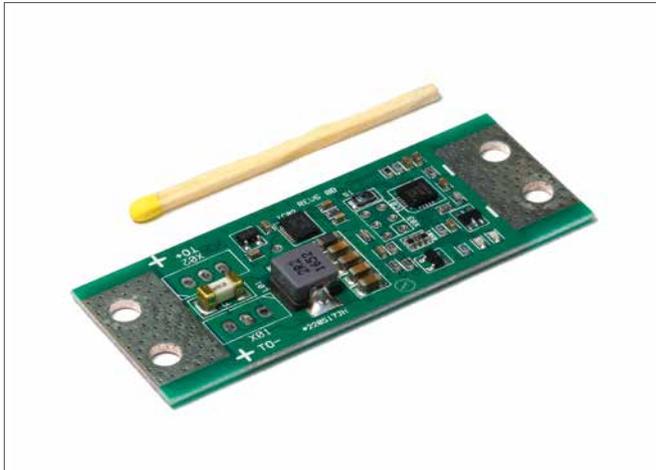


Aktiver Balancer für Lithium-Akkuketten

Dezentrale Lösung, bei sehr hohem Wirkungsgrad von Zelle zu Zelle

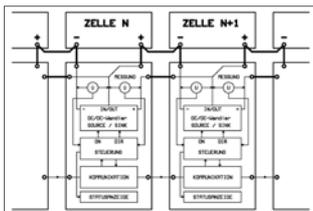


Dieser Balancer-Ansatz unterscheidet sich in mehreren wesentlichen Punkten von den bisherigen Lösungen und stellt damit einen Kompromiss zwischen den billigen passiven Balancern und den sehr aufwendigen aktiven Balancern am Markt dar.

**Bis zu einem Jahr (30%)
längere Nutzungsdauer von Lithium-Akkuketten.**

- Die Lösung ist dezentral angelegt
- Jede einzelne Platine arbeitet autark
- keine separaten Controller nötig
- keine extra Kabel zu Zellverbindern
- Energietransfer mit sehr hohem Wirkungsgrad
- Energietransfer direkt von Zelle zu Zelle
- Keine „Umwege“ über Transformatoren oder Puffer-Akku
- Eine Zelle gibt Energie an beide Nachbarn ab
- Eine Zelle bekommt Unterstützung von beiden Nachbarn

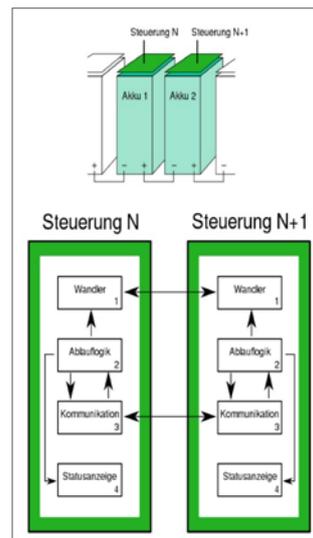
- Keine Begrenzung der geschalteten Zellen
- Jede Platine sieht nur 8 V auch bei Kette mit 400 V
- Jede Platine entscheidet und arbeitet autark, kommuniziert aber digital mit der gesamten Kette
- Die letzte Platine sendet die Lade- und Zustandsinformationen aller Zellen per Funk an Zentrale bzw. App
- Nachrüstbar an vorhandene Pakete



Kommunikation über die gesamte Akku-Kette und untereinander



Laboraufbau



Keine Anzahlbegrenzung der geschalteten Zellen



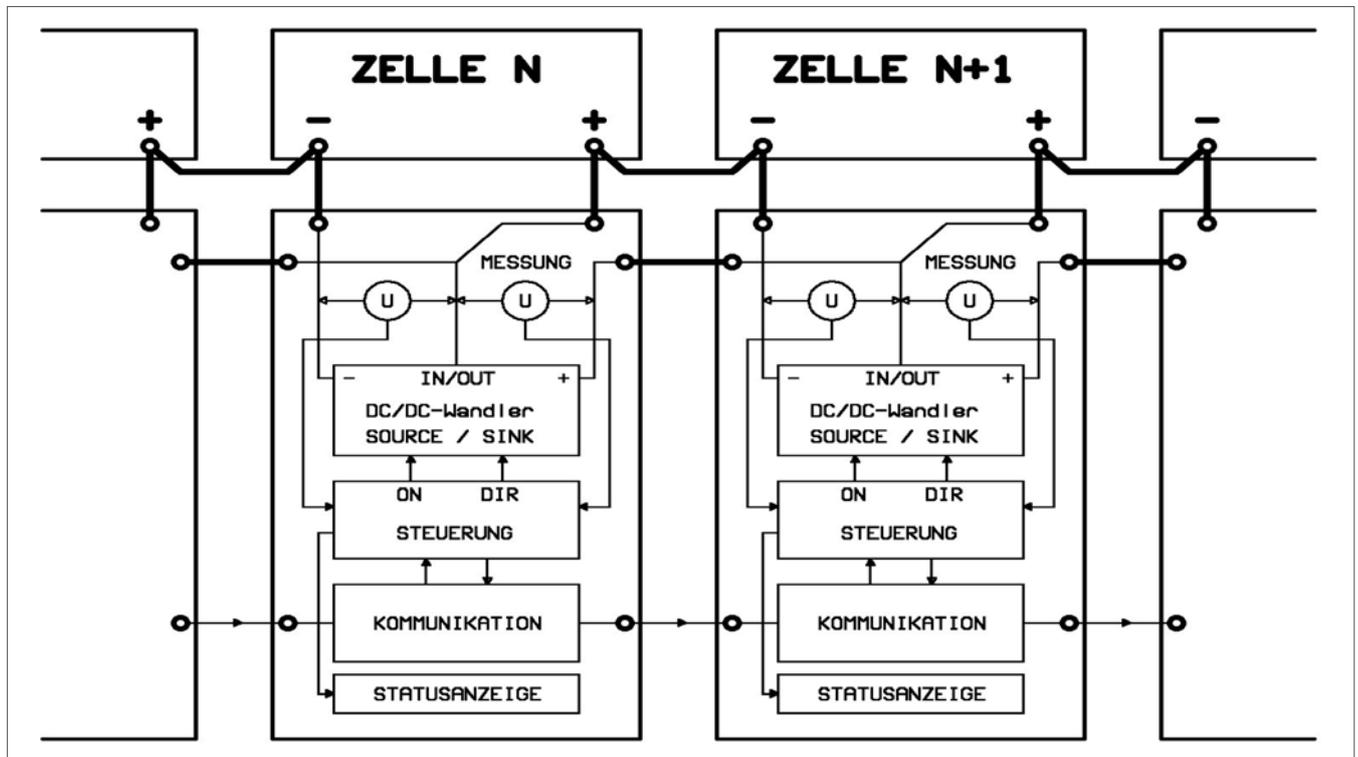
Umfangreiche Statusanzeigen auch auf einem Smartphone

Balancer Lithium-Akkukette

Aktuelle Zertifizierungen: Pre-Compliance EMV
 Zertifizierungen durch EMV Labor realisierbar: ja
 Kundenspezifische Anpassungen: ja
 Lieferbar: kurzfristig ab einem Stück bis Serie
 Entwicklungsstandort: Deutschland
 Produktionsstandort: Deutschland
 Muster: verfügbar

Aktiver Balancer für Lithium-Akkuketten

Dezentrale Lösung, bei sehr hohem Wirkungsgrad von Zelle zu Zelle



Aktuelle Situation der Akkuladetechnik

Akkumulatorzellen weisen immer Unterschiede in der Speicherkapazität auf. Diese Differenzen entstehen durch Fertigungstoleranzen und werden im Laufe der Nutzung in der Regel größer. Eine Zelle mit geringerer Kapazität ist in der Ladephase als erste voll und erzwingt damit den Abbruch des Aufladevorgangs. Die anderen Zellen in der Kette könnten durchaus noch Energie aufnehmen, dabei würde die schwache Zelle jedoch überladen.

Bei der Energieentnahme ist die schwache Zelle als erste leer und definiert damit das Ende des Nutzungszyklus. Auch hier könnte den anderen Zellen noch Energie entnommen werden, die schwache Zelle würde dann jedoch tiefentladen und geschädigt. Die übliche Lösung für das Problem in der Ladephase ist ein passiver Balancer, der eine Fortsetzung der Ladung mit stark reduziertem Strom gestattet und dabei die Energie, die eine schwache Zelle nicht mehr aufnehmen kann einfach in Wärme umsetzt. Auf diese Weise werden alle Zellen vollständig geladen, die Endphase der Ladung dauert dabei allerdings wegen des reduzierten Stroms recht lange.

Das Problem in der Nutzungsphase wird üblicherweise nicht gelöst oder man nimmt eine leichte Schädigung der schwachen Zellen schlichtweg in Kauf. Durch so etwas eskalieren die Pro-

bleme dann leider recht schnell (Pedelec, Akkuschauber etc.). Schon seit über 40 Jahren wird bei sehr hochwertigen Akkumulatoren ein aktives Balancing angewendet, das im Prinzip Energie zwischen einzelnen Zellen verschieben kann. Diese Lösungen sind wegen des erheblichen technischen Aufwands im Markt bisher nur selten anzutreffen. Man schöpft beim Laden in der Endphase bei den schwachen Zellen Energie ab und verteilt diese direkt oder indirekt auf die starken Zellen. Obwohl man mit dieser Hardware auch in der Endphase der Entladung die schwachen Zellen stützen könnte, wird dies kaum implementiert.

Neuer Balancer mit entscheidenden Vorteilen

Dieser Balancer-Ansatz unterscheidet sich in mehreren wesentlichen Punkten von den bisherigen Lösungen und stellt damit einen Kompromiss zwischen den billigen passiven Balancern und den sehr aufwendigen aktiven Balancern am Markt dar:

1. Die Lösung ist dezentral angelegt. Jede einzelne Platine sorgt autark nur für einen Ausgleich zwischen der eigenen Zelle und der direkten Nachbarzelle in Richtung Pluspol.

Die Balance der ganzen Kette ist nur eine indirekte Folge der Aktivitäten der einzelnen Platinen. Es gibt daher keinen separaten Controller, der Kabel zu allen Zellverbindern besitzen muss, wie es bei den bisherigen Lösungen üblich ist.

Aktiver Balancer für Lithium-Akkuketten

Dezentrale Lösung, bei sehr hohem Wirkungsgrad von Zelle zu Zelle



2. Der Energietransfer geschieht mit hohem Wirkungsgrad direkt von Zelle zu Zelle ohne Umweg über Transformatoren oder einen separaten Puffer-Akku.

Eine Zelle kann gleichzeitig Energie an beide Nachbarn abgeben oder von beiden Nachbarn Unterstützung erhalten.

3. Die Anzahl der in Reihe geschalteten Zellen ist nicht durch einen separaten Controller begrenzt. Jede Platine muss nur mit Spannungen bis zu 8V umgehen, auch wenn die Kette insgesamt 400V besitzt.

4. Obwohl die einzelnen Platinen ihre Entscheidungen lokal und autark treffen kommunizieren sie untereinander digital entlang der Kette.

Dadurch besitzt die letzte Platine in der Kette am Pluspol das Wissen über den gesamten Ladezustand aller Zellen. Dieses Wissen wird per Funk an ein Anzeigemodul bzw. eine Handy-App übertragen. Diese letzte Platine besitzt als einzige einen Ausgang um das Ladegerät zu steuern und auch abzuschalten.

Ähnliche Produkte

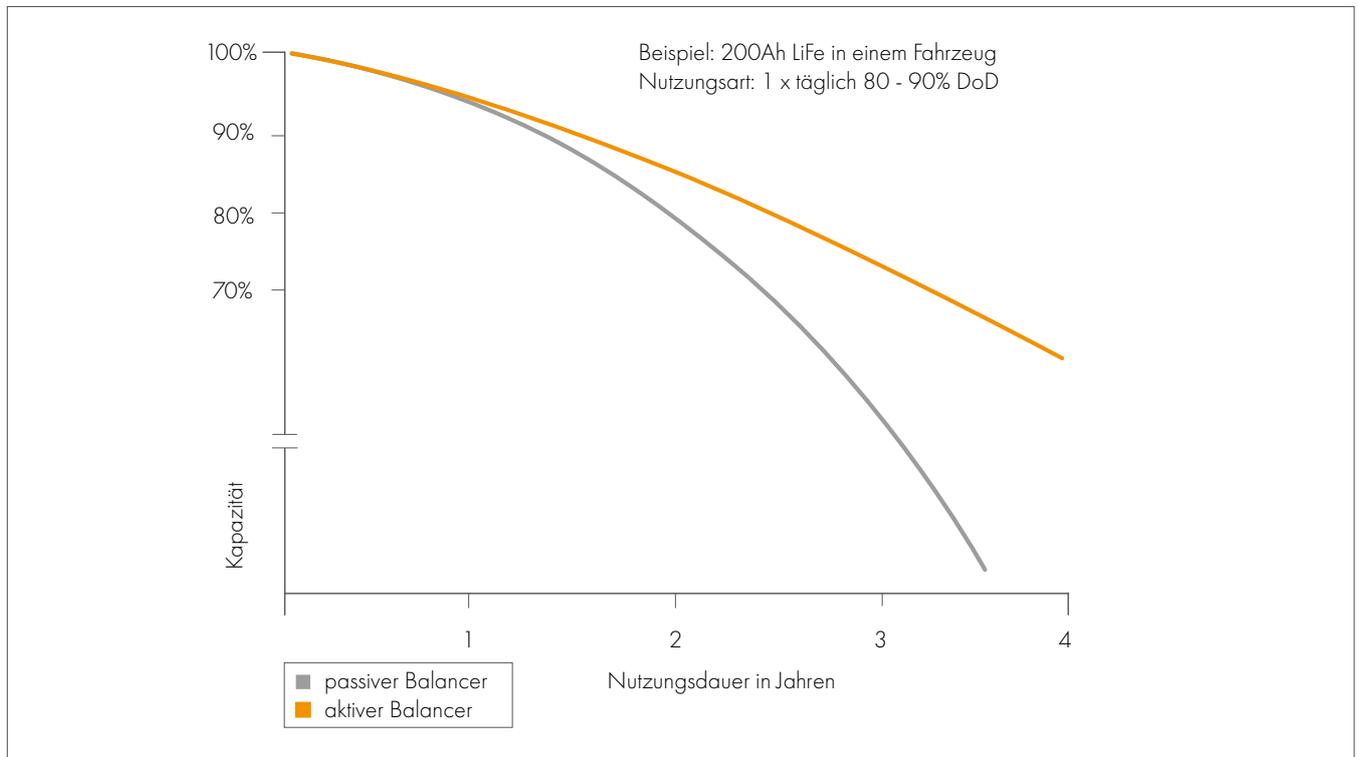
Im Jahr 2000 wurde eine ähnliche Lösung für Ketten aus Bleiakkus patentiert. Die eingesetzte Technik war jedoch eine reine Ananalogschaltung ohne Mikroprozessoren und dadurch immer noch recht komplex und teuer. Eine solche Schaltung kann lei-

der nicht mit den auftretenden Hysterese-Effekten umgehen und neigt dazu, Energie ständig hin und her zu schieben. Erst das Aufkommen von extrem preisgünstigen Mikrocontrollern in den letzten Jahren ermöglicht ein intelligentes, adaptives Software-Verfahren wie wir es jetzt implementiert haben. Die jeweils nötigen Transferströme werden dadurch immer an den jeweiligen Kontext angepasst. Ferner kann unser Balancer einen sehr stromsparenden Sleep-Modus etablieren wenn der Akku ruht.

- preislich zwischen passiven Balancern und komplexen, zentral gesteuerten aktiven Balancern.
- Zellanzahl beliebig ohne Konfigurationsarbeit oder Parametrierung
- sehr einfache Verdrahtung, Endanwender können das selbst einbauen

Aktiver Balancer für Lithium-Akkuketten

Dezentrale Lösung, bei sehr hohem Wirkungsgrad von Zelle zu Zelle



Anwendungsbereiche

Aktives Balancing mit diesen Platinen ist sinnvoll bei einer Zellkapazität von etwa 40-300Ah. Unterhalb davon sind sie zu teuer im Verhältnis zur Zelle, oberhalb davon müsste eine Variante mit stärkerem Transferstrom entwickelt werden. Die Platinen arbeiten mit Ketten aus Lithium-Eisen-Phosphat-Zellen (3.3V) und Lithium-Polymer-Zellen (3.7V) zusammen.

Diese kommen vor in:

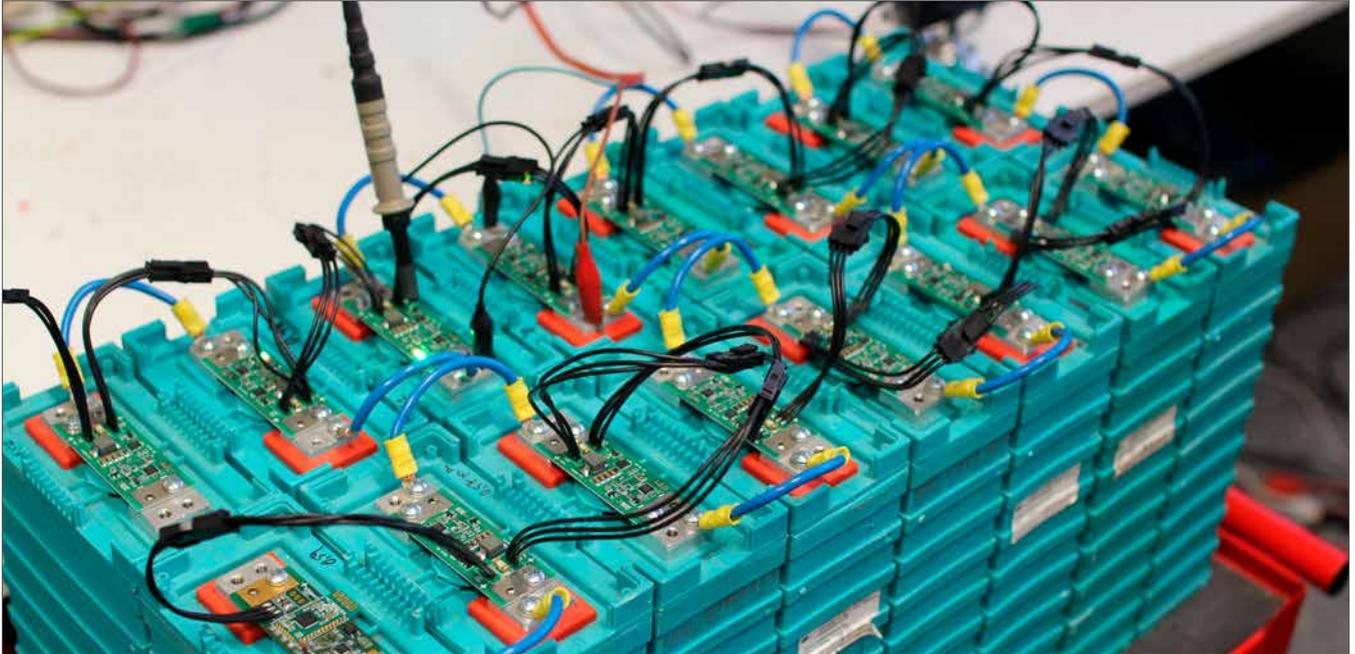
- Boote, Yachten (interessant wegen Fernüberwachung per Internet im Hafen)
- Campingfahrzeuge, Wohnwagen
- Gabelstapler, portable Baumaschinen, mobile Schweißgeräte
- Rollstühle, Senioren-Fahrzeuge
- Elektro-Roller/Motorräder, Elektro-Buggys, elektrische Kutschen
- Power-Walls / Photovoltaik-Speicher
- Segelflugzeuge
- Golf-Fahrzeuge
- Weiternutzung von angeschlagenen Zellen aus E-Fahrzeugen

Anwendungstest

Getestet wurden die Balancer bisher in Verbindung mit Li-Fe-Zellen von 100Ah-300Ah in einer elektrischen Kutsche. Eine billige 100Ah-Zelle kostet den Endverbraucher z.Zt. etwa 100-120€ und hält bei täglicher Nutzung etwa 2.5 bis 3 Jahre. Besonders im dritten Jahr divergieren die Zellen so stark dass ein aktiver Balancer die Nutzungsdauer deutlich verlängern kann. Dadurch wird man das Akku-Paket erst ein halbes bis 1 Jahr später austauschen. Ein üblicher passiver Balancer kostet den Endverbraucher z.Zt. etwa 7.50 bis 15 € pro Zelle zuzüglich einer BMS-Platine zur Überwachung der gesamten Kette. Ein Anzeigemodul kommt oft noch hinzu. Die Balancer laufen aktuell in mehreren Elektro-Kutschen. Trotz der Winterruhe haben die Akkupakete „durchgehalten“ und konnten den Betrieb sorgenfrei fortsetzen. Die Ergebnisse zeigen: Mit dieser neuen Balancerlösung werden die Lebensdauer, die Effektivität und zu Zuverlässigkeit nachweislich erhöht.

Elektrische Eigenschaften Balancer-System

Dezentrale Lösung, bei sehr hohem Wirkungsgrad von Zelle zu Zelle



Allgemein

- Kommunikation zwischen Platinen: AC-gekoppelt, 1-Draht
- Umgebungstemperatur: -25..55°C
- Nur Keramikcondensatoren, keine alternden Elkos
- Abmessung: 65x25mm je Platine

Zellplatine

- Zellchemie: Firmware jeweils für Li-Fe oder Li-Po
- Vorgesehene Zellkapazität: 40..400Ah
- Transferstrom: Max. 5A bidirektional je Nachbarzelle
- Wirkungsgrad des Wandlers: > 92%
- Schmelzsicherung 10A gegen Verpolung und Hardware versagen der Platine
- Mindest Spannungsdifferenz der Zellen für Transferstart: 4mV
- Unterdrückung von Hystereseeffekten bei Lastwechsellern durch Firmware
- Schutz gegen fehlende Verbindung zur Nachbarzelle
- ESD-Schutz der Datenleitung
- Stromverbrauch ausbalanciert: $\leq 460\mu\text{A}@20^\circ\text{C}$
- Optional Stromverbrauch „deep sleep“: $\leq 50\mu\text{A}@20^\circ\text{C}$
- Intervall Spannungsmessung: 2s
- Genauigkeit Spannungsreferenz: 0.5%
- LED-Signal Kommunikation
- LED-Signal Unterspannung rot : voreingestellt auf $\leq 2.7\text{V}$
- LED-Signal voll geladen grün : voreingestellt auf $\geq 3.55\text{V}$
- LED-Signal für Richtung des Transferstroms
- Kalibrierbar per Taste

Management-Platine

- Schmelzsicherung 10A gegen Verpolung und Hardware versagen der Platine
- Automatische Adaption an die Anzahl der verbundenen Zellplatinen
- Trigger Unterspannung: voreingestellt auf 2.9V
- Trigger Ladeschluss: voreingestellt auf steigend 3.60V
- Trigger Reaktivierung der Ladung: voreingestellt auf fallend 3.50V
- Trigger Ladestromreduktion auf 25%: voreingestellt auf 3.48V
- Signal Datenfehler von Zellplatinen
- Weitergabe aller Zelldaten per Bluetooth Low Energy
- Isolierter Hardware-Ausgang „Freigabe Laden“ optional mit PWM
- Speicher für Zelldaten von 64 (optional 128) Zellen
- Die Anbindung an externe Lastschalter und Ladegeräte muss in der konkreten Applikation individuell festgelegt werden