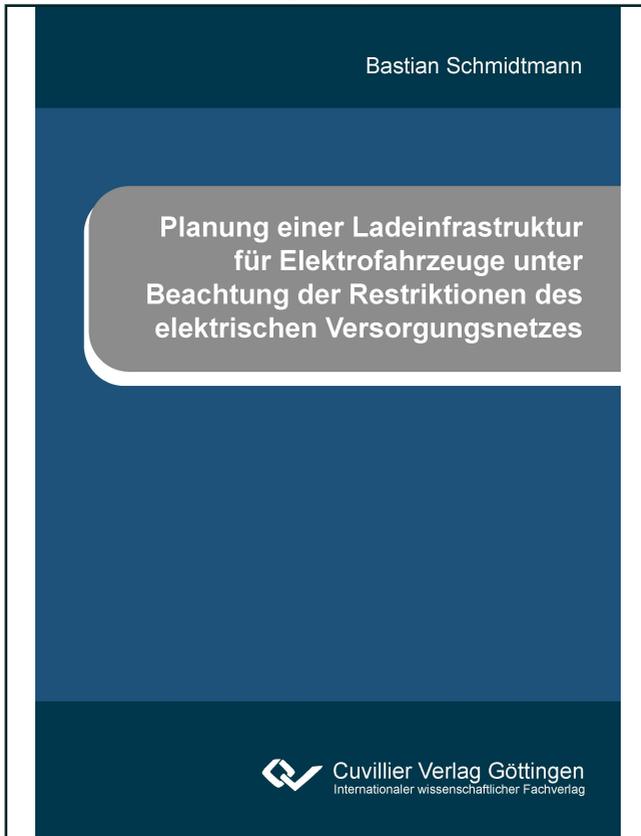




Bastian Schmidtman (Autor)

# **Planung einer Ladeinfrastruktur für Elektrofahrzeuge unter Beachtung der Restriktionen des elektrischen Versorgungsnetzes**



<https://cuvillier.de/de/shop/publications/8527>

Copyright:

Cuvillier Verlag, Inhaberin Annette Jentsch-Cuvillier, Nonnenstieg 8, 37075 Göttingen,  
Germany

Telefon: +49 (0)551 54724-0, E-Mail: [info@cuvillier.de](mailto:info@cuvillier.de), Website: <https://cuvillier.de>

# Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis .....	VII
Tabellenverzeichnis .....	IX
Abkürzungsverzeichnis .....	XI
Symbolverzeichnis .....	XIII
1 Einleitung .....	1
1.1 Gegenstand der Arbeit .....	1
1.2 Aufbau der Arbeit .....	2
2 Einflussfaktoren auf die Ladeinfrastrukturplanung in Deutschland.....	4
2.1 Die deutsche Energiewende als Treiber der Elektromobilität .....	4
2.2 Nationaler Entwicklungsplan Elektromobilität .....	5
2.3 Restriktionen der Ladeinfrastrukturplanung für Elektrofahrzeuge .....	9
2.3.1 Ökonomische Anforderungen und Rahmenbedingungen .....	9
2.3.2 Politisch-rechtliche Anforderungen und Rahmenbedingungen .....	12
2.3.2.1 Anforderungen der Gesetzgebung .....	12
2.3.2.2 Förderung von Elektromobilität und Ladeinfrastruktur .....	13
2.3.3 Verkehrstechnische und verkehrsverhaltensbezogene Anforderungen und Rahmenbedingungen .....	14
2.3.4 Energietechnische Anforderungen und Rahmenbedingungen .....	15
2.3.4.1 Laden von Elektrofahrzeugen.....	15
2.3.4.2 Ladetechniken von Elektrofahrzeugen.....	16
2.3.4.3 Determinanten und Belastungsgrenzen des elektrischen Versorgungs- netzes und der Betriebsmittel in Deutschland .....	18
2.4 Akzeptanzprobleme der Elektromobilität.....	22
2.4.1 Abgrenzung von öffentlicher, halböffentlicher und privater Lade- infrastruktur.....	22
2.4.2 Reichweite als Akzeptanzhindernis und der Ausbau von Ladeinfra- strukturen zur Steigerung der Akzeptanz von Elektrofahrzeugen.....	23
2.5 Zusammenfassung .....	25

3	Problemkennzeichnung .....	27
3.1	Darstellung des Problems und Definition der Forschungslücke .....	27
3.2	Anforderungen an die Modellentwicklung .....	28
4	Modelltheoretische Grundlagen der flussbasierten Ladeinfrastrukturplanung für Elektrofahrzeuge .....	31
4.1	Definition grundlegender Begriffe.....	31
4.2	Optimierungsmodelle für die Ladeinfrastrukturplanung .....	33
4.2.1	Entwicklungsverlauf der Modellansätze zur Ladeinfrastrukturplanung....	33
4.2.2	Das Flow-Capturing Location Model nach Hodgson .....	36
4.3	Das Flow-Refueling Location Model (FRLM) als Grundmodell der flussbasierten Ladeinfrastrukturplanung.....	39
4.3.1	Grundlegende Annahmen und Vorüberlegungen.....	39
4.3.2	Formalmathematische Modellformulierung des FRLM .....	43
4.4	Erweiterungen des FRLM für die flussbasierte Ladeinfrastruktur-planung ..	46
4.5	Wahl des FRLM als Ausgangsmodell für die Modellentwicklung .....	50
5	Entwicklung eines Entscheidungsmodells zur Ladeinfrastrukturplanung unter Beachtung der Restriktionen des elektrischen Versorgungsnetzes .....	52
5.1	Grundlegende Überlegungen und Anforderungen.....	52
5.2	Modellstufe I: Erweiterung des FRLM um Ausbaustufen im elektrischen Versorgungsnetz .....	53
5.2.1	Notation und Annahmen.....	53
5.2.2	Das Flow-Refueling Location Model with Capacity Constraints and Extension Stages (FRLM-CC-ES).....	60
5.2.3	Fallbeispiel zum FRLM-CC-ES.....	63
5.3	Modellstufe II: Erweiterung des FRLM-CC-ES um eine mehrperiodige Betrachtung und dynamische Nachfrage .....	69
5.3.1	Zusätzliche Notation und Annahmen .....	69
5.3.2	Das Multi-Period Flow-Refueling Location Model with Capacity Constraints and Expansion Stages (M-FRLM-CC-ES).....	73
5.3.3	Fallbeispiel zum M-FRLM-CC-ES .....	74

---

6	Erweiterung des Entscheidungsmodells um eine Investitionsrechnung.....	83
6.1	Grundlegende Überlegungen und Anforderungen.....	83
6.2	Ökonomische Bewertung der Ladeinfrastruktur durch eine Investitionsrechnung.....	84
6.3	Modellstufe III: Integration der Investitionsrechnung in das Entscheidungsmodell.....	86
6.3.1	Zusätzliche Notation und Annahmen.....	86
6.3.2	Das Multi-Period Flow-Refueling Location Model with Capacity Constraints and Expansion Stages with an Investment Appraisal (M-FRLM- CC-ES-IA).....	92
6.3.3	Fallbeispiel zum M-FRLM-CC-ES-IA .....	96
7	Validierung des Entscheidungsmodells im Rahmen einer Fallstudie .....	106
7.1	Grundlegende Annahmen und Vorbereitungen für den Aufbau der fiktiven Fallstudie.....	106
7.1.1	Stufenweiser Ausbau des elektrischen Versorgungsnetzes .....	106
7.1.1.1	Notwendigkeit des Betriebsmittelausbaus im elektrischen Versorgungsnetz beim Aufbau einer Ladeinfrastruktur.....	106
7.1.1.2	Additive Ausbaustufen im elektrischen Versorgungsnetz.....	108
7.1.1.2.1	Ausbaustufe I: Grundstufe der Betriebsmittel.....	108
7.1.1.2.2	Ausbaustufe II: Erster Ausbau des Betriebsmittels Transformator.....	108
7.1.1.2.3	Ausbaustufe III: Zweiter Ausbau des Betriebsmittels Transformator.....	108
7.1.2	Beispiel zu den additiven Ausbaustufen.....	109
7.1.3	Kapitalwertberechnung der Ladeinfrastruktur .....	113
7.1.3.1	Auszahlungen zur Beschaffung der Ladestation.....	113
7.1.3.1.1	Preis der Anlage .....	113
7.1.3.1.2	Anschaffungsnebenkosten .....	114
7.1.3.1.3	Erweiterungsinvestitionen.....	115
7.1.3.2	Auszahlungen für den Betrieb.....	115
7.1.3.3	Finanzierungsmöglichkeiten .....	116

---

7.1.3.4	Einzahlungen aus dem Betrieb der Ladeinfrastruktur .....	117
7.1.3.5	Liquidationserlös und Restwert im Zeitverlauf .....	117
7.1.3.5.1	Liquidationserlös von Ladeinfrastrukturen .....	117
7.1.3.5.2	Restwertentwicklung von Ladeinfrastrukturen.....	117
7.2	Parametrisierung der Fallstudie.....	119
7.3	Berechnung und Ergebnisdarstellung .....	126
7.3.1	Berechnung der Fallstudie.....	126
7.3.2	Ergebnisauswertung der Fallstudie .....	126
7.3.3	Ableitung von Handlungsempfehlungen .....	134
7.4	Fazit zur Fallstudie.....	135
8	Schlussbemerkungen .....	137
8.1	Zusammenfassung .....	137
8.2	Ausblick .....	138
9	Literaturverzeichnis .....	140