektrofahrzeuge mit dem Windenergieüberschuss könnten Synergieeffekte, die den ohnehin günstigen Einfluss von Erneuerbaren Energien auf die CO₂-Emission der Elektrofahrzeuge verstärken könnten. In diesem Zusammenhang untersucht dieses Forschungsvorhaben die Integration von Elektrofahrzeugen in bestehende und zukünftige Energieversorgungsstrukturen. Anhand von Szenarioanalysen und verschiedenen Ladestrategien wird die sektorübergreifende Eingliederung analysiert, wobei neben dem bidirektionalen Laden auch die technische und ökonomische Modellbeschreibung untersucht werden. Der Einfluss unterschiedlicher Ladestrategien wird anhand synthetischer Fahrprofile, welche durch eine statistische Auswertung des deutschen Mobilitätsverhaltens und einer Einzelanalyse von Probanden erstellt werden, ermittelt. Weiterhin wird ein Modell für die Traktionsbatterie ermittelt, welches auch Alterung durch unterschiedliche Abnutzungser-

scheinungen technisch und wirtschaftlich abbildet. In Hinsicht auf das Energieversorgungsnetz werden die Effekte einer verstärkten Integration von Elektrofahrzeugen sowohl für das Übertragungs- als auch für das Verteilungsnetz untersucht. Aussagen über den benötigten Netzausbau werden unter Berücksichtigung von ungesteuerten und gesteuertem Laden getroffen.

Kernziele:

- Identifikation von symbiotischen Effekten von Windenergie und Elektrofahrzeugen bei der Netzintegration
- Entwicklung von Modellen zur Fahrzeugauslegung, Stromerzeugung-, Transport-, Verteilungsszenarien, Ladestrategien und Energieversorgungsszenarien
- Zusammenführen der Simulationsergebnisse zu einem Gesamtszenario mit sektorübergreifender Bewertung der Netzintegration von Elektrofahrzeugen

Kernergebnisse:

- Großteil der täglichen Fahrstrecken bei nächtlichem Laden rein elektrisch zurücklegbar
- Untertägiges Laden verbessert diesen Anteil nur geringfügig
- Nebenverbraucher (vor allem Heizung) beeinflussen den Verbrauch des Fahrzeuges stärker als die individuelle Fahrweise
- Bedarfsorientiertes Nachladen wirkt sich günstig auf die Batterielebensdauer aus
- Einsatz für Netzdienstleistungen beeinträchtigt die Lebensdauer der Batterie
- Übertragungsnetz ist ohne strukturelle Anpassungen in der Lage eine Million Elektrofahrzeuge im Jahr 2020 und sechs Millionen im Jahr 2030 zu tragen
- Überschüssige Windenergie lässt sich, aufgrund begrenzter Übertragungskapazitäten, nicht in der Elektrofahrzeugflotte aufnehmen
- Ungesteuertes Laden kann bereits bei niedriger Durchdringung zu Engpässen im Verteilungsnetz führen
- NetZRückspeisung könnte in Zukunft Lastspitzen senken
- Ab 2020 könnten Elektrofahrzeuge finanziell konkurrenzfähig sein
- Elektrofahrzeuge können unter den getroffenen Annahmen Bestandteil einer kosteneffizienten CO₂-Minderungsstrategie sein

Handlungsempfehlung:

- Ladevorgänge der Elektrofahrzeuge sollte gesteuert werden, um möglichen Engpässen entgegen zu wirken
- Nächtliche Ladevorgängen sollten, wegen Vorteilen für die Batterielebensdauer, Netzauslastung und Ausnutzung der Windenergie bevorzugt werden

open ECOSPhERE - Enabling open Markets with Grid & Customer-oriented Services for Plug-in Electric Vehicles

Budget [€]: 4.918.930

Anteil Förderung: -

Laufzeit: 27 Monate

Startdatum: 01.09.12

Enddatum: 30.11.14

Standort:

Deutschland

Themenfelder:



Konsortialführer:

RWE AG

Weitere Projektpartner:

Continental AG

Ewald Consulting

Power Plus Communications AG

RWTH Aachen University

SAP AG

TU Dortmund

Marktrolle:

Industrie

Universität

Kurzbeschreibung:

Im Forschungsprojekt „ECOSPhERE“ wird das Zusammenwachsen von IKT und Energie untersucht. In diesem Zusammenhang sollen Angebot und Nachfrage auf den sich verändernden Märkten im Spannungsfeld zwischen Nutzer und Energiesystem in Einklang gebracht werden. Ziel ist, ein effizientes und nachhaltiges Marktergebnis zu erhalten. Dabei werden neuartige Betriebsmodelle im normalen und fehlerhaften Netzbetrieb überprüft, wobei der Fokus auf die Integration von Elektrofahrzeugen in das elektrische Verteilungsnetz gelegt wird.

Kernziele:

- Verknüpfung der Anforderungen und Bedürfnisse des Energiemarktes und der sich ändernden Anforderungen der Kunden mit Elektrofahrzeugen
- Optimale Nutzung von erneuerbaren Energiequellen durch Elektrofahrzeuge

- Simulation des flächendeckenden Einsatzes von Elektrofahrzeugen zur Erbringung von Systemdienstleistungen
- Benutzerfreundlichkeit der E-Mobilitätsinfrastruktur verbessern

Kernergebnisse:

- Topologie, Fahrzeuganzahl und Ladeleistung haben neben dem Service einen erheblichen Einfluss auf die Netzbelastung
- Erst ab bei einer Marktdurchdringung von 25 % entstehen Probleme in der Netzbelastung
- Netzurückwirkungen und Umsetzbarkeit von e-Services sind erheblich von der lokalen Durchdringung des Netzes mit Elektrofahrzeugen abhängig

Handlungsempfehlung:

- (potentielle) Kunden müssen früh in den Entwicklungsprozess mit entsprechenden Angeboten eingebunden werden
- Wissenschaft soll mit Konzepten und Methoden die Transformation unterstützen und die Entwicklung von Dienstleistungen bis zur Markteinführung begleiten

Perspektiven von Elektro-/Hybridfahrzeugen in einem Versorgungssystem mit hohem Anteil dezentraler und erneuerbarer Energiequellen

Budget [€]: -

Anteil Förderung:
612.850 €

Laufzeit: 40 Monate

Startdatum: 03.2009

Enddatum: 07.2012

Standort:

Deutschland

Themenfelder:



Konsortialführer:

Dr. Thomas Pregger
(Deutsches Zentrum für
Luft- und Raumfahrt
(DLR) – Institut für
Technische Thermody-
namik)

Weitere Projektpartner:

DLR – Institut für Fahrzeugkonzepte

Fraunhofer Institut für Solare Energie-
systeme (ISE)

RWTH Aachen – Institut für Hoch-
spannungstechnik (IfHT)

Forschungsgemeinschaft für Elektri-
sche Anlagen und Stromwirtschaft
e.V. (FGH)

Marktrolle:

Forschungseinrichtung

Universität

Kurzbeschreibung:

In diesem vom BMWi geförderten Vorhaben wurden die mittel- bis langfristigen (bis 2050) energiewirtschaftlichen Perspektiven der E-Mobilität (Plug-In-Hybridfahrzeuge und Elektrofahrzeuge) in einem Versorgungssystem mit hohem Anteil fluktuierender erneuerbarer Energien untersucht. In Szenarien wurden die Voraussetzungen für eine erfolgreiche Technologie- und Marktentwicklung von Plug-In-Hybrid- und Elektrofahrzeugen analysiert. Aus heutigen realen Fahrprofilen wurden Nutzerprofile und die daraus resultierende Stromnachfrage und Batteriekapazität der Fahrzeugflotte am Netz in stündlicher Auflösung berechnet. Daraus konnte unter plausiblen Rahmenannahmen eine für den Stromausgleich im Energiesystem zur Verfügung stehende Batteriekapazität ermittelt und in ein volkswirtschaftlich kostenoptimierendes Energiesystemmodell integriert werden. Mit diesem Modell wurden dynamische Simulationen der Lastdeckung durch erneuerbare Energien, regelbare KWK- und Kondensationskraftwerke, stationäre und mobile Stromspeicher sowie den weiträumigen Stromtransport im transeuropäischen Stromverbund durchgeführt. Die Szenarienanalysen zeigen das Potenzial einer gesteuerten Ladung der Fahrzeugbatterie.

rien zum Stromausgleich im Vergleich zu anderen Ausgleichsoptionen. In weiteren modellbasierten Untersuchungen wurden die Realisierbarkeit der netztechnischen Integration der E-Mobilität und hierbei Synergieeffekte mit dezentralen Stromerzeugern auf den Ebenen Hausenergieversorgung, Verteilnetz und Übertragungsnetz analysiert und Auswirkungen auf den Netzausbaubedarf untersucht.

Kernziele:

- Welche technischen Entwicklungen sind zu erwarten, die einen Markteintritt von Plug-In-Hybrid- und Elektrofahrzeugen fördern (Batterie, Antriebsstrang, Ladeverfahren, Leistungselektronik)?
- Welche Anforderungen an die eingesetzten Fahrzeug-Batteriesysteme ergeben sich aus den besonderen Anforderungen zur zeitweiligen Netzintegration der Plug-In-Fahrzeuge?
- Welche Marktperspektiven haben Plug-In-Elektrofahrzeuge in verschiedenen Marktsegmenten in Abhängigkeit von Technologieentwicklungen und Rahmenbedingungen?
- Wie entwickelt sich der durch E-Mobilität induzierte zusätzliche Strombedarf und welches Lastprofil und welche stündlich am Netz verfügbare Batteriekapazität resultiert aus der Fahrzeugflotte und den zu erwartenden Nutzerprofilen?
- Welche Potenziale erneuerbarer Energien stehen zu welchen Kosten zur Verfügung, um den durch E-Mobilität induzierten zusätzlichen Strombedarf zu decken? Welches residuale Lastprofil ergibt sich in einem Transformationsszenario entsprechend den Zielsetzungen des Energiekonzepts und wie kann die residuale Last kostenoptimal im europäischen Verbund gedeckt werden?
- Welches Potenzial zur Nutzung von möglichen überschüssigen Strommengen und zur Senkung der residualen Spitzenlast ergeben sich durch die E-Mobilität und die Ladesteuerung?
- Welche Auswirkungen auf Lastflüsse und Betriebsmittelauslastungen ergeben sich aus der Integration von Plug-In-Elektrofahrzeugen und den fluktuierenden erneuerbaren Energien auf Verteilungsebene sowie auf der Ebene der Übertragungsnetze?
- Welche energiewirtschaftlichen und energiepolitischen Rahmenbedingungen können die breite Markteinführung von Plug-In-Hybridfahrzeugen und Elektrofahrzeugen unterstützen und welche Geschäftsmodelle erscheinen hierfür geeignet?

Kernergebnisse:

Fahrzeugkonzepte, Nutzerprofile und Flottenentwicklung

- Ermittelter Verbrauch von 15-25 kWh je 100 km und Batteriespeicherkapazitäten von 22-62 kWh bei rein batteriebetriebenen Fahrzeugen (Reichweite: 125-210 km) und 16-24 kWh bei Hybridfahrzeugen (Reichweite: 55-60 km)
- Verfügbare Batteriekapazität zur netzseitigen, aktiven Ladungssteuerung bei 22 kWh Batterie: Morgenstunden ca. 3 kWh, Mittags- und Abendstunden ca. 8 kWh, Nachtstunden ca. 13 kWh
- Analyse ergibt hohen Gleichzeitigkeitsfaktor der an das Stromnetz angeschlossenen Fahrzeuge

Optimierung des gesamten Energiesystems

- Die Ladesteuerung führt unter getroffenen Annahmen (kurzfristige Stromausgleichsoptionen, bidirektionale Ladesteuerung) zu erhöhter Nutzung der Erneuerbaren infolge der Reduktion von Überschüssen
- E-Mobilität erhöht kaum die residuale Spitzenlast (bei Einsatz Lademanagement)
- Netzausbau im europäischen Verbund und damit Ausbau von Netztransferkapazitäten, sowie Flexibilisierung von KWK-Anlagen mittels Erzeugungsmanagement und Wärmespeichern liefern bedeutenden Beitrag zum Ausgleich von Last- und Erzeugungsschwankungen
- Hohe Korrelation zwischen Batteriebeladung und erneuerbarer Stromerzeugung → hohe Durchdringung E-Mobilität kann ebenfalls signifikanten Beitrag leisten zum Ausgleich
- Szenario mit ausschließlich ungesteuertem Laden führt zu Überschüssen, Erhöhung der CO₂-Emissionen der Stromerzeugung als auch residualen Spitzenlasten (ggü. Szenario ohne E-Mobilität)

Lokale Netzebene

- Untersuchung/Simulation von extremen Ausbauszenarien für unterschiedliche Siedlungsstruktu-

ren

- Ländliche und z. T. auch vorstädtische Bereiche sind durch Ausbau der regenerativen und dezentralen Stromerzeugung geprägt, welche für einen erheblichen Netzausbaubedarf sorgen. Sinnvoll gesteuerte E-Fahrzeuge können in diesem Fall netzentlastend wirken (Reduzierung Rückspeisepitze von ca. 300 kW auf 250 kW).
- Sehr gute Dimensionierung der Verteilnetzstrukturen in städtischen Siedlungsräumen, sodass keine Netzprobleme verursacht werden durch eine mäßige Durchdringung von E-Fahrzeugen. Eine hohe Durchdringung erfordert allerdings Maßnahmen zur Verhinderung der gleichzeitigen Beladung. Spielt nur untergeordnete Rolle für den Ausbau des NS-Netz

Verteilungsebene

- Ca. 4 % der Betriebsmittel überschreiten betriebliche Grenzen im Szenario bis 2030 infolge Integration dezentraler Stromerzeugung und E-Fahrzeuge (ungesteuert).
- In städtischen Strukturen geringere Grenzwertverletzungen (2 % der Betriebsmittel in 2030). Steigender PV-Zubau führt zu 4 % in 2050.
- In ländlichen/vorstädtischen Netzgebieten bestehen positive Synergieeffekte zwischen PV und E-Mobilität hinsichtlich thermischer Grenzwerte. Aufgrund des PV-Zubaus und Verletzungen des Spannungsbandes ist aber ein Ausbau nötig.

Auswirkungen auf Übertragungsnetze

- Höherer Ausbaubedarf des Übertragungsnetzes in Europa aufgrund Zunahme vornehmlich lastferner EE-Erzeugung und Zunahme Last
- Primäre Verwendung der Speicherfunktionalität der E-Fahrzeuge zur Bilanzdeckung sinnvoll
- Auswirkungen der E-Mobilität ggü. Ausbaubedarf aufgrund vermehrter Erzeugung aus EE sehr klein

Handlungsempfehlung:

- Durch Lademanagement kaum Erhöhung der residualen Spitzenlast, sogar ein Effizienzgewinn möglich.
- Größtenteils hohe Korrelation zwischen Beladung und EE-Erzeugung bei Lademanagement möglich, nur Szenario ohne Ladesteuerung führt zu erheblichen Ausbaubedarf.

PlanGridEV – Distribution grid planning and operational principles for EV mass roll-out while enabling DER integration

Budget [€]:

ca. 7.600.000

Anteil Förderung:

ca. 64 %

Laufzeit: 32 Monate**Startdatum:** 06.2013**Enddatum:** 02.2016**Standort:**

Deutschland

Themenfelder:**Konsortialführer:**

RWE AG

Weitere Projektpartner:

EDP

ESB

Enel

ETH Zürich

Sapienza Roma

TU Dortmund

Tecnalia

Tractebel

AIT

INESC

Renault

Volkswagen AG

BMW AG

Marktrollen:

Netzbetreiber

Forschungseinrichtung

Ingenieurbüro / Beratung

Universität

Fahrzeughersteller (OEM)

	Daimler AG Nissan	
<p>Kurzbeschreibung:</p> <p>Das Ziel des Projekts PlanGridEV (Distribution grid planning and operational principles for EV mass roll-out while enabling DER integration - gefördert durch das siebte Rahmenprogramm der Europäische Kommission) ist die Entwicklung neuartiger Planungsregeln und operativer Prinzipien für die optimale Integration von Elektrofahrzeugen in zukunftsorientierte Energienetze. Hierbei werden die Anforderungen für verschiedenste Netzwerktopologien evaluiert und die Anforderungen an neuartige, dezentrale, verbraucher-nahe Stromproduktionen (z. B. Wind- und Solarenergie oder Blockheizkraftwerke) berücksichtigt. In diesem Rahmen entwickelt das Konsortium verschiedene Instrumente und Methoden, um existierende Planungsregeln und Investmentstrategien von Energienetzbetreibern an die zukunftsorientierten Anforderungen anzupassen oder neu zu entwerfen. Diese Zielsetzung wird gestützt durch die Weiterentwicklung und den Entwurf von Geschäftsmodellen, sowie der Erarbeitung von Empfehlungen für rechtliche Rahmenbedingungen. Der Lehrstuhl für Kommunikationsnetze ist im Projekt für die Entwicklung des IKT-Architektur Designs verantwortlich und bewertet die Auswirkungen unterschiedlichster Kommunikationstechnologien und Protokolle auf vorgeschlagene Planungsregeln für neuartige Energienetze.</p>		
<p>Kernziele:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Das Hauptziel dieses Projektes ist es, neue Planungsregeln und Betriebsregeln für die optimale Integration von EV für verschiedene Netztopologien und mit unterschiedlichen DER-Durchdringungsgraden von PV, Wind- und Solarenergie sowie Mikro-KWK zu entwerfen. • Es werden Werkzeuge und Methoden entwickelt, die es den Verteilnetzbetreibern ermöglichen neue Planungsregeln und Investitionsstrategien zu entwerfen oder bestehende anzupassen, um die technische Effizienz und die kosteneffiziente Entwicklung von Infrastrukturen zu gewährleisten und um die Masseneinführung von EVs in Netzen mit unterschiedlichen DER-Durchdringungsgraden zu erleichtern. • Abschließend werden Empfehlungen für den regulatorischen Rahmen und weiterentwickelte Geschäftsmodelle erarbeitet. 		
<p>Kernergebnisse:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Eine geringe Durchdringung von E-Fahrzeugen beeinflusst das Verteilnetz kaum • Eine hohe Durchdringung in Kombination mit konventioneller Beladung führt zu negativen Auswirkungen (thermische Grenzverletzungen, Spannungsbandverletzungen) in NS- und MS-Netzen • Ländliche Netzgebiete sind eher betroffen als städtische Netzstrukturen • Gesteuertes Laden reduziert die negativen Einflüsse einer hohen EV-Durchdringung • Gesteuertes Laden kann die negativen Auswirkungen eines hohen EE-Zubaus im Netz reduzieren, gleichzeitig ermöglicht hohe EE-Einspeisung auch hohe EV-Durchdringung 		
<p>Handlungsempfehlung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ausbau sollte durch Smart Grids (also intelligentes Laden) vermieden werden. Erste kleine Heimpladeeinrichtungen ohne Probleme für das Netz, mit steigender Durchdringung und Ladeleistung kann es zu Überlastungen kommen. • Für die Steuerung und Monetisierung von EVs sind mindestens 44 kWh Batterien notwendig • Erweiterung der Ladeprotokolle und DIN-Normen notwendig, um zukünftig verschiedene Set-points während des Ladens einstellen zu können 		

Potenziale der E-Mobilität bis 2050 – Studie der Initiative ELAN 2020		
Budget [€]: - Anteil Förderung: -	Themenfelder:	
Laufzeit: - Startdatum: 2009 Enddatum: 2010		
Standort: Deutschland		
Konsortialführer: BDEW e.V.	Weitere Projektpartner: EWI (Uni Köln) Adam Opel GmbH Daimler AG EnBW Energie Evonik Litarion GmbH Li-Tec GmbH & Co. KG RENAULT s.a.s. Siemens AG TOYOTA MOTOR EUROPE Volkswagen AG BASF E.ON Energie AG EWE AG Johnson Controls SAFT GmbH MVV Energie AG	Marktrolle: Interessenverband Universität Netzbetreiber Automobilindustrie Technologiehersteller Energiekonzerne Chemiekonzern

	RWE Effizienz GmbH	
	TOTAL Deutschland GmbH	
	Vattenfall Europe AG	
<p>Kurzbeschreibung:</p> <p>Die Studie leistet einen Beitrag zur Bewertung des zukünftigen Potenzials batteriebetriebener elektrischer PKW. Dafür werden Wechselwirkungen zwischen den am Stromnetz angeschlossenen Fahrzeugbatterien mit dem Stromerzeugungssystem analysiert. Neben spezifischen CO₂-Emissionen und den respektiven CO₂-Einsparpotentialen und lokalen Schadstoffemissionen, wird hier auch der Einfluss von erneuerbarer Erzeugung untersucht. Weiter werden potenzielle Erlöse der Fahrzeughalter durch Teilnahme am Strommarkt und für die Erbringung von Netzdienstleistung quantifiziert. Die modellgestützte Analyse unterscheidet zwischen sechs Szenarien, die sich in Ihrer E-Mobilitätsdurchdringung und des Anteils erneuerbarer Erzeugung unterscheiden.</p> <p>Für die Simulation der E-Mobilitätsdurchdringung und deren Auswirkung auf die Stromnetze wurden 6 Szenarien definiert. Neben dem Durchdringungskriterium (10 % / 30 %), unterscheiden sich die Studien auch hinsichtlich ihrer Ausprägung der EE-Entwicklung und der Möglichkeit einer gezielten Steuerung.</p>		
<p>Kernziele:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Quantifizierung der Potentiale von E-Mobilität für das Stromnetz, die Stromerzeugung und der Wirtschaftlichkeit für die Endverbraucher. 		
<p>Kernergebnisse:</p> <p>Elektrizitätswirtschaftliche Effekte:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Fahrzeuge werden bevorzugt nachts geladen. Durch einen marktgetriebenen Strompreis kann, in Zeiten hoher Windeinspeisung, das Ladeverhalten erheblich abweichen. Marktgesteuertes Laden führt beim Fahrzeughalter zu Einsparungen. • Der Verkauf von Strom am Spotmarkt lohnt sich nicht. • Für Regelleistung lohnt sich nur die Bereitstellung negativer Reserveleistung. • Unter aktueller Marktsituation können nur geringe Zusatzeinnahmen erwirtschaftet werden. <p>Umwelteffekte:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Deutliche Verbesserung der lokalen CO₂- und Schadstoffemission durch die zunehmende E-Mobilität • Größtes Potenzial durch die Integration CO₂-neutraler Stromerzeugung • Vergleichsweise verringerte Geräusentwicklung in der Stadt <p>Kosten der E-Mobilität</p> <ul style="list-style-type: none"> • Batterie sowie Ladeinfrastruktur wird auch in Zukunft Hauptkostentreiber sein • Bis zum Jahr 2050 werden nur elektrische Kleinfahrzeuge mit konventionellen Vergleichsfahrzeugen konkurrieren können <p>Einfluss auf die Stromnetze:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Bis zu einer Durchdringung von 10 % sind die untersuchten Netze ausreichend dimensioniert • Die EE-Entwicklung verursacht keine zusätzliche Mehrbelastung im Zusammenspiel mit E-Mobilität • Bei einer Durchdringung von 30 % werden Engpässe an Leitungen gemessen • Eine Steuerung der Ladeinfrastruktur ist hier unvermeidlich. Die Netzbelastung reduziert sich durch die Möglichkeit der Steuerung auf das Niveau in den Anfangsszenarien (10 % Durchdrin- 		

gung)

Handlungsempfehlung:


- Kraftstoffpreise haben erhebliche Hebelwirkung. Erhöhung der Zuschläge auf Kraftstoffpreise könnte Anreize zur E-Fahrzeugbeschaffung erhöhen. Besser: Hohe Subventionen für elektrische Fahrzeuge notwendig
- Zunehmende Ladeinfrastruktur sollte öffentlich bereitgestellt werden
- Auslastung der Batterie anpassen um Zyklenlebensdauer mit kalendarischer Lebensdauer abzustimmen. Ggf. variable Batteriegrößen für unterschiedlicher Nutzerverhalten bereitstellen.
- Flotteneinsatz von E-Fahrzeugen erhöht Wirtschaftlichkeit
- Einsatz von E-Fahrzeugen erfordert Marktanreizprogramme
- CO₂-Reduktionspotential E-Fahrzeuge durch Integration bisher nicht-integrierbarer Windstrommengen vorhanden
- Gezieltes Laden der Batterie mit regenerativen Strom mittels Einführung von Steueroptionen

Shared E-Fleet - Intelligenter Betrieb von gemeinsam genutzten Elektrofahrzeugflotten		
Budget [€]: 4.292.191 Anteil Förderung: -	Themenfelder: <div style="text-align: center; margin-top: 20px;">  </div>	
Laufzeit: 36 Monate Startdatum: 01.11.2012 Enddatum: 31.10.2015	Standort: Deutschland	
Konsortialführer: Carano Software Solutions GmbH	Weitere Projektpartner: Baimos Technologies GmbH Marquardt GmbH Siemens AG TWT GmbH Science & Innovation Fraunhofer Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation (IAO) Universität München	Marktrolle: Forschungseinrichtung Industrie Universität
Kurzbeschreibung: <p>In diesem Projekt werden IT-Lösungen entwickelt, welche es ermöglichen eine Flotte an Elektrofahrzeugen sowohl ökologisch als auch ökonomisch zu betreiben. Hierfür wird das Konzept des „Carsharings“ im geschäftlichen Umfeld aufgegriffen und in fünf Modellversuchen die entwickelten IT-Lösungen erprobt. Für den Anschluss an das Stromnetz wurden drei unterschiedliche Ladestrategien (ökonomisch, ökologisch und direktes Laden) betrachtet, wobei die Kosten- und CO₂-Reduktion im Fokus der Untersuchung liegt.</p>		
Kernziele: <ul style="list-style-type: none"> • Entwicklung von IT-Konzepten für den Betrieb von gemeinsam genutzten Elektrofahrzeugflotten • Erprobung der Konzepte in Modellversuchen 		
Kernergebnisse:		

- Dynamische Einsatzplanung ermöglicht Einsparpotenziale für den Betrieb von Elektrofahrzeugen in Unternehmensflotten (bis zu 10 %)
- CO₂-Reduktion von bis zu 25 % im Vergleich zu einer Flotte mit Verbrennungsmotoren
- Gesteuerte Lade-/Entladestrategie verbessert Energie- und Kostenbilanz

Handlungsempfehlung:


- Organisationsübergreifende Nutzung nur mit geeigneter Flottenmanagement-Plattform möglich, die auch mit großen Pools und tageszeitabhängigen Lastspitzen umgehen kann
- Aktuelle Betriebsdaten für den effizienten Einsatz einer Elektrofahrzeugflotte essentiell
- Standards für die Erfassung von Telemetriedaten und gesteuertem Laden erforderlich

Strukturstudie BW ^e Mobil 2015		
Budget [€]: - Anteil Förderung: -	Themenfelder: 	
Laufzeit: Startdatum: Enddatum: 09.2013		
Standort: Deutschland		
Konsortialführer: e-mobil BW GmbH	Weitere Projektpartner: Ministerium für Finanzen und Wirtschaft Baden-Württemberg Anwendungszentrum KEIM des Fraunhofer-Instituts für Arbeitswirtschaft und Organisation (IAO)	Marktrolle: Landesagentur Ministerium Forschungseinrichtung
Kurzbeschreibung: <p>Dieses Forschungsprojekt konzentriert sich auf das Bundesland Baden-Württemberg, wobei in einer Strukturstudie auf die fahrzeug- und produktionstechnischen Perspektiven im Zusammenhang mit der E-Mobilität eingegangen wird. In der darauf aufbauenden Systemanalyse wird durch Sekundärdatenrecherche und Interviews mit Fachexperten auf die systemtechnische Integration von Elektrofahrzeugen eingegangen. Neben der Integration in die Städte und der Diskussion möglicher Mobilitätskonzepte wird auch die Einbindung in das Stromnetz von Baden-Württemberg beleuchtet.</p>		
Kernziele: <ul style="list-style-type: none"> • Umfassende Betrachtung der E-Mobilität in Baden-Württemberg • Untersuchung unterschiedlicher Ladestrategien und -leistungen • Mögliche Veränderungen der Energiewirtschaft, Fahrzeugflotten und Verkehrsmanagement durch die E-Mobilität in Baden-Württemberg aufzeigen • Informations- und Kommunikationstechnologien zur Nutzung der Mobilitätsressource besprechen 		
Kernergebnisse:		

- Zusätzlicher Strombedarf für 1 Mio. Elektrofahrzeuge könnte bereits heute mit vorhandenen Kraftwerkskapazitäten in Deutschland gedeckt werden
- Netzengpässe erst bei hoher Durchdringung und hoher Ladeleistung zu erwarten
- Vorstädtische Netze sind stärker von Netzengpässen betroffen
- Überlastung von Ortsnetztransformatoren in Deutschland nicht zu erwarten
- Im internationalen Vergleich sind die deutschen Stromnetze am besten für die Einführung von Elektrofahrzeugen geeignet

Handlungsempfehlung:

- Implementierung eines Lastenmanagements zur Verhinderung von Netzengpässen insbesondere bei hoher räumlicher Dichte von Elektrofahrzeugen (bspw. Parkhäuser)

TwinLab: Micro Smart Grid EUREF		
<p>Budget [€]: 5.700.200</p> <p>Anteil Förderung: 62 %</p>	<p>Themenfelder:</p> 	
<p>Laufzeit: 40 Monate</p> <p>Startdatum: 01.03.2013</p> <p>Enddatum: 30.06.2016</p>	<p>Standort:</p> <p>Deutschland</p>	
<p>Konsortialführer:</p> <p>Innovationszentrum für Mobilität und gesellschaftlichen Wandel (InnoZ) GmbH</p>	<p>Weitere Projektpartner:</p> <p>Netzgesellschaft Berlin-Brandenburg mbH & Go. KG</p> <p>Reiner Lemoine Institut gGmbH</p> <p>Schneider Electric SE</p> <p>Stromnetz Berlin GmbH</p> <p>Technische Universität Berlin</p> <p>TU-Campus EUREF gGmbH</p>	<p>Marktrolle:</p> <p>Forschungs- und Beratungsfirma</p> <p>Netzbetreiber</p> <p>Forschungseinrichtung</p> <p>Industrie</p> <p>Universität</p>
<p>Kurzbeschreibung:</p> <p>Dieses Forschungsvorhaben beschäftigt sich mit Betrieb eines Subnetzes, welches durch angeschlossene Erzeugung und gesteuerten Verbraucher in der Lage ist autark betrieben zu werden. Für dieses sogenannte Micro Smart Grid wurde für den Campus der TU Berlin zum einen das technische Konzept entwickelt bzw. umgesetzt und in einer Begleitforschung auch die sozialwissenschaftlichen Aspekte beleuchtet. Teil des technischen Konzepts war die Installation einer Elektro-Carsharingstation, welche für 36 Fahrzeugen einen Ladeplatz bietet. Durch ein Solardach, ein BHKW, mehrere Kleinwindenergieanlagen und Energiespeicher in Form von Bleibatterien und Doppelschichtkondensatoren konnte der Energiebedarf der Carsharingstation und eines Gebäudes gedeckt werden. Das Gebäude wurde mit einer intelligenten Steuerung und Regelung ausgestattet um sowohl Klima als auch Beleuchtung optimal zu gestalten. Im Rahmen der sozialwissenschaftlichen Begleitforschung wurde eine Umfeld- und Akzeptanzforschung in Form von Interviews durchgeführt, welche eine Erhebung von Bedarfen, Nutzeransprüchen und Beteiligungsinteresse unterschiedlicher Gruppen (Privatpersonen, Gewerbetreibende, Wirtschaftsunternehmen und wissen-</p>		

schaftliche Einrichtungen).

Kernziele:

- Definition und Optimierung von Schnittstellen und Synergien zwischen dem Mobilitäts- und Energiesektor
- Untersuchung der Netzstabilität im autarken Betrieb unter Berücksichtigung von bspw. elektro-mobiler Laden und Entladen
- Ermittlung der benötigten Parameter für die vorhandenen Anlagen im autarken Betrieb
- Betrieb der lokalen e-Carsharingflotte mit 100 % EE
- Entwicklung innovativer Geschäftsmodelle mit Fokus auf Elektrofahrzeugflotten in Verbindung mit Smart Grid
- Entwicklung interoperabler Lösungen für den operativen Betrieb von Flotten unter Berücksichtigung der Effekte auf und durch eine Vernetzung mit dem Energiesystem

Kernergebnisse:

- Zu jeder Tageszeit sind an 30 % der Ladesäulen Fahrzeuge angeschlossen, die für Vehicle-to-Grid nutzbar sind
- Entladespitzen des stationären Batteriespeichers lassen sich durch Rückspeisung aus den Fahrzeugbatterien verringern
- Ausrichtung einer PV-Anlage hat einen geringen Einfluss auf die Robustheit eines Micro Smart Grids
- Lebensdauer und maximale Lade- und Entladeleistungen von Batteriespeicher haben einen großen Einfluss auf die Robustheit eines Micro Smart Grids
- Einbindung von Privatpersonen in ein Micro Smart Grid muss einfach und alltagsnah gestaltet sein, da sonst kein Verständnis für die Technologie vorhanden ist
- Befragte Gewerbetreibende zeigen gegenüber einer Micro Smart Grid Lösung positives Interesse, da wirtschaftliche Vorteile und eine stärkere lokale Vernetzung erhofft werden

Handlungsempfehlung:

- Frühzeitige Planung der Smart Grid Bestandteile kann die Wirtschaftlichkeit des Geschäftsmodells und die Vorteile für die beteiligten Partner erhöhen
- Kalkulation der energetischen Bilanzierung von Einspeisungen und Verbräuchen im Sinne der Eigenheimoptimierung zur Verringerung des Netzbezugs unter Einbeziehung des regulatorischen Rahmens
- Gesteuertes Laden von Elektrofahrzeugen bzw. ein integriertes Lastmanagement steigert die CO₂ Bilanz und ist notwendig für die Eigenoptimierung
- Möglichkeit des physischen Inselbetriebs einbeziehen, um die Kosten für den Netzanschluss zu senken bzw. die benötigte Netzanschlusskapazität verringern

Smart Mobility in Thüringen		
Budget [€]: ca. 10.000.000 Anteil Förderung: 60 %	Themenfelder: 	
Laufzeit: 36 Monate Startdatum: 01.03.2013 Enddatum: 01.02.2016		
Standort: Deutschland		
Konsortialführer: INNOMAN GmbH	Weitere Projektpartner: ACX GmbH Bauhaus Universität Weimar IMMS GmbH Landeshauptstadt Erfurt EPSa GmbH TAF mobile GmbH Fraunhofer IOSB – AST HKW Elektronik GmbH envia Mitteldeutsche Energie AG	Marktrolle: Universität Forschungseinrichtung Landesamt Industrie Verteilungsnetzbetreiber
Kurzbeschreibung: Das Forschungsprojekt „sMobility“ befasst sich mit der systematischen Verknüpfung von traditionell isolierten Systemen wie Energieversorgungsnetz, Verkehrsinfrastruktur, Fahrzeug und Fahrer in einer System- und Service-Plattform. Hierfür wurde ein IKT-Plattformkonzept entworfen und in der Stadt Erfurt getestet. Durch das Zusammenführen von Verkehrsdaten und -optionen konnte eine reichweitenoptimierte Navigation entwickelt werden. Zusätzlich wurde durch Analyse, Bewertung und Weiterentwicklung		

bestehender Marktkonzepte, Methoden der lokalen Last- und Einspeiseprognose sowie der Optimierung der Netzbetriebs- und Bilanzkreisführung erschlossen. Für die Informationsübertragung zur intelligenten Ladeeinrichtung konnte die Funkrundsteuerung als zweckmäßig identifiziert werden.

Kernziele:

- Entwicklung einer Verkehrsmanagementplattform zur effizienten Integration von Elektrofahrzeugen in den bestehenden Verkehr
- Entwicklung eines Sensors zur Erfassung von Verkehr
- Integration von weiteren Sensoren und der mobilen Verkehrsdetektion in das Verkehrsmanagement
- Integration von Sensoren zur Umweltdatenerfassung
- Verkehrsverhalten durch anreizgesteuerte Verhaltensempfehlungen in Form von kollektiven und individuellen Verkehrsinformationen beeinflussen
- Routenwahl der Elektrofahrzeuge über ein verkehrslagebasiertes Fahrerinformationssystem mit Reisezeiten- und Reichweitenoptimierung unterstützen
- Entwicklung eines Fahrzeugkommunikationsmoduls für die Übermittlung von Echtzeitdaten aus den internen Kommunikationsschnittstellen von Elektrofahrzeugen in das Managementsystem
- Einfluss von Elektrofahrzeuge mit und ohne Vorgaben des Netzbetreibers auf das Verteilungsnetz
- Wirksamkeit von Anreizen mittels eines variablen Fahrstromtarif zu netzdienlichem Laden überprüfen
- Technik und Konzepte für ein intelligentes Last- und Lademanagement entwickeln und umsetzen

Kernergebnisse:

- Für Navigationssoftware von Elektrofahrzeugen ist es notwendig, umfassende Echtzeitinformationen aus relevanten Infrastrukturen in die Routenberechnung und -führung zu integrieren
- Flexible Fahrstromtarife können zu einem wirtschaftlicheren Betrieb von Elektrofahrzeugen führen
- Elektrofahrzeuge können schon in geringer Anzahl Netzausbaumaßnahmen verursachen
- Optimierte Übertragungskapazität im Niederspannungsnetz durch den Einsatz von steuerbarer Ladeinfrastruktur
- Hochaufgelöste Verkehrslagedaten aus entwickelter Verkehrsmanagementplattform
- Ableitung optimaler Routen (zeit- und reichweitenorientiert) aus Echtzeit Verkehrsdaten für Elektrofahrzeuge
- Elektrofahrzeuge besitzen eine grundlegende technische Eignung zum netzdienlichen Betrieb
- Langwellenkommunikation kann sowohl sicher, zuverlässig als auch kostengünstig betrieben werden, um eine Kommunikation zur Ladeinfrastruktur zu ermöglichen

Handlungsempfehlung:

- Synergetische Vernetzung von Infrastrukturen, Funktionen und Informationen verschiedener Marktteilnehmer notwendig
- Netzanschlusspflicht von Elektrofahrzeugen nach standardisierten Vorgaben
- Für die erfolgreiche Integration von Elektrofahrzeugen in das deutsche Elektrizitätsversorgungsnetz sind individuelle Betrachtungen notwendig

Verteilnetzstudie für das Land Baden-Württemberg

Budget [€]: -

Anteil Förderung: -

Themenfelder:

Laufzeit: Startdatum: Enddatum: 2017		
Standort: Deutschland		
Konsortialführer: ef.Ruhr GmbH	Weitere Projektpartner: Technische Universität Dortmund	Marktrolle: Industrie Universität
Kurzbeschreibung: <p>Betrachtungsbereich dieses Forschungsvorhabens sind die Verteilnetze in Baden-Württemberg. Auf der Grundlage echter Netzdaten und Szenarien zur Entwicklung von Last- und Einspeisung wird eine Analyse und Bewertung der Leistungsfähigkeit durchgeführt. Dabei werden landespolitische und regionale Randbedingungen in die Betrachtung mit aufgenommen. Teil der Analyse ist die Betrachtung von innovativen Betriebsmittel und Maßnahmen für Planung / Betrieb der Netze. Unter Anderem werden auch neuartige Verbraucher wie Elektrofahrzeuge in den Szenarien betrachtet. Weiterhin werden für die Vermeidung von Engpässen innovative Betriebsmittel und die Spitzenkappung (3 % der erzeugten Jahresenergiemenge von Erzeugern) in die Betrachtung mit aufgenommen. Die Szenarien werden ausgehend von einem Basisszenario (NEP 2020) für den konventionellen Netzausbau und innovative Konzepte für das Jahr 2020 und 2030 (NEP und ZSW) wirtschaftlich auf die einzelnen Spannungsebenen aufgeschlüsselt und verglichen.</p>		
Kernziele: <ul style="list-style-type: none"> • Untersuchung unterschiedlicher Netzentwicklungspläne unter Berücksichtigung konventioneller und innovativer Maßnahmen zur Beseitigung möglicher Engpässe • Wirtschaftliche Bewertung innovativer Maßnahmen im Vergleich zu konventionellem Netzausbau 		
Kernergebnisse: <ul style="list-style-type: none"> • MS-Ebene benötigt im Basisszenario den größten Anteil der Investition für Netzausbau • Entwicklung Erneuerbarer Energien aus ZSW Studie führt zu unerwartet hohen Netzausbau in der HS-Ebene • rONT können die Kosten für den Netzausbau um bis zu ein Drittel reduzieren • Marktorientierter Einsatz von Flexibilitäten (Elektrofahrzeuge und Wärmepumpen) führt zu einer 		

erheblichen Steigerung der Netzausbaukosten

- Netzdienlicher Einsatz von Flexibilitäten führt nur zu geringen Einsparungen gegenüber konventionellem Netzausbau
- Spitzenkappung reduziert Netzausbaubedarf um bis zu einem Viertel
- Sektorenkopplung führt zu einem erhöhten Investitionsbedarf in Mittel- (bis zu 30 %) und Niederspannung (20 % bis 150 %)

Handlungsempfehlung:

- Bei extremen Zubau von Erneuerbaren Energien sollte der Netzausbau des HS in Kombination mit dem HÖS stattfinden
- Planung der Verteilnetze sollte spannungsebenenübergreifend stattfinden, um freie Netzkapazitäten auszunutzen
- Netzanschlusspunkte gebündelter dezentraler Erzeugungsanlage (wie Windenergieanlagen) sollte bei starkem Zubau in die HS-Ebene verlagert werden
- Planungsbehörden und Netzbetreiber sollten beim weiteren Zubau von dezentralen Erzeugungsanlagen (DEA) gemeinsam planen
- Flächendeckende Mess- und Kommunikationsinfrastruktur soll umfassende Kenntnis der Netze ermöglichen
- Bei hohen Leitungsinvestitionen und Spannungsgrenzwertverletzungen sollten rONT als Alternative berücksichtigt werden
- Netzdienlicher Flexibilitätseinsatz durch den Netzbetreiber ist mit Hinblick auf die Reduktion der Netzausbaukosten nur bedingt zu empfehlen
- Den Einsparungen im Netzausbau durch die Spitzenkappung sollte mit entstehenden Kosten (Entschädigungszahlungen) gegengerechnet werden, um einen Einsatz abzuwägen
- Im Planungsprozess sollten technisch-wirtschaftliche Wechselwirkungen zwischen konventionellem Netzausbau und dem Einsatz von Flexibilitäten berücksichtigt werden

Well2Wheel		
<p>Budget [€]: 3.000.000</p> <p>Anteil Förderung: ca. 50 %</p>	<p>Themenfelder:</p>	
<p>Laufzeit: 36 Monate</p> <p>Startdatum: 01.05.2013</p> <p>Enddatum: 30.04.2016</p>		
<p>Standort:</p> <p>Netzgebiet Rhein-Main-Neckar der ENTEGA AG, Deutschland</p>		
<p>Konsortialführer:</p> <p>ENTEGA AG</p>	<p>Weitere Projektpartner:</p> <p>NTB Technoservice</p> <p>Continental</p> <p>Automotive GmbH</p> <p>EUS GmbH</p> <p>TU Darmstadt</p> <p>Frankfurt University of Applied Sciences</p> <p>Fraunhofer LBF</p>	<p>Marktrolle:</p> <p>Industrie</p> <p>Forschungseinrichtungen</p> <p>Universitäten</p>
<p>Kurzbeschreibung:</p> <p>Das Projekt Well2Wheel untersucht die Auswirkungen einer aktiven Integration von Elektrofahrzeugen in das Verteilnetz der ENTEGA AG. Ziel ist es einen Beitrag zur flächendeckenden Einführung von E-Fahrzeugen zu liefern. Das Projekt umfasst 7 Partner aus Wirtschaft und Wissenschaft und ist vom BMU gefördert.</p> <p>Für die Simulation wurde eine Fahrzeugflotte untersucht, bestehend aus Fahrzeugen unterschiedlicher</p>		

Fahrzeughersteller. Für die Steuerung der Ladeinfrastruktur war das Konzept einer Rot-Grün-Phasen-Ampel ein wichtiger Bestandteil des Projekts.

Kernziele:

- Integration und Steuerung von E-Mobilität als aktive Komponente in das Verteilnetz
- Bewertung der Steuerung hinsichtlich Eignung zum Netzengpassmanagement und Reduktion von Netzausbau
- Einbindung einer Flotte von 46 E-Fahrzeugen in ein virtuelles Kraftwerk
- Bewertung der Akzeptanz und Nutzbarkeit von E-Mobilität
- Verbesserung der Praxistauglichkeit und Benutzerfreundlichkeit von E-Mobilität

Kernergebnisse:

- Bei einer Durchdringung von 20 % E-Fahrzeugen können sich die Lastspitzen im Verteilnetz verdoppeln.
- Einheitliche Strom-Zeit-Tarife sind kontraproduktiv für die Netzbelastung.
- Der Einsatz einer individuellen Steuerung führte zu Verringerung der Netzbelastung.
- Der Einfluss marktgesteuerten Ladens auf die Netzbelastung ist gering, da meist schon zu Zeiten niedriger Strommarktpreise geladen wird.
- Die Spannungserhöhung ist gegenüber thermischen Grenzen kritischer zu bewerten.

Handlungsempfehlung:

- Ausbau ländlich geprägter Wohngebiete, da hier die meisten Probleme zu erwarten sind. Die Einhaltung der Spannungsgrenzen ist kritischer als bei den thermischen Grenzwerten.
- Es besteht kein Ausbaubedarf der MS-Netze.
- Einführung eines Ampelsystems zur Tarifabbildung (Steuerungssignal).

ZENEM		
Budget [€]: - Anteil Förderung: -	Themenfelder: 	
Laufzeit: 24 Monate Startdatum: 01.05.2011 Enddatum: 30.04.2013		
Standort: Österreich		
Konsortialführer: TU Wien – Institut für Energiesysteme und Elektrische Antriebe	Weitere Projektpartner: AIT GmbH Taxi 31300 VermittlungsgmbH Wien Energie Stromnetz GmbH	Marktrolle: Universität Forschungseinrichtung Fuhrparkunternehmen Stadtwerke
Kurzbeschreibung: <p>Mit dem Projekt ZENEM hat man sich zum Ziel gesetzt, zukünftige elektrische Verbrauchern, wie die E-Mobilität – die bei hohen Durchdringungsraten große Leistungsdichten verursachen – in das bestehende Stromnetz zu integrieren und anhand eines Spezialfalls, einer Taxiflotte, die sich durch hohe Konzentration an den Standplätzen auszeichnet, die Auswirkungen von E-Taxis auf das Verteilnetz umfassend zu untersuchen.</p> <p>Für das Simulationsmodell wurden 18 Szenarien bestimmt, die sich hauptsächlich hinsichtlich ihrer Durchdringung unterscheiden. Eine Angabe zur relativen Durchdringung konnte anhand der fehlenden Angaben nicht ermittelt werden. Für den Ladevorgang wurden Szenarien mit 22 kW DC-Laden und Szenarien mit 50 kW DC-Laden definiert. Das untersuchte Netz entsprach einem österreichischen Niederspannungsnetz im Jahr 2011.</p>		
Kernziele: <ul style="list-style-type: none"> • Ermittlung des Energiebedarfs einer zukünftigen E-Taxi-Flotte mit Hilfe historischer GPS-Daten • Erhebung der bestehenden elektrischen Verbraucher und Verifizierung durch Messungen • Bildung von Szenarien unter Berücksichtigung der Erfüllbarkeit der Mobilität 		

- Synthese von Maßnahmen zur Integration der E-Taxi-Flotte in das bestehende Stromnetz
- Analyse der Auswirkungen der E-Taxi-Flotte auf ausgewählte Verteilnetzabschnitte
- Betrachtung von ökonomischen und ökologischen Aspekten und Rahmenbedingungen

Kernergebnisse:

- Überlastungen entstehen nur in Szenarien ohne Steuerung des Ladevorgangs
- Überlastungen treten nur hinsichtlich des Netzstrangs auf, d.h. Überlastung der Leitung
- Transformatoren werden in den betrachteten Szenarien nicht überlastet

Handlungsempfehlung:

- Überlastung des Strangs kann durch begrenzendes Lademanagement verhindert werden. Dabei erfolgt die Begrenzung einer Ladeeinrichtung auf eine Gesamtleistung von 100 kW, Fahrzeuge werden nach State-of-Charge priorisiert und geladen. Dies vermindert den Ausbaubedarf, deren Kosten vor allem durch die Netzbereitstellung entstehen.

Zukünftige Belastungen von Niederspannungsnetzen unter besonderer Berücksichtigung der E-Mobilität (Dissertation)

Budget [€]: - Anteil Förderung: -	Themenfelder: 	
Laufzeit: Startdatum: Enddatum: 02.02.2016		
Standort:		
Konsortialführer: Dr.-Ing. Andreas Götz (TU Chemnitz)	Weitere Projektpartner: eins – energie in sachsen GmbH & Co. KG	Marktrollen: Dissertation Städtischer Energieversorger
Kurzbeschreibung: <p>Aktuell finden umfangreiche Neuerungen und Veränderungen im Elektroenergiesystem statt. Dabei stellen die Netzintegration von Energiespeichern, EE-Anlagen und Elektrofahrzeugen sowie die Realisierung von Energiemanagementsystemen wichtige Neuerungen in der Niederspannungsebene dar. Analysen der Ladevorgänge von Elektrofahrzeugen zeigen einen nennenswerten Einfluss auf den Lastbedarf. Als ein Ergebnis wird die maximal zulässige Anzahl an Elektrofahrzeugen ermittelt, bei der kein Netzbau notwendig wird. Neben der Untersuchung verschiedener Ladevarianten, wird die zufällige Ladung als innovative Ladevariante vorgestellt und deren Nutzen simuliert.</p> <p>Für die Simulation werden 4 Szenarien definiert. Die Szenarien unterscheiden sich in ihrer Angabe zur Durchdringung elektrischer Fahrzeuge (30 % und 60 %). Zudem wurde für jede Durchdringung der Fall einer ungesteuerten und gesteuerten Ladestrategie untersucht.</p>		
Kernziele: <ul style="list-style-type: none"> • Analyse des Einflusses von unterschiedlichen Verteilungen auf die Ladestartzeit und die Netzlast 		

Kernergebnisse:

- Vollständige Substitution aller PKWs durch Elektrofahrzeuge erfordert Netzausbau bzw. zentrales Lademanagement
- Zufällige Generierung von Ladestartzeiten ermöglicht möglichst hohe Integration von Elektrofahrzeugen ohne Netzausbau (bis ca. 2030 mit gewählten Prognosen)

Handlungsempfehlung:

- Hoher Durchdringungsgrad E-Mobilität erfordert gesteuertes Laden zur Vermeidung von Überlastungen
- Negative Auswirkungen durch EE-Anlagen nicht zu erwarten, da zukünftig sinkende Vergütung, höherer Eigenverbrauch und zusätzlicher Speichereinsatz