



## Lithium verdrängt Blei

# Lithium-Eisenphosphat Batterien im Einsatz im Flurförderfahrzeugbereich

Berner Fachhochschule  
Technik und Informatik  
Labor für Industrieelektronik  
Andrea Vezzini, Switzerland  
Dr. sc. techn. ETHZ  
März 2009





## **Werden Lithium-Ionen-Batterien die nächste grosse Innovation bei den Flurförderfahrzeugen?**

- Lithium-Ionen Batterien sind in der Lage bei ungefähr gleichem Gewicht und Volumen bis zu drei mal mehr Energie zu speichern.
- Die Lebensdauer ist mindestens doppelt so gross und es fallen keine aufwändigen periodischen Wartungsarbeiten an.
- Die Batterie kann in rund 30 Minuten für eine komplette Schicht geladen werden, das heisst praktisch während einer Schichtpause.

Folie aus meinem Vortrag: „Die Lithium-Ionen Batterie im Flurförderfahrzeug“ anlässlich der 19. Aschaffener Fachtagung "Alternative Antriebskonzepte,, im November 2008

## Jungheinrich Pressemitteilung 03.02.2010

- **Lithium-Ionen-Fahrzeug von Jungheinrich im Feldtest**
- Jungheinrich startet im Februar 2010 einen Feldtest mit einem innovativen Elektro-Gegengewichtsstapler. Das Fahrzeug vom Typ EFG 216k ist mit einem Lithium-Ionen-Akku ausgestattet, der auf Herz und Nieren geprüft wird.
- Der Feldtest findet ab März bei einem großen deutschen Automobilhersteller statt.



## Jungheinrich Pressemitteilung vom 03.02.2010

### Auszüge:

- „Ein wichtiger Aspekt ist dabei die Schnellladefähigkeit der Lithium-Ionen-Akkus. Mehrere Zwischenladungen während des Drei-Schicht-Einsatzes könnten zukünftig einen Batteriewechsel in vielen Einsatzfällen unnötig machen.“
- „Mit der Lithium-Ionen-Technologie ist durch die geringeren Verluste bei Ladung und Entladung unter dem Strich ein deutlich sparsamerer Umgang mit der Energie realisierbar“
- „Wenn sich die Herstellkosten der Akkus wie erwartet weiter nach unten entwickeln werden erste wirtschaftliche Einsatzfälle nicht mehr lange auf sich warten lassen.“
- „Jungheinrich gehört zu den international führenden Unternehmen in den Bereichen Flurförderzeug-, Lager- und Materialflusstechnik.“



## Inhaltsübersicht

- **Marktbetrachtung**
  - Elektrischer Flurförderfahrzeugmarkt – Marktsegmentierung - Stückzahlen
- **Produktbetrachtung**
  - Technologie - Funktionen – Vorteile – Komponenten – System
- **Wirtschaftlichkeitsbetrachtung**
  - Berechnung der gesamten Lebensdauerkosten - Einsparpotential



## Marktpotential

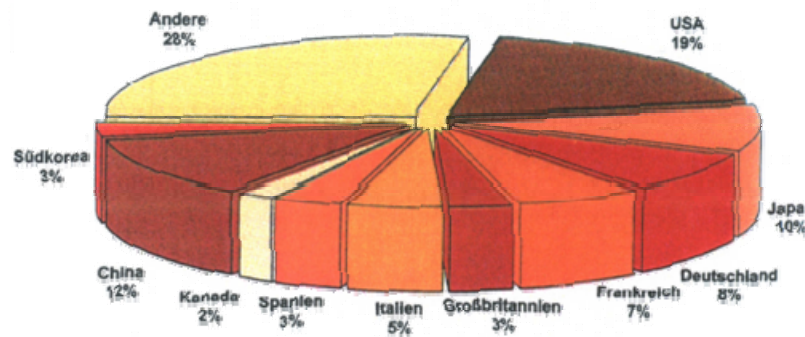
Im Jahr 2007 wurden rund 950'000 Flurförderfahrzeuge abgesetzt. Der Anteil der elektrisch betriebenen Fahrzeugtypen:

- Gabelstapler
- Schmalgangstapler
- Elektrogehörgeräte

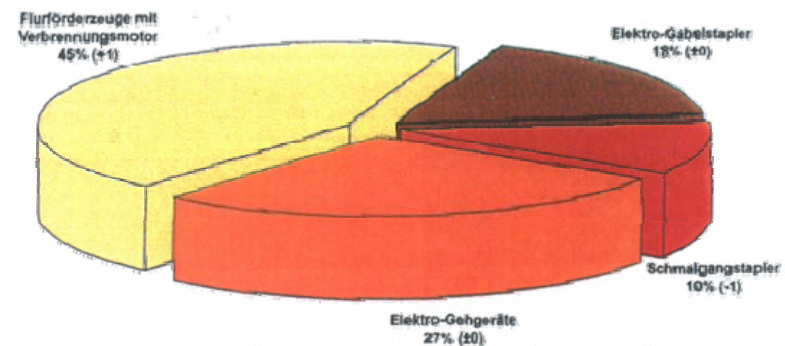
betrug 55% (522'500 Geräte).

Von der Weltproduktion wurden rund 42% in Europa, 25% in den USA und 29% in Asien ausgeliefert. Der europäische Markt alleine beträgt also konservativ geschätzt gegen 250'000 elektrisch angetrieben Flurförderfahrzeuge.

Weltweite Flurförderzeug-Lieferungen 2007  
Prozentuale Aufteilung der Stückzahlen nach Ländern



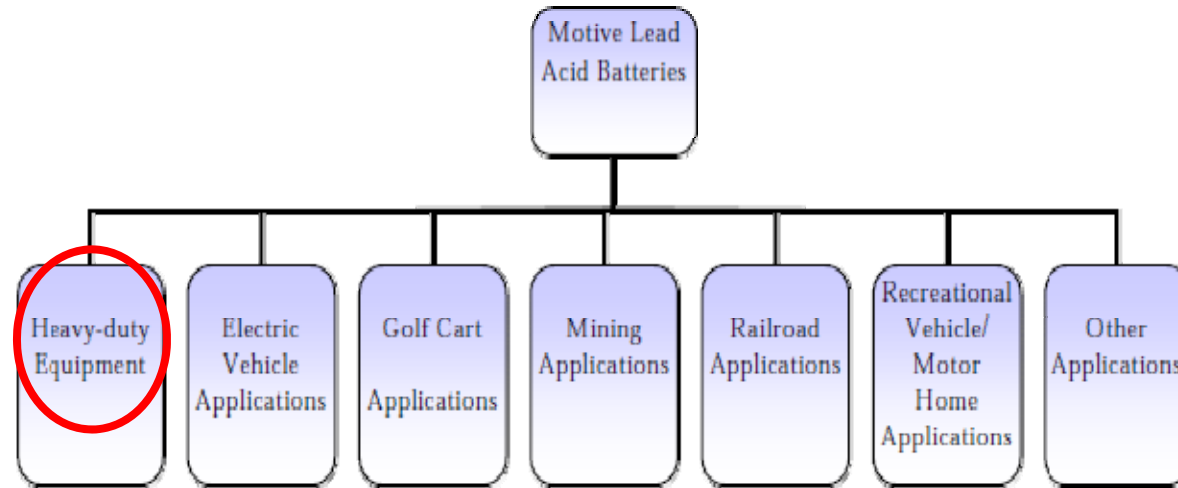
Bauarten der Flurförderzeuge  
Prozentuale Aufteilung der Weltproduktion 2007  
(Klammerwerte: Veränderungen gegenüber dem Vorjahr)





## Market Segmentation

Most probable segment for market entry: Li-Ion systems for Heavy Operations Light Electric Forklifts



- Utility vehicles
- Tow tractors
- Burden carriers
- Passenger carriers
- Electric Forklifts
- Material handling equipment
- Airport ground equipment

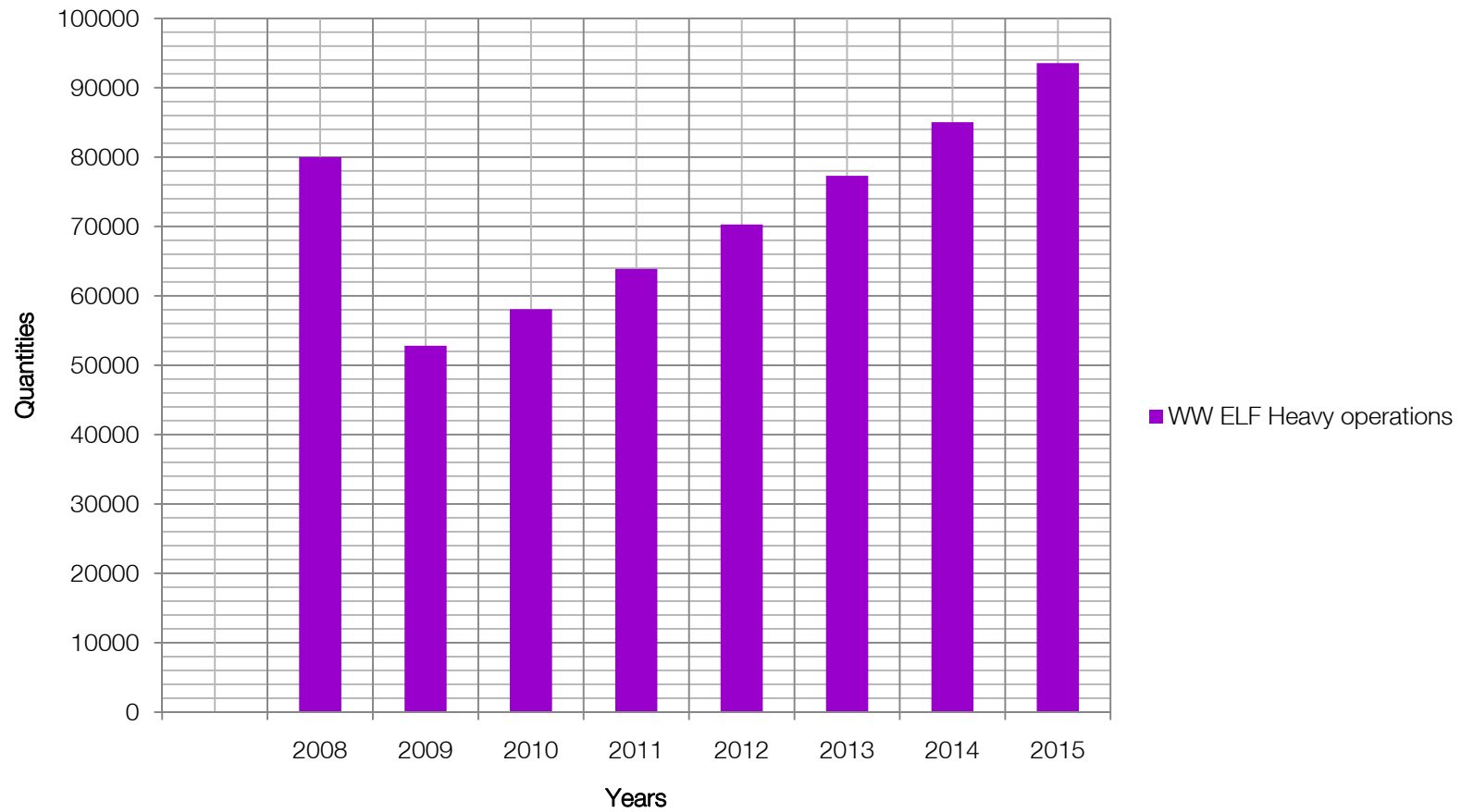
- Heavy Electric Forklifts
- Light Electric Forklifts

- Light Operations
- Heavy Operations



## Market Share of ELF Heavy Operations

WW Market is expected to reach again 80 000 units in 2014





# Produktbetrachtung

Technologie – Funktionen – Vorteile – Komponenten –  
System

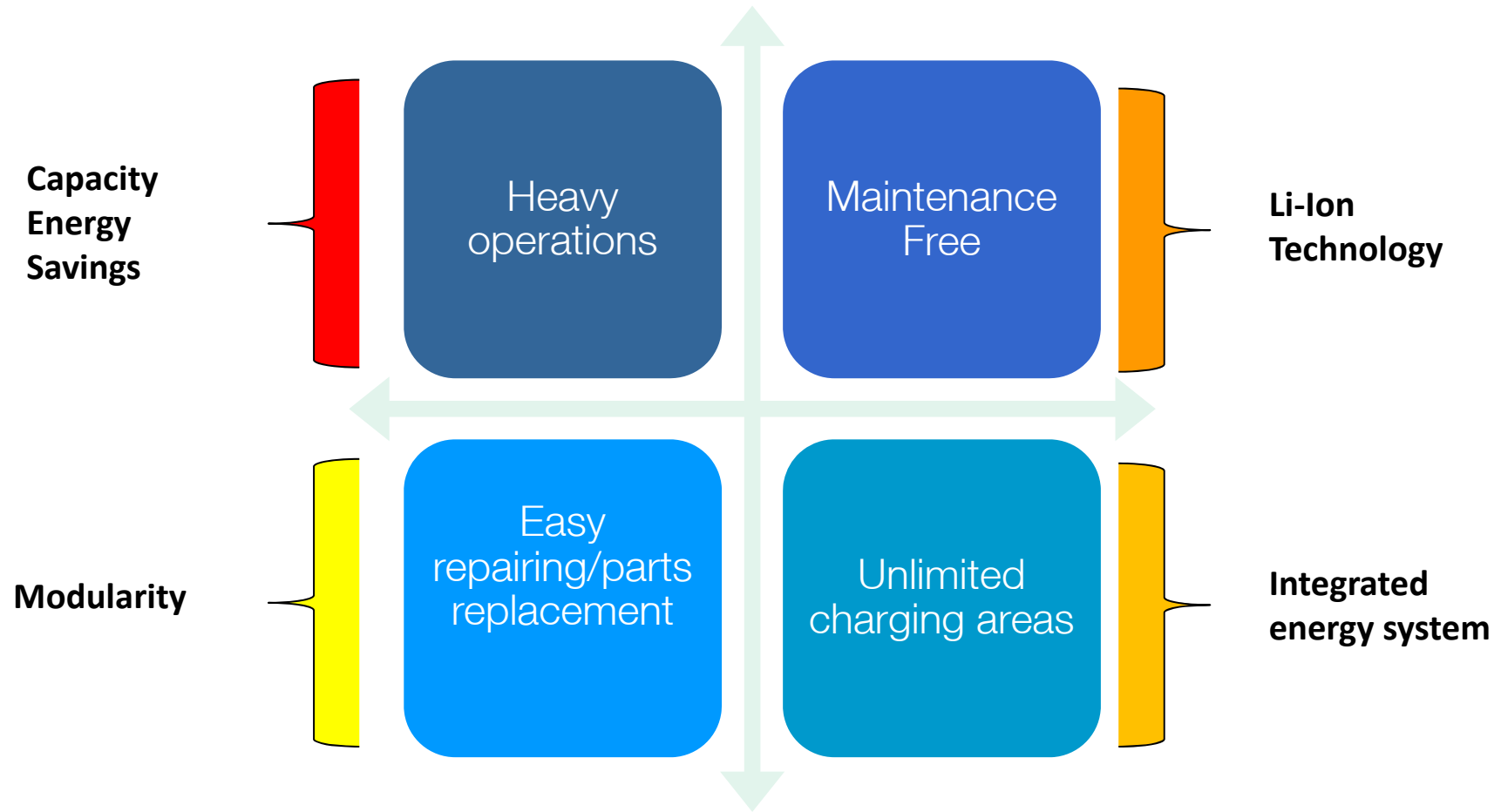


## Vorteile der Lithium-Ionen Technologie

- Mindestens doppelte Lebensdauer im Vergleich mit Bleibatterien
- Dreifache Energiedichte im Vergleich zu Bleibatterien, längere Einsatzdauer ohne Nachladen möglich oder kompaktere Fahrzeuge
- Dreifache Energiedichte bedeutet bei gleichem Energieinhalt eine rund dreimal leichtere Batterie mit entsprechenden Vorteilen bei handgeführten Flurförderfahrzeugen und Anwendungen im Freizeitbereich
- Feste Spannungskennlinie, damit konstante Leistung bis ans Ende
- Ladefaktor nahe 1, Jährliche Energiekostensparnis gegen 15%
- Temperaturunempfindlichkeit selbst bei Einsatz in Kühlhäusern
- Absolut Wartungsfrei – keine zusätzlichen Kosten nach Anschaffung
- Gasungsfrei, deshalb auch Einsatz in heiklen Umgebungen und keine Zusatzbelastung von Gerät und Mensch
- Keine Verwendung seltener Rohstoffe, positive Kopplung zu einem Massenmarkt
- Einfache und umweltverträgliche Rückführung der Rohstoffe
- Integriertes Battery Management System erhöht Sicherheit und erlaubt Abschätzen des Gesundheitszustandes
- Integriertes Battery Management System erlaubt Flottenmanagement und Ersatz nach Bedarf



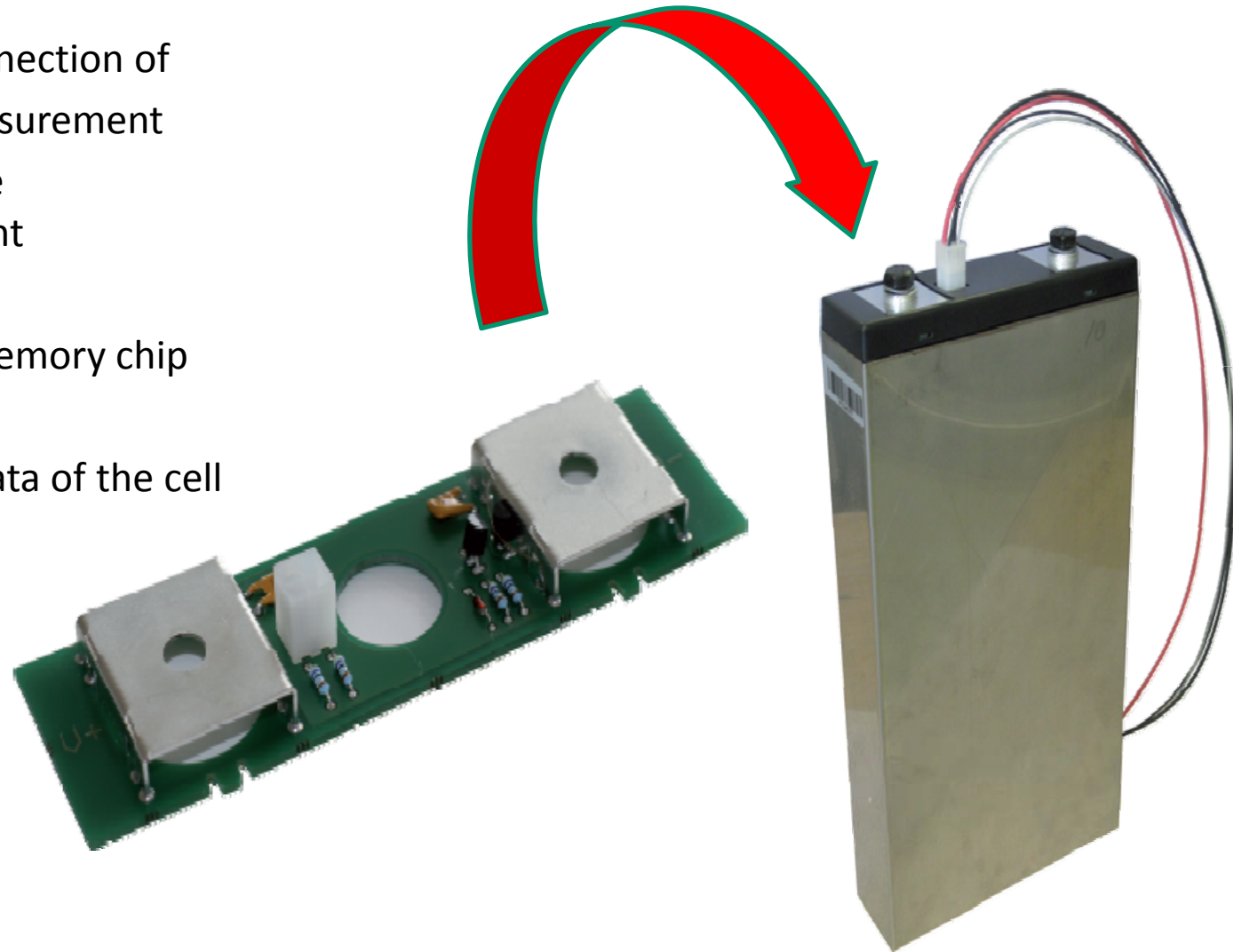
## Functional description of a Li-Ion 24V 250 Ah Battery + Charger





## The battery and the patented smart header

- Simplified connection of
  - Voltage measurement
  - Temperature measurement
- Interface to memory chip
  - Product-ID
  - Operating data of the cell

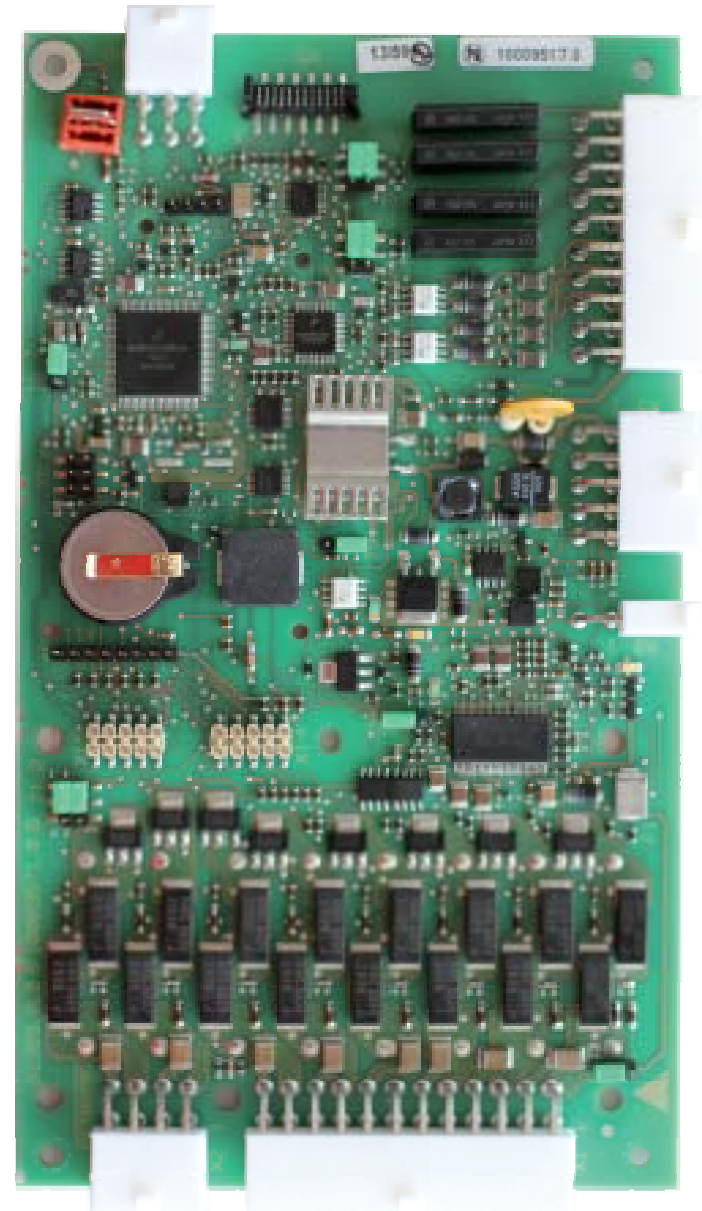




## IPS battery management system (BMS)

### Characteristics:

- configuration of 8/12/16 cells possible
- passive balancing with several currents possible
- UIT-measurement of all cells
- separate T-measurement with cells connected in parallel
- redundancy of the data in the BMS and cell (Smart-Header)
- independant protection circuit in the voltage control
- highly accurate measurement of the current via digital or analogue interface
- On-board battery and real time clock
- 1-wire and batterybus-interface for charger and lift truck





## **Complete battery box – ready for application**





# Kostenbetrachtung

Lebensdauerkosten - Einsparpotential



## Kosten einer Bleibatterie über die Lebensdauer eines Staplers

### Annahmen

- Anschaffungskosten 24V PzS 230Ah: 950.-- Euro
- 242 Einsatztage pro Jahr
- Mittlerer Entladestrom: 15
- Entladung pro Tag: 1
- Energiekosten: 15.79 cents/kWh
- Serviceintervall alle 2 Wochen, mit Aquamatic: 10.60.-- Euro
- Batterierevision einmal im Jahr: 38.50.-- Euro
- Lebensdauer 1500 Zyklen / 60 Monate
- Lebensdauer Stapler: 15 Jahre

Quelle: ZVEI, Lebensdauerbetrachtung bei Antriebsbatterien

### Berechnung

24V PzS 230Ah	Unit	Value
Energieinhalt nominal:	[kWh]	5.52
Einsatztage	[]	242
Entladetiefe	[%]	80%
Lebensdauer Batterie	[Monate]	60
Kosten kWh [Aschaffenburg]	[Eurocent]	15.79
Ladefaktor (Energy)	[]	1.1
Serviceintervall	[Wochen]	2
Kosten pro Service	[€]	10.6
Kosten Jahresrevision	[€]	38.5
Anzahl Service	[]	120
Anzahl Revisionen	[]	5
Anschaffungspreis	[€]	950
Kosten Service Batteriesatz	[€]	1272
Kosten Revision Batteriesatz	[€]	192.5
Energiekosten Batteriesatz	[€]	928.09
LCA Batteriesatz	[€]	<b>3342.59</b>



## Einsparnispotential mit Lithium Ionen Batterie

### Annahmen

- Staplerlebensdauer: 15 Jahre
- Anzahl Batteriesätze PzS: 3
- Anzahl Batteriesätze Lithium: 2
  
- Aus den Berechnungen erfolgt, dass die Lithium-Ionen Batterie pro Satz rund 2'800€ teurer sein dürfte.
- Verglichen mit der Bleibatterie entspricht dies einem rund 4 mal höheren Preis!
- Zellenpreis heute Kleinmengen 400€/kWh, d.h. schon bei den geforderten 5.52kWh sind dies 2'200€.
- Zellenpreis muss sinken!

### Berechnung

Einsparpotential	Unit	Value
Anzahl Blei-Batteriesätze	[]	3
Anzahl Lithium-Batteriesätze	[]	2
Anschaffungspreis	[€]	950
Ersparnis Anschaffung	[€]	950
Kosten Service Batteriesatz	[€]	1272
Kosten Revision Batteriesatz	[€]	192.5
Energiekosten Batteriesatz	[€]	928.09
Energieersparnis Batteriesatz	[%]	10%
Ersparnis Service Total LCA	[€]	3816
Ersparnis Revision Total LCA	[€]	577.5
Ersparnis Energie Total LCA	[€]	278.426
Ersparnis Total	[€]	<b>5621.93</b>



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

Dr. Andrea Vezzini

Labor für Industrieelektronik

Berner Fachhochschule Technik und Informatik

Tf.: +41 32 321 63 72

Fax: +41 32 321 65 72

email: [andrea.vezzini@bfh.ch](mailto:andrea.vezzini@bfh.ch)

Internet: [www.ti.bfh.ch](http://www.ti.bfh.ch)