

Vortrag auf der Konferenz "Kommunales Infrastruktur-Management"

Berlin, 1. Juni 2012

## **Koordinationsanforderungen beim Aufbau öffentlicher Ladeinfrastruktur (ÖLI)**

Dipl.-Ing. Justus Reinke

TU Berlin, Fachgebiet Wirtschafts- und Infrastrukturpolitik,  
Arbeitsgruppe Infrastrukturökonomie und -management

*Der Vortrag beruht z.T. auf Ergebnissen des BMVBS-Zuwendungsprojektes "EM-Infra".*

# Agenda

---

- A) Ladeinfrastruktur im Kontext des komplexen Elektromobilität-Gesamtsystems**
- B) Einordnung, Notwendigkeit, und Frage der Subventionierung von ÖLI**
- C) Ausgestaltungsoptionen für ÖLI**
  - C.1) Anwendungsfälle von Ladeinfrastruktur**
  - C.2) Technische Ausgestaltungsoptionen und Kompatibilität**
  - C.3) Ausgestaltung des Zugangs für Stromlieferanten und Nutzer**
- D) Bereitstellung öffentlicher Ladeinfrastruktur:**
  - D.1) Wettbewerb vs. Planung**
  - D.2) Grundlegende Überlegungen zu einem Förder- und Anreizregime im föderalen System**
- E) Zusammenfassung**

# Agenda

---

## **A) Ladeinfrastruktur im Kontext des komplexen Elektromobilität-Gesamtsystems**

## **B) Einordnung, Notwendigkeit, und Frage der Subventionierung von ÖLI**

## **C) Ausgestaltungsoptionen für ÖLI**

**C.1) Anwendungsfälle von Ladeinfrastruktur**

**C.2) Technische Ausgestaltungsoptionen und Kompatibilität**

**C.3) Ausgestaltung des Zugangs für Stromlieferanten und Nutzer**

## **D) Bereitstellung öffentlicher Ladeinfrastruktur:**

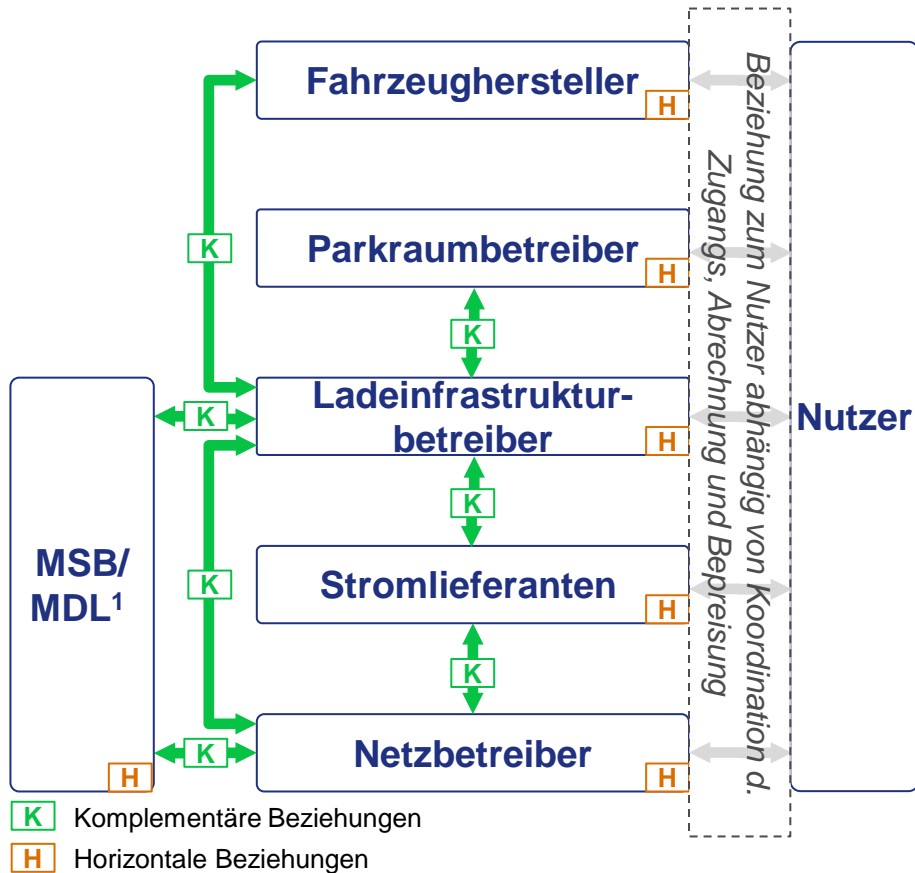
**D.1) Wettbewerb vs. Planung**

**D.2) Grundlegende Überlegungen zu einem Förder- und Anreizregime im föderalen System**

## **E) Zusammenfassung**

# Elektromobilität stellt ein komplexes Systemgut dar; Verschiedene Entscheidungen sind zu koordinieren

## Stark vereinfachtes Rollenmodell



## Typische Phasen der Marktentwicklung



**In der aktuellen F&E-Phase sollte die öffentliche Hand aus gesamtwirtschaftlicher Sicht nachteilige, technologisch oder institutionell bedingte Lock-In-Effekte vermeiden**

# Agenda

---

**A) Ladeinfrastruktur im Kontext des komplexen Elektromobilität-Gesamtsystems**

**B) Einordnung, Notwendigkeit, und Frage der Subventionierung von ÖLI**

**C) Ausgestaltungsoptionen für ÖLI**

**C.1) Anwendungsfälle von Ladeinfrastruktur**

**C.2) Technische Ausgestaltungsoptionen und Kompatibilität**

**C.3) Ausgestaltung des Zugangs für Stromlieferanten und Nutzer**

**D) Bereitstellung öffentlicher Ladeinfrastruktur:**

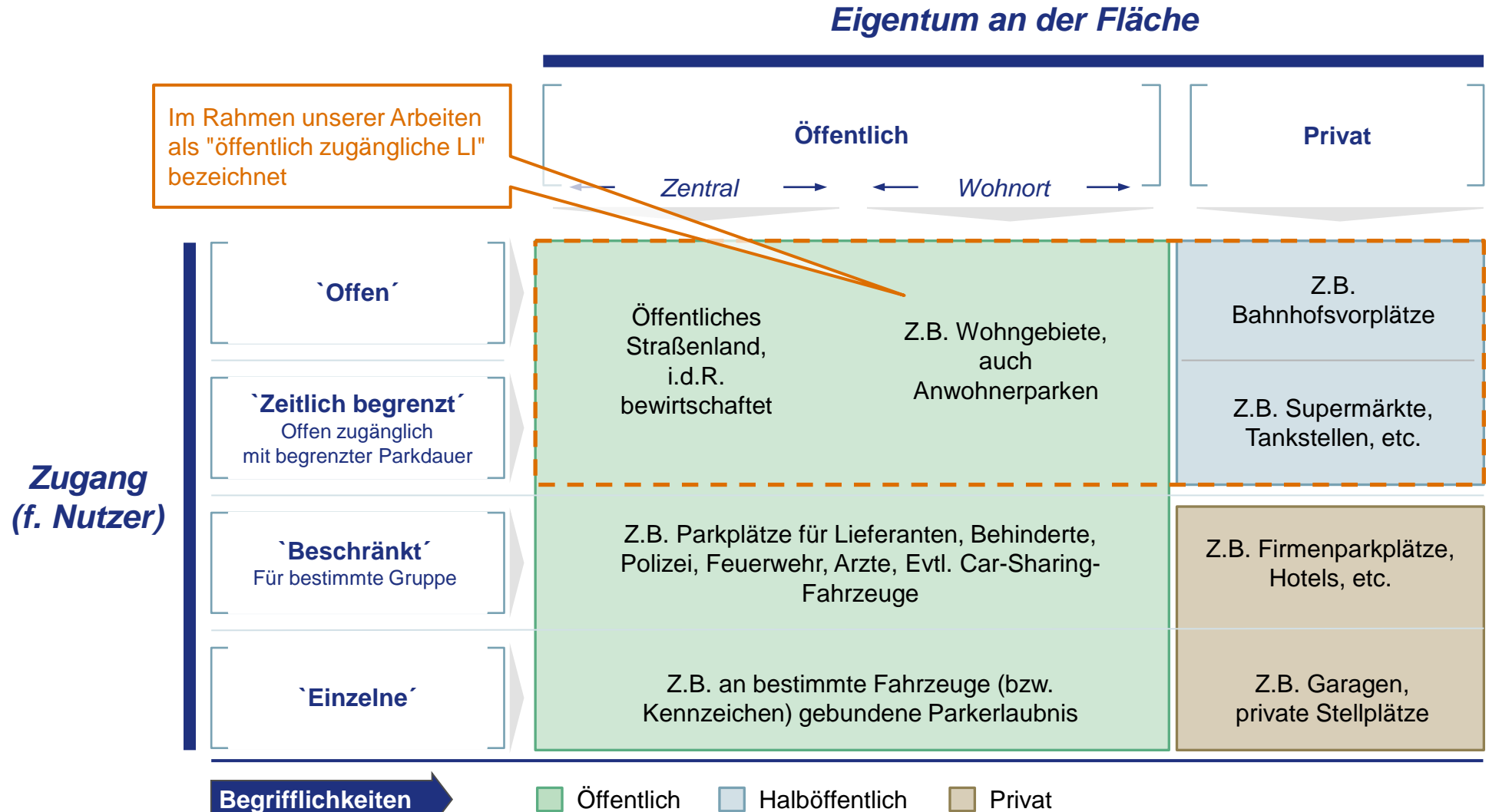
**D.1) Wettbewerb vs. Planung**

**D.2) Grundlegende Überlegungen zu einem Förder- und Anreizregime im föderalen System**

**E) Zusammenfassung**

# Im Fokus steht öffentlich zugängliche Ladeinfrastruktur

## Systematisierung von Begrifflichkeiten



Anmerkungen: Arbeitsstand der Arbeitsgruppe "Diskriminierungsfreier Zugang" der Modellregionen Elektromobilität des BMVBS; Dort erarbeitete ausführliche Definition: *Halböffentliche Flächen sind (beschränkt oder unbeschränkt öffentlich zugängliche) Areale, die weder eine straßenrechtliche Widmung als öffentliche Verkehrsflächen aufweisen noch - ohne gewidmet zu sein - Teil einer Anlage zu Zwecken des öffentlichen Personenverkehrs oder einer Anlage der öffentlichen Daseinsvorsorge sind.*

# Die Analyse des ÖLI-Bedarfes sollte Mobilitätsoptionen und die Erschließung von Nutzergruppen berücksichtigen

| Bereiche                                | Beschreibung  |
|---|---|
| <b>Schaffung von Mobilitätsoptionen</b> | <ul style="list-style-type: none"><li>• Ein öffentlich zugängliches Ladeinfrastrukturnetzwerk schafft Mobilitätsoptionen, welche den Nutzen von Fahrzeugen des MIV in hohem Maße beeinflussen</li><li>• Eine "Garantie" für E-Fahrzeugnutzer auf (zeitlich und räumlich) verfügbare LI kann Transaktionskosten für Suche und Information erheblich senken</li><li>• Fahrzeugseitige Kosten (für hybride Antriebsstränge oder größere Batterien) können durch öffentlich zugängliche Ladeinfrastruktur gesenkt werden</li><li>• Jedoch: Mit der aktuellen Batterietechnologie werden reine E-Fahrzeuge aufgrund der geringen Energiedichte und den (mit einem Tankvorgang) vergleichsweise langen Ladezeiten konventionelle Antriebstechnologien nicht voll ersetzen</li></ul> |
| <b>Erschließung von Kundengruppen</b>   | <ul style="list-style-type: none"><li>• Insbesondere in dicht besiedelten Gebieten besitzen viele potenzielle Kunden keinen eigenen Stellplatz sondern parken auf öffentlichen Straßen (sog. "Laternenparker")</li><li>• Ohne die Möglichkeit, über Nacht zu laden dürfte der Kauf eines E-Fahrzeuges für diese potenzielle Kundengruppe sehr unattraktiv sein</li></ul>  |

**Ohne die Bereitstellung öffentlich zugänglicher Ladeinfrastruktur dürfte ein erfolgreicher Markthochlauf deutlich erschwert und ggfs. entscheidend behindert werden**

# Bei vorhandenem Subventionsbedarf sollte ein Teil der Gelder in öffentlich zugängliche Ladeinfrastruktur fließen

## *Subventionsbedarf*

- Im Vergleich mit konventionellen Antriebstechnologien bietet Elektromobilität für die meisten Nutzer noch Nachteile hinsichtlich Kosten und Nutzbarkeit
- Um die von der Bundesregierung formulierten Markthochlaufziele (1 Mio. E-Fahrzeuge in 2020) zu erreichen, sind vermutlich Subventionen notwendig

## *Möglichkeiten der Subventionierung*

- **Option A:** Direkte Zahlungen an die Nutzer (z. B. "Kaufprämie")
- **Option B:** Subventionierung eines Infrastruktur-Systems (zumindest anteilig)

## *Unterschiede in Bezug auf das Infrastruktursystem*

- **Option A:**
  - Ladeinfrastrukturbetreiber würden durch Nutzerzahlungen kompensiert werden und somit hohe Risiken tragen, welche u.a. zu hohen Finanzierungskosten führen
  - Die Risiken könnten im Falle von Marktmacht, welche jedoch nicht vorliegt, teilweise an Nutzer weitergegeben werden, was bei diesen Kosten der Risikoübernahme verursacht
  - Außerdem könnte durch Garantien der öffentlichen Hand das Risiko der Nutzerzahlungen sowie die Finanzierungskosten gesenkt werden
- **Option B** ist vergleichbar mit Option A bei Garantien der öffentlichen Hand

## *Ergebnis*

- Wenn Subventionen gezahlt werden, sollte ein Teil in Ladeinfrastruktur fließen
- Ein potenzielles "Henne-Ei-Problem" könnte gelöst werden



# Agenda

---

**A) Ladeinfrastruktur im Kontext des komplexen Elektromobilität-Gesamtsystems**

**B) Einordnung, Notwendigkeit, und Frage der Subventionierung von ÖLI**

**C) Ausgestaltungsoptionen für ÖLI**

**C.1) Anwendungsfälle von Ladeinfrastruktur**

**C.2) Technische Ausgestaltungsoptionen und Kompatibilität**

**C.3) Ausgestaltung des Zugangs für Stromlieferanten und Nutzer**

**D) Bereitstellung öffentlicher Ladeinfrastruktur:**

**D.1) Wettbewerb vs. Planung**

**D.2) Grundlegende Überlegungen zu einem Förder- und Anreizregime im föderalen System**

**E) Zusammenfassung**

# Dienstleistungen für das energiewirtschaftlich System erfordern erweiterte Anwendungsfälle

| Anwendungsfälle                    | Ausgestaltungsdimensionen |                 |      |              | Erläuterung  |
|------------------------------------|---------------------------|-----------------|------|--------------|--|
|                                    | Abrechnung/<br>Bepreisung | Variable Tarife |      | Rückspeisung |  |
|                                    |                           | fix             | dyn. |              |  |
| <i>Ungesteuertes Laden</i>         | ✗                         | ✗               | ✗    | ✗            | <ul style="list-style-type: none"> <li>• "Basis-Anwendungsfall"</li> <li>• E-Mobilität wird ermöglicht</li> <li>• Keine Integration erneuerbarer Energien</li> </ul>   |
|                                    | ✓                         | ✗               | ✗    | ✗            |  |
| <i>Beeinflusstes Laden</i>         | ✓                         | ✓               | ✗    | ✗            | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Zusätzliche Schnittstellen und Informationsflüsse</li> <li>• Aufgabe des "Tarifanpassers" zu implementieren</li> <li>• Auch Steuerung durch dezentrale Geräte denkbar</li> <li>• Auf der Speicherkapazität basierende Systemdienstleistungen erscheinen begrenzt möglich</li> </ul> |
|                                    | ✓                         | ✗               | ✓    | ✗            |  |
|                                    | ✓                         | ✓               | ✗    | ✓            |  |
|                                    | ✓                         | ✗               | ✓    | ✓            |  |
| <i>(Zentral) gesteuertes Laden</i> | ✓                         | ✗               | ✗    | ✗            | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Zusätzliche Schnittstellen und Informationsflüsse</li> <li>• Aufgabe des "zentralen Steuerers" zu implementieren</li> <li>• Auf Speicherkapazität und Leistungsauf-/ abgabe basierende Systemdienstleistungen erscheinen möglich</li> </ul>   |
|                                    | ✓                         | ✗               | ✗    | ✓            |  |
|                                    | ✓                         | ✓               | ✗    | ✗            |  |
|                                    | ✓                         | ✗               | ✓    | ✗            |  |
|                                    | ✓                         | ✓               | ✗    | ✓            |  |
|                                    | ✓                         | ✗               | ✓    | ✓            |  |

**Weitestgehende Integration erneuerbarer Energien erscheint im Anwendungsfall "zentral gesteuertes Laden" möglich**

# Agenda

---

**A) Ladeinfrastruktur im Kontext des komplexen Elektromobilität-Gesamtsystems**

**B) Einordnung, Notwendigkeit, und Frage der Subventionierung von ÖLI**

**C) Ausgestaltungsoptionen für ÖLI**

**C.1) Anwendungsfälle von Ladeinfrastruktur**

**C.2) Technische Ausgestaltungsoptionen und Kompatibilität**

**C.3) Ausgestaltung des Zugangs für Stromlieferanten und Nutzer**

**D) Bereitstellung öffentlicher Ladeinfrastruktur:**

**D.1) Wettbewerb vs. Planung**

**D.2) Grundlegende Überlegungen zu einem Förder- und Anreizregime im föderalen System**

**E) Zusammenfassung**

# Überblick: Konduktive Aufbauoptionen im Fokus der Diskussion

## Grundlegende Möglichkeiten der Energieübertragung in E-Fahrzeuge

|   | Grundl. Prinzip                                | Beschreibung  | Ladeleistung <sup>1</sup>  |
|---|--|---|--|
| <b>Fokus</b><br><b>Konduktiv</b><br>(kabelgebunden) | <b>Wechselstrom-laden (AC)</b><br>AC-1<br>AC-3 | <ul style="list-style-type: none"> <li>Im Fahrzeug befindet sich ein Gleichrichter (Ladegerät)</li> <li>Einphasig (~ 230V) oder dreiphasig (~400V)</li> <li>Für hohe Leistungen ist ein größerer Gleichrichter erforderlich</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>Bis ~ 20 kW "sinnvoll" aufgrund Restriktionen durch Fahrzeug<sup>2</sup></li> </ul>     |
|   | <b>Wechselstrom-"Inverterladen"</b><br>AC-In   | <ul style="list-style-type: none"> <li>Leistungselektronik sowie E-Motor des Fahrzeugs werden auch als Gleichrichter zum Laden verwendet (in F&amp;E Projekten)</li> <li>Kein zusätzliches Ladegerät notwendig</li> <li>Noch in F&amp;E-Phase, evtl auch Sicherheits-Barrieren</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Hohe Leistungen möglich, jedoch evtl. Restriktion durch Batterie</li> </ul>             |
|   | <b>Gleichstrom-laden (DC)</b><br>DC            | <ul style="list-style-type: none"> <li>Gleichrichter befindet sich "landseitig"</li> <li>Da keine Restriktionen durch das Fahrzeug bestehen kann der Gleichrichter für größere Ladeleistungen ausgelegt werden</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>Leistungen &gt; 40kW möglich – jedoch evtl. Restriktion durch Batterie</li> </ul>       |
|   | <b>Zusatzoption Batteriewechsel</b><br>BW      | <ul style="list-style-type: none"> <li>Austausch der gesamten Batterie und Laden d. Batterie innerhalb des Fahrzeugs möglich</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>Im Fahrzeug abhängig von den o.g. Verfahren</li> <li>Für Batteriewechsel N/A</li> </ul> |
| <b>Weitere</b>                                      | <b>Induktiv</b><br>Id                          | <ul style="list-style-type: none"> <li>Kontaktlose Energieübertragung über ein Magnetfeld</li> <li>Geringerer Wirkungsgrad (als konduktiv) jedoch höherer Komfort</li> <li>Stationär und während der Fahrt möglich</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>zunächst wohl &lt; 5 kW, allerdings noch F&amp;E<sup>3</sup></li> </ul>                 |
|   | <b>Wasserstoff</b>                             | <ul style="list-style-type: none"> <li>Betankung mit Wasserstoff und Stromerzeugung durch Brennstoffzelle</li> </ul>  | <div style="border: 1px solid gray; border-radius: 15px; padding: 20px; text-align: center; width: 100%;"> <h3>N/A</h3> </div> |
|   | <b>Redox Flow</b>                              | <ul style="list-style-type: none"> <li>Verfahren in der Entwicklung (Laborversuche)</li> <li>Austausch von energiespeichernden Elektrolyten</li> <li>Elektrolyte können außerhalb der Batterie geladen werden</li> </ul>  |  |

Quellen: Experteninterviews, eigene Recherchen

1. Ohne Berücksichtigung von Wirkungsgradverlusten 2. Leistungen bis ~ 44 kW sind laut NPE (2010, S. 36) möglich. 3. Höhere Leistungen gehen mit erheblichen Anforderungen an die Komponenten einher; vgl. Schraven et. al. (2010, S. 6).

# Überblick zu Kompatibilität: DC erfordert entsprechende Schnittstelle

Arbeitsstand – zu überprüfen

| Fahrzeug<br>Ladeinfrastruktur                            | AC-1<br>Wechselstrom-<br>laden 1-phasig<br>per Ladegerät | AC-3<br>Wechselstrom-<br>laden 3-phasig<br>per Ladegerät                 | AC-In<br>Wechselstrom-<br>laden 3-phasig<br>per Inverter                 | DC<br>Gleichstrom-<br>laden (DC)          |
|--|--|--|--|---|
| AC-1<br>Wechselstrom-<br>laden 1-phasig<br>per Ladegerät | AC-1   | AC-1<br>Geringe Kosten   | AC-1<br>Vermutl. geringe<br>Kosten                                       | -<br>AC-1 Ladegerät<br>notwendig          |
| AC-3<br>Wechselstrom-<br>laden 3-phasig<br>per Ladegerät | AC-1<br>Wenn LI einphasig<br>schaltbar                   | AC-3   | AC-3<br>Vermutl. geringe<br>Kosten                                       | -<br>AC-3 Ladegerät<br>notwendig          |
| AC-In<br>Wechselstrom-<br>laden 3-phasig<br>per Inverter | AC-1<br>Fraglich, ob LI<br>einphasig<br>genutzt kann     | AC-3<br>Vermutl. keine oder<br>geringe Kosten                            | AC-In  | -<br>Entsprechender<br>Inverter notwendig |
| DC<br>Gleichstrom-<br>laden (DC)                         | -<br>Entsprechende DC-<br>Technik notwendig              | -<br>Entsprechende DC-<br>Technik (andere<br>Schnittstelle)<br>notwendig | -<br>Entsprechende DC-<br>Technik (andere<br>Schnittstelle)<br>notwendig | DC  |

**X** Kompatibel mit Leistung von X      **Nicht** kompatibel

**"Combo-Stecker" schafft grundsätzliche Möglichkeit Fahrzeuge für AC und DC auszurüsten (zu entsprechenden Kosten)**

# Agenda

---

**A) Ladeinfrastruktur im Kontext des komplexen Elektromobilität-Gesamtsystems**

**B) Einordnung, Notwendigkeit, und Frage der Subventionierung von ÖLI**

**C) Ausgestaltungsoptionen für ÖLI**

**C.1) Anwendungsfälle von Ladeinfrastruktur**

**C.2) Technische Ausgestaltungsoptionen und Kompatibilität**

**C.3) Ausgestaltung des Zugangs für Stromlieferanten und Nutzer**

**D) Bereitstellung öffentlicher Ladeinfrastruktur:**

**D.1) Wettbewerb vs. Planung**

**D.2) Grundlegende Überlegungen zu einem Förder- und Anreizregime im föderalen System**

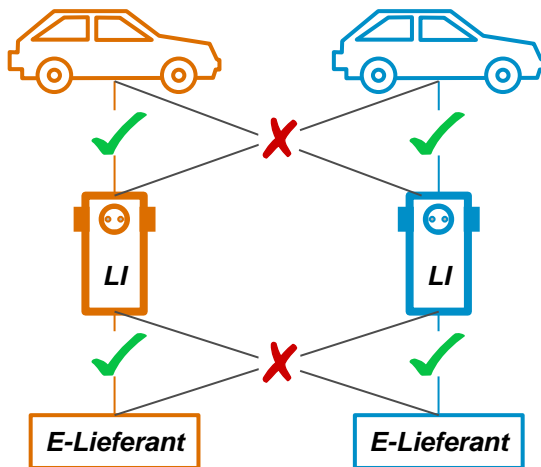
**E) Zusammenfassung**

# Drei Zugangsmodelle können unterschieden werden

Zugangsmodelle für die Koordination zwischen Ladeinfrastrukturbetreiber und Stromlieferanten

## "Ein-Lieferanten-Modell"

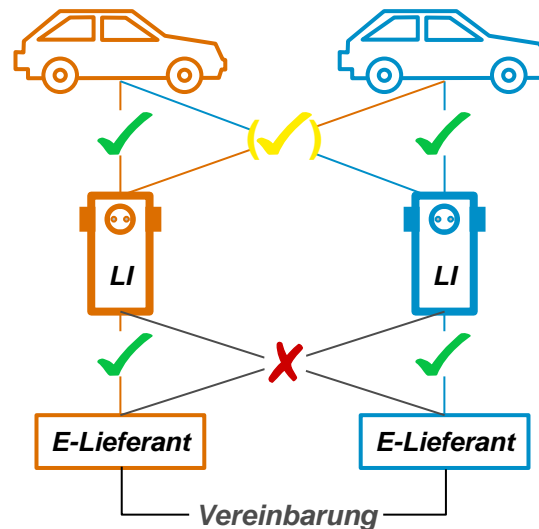
- Ein Stromlieferant pro Ladeinfrastruktur (LI)
- Keine Auswahlmöglichkeiten für Kunden (aber Wechsel der Ladeinfrastruktur möglich)



- Einfach zu implementierendes Modell, da keine Veränderung der bestehenden energiewirtschaftlichen Logik erforderlich

## "Beistellungsmodell"

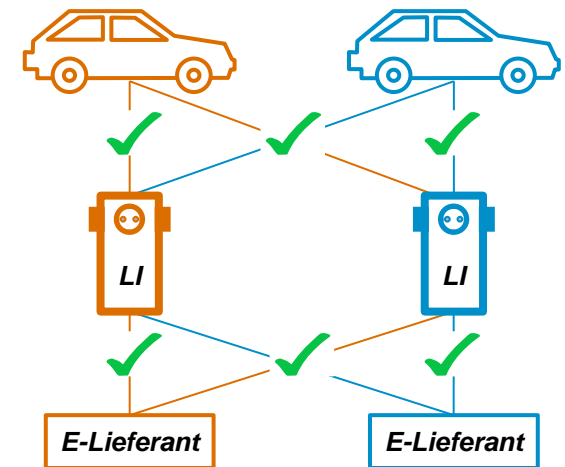
- Ebenfalls ein Lieferant pro LI aber Zugang für Kunden fremder Lieferanten möglich
- Vergleichbar mit "Roaming" in der Telekommunikation werden Zugangskonditionen zwischen Anbietern verhandelt



- Für Modell ist ein Extra-System zum Austausch von Kunden- und Zahlungsinformationen notwendig

## "Durchleitungsmodell"

- Jeder Lieferant hat die Möglichkeit über Ladeinfrastruktur Strom zu vertreiben
- Vergleichbar mit Regelungen in Verteilnetzen haben Kunden unabhängig vom Infrastrukturbetreiber Wahlfreiheit



- Veränderungen der energiewirtschaftlichen Systeme notwendig
- Modell erfordert vermutlich ein "legal unbundling"

# Für das Gesamtsystem erscheint volle Kompatibilität vorteilhaft

## Vereinfachte Diskussion der Zugangsmodelle

BackUp

|   | " Ein-Lieferanten-Modell"  | "Beistellungsmodell"   | "Durchleitungsmodell"  |
|---|--|--|--|
| <b>Transaktionskosten für Nutzer</b>      | <p>— —</p> <p>Hoch aufgrund hoher Informationskosten (bzgl. Preisen, Zugangskonditionen)</p> | <p>— —</p> <p>Immer noch hohe Informationskosten, jedoch evtl. "garantierter" Zugang</p> | <p>+ +</p> <p>Belieferung auf Basis der Preise und Konditionen des eigenen Lieferanten</p> |
| <b>Transaktionskosten für Lieferanten</b> | <p>N/A</p> <p>Gering für Lieferanten, die LI beliefern, andere haben keinen Marktzugang</p>  | <p>— —</p> <p>Hoch, da Preise und Zugangsbedingungen ausgehandelt werden müssen</p>      | <p>+ +</p> <p>Gering, da Zugangsbedingungen standardisiert sind</p>                        |
| <b>Kosten der Implementierung</b>         | <p>+ +</p> <p>Niedrig – keine Veränderungen der bestehenden Systeme</p>                      | <p>—</p> <p>Kosten für Extra-System entstehen</p>  | <p>— ? —</p> <p>Kosten für Veränderung der Systeme von Verteilnetzbetreibern</p>           |

Transaktionskosten sowie Kosten durch Transaction Fee

Kosten der Implementierung müssen sorgfältig abgeschätzt werden

**Insbesondere für die Realisierung erweiterter Anwendungsfälle erscheint Durchleitungsmodell vorteilhaft**



# Agenda

---

**A) Ladeinfrastruktur im Kontext des komplexen Elektromobilität-Gesamtsystems**

**B) Einordnung, Notwendigkeit, und Frage der Subventionierung von ÖLI**

**C) Ausgestaltungsoptionen für ÖLI**

**C.1) Anwendungsfälle von Ladeinfrastruktur**

**C.2) Technische Ausgestaltungsoptionen und Kompatibilität**

**C.3) Ausgestaltung des Zugangs für Stromlieferanten und Nutzer**

**D) Bereitstellung öffentlicher Ladeinfrastruktur:**

**D.1) Wettbewerb vs. Planung**

**D.2) Grundlegende Überlegungen zu einem Förder- und Anreizregime im föderalen System**

**E) Zusammenfassung**

# Wettbewerblicher Aufbau würde - bei ausreichender Zahlungsbereitschaft mit Ineffizienzen einhergehen

Isolierte Betrachtung  
öffentlicher Ladeinfrastruktur

Frage der  
Kompatibilität  
verschiedener  
Anbieter

Bei wettbewerblichem Aufbau ist nicht abzusehen, inwiefern verschiedene Anbieter Kompatibilität (im technischen und ökonomischen Sinn) herstellen

Wohlfahrts-  
ökonomische  
Beurteilung

## Annahme: Keine Kompatibilität

### Nutzung von ÖLI:

- Wohlfahrtsverluste, da nicht jeder ohne zusätzliche (Transaktions-)Kosten an jede Säule gelangt
- Marktmacht bei einem oder wenigen Anbietern zu erwarten, welche potenziell zu Rentenverschiebung vom Nutzer zum Anbieter führt
- Ggfs. Verdrängung von Nachfrage

### Aufbau von ÖLI:

- Keine Optimierung aus überregionaler Gesamtperspektive
- Auch (aber vermutlich deutlich geringere) Defizite bei lokaler Feinplanung zu erwarten

Anmerkung: Aus wohlfahrtsökonomischer Sicht wäre die Bereitstellung durch einen großen Monopolisten evtl. sogar vorteilhafter als durch mehrere kleine Anbieter

## Annahme: Kompatibilität

### Nutzung von ÖLI:

- Deutlich geringere Ineffizienzen, deren Ausmaß abhängig ist von Ausgestaltung der Zugangsregeln

### Aufbau von ÖLI:

- Überregional evtl. geringere Anreize zu Flächendeckung als bei Inkompatibilität, da Free Riding möglich
- Abhängig von der jeweiligen Strategie, Preisdifferenzierung, Gebietsabdeckung etc.
- Lokal evtl. weitere Ineffizienzen (analog Hotelling-Effekt)

# Eingriffe der öffentlichen Hand könnten potenziell negative Ergebnisse des wettbewerblichen Aufbaus verhindern

Isolierte Betrachtung  
öffentlicher Ladeinfrastruktur

## Ziele eines partiell planerisch gesteuerten Aufbaus

### Vermeidung der negativen Effekte des Wettbewerbsmodells:

- Schaffung von gleichberechtigtem Zugang für Nutzer (Kompatibilität) – sowohl technisch als auch wirtschaftlich
- Vorgaben oder Anreize hinsichtlich Investition (Umfang und Verortung), wofür Planungskompetenz des Regulierers erforderlich ist
- Regulierung von Preisen
- Finanzierung durch Sozialisierung über Netzentgelte oder Steuern ist hier nicht nötig (davon ausgehend, dass bei DK-Bepreisung der LI keine relevante Verdrängung stattfindet)

## Voraus- setzungen und Nachteile

### Wissensaufbau auf Seiten der öffentlichen Hand notwendig

- Planungskompetenz hinsichtlich der Umfang und Verortung von ÖLI
- Kompetenz hinsichtlich der Ausgestaltung von Zugangs- und Abrechnungsmodellen
- Informationen in Bezug auf eine Regulierung von Preisen

### Auch Umsetzung der Planungen mit Kosten verbunden

- Kosten für die Etablierung entsprechender Regeln
- Evtl. laufende Kontroll- bzw. Informationskosten

# Bei nicht ausreichender Zahlungsbereitschaft dürfte (sinnvollerweise) auch das "Wettbewerbsmodell" erhebliche Planungselemente enthalten

Isolierte Betrachtung  
öffentlicher Ladeinfrastruktur

- **Um Systemaufbau zu unterstützen ist bei nicht ausreichender bzw. nicht abschöpfbarer Zahlungsbereitschaft der Ladeinfrastrukturnutzer eine Sozialisierung von Kosten erforderlich**
  - Für die Mittelherkunft kommen verschiedene Lösungen in Betracht (z.B. Steuern oder Netzentgelte)
- **Bei „einfachem Sozialisierungs-Modell“ (z.B. Nutzerzahlungen werden verdoppelt) werden ähnliche Effekte erzielt wie im Wettbewerbsmodell bei ausreichender Zahlungsbereitschaft**
- **Bei komplexerem Modell würden relevante Vergütungsanteile auf Basis eines Anreizsystems erzielt werden, welches von einem Planer gestaltet worden ist**
  - Für die Planung des Anreizsystems entstehen ebenfalls Kosten für Information, Etablierung und Kontrolle etc. – im Ergebnis ähnliche zu einem regulierten Modell (egal, ob bei ausreichender oder bei nicht-ausreichender) Zahlungsbereitschaft
  - Wenn auch im Rahmen des "Wettbewerbsmodells" Planung erfolgt und dabei etablierte Anreize wesentlich das Verhalten der Investoren beeinflusst, dann mehr oder weniger große Nähe zum regulierten Modell
- **Insofern werden, unter der Annahme, dass eine nicht ausreichende Zahlungsbereitschaft vorliegt, ein (geplantes) „Wettbewerbsmodell“ und ein „reguliertes Modell“ viele Ähnlichkeiten aufweisen, was die möglichen relativen Nachteile des "regulierten Modells" begrenzt, so dass bei einer Gesamtbetrachtung dessen Vorteile überwiegen dürften**

# Agenda

---

**A) Ladeinfrastruktur im Kontext des komplexen Elektromobilität-Gesamtsystems**

**B) Einordnung, Notwendigkeit, und Frage der Subventionierung von ÖLI**

**C) Ausgestaltungsoptionen für ÖLI**

**C.1) Anwendungsfälle von Ladeinfrastruktur**

**C.2) Technische Ausgestaltungsoptionen und Kompatibilität**

**C.3) Ausgestaltung des Zugangs für Stromlieferanten und Nutzer**

**D) Bereitstellung öffentlicher Ladeinfrastruktur:**

**D.1) Wettbewerb vs. Planung**

**D.2) Grundlegende Überlegungen zu einem Förder- und Anreizregime im föderalen System**

**E) Zusammenfassung**

# Im Rahmen eines Förder-/ und Anreizsystems sollte der Systemaufbau auf zentral festgelegten Standards basieren

| Betrachtungsebene   | Ausgestaltungsdimensionen        | Entscheidung oder Verantwortung |                           |                              |
|---|----------------------------------|---------------------------------|---------------------------|------------------------------|
|   |                                  | ← Zentral (Bund) →              | ← dezentral (öff. Hand) → | ← dezentral (LI-Betreiber) → |
| <b>Ausgestaltung eines Förder- und Anreizsystems</b>                        | Finanzierungsverantwortung       | tbd                             | tbd                       | tbd                          |
|   | Zuordnung Kostenrisiko           | tbd                             | tbd                       | tbd                          |
|   | Zuordnung Nutzungsrisiko         | tbd                             | tbd                       | tbd                          |
|   | Zuordnung Verfügbarkeitsrisiko   | tbd                             | tbd                       | tbd                          |
|   | Weitere?                         | tbd                             | tbd                       | tbd                          |
|   | Ausgestaltung des Aufbaus (s.u.) | tbd                             | tbd                       | tbd                          |
| <b>Ausgestaltungsdimensionen für den Aufbau von ÖLI (Qualität / Kosten)</b> | Erzielung v. Abdeckungseffekten  | Zukünftig?                      |                           |                              |
|   | Lokale Feinplanung (Standorte)   |                                 | Genehmigung               | Vorschlag/Abstimmung         |
|   | Technik-Optionen                 | Zukünftig?                      | ←                         | horizontale Koordination     |
|   | Tarife / Nutzerzahlungen         | Zukünftig?                      | ← ggfs. Abstimmung        | Festlegung                   |
|   | Zugang- und Abrechnung           | Zukünftig?                      | ←                         | horizontale Koordination     |
|   | Anwendungsfälle                  | Zukünftig?                      | ←                         | horizontale Koordination     |
|   | Für Förder-/ Anreizsystem        |                                 | Status Quo                |                              |

*Auszugestalten*

# Agenda

---

- A) Ladeinfrastruktur im Kontext des komplexen Elektromobilität-Gesamtsystems
- B) Einordnung, Notwendigkeit, und Frage der Subventionierung von ÖLI
- C) Ausgestaltungsoptionen für ÖLI
  - C.1) Anwendungsfälle von Ladeinfrastruktur
  - C.2) Technische Ausgestaltungsoptionen und Kompatibilität
  - C.3) Ausgestaltung des Zugangs für Stromlieferanten und Nutzer
- D) Bereitstellung öffentlicher Ladeinfrastruktur:
  - D.1) Wettbewerb vs. Planung
  - D.2) Grundlegende Überlegungen zu einem Förder- und Anreizregime im föderalen System
- E) Zusammenfassung

# Zusammenfassung

---

- A** In der aktuellen F&E-Phase sollte die öffentliche Hand aus gesamtwirtschaftlicher Sicht nachteilige technologisch oder institutionell bedingte Lock-In-Effekte vermeiden.
- B** Der Bedarf an ÖLI sollte unter Berücksichtigung der Schaffung von Mobilitätsoptionen und der Erschließung von Nutzergruppen vor dem Hintergrund der formulierten Markthochlaufziele analysiert werden. Bei vorhandenem Subventionsbedarf sollte ein Teil der Gelder in ÖLI fließen.
- C.1** Für die Integration erneuerbarer Energien sowie für die Vermeidung von Netzengpässen sind Anwendungsfälle, die über einfaches Laden hinausgehen, zukünftig zu ermöglichen.
- C.2** Durch die Festlegung auf bestimmte technische Varianten können Pfadabhängigkeiten in Bezug auf andere technologische Konzepte sowie die Realisierung von Anwendungsfällen entstehen.  
**C.3** Durch bestimmte Zugangs- und Abrechnungsmodelle können LI-Betreiber die Nutzung der LI durch Dritte für verschiedene Anwendungsfälle ausschließen. Außerdem können Nachteile für Nutzer entstehen. Zugangsmodelle sollten daher volle Kompatibilität gewährleisten. Die hierfür notwendigen Anpassungen von Systemen sowie Prozess- und Rollenmodellen sollten tiefer analysiert werden.
- D.1** Bei nicht ausreichender Zahlungsbereitschaft dürfte sinnvollerweise auch ein Aufbau im Wettbewerb durch planerische Elemente ausgestaltet werden.
- D.2** Die Ausgestaltung eines Förder- und Anreizsystems sollte auf der zentralen Festlegung übergeordneter Standards aufbauen und dezentrales Know-how an geeigneten Stellen einbeziehen.



---

**Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!**

Kontaktdaten

Justus Reinke: [jre@wip.tu-berlin.de](mailto:jre@wip.tu-berlin.de), Tel.Nr. 030-314-23613 / 0175-8246113

# Öffentliche Ladeinfrastruktur sollte mit zweiteiligen Tarifen bepreist werden

## **Zahlungsbereitschaft der Nutzer**

- Aus der Nutzerperspektive ist ein Ladeinfrastruktursystem mit signifikanter Abdeckung attraktiver als ein System mit geringerer Abdeckung
- Vor dem Hintergrund des Nutzens von Mobilitätsoptionen weisen Nutzer potenziell eine Zahlungsbereitschaft für zwei Elemente auf:
  - Für die grundsätzliche Möglichkeit (überall) zu Laden (bzw. den Wert der Option)
  - Für die Nutzung selbst

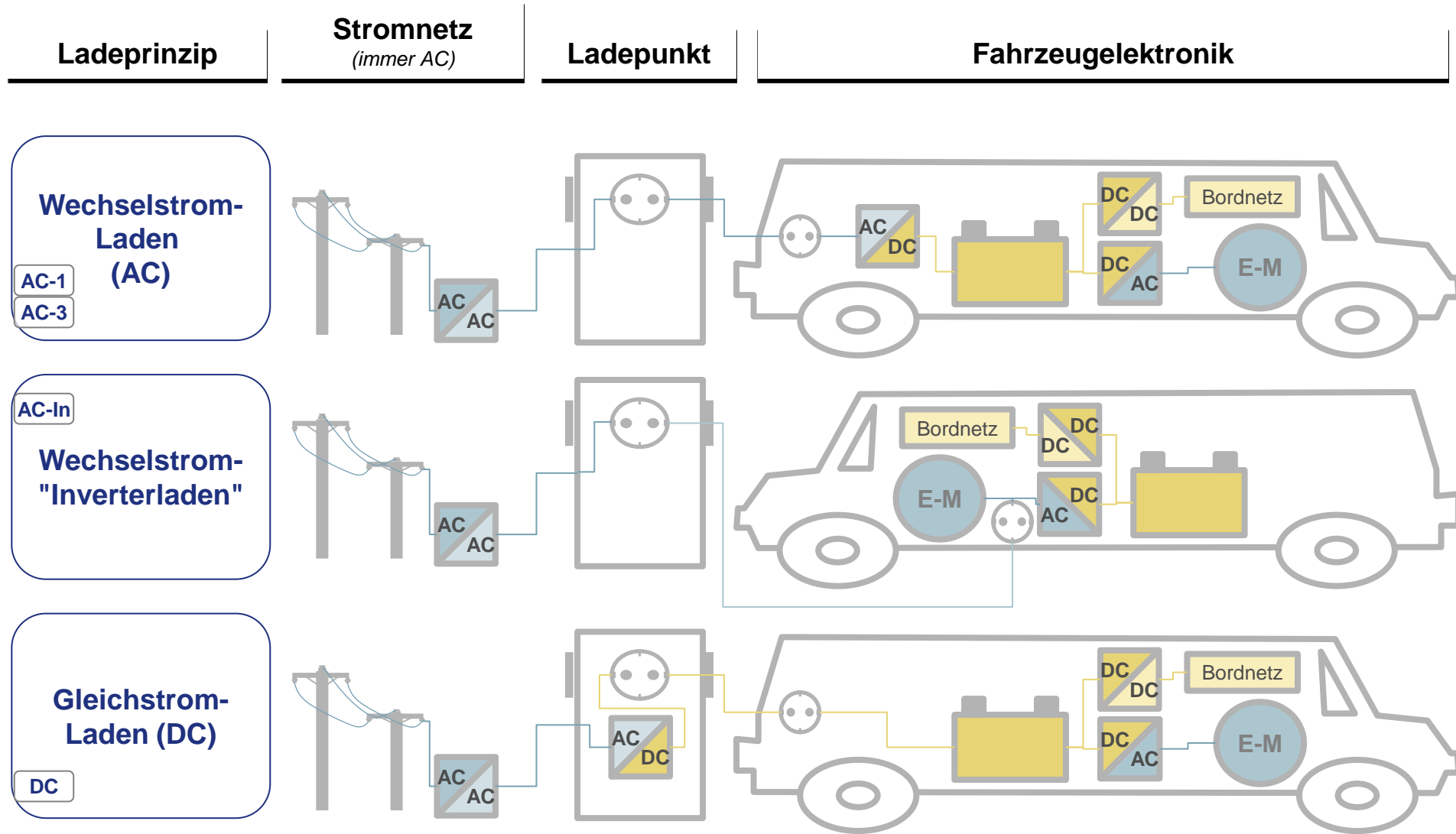
## **Systemaufbau** (unter Berücksichtigung von Abdeckungseffekten)

- Beim Aufbau eines Ladeinfrastrukturnetzwerks mit signifikanter Abdeckung können zwei Standorttypen unterschieden werden
  - Standorte mit hoher Nutzung, welche potenziell auf Basis von nutzenabhängigen Zahlungen profitabel betrieben werden könnten
  - Standorte mit geringer Nutzung, die dazu dienen eine signifikante Gesamtabdeckung zu erreichen um Mobilitätsoptionen zu eröffnen

## **Ergebnis**

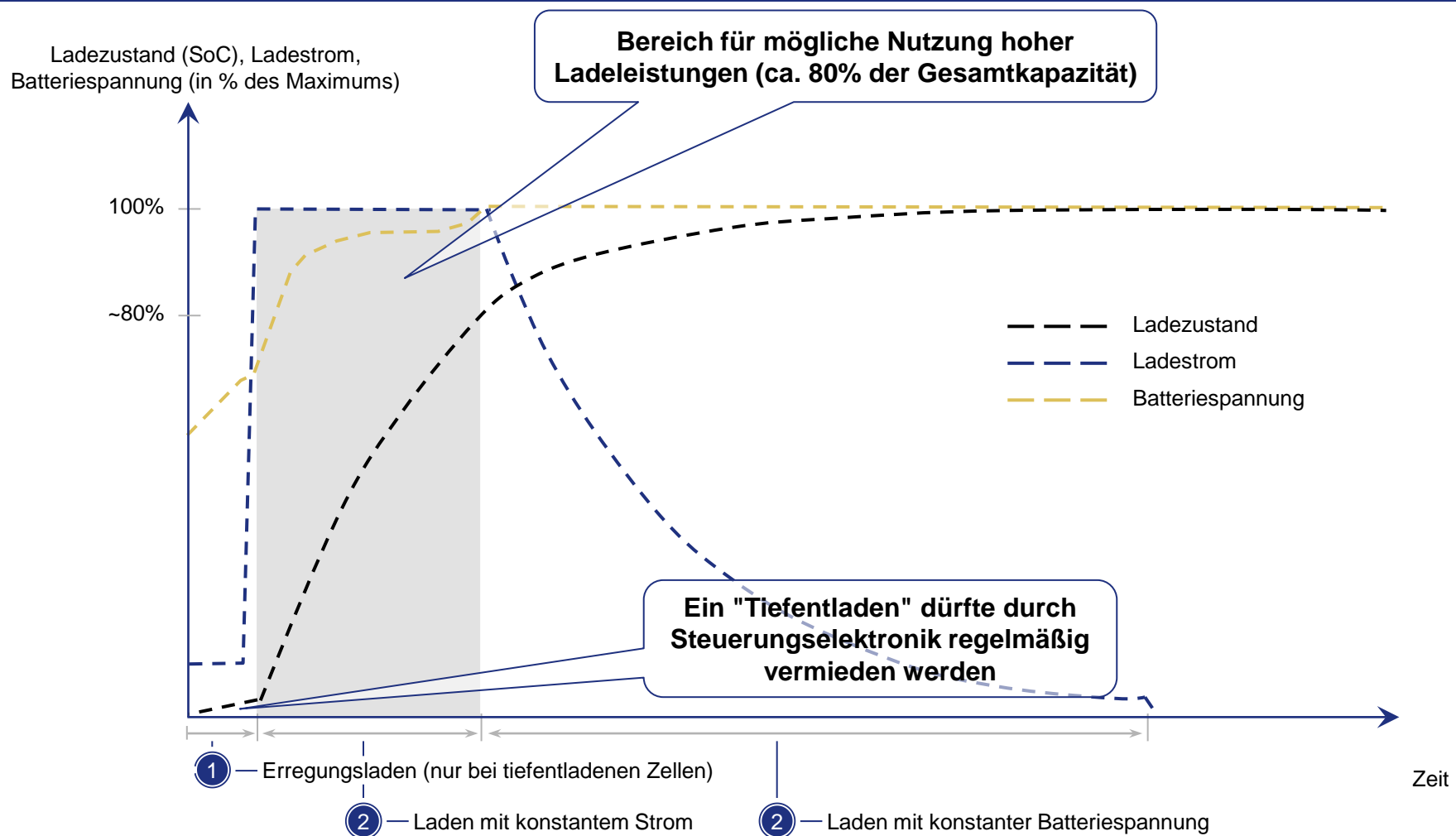
Aus wohlfahrtsökonomischer Sicht erscheinen zweistufige Tarife für die Bepreisung eines öffentlichen Ladeinfrastrukturnetzwerks vorteilhaft

# Konduktive Ladeprinzipien: Fahrzeugbatterien benötigen und liefern Gleichstrom



Anmerkung: Vereinfachte Darstellung

# Schnellladung nur bis ~80% SoC möglich



**Batteriewechsel in Bezug auf "Ladezeit" und Energiemenge vorteilhaft**

# Kosten für öffentliche Ladeinfrastruktur: Noch hohe Unsicherheiten

Backup

| Techn. Option   | Leistung/Ladezeit<br>(Angenommene Werte für D) |                    | Kosten in Euro |       |                   |        |              |        |
|---|--|--------------------|----------------|-------|-------------------|--------|--------------|--------|
|   | Leistung<br>(Max)                              | Ladezeit<br>(Min.) | Fahrzeug       |       | Ladeinfrastruktur |        | Installation |        |
|   |  |                    | Min            | Max   | Min               | Max    | Min          | Max    |
| <b>AC-1</b> Wechselstrom-laden 1-phasig per Ladegerät | 3,7 kW   | 4:04               | 70             | 170   | 2.200             | 5.000  | 1.000        | 5.000  |
| <b>AC-3</b> Wechselstrom-laden 3-phasig per Ladegerät | 22,2 kW  | 0:40               | 150            | 600   | 2.700             | 6.000  | 1.000        | 5.000  |
| <b>AC-In</b> Wechselstrom-laden 3-phasig per Inverter | 44,3 kW  | 0:20               | 0              | 4.000 | 5.000             | 10.500 | 1.000        | 10.000 |
| <b>DC</b> Gleichstrom-laden (DC)                      | 50 kW  | 0:18               | 20             | 300   | 18.000            | 31.000 | 2.000        | 10.000 |
| <b>Id</b> Induktiv                                    | < 5 kW   | > 3:00             | 100            | 1.100 | 2.700             | 12.000 | 1.000        | 5.000  |

Annahme: 15 kWh Ladung (auch für Schnellladung)

Anmerkung: Annahme, dass bei Leistung > 40 kW Ladekabel Teil der Infrastruktur ist; sonst Fahrzeug  
Quelle: Wietschel / Kley und eigene Abschätzungen