

Integrierte Sensoren für Lithium-Eisen-Phosphat-Zellen

Matthias Schneider, Karl-Ragmar Riemschneider, Jürgen Vollmer,
Günter Müller, Valentin Roscher

Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg

Fuelling the Climate 2013
Fachtagung Vehicle to Grid
5. September 2013, Hamburg



This project is part-financed by the EU

Interreg IVB North Sea project

e-mobility **NSR**

www.e-mobility-nsr.eu



Inhalt

- 1 Einführung
- 2 Batterie Management in Fahrzeug-Batterien
- 3 Drahtlose Zellsensoren für Fahrzeugbatterien
- 4 Zellsensor-Prototypen und Systeme
- 5 Ausblick



Drahtlose Zellsensoren für Fahrzeugbatterien - Projekt BATSEN



BATSEN Forschungsgruppe an der HAW Hamburg

- Personal: 2 Professoren, 2 wiss. Mitarbeiter, 1 erfahrener Ingenieur (Teilzeit), aktuell \approx 5 Studenten
- Infrastruktur: Elektronik-Labor und neues Batterie Test-Labor an der HAW
- Lokale Kooperationen:
 - Forschungsgruppe Redox-Flow-Batterien (Prof. Winkler, HAW)
 - Forschungsgruppe Smart Grid (Prof. Schubert, Prof. Renz, HAW)
 - Forschungsgruppen an der Universität Hamburg (Physik, Chemie)

Partner im Projekt BATSEN

Unterstützende Industriepartner:

- Volkswagen AG Wolfsburg (Fahrzeughersteller)
- Bertrandt AG Wolfsburg (Dienstleister im Bereich Fahrzeugentwicklung)
- Still GmbH Hamburg (Flurförderzeuge, Gabelstapler)
- OMT/ECC GmbH Lübeck, Geesthacht (Batteriehersteller & Lithium Technologie)
- Fey Electronic GmbH Seevetal (Batterie-Systemhersteller & Importeur)
- Coilcraft Ltd. Cary US/Cumbernauld UK (Elektronische Komponenten)

Das Forschungsprojekt "BATSEN" wird finanziert vom Bundesministerium für Bildung und Forschung sowie teilweise gefördert durch die Europäische Union im Projekt NSR IV und der Forschungs- und Wissenschaftsstiftung Hamburg im Rahmen der Graduiertenschule "Key Technologies for Sustainable Energy Systems in Smart Grids"



Interreg IVB North Sea project

STILL
bertrandt

feY
ELEKTRONIK

o.m.t
Coilcraft



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

e-mobility NSR

-mobility-nsr.eu

The Interreg IVB
North Sea Region
Programme



This project is part-financed by the EU

UHH | HAW

Graduate School:
Key Technologies for Sustainable
Energy Systems in Smart Grids

e-mobility NSR

Herausforderungen

Forderungen an Batterien für mobile Anwendungen:

- Betriebs-Sicherheit gewährleisten
- Leistungsfähigkeit erhöhen
- Kosten reduzieren
- Lebensdauer erhöhen

Herausforderungen

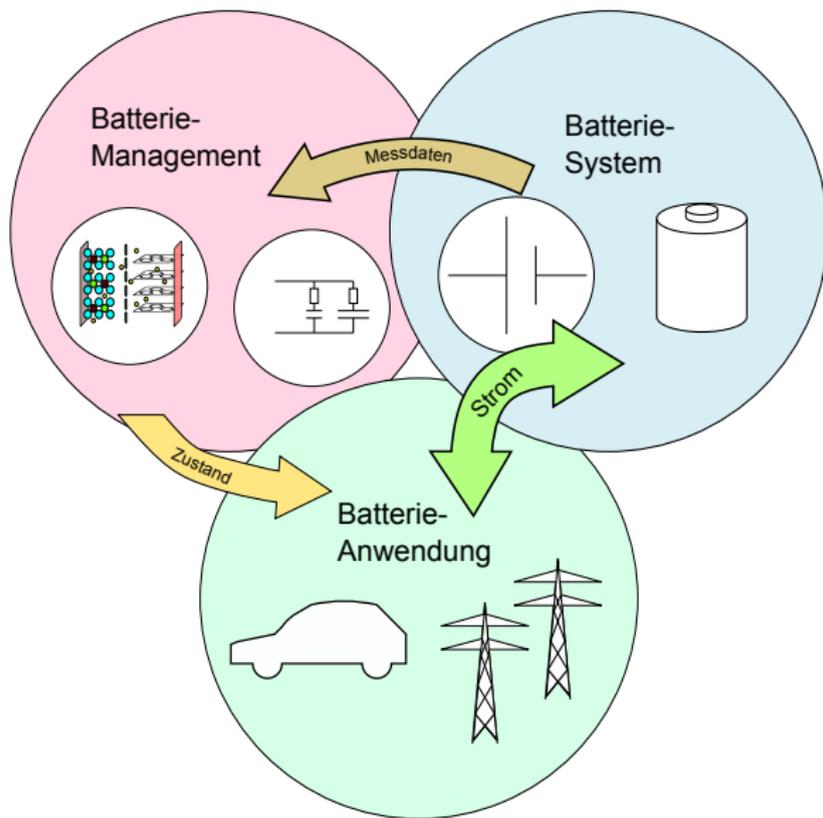
Forderungen an Batterien für mobile Anwendungen:

- Betriebs-Sicherheit gewährleisten
- Leistungsfähigkeit erhöhen
- Kosten reduzieren
- Lebensdauer erhöhen

Ansatzpunkte:

- 1) Batterie-Technologien verbessern
- 2) Optimierung des Batteriebetriebs in der Anwendung
- 3) **Batterie-Management**

Gesamtsystem:



Fahrzeug-Batterien in Projekt BATSEN



Starter Batterie mit
Sensor-Prototypen



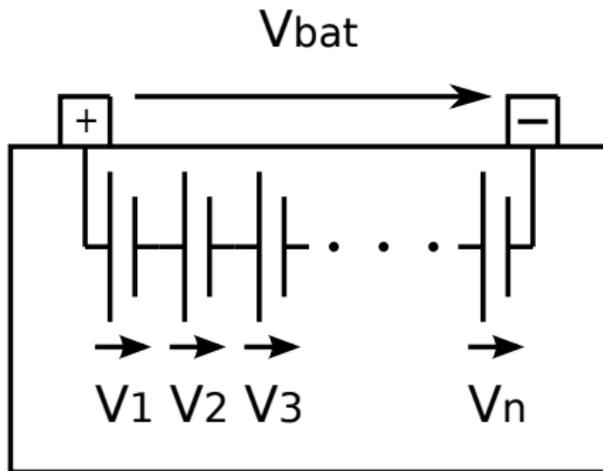
Traktions-Batterie eines
Gabelstaplers



LiFePO4-Starterbatterie

- Starter- und Puffer-Batterien in herkömmlichen PKW (~50 €) 0.5 kWh, 15 kg
- Traktionsbatterie in Gabelstaplern (~2000-4000 €) 7-40 kWh, 300-2000 kg
- Lithiumbatterien in Fahrzeugen (~20000 €) ~ 20 kWh, 200 kg

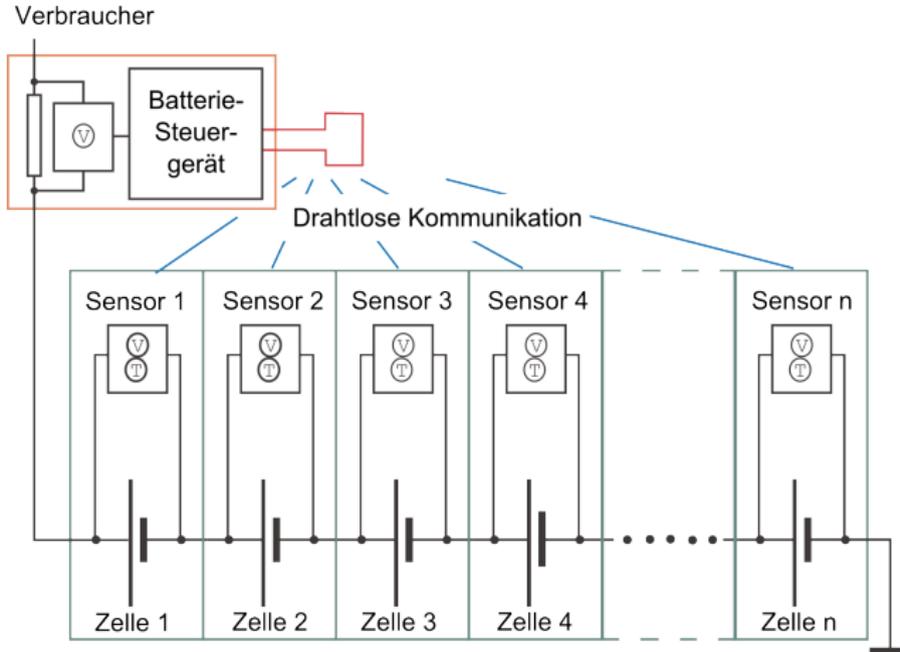
Mehrzellige Fahrzeug-Batterien



Batteriezellen in Reihenschaltungen, in Fahrzeugen über 100 Zellen möglich

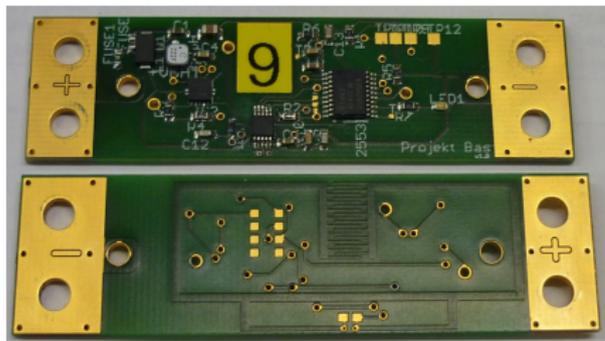
- Kapazität und Lebensdauer werden durch **jedes** Glied der Kette bestimmt
- Auftrennen/Überbrücken von Zellen nicht möglich

Lösungsansatz im Projekt BATSEN

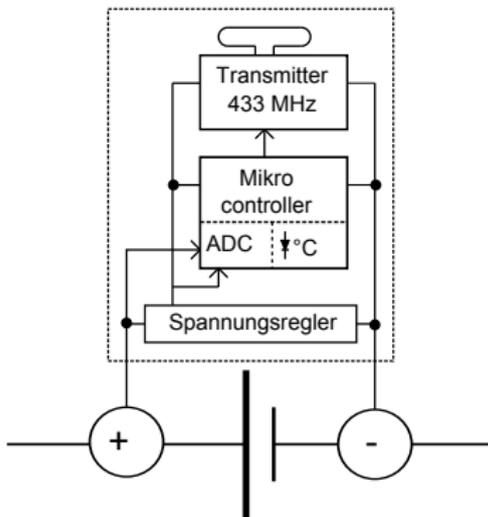


- Sensoren in jeder Zelle für Spannung und Messung
- Drahtlose Sensordaten-Übertragung

Sensor Klasse 1



Aktuelle Version [2]



Blockschaltbild Klasse 1 Sensor

- Einfache Sensor-Hardware, Kostenziel: 1 € pro Sensor
- Anwendungsziel: Batterien mit hohen Stückzahlen

Zellensensor-Prototypen auf einer Gabelstapler-Batterie

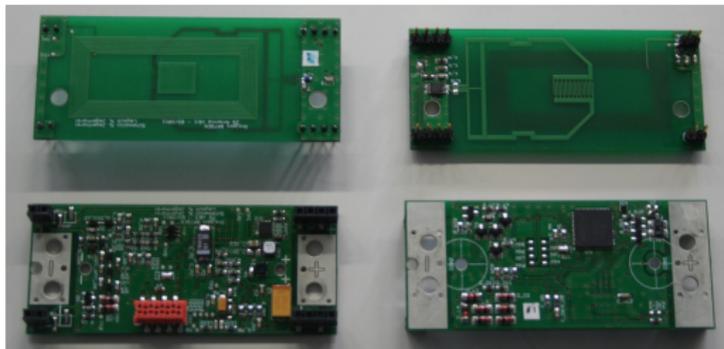


Säurefeste Einkapselung

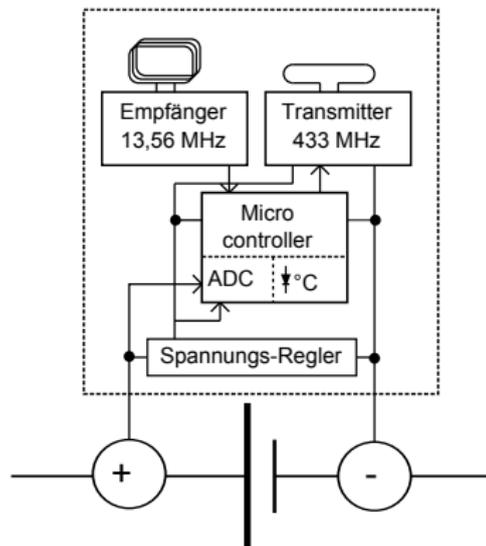


Testsensor für Materialtest

Sensor Klasse 2



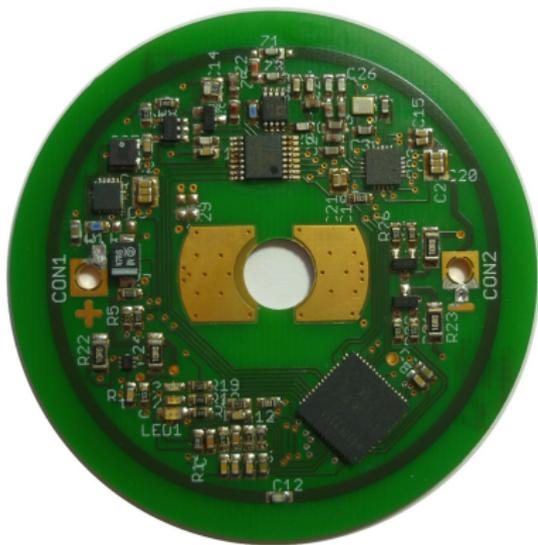
Sensor Klasse 2 mit 2 Antennen (Up- and Downlink) [4]



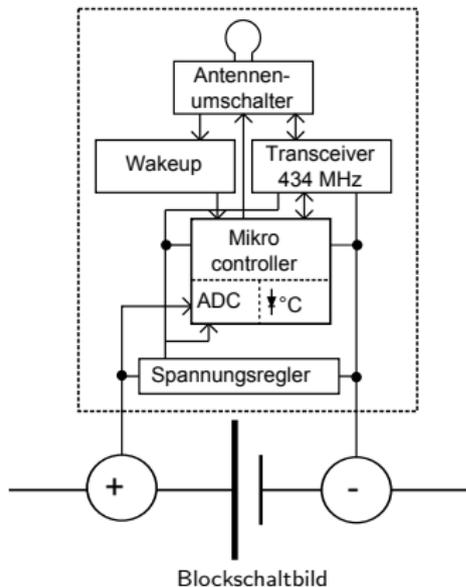
Blockschaltbild Sensor Klasse 2 [4]

- Passive RFID-Schaltung als 13,56 MHz Empfänger
- Sende-Chip für 434 MHz ohne Quarz
- Wakeup-Funktion per Downlink möglich
- Zentral synchronisierte Messung und Übertragung

Sensor Klasse 3



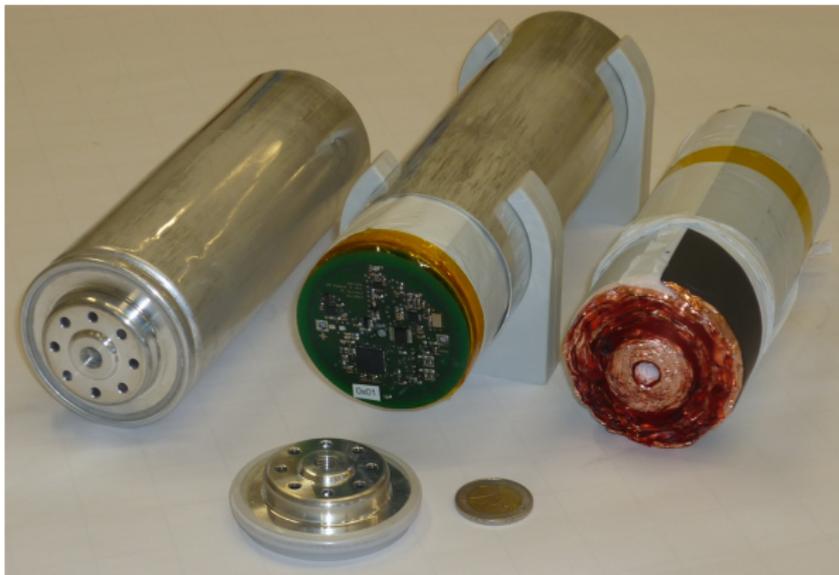
Erweiterter Sensor Klasse 3 [11]



Blockschaltbild

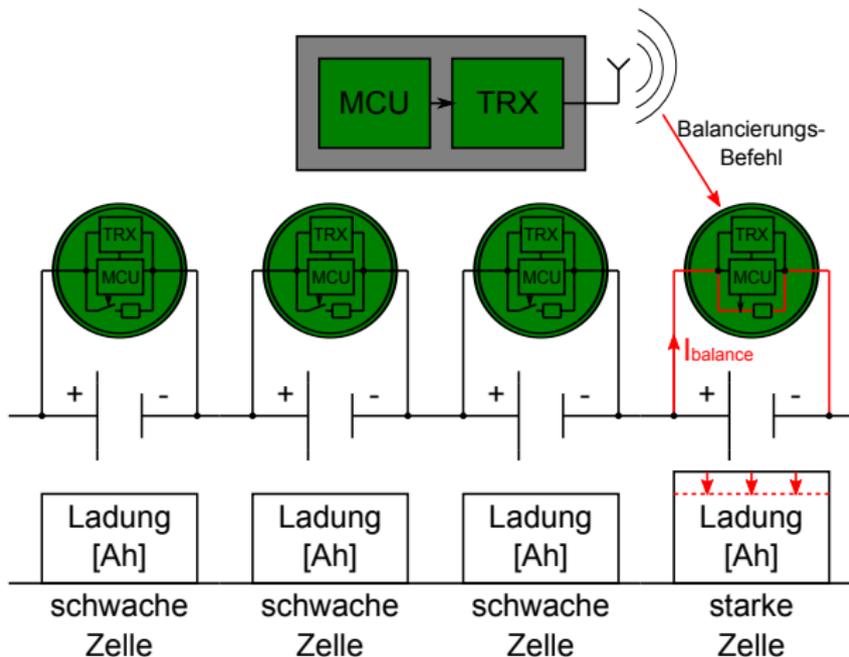
- Bidirektionale Kommunikation bei 434 MHz
- Wakeup-Schaltung über Antennenumschalter
- Energiearmer Schlafzustand $< 1 \text{ mA}$ [10]

Sensor Klasse 3 - Anwendung



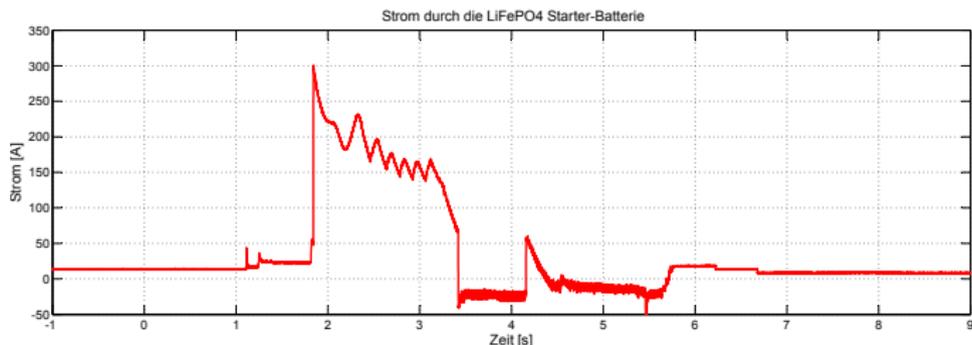
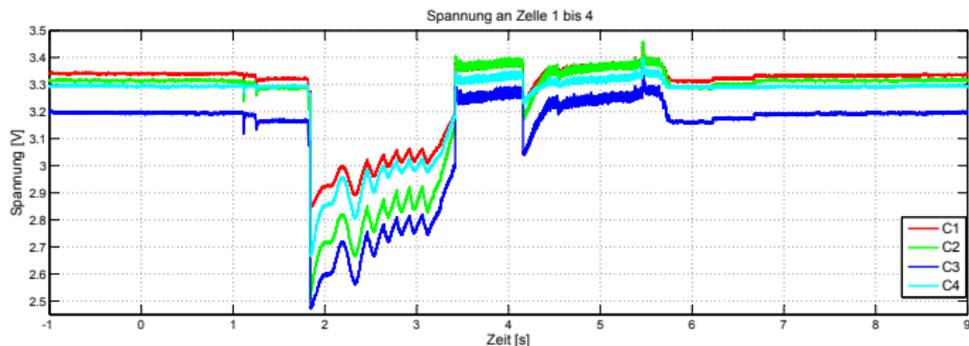
- Große Lithium-Ionen-Zellen
- Einkapselung zur Platzierung in der Batterie
- Funkverbindung durch Aluminium-Hülle erfolgreich getestet

Sensor Klasse 3 - Zellen Balancierung



- Passive Zellenbalancierung auf dem Sensor möglich
- Beitrag zur Erhöhung der Lebensdauer

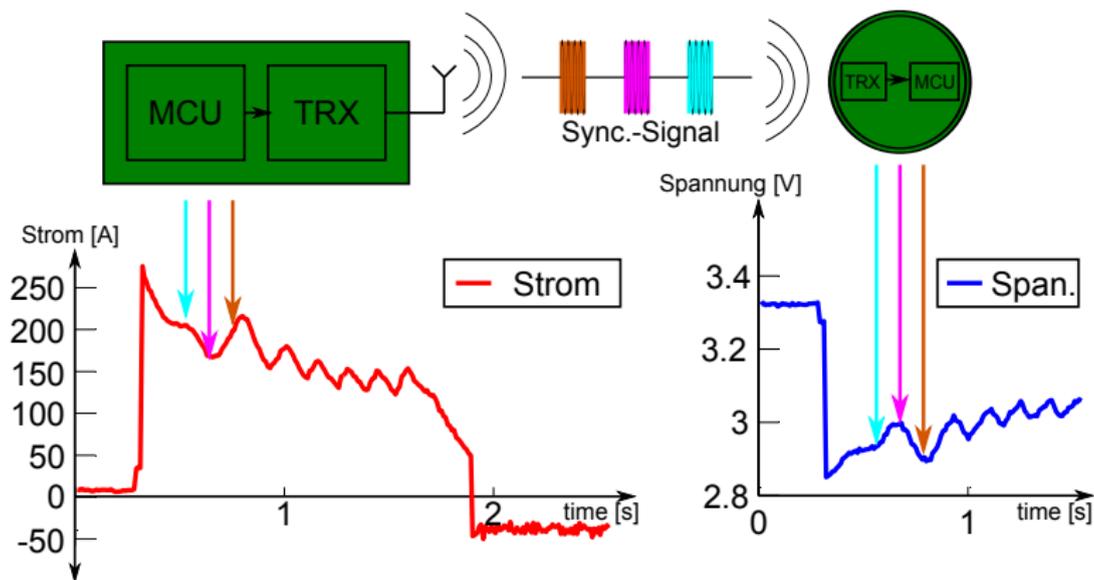
Herausforderung: Hochstromereignisse



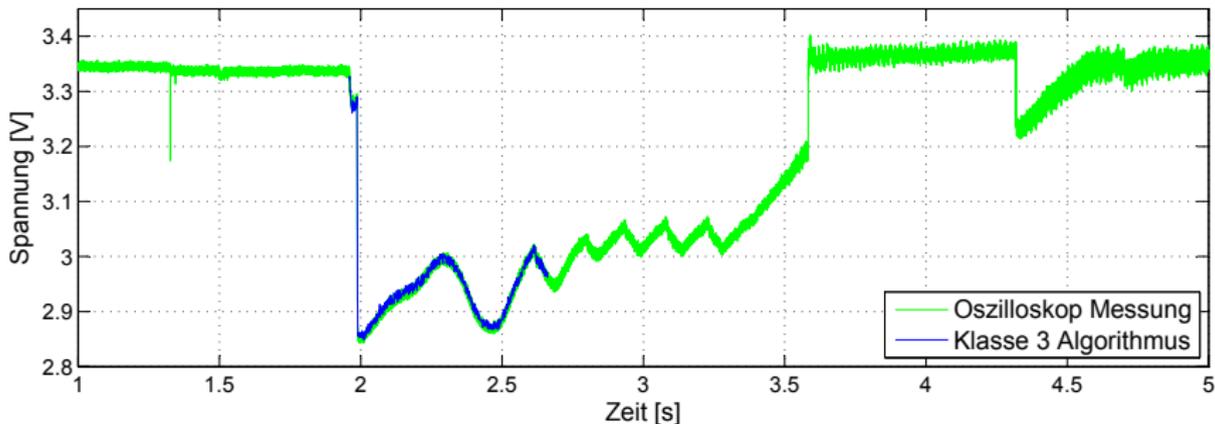
Hochstromereignis: Audi A4 2.7 l Benzin-Motor-Start, Oben: Spannung, Unten: Strom



Sensor Klasse 3 - Funksynchronisierte Messung I

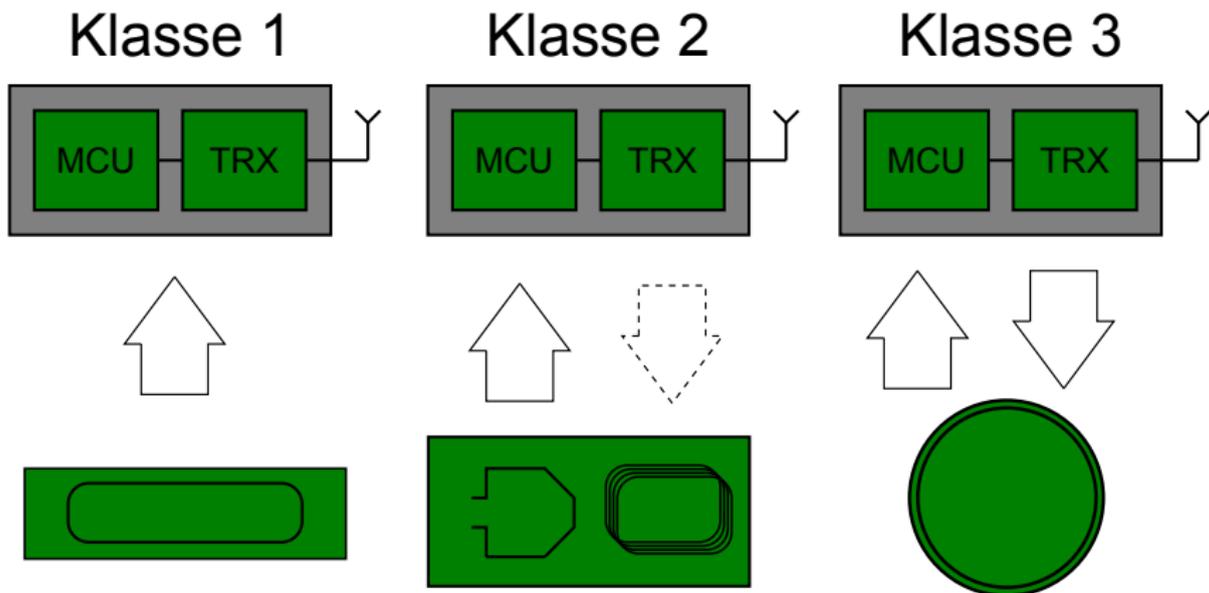


Sensor Klasse 3 - Funksynchronisierte Messung II



- Motorstart mit einer LiFePO₄-Batterie
- Grüne Linie: Direkte Messung als Referenz
- Blaue Linie: Funksynchronisierte Messung

Übersicht: Sensor-Klassen



Batterielabor im Aufbau



Batterielabor im Aufbau



Zellensimulator [12]



Zellensimulator (Rack)[12]



Temperaturschrank mit Zykliergeräten

- Temperaturschrank für Erprobung der Sensoren, Kalibrierung
- Zykliergerät für Batterie-Untersuchung/ -Tests

Versuche am Fahrzeug-Bordnetz



Kombinierter Test drahtloser Sensoren mit verdrahteter Messtechnik als Referenz

Ausblick

Status:

- Sensor Klasse 1: Versuchsbetrieb → Starter- u. Traktionsbatterie
- Sensor Klasse 2: Erster Prototyp → Traktionsbatterie
- Klasse 3 in Arbeit: → LiFePO₄ Zellen für E-Mobile u. Smart Grid
- Batterie-Test-Labor in der HAW Hamburg im Aufbau

Ausblick

Status:

- Sensor Klasse 1: Versuchsbetrieb → Starter- u. Traktionsbatterie
- Sensor Klasse 2: Erster Prototyp → Traktionsbatterie
- Klasse 3 in Arbeit: → LiFePO₄ Zellen für E-Mobile u. Smart Grid
- Batterie-Test-Labor in der HAW Hamburg im Aufbau

Nächste Schritte:

- Anpassung der Sensorik für Luftfahrt-Batterien
- Entwicklung und Test weiterer Sensoren
- Beiträge zur "Graduate School Key Technologies for Sustainable Energy Systems in Smart Grids" an der Universität Hamburg



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit.

Arbeiten im Projekt BATSEN

- [1] Hoops A., Industrial Internship Report, HAW Hamburg 2010
- [2] Ilgin, S.; Bachelorthesis HAW Hamburg 2011
- [3] Ilgin, S., Jegenhorst, N, Kube, R., Püttjer, S., Riemschneider, K.-R., Schneider, M., Vollmer, J. Automotive Battery Monitoring by Wireless Cell Sensors. accepted IEEE International Instrumentation and Measurement Technology Conference I2MTC Graz 2012
- [4] Jegenhorst, N.; Masterthesis HAW Hamburg 2011
- [5] Krannich, T.; Diploma Thesis. HAW Hamburg 2008
- [6] Krannich T., Plaschke S., Riemschneider K.-R., Vollmer J.; Drahtlose Sensoren für Batterie-Zellen - ein Diskussionsbeitrag aus Sicht einer Anwendung; 8. GI/ITG KuVS Fachgespräch "'Drahtlose Sensornetze"' 2009
- [7] Kube, R.; Masterthesis, HAW Hamburg 2011
- [8] Plaschke, S.; Experimentalsystem für drahtlose Batteriesensorik; Diploma Thesis. 2008
- [9] Püttjer, S.; Diplom Thesis HAW Hamburg 2011
- [10] Durdaut, P.; Zellsensor für Fahrzeugbatterien mit Kommunikation und Wakeup-Funktion im ISM-Band bei 434 MHz; Bachelor Thesis. 2013
- [11] Sassano, N.; Hard- und Softwareentwicklung für einen drahtlos kommunizierenden Batterie-Zellsensor mit funksynchronisierter Messung; Bachelor Thesis. 2013
- [12] Steinmann, T.; Hard- und Softwareentwicklung für einen Controller-gesteuerten, vernetzten Zellspannungsgenerator; Bachelor Thesis. 2012
- [13] Loschwitz, R.; Überwachungs-, Zellenbalancierungs- und Leistungselektronik für eine Starterbatterie in Lithium-Eisen-Phosphat-Technologie; Bachelor Thesis. 2013
- [14] Riemschneider, K.-R., Schneider, M., Drahtlose Sensoren in den Zellen von Fahrzeug-Batterien., 21. International Scientific Conference Mittweida 2011

