

Nachdem im letzten Artikel «Kommunikation PP» das Erkennen eines Ladesteckers erklärt wurde, widmen wir uns dem CP-Anschluss.

Das Auto kommuniziert über den Anschluss Control Pilot (CP) mit der Ladestation, indem das Ladegerät und das Onboard-Ladegerät diverse Kommunikationssignale übertragen. Im Wesentlichen handelt es sich bei der Kommunikation um eine Spannungsamplitudencodierung. Beispielsweise wird über diesen Weg der Wert der maximalen Höhe der Stromstärke von der Ladeelektronik an das Fahrzeug übermittelt. Sowohl in SAE J1772 als auch in IEC 61851 ist diese Kommunikation beschrieben. Die SAE hat die maximale Stromlast auf der Basis einer Formel definiert, welche die 1000 µs Zykluslänge der Trägerfrequenz (das 1-kHz-Signal) nimmt und je 10 µs Pulsweite (Duty Cycle  $D$ ) mit 0,6 A multipliziert. Ab einem Duty Cycle von 86% bis 96% wird von  $D$  der Wert 64 subtrahiert und anschließend mit 2,5 A multipliziert (Bild 1).

$$I_{10 - 85\%} = D \cdot 0.6 \text{ A}$$

$$I_{86 - 96\%} = (D - 64) \cdot 2.5 \text{ A}$$

Bild 1: Formel der Ladestromstärke.

Das Signal kann mit einem Oszilloskop und passendem Adapter oder speziellem Prüfkoffer zwischen CP und PE gemessen werden (Bild 2).

Zudem gibt es Testgeräte, die am Ladestecker angeschlossen werden, um die Ladesäule zu simulieren. Dabei können verschiedene PWM-Signale mithilfe von Schalterstellungen simuliert werden und LEDs zeigen das Vorhandensein der Kommunikation an.

### Zustand A

Zunächst einmal ist noch kein Elektroauto an der Ladestation angeschlossen und die Typ-2-Steckdose ist von der Ladestation spannungsfrei geschaltet (d. h. N, L1, L2 und L3 sind unterbrochen). Das Rechtecksignal der Ladestation ist zu diesem Zeitpunkt noch deaktiviert, stattdessen wird an CP dauerhaft über den 1-kΩ-Widerstand ( $R_1$ ) eine Spannung von +12 V angelegt.

### Zustand B

Wird nun ein Elektroauto angeschlossen, verbindet das Onboard-Ladegerät die CP-Leitung über eine Diode ( $D_1$ ) und einen 2,74-kΩ-Widerstand ( $R_2$ ) mit dem Schutzleiter (PE). Dadurch zieht es die Spannung an CP von +12 V auf +9 V (Prinzip Spannungsteiler). Da die Ladestation die Spannung an CP misst, kann sie nun Folgendes erkennen: «Ein Elektroauto ist angeschlossen.» Daraufhin aktiviert sie das Rechtecksignal mit einer Pulsweite entsprechend dem verfügbaren Ladestrom. Durch den 1-kΩ-Widerstand ( $R_1$ ) in der Ladebox, die

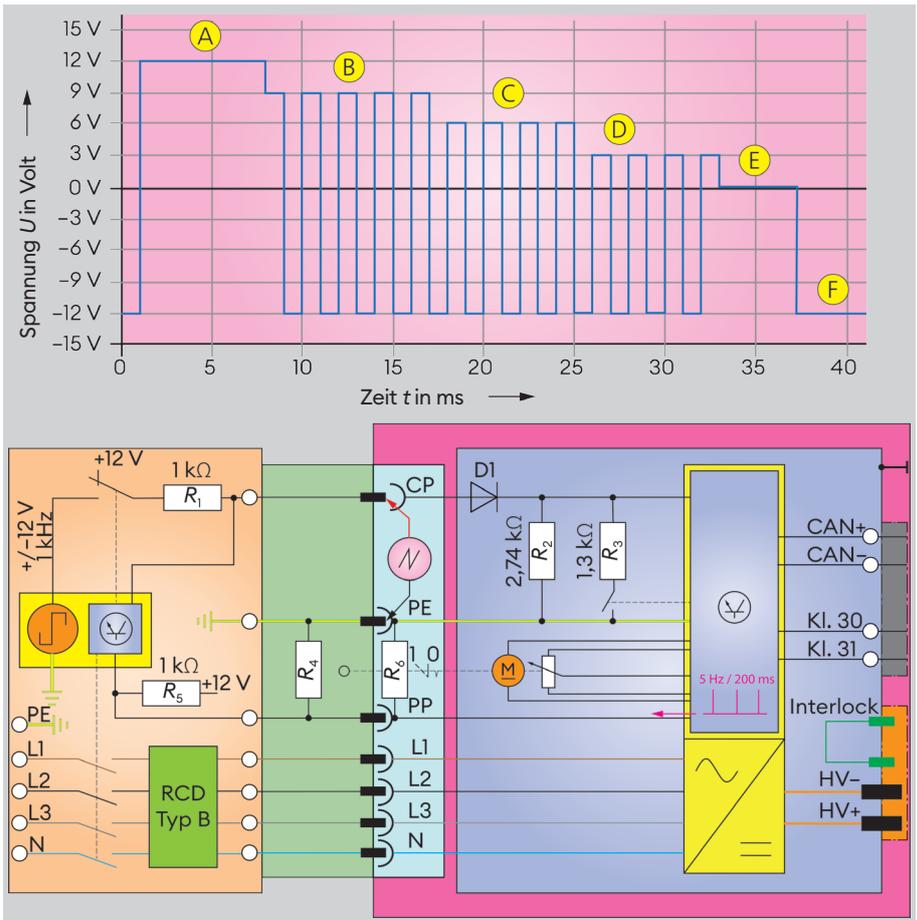


Bild 2: Prinzipielle Darstellung der Ladestation im Zusammenspiel mit dem Onboard-Ladegerät. A bis F = Spannungssignale mit einem Oszilloskop zwischen CP und PE gemessen.

Diode ( $D_1$ ) und den 2,74-kΩ-Widerstand ( $R_2$ ) im Onboard-Ladegerät pendelt das Rechtecksignal an CP zwischen +9 V und -12 V.

### Zustand C

Das Onboard-Ladegerät misst die Pulsrate ( $t_i$ ) des Signals und erfährt so, wie viel Ladestrom ihm zur Verfügung steht. Ob ein- oder dreiphasige Ladung möglich ist, spielt beim Kommunikationsprotokoll keine Rolle. Wenn die Pulsweite beispielsweise 16 A entspricht, könnte dies eine Ladeleistung von 3,7 kW einphasig oder 11 kW dreiphasig bedeuten. Sobald das Elektroauto bereit ist zu laden, schaltet das Onboard-Ladegerät einen Widerstand von 1,3 kΩ ( $R_3$ ) zwischen die Diode ( $D_1$ ) und den Schutzleiter (PE). Hierbei sinkt die Spannung des Rechtecksignals von +9 V auf +6 V. Da die Ladestation die Spannung an CP misst, erkennt sie nun: «Das Elektroauto will laden!» Also schaltet sie über einen Schütz die Stromversorgung zum Elektroauto ein (N, L1, L2 sowie L3) und der Onboard Charger lädt die HV-Batterie – maximal mit der Stromstärke, die ihm die Ladestation vorgibt. Erst jetzt kann das bordeigene Ladegerät messen, ob es sich um einen ein- oder dreiphasigen Stromanschluss handelt. Während des gesamten Ladevorgangs sendet die Ladestation das Rechtecksignal weiter (zwischen +6 V und -12 V).

Die Ladestation kann die Pulsweite verändern, woraufhin das Elektroauto seinen Ladestrom entsprechend anpassen muss.

### Zustände D bis F

Der Zustand D wird heute nicht mehr vorkommen, weil die externe Lüfteranforderung nur für Bleisäure-Batterien relevant ist, um die entstehenden Ladegase sicherheitshalber abzuführen. Die Zustände E und F deuten auf einen Verbindungsfehler beziehungsweise allgemeinen Fehler hin.

### Ladevorgang beenden

Bricht das Rechtecksignal ganz ab, muss das Elektroauto sofort die Ladung stoppen. Achtung! Die Anschlussstifte des Control-Pilot-Kontaktes liegen «tiefer» als die anderen Kontaktstifte. Damit wird erreicht, dass der Stromkreis als Letzter (zum Einleiten des Ladens) geschlossen und als Erster geöffnet wird, um die stromführenden Anschlüsse zu schonen. Ist die HV-Batterie fertig geladen (oder bricht der Fahrer den Ladevorgang ab), deaktiviert das Onboard-Ladegerät den 1,3-kΩ-Widerstand, wodurch die obere Grenzspannung des Rechtecksignals wieder auf +9 V steigt. Daraufhin schaltet die Ladestation die Spannungsversorgung zum Elektroauto ab und die Typ-2-Steckdose ist wieder spannungsfrei.