



Merkblatt 10

Schnell- und Zwischenladen von Antriebsbatterien für Flurförderzeuge in der Intralogistik: Infrastruktur, Lebensdauer, Sicherheit

Final 24. März 2026

1 Allgemeines

Um die Verfügbarkeit von Flurförderzeugen zu erhöhen und gleichzeitig den Batteriebestand zu minimieren wird zunehmend Schnellladetechnik eingesetzt. Diese Technologie erlaubt es die Ladezeit für die Vollladung von Batterien signifikant zu verkürzen und z. B. in Pausenzeiten effektiv Zwischenzuladen.

Dieses ZVEI Merkblatt dient als Orientierung für den Schnell- und Zwischenladebetrieb von Traktionsbatterien in der Intralogistik. Der Fokus liegt dabei auf den zurzeit führenden Technologien Blei und Lithium-Ionen. Das Merkblatt gibt Orientierungshilfe für die Auslegung von Schnell- und Zwischenladesystemen und zeigt übliche Problemstellungen auf.

Das Merkblatt soll anwendungsorientierte Hinweise geben und als Ergänzung für die Publikationen IEC TS 61044:2021-08 // IEC TS 61044:2021 ED1 "Opportunity charging of lead-acid traction batteries" dienen.

Es werden Anwendungsmöglichkeiten beschrieben und Anleitungen für notwendige Rahmenbedingungen gegeben. Die individuelle betriebliche Anwendung sowie die örtlichen Gegebenheiten, Bestimmungen und Anforderungen sind immer zu beachten. Im Zweifelsfall ist der jeweilige Batterie- und Ladegerätehersteller zu kontaktieren.

2 Rahmenbedingungen für den Einsatz von Schnellladetechnik

2.1 Infrastruktur und DC-Ladeleistung

Um eine signifikante Ladezeitverkürzung realisieren zu können, ist es essenziell eine entsprechende Ladeleistung (DC = Gleichstrom) zur Verfügung zu stellen, welche wiederum eine noch größere Netzanschlussleistung (AC = Wechselstrom) voraussetzt.

$$P_{LA} = \frac{U_N \cdot C_N \cdot \frac{\Delta_{SOC}}{100 \%}}{t_{LA}}$$

Formel 1: Faustformel für die Abschätzung der Ladeleistung

P_{LA} : Ladeleistung [W]

U_N : Nominalspannung der Batterie [V]

C_N : Nominalkapazität der Batterie [Ah]

Δ_{SOC} : Delta zwischen Ladezustand (SOC = state of charge) vor der Ladung und nach der Ladung [%]

t_{LA} : Ladezeit [h]

Rechenbeispiele:

Eine Batterie mit 80 V und 1.000 Ah (Nominalenergie 80,0 kWh) benötigt für eine Vollladung (20 % Ladezustand → 100 % Ladezustand) in

- 8h: rechnerischer mittlerer Ladestrom 100 A bzw. min. Leistung 8 kW (DC)

$$P_{LA} = \frac{80 \text{ V} \cdot 1000 \text{ Ah} \cdot \frac{(100 \% - 20 \%)}{100 \%}}{8 \text{ h}} = 8 \text{ kW}$$

- 1h: rechnerischer mittlerer Ladestrom 800 A bzw. min. Leistung 64 kW (DC)

Rechenbeispiel 1

$$P_{LA} = \frac{80 \text{ V} \cdot 1000 \text{ Ah} \cdot \frac{(100 \% - 20 \%)}{100 \%}}{1 \text{ h}} = 64 \text{ kW}$$

Rechenbeispiel 2

Wichtiger Hinweis: Es handelt sich bei vorgehenden Beispielen um vereinfachte Kalkulationen ohne Berücksichtigung von Kennliniendetails sowie Ladeverlusten – die tatsächliche erforderliche Ladeleistung liegt somit höher.

Weitere Beispiele zur Darstellung der Abhängigkeit zwischen Ladezeit und erforderlicher DC-Ladeleistung sind aus der Tabelle 1 'Vollladung' und Tabelle 2 'Zwischenladen' im Anhang zu entnehmen.

2.2 Infrastruktur – Netzanschlussleistung und AC-Steckverbinder

Mit der in Kapitel 2.1 „Infrastruktur – Ladeleistung“ ermittelten DC-Ladeleistung lässt sich die mindestens benötigte Netzanschlussleistung bestimmen.

$$P_{NA} = \frac{P_{LA}}{\eta_{ges}}$$

Formel 2: Bestimmung der Netzanschlussleistung

P_{NA} : Netzanschlussleistung [VA]

P_{LA} : Ladeleistung [W]

η_{ges} : Wirkungsgrad des Gesamtsystems (Batterie und Ladegerät)

Rechenbeispiel:

Eine Batterie 48 V 550 Ah (Nominalenergie 26,4 kWh) benötigt für eine Vollladung (20% Ladezustand → 100% Ladezustand) in 1 h eine Mindestladeleistung von 21,12 kW (DC).

Bei einem Wirkungsgrad von 0,9 (= 90 %) des Gesamtsystems ergibt sich eine Mindestnetzanschlussleistung von 23,47 kVA (AC).

$$P_{NA} = \frac{21,12 \text{ kW}}{0,9} = 23,47 \text{ kVA}$$

Rechenbeispiel 3

Bei der Betrachtung der üblichen AC-Steckverbinder (CEE) für Netzanschlüsse ergeben sich folgende Limitierungen:

- 1-phasig 16 A / 230 V max. Leistung 3,68 kVA (AC)
- 3-phasig 16 A / 400 V max. Leistung 11,09 kVA (AC)
- 3-phasig 32 A / 400 V max. Leistung 22,17 kVA (AC)
- 3-phasig 63 A / 400 V max. Leistung 43,65 kVA (AC)

Auch wenn 125 A / 400 V CEE Steckverbinder zur Verfügung stehen, wird in der Regel oberhalb von 43,65 kVA festverdrahtet.

Aus dem Rechenbeispiel 3 ergibt sich, dass für die Ladeleistung theoretisch ein Ladegerät mit einem 3-phasigen 32 A / 400 V Netzanschluss ausreichend wäre. Da die tatsächliche Ladeleistung aufgrund des zu berücksichtigen Wirkungsgrads des Gesamtsystems höher liegt, muss in dem vorliegenden Beispiel eine höhere Netzanschlussleistung (3-phasig 63 A / 400 V) zur Verfügung stehen.

Weitere Beispiele zur Darstellung der Abhängigkeit zwischen Ladezeit und erforderlicher Netzanschlussleistung und Steckverbinder sind der Tabelle 1 'Vollladung' und Tabelle 2 'Zwischenladen' zu entnehmen.

Zusätzlich sind die Anforderungen an Ladekabel und Ladestecker zu beachten (siehe hierzu ZVEI Merkblatt 9.1 und 9.2 [Merkblätter: Batteriewissen kompakt](#)).

Reicht der Netzanschluss für die benötigte Ladeleistung nicht aus, so besteht in der Regel die Möglichkeit mit einem entsprechenden Pufferspeicher (BESS - Battery Energy Storage System) die Ladeleistung auf das gewünschte Niveau zu erhöhen.

2.3 Infrastruktur – weitere wichtige Bedingungen und Informationen

Rechentafeln für den Schnell- und Zwischenladebetrieb, um die benötigte Ladeinfrastruktur abschätzen zu können, befinden sich im Anhang. Rechentafel 1 ‚Batterie-Vollladung‘, Rechentafel 2 ‚Energiebedarf Flurförderfahrzeug‘, Rechentafel 3 ‚Batterie-Zwischenladen‘.

Folgende Publikationen zur Auslegung von Ladeplätzen / Sicherheitsabstände sind in der jeweils gültigen Ausgabe heranzuziehen

- VdS 2259
- IEC EN DIN 62485-3
- IEC EN DIN 62485-6

Belüftungsanforderungen für Bleibatterien sind folgenden Publikationen zu entnehmen

- IEC EN DIN 62485-3
- ZVEI Merkblatt 14 ([Merkblätter: Batteriewissen kompakt](#))

Wichtiger Hinweis aus der Praxis: Lösen von Steckverbindungen

Aufgrund der üblicherweise höheren Ströme im Zwischen- oder Schnellladebetrieb ist insbesondere darauf zu achten, dass ein Lösen der DC-Steckverbindung unter Last, Personen- und Sachschäden nach sich ziehen könnten. Bei diesem Anwendungsfall ist daher noch größerer Wert auf technische und organisatorische Lösungen zu legen, um solche Schäden zu verhindern.

2.4 Batterieseitige Effekte beim Schnell- und Zwischenladen

Unabhängig von der Batterietechnologie hängt die Lebensdauer einer Batterie in der Anwendung im Besonderen von den Parametern Batterietemperatur, Energieumsatz und Ladetechnik ab.

Der Zwischenladebetrieb ermöglicht mehr Warenumschlag pro Tag und Batterie, was aber auch mit einem höheren kalendarischen Energieumsatz einhergeht.

2.4.1 Ladefenster

Das optimale Ladefenster für effektives Zwischenladen ist hersteller- und technologiespezifisch. Jedoch befinden sich diese Ladefenster üblicherweise zwischen 20 % SOC und 80 % SOC.

Außerhalb des Ladefensters verringert sich in der Regel die Ladegeschwindigkeit. Regelmäßiges Zwischenladen bei hohen Ladezuständen kann überdies die Lebensdauer der Batterie verkürzen.

2.4.2 Batterietemperatur

Die durchschnittliche Betriebstemperatur sowie die Maximaltemperaturen von Batterien im Schnell- und Zwischenladebetrieb liegen durch die hohen Ladeströme sowie den gesteigerten Energiedurchsatz in der Regel höher als der Betrieb mit aufeinanderfolgenden vollständigen Entladungen gefolgt vom vollständigen Wiederaufladen.

Eine erhöhte Batterietemperatur führt zu einer geringeren Lebensdauer. Eine aktive Batteriekühlung kann hierbei je nach Technologie Abhilfe schaffen, verschlechtert jedoch den Wirkungsgrad.

2.4.3 Ladetechnik und -zubehör

Die Anweisungen der Batterie- und Ladegerätehersteller in den Gebrauchsanweisungen sind zu beachten, um mögliche Fehlbehandlungen der Batterien im Zwischenladebetrieb zu vermeiden. So sind für die unterschiedlichen Batterietechnologien jeweilig geeignete Ladekennlinien und unter Umständen weiteres Zubehör zu verwenden. Ebenso müssen herstellerspezifische Ladeparameter und Grenztemperaturen beachtet werden.

Für das Zwischenladen von Bleibatterien wird eine temperaturgeführte Ladung empfohlen. Für Bleibatterien mit Flüssigelektrolyt wird zusätzlich ein Elektrolytumwälzungssystem empfohlen.

Für das Laden von Lithium-Ionen Batterien ist generell eine temperaturgeführte Ladung notwendig. In der Regel ist dies im Batteriemanagementsystem implementiert.

Bei sehr hohen Strömen oder Energiedurchsätzen kann der Einsatz einer Batteriekühlung erforderlich werden.

2.5 Betriebliche Abläufe

Für ein vollständiges Konzept für Schnell- und Zwischenladen ist eine Planung von betrieblichen Abläufen in der Regel unerlässlich. Unter Berücksichtigung aller technischen Aspekte in den Kapiteln 2.1 bis 2.4 sowie unter Zuhilfenahme der Rechentafel 1 - 3 ist eine Simulation der betrieblichen Abläufe unter den geplanten Bedingungen mit Schnell- und Zwischenladen zu empfehlen.

Folgende Punkte sollten hierbei beachtet werden:

- Park-, Ladeposition von Flurförderfahrzeug
- Wegezeiten von und zum Pausenraum
- Redundanz von kritischen Batterieladegeräten und Flurförderfahrzeugen
- Ermittlung der Maximalleistung aller gleichzeitig in Betrieb befindlichen Ladegeräte
 - Betrachtung, ob eine oder mehrere der folgenden Maßnahmen erforderlich ist:
 1. Ausbau der lokalen elektrischen Infrastruktur
 2. Installation eines Energiemanagementsystems
 3. Installation eines stationären Speichers (BESS) zur Ladeunterstützung
 4. Neuorganisation des Schichtmodells
- Zuordnung von kompatiblen Ladegeräten zu Batterie(n) und Flurförderzeug(en)

Darüber hinaus sind bei der Umstellung von Batteriewechselbetrieb auf Schnell- und Zwischenladebetrieb die Anwender entsprechend zu schulen. Dies gilt ebenfalls bei Umstellung von Verbrennerfahrzeugen auf elektrisch betriebene Flurförderzeuge.

Kontakt

Gunther Kellermann • Geschäftsführer • Fachverband Batterien
Tel.: +49 69 6302-420 • Mobil: +49 151 26441133 • E-Mail: gunther.kellermann@zvei.org

ZVEI e. V. • Verband der Elektro- und Digitalindustrie • Amelia-Mary-Earhart-Str. 12 • 60549 Frankfurt a. M.
Lobbyregisternr.: R002101 • EU Transparenzregister ID: 94770746469-09 • www.zvei.org

Datum: 24.03.2026

Tabelle 1: Voilladung

Folgende Tabelle beinhaltet Beispiele, die einen Großteil der gängigen Batterietypen (Kapazität, Spannung) für Flurförderzeuge abbilden, dabei werden bewusst Grenzbereiche aufgezeigt

Batteriekapazität C_N [Ah]	Batteriespannung U_N [V]	Laderate (Verhältnis Lade- strom zu Batterie- kapazität)	Min. Lade- strom Lade- gerät [A]	Lade- zustand (SOC) vor der Ladung [%]	Lade- zustand (SOC) nach der La- dung [%]	Delta Ladezu- stände Δ SOC [%]	Lade- zeit [h]	Wirkungs- grad Batterie [%]	DC La- deleis- tung P_{LA} [kW]	Wirkungs- grad La- degerät [%]	AC Lade- leistung [kW]	AC Leis- tungs- faktor [cos phi]	AC An- schluss- leistung (Schein- leistung) [kVA]	Anzahl Phase(n)	AC Strom [A] je Phase	CEE Steckdose / An- schlussart
200	24	0,12 C	23,5	20	100	80	8	85%	0,6	90%	0,6	0,9	0,7	1	3,0	CEE 7 (Schuko) // bis 10A Dauerlast (empfohlen) CEE 17 blau (Camping) // bis 16A Dauerlast
200	24	0,16 C	31,4	20	100	80	6	85%	0,8	90%	0,8	0,9	0,9	1	4,0	
200	24	0,24 C	47,1	20	100	80	4	85%	1,1	90%	1,3	0,9	1,4	1	6,1	
200	24	0,94 C	188,2	20	100	80	1	85%	4,5	90%	5,0	0,9	5,6	1	24,2	nicht üblich
200	24	0,94 C	188,2	20	100	80	1	85%	4,5	90%	5,0	0,9	5,6	3	8,1	CEE 16-5 // bis 16A Dau- erlast
500	48	0,12 C	58,8	20	100	80	8	85%	2,8	90%	3,1	0,9	3,5	1	15,2	CEE 17 blau (Camping) // bis 16A Dauerlast
500	48	0,16 C	78,4	20	100	80	6	85%	3,8	90%	4,2	0,9	4,6	1	20,2	nicht üblich
500	48	0,12 C	58,8	20	100	80	8	85%	2,8	90%	3,1	0,9	3,5	3	5,0	CEE 16-5 // bis 16A Dau- erlast
500	48	0,16 C	78,4	20	100	80	6	85%	3,8	90%	4,2	0,9	4,6	3	6,7	CEE 16-5 // bis 16A Dau- erlast
500	48	0,24 C	117,6	20	100	80	4	85%	5,6	90%	6,3	0,9	7,0	3	10,1	CEE 16-5 // bis 16A Dau- erlast
500	48	0,94 C	470,6	20	100	80	1	85%	22,6	90%	25,1	0,9	27,9	3	40,3	CEE 63-5 // bis 63A Dau- erlast
1000	80	0,12 C	117,6	20	100	80	8	85%	9,4	90%	10,5	0,9	11,6	3	16,8	CEE 32-5 // bis 32A Dau- erlast
1000	80	0,16 C	156,9	20	100	80	6	85%	12,5	90%	13,9	0,9	15,5	3	22,4	CEE 32-5 // bis 32A Dau- erlast
1000	80	0,24 C	235,3	20	100	80	4	85%	18,8	90%	20,9	0,9	23,2	3	33,5	CEE 63-5 // bis 63 A Dau- erlast
1000	80	0,94 C	941,2	20	100	80	1	85%	75,3	90%	83,7	0,9	93,0	3	134,2	Festanschluss oder Son- derstecker

$C_N = C_5$	gemäß IEC 60254-1 // IEC 60050 (gilt nur für Bleibatterien)
U_N	gemäß Typenschild
Ladezeit	entsprechend dem max. Ladestrom (I_1)
Wirkungsgrad der Batterie	technologiespezifisch (Innenwiderstand der Batterie, Überladefaktor)

Wichtiger Hinweis

- Die angegebenen Ladezeiten stellen das theoretische Minimum der Ladezeit dar, je höher der Laderate desto größer die Abweichung der tatsächlichen Ladezeit von der theoretischen Ladezeit.
- Beim Laden außerhalb der durch den Hersteller vorgegebenen Temperaturbereiche sind signifikante Abweichungen von den oben dargestellten Ladezeiten möglich.
- In der Regel ist der Maximalladestrom für Standardbleibatterien auf 0,2 C begrenzt, für fortschrittliche Bleibatterien auf 0,5 C.
- Für Lithiumbatterien sind je nach Technologie und Anwendungsgebiet folgende Laderaten üblich: 0,5 C, 1 C oder in Sonderfällen auch darüber.
- Die angegebenen Wirkungsgrade sowie Leistungsfaktoren stellen Annahmen dar. Die tatsächlichen Wirkungsgrade u. Leistungsfaktoren sind herstellerspezifisch.

Tabelle 2: Zwischenladen.

Folgende Tabelle beinhaltet Beispiele die einen Großteil der gängigen Batterietypen (Kapazität, Spannung) für Flurförderzeuge abbilden dabei werden bewusst Grenzbereiche aufgezeigt.

Batteriekapazität C_N [Ah]	Batteriespannung U_N [V]	Laderate (Verhältnis Lade- strom zu Batterie- kapazität)	Max. Lade- strom Ladege- rät [A]	Ladezu- stand (SOC) vor der Ladung [%]	Ladezu- stand (SOC) nach der Ladung [%] *	Delta Lade- zu- stände Δ SOC [%] *	Zwi- schen- lade- zeit [min.]	Wir- kungs- grad Batterie [%]	DC La- deleis- tung P_{LA} [kW]	Wirkungs- grad Lade- gerät [%]	AC Ladel- eistung [kW]	AC Leis- tungs- faktor [cos phi]	AC An- schluss- leistung (Schein- leistung) [kVA]	Anzahl Phase(n)	AC Strom [A] je Phase	CEE Steckdose / Anschlussart
200	24	0,2 C	40	40	45	5	15	95%	0,96	90%	1,07	0,9	1,19	1	5,2	CEE 7 (Schuko) // bis 10A Dauerlast (empfohlen) CEE 17 blau (Camping) // bis 16A Dauerlast
200	24	0,5 C	100	40	52,5	12,5	15	95%	2,4	90%	2,67	0,9	2,96	1	12,9	CEE 17 blau (Camping) // bis 16A Dauerlast
200	24	1,0 C	200	40	65	25	15	95%	4,8	90%	5,33	0,9	5,93	3	8,6	CEE 16-5 // bis 16A Dauerlast
200	24	0,2 C	40	40	50	10	30	95%	0,96	90%	1,07	0,9	1,19	1	5,2	CEE 7 (Schuko) // bis 10A Dauerlast (empfohlen) CEE 17 blau (Camping) // bis 16A Dauerlast
200	24	0,5 C	100	40	65	25	30	95%	2,4	90%	2,67	0,9	2,96	1	12,9	CEE 17 blau (Camping) // bis 16A Dauerlast
200	24	1,0 C	200	40	> 80	> 40	30	95%	4,8	90%	5,33	0,9	5,93	3	8,6	CEE 16-5 // bis 16A Dauerlast
200	24	0,2 C	40	40	55	15	45	95%	0,96	90%	1,07	0,9	1,19	1	5,2	EE 7 (Schuko) // bis 10A Dauerlast (empfohlen) CEE 17 blau (Camping) // bis 16A Dauerlast
200	24	0,5 C	100	40	77,5	37,5	45	95%	2,4	90%	2,67	0,9	2,96	1	12,9	CEE 17 blau (Camping) // bis 16A Dauerlast
200	24	1,0 C	200	40	> 80	> 40	45	95%	4,8	90%	5,33	0,9	5,93	3	8,6	CEE 16-5 // bis 16A Dauerlast
200	24	0,2 C	40	40	60	20	60	95%	0,96	90%	1,07	0,9	1,19	1	5,2	CEE 7 (Schuko) // bis 10A Dauerlast (empfohlen) CEE 17 blau (Camping) // bis 16A Dauerlast
200	24	0,5 C	100	40	> 80	> 40	60	95%	2,4	90%	2,67	0,9	2,96	1	12,9	CEE 17 blau (Camping) // bis 16A Dauerlast
200	24	1,0 C	200	40	> 80	> 40	60	95%	4,8	90%	5,33	0,9	5,93	3	8,6	CEE 16-5 // bis 16A Dauerlast

Fortsetzung Tabelle 2: Zwischenladen

Batterie- kapazi- tät C_N [Ah]	Batterie- spannung U_N [V]	Laderate (Verhält- nis Lade- strom zu Batterie- kapazität)	Max. Lade- strom Ladege- rät [A]	Ladezu- stand (SOC) vor der Ladung [%]	Ladezu- stand (SOC) nach der Ladung [%] *	Delta Lade- zu- stände ΔSOC [%] *	Zwi- schen- lade- zeit [min.]	Wir- kungs- grad Batterie [%]	DC La- deleis- tung PLA [kW]	Wirkungs- grad Lade- gerät [%]	AC Ladel- eistung [kW]	AC Leis- tungs- faktor [cos phi]	AC An- schluss- leistung (Schein- leistung) [kVA]	Anzahl Phase(n)	AC Strom [A] je Phase	CEE Steckdose / Anschlussart
500	48	0,2 C	100	40	45	5	15	95%	4,8	90%	5,33	0,9	5,93	3	8,6	CEE 16-5 // bis 16A Dauerlast
500	48	0,5 C	250	40	52,5	12,5	15	95%	12	90%	13,33	0,9	14,81	3	21,4	CEE 32-5 // bis 32A Dauerlast
500	48	1,0 C	500	40	65	25	15	95%	24	90%	26,67	0,9	29,63	3	42,8	CEE 63-5 // bis 63 A Dauerlast
500	48	0,2 C	100	40	50	10	30	95%	4,8	90%	5,33	0,9	5,93	3	8,6	CEE 16-5 // bis 16A Dauerlast
500	48	0,5 C	250	40	65	25	30	95%	12	90%	13,33	0,9	14,81	3	21,4	CEE 32-5 // bis 32A Dauerlast
500	48	1,0 C	500	40	> 80	> 40	30	95%	24	90%	26,67	0,9	29,63	3	42,8	CEE 63-5 // bis 63 A Dauerlast
500	48	0,2 C	100	40	55	15	45	95%	4,8	90%	5,33	0,9	5,93	3	8,6	CEE 16-5 // bis 16A Dauerlast
500	48	0,5 C	250	40	77,5	37,5	45	95%	12	90%	13,33	0,9	14,81	3	21,4	CEE 32-5 // bis 32A Dauerlast
500	48	1,0 C	500	40	> 80	> 40	45	95%	24	90%	26,67	0,9	29,63	3	42,8	CEE 63-5 // bis 63 A Dauerlast
500	48	0,2 C	100	40	60	20	60	95%	4,8	90%	5,33	0,9	5,93	3	8,6	CEE 16-5 // bis 16A Dauerlast
500	48	0,5 C	250	40	> 80	> 40	60	95%	12	90%	13,33	0,9	14,81	3	21,4	CEE 32-5 // bis 32A Dauerlast
500	48	1,0 C	500	40	> 80	> 40	60	95%	24	90%	26,67	0,9	29,63	3	42,8	CEE 63-5 // bis 63 A Dauerlast

Fortsetzung Tabelle 2: Zwischenladen

Batteriekapazität C_N [Ah]	Batteriespannung U_N [V]	Laderate (Verhältnis Lade- strom zu Batterie- kapazität)	Max. Lade- strom Ladege- rät [A]	Ladezu- stand (SOC) vor der Ladung [%]	Ladezu- stand (SOC) nach der Ladung [%] *	Delta Lade- zu- stände Δ SOC [%] *	Zwi- schen- lade- zeit [min.]	Wir- kungs- grad Batterie [%]	DC La- delei- stung PLA [kW]	Wirkungs- grad Lade- gerät [%]	AC Ladel- leistung [kW]	AC Leis- tungs- faktor [cos phi]	AC An- schluss- leistung (Schein- leistung) [kVA]	Anzahl Phase(n)	AC Strom [A] je Phase	CEE Steckdose / Anschlussart
1000	80	0,2 C	200	40	45	5	15	95%	16	90%	17,78	0,9	19,75	3	28,5	CEE 32-5 // bis 32A Dauerlast
1000	80	0,5 C	500	40	52,5	12,5	15	95%	40	90%	44,44	0,9	49,38	3	71,3	CEE 125-5 // bis 125A Dauerlast Festanschluss
1000	80	1,0 C	1000	40	65	25	15	95%	80	90%	88,89	0,9	98,77	3	142,6	Festanschluss oder Sonderste- cker
1000	80	0,2 C	200	40	50	10	30	95%	16	90%	17,78	0,9	19,75	3	28,5	CEE 32-5 // bis 32A Dauerlast
1000	80	0,5 C	500	40	65	25	30	95%	40	90%	44,44	0,9	49,38	3	71,3	CEE 125-5 // bis 125A Dauerlast Festanschluss
1000	80	1,0 C	1000	40	> 80	> 40	30	95%	80	90%	88,89	0,9	98,77	3	142,6	Festanschluss oder Sonderste- cker
1000	80	0,2 C	200	40	55	15	45	95%	16	90%	17,78	0,9	19,75	3	28,5	CEE 32-5 // bis 32A Dauerlast
1000	80	0,5 C	500	40	77,5	37,5	45	95%	40	90%	44,44	0,9	49,38	3	71,3	CEE 125-5 // bis 125A Dauerlast Festanschluss
1000	80	1,0 C	1000	40	> 80	> 40	45	95%	80	90%	88,89	0,9	98,77	3	142,6	Festanschluss oder Sonderste- cker
1000	80	0,2 C	200	40	60	20	60	95%	16	90%	17,78	0,9	19,75	3	28,5	CEE 32-5 // bis 32A Dauerlast
1000	80	0,5 C	500	40	> 80	> 40	60	95%	40	90%	44,44	0,9	49,38	3	71,3	CEE 125-5 // bis 125A Dauerlast Festanschluss
1000	80	1,0 C	1000	40	> 80	> 40	60	95%	80	90%	88,89	0,9	98,77	3	142,6	Festanschluss oder Sonderste- cker

Wichtiger Hinweis

- Bei Ladungen oberhalb von 80 % SOC wird üblicherweise die Ladeleistung reduziert. Dies kann je nach Hersteller und weiteren Faktoren variieren. Entsprechend wird in der Tabelle lediglich der Wert > 80 % SOC, bzw. > 40 % Δ SOC angegeben.
- Beim Laden außerhalb der durch den Hersteller vorgegebenen Temperaturbereiche sind signifikante Abweichungen der Ladeleistung möglich, was zu Reduktion der eingeladenen Energie führt.
- In der Regel ist der Maximalladestrom für Standardbleibatterien auf 0,2 C begrenzt, für fortschrittliche Bleibatterien auf 0,5 C.
- Für Lithiumbatterien sind je nach Technologie und Anwendungsgebiet folgende Laderaten üblich: 0,5 C, 1 C oder in Sonderfällen auch darüber.
- Die angegebenen Wirkungsgrade sowie Leistungsfaktoren stellen Annahmen dar. Die tatsächlichen Werte sind herstellerspezifisch

Rechentafel 1**Ermittlung der Ladeinfrastruktur - Rechentafel "Batterie Vollladung"**

Nominale Batteriekapazität (gemäß Typenschild, C_5) [Ah]	C_N		Ah
Maximale empfohlene Entladetiefe (Herstellerangabe) [%]	DOD_{max}		%
Nominale Batteriespannung (gemäß Typenschild) [V]	U_N		V
Ladezeitfenster für Vollladung (z. B. 1 h / 4 h / 6 h / 8 h)	t_{LA}		h
Batterieeffizienz (Herstellerangabe)	η_{BAT}		
Ladegeräteeffizienz inklusive Leistungsfaktor (Herstellerangabe)	η_{LAG}		
Anzahl Ladepunkte // wieviele Fahrzeuge sollen gleichzeitig geladen werden sollen	n_{LAPU}		
Verfügbarer Energieinhalt einer Batterie	$C_N \times U_N \times DOD_{max} / 100 \%$	E_{BATT}	kWh
Netzanschlussleistung pro Batterie	$E_{BATT} / (t_{LA} \times \eta_{BAT} \times \eta_{LAG})$	$P_{ANSCHL. Einzel}$	kVA
Netzanschlussleistung alle Ladepunkte gesamt	$P_{ANSCHL. Einzel} \times n_{LAPU}$	$P_{ANSCHL. Gesamt}$	kVA
Ladestrom DC seitig	$(P_{ANSCHL. Einzel} \times \eta_{BAT} \times \eta_{LAG}) / U_N$	I_{DC}	A

Hinweis zu standardisierten Steckverbindern

DC Ladeleistung / Netzstecker	Netzstecker
1-phasig 16 A / 230 V max. Leistung 3,68 kVA (AC)	CEE 7 (Schuko) // bis 10A Dauerlast (empfohlen) CEE 17 blau (Camping) // bis 16A Dauerlast
3-phasig 16A / 400V max. Leistung 11,09 kVA (AC)	CEE 16-5 // bis 16A Dauerlast
3-phasig 32A / 400V max. Leistung 22,17 kVA (AC)	CEE 32-5 // bis 32A Dauerlast
3-phasig 63A / 400V max. Leistung 43,65 kVA (AC)	CEE 63-5 // bis 63 A Dauerlast
3-phasig 125A / 400V max. Leistung 86,61 kVA (AC)	CEE 125-5 // bis 125 A Dauerlast unübliches Steckerformat, meist Festanschluss
3-phasig >125A / 400V Leistung >86,61 kVA (AC)	Festanschluss

Rechentafel 2**Ermittlung der Ladeinfrastruktur - Rechentafel "Energiebedarf Flurförderzeug"**

Energieverbrauch FFZ (Herstellerangabe/Messwert)	$W_{\text{Verbr.}}$	kWh/h
Betriebsstunden FFZ / Jahr	t_{Bh}	Bh
Arbeitstage pro Jahr	W_{DPA}	d
Verfügbare Ladezeit pro Tag	t_{LA}	h
Wirkungsgrad Batterie	η_{BAT}	
Ladegeräteeffizienz inklusive Leistungsfaktor (Herstellerangabe)	η_{LAG}	
Anzahl Ladepunkte // wieviele Fahrzeuge sollen gleichzeitig geladen werden sollen	n_{LAPU}	
Energieverbrauch pro FFZ und Tag	$W_{\text{Verbr.}} \times t_{\text{Bh}} / W_{\text{DPA}}$	
Netzanschlussleistung pro FFZ bzw. Ladepunkt	$E_{\text{Verbr.}} / (t_{\text{LA}} \times \eta_{\text{BAT}} \times \eta_{\text{LAG}})$	
Netzanschlussleistung alle Ladepunkte gesamt	$P_{\text{ANSCHL. Einzel}} \times n_{\text{LAPU}}$	

Hinweis zu standardisierten Steckverbindern

DC Ladeleistung / Netzstecker	Netzstecker
1-phasig 16 A / 230 V max. Leistung 3,68 kVA (AC)	CEE 7 (Schuko) // bis 10A Dauerlast (empfohlen) CEE 17 blau (Camping) // bis 16A Dauerlast
3-phasig 16A / 400V max. Leistung 11,09 kVA (AC)	CEE 16-5 // bis 16A Dauerlast
3-phasig 32A / 400V max. Leistung 22,17 kVA (AC)	CEE 32-5 // bis 32A Dauerlast
3-phasig 63A / 400V max. Leistung 43,65 kVA (AC)	CEE 63-5 // bis 63 A Dauerlast
3-phasig 125A / 400V max. Leistung 86,61 kVA (AC)	CEE 125-5 // bis 125 A Dauerlast unübliches Steckerformat, meist Festanschluss
3-phasig >125A / 400V Leistung >86,61 kVA (AC)	Festanschluss

Rechentafel 3

Ermittlung der Ladeinfrastruktur - Rechentafel "Batterie -Zwischenladen"

Netzanschlussleistung pro Batterie	Rechentafel 1	$P_{\text{ANSCHL. Einzel}}$		kVA
Verfügbarer Energieinhalt einer Batterie	Rechentafel 1	E_{BATT}		kWh
Batterieeffizienz (Herstellerangabe)	Rechentafel 1	η_{BAT}		
Ladegeräteeffizienz (Herstellerangabe)	Rechentafel 1	η_{LAG}		
Ladezeitfenster (Zwischenladen)		t_{ZLA}		min.
Eingeladene Energie	$P_{\text{ANSCHL. Einzel}} \times \eta_{\text{BAT}} \times \eta_{\text{LAG}} \times t_{\text{ZLA}} \times 1 \text{ h} / 60 \text{ min.}$	$E_{\text{eingl.}}$		kWh
Zunahme des Ladezustandes (SOC)	$E_{\text{eingl.}} / E_{\text{BATT}} \times 100 \%$	ΔSOC		%

Wichtiger Hinweis
Annahme mittlerer Ladezustand und empfohlener Temperaturbereich