



Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

## Vorstellung des Modells STELLA

Eine elementare Aufgabe des Forschungsprojektes SLAM ist der Know-How Aufbau für eine nachhaltige flächendeckende Ladeinfrastruktur. Dafür ist langfristig nicht nur die Anzahl von Schnellladestationen ausschlaggebend, sondern auch deren Platzierung. Im Projekt SLAM beschäftigte sich daher das Institut für Stadtbauwesen und Stadtverkehr (ISB) mit der Entwicklung eines skalierbaren Standortkonzeptes für Schnellladeinfrastruktur in Ballungszentren und an wichtigen Fernstraßen auf der Basis der laufenden Forschung rund um die Mobilität des Menschen. Mit Hilfe dieses Konzeptes können Investoren und Betreiber von Schnellladeinfrastruktur eine optimale Auswahl für die Platzierung der Ladesäulen treffen.

Das Ergebnis der Entwicklung ist der integrierte Modellierungsansatz, Standortfindungsmodell für elektrische Ladeinfrastruktur – kurz STELLA, welches eine flächendeckende und bedarfsorientierte Positionierung von Ladestationen ermöglicht. Damit wird der Bedarf an Ladeinfrastruktur in unterschiedlicher Szenarien und Betrachtungszeiträumen auf der Stadtquartiersebene bestimmt und quantifiziert.

Innerhalb der Modellierung wurden mehrere Indikatorgruppen einerseits zur Beschreibung und andererseits zur räumlichen Verortung der täglichen Mobilität der Bevölkerung in einem spezialisierten, deutschlandweiten Verkehrsmodell zusammengestellt. Das Nutzerverhalten, die Verteilung von Fahrzeugen, die bereits existierende Ladeinfrastruktur sowie Raumstrukturen und die vorhandenen verkehrlichen Infrastrukturen bilden dabei die Grundlage für die weiteren Berechnungsschritte. (siehe Anhang / Tabelle 1).

Eine pre-finale Version des Modells wurde mit einem reduzierten Umfang in eine webbasierte Softwareanwendung transferiert. Das mit einem grafischen Nutzerinterface umgesetzte Modell zeigt dabei anschaulich eine der möglichen Anwendung für zukünftige Infrastrukturprojekte. Durch den reduzierten Umfang ist es auch externen Anwendern möglich, einen ersten Einblick in die Möglichkeiten der Standortsuche zu bekommen.



ABBILDUNG 1: ZEITSTRAHL DES ENTWICKLUNGSFORTSCHRITTS

### Anforderungsdefinition

Mit der Anforderungsdefinition wurde die Basis für das Standortkonzept gelegt. Hierzu wurde vorhanden Methoden und dabei genutzten Daten der Verkehrssimulation, Raumstrukturanalyse, Untersuchungen zum Mobilitätsverhalten und Fahrzeugwahlkriterien herangezogen.

So wurden verschiedene Indikatoren zur Beschreibung von Nutzerstrukturen, von Nutzerverhalten, der Raumeinteilung, des Fahrzeugmarktes, der bestehenden Ladeinfrastruktur sowie der Verkehrs- und Stromnetze in Gruppen zusammengefasst.

Innerhalb der Gruppe zur „Nutzerstruktur“ wurden Schwerpunkte auf die Berücksichtigung der Soziodemographie, Sozioökonomie, des soziales Milieus aller mobilen Personen im deutschlandweiter Planungsraum gelegt und durch die Verknüpfung mit den beiden Gruppen zum Nutzerverhalten und der Raumstruktur räumlich verortet. Mit der Verbindung mit der Indikatorgruppe bzgl. der Fahrzeuge wurde ein Fahrzeug-Besitzmodell erarbeitet und in das Standortkonzept übernommen.

Mit der Betrachtung des Nutzerverhaltens über die Analyse von Mobilitätsstudien, den Wegezielen, wahrgenommenen Umwegen und Aufenthaltszeiten wurden analog zur klassischen Verkehrsmodellierung für die Szenarien der Elektromobilität verhaltenshomogene Gruppen gebildet. Mit der Ableitung von Ladestrategien und der Anbindung an andere Indikatorgruppen konnten Nutzerszenarien in Bezug auf die Nutzung von Elektrofahrzeugen formuliert werden. Diese beschreiben sowohl das Verhalten innerhalb des zentralen, suburbanen Umfelds als auch auf der Fernstraße.

Der in den ersten beiden Gruppen beschriebene Nutzer wird durch die Gruppen der Raumstruktur (Stadtquartiersarten; Funktionale Räume; besondere Gebiete) und der

Verkehrsnetze (Streckenelemente; Verkehrsverflechtung; Verkehrsbelastung) in den Raum eingebunden und verortet.

Mit den Größen zu Beschreibung und Charakterisierung der Fahrzeugflotte (Fahrzeugbestand; Fahrzeug-Merkmale; Fahrzeug der Zukunft), der Ladestationen (Ladeinfrastruktur; Ladeleistung; Ladepunkte) und des Stromnetzes fließen weitere maßgebende Indikatoren in das ganzheitliche Standortkonzept ein.

Innerhalb der letzten Indikatorgruppe wurden der Einfluss des Prognosejahres, möglicher politischer Zielsetzungen und verschiedenen messbaren Kriterien der Mikrostandortplanung (z. B. Abstand zur Straßenmitte oder einem Knotenpunkt) erfasst. Die Parametrisierung des Prognosejahres hat eine weitreichende Kombination mit anderen Indikatoren. Damit wurde z. B. der zukünftig zu erwartende technische Fortschritt und die Variation der Verkehrsnachfrage zeitlich datiert und in die Modellierung eingebunden. Die Betrachtung des Prognosejahres, mit den einhergehenden Änderungen innerhalb anderer Indikatoren, stellt eine gewichtige Rolle bei der Generierung von Zukunftsszenarien dar.

Bei der Datenbeschaffung wurde das ISB durch das Human-Computer Interaction Center (HCIC), Institut für Hochspannungstechnik (IFHT) und das Institut für Kraftfahrzeuge (ika) der RWTH Aachen University unterstützt.

### Standortmodell STELLA

Beruhend auf den an das Modell gesetzten Anforderungen wurde in der Prototypphase Grundfunktionen im Ablauf getestet und im pre-finalen Modell festgelegt. So wurde der entstandene Modellierungsansatz STELLA analog zu den vorgestellten Indikatorengruppen modular aufgebaut. Die Ausgestaltung der einzelnen Module erfolgte in Anlehnung an die Methoden der strategischen Stadt-, Regional-, Verkehrsplanung und -modellierung. Neben der Bildung und der räumlichen Verortung verhaltenshomogener Personengruppen und deren Aktivitätsziele erfolgte die Betrachtung der Mobilitätsnachfrage. Diesem Schritt folgte die physikalische Umsetzung der zuvor bestimmten Mobilitätsnachfrage als stattfindender Verkehr. Die entstandene Verknüpfung zwischen der Verkehrsentstehung, Verkehrsverteilung und dem räumlichen Kontext konnte durch im Fachbereich etablierte Studien und Datenquellen auf Plausibilität geprüft werden. Ergänzend wurden Expertenworkshops mit parallellaufenden Ladeinfrastrukturprojekten (z. B. Laden2020, Central European Green Corridors) durchgeführt um methodische Ansätze auf ihre Konsistenz abgleichen und prüfen zu können.

Mit den Erfahrungen aus vorangestellten Phasen erfolgten im finalen Gesamtmodell STELLA sowohl einige Anpassungen in Algorithmen der einzelnen Module als auch deren Verknüpfung untereinander.

Als verkehrstechnische Betrachtung ist im finalen Modell STELLA ganz Europa abgebildet. Die Verkehrsverflechtung wird sowohl für die deutschen Binnenverkehre und die Verflechtung mit dem europäischen Umland berücksichtigt.



Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

In Deutschland erfolgt die Potentialbetrachtung auf der Ebene von Stadtquartieren (ca. 500 Haushalte). Die demografischen und wirtschaftlichen Attribute dieser Betrachtungsebene werden mit öffentlichen Kreis- bzw. Gemeinde-Daten (z. B. der statistischen Ämter, INKAR) ergänzt. Damit wird eine Klassifizierung des Raumes und Aussagen zur Mobilität und der Verteilung von PKWs ermöglicht.

Das so berechnete primäre Modellierungsergebnis des STELLA-Ansatzes (Abbildung 2) beschreibt für jedes Stadtquartier des gesamten Planungsgebietes „Deutschland“ das Potential der zu erwarteten Ladungen in Abhängigkeit von benötigter Ladeleistung und erwarteter Aufenthaltszeiten (Abbildung 3).

## Ladebedarfsprofil eines Stadtquartiers

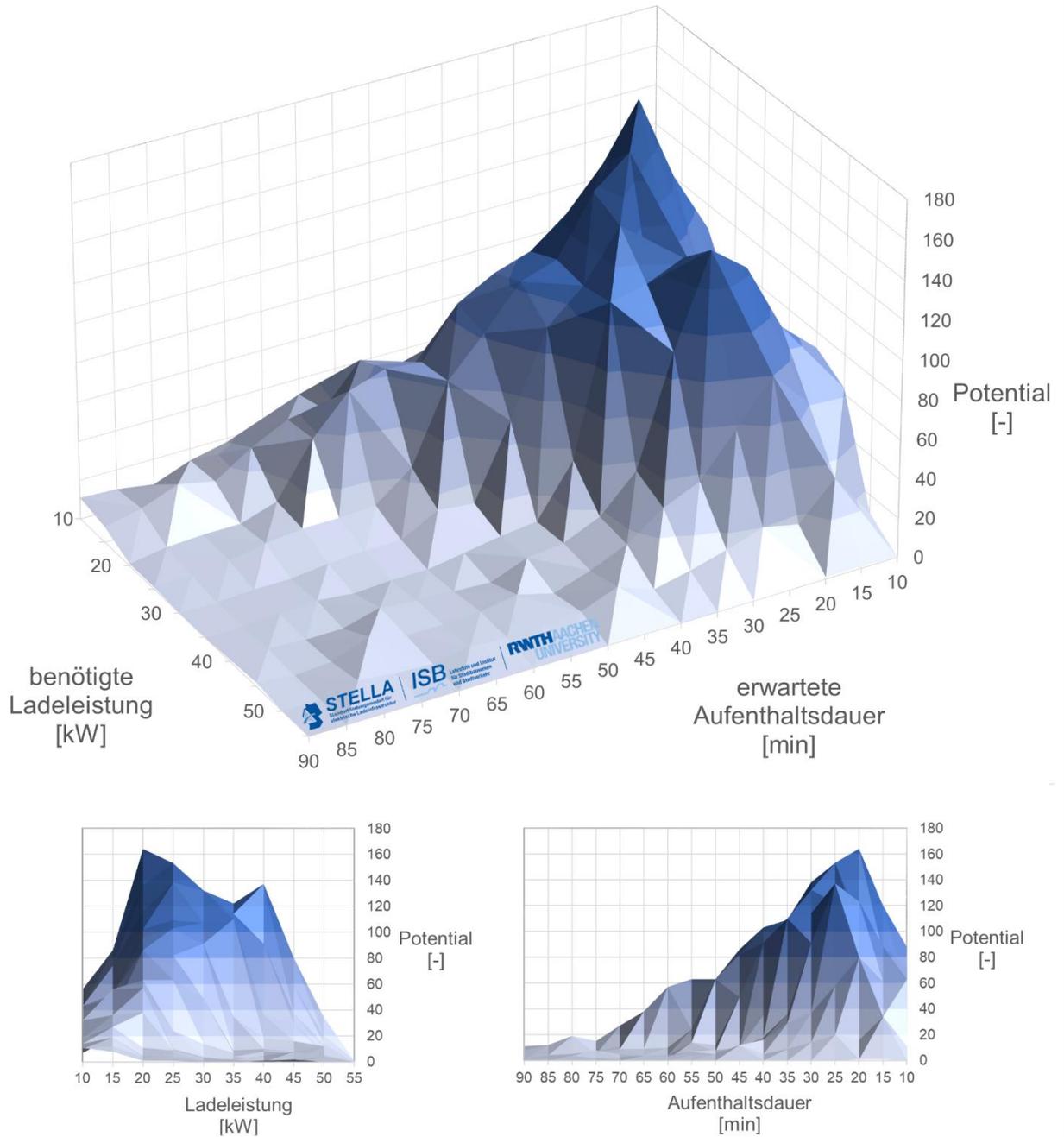


ABBILDUNG 2: LADEBEDARFSPROFIL EINES STADTQUARTIERS, AUSSCHNITT EINER KUMMILIERTEN MODELLAUSGABE MIT DEM STELLA-ANSATZ (BROST O. J.).

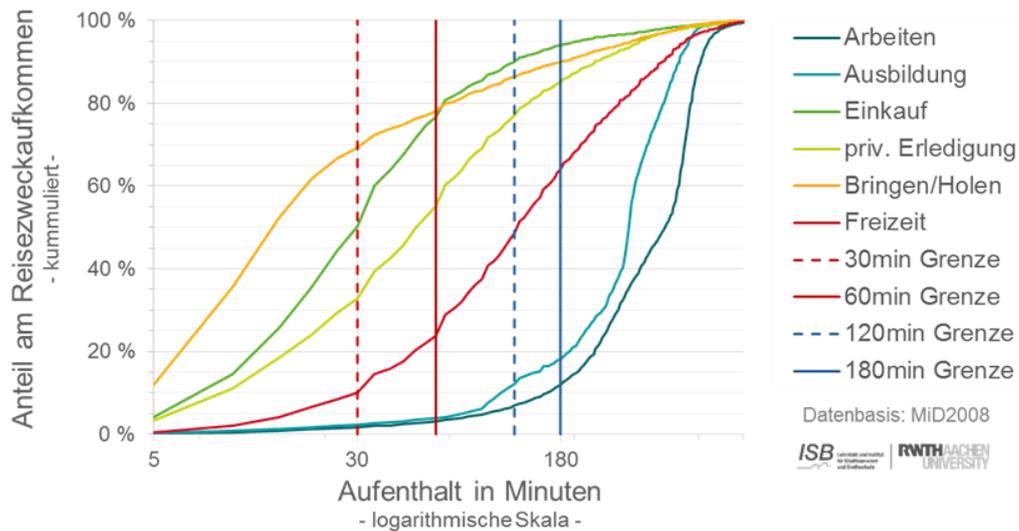


ABBILDUNG 3: ÜBERSICHT DER AUFENTHALTSDAUER AN AKTIVITÄTSORTEN (EIGENE AUSWERTUNG; DATENBASIS: INFAS & DLR 2010)

Auf diese Weise können Gebiete hinsichtlich ihres Ladeinfrastrukturbedarfs miteinander verglichen werden. Durch individuelles Setzen der Rahmenbedingungen kann das Modell auf bestimmte Gebiete fokussiert werden.

In einem nachfolgendem Schritt wird das berechnete Potential eines Stadtquartiers auf Gitterzellen mit der Kantenlänge von 250 m disaggregiert (Größe bedingt durch den akzeptablen Fußweg von rund 350 m in der Diagonalen). Bei der Dissaggregation sind Streckenattribute (Abstand zur Kreuzung, Parken im Seitenraum, usw.), Flächeninformationen (Fußgängerzone, usw.) sowie die Lage von Points-of-Interest (POI) als Ankerpunkte für Aktivitäten entscheidend. Dieses disaggregierte Modellergebnis hilft bei der Identifikation der kleinräumigen Standorte, ersetzen jedoch nicht die Ortsbegehung und die lokalen Kenntnisse.

Die Verbindung aus dem Stadtquartierpotential, auf Gitterzellen disaggregierte Teilpotential sowie die Empfehlung zur installierenden Ladepunktzahl mit der Leistung und der Rangzahl bilden das Gesamtergebnis der Berechnungsmethode STELLA.

Das so geschaffene Standortfindungsmodell STELLA bildet ein Werkzeug mit breiter Anwendung bei den Planungsschritten der Verortung, Ausplanung und Bewertung einzelner zukünftiger oder bestehender Standorte oder Standortsystemen für Ladeinfrastruktur auf der Ebene der Stadtquartiere. Als Haupt-Zielgruppe für die Bedienung und Interpretation des Modellergebnisses sowie für eine gezielte Nutzung der breiten Palette an Indikatoren und deren Parametrisierung sind insbesondere Fachplaner im Fokus. Durch Workshops und bei Bedarf noch zu erstellenden erweiterten Dokumentationen, ergänzt durch Interpretationsbeispiele, kann auch ein größerer Personenkreis das Werkzeug für die Planung anwenden.

ANHANG / TABELLE 1: INDIKATORENÜBERSICHT MODELL STELLA (BROST O. J.).

Indikatoren	Beschreibung	Zuordnung	Status	Kommentar
<b>Nutzerstruktur</b>				
1 Soziodemografie	Die Soziodemografie dient als einer der Verknüpfungspunkte für das Fahrzeug-Besitzmodell und das Nutzerverhalten;	Quartiere	in Bearbeitung	Verknüpfung mit den Stadtquartiersarten; Ausarbeitung der Familienstruktur und Ableitung der wahrscheinlichen Lebensphasen in einzelnen Quartieren;
2 Sozioökonomie	Die Sozioökonomie dient als einer der Verknüpfungspunkte für das Fahrzeug-Besitzmodell und das Nutzerverhalten;	Kreise Quartiere	in Bearbeitung	Nutzung der Kaufkraft und der Gehälter;
3 Soziales Milieu	Die Bildung dient als eine der Verknüpfungspunkte für das Fahrzeug-Besitzmodell und das Nutzerverhalten;	Gemeinde	in Bearbeitung	Verknüpfung der ideologischer Ansichten, Bildungsstand, gesellschaftliche Merkmale, Soziodemografie und -ökonomie;
4 Fz-Besitzmodell	Verknüpfung der Fahrzeugdaten mit der Nutzerstruktur und bildet die Durchdringung der elektrischen Fahrzeuge ab;	Gemeinde Quartiere	in Bearbeitung	
<b>Nutzerverhalten</b>				
5 Wegziele	Arten der Points of Interest und deren Lage stellen die Basis für die Bildung der Nutzungsszenarien dar;	Quartiere Punkte	in Bearbeitung	Bei Abgleichen mit der realen Bedingungen stellt sich eine Abweichung von rund 20 % von den tatsächlich vorhandenen Aktivitätsorten;
6 Wartezeit	Statistische Auswertung von Mobilitätserhebungen und Ableitung der Aufenthaltszeiten an unterschiedlichen Aktivitätsorten unterschieden nach Fahrtzwecken;	kein direkter Raumbezug	in Bearbeitung	Beruhet auf der heutigen Mobilität; weicht von Befragungen im Rahmen der Akzeptanz ab;
7 Umweg	Statistische Auswertung der Wegeketten aus Mobilitätserhebungen;	kein direkter Raumbezug	in Bearbeitung	Beruhet auf der heutigen Mobilität; weicht von Befragungen im Rahmen der Akzeptanz ab;
8 Ladestrategie	Unterschiedlicher Befüllungsstand des Fahrzeugs bezogen auf die geplante Fahrstrecke ändert die Priorisierung und die Bewertung der erwarteten Umwege sowie der Wartezeit;	kein direkter Raumbezug	in Bearbeitung	
9 Nutzungsszenarien	In Abhängigkeit von der Zielwahl und der Nutzerstruktur kommt es zu Bewertung des wahrscheinlichen Nutzungsart;	Str-Netz Quartiere	in Bearbeitung	
<b>Raumstruktur</b>				
10 Stadtquartiersarten	Unterscheidung der Quartiere nach Funktion und der Lage; Bildet die Grundlage für die Berechnung der Verkehrsnachfrage;	Quartiere	in Bearbeitung	Unterscheidung nach Haustypen/ Wohnereinheiten;
11 Funktionale Räume	Zentrale Orte; Nahversorgungszentren; Basis für die Abschätzung der Tagesbevölkerung; Beruhet auf den Pendlerverflechtung und der versorgenden Infrastruktur;	Quartiere	in Bearbeitung	Funktionale Räume ist die Verbindung aus einer oder mehreren Städten mit dem angeschlossenen Umland; so entstehen durch Pendler-Fahrten eine Verbindung zwischen den Zentralen Lage und der Peripherie;
12 Besondere Gebiete	Sehenswürdigkeiten; touristische Schwerpunkte (z.B. Wandergebiete; Strand);	Quartiere	in Bearbeitung	Abgeleitet aus der Freizeitverhalten und durch Analyse der Points of Interest;
<b>Verkehrsnetz</b>				
13 Verkehrsnetz	Kategorisiertes Netz (u.a. durch RIN-Analyse; Verflechtungstests; TEN-T); Erreichbarkeit der Zentralen Orte; Berücksichtigung der zukünftigen Ausbaumaßnahmen;	Str-Netz Quartiere	in Bearbeitung	
14 Streckenelemente	Geschwindigkeitskategorie; Lage der Auffahrt; Anzahl der Fahrstreifen und Stand des Streckenausbaus;	Str-Netz Quartiere	in Bearbeitung	Einzelne Eigenschaften schränken die Zufahrt und Fahndynamik des Streckennetzes ein;
15 Verkehrsverflechtung	Geroutete reisezweckspezifische Verknüpfung zw. den Kreisen; Betrachtung des Auslandsverkehrs; Streckenbelastung auf der Routenebene;	Str-Netz	in Bearbeitung	Ermöglicht eine gleichmäßige Betrachtung der Verkehrsbelastung;
16 Verkehrsbelastung	Querschnittsbezogene Streckenbelastung auf dem priorisierten Streckennetz;	Str-Netz	in Bearbeitung	Wird zur Kalibrierung der Verkehrsverflechtung genutzt; Aus den Daten werden Faktoren für die saisonale Schwankung bestimmt;
17 Topographie	Quartiersdaten sind um die statistische Kennwerte der Höhendaten erweitert (u.a. Min, Max, Median, Schiefe);	Quartiere	in Bearbeitung	Bewegtes Gelände reduziert die Reichweite der Fz;
<b>Fahrzeuge</b>				
18 Fahrzeugbestand	Verortung des FZ-Bestandes	Kreise Gemeinde	in Bearbeitung	Abgeleitet aus den Daten des KBA auf der Gemeinde- und Kreisebene; Anteil der elektrischen Dienstfahrzeuge wird in Analogie an die Verbrenner bestimmt;
19 Fz-Merkmale	Reichweite, Komfort, Kosten, Lebensdauer, Ladeart, Ladedauer;	kein direkter Raumbezug	in Bearbeitung	
20 Fz der Zukunft	Ableitung der möglichen Fahrzeugklassen und der Nutzung;	kein direkter Raumbezug	in Bearbeitung	Speichergrößen: 40, 60, 80, 100, 150, 200 kW; Variation der Ladeleistung in Abhängigkeit der Stationen und der Prognosejahre;
<b>Ladestationen</b>				
21 Ladeinfrastruktur	Lage und Art der Ladestation; Betrachtung des Betreiberetzes;	Punkte	in Bearbeitung	
22 Ladeleistung	Leistungsart der Ladestationen: 3.7, 11, 22, 50, 100, 150, 350 kW	Punkte	in Bearbeitung	
23 Ladepunkte	Anzahl und Art der am Standort verzufindenden bzw. geplanten Ladepunkte	Punkte	in Bearbeitung	
24 Substitution	Abhängig von der Lage, der Ladeinfrastruktur sowie der Nutzungsszenarien kann die Anzahl und die Leistung der benötigten Ladepunkte bestimmt werden;	kein direkter Raumbezug	in Bearbeitung	
25 Temperatur	Temperaturen unter 18°C hindert ggf. die Schnellladung;	Kreise	in Bearbeitung	Bisher wird in kälteren Regionen bei der Betrachtung die Reichweite um 10 % reduziert;
<b>Stromnetz</b>				
26 Stromnetz	Integrations- und Beeinflussungspotenzial in dem Mittelspannungsnetz;	Grid	in Bearbeitung	Auswertungen beruhen auf Lagedaten und der Auslastung des Mittel- und Niederspannungsnetzes zweier Großstädte; die Übertragung in andere Regionen findet über die Kategorisierung der Stadtquartiere;
<b>Weitere Größen und Randbedingungen</b>				
27 Prognosejahr	Betrachtung der Jahre: 2020, 2025, 2030, 2040, 2050;	Länder	in Bearbeitung	Nicht alle hier aufgelisteten Indikatoren lassen sich für alle Jahre prognostizieren;
28 Politische Ziele	Berücksichtigung der Steuerbefreiung und der Prämie;	Länder	in Bearbeitung	
29 Mikrostandort	Abstand zu Kreuzungen und Straßenmitte; Straßenkategorie; Einrichtungsverkehr;	Netz Grid	in Bearbeitung	