

Heike Proff ·  
Markus Clemens ·  
Pedro J. Marrón ·  
Benedikt Schmüling *Hrsg.*



# Induktive Taxiladung für den öffentlichen Raum

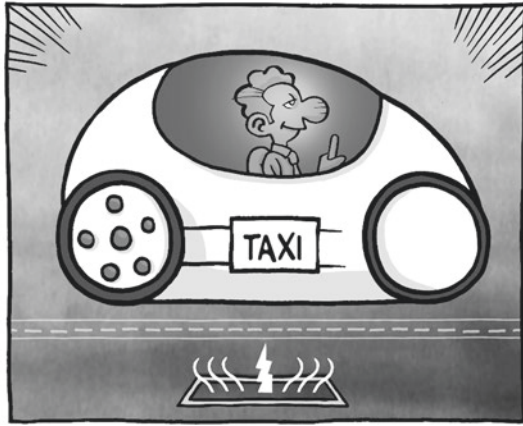
Technische und  
betriebswirtschaftliche Aspekte



Springer Gabler

---

# Induktive Taxiladung für den öffentlichen Raum



---

Heike Proff · Markus Clemens ·  
Pedro J. Marrón · Benedikt Schmülling  
(Hrsg.)

# Induktive Taxiladung für den öffentlichen Raum

Technische und  
betriebswirtschaftliche Aspekte

 Springer Gabler

*Hrsg.*

Heike Proff  
Lehrstuhl für ABWL & Internationales  
Automobilmanagement  
Universität Duisburg-Essen  
Duisburg, Deutschland

Markus Clemens  
Lehrstuhl für Theoretische  
Elektrotechnik  
Bergische Universität Wuppertal  
Wuppertal, Deutschland

Pedro J. Marrón  
Networked Embedded Systems  
Universität Duisburg-Essen  
Essen, Deutschland

Benedikt Schmüling  
Lehrstuhl für Elektromobilität und  
Energiespeichersysteme  
Bergische Universität Wuppertal  
Wuppertal, Deutschland

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

Das Projekt „Taxiladekonzept für Elektrofahrzeuge im öffentlichen Raum (TALAKO)“ wurde aus Mitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz aufgrund eines Beschlusses des deutschen Bundestages gefördert:

ISBN 978-3-658-39978-8      ISBN 978-3-658-39979-5 (eBook)  
<https://doi.org/10.1007/978-3-658-39979-5>

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

© Der/die Herausgeber bzw. der/die Autor(en), exklusiv lizenziert an Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, ein Teil von Springer Nature 2023, korrigierte Publikation 2023

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsgesetz zugelassen ist, bedarf der vorherigen Zustimmung des Verlags. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Die Wiedergabe von allgemein beschreibenden Bezeichnungen, Marken, Unternehmensnamen etc. in diesem Werk bedeutet nicht, dass diese frei durch jedermann benutzt werden dürfen. Die Berechtigung zur Benutzung unterliegt, auch ohne gesonderten Hinweis hierzu, den Regeln des Markenrechts. Die Rechte des jeweiligen Zeicheninhabers sind zu beachten.

Der Verlag, die Autoren und die Herausgeber gehen davon aus, dass die Angaben und Informationen in diesem Werk zum Zeitpunkt der Veröffentlichung vollständig und korrekt sind. Weder der Verlag, noch die Autoren oder die Herausgeber übernehmen, ausdrücklich oder implizit, Gewähr für den Inhalt des Werkes, etwaige Fehler oder Äußerungen. Der Verlag bleibt im Hinblick auf geografische Zuordnungen und Gebietsbezeichnungen in veröffentlichten Karten und Institutionsadressen neutral.

Planung/Lektorat: Marija Kojic

Springer Gabler ist ein Imprint der eingetragenen Gesellschaft Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH und ist ein Teil von Springer Nature.

Die Anschrift der Gesellschaft ist: Abraham-Lincoln-Str. 46, 65189 Wiesbaden, Germany

---

## Vorwort (Herausgeber)

Immer mehr Städte wollen die Umweltbelastung durch Dieselfahrzeuge reduzieren. Ein wichtiger Beitrag ist die Elektrifizierung von Taxiflotten, die eine Dieselquote von fast 85 % aufweisen und hauptsächlich in Innenstädten fahren. Würden nur fünf Prozent der etwa 50.000 Taxis in Deutschland elektrifiziert, können jährlich bis zu 50.000 Tonnen CO<sub>2</sub> eingespart werden. Durch das Vorrückprinzip an öffentlichen Warteplätzen, zum Beispiel Bahnhöfen, können Taxifahrzeuge jedoch nicht an kabelgebundenen Ladesäulen aufladen. Es bedarf daher kabelloser Ladelösungen.

Deshalb wurde im Projekt TALAKO (**Taxilade**konzept für Elektrotaxis im öffentlichen Raum) das Konzept einer kabellosen, induktiven Taxiladung entwickelt, errichtet und getestet. Dies ist nicht nur ein Schritt zur Verbesserung der Luftqualität in der Beispielstadt Köln, sondern bringt auch wichtige Erfahrungen mit innovativen Ladekonzepten, die zur Beschleunigung des Hochlaufs der Elektromobilität dringend nötig sind.

Dafür waren (elektro- und informations-)technische sowie betriebswirtschaftliche Untersuchungen notwendig. Im Projekt TALAKO arbeiteten Lehrstühle für Elektromobilität und Energiespeichersysteme sowie für theoretische Elektrotechnik der Bergischen Universität Wuppertal und Lehrstühle für Networked Embedded Systems sowie Allgemeine Betriebswirtschaftslehre & Internationales Automobilmanagement der Universität Duisburg-Essen, die RheinEnergie AG, INTIS – Integrated Infrastructure Solutions GmbH, LEVC – London Electric Vehicle Company Limited, TAXI RUF Köln eG, ein Taxiunternehmen in Mülheim a. d. R. sowie die Stadt Köln zusammen. Gemeinsam wurde eine

induktive Ladelösung entwickelt, zunächst auf einer Prototypenanlage im halb-öffentlichen Raum eines Taxiunternehmens in Mülheim a. d. R. erprobt, dann verbessert und schließlich als Pilotanlage gegenüber dem Kölner Hauptbahnhof im öffentlichen Raum errichtet. Auf der Pilotanlage in Köln können bis zu sechs Fahrzeuge gleichzeitig geladen und im Betrieb erprobt werden.

Das Projektteam hat sehr unterschiedliche Aufgaben bearbeitet: Zunächst musste die Energieübertragung von der Ladeplatte ins Taxi gelingen, anschließend auf der Prototypenanlage geprüft werden, ob die Energieübertragung auch im Realbetrieb funktioniert. Weiterhin musste sichergestellt werden, dass die Taxifahrzeuge auch richtig positioniert werden, damit die Ladeplatte vom Fahrzeug erkannt wird und dass die Grenzwerte für elektromagnetische Strahlungen eingehalten werden. Schließlich muss eine solche induktive Ladelösung auch einen Nutzen für die Taxifahrer bringen und wirtschaftlich sein. Deshalb wurden Untersuchungen zur Akzeptanz und Zahlungsbereitschaft von Taxifahrern und Taxikunden durchgeführt und erforscht, welche Partner wie mit einer solchen Anlage gemeinsam Wert schaffen können.

Wir freuen uns sehr, wichtige Ergebnisse der unterschiedlichen Arbeitspakete in diesem Buch veröffentlichen zu können. Sie wären nicht möglich gewesen, ohne die finanzielle Unterstützung durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) sowie durch den Projektträger DLR, wofür wir v.a. Herrn Alers sehr danken möchten. Sehr hilfreich war zudem die ständige Diskussionsbereitschaft unserer Praxispartner, vor allem von Dr. Ralf Effenberger, Richard Gould und Martin Hoppe (INTIS), Jeff Witting (RheinEnergie), Jörg Hofmann (LEVC), Randolf Stephany (Taxi Stephany), Aleksandar Dragicevic und Borzoyeh Mohsenzadeh (Taxi RUF Köln) und Dr.-Ing. Gregor Waluga (Stadt Köln), aber auch die finanzielle Unterstützung durch LEVC, die Stadt Köln und die RheinEnergie. Unverzichtbar war aber auch der unermüdliche Einsatz unserer Mitarbeiter Dr. Florian Knobbe, Stefanie Salmen sowie Dr. Marcus Handte, Peter Roch, Bijan Shahbaz Nejad, Dr. Martin Zang, Amelie David, Norman Haussmann und Steven Stroka. Ihnen sei herzlich gedankt. Danken möchten wir schließlich auch Daniel Jaspers und Dr. Gregor Schmid-Szybisty für die große Unterstützung bei allen organisatorischen Fragen des Projektes und dem SpringerGabler Verlag, insbesondere Marija Kojic, die das Entstehen des Buches unterstützt hat.

Wir hoffen, dass die induktiven Ladeplätze in Köln genutzt werden und das Buch Anregungen bietet, weitere innovative Ladekonzepte zu entwickeln, aber auch zu implementieren und zu erproben. Möge das Buch sowohl Wissenschaftler als auch Praktiker ansprechen und zur Zusammenarbeit verschiedener Disziplinen motivieren!

Duisburg  
im September 2022

Heike Proff  
Markus Clemens  
Pedro J. Marrón  
Benedikt Schmülling



---

# Inhaltsverzeichnis

<b>Herausgeber- und Autorenverzeichnis</b> . . . . .	XI
<b>Induktive Taxiladung für den öffentlichen Raum – Eine Einführung</b> . . .	1
Heike Proff, Markus Clemens, Pedro J. Marrón und Benedikt Schmülling	
<b>Induktives Taxi-Ladekonzept als Baustein einer Emissionsreduzierung in Innenstädten</b> . . . . .	9
Gregor Waluga	
<b>Innovative Ladekonzepte für die Energiewende in Städten</b> . . . . .	33
Jeff Witting und Erik Bolten	
<b>Entwicklung, Lieferung und Validierung der induktiven Ladetechnik</b> . . . . .	59
Richard Gould, Julia Langen, Ralf Effenberger und Martin Hoppe	
<b>Positionierung induktiv geladener Fahrzeuge</b> . . . . .	93
Peter Roch, Bijan Shahbaz Nejad, Marcus Handte und Pedro J. Marrón	
<b>Überprüfung der elektromagnetischen Umweltverträglichkeit bei induktiver Ladung</b> . . . . .	143
Amelie David, Steven Stroka, Norman Haussmann, Benedikt Schmülling und Markus Clemens	
<b>Prototypisches Ecosystem für die induktive Taxi-Ladung</b> . . . . .	181
Daniel Jaspers, Florian Knobbe, Heike Proff, Stefanie Salmen und Gregor Schmid-Szybisty	

---

<b>Produktenerweiterung durch induktiv aufladbare Fahrzeuge</b> . . . . .	217
Lloyd Bonson	
<b>Bundesfahrplan eTAXI – Wie die Elektrifizierung der Taxiflotten bis 2030 gelingen kann</b> . . . . .	221
Christoph Siekermann	
<b>Induktive Taxiladung für den öffentlichen Raum – Eine Zusammenfassung</b> . . . . .	229
Heike Proff, Markus Clemens, Pedro J. Marrón und Benedikt Schmölling	
<b>Erratum zu: Prototypisches Ecosystem für die induktive Taxi-Ladung</b> . . . . .	E1
Daniel Jaspers, Florian Knobbe, Heike Proff, Stefanie Salmen und Gregor Schmid-Szybisty	

---

# Herausgeber- und Autorenverzeichnis

---

## Über die Herausgeber



**Prof. Dr. Heike Proff**, Studium der BWL in Frankfurt und Mannheim, Promotion in Frankfurt, Habilitation in Mannheim, Forschungsaufenthalte in Japan, Ghana, Korea und den USA. 2004 bis 2009 Zeppelin-Lehrstuhl für Internationales Management an der Zeppelin-University in Friedrichshafen. Seit 2009 Lehrstuhl für ABWL & Internationales Automobilmanagement an der Universität Duisburg-Essen, Koordinatorin des Masterstudiengangs „Automotive Engineering & Management“ und Organisatorin des jährlich stattfindenden „Wissenschaftsforums Mobilität“. Forschungsschwerpunkte sind Strategisches und Internationales Management, insbesondere in der Automobilindustrie, empirische Untersuchungen vor allem zur Automobilindustrie, Mitglied im „Program on Vehicle and Mobility Innovations (PVMI)“ und in „The International Network of the Automobile“ (Gerpisa).



**Prof. Dr. habil. Markus Clemens**, Studium der Technomathematik an der Universität Kaiserslautern, Promotion und Habilitation zu den Themen Wissenschaftliches Rechnen und Theoretische Elektrotechnik an der Technischen Universität Darmstadt. Ab Mai 2004 Leitung der Professur für Theoretische Elektrotechnik und Numerische Feldberechnung an der Helmut Schmidt Universität/Universität der Bundeswehr Hamburg. Seit Oktober 2009 Leitung des Lehrstuhls für Theoretische Elektrotechnik in der Fakultät Elektrotechnik, Informationstechnik und Medientechnik der Bergischen Universität Wuppertal. Forschungsschwerpunkte sind die Entwicklung und Anwendung numerischer Simulationsmethoden der Theoretischen Elektrotechnik (Computational Electromagnetics) mit Fokus auf Simulationen komplexer Systeme der elektrischen Energieübertragungstechnik sowie auf rechnergestützte elektromagnetische Verträglichkeitsuntersuchungen technischer Systeme und Umweltverträglichkeitsuntersuchungen.



**Prof. Dr. Pedro Jose Marron**, Bachelor und Master in Computer Engineering von der University of Michigan, Ann Arbor, USA, Promotion in Freiburg, Habilitation in Stuttgart. 2007 bis 2009 Lehrstuhl für Vernetzte Eingebettete Systeme an der Universität Bonn. Seit 2009, Lehrstuhl für Vernetzte Eingebettete Systeme an der Universität Duisburg-Essen. Seit 2020 Vorstandsvorsitzender von GUIDE, das Gründungs- und Entrepreneurzentrum der Universität Duisburg-Essen. Seit 2022 Prorektor für Transfer, Innovation und Digitalisierung der Universität Duisburg-Essen. Forschungsschwerpunkte sind IoT, Smart Cities (insb. Smart Mobility), Robotik und Vernetzung von eingebetteten Systemen.



**Prof. Dr.-Ing. Benedikt Schmülling**, Studium der Elektrotechnik an der Universität Dortmund. Anschließend wissenschaftlicher Mitarbeiter, Oberingenieur und Promotion am Institut für Elektrische Maschinen (IEM) der RWTH Aachen. Von 2010 bis 2012 war er Mitarbeiter der Paul Vahle GmbH in Kamen, wo er an der Entwicklung von kontaktlosen Ladesystemen für Elektrofahrzeuge arbeitete. Ab 2012 an der Bergischen Universität Wuppertal, wo er bis 2018 das Arbeitsgebiet Elektromobilität an der Fakultät für Elektrotechnik, Informationstechnik und Medientechnik leitete. Seit 2018 Inhaber des Lehrstuhls für Elektromobilität und Energiespeichersysteme an derselben Hochschule. Seine Forschungsgebiete umfassen Elektromobilität, induktive Energieübertragung und Energiespeichersysteme. Er ist Mitglied in mehreren Societies des Institute of Electrical and Electronics Engineers (Senior Member IEEE) und im Verband der Elektrotechnik, Elektronik und Informationstechnik (VDE).

---

## Autorenverzeichnis

**Erik Bolten** TanKE GmbH, Köln, Deutschland

**Lloyd Bonson** Produktmanagement, London EV Company Ltd., Coventry, United Kingdom

**Prof. Dr. Markus Clemens** Lehrstuhl für Theoretische Elektrotechnik, Bergische Universität Wuppertal, Wuppertal, Deutschland

**Amelie David** Lehrstuhl für Elektromobilität und Energiespeichersysteme, Bergische Universität Wuppertal, Wuppertal, Deutschland

**Dr. Ralf Effenberger** INTIS – Integrated Infrastructure Solutions GmbH, Lathen, Deutschland

**Richard Gould** INTIS – Integrated Infrastructure Solutions GmbH, Lathen, Deutschland

**Dr. Marcus Handte** Networked Embedded Systems, Universität Duisburg-Essen, Essen, Deutschland

**Dr. Norman Haussmann** Lehrstuhl für Theoretische Elektrotechnik, Bergische Universität Wuppertal, Wuppertal, Deutschland

**Martin Hoppe** INTIS – Integrated Infrastructure Solutions GmbH, Lathen, Deutschland

**Daniel Jaspers** Lehrstuhl für ABWL & Internationales Automobilmanagement, Universität Duisburg-Essen, Duisburg, Deutschland

**Dr. Florian Knobbe** Lehrstuhl für ABWL & Internationales Automobilmanagement, Universität Duisburg-Essen, Duisburg, Deutschland

**Julia Langen** INTIS – Integrated Infrastructure Solutions GmbH, Lathen, Deutschland

**Prof. Dr. Pedro J. Marrón** Networked Embedded Systems, Universität Duisburg-Essen, Duisburg, Deutschland

**Prof. Dr. Heike Proff** Lehrstuhl für ABWL & Internationales Automobilmanagement, Universität Duisburg-Essen, Duisburg, Deutschland

**Peter Roch** Networked Embedded Systems, Universität Duisburg-Essen, Essen, Deutschland

**Stefanie Salmen** Lehrstuhl für ABWL & Internationales Automobilmanagement, Universität Duisburg-Essen, Duisburg, Deutschland

**Dr. Gregor Schmid-Szybisty** Lehrstuhl für ABWL & Internationales Automobilmanagement, Universität Duisburg-Essen, Duisburg, Deutschland

**Prof. Dr.-Ing. Benedikt Schmölling** Lehrstuhl für Elektromobilität und Energiespeichersysteme, Bergische Universität Wuppertal, Wuppertal, Deutschland

**Bijan Shahbaz Nejad** Networked Embedded Systems, Universität Duisburg-Essen, Essen, Deutschland

**Christoph Siekermann** Bundesverband Taxi und Mietwagen e. V., Berlin, Deutschland

**Steven Stroka** Lehrstuhl für Theoretische Elektrotechnik, Bergische Universität Wuppertal, Wuppertal, Deutschland

**Dr.-Ing. Gregor Waluga** Dezernat für Mobilität, Stadt Köln, Köln, Deutschland

**Jeff Witting** Unternehmensentwicklung, RheinEnergie AG, Köln, Deutschland



# Induktive Taxiladung für den öffentlichen Raum – Eine Einführung

Heike Proff, Markus Clemens, Pedro J. Marrón  
und Benedikt Schmülling

## Inhaltsverzeichnis

1	Problemstellung .....	1
2	Zielsetzung des TALAKO-Projektes .....	2
3	Aufbau des Buches .....	6
	Literatur .....	7

---

H. Proff (✉)

Lehrstuhl für ABWL & Internationales Automobilmanagement, Universität Duisburg-Essen, Duisburg, Deutschland  
E-Mail: [heike.proff@uni-due.de](mailto:heike.proff@uni-due.de)

M. Clemens

Lehrstuhl für Theoretische Elektrotechnik, Bergische Universität Wuppertal, Wuppertal, Deutschland  
E-Mail: [clemens@uni-wuppertal.de](mailto:clemens@uni-wuppertal.de)

P. J. Marrón

Networked Embedded Systems, Universität Duisburg-Essen, Essen, Deutschland  
E-Mail: [pjmarron@uni-due.de](mailto:pjmarron@uni-due.de)

B. Schmülling

Lehrstuhl für Elektromobilität und Energiespeichersysteme, Bergische Universität Wuppertal, Wuppertal, Deutschland  
E-Mail: [schmuelling@uni-wuppertal.de](mailto:schmuelling@uni-wuppertal.de)



## 1 Problemstellung

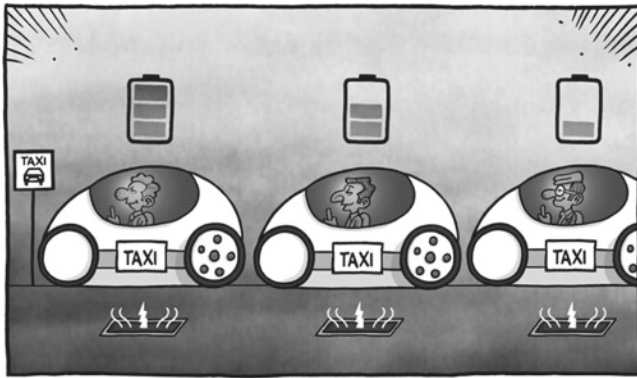
Knapp 85 % der Taxis in Deutschland haben einen Dieselmotor und sind von der Diskussion um Dieselfahrverbote (Töller, 2021) gerade in Innenstädten mit hohen CO<sub>2</sub>-Grenzwerten betroffen. Wegen der hohen täglichen Fahrleistung von Taxis (Hagman & Langbroek, 2019) kann die Elektrifizierung der Taxiflotten dazu beitragen, diese Emissionen in den Innenstädten zu reduzieren. Sie fördert damit die Nachhaltigkeit in der Mobilität (Vaidya & Mouftah, 2020), die nicht nur in der EU stark diskutiert wird (z. B. EU, 2021).

Der Umstieg auf elektrisch betriebene Taxis ist aufgrund geringer Reichweiten und langer Ladezeiten für Taxifahrer allerdings noch wenig attraktiv. Auch wenn bereits erste Ansätze zur Entwicklung und Realisierung einer geeigneten Ladeinfrastruktur existieren (Chen et al., 2017; Javanshour et al., 2019), gibt es Probleme. Eine große Herausforderung ergibt sich aus der Tatsache, dass Taxis oft im Dauerbetrieb eingesetzt werden (Vaidya & Mouftah, 2020) und nicht an eine leitfähige Ladestation angeschlossen werden können, wenn sie in einer Warteschlange warten und vorankommen. Daher ist eine automatisierte Ladeförderung erforderlich. Ein zweites Problem liegt in der Umsetzung und Skalierung einer Taxiladelösung durch die Vernetzung und den Austausch verschiedener Akteure, weil hier ein Henne-Ei-Problem besteht: wie überzeugt man jemanden, sich zu engagieren, bevor das gemeinsame Wertschaffungspotenzial klar erkennbar ist. (Dattè et al., 2018).

---

## 2 Zielsetzung des TALAKO-Projektes

Um das erste Problem anzugehen, wurde die Projektidee TALAKO (Taxiladekonzept für Elektrotaxis im öffentlichen Raum) geboren, die darauf abzielte, eine kabellose (induktive) und personensichere Ladeinfrastruktur im Boden zu verbauen, damit Elektrotaxis während des Wartens und Vorrückens am Taxistand mit elektrischer Leistung geladen werden können (vgl. Abb. 1). Die Implementierung eines solchen Konzeptes eliminiert das Reichweiten- und Infrastrukturproblem im Taxibetrieb.

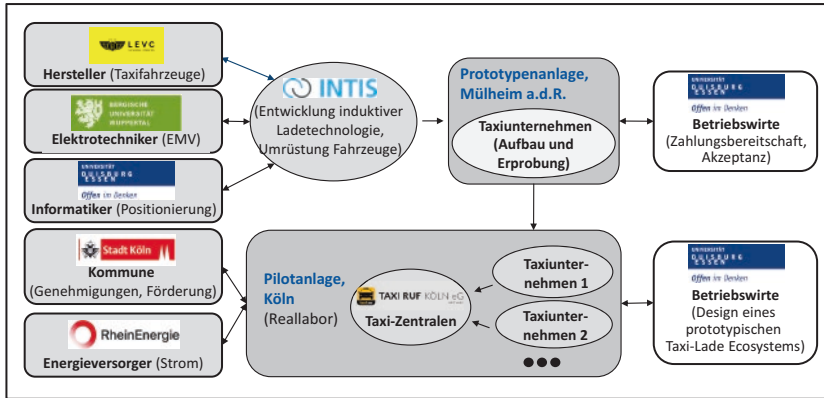


**Abb. 1** Darstellung der Projektidee. (Quelle: Zeichnung von Pedro Ribeiro Ferreira)

Ziel des Projektes war es deshalb, eine technische Lösung für induktives Laden zu entwickeln, zu implementieren und im Realbetrieb zu testen. Im Zentrum stand dabei vor allem

- die Entwicklung einer Ladelösung für die Straße und für elektrische Taxis sowie einer Energieübertragung von der Ladeplatte ins Taxi.
- die Positionierung der Fahrzeuge, damit die Ladeplatte vom Fahrzeug erkannt wird und das Fahrzeug direkt über der Ladeplatte halten kann, um eine optimale induktive Ladung zu ermöglichen und
- die Prüfung und Sicherstellung der elektromagnetischen Verträglichkeit, d. h. der unkontrollierten Aussendung der magnetischen Wechselfelder in die Umgebung, zum Schutz von Menschen und Tieren (vgl. z. B. Schraven et al., 2016).

Ein weiteres Ziel gilt dem zweiten Problem: der Entwicklung eines prototypischen, minimal lebensfähigen Ecosystems, d. h. eines Partnernetzwerks mit gemeinsamer Ausrichtung einer multilateralen Gruppe von Partnern auf ein übergeordnetes Nutzenversprechen (vgl. Adner, 2017; ähnlich Jacobides et al., 2018), das die Skalierung der Projektergebnisse ermöglicht, mithin die Übertragung der Projektergebnisse auf andere Standorte in Köln, andere Städte und andere Anwendungen. Eine Voraussetzung dafür waren Untersuchungen zur Akzeptanz und Zahlungsbereitschaft von Taxifahrern und Taxikunden.



**Abb. 2** Zusammenspiel der Projektpartner

Um die Ziele zu erreichen, arbeiteten im Projekt TALAKO Betriebswirte (Lehrstuhl Allgemeine Betriebswirtschaftslehre & Internationales Automobilmanagement) und Informatiker (Lehrstuhl für Networked Embedded Systems) der Universität Duisburg-Essen mit Elektrotechnikern (Lehrstuhl für Elektromobilität und Energiespeichersysteme und Lehrstuhl für Theoretische Elektrotechnik) der Bergischen Universität Wuppertal zusammen mit einem Energieversorger (RheinEnergie AG), einem Hersteller von induktiver Ladeinfrastruktur (INTIS – Integrated Infrastructure Solutions GmbH), einem Taxifahrzeug-Hersteller (LEVC – London Electric Vehicle Company Limited), einem Taxiverband (TAXI RUF Köln eG) sowie Taxiunternehmen (z. B. in Mülheim a. d. R. und Köln) und der Stadt Köln (vgl. Abb. 2).

Erstes Ergebnis der gemeinsamen Entwicklungstätigkeit war der Aufbau einer Prototypenanlage auf einem Taxibetriebshof in Mülheim a. d. R.. Ein Elektrotaxi wurde dort, induktiv geladen und eingehend für den Einsatz getestet. Ein zweites in Lathen bei der Firma INTIS. Anschließend wurde eine Pilotanlage gegenüber dem Kölner Hauptbahnhof in der Domprobst-Ketzer-Straße aufgebaut, von der RheinEnergie betrieben und als Reallabor genutzt. Die Stadt Köln stellte für den Bau der Anlage, auf der bis zu sechs Fahrzeuge gleichzeitig laden können, ein Grundstück zur Verfügung, die RheinEnergie übernahm die Bauarbeiten.

Die interdisziplinäre Zusammenarbeit erfolgte in vier Arbeitspaketen (vgl. den Überblick über die Projektstruktur in Abb. 3): 1. Betriebswirtschaftliche Absicherung mit einer Untersuchung der Akzeptanz der Taxiunternehmen,

Arbeitspakete (AP)		2019	2020	2021	2022
<b>0</b>	<b>Projektkoordination (inkl. Öffentlichkeitsarbeit)</b>				
0.1	Abstimmung Pflichtenheft Prototypenanlage				
0.2	Begleitung und Koordination des Aufbaus der Prototypenanlage				
0.3	Abstimmung Pflichtenheft Pilotanlage				
0.4	Vorbereitung Inbetriebnahme der Pilotanlage				
0.5	Öffentlichkeitsarbeit				
0.6	Koordination Betrieb der Pilotanlage				
0.7	Koordination Abschluss				
<b>1</b>	<b>Betriebswirtschaftliche Absicherung der Annahmen</b>				
1.1	Untersuchung der Akzeptanz bei Taxiunternehmen				
1.2	Untersuchung der Zahlungsbereitschaft bei Kunden				
1.3	TCO Kostenuntersuchung und -optimierung				
1.4	Entwicklung eines prototypischen Ecosystems und Geschäftsmodells				
<b>2</b>	<b>Entwicklung eines Pflichtenhefts für Pilot- und Prototypenanlage</b>				
2.1	Pflichtenheft Prototypenanlage				
2.2	Konzept/Simulation Pilotanlage				
2.3	Lastenheft für Pilotanlage		◆		
2.4.1	Standortwahl für Pilotanlage in Köln				
2.4.2	Überführung Lasten- in Pflichtenheft Pilot			◆	
<b>3</b>	<b>Umsetzung und Erprobung der Prototypenanlage, Fahrzeugumrüstung</b>				
3.1	Herstellung und Aufbau der Prototypenanlage				
3.2	Softwareentwicklung Prototypenanlage				
3.3	Umrüstung und Zulassung Prototypenfgz.			◆	
3.4	EMVU-Tests bei Prototypenanlage				
3.5	Betrieb und Validierung Prototypenanlage				
3.6	Anpassung des Pflichtenheftes Pilotanlage				◆
<b>4</b>	<b>Aufbau und Erprobung der Pilotanlage</b>				
4.1	Fertigung und Aufbau der Pilotanlage				
4.2	Softwareoptimierung der Pilotanlage				
4.3.1	Anschaffung von Elektrofahrzeugen durch Taxi-Unternehmer				
4.3.2	Umrüstung und Zulassung der Pilotanlagentfz.				
4.4	Realbetrieb, Validierung und Nachbesserung der Pilotanlage				◆
4.5	Projektabschluss				◆

Meilensteine (M) ◆

**Abb. 3 Projektstruktur**

der Zahlungsbereitschaft der Taxikunden, einer Abschätzung der Total Costs of Ownership (TCO) über den gesamten Lebenszyklus und zur Entwicklung eines prototypischen Partnernetzwerks (Taxilade-Ecosystems) und daraus eines Geschäftsmodells für den Ladehub-Betreiber. 2. Entwicklung eines Pflichtenhefts für die Pilot- und Prototypenanlage, 3. Umsetzung und Erprobung der Prototypenanlage und Umrüstung des Fahrzeugs für die Prototypenanlage einschließlich Softwareentwicklung für die Positionierung und Untersuchungen der elektromagnetischen Verträglichkeit mit dem Ziel, das Pflichtenheft der Pilotanlage zu verbessern. 4. Aufbau und Erprobung der Pilotanlage. Dazu wurde nicht nur die Anlage gefertigt und erbaut und die Software optimiert, es mussten auch elektrische Taxis von der Taxizentrale bzw. von Taxifahrern angeschafft und umgerüstet werden. Die offizielle Eröffnung der Pilotanlage fand am 20. Mai 2022 während der Messe Polis Mobility in Köln statt (vgl. <https://www.uni-due>).

[de/iam/talako.php](http://de/iam/talako.php)). Seither wird die induktive Taxiladung im Realbetrieb erprobt, validiert und verbessert.

Wichtige Teilziele bzw. Meilensteine des Projektes waren die Erstellung des Lasten- und Pflichtenheftes, der Aufbau der Prototypenanlage, die Umrüstung des Fahrzeugs für die Prototypenanlage, die Anpassung des Pflichtenheftes nach der Erprobung der induktiven Taxiladung auf der Prototypenanlage sowie der Aufbau der Pilotanlage und deren Realbetrieb.

Durch die interdisziplinäre Zusammenarbeit der unterschiedlichen Partner ist es gelungen, nicht nur ein neues Konzept für die neue Mobilität zu entwickeln, sondern es auch im hochregulierten Raum zu implementieren.

---

### **3 Aufbau des Buches**

Dieses Buch fasst wichtige Projektergebnisse der unterschiedlichen Arbeitspakete zusammen.

Kap. 2 (Waluga, Stadt Köln) berichtet über die Entstehung und Umsetzung des Projektes TALAKO und zeigt die Bedeutung eines induktiven Taxiladekonzepts als Baustein einer Emissionsreduzierung in Innenstädten am Beispiel der Stadt Köln.

Kap. 3 (Witting, RheinEnergie AG; Bolten, TanKE GmbH) diskutiert innovative Ladekonzepte für die Energiewende in Städten. Es werden die planungsrelevanten Grundlagen und Rahmenbedingungen im kommunale Umfeld skizziert und dann aktuelle Ladekonzepte, u. a. auch das induktive Laden, vorgestellt.

Kap. 4 (Gould, Langen, Effenberger, Hoppe, INTIS GmbH) beschreibt die (elektro)technische Entwicklung, die Lieferung und die Validierung einer induktiven Ladetechnologie.

Kap. 5 (Roch, Shahbaz-Nejad, Handte, Marrón, Universität Duisburg-Essen) nennt Herausforderungen der Positionierung induktiv geladener Fahrzeuge, Lösungsansätze, die zunächst auf der Prototypenanlage und später auf der Pilotanlage getestet wurden und weitere Verbesserungspotenziale.

Kap. 6 (David, Stroka, Haussmann, Schmölling, Clemens, Bergische Universität Wuppertal) begründet die Notwendigkeit einer Überprüfung der elektromagnetischen Verträglichkeit (EMV) und zeigt die Ergebnisse der EMV-Messungen an der Prototypen- und an der Pilotanlage.

Kap. 7 (Jaspers, Knobbe, Proff, Salmen, Schmid-Szibisty, Universität Duisburg-Essen) skizziert, wie ein prototypisches minimal lebensfähiges Taxilade-Ecosystem, d. h. ein Partnernetzwerk für die induktive Taxiladung aussehen müsste, das eine

gemeinsame Wertschaffung der Partner ermöglicht und in dem sich die induktive Ladelösung skalieren lässt. Dabei wird deutlich, welches übergeordnete Nutzenversprechen es bieten müsste, zwischen welchen Partnern Finanzströme fließen (Betriebsmodell), welche Werttreiber wirken können, welche Governance Mechanismen erforderlich sind und wie die Plattform bzw. App gestaltet werden muss, über die der Austausch zwischen den Partnern einschließlich der Kunden erfolgt.

In Kap. 8 (Bonson, LEVC) werden Überlegungen angestellt, wie eine Produkterweiterung mit induktiv ladbaren Fahrzeugen aussehen könnte. Dabei werden induktiv geladene Nutzfahrzeuge, autonome Frachtfahrzeuge und Flugdrohnen angedacht.

In Kap. 9 (Oppermann, BV Taxi) stellt der Bundesverband Taxi dar, inwieweit der Einsatz von induktiver Ladetechnologie die Elektrifizierung von Taxis beschleunigen kann und welchen Beitrag Elektrotaxis zur Unterstützung der Verkehrswende leisten.

In Kap. 10 fassen die Herausgeber (Proff, Clemens, Marrón, Schmülling, Universität Duisburg-Essen und Bergische Universität Wuppertal) wichtige Erkenntnisse aus dem TALAKO-Projekt zusammen und geben einen Ausblick auf den weiteren Forschungsbedarf.

---

## Literatur

- Adner, R. (2017). Ecosystem as structure: An actionable construct for strategy. *Journal of Management*, 43(1), 39–58. <https://doi.org/10.1177%2F0149206316678451>.
- Chen, C., Pan, S., Wang, Z., & Zhong, R. Y. (2017). Using taxis to collect citywide E-commerce reverse flows: A crowdsourcing solution. *International Journal of Production Research*, 55(7), 1833–1844. <https://doi.org/10.1080/00207543.2016.1173258>.
- Dattée, B., Alexy, O., & Autio, E. (2018). Maneuvering in poor visibility: How firms play the ecosystem game when uncertainty is high. *Academy of Management Journal*, 61(2), 466–498. <https://doi.org/10.5465/amj.2015.0869>.
- European Commission. (2021). Sustainable & smart mobility strategy: Putting European Transport on track for the future. [https://transport.ec.europa.eu/transport-themes/mobility-strategy\\_en](https://transport.ec.europa.eu/transport-themes/mobility-strategy_en).
- Hagman, J., & Langbroek, J. H. M. (2019). Conditions for electric vehicle taxi: A case study in the Greater Stockholm region. *International Journal of Sustainable Transportation*, 13(6), 450–459. <https://doi.org/10.1080/15568318.2018.1481547>.
- Jacobides, M. G., Cennamo, C., & Gawer, A. (2018). Towards a theory of ecosystems. *Strategic Management Journal*, 39(8), 2255–2276. <https://doi.org/10.1002/smj.2904>.
- Javanshour, F., Dia, H., & Duncan, D. (2019). Exploring the performance of autonomous mobility-on-demand systems under demand uncertainty. *Transportmetrica A: Transport Science*, 15(2), 698–721. <https://doi.org/10.1080/23249935.2018.1528485>.

- Schraven, S., Kley, F., & Wietschel, M. (2016). Induktives Laden von Elektromobilen–Eine techno-ökonomische Bewertung. In Weizsäcker, C.C. von, Lindenberger, D. & Höfler E. (Hrsg.), *Interdisziplinäre Aspekte der Energiewirtschaft*. Springer Vieweg, 239–249 ([https://doi.org/10.1007/978-3-658-12726-8\\_16](https://doi.org/10.1007/978-3-658-12726-8_16)).
- Töller, A. E. (2021). Driving bans for diesel cars in German cities: The role of ENGOS and Courts in producing an unlikely outcome. *European Policy Analysis*, 7(8), 486–507. <https://doi.org/10.1002/epa2.1120>.
- Vaidya, B., & Mouftah, H. T. (2020). Dynamic wireless charging for CAEV taxi fleet in urban environment. *Internet Technology Letter*, 3(6). <https://doi.org/10.1002/itl2.153>.



# Induktives Taxi-Ladekonzept als Baustein einer Emissionsreduzierung in Innenstädten

Gregor Waluga

## Inhaltsverzeichnis

1	Motivation	2
1.1	Luftreinhaltung, Klimaschutz und Energiesparen	3
1.2	Förderung der Elektromobilität	6
1.3	Förderzugang	9
2	Projektförderung der Stadt Köln	10
3	Projektdurchführung	13
3.1	Betroffenheiten und Rahmenbedingungen	14
3.2	Standortsuche	19
3.3	Baustellensituation	20
3.4	Eröffnung und Resonanz	21
4	Schlussfolgerungen	23
	Literatur	24

## Zusammenfassung

Die zentrale Bedeutung der Mobilitätswende im Rahmen der Klimaschutzmaßnahmen ist unbestritten. Der Dreiklang „Vermeiden, Verlagern und Verbessern“ ist seit Jahrzehnten Planungsparadigma und dennoch ist der status quo nicht ausreichend, um von einer Klimaneutralität des Verkehrs zu sprechen. Kommunen haben hierbei eine wesentliche Gestaltungsfunktion: sie setzen die verhaltensbestimmenden Rahmenbedingungen für

---

G. Waluga (✉)  
Dezernat für Mobilität, Stadt Köln, Köln, Deutschland  
E-Mail: [gregor.waluga@stadt-koeln.de](mailto:gregor.waluga@stadt-koeln.de)



das Leben der Bürgerinnen und Bürger sowie die ansässige Wirtschaft. Kommunales Handeln muss dem öffentlichen Wohl dienen und verschiedene Interessen berücksichtigen. Wesentlicher Erfolgsfaktor hierbei ist, dass praktikable Lösungen für die unterschiedlichen Anwendungsfelder aktiv unterstützt werden müssen. Für die Schnittstelle Elektromobilität und Taxiverkehr bestand ein Praktikabilitätsdefizit, das die Elektrifizierung dieses Verkehrsegments zu hemmen schien. Mit dem Forschungsprojekt „Taxi-Lade-Konzept für den öffentlichen Raum“ (TALAKO) ist ein plausibles Konzept entwickelt worden, um nachhaltige Mobilität in der Stadt zu ermöglichen. Aus kommunaler Brille wird beleuchtet, welche Beweggründe ausschlaggebend für die Projektteilnahme waren und welche Lösungsansätze es für die speziellen Herausforderungen bei der Implementierung einer induktiven Ladeanlage im öffentlichen Straßenland gibt.

---

## 1 Motivation

Manchmal entscheidet der Zufall, ob für ein Problem eine passende Lösung gefunden werden kann, oder ob es eine Lösung gibt, die ein passendes Problem sucht. Wichtig ist der stetige Austausch untereinander und die Offenheit gegenüber neuen Dingen. So erhielt das für Mobilität zuständige Dezernat im Juni 2018 die Anfrage des Lehrstuhls für Allgemeine Betriebswirtschaftslehre & Internationales Automobilmanagement der Universität Duisburg-Essen, ob man interessiert an einem Forschungsprojekt zum induktiven Laden im Anwendungsfall Taxiverkehr sei. Zunächst wurde geprüft, ob für diese Problemlösung Bedarf besteht und welche Rolle die Kommune letztendlich dabei einnimmt.

Kommunen, insbesondere Großstädte, erhalten tagtäglich zahlreiche Anfragen aus der Bevölkerung, der Politik und Unternehmen. Im Rahmen der Transitionsforschung haben Universitäten und Forschungseinrichtungen die Kommunen als Reallabore (wieder-) entdeckt und möchten neben Umfragen und Grundlagenforschung auch konkrete, anwendungsbezogene Forschungsprojekte im Stadtraum durchführen. Die Haushalts- und Personalplanung der Städte setzt hierbei enge Grenzen an die Beteiligung und Durchführung von Projekten mit Dritten. Oftmals ist die Kommune nur mittelbar am Forschungsgeschehen beteiligt und zieht sich auf die Auskunfts- und Vermittlerrolle zurück. Doch auch dies erfordert Rückhalt und Unterstützung in der Hierarchie, da jedes Forschungsprojekt adäquat betreut werden muss, wofür Ressourcen zur Verfügung gestellt werden müssen. Hinzu kommt die Risikoabwägung, sollte ein Projekt nicht wie gewünscht erfolgreich zu Ende gebracht werden.