

LADEKABEL - FUNKTIONALITÄT UND STANDARDISIERUNG

# So kommt der Strom ins Elektroauto

Das Rennen um die beste Ladetechnologie für Elektrofahrzeuge ist noch nicht entschieden. Beim derzeit favorisierten konduktiven Laden spielt das Kabelsystem als Verbindungselement zwischen Auto und Energienetz eine zentrale Rolle. Es muss verschiedene Lademodi und Steckertypen vereinen. Leoni ist an den Normierungs- und Vereinheitlichungsprozessen maßgeblich beteiligt und zieht das Fazit: Nur über die länder- und fahrzeugübergreifende Standardisierung gelingt die automobiler Revolution.

Die Autofahrer müssen beim „Auftanken“ von Elektrofahrzeugen aufgrund der neuen Technologie im Vergleich zu Verbrennungsmotoren umdenken – und sich von der bisherigen Gewohnheit, ihr verbrennungsmotorgetriebenes Fahrzeug innerhalb weniger Minuten aufzutanken und wieder fahrbereit zu sein, verabschieden. Das Laden sowie die damit verbundene Funktionalität stellen somit insbesondere für den Endkunden einen Kernpunkt der Elektromobilität dar. Grundsätzlich gibt es vier alternative Möglichkeiten, sein Fahrzeug an öffentlichen Ladestationen und -säulen oder an der heimischen Steckdose aufzuladen (**Bild 1**).

Derzeit werden gemeinhin die Varianten 2 und 3 als Hauptmöglichkeiten angesehen. Bei Modus 2 handelt es sich um die Lademöglichkeit an einer herkömmlichen Haushalt-

steckdose. Zur Sicherheit des Kunden ist bei dieser Variante im Ladekabel ein Steuergerät mit Sicherheits- und Kommunikationsfunktion (In-cable control box, ICCB) eingebaut, das kontinuierlich Ladevorgang und -status überwacht. Im Fehlerfall unterbricht das Steuergerät den Ladevorgang, um den Anwender und das System zu schützen. Eine vollständige Aufladung am deutschen Hausanschluss (16 A, 230 V – bis zu 3,7 kW) würde hierbei, abhängig von der Akkugröße des Elektrofahrzeuges, sechs bis acht Stunden in Anspruch nehmen und kann somit über Nacht erfolgen. Entsprechende konfektionierte Ladekabel werden nach aktuellem Stand bei allen Fahrzeugen mit Ladedose zum Lieferumfang der Fahrzeughersteller gehören. Dabei liegen unterschiedliche Meinungen vor, ob die Kabel in gerader oder spiralisierter Ausführung die Erstausrüstung komplettieren sollen.

Modus 3 bezeichnet die Lademöglichkeit an zumeist öffentlichen und halböffentlichen Ladesäulen oder Stromtankstellen sowie das Laden mit so genannten Wallboxen für den häuslichen Gebrauch. In diesen Fällen kann der Ladeprozess aufgrund von höheren Strömen, Spannungen (bis zu 63 A/400 V Wechselstrom) und eines dreiphasigen Betriebes beschleunigt werden.

Neben diesen Wechselstromlademöglichkeiten (AC) wird für die nahe Zukunft an einer Gleichstrom-Schnellademöglichkeit (Modus 4) mit bis zu 200 kW gearbeitet, die eine Reduzierung des Ladevorgangs auf 15 bis 30 Minuten oder weniger ermöglicht. Der für den häuslichen Gebrauch denkbare Lade-Modus 1 (vergleiche Modus 2 ohne ICCB-Steuergerät) wird sich dagegen voraussichtlich nicht durchsetzen, da sich derzeit ein Großteil der Fahrzeughersteller aufgrund von Sicherheitsrisiken gegen diese Ladeform entschieden hat.

**Steckersysteme**

Neben den unterschiedlichen Lademodi werden heute länderspezifische Steckersysteme für das Fahrzeug selbst, aber auch auf der Infrastrukturseite der Energieversorger eingesetzt. **Tabelle 1** gibt eine Übersicht über die unterschiedlichen Steckervarianten und deren Länderzuordnung. Die in der Tabelle aufgeführten Steckertypen können je nach Anforderung und technischer Machbarkeit in Bezug auf Stromstärke, Phasenanzahl und Spannungsart (Wechsel- oder Gleichstrom) in einem konfektionierten Ladekabel, dem sogenannten „Cord-Set“, kombiniert werden. So gibt es etwa neben der deutschen Typ2/Modus3-Variante mit Typ2-Steckern an beiden Seiten (Infrastruktur und Fahrzeug) auch Lösungen mit Typ1/Typ2-Steckerkombinationen. Da sich die Hersteller von Elektrofahrzeugen nicht von Beginn an auf ein einheitliches Steckersystem einigen konnten, ist heute ein sehr inhomogener Markt mit einer Vielzahl unterschiedlicher Ladekabelvarianten entstanden.

**Leitungsquerschnitte**

Die unterschiedlichen Lademodi und Typenklassen bedingen auch jeweils unterschiedliche Lösungen für die eingesetzten Leitungen hinsichtlich der Stromstärken, Spannungen und Phasenzahlen. Die stromführenden Adern werden je nach Anwendung mit Leiterquerschnitten von 2,5 mm<sup>2</sup> bis 16 mm<sup>2</sup> ausgeführt. Eine

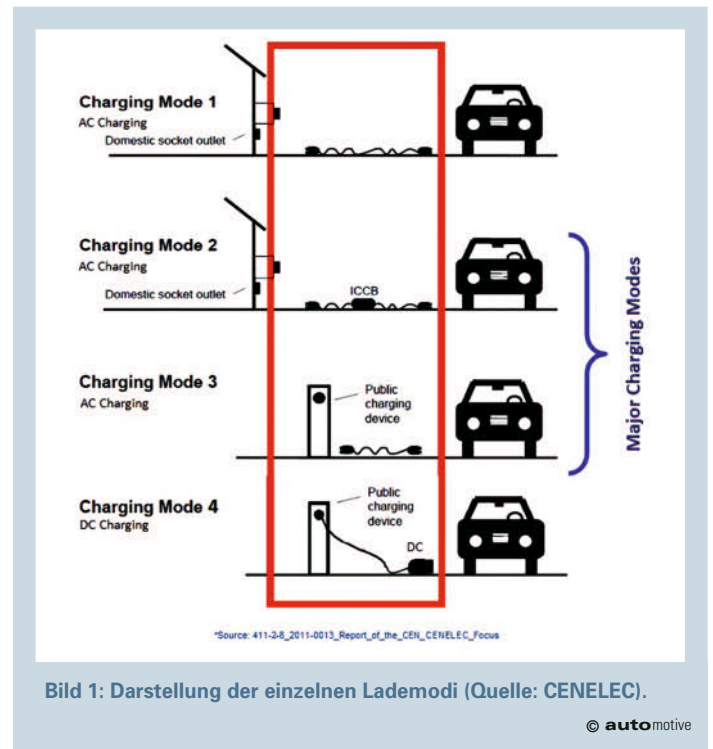


Bild 1: Darstellung der einzelnen Lademodi (Quelle: CENELEC).

© automotive

Übersicht hierzu zeigt **Tabelle 2**. Bei Leoni arbeiten die Ingenieure neben der glatten, geraden Standard-Ladeleitung derzeit an einer höchstflexiblen, aufwickelbaren Ausführung, die analog zu den gegenwärtigen Tanksäulensystemen vor allem an öffentlichen Stromtankstellen eingesetzt werden kann. Auch spiralisierte Ausführungen wer-

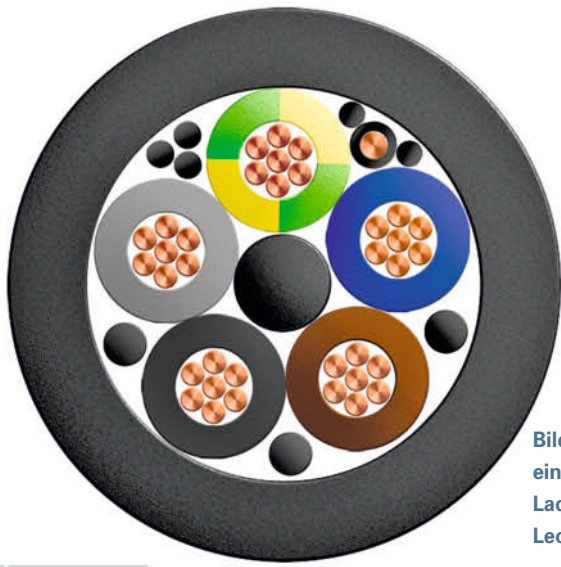
Steckervariante (Typ)	Einsatz	Länderzuordnung	Fahrzeugseitig (FS) / Infrastrukturseitig (IS)
Typ 1 (IEC)	AC Laden (1 Phase)	USA, Japan	FS
Typ 2 (IEC)	AC Laden (1 oder 3 Phasen)	Europa	FS & IS
Typ 2 China	AC Laden (1 oder 3 Phasen)	China	FS & IS
Typ 3 (IEC)	AC Laden (1 oder 3 Phasen)	Frankreich, Italien	IS
CHAdMo	DC Laden	Japan	FS
Combo Charger	AC & DC Laden (Typ1 u. Typ2)	Weltweit (noch in Planung)	FS

Tabelle 1: Varianten Ladestecker mit Einsatz- und Länderzuordnung.

NORMEN UND STANDARDISIERUNGSGREMIEN	
IEC 61851	Ladesysteme für Elektrofahrzeuge – Allg. Anforderungen
IEC 62196	Stecker, Steckdosen, Fahrzeugsteckvorrichtungen – Ladung von Elektrofahrzeugen
IEC 62752	„In Cable Redidual Current Device (IC-RCD)“ für Mode 2 Laden von Elektrofahrzeugen (ICCB)
DKE AK 411.2.8	Arbeitskreis für Normung und Standardisierung für Ladekabel
VDE	(z. B.: Anforderungen von Ladeleitungen für Elektro- und Plug-in-Hybrid-E-Fahrzeuge (PHEV))
UL FFSO	Standards for Flexible Cords and Cables UL62, Wire and cable test Methods UL2556
SAE J1772	Standard for electrical connectors for electrical vehicles

den zum Einsatz kommen, da sich bei dieser Variante ein wesentlicher Vorteil in den Abmessungen (speziell im Ruhezustand) und in der Flexibilität der Arbeitslänge ergibt. So lässt sich ein derartiges Ladekabel mit einer Blocklänge von unter ein Meter auf bis zu vier Meter Arbeitslänge strecken.

Neben ihrer wichtigsten Funktion, nämlich der Versorgung des Fahrzeuges mit dem notwendigen Ladestrom, stellt die Leitung zudem den Austausch von Daten zwischen dem Fahrzeug und der Stromquelle bzw. der Kontrollein-



**Bild 2: Querschnitt eines dreiphasigen Ladekabels (Quelle: Leoni).** © automotive

Situation	Stromversorgung	Ladeeinrichtung	Kabelquerschnitt
<b>Hausanschluss bis 16 A je Phase</b>	1 Phase bis 3,7 kW	Hausanschluss mit Stecker und Steckdosensystem	2,5 mm <sup>2</sup>
<b>Hausanschluss bis 16 A je Phase</b>	1 Phase bis 11 kW	Hausanschluss mit Stecker und Steckdosensystem	2,5 mm <sup>2</sup>
<b>Typgebunden bis 32 A je Phase</b>	1 Phase bis 7,4 kW	Hausanschluss und öffentliche Ladestationen	6 mm <sup>2</sup>
<b>Typgebunden bis 32 A je Phase</b>	3 Phasen bis 22 kW	Hausanschluss und öffentliche Ladestationen	6 mm <sup>2</sup>
<b>Typgebunden bis 63 A je Phase</b>	1 Phase bis 14,5 kW	Öffentliche Ladestationen	16 mm <sup>2</sup>
<b>Typgebunden bis 63 A je Phase</b>	3 Phasen bis 43,5 kW	Öffentliche Ladestationen	16 mm <sup>2</sup>

**Tabelle 2: Übersicht der einzelnen Leitungsquerschnitte – Stromstärke, Phasenzahl, übertragbare Leistung, Einsatzgebiet. (Quelle: LEONI)**

heit wie Wallbox oder ICCB sicher, um einen reibungslosen Ladevorgang zu gewährleisten. Neben der Abfrage, ob das Ladekabel am Fahrzeug eingesteckt ist, können auch Informationen über den aktuellen Ladestatus, die Ladegeschwindigkeit, die Aktivierung bzw. Deaktivierung des Ladevorgangs und den Zustand des Schutzleiters ausgetauscht werden. Auch die Abrechnung des geladenen Stroms ist eine Funktionalität, die künftig eine Datenkommunikation zwischen Fahrzeug und Ladestation erforderlich machen wird.

Der Verbraucher interessiert sich bei den neuen Produktlösungen der Ladekabel neben der Bedienbarkeit, der Haptik sowie der Optik auch für die länderübergreifende Standardisierung. Gleichwohl steht die funktionale Sicherheit, insbesondere der Schutz gegen Stromschlag oder eindringende Feuchtigkeit, an oberster Stelle. So wird sowohl die funktionale Sicherheit als auch die weltweite Vereinheitlichung der Systeme vor allem durch die nationale und internationale Standardisierung geprägt. Neben den nationalen Gremien wie VDE, DKE, ZVEI, SAE, UL, etc. zeigt sich hauptsächlich die internationale Normungsarbeit (IEC, CENELEC) für die weltweite Standardisierung verantwortlich. Kabelseitig sind bereits VDE- und UL-freigegebene Produkte auf den internationalen Märkten verfügbar. Die Einführung eines weltweit einheitlichen Ladesteckersystems (Infrastruktur und Fahrzeugseite) wird im Zusammenhang

mit der Standardisierung die größere Hürde darstellen, da die IEC-Normen (**Tabelle 1**) mehrere Steckervarianten zur Auswahl geben. Selbst europäische Mitgliedsländer konnten sich bisher noch nicht auf einen einheitlichen Steckertyp festlegen.

**Zusammenfassung**

Es ist festzustellen, dass sich aufgrund der Vielzahl von Lademodi und Steckertypen unterschiedliche Lösungen für Ladekabel etabliert haben. Um eine Mobilität auch über Grenzen hinweg sicherstellen zu können, ist es daher unabdingbar, eine länderübergreifende Harmonisierung der Ladeschnittstellen zu erzielen. Aktuell arbeiten unterschiedliche internationale Normungsgremien und Arbeitskreise sowohl an einer geometrischen Standardisierung der einzelnen Komponenten als auch an den allgemeinen Anforderungen

hinsichtlich der Ladesysteme. Leoni engagiert sich in den jeweiligen Gremien, um die gesteckten Ziele der Normungs-Roadmap zu erreichen.

Die Verfügbarkeit entsprechender Lademöglichkeiten wird essenziell zum Erfolg der elektromobilen Revolution beitragen. Nur wenn der Kunde von der Mobilität, also der Reichweite, sowie von Alltagstauglichkeit und Zuverlässigkeit eines Elektrofahrzeuges überzeugt ist, wird er der neuen Technologie sein uneingeschränktes Vertrauen entgegenbringen. (oe)



**Alexander Strauß** ist bei Leoni Product Manager Electromobility.



**Günter König** ist bei Leoni als Manager Product Management & Engineering tätig.