

## ZVEI Merkblatt Nr. 25

Ausgabe Mai 2020

# Dimensionierung, Zuordnung und Ausführung von Zellenverbindern für stationäre Bleibatterien

Dieses Merkblatt enthält Hinweise für die Auslegung von Zellenverbindern für stationäre Batterieanlagen.

Die Verwendung des Merkblatts ist beschränkt auf Bleibatterien.

Um eine dauerhafte und sichere Verbindung zu gewährleisten dürfen ausschließlich Komponenten verwendet werden, die zu dem konstruktionsspezifischen Verbindersystem vollständig kompatibel sind. Die herstellereinspezifischen Montagevorschriften sind dabei zu beachten.

Bei Reparaturfällen wird empfohlen, demontierte Polschrauben mit integrierter Schraubensicherung durch entsprechende neue Polschrauben zu ersetzen.

### 1. Anwendungsbereich

Stationäre Batterieanlagen können aus Einzelzellen oder Blockbatterien bestehen und sind in der Regel auf Gestellen oder in Schränken montiert.

Die in diesem Merkblatt definierten Verbinder werden für die elektrische Verbindung (Verschaltung) von Einzelzellen oder Blockbatterien zu stationären Blei-Batterieanlagen verwendet.

### 2. Zielsetzung

Zweck ist die Definition der Verbinder-Querschnitte zur Vermeidung einer unzulässigen Erwärmung der Verbinderoberfläche (70 °C gem. DIN EN 60896-22 Absatz 6.10) und/oder der Überschreitung eines max. Spannungsabfalls.

### 3. Verbindertypen

Verbinder dienen zur elektrischen Verschaltung von Zellen bzw. Blockbatterien. Gemäß Abb. 1 wird unterschieden zwischen den Verbindertypen:

- Zellenverbinder
- Blockverbinder
- Etagenverbinder
- Gruppenverbinder
- Endableiter zur elektrischen Verbindung der Batterieanlage mit der Stromversorgung und/oder dem Verbraucher

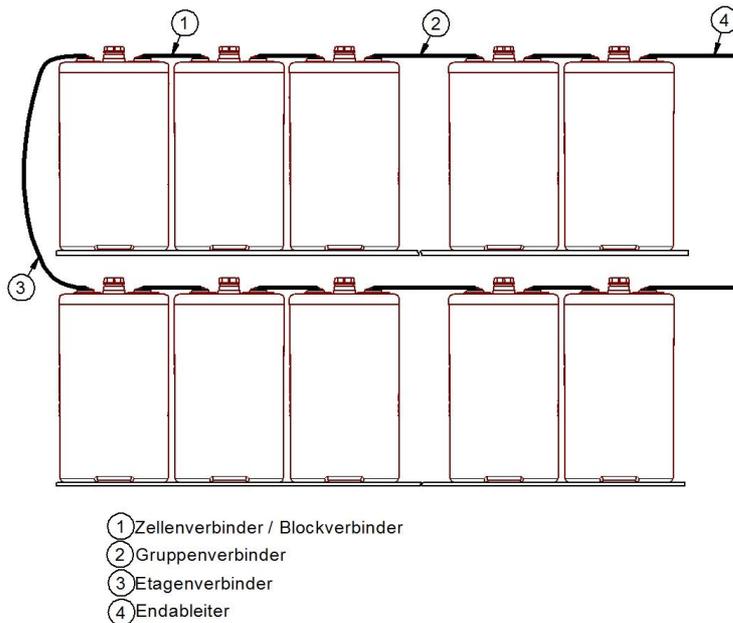


Abb. 1: Verbindertypen.

#### 4. Ausführungen

Folgende Verbinderausführungen kommen vorzugsweise zum Einsatz:

- flexible, isolierte Kupferkabelverbinder mit Batteriepolen verschraubt
- starre, isolierte Flachkupferverbinder mit Batteriepolen verschraubt

#### 5. Auslegung Zellenverbinder

Verbinder können nach zwei Prinzipien ausgelegt werden:

- 1) geeignet für alle unter normalen Gebrauchssituationen vorkommende Belastungen (Regel-Auslegung)
- 2) abgestimmt auf den für die Batterieanlage vorgesehenen Belastungsfall (Individual-Auslegung)

##### 5.1 Regel-Auslegung

Für Batterieanlagen, die für universelle Gebrauchssituationen geeignet sind und die sämtliche vorkommende Betriebszustände der Batterieanlage abdecken, haben sich folgende Auslegungskriterien in der Praxis bewährt:

Die Verbindertypen sind so dimensioniert, dass bei einer Entladung der Batterieanlage mit dem 15-minütigen Strom ( $I_{15 \text{ min}}$ ) bis zu einer Entladeschlussspannung von 1,6 Volt pro Zelle (Entladung mit maximalem Wärmeeintrag) keine unzulässige Erwärmung der Verbinder auftritt.

##### 5.2 Individual-Auslegung

Entscheidet man sich zu einer Individual-Auslegung, müssen die Betriebsbedingungen (Stromstärke, Belastungszeit, eventuell Spannungsabfall) der vorgesehenen Anwendung bekannt sein.

Aufgrund der großen Variantenvielfalt wird hier zur Individual-Auslegung keine weitere Empfehlung gegeben. Die Auslegung muss von Fachkräften verantwortlich durchgeführt werden.

Eine Erhöhung der Belastungen im Verlauf der Nutzung dieser Batterie darf nur vorgenommen werden, wenn entsprechende technische Anpassungen der elektrischen Verbindungen vorgenommen und dokumentiert werden (z.B. auf der in der Nähe der Batterieanlage anzubringenden Gebrauchsanweisung).

#### 6. Auslegung Endableitung, Etagenverbinder, Gruppenverbinder

##### 6.1 Endableitung

Generell gilt die maximale Strombelastbarkeit gemäß Punkt 7.

Gelten die Endableitungen als verlängerte Sammelschiene, ist der Querschnitt auf den Strom im Kurzschlussfall auszulegen.

Häufig ist zur Dimensionierung zusätzlich der max. zulässige Spannungsabfall der Endableitung zu betrachten; dies kann ggf. zu größeren Querschnitten führen.

##### 6.2 Etagenverbinder

Etagenverbinder sind in der Regel länger als Zellenverbinder. Die Querschnittsdimensionierung erfolgt gemäß Punkt 7.

##### 6.3 Gruppenverbinder

Gruppenverbinder sind in der Regel nur unwesentlich länger als Zellenverbinder. Die Querschnittsdimensionierung ist daher identisch mit der Auslegung der Zellenverbinder.

Überschreitet die Länge die 3-fache Zellenverbinderlänge ist gem. Punkt 7 auszulegen.

## 7. Querschnittsdimensionierung

Für die Betrachtung der generellen Querschnittsdimensionierung sind folgende Punkte zu berücksichtigen.

### 7.1 Auswahl gemäß Norm

Die Auswahl erfolgt gem. DIN VDE 0298-4 Verwendung von Kabeln und isolierten Leitungen für Starkstromanlagen – Teil 4, dort Tab. 16: „Betriebsbedingungen und Belastbarkeit für Schweißleitungen“ für die Betriebsbedingung Dauerbelastung bei Verlegung in Luft.

Die Querschnitte für Flachkupferverbinder können analog zu den von Kupferkabelverbindern gewählt werden.

### 7.2 Alternative Auswahl

Wie Abbildung 2 zeigt, ist die Erwärmung der Verbinder abhängig von der Umgebungstemperatur sowie dem Strom und dem verwendeten Verbinderquerschnitt. Daher ist darauf zu achten, dass nur zulässige Kombinationen verwendet werden.

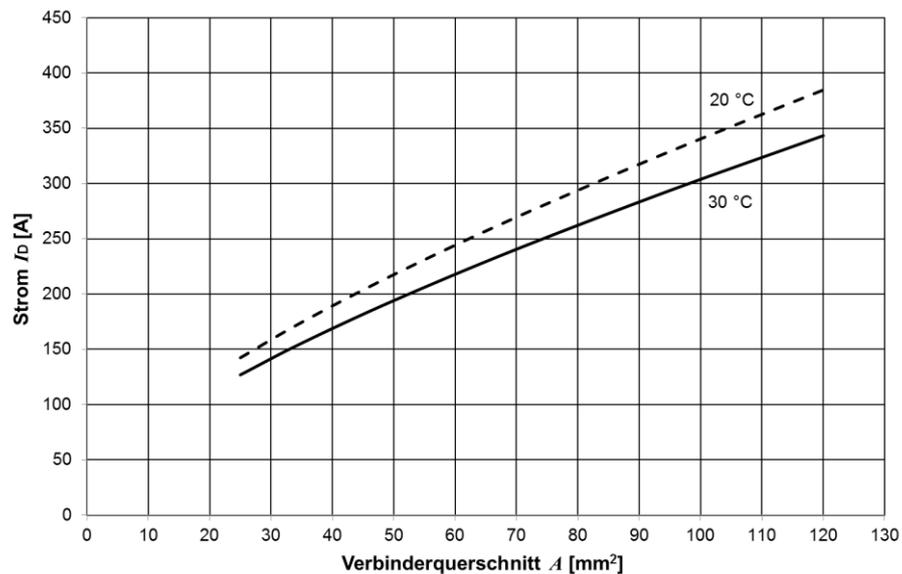


Abb. 2: Strom  $I_D$  als Funktion des Verbinderquerschnitts  $A$  bei verschiedenen Umgebungstemperaturen.

Hilfswise kann eine Abschätzung für einen maximal zulässigen Strom eines gewählten Leiterquerschnittes nach folgendem Rechenansatz vorgenommen werden:

$$I_D = j \times A \times f_T$$

$I_D$  = Dauerstrom [A]

$j$  = maximal zulässige Stromdichte für den gewählten Leiterquerschnitt [A/mm²]

$A$  = Leiterquerschnitt [mm²]

$f_T$  = Umrechnungsfaktor für abweichende Umgebungstemperaturen (DIN 298, Teil 4 / s. nachstehende Tab.1)

Umgebungstemperatur [°C]	Umrechnungsfaktor $f_T$
10	1,22
15	1,17
20	1,12
25	1,06
<b>30</b>	<b>1,00</b>
35	0,94
40	0,87
45	0,79
50	0,71
55	0,61

Tabelle 1: Umrechnungsfaktoren für abweichende Umgebungstemperaturen.

Berechnung für

$$j = \frac{\sqrt{\frac{A \times 4}{\pi}} + 23}{\sqrt{\frac{A \times 4}{\pi}}}$$

Für die Betrachtung der Querschnittsdimensionierung von Zellenverbindern kann aufgrund der Wärmeableitung in die Batteriezelle in der Regel ein höherer Strom angesetzt werden.

Eine Abschätzung des zusätzlich möglichen Stromes kann nach folgender Formel vorgenommen werden:

$$I_Z = \sqrt{\frac{c \times m \times \Delta T \times y}{R \times t}} \text{ [A]}$$

$I_Z$  = zusätzlich möglicher Strom [A]

$c$  = spez. Wärme Kupfer (381 J/kg K)

$m$  = Masse Verbinder [kg]

$\Delta T$  = Temperaturdifferenz zwischen Raumtemp. und max. zul. Verbindertemperatur [K]

$R$  = Verbinderwiderstand [ $\Omega$ ]

$t$  = 900 [Sekunden] (15-minütige Belastungszeit)

$y$  = bauartabhängiger Faktor:

- geschlossene Zellen 0,10

- verschlossene Zellen (Gel) 0,05

- verschlossene Zellen (AGM) 0,00

Für eine Temperaturdifferenz  $\Delta T$  von 40 K kann  $I_Z$  durch folgende vereinfachte Formeln ermittelt werden:

$$I_Z = \sqrt{\frac{A^2}{900}} \times 28 \text{ [A] für geschlossene Zellen}$$

$$I_Z = \sqrt{\frac{A^2}{900}} \times 20 \text{ [A] für verschlossene Zellen (Gel)}$$

Der maximal mögliche Gesamtstrom für Zellenverbinder ist somit

$$I_G = I_D + I_Z \text{ [A]}$$

Die folgende Tabelle dient zur Identifizierung des geeigneten Kabelquerschnitts. Sie basiert auf dem oben beschriebenen Formelwerk und gilt für eine Umgebungstemperatur von 30 °C:

Verbinderquerschnitt	max. Stromdichte	Dauerstrom	Zusatzstrom			Gesamtstrom		
A [mm <sup>2</sup> ]	j [A/mm <sup>2</sup> ]	I <sub>D</sub> [A]	I <sub>Z</sub> (geschlossen) [A]	I <sub>Z</sub> (verschl. Gel) [A]	I <sub>Z</sub> (AGM) [A]	I <sub>G</sub> (geschlossen) [A]	I <sub>G</sub> (verschl. Gel) [A]	I <sub>G</sub> (AGM) [A]
6	9,32	56	6	4	0	62	60	56
10	7,45	74	9	7	0	84	81	74
16	6,10	98	15	11	0	112	108	98
25	5,08	127	23	17	0	150	144	127
35	4,45	156	33	23	0	188	179	156
50	3,88	194	47	33	0	241	227	194
70	3,44	241	65	47	0	306	287	241
95	3,09	294	89	63	0	382	357	294
120	2,86	343	112	80	0	455	423	343
150	2,66	400	140	100	0	540	500	400
185	2,50	462	173	123	0	635	586	462
240	2,32	556	224	160	0	780	716	556
300	2,18	653	280	200	0	933	853	653

\*) Dauer-, Zusatz- und Gesamtstrom gelten für eine Umgebungstemperatur von 30°C ( $f_t = 1,00$ )

Tabelle 6 – Beispielhafte Berechnung der maximal zulässigen Verbinderströme für gängige Querschnitte

Um den erforderlichen Leitungsquerschnitt bestimmen zu können, ist in der Tabelle der Gesamtstrom  $I_G$  zu wählen, der höher ist als der  $I_{15 \text{ min}}$  oder dem  $I_{15 \text{ min}}$  entspricht.



**Herausgeber:**

ZVEI – Zentralverband Elektrotechnik- und Elektronikindustrie e. V.  
 Fachverband Batterien  
 Lyoner Straße 9  
 60528 Frankfurt

Fon.: +49 69 6302-283  
 Fax: +49 69 6302-362  
 Mail: [batterien@zvei.org](mailto:batterien@zvei.org)  
[www.zvei.org](http://www.zvei.org)

© ZVEI 2020  
 Trotz größtmöglicher Sorgfalt kann keine Haftung für  
 Richtigkeit, Vollständigkeit und Aktualität übernommen werden