

Kosteneinsparpotentiale

eines Lademanagementsystems



Inhaltsverzeichnis

1. Senkung der Peak-Leistung durch Ladeverschiebung.....	3
2. Definition Lademanagementsystem	3
3. Lastverschiebung als zentraler Ansatz des kostenoptimierten Ladens.....	5
4. Charging process, charging curve	5
5. Strombezug, Bestandteile Strompreis.....	6
6. Ladestrategie, Lastverschiebepotentiale	7
7. Fallbeispiel Optimierungspotential durch Lastverschiebung.....	7
8. Künftige Einsparpotentiale	8
9. Zusammenfassung	9

1. Senkung der Peak-Leistung durch Ladeverschiebung



Bevor Elektrobusse im produktiven Alltag voll zum Einsatz kommen können, müssen viele der betrieblichen Prozesse neu definiert oder angepasst werden: In den Bereichen Planung, Disposition und Überwachung müssen sich Verkehrsunternehmen nun mit Batteriegrößen, Reichweiten und einer strikteren Zuordnung von Fahrzeugen zu Umläufen auseinandersetzen. Das Laden allerdings, sei es auf dem Betriebshof oder auf der Strecke, ist ein völlig neuer betrieblicher Vorgang. Er stellt Verkehrsunternehmen vor neue Herausforderungen, bietet aber auch Chancen – die durch die Unterstützung eines Lademanagementsystems genutzt werden können.

2. Definition Lademanagementsystem



Der VDV verortet das Lademanagementsystem in der Anwendungslandschaft der betrieblichen Informationssysteme zwischen Ladeinfrastruktur, Betriebshofmanagement und Strombeschaffung. Vom Betriebshofmanagementsystem oder dem Leitsystem werden dem Lademanagement Zeitfenster und Zielladezustände pro Bus übermittelt, die für die Ladevorgänge optimal ausgenutzt werden sollen (Abb 1: Übersicht Busdepot). Oberste Priorität dabei hat, dass alle Fahrzeuge nach Plan wiedereingesetzt werden können (Abb 2: Schema des Lademanagements. Auszug aus VDV230/1).

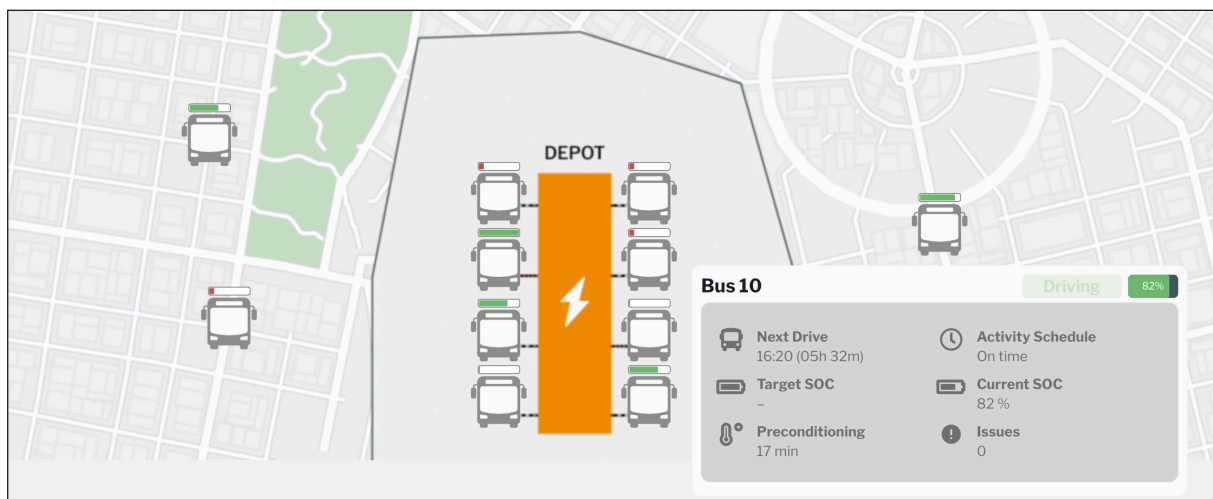


Abbildung 1: Übersicht Busdepot

Basierend auf mehr als 10 Jahren Erfahrung mit Ladeprozessen bei Elektrofahrzeugen wurden bei der Entwicklung des Lademanagementsystems MOBILEcharge die Anforderungen an ein intelligentes Lademanagementsystem genauestens analysiert, um folgende Funktionalitäten zu gewährleisten:

- Ladevorgänge einplanen, kontrollieren und überwachen

- Ladevorgänge parallelisieren und automatisieren
- Spitzenlasten vermeiden oder reduzieren
- bei Unterbrechungen von Ladevorgängen die erforderlichen Maßnahmen einleiten
- in Richtung Disposition eskalieren, wenn Ladevorgänge nicht wie geplant abgeschlossen werden können
- die Vorkonditionierung der Fahrzeuge automatisch ansteuern
- eine einheitliche Sicht auf die gesamte Ladeinfrastruktur verschiedener Hersteller sowie eine Überwachung der Funktionsfähigkeit derselben bieten
- zugunsten der Batterielebensdauer schonend laden

Ziel des intelligenten Lademanagements ist es also, dafür Sorge zu tragen, dass die Busse immer pünktlich, bedarfsgerecht geladen und vorkonditioniert zur Verfügung stehen – und das so kostengünstig wie möglich. Wesentlich für die Erfüllung der genannten betrieblichen Anforderungen ist die Anbindung an die weiteren betrieblichen Informationssysteme – mit dem Betriebshofmanagementsystem an vorderster Front. CarMedialab stellt diese Vernetzung durch die Einbindung des Lademanagements in die integrierte Gesamtlösung eMOBILE von INIT für den effizienten Betrieb von Elektrobussen sicher. Doch wie sieht es mit der wirtschaftlichen Anforderung nach einer kostenoptimierten Steuerung des Ladeprozesses aus?

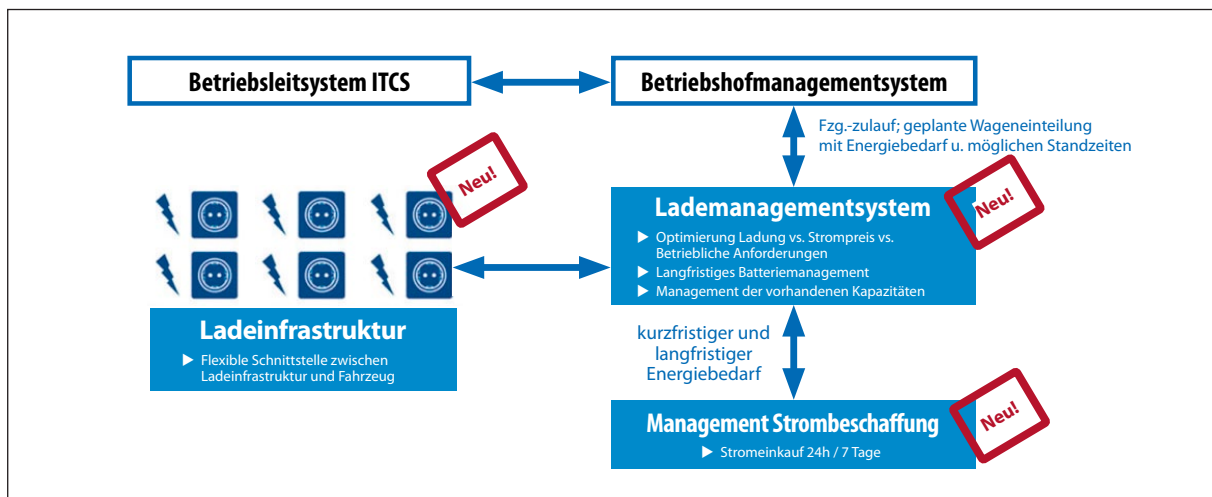


Abb 2: Schema des Lademanagements. Auszug aus VDV230/1

Hier geht es vorrangig darum, die maximale Ladeleistung zu reduzieren, denn diese ist zentrales Kriterium für den zu entrichtenden Strompreis. Dazu ist die Vermeidung unnötiger Lastspitzen (Peak-shaving) unerlässlich, die man durch eine gesteuerte Verschiebung der Lasten erreichen kann. Was bedeutet das im Einzelnen?

3. Lastverschiebung als zentraler Ansatz des kostenoptimierten Ladens



Im einfachsten Falle und ohne weitere Einflussnahme startet ein Ladevorgang nach Verbindung des Fahrzeugs mit einem Ladepunkt sofort. Zunächst werden Ladebedürfnis (Fahrzeug) und Verfügbarkeit (Ladeinfrastruktur) abgeglichen. Ohne externe Steuerung wird der Ladevorgang so gestaltet, dass er möglichst schnell abgeschlossen

Bei einer Lastverschiebung beeinflusst man auf der Infrastrukturseite aktiv, wann und mit welcher Ladeleistung ein Ladevorgang beginnt. Die Last wird also im Zeitverlauf verschoben und im Betrag angepasst. In der Praxis bedeutet das, dass Fahrzeuge im Depot ankommen und an das Ladekabel angeschlossen werden, der Ladevorgang aber von einem zentralen System gesteuert zu einem späteren Zeitpunkt beginnt.

4. Charging process, charging curve



Der Einfachheit halber wurde in den Diagrammen der Abb. 3 eine konstante Leistung pro Ladevorgang gezeigt.

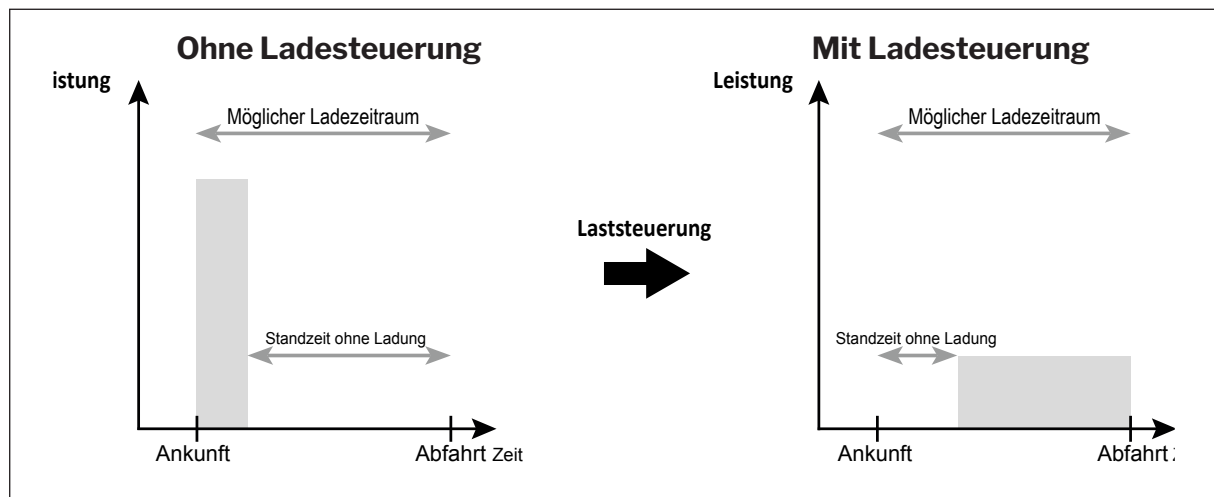


Abbildung 3: Steuerung von Lasten

Tatsächlich besteht bei Lithium-Ionen-Batterien aber durch das sogenannte IUa-Ladeverfahren ein Zusammenhang zwischen State-of-Charge (SOC; Ladezustand) und Ladeleistung. Nach diesem Verfahren wird in einer ersten Hauptlade-phase der größte Teil der Energie mit konstanter Ladeleistung zugeführt. Daran schließt sich eine zweite Phase an, bei der die Spannung auf die Ladeschlussspannung gesetzt bleibt und in der Folge die Ladeleistung exponentiell abfällt (Abb. 4: IUa Ladeverlauf).

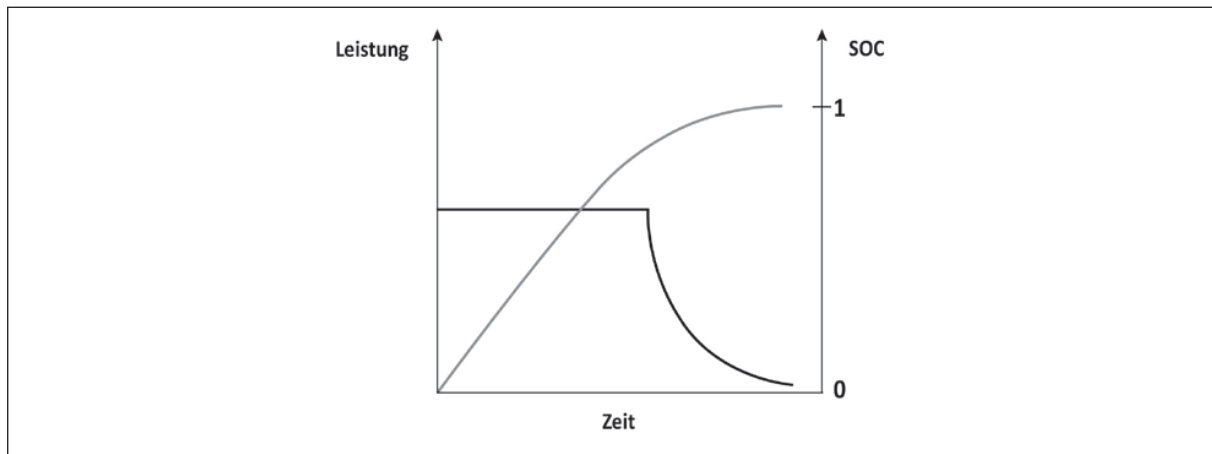


Figure 4: CCCV charging process: Correlation between state-of-charge (SOC) and charging capacity

Das bedeutet: Bis zu einem SOC von 70–80 Prozent wird mit konstant hoher Leistung geladen, ab dieser Grenze fällt die Leistung ab. Dabei nimmt die erste Lade-phase von 20 auf 80 Prozent etwa gleich viel Zeit ein wie die Ladung von 80 auf 100 Prozent.

5. Strombezug, Bestandteile Strompreis



Für eine wirtschaftliche Bewertung der Potentiale der Lastverschiebung gilt es primär die Peakleistung zu betrachten. Sie ist die wesentliche, beeinflussbare Größe bei der Strompreisbildung, die sich deutlich auf die Stromkosten auswirkt, und muss daher im Fokus der Verkehrsunternehmen stehen. Weniger bekannt in der Anwendung, aber dennoch interessant sind variable Stromtarife. Dabei werden über den Tag veränderliche Preise im Voraus festgelegt, zum Beispiel 24 Stunden rollierend (siehe Abb. 5).

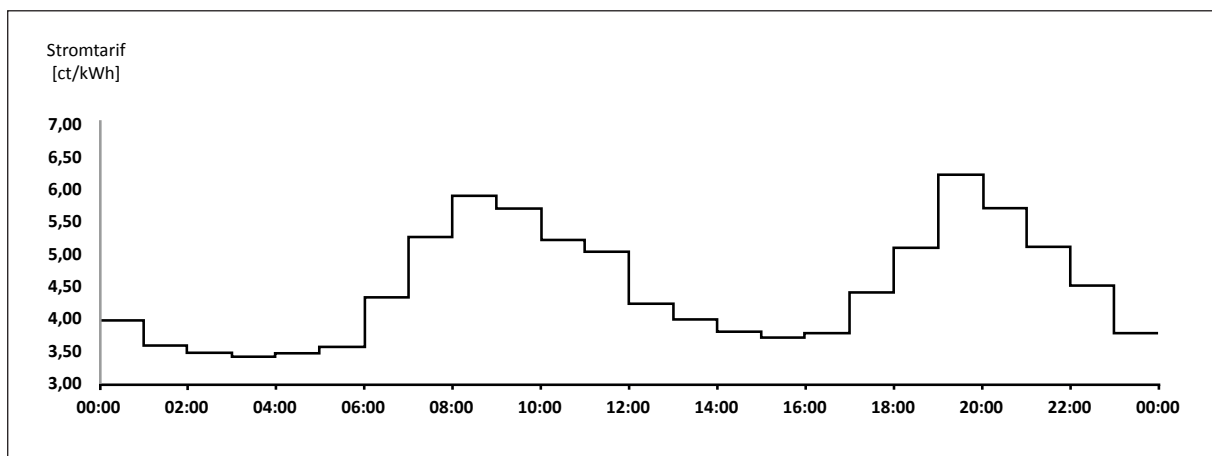


Abb. 5: Day-Ahead-Preise



6. Ladestrategie, Lastverschiebepotentiale

Aus der bisherigen Betrachtung lassen sich folgende Erkenntnisse identifizieren, die ein aktives Lademanagement nutzen kann, um die Gesamtenergiekosten zu minimieren.

- Die Zeitfenster für Ladevorgänge und Zielladestände sind bekannt
- Ladevorgänge können über die Zeit und in ihrer Leistung gesteuert werden
- Einzelne Ladevorgänge verlaufen über die Zeit nicht mit konstanter Leistung, sondern erfahren bei einem SOC von 70–80 Prozent einen deutlichen Abfall
- Der wesentliche Parameter für die Preisbildung ist der Leistungspreis

Zum einen kann man über alle anstehenden Ladevorgänge einen Ladeplan berechnen mit dem Ziel, die maximale Leistung zu minimieren. Zum anderen ergeben sich weitere Einsparpotentiale, wenn man variable Tarife berücksichtigt. All diese Berechnungen erfordern allerdings die Unterstützung durch ein intelligentes Lademanagementsystem. Dass die Investition in ein solches System unter ökonomischen Gesichtspunkten sinnvoll ist, zeigt exemplarisch die nachfolgende Wirtschaftlichkeitsbetrachtung.

7. Fallbeispiel Optimierungspotential durch Lastverschiebung



Zur wirtschaftlichen Bewertung des Optimierungspotentials wurden verschiedene Szenarien betrachtet. Dabei galt es zu erkennen, ob sich ein intelligentes Lademanagement lohnt und ob es möglicherweise eine Mindestflottengröße braucht, bis sich positive Effekte zeigen. Der hier vorgestellte Fall legt eine Flotte von 40 Elektrobussen mit Batteriegrößen von 300 kWh zugrunde, die ausschließlich im Depot geladen werden. Im Depot stehen 40 Ladepunkte mit 70 kW Ladeleistung zur Verfügung.

Beim ungesteuerten Laden (Abb. 6, Darstellung in blau) beginnen alle Busse direkt nach der Einfahrt ins Depot mit ihrem Ladevorgang. Verschiebungen ergeben sich also nur durch die unterschiedliche Rückkehr der Busse. Einige Fahrzeuge kehren am Tag zurück, haben nur kurze Umläufe zu absolvieren und können auch am Tag bereits wieder vollständig geladen werden. In den Abendstunden und in der Nacht entsteht durch Überlagerung von gerade startenden und noch nicht abgeschlossenen Ladevorgängen eine Lastspitze von ca. 1.150 kW. In den Morgenstunden vor dem Ausrücken ist ein Peak für die Vorkonditionierung sichtbar.

Durch eine aktive Steuerung der Ladevorgänge (Abb. 6, rote Linie) lassen sich die Lasten so schieben, dass einerseits die Peakleistung auf unter 800 kW reduziert

wird, andererseits die Fahrzeuge trotzdem noch rechtzeitig vorkonditioniert zum Ausrücken zur Verfügung stehen. Man erreicht also eine Reduktion der Peakleistung um mehr als 30 Prozent. **Bezogen auf die Gesamtkosten ergibt sich damit eine Kostensenkung von ca. 15 Prozent.**

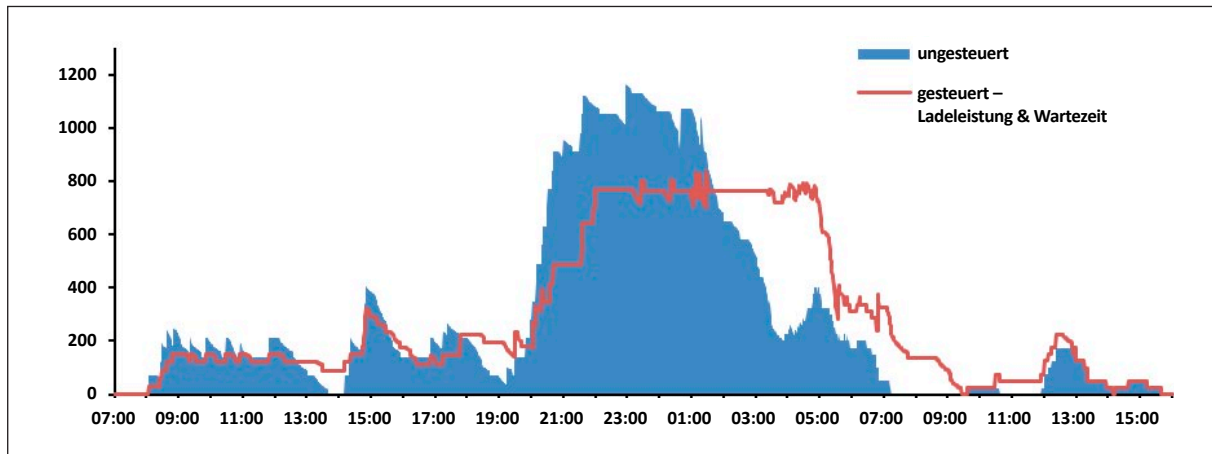


Abb. 6: Ungesteuertes und gesteuertes Laden

Flankiert man Maßnahmen zur Reduktion von Lastspitzen mit variablen Stromtarifen, so können die Kosten weiter gesenkt werden. Dabei werden hochpreisige Phasen wie am Abend zwischen 18 und 20 Uhr vermieden und stattdessen Lasten auf spätere, kostengünstigere Abschnitte verschoben. **Dadurch können weitere Einsparungen von 3–5 Prozent erzielt werden.**

Insgesamt addieren sich die Kostensenkungspotentiale durch die Lastverschiebung mithilfe des intelligenten Lademanagements und durch variable Strompreise auf bis zu 20 Prozent. Erfreulicherweise konnten vergleichbare Effekte bereits bei einer Flottengröße von 10 Fahrzeugen festgestellt werden.

8. Künftige Einsparpotentiale



In Zukunft gibt es einige weitere Möglichkeiten, die Kosten für den Energieeinsatz zusätzlich zu senken. So könnte Strom aus der Eigenerzeugung durch Photovoltaikanlagen für die Ladeprozesse eingesetzt werden. Für die Verkehrsunternehmen ergäbe sich eine Kostenersparnis, denn etwaige Abgaben wie zum Beispiel Netzentgelte fallen beim Eigenverbrauch nicht bzw. nur reduziert an. Allerdings unterliegt diese Art der Stromerzeugung witterungs- und tageszeitenbedingten Schwankungen, sodass keine gleichmäßige Stromeinspeisung gewährleistet wird. Abhilfe könnten stationäre Batteriespeicher leisten, die Schwankungen ausgleichen und damit wiederum Lastspitzen abmildern könnten. Einige Unternehmen wie die Verkehrsbetriebe Hamburg- Holstein GmbH (VHH) forschen bereits an der langfristigen Nachhaltigkeit von Traktionsbatterien der Elektrobusse. So wird im Projekt „Second Life Speicher“ getestet, ob ausgemusterte Elektrobus-Batterien als Energiespeicher in den Depots für Ladestationen zum Einsatz kommen können.

und ob dadurch das Lastmanagement verbessert werden kann. Zu guter Letzt ist sogar eine Teilnahme am Regelenenergiemarkt bzw. die Bereitstellung von abschaltbaren Lasten eine Option, Kosten zu senken – vorausgesetzt, die Anschlussleistung des Depots beträgt 5 MW oder mehr.

9. Zusammenfassung



Zusammenfassend kann festgehalten werden: Ein intelligentes Lademanagementsystem bietet viele Funktionen, mit denen der Betrieb von Elektrobussen effizienter und robuster gestaltet werden kann. Ein wesentlicher, rechenbarer Beitrag ist die aktive Steuerung von Lasten, die es ermöglicht, die Energiekosten durch Reduktion von Peakleistungen zu senken. Variable Preismodelle für den Strombezug können zu weiteren Kosteneinsparungen führen. Bisherige Berechnungen zeigen Optimierungen von bis zu 20 Prozent, davon resultieren ca. 15 Prozent aus der Senkung der Peakleistung und weitere bis zu 5 Prozent aus der Ausnutzung von variablen Tarifen. Weitere Potentiale eröffnen die dezentrale Erzeugung und Speicherung von Energie sowie die Teilnahme am Markt für Regelenenergie.

Kontakt

Wir freuen uns, Sie über unsere Produkte und Dienstleistungen zu informieren.
Kontaktieren Sie uns: contact_pt@carmedialab.com

Mehr Informationen finden sie auf unserer Homepage:
<https://www.carmedialab.com/de/public-transport/charge-management/>



CarMedialab GmbH | Gebäude 5112 | Werner-von-Siemens-Straße 2-6 | 76646 Bruchsal | Deutschland
Telefon : +49 7251-7240 0 | info@carmedialab.com | www.carmedialab.com

