

ENERGIESPEICHER LADEN UND ENTLADEN – BEISPIELE AUS DER ELEKTROMOBILITÄT UND UMWELTTECHNIK

Axel Hoppe, Institut für Automation und Kommunikation e.V.

Fachgespräch

Batteriespeicher in Energiesystemen

VORSTELLUNG DES IFAK ...

Institut für Automation und
Kommunikation e.V.

Institutsleiter: Prof. U. Jumar
E-Mail: ulrich.jumar@ifak.eu



Werner-Heisenberg-Str. 1
39106 Magdeburg



(0391) 990140



(0391) 9901590

<https://www.ifak.eu>



Denkfabrik im Wissenschaftshafen Magdeburg
(beim Sommerhochwasser 2013)

STECKBRIEF DES INSTITUTS IFAK



Institut der angewandten Forschung

- Gemeinnütziger Verein ifak e.V. als Rechtsträger, 1991
- Organe: Mitgliederversammlung, Vorstand und ein Kuratorium mit 20 Persönlichkeiten aus Wissenschaft, Wirtschaft und Politik
- 59 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter (Wissenschaftler und nicht-wissenschaftliches Personal)
- 4 Geschäftsfelder

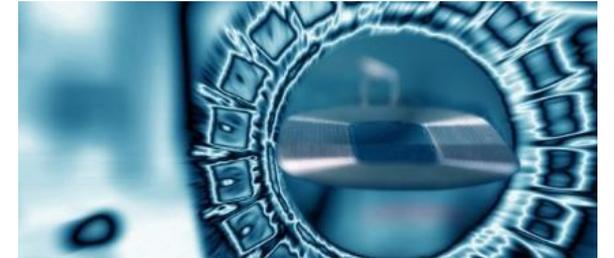
□ An-Institut der Otto-von-Guericke-Universität
Magdeburg

□ Drei Unternehmensgründungen
aus dem Forschungsinstitut

□ Mitglied der  | ZUSE-GEMEINSCHAFT



IKT & Automation



Messtechnik & Leistungselektronik



Wasser & Energie

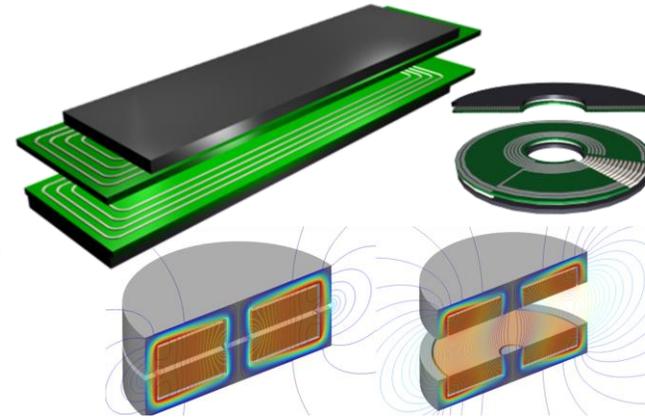


Verkehr & Assistenz

AUSZUG ZU FORSCHUNGSAKTIVITÄTEN: LEISTUNGSELEKTRONIK

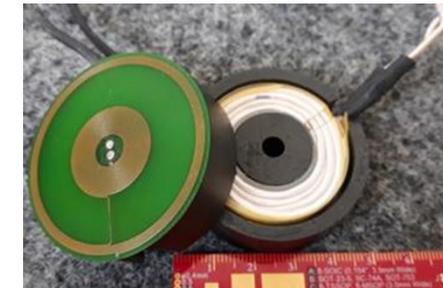
■ Kontaktlose Energie- und Datenübertragung

- Vielfältige Anwendungen in Elektromobilität, Industrie, Medizintechnik
- Induktive Ladetechnologie bis 11 kW-Bereich
- Effiziente Laderegungen auf der Fahrzeugseite
- Positioniersysteme und Nahfeldkommunikation
- Applikationsspezifische Entwicklungen produktnaher Funktionsmuster



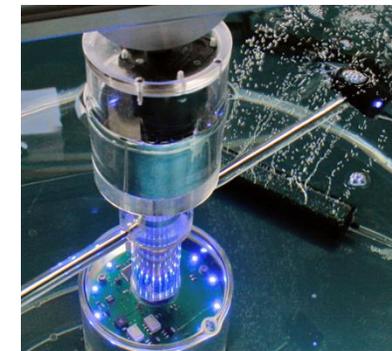
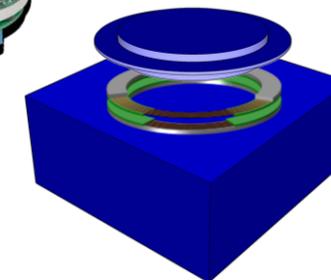
■ Elektrische Antriebe und Solartechnik

- Solarwechselrichter und Solarpumpensysteme
- Spannungsanpassstufen



■ Leistungselektronische Komponenten

- Anwendungsspezifische Wechselrichter
- hocheffiziente gesteuerte Gleichrichter
- DC/DC-Wandler



LEISTUNGSELEKTRONIK UND ENERGIESPEICHER

Aufgaben

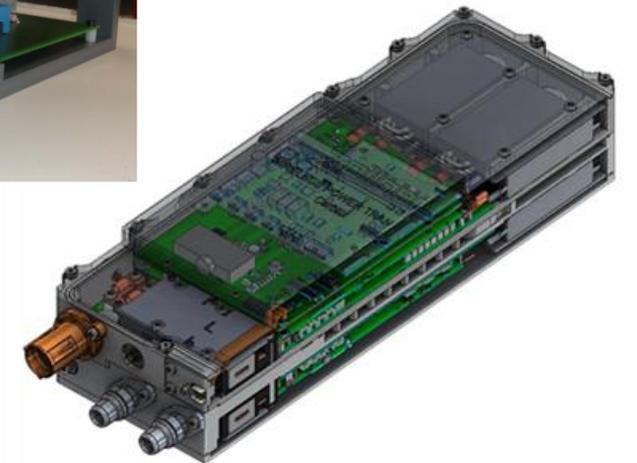
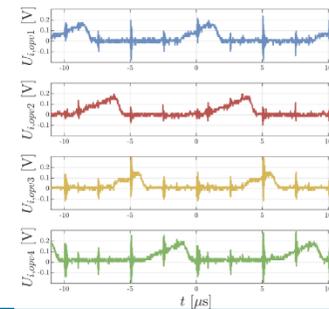
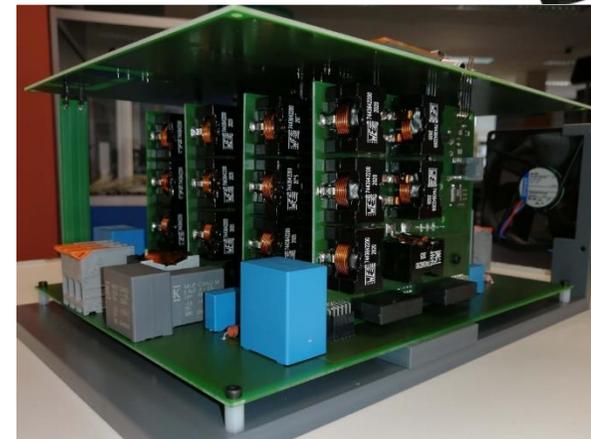
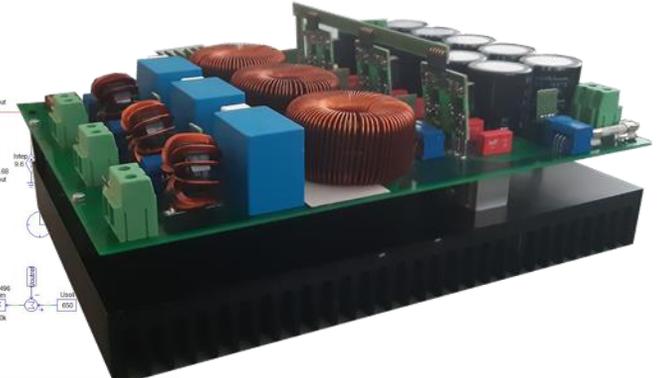
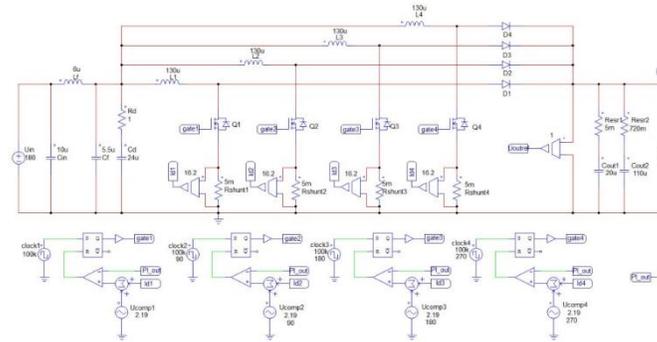
- Regelung und Steuerung von Strömen und Spannungen
- Lade- und Entladefunktion
- Anpassung von Spannungsebenen
- Schutz von Baugruppen usw.
- Überwachung....

Möglichkeiten

- Wechselrichter, DC/DC-Wandler, Laderegler.....
- Nutzung effizienter Bauelemente (Wide Bandgap)
- Hohe Arbeitsfrequenzen

Herausforderungen

- Wirkungsgrad, Kühlung, EMV.....



HOCHEFFIZIENTE LEISTUNGSELEKTRONIK FÜR SOLARBASIERTE PUMPENSYSTEME IN DER WASSERVERSORGUNG - HELLO



oddesse
Pumpen- und Motorenfabrik
GmbH Oschersleben

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

ifak
Institut für Automation und Kommunikation



HELLO - ZIELE

- Verbesserung der Wasserversorgung in ländlichen Gebieten (in Afrika und Asien)
- Entwicklung leistungselektronischer Module für kompakte Pumpensysteme bis 15 kW
- Kombination mit angepasster Energieversorgung auf Basis der Photovoltaik
- Betrieb als Inselsystem mit anderen alternativen Energien und Speichern
- Steigerung der Systemwirkungsgrade
- höhere Arbeitsfrequenzen
- Qualitätsverbesserung der Sinusmodulation



Verschiedene
Tauchmotorpumpen



Solarpumpensystem in Asien [1]

[1], „Trade India,“ [Online]. Available:
<https://salunkheindustrie.tradeindia.com/solar-water-pump-3233773.html>. [Zugriff am 1.3.2020].

HELLO - LÖSUNGSANSATZ

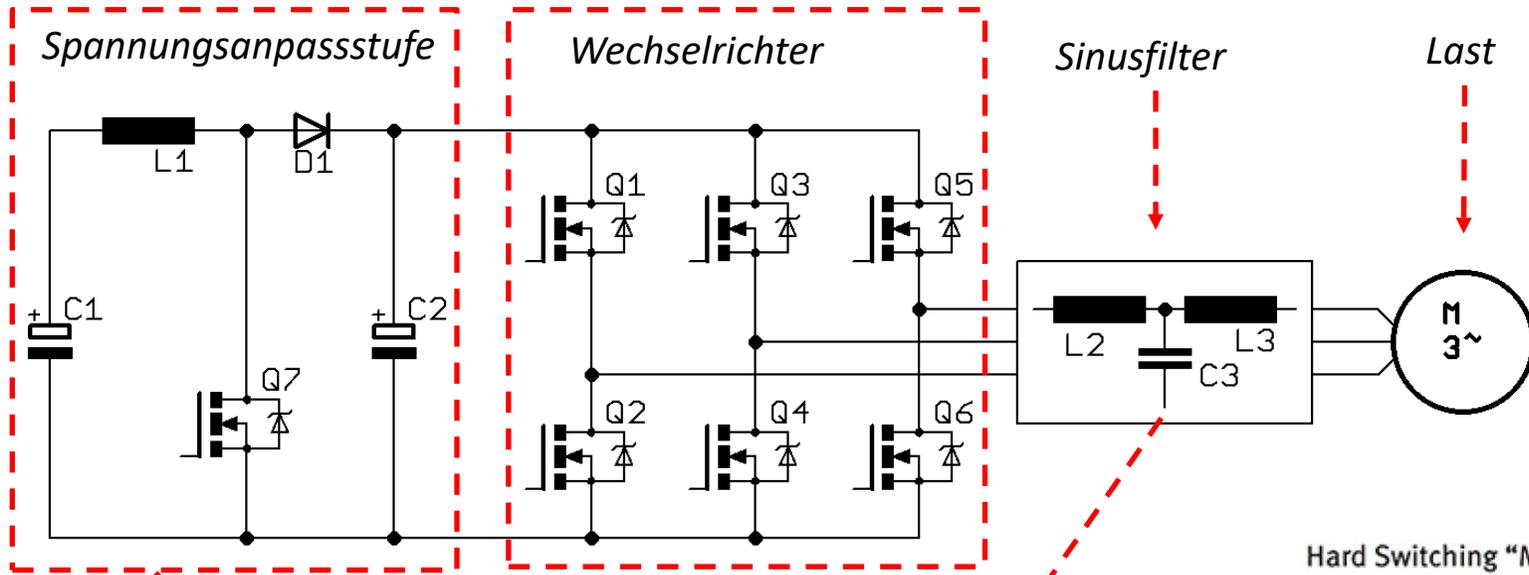
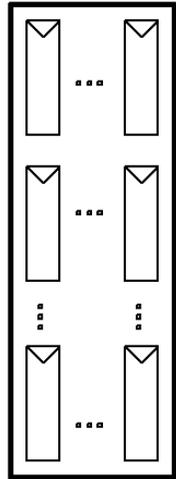
- Einsatz von Halbleitern auf Basis von Siliziumkarbid (SiC) bzw. Galliumnitrid (GaN)
- höhere Frequenzen -> Reduzierung der Baugröße der Filterelemente
- geringere Schaltverluste -> höhere Wirkungsgrade
- Modularer Aufbau
- Spannungsanpassstufe – Einbindung verschiedener Energiequellen
- Optimale Nutzung der Solaranlagen und der Energiespeicher
- Anpassung der Betriebsspannungen der Quellen an den Wechselrichter
- Anschluss beliebiger 115 / 230 V -Verbraucher



Struktur des HELLO-Systems

HELLO - SCHALTUNGSTOPOLOGIE

Photovoltaik-modul

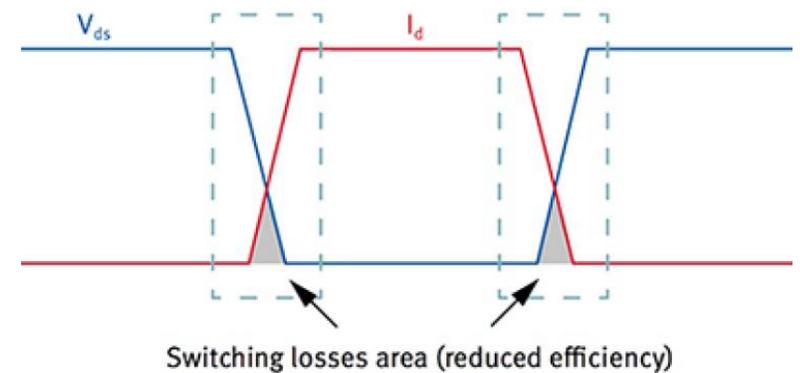


Anpassung der Solarspannung (ca. 120 V) an die Zwischenkreisspannung (ca. 560...650 V)

Erzeugung eines Drehstromsystems

Wandlung der pulsformigen Eingangsspannung in eine Sinusform

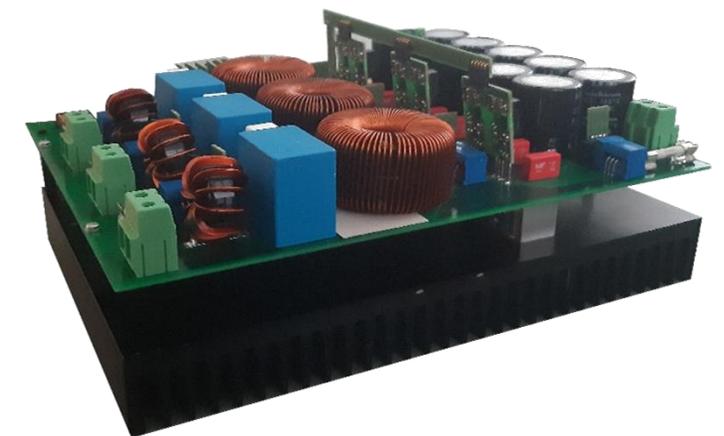
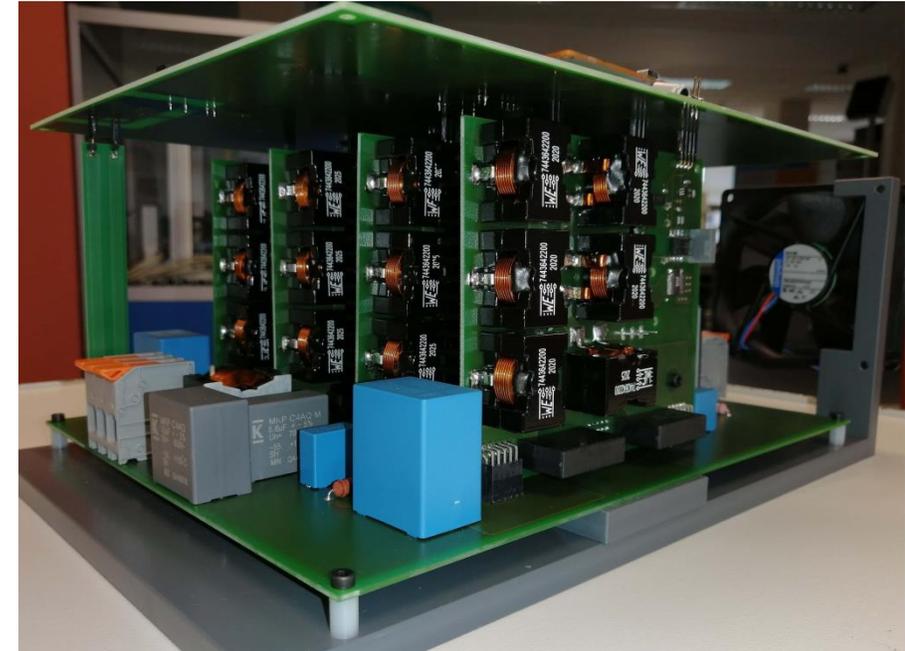
Hard Switching "MOSFET" current and voltage waveform



Schaltverluste durch Überschneidung von Sperrspannung (V_{ds}) und Drainstrom (I_d) [10]

HELLO - ERGEBNISSE

- Arbeitsfrequenzen der Leistungselektronik im Bereich 50-100 kHz
- Spannungsanpassstufe
 - Einzelmodul bis 3 kW (η im Bereich 97%...98%)
 - Gesamtsystem 11 kW
- Wechselrichter
 - Leistungsfähiger 32 Bit – 2 Kern Prozessor
 - Betrieb von Pumpen mit Asynchron- und Synchronmaschinen (FOR)
 - Realisierung von Drehstrominselnetzen
- Vermarktung – Vertrieb kompletter Solarpumpenanlagen
- Zielmärkte: Südeuropa, Naher Osten, Zentralasien, Afrika



ELEKTROMOBILITÄT UND SPEICHER

- Die Zukunft der Mobilität ist elektrisch ...und autonom.
- Autonome E-Mobilität benötigt **automatische Ladelösungen**, die einen vollständig autonomen Betrieb erfüllen → WirelessPowerTransfer (WPT)



Autonomes Shuttle EZ10, easymile.com

DAS PROJEKT FEEDBACCAR

Die Ziele

- → Ausgleich der Mehrkosten des Elektrofahrzeuges durch die Einbindung als Energiespeicher in Smart Home Konzepten
- → Nachweis der Wirtschaftlichkeit der Anschaffung von Elektrofahrzeugen in Kombination mit dem häuslichen Energiemanagement
- → Steigerung der Attraktivität der Elektromobilität

Der Weg

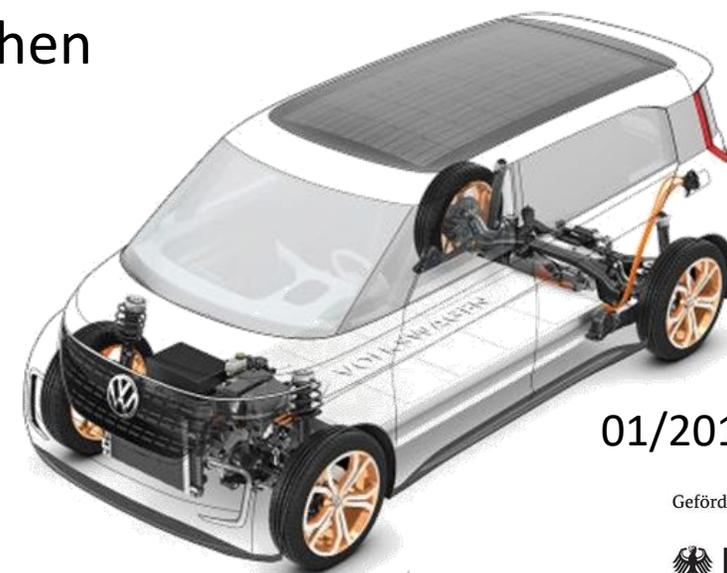
- automatischen Netzanbindung durch eine bidirektionale kontaktlose Ladetechnologie
- Entwicklung geeigneter Geschäftsmodelle für die Teilnahme am Energiemarkt

zollner



ifak

e2m



01/2017-08/2020

Gefördert durch:

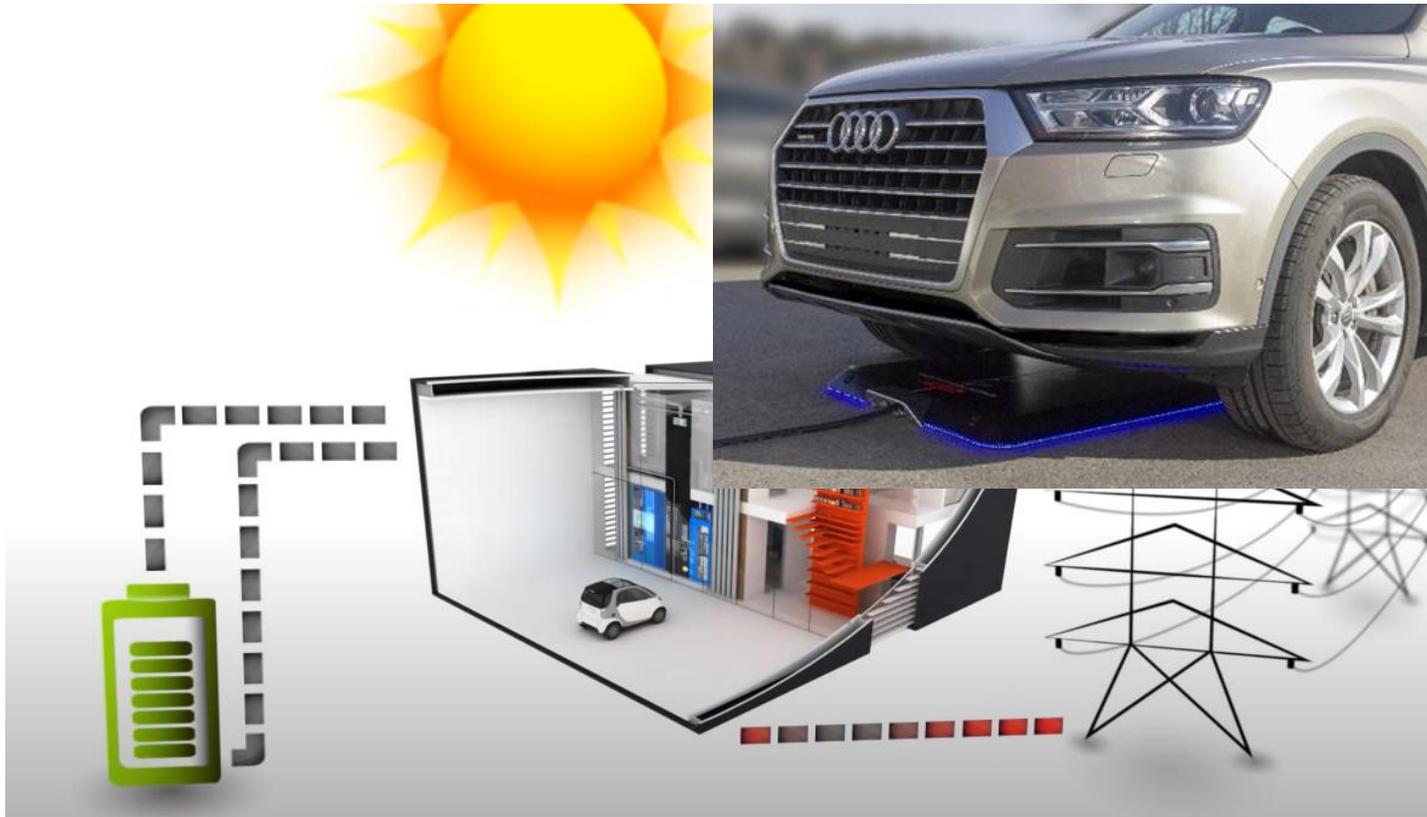


Bundesministerium
für Umwelt, Naturschutz
und nukleare Sicherheit

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages



**Erneuerbar
mobil**



Beispiel: Effizienzhaus Plus

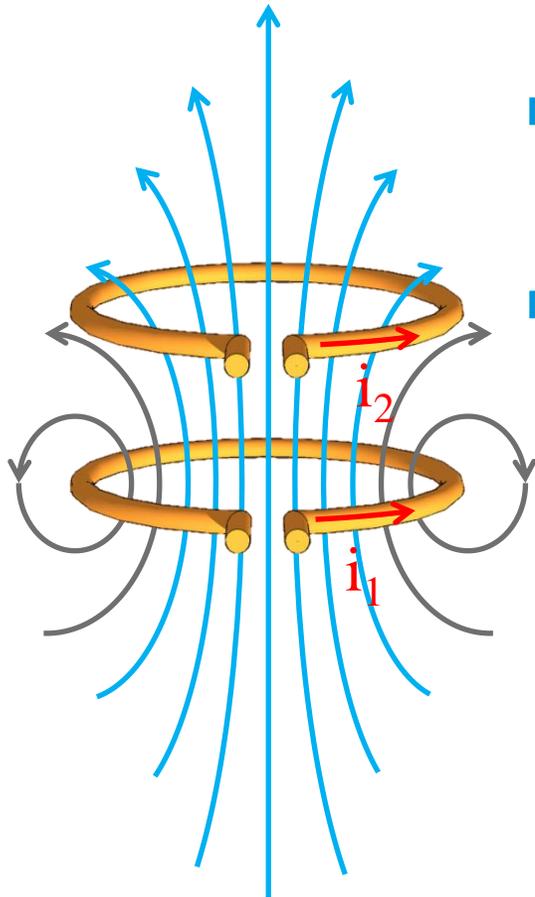
Smart Home

- Nutzung verschiedener Energiearten
- Energiespeicher des Fahrzeugs als Last **und** Quelle
- Einbindung des Fahrzeuges in ein HEMS
- Kommunikationsmöglichkeiten (V2G, V2H...)

Quelle: www.bmvi.de

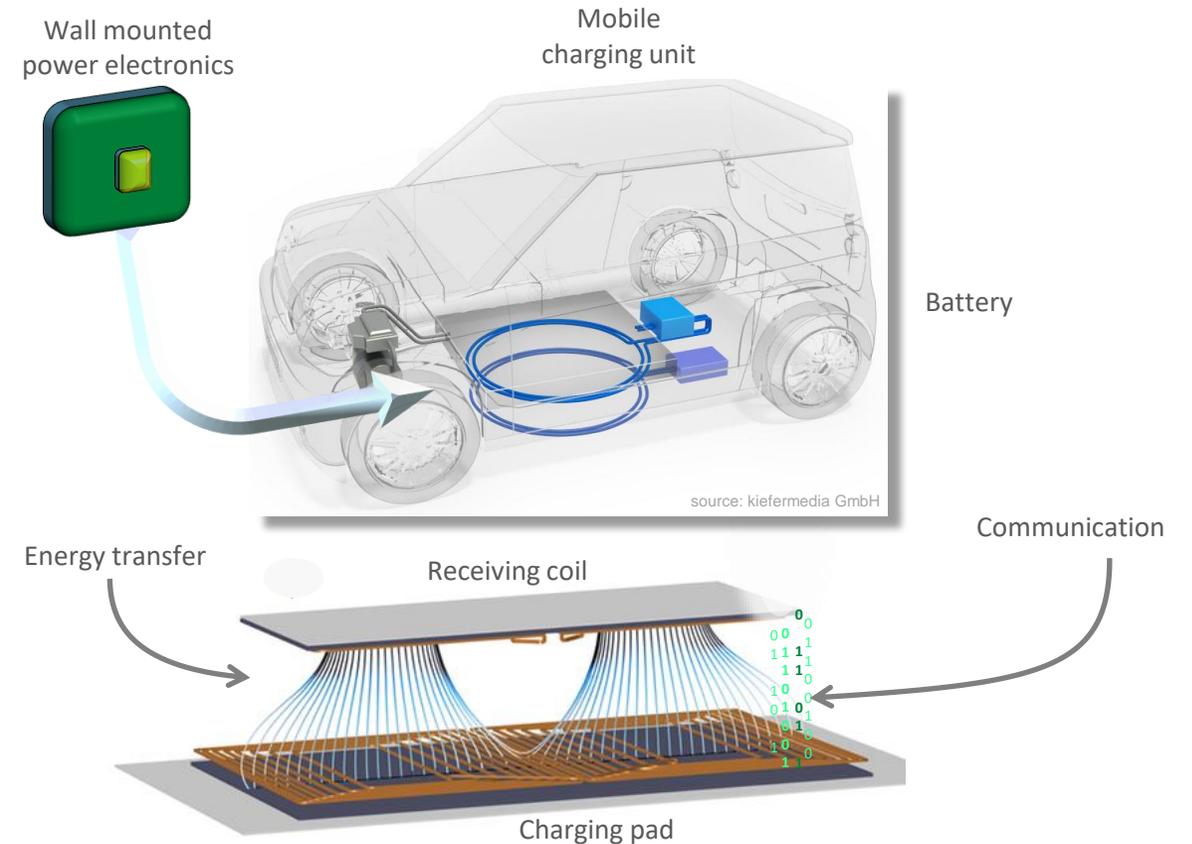
EIN KURZER ABSTECHER IN DIE TECHNOLOGIE

■ Grundprinzip

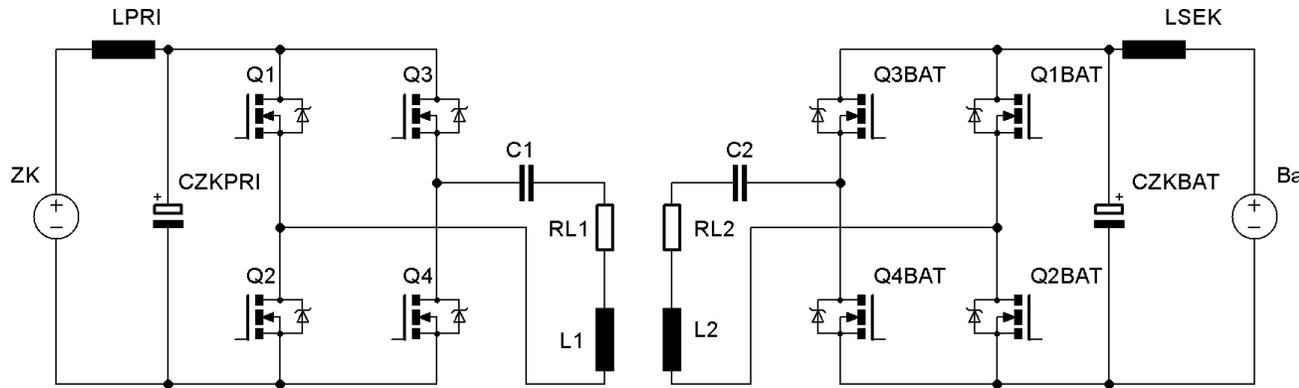


- transformatorische Anordnung
- magnetische Kernmaterialien und Litzen
- Energieübertragung möglich durch:
 - Durchflutungsgesetz
 - Induktionsgesetz
 - Induzierte Spannung $U = -j\omega B * A$
 - Beeinflussung durch Frequenz, Fläche und Flussdichte**

■ Struktur



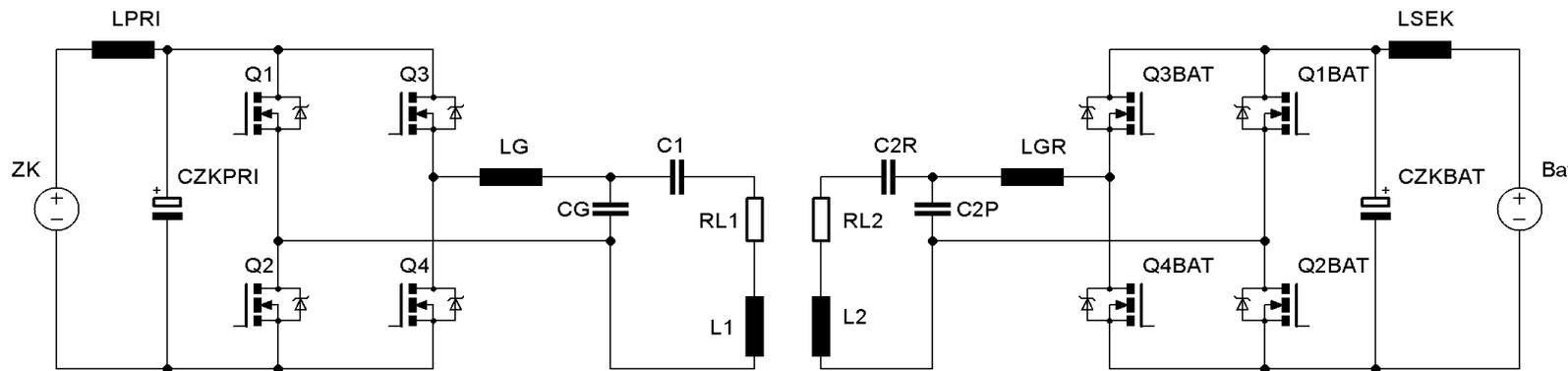
Leistungselektronik



Serie-Serie

- L1 und L2
 - sinusförmige Ströme
 - nichtsinusförmige Spannungen
- WR-Ausgang und GR-Eingang
 - blockförmige Spannungen
 - sinusförmige Ströme

Direktes Laden durch Stromausgang möglich!



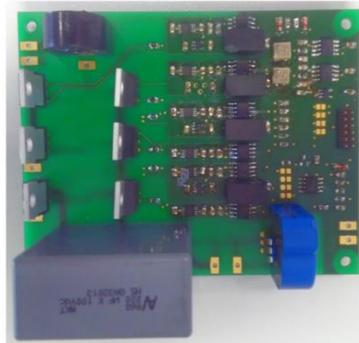
Gyrator-Serie-Parallel

- L1 und L2
 - sinusförmige Spannungen und Ströme
- WR-Ausgang und GR-Eingang
 - blockförmige Spannungen
 - sinusförmige Ströme

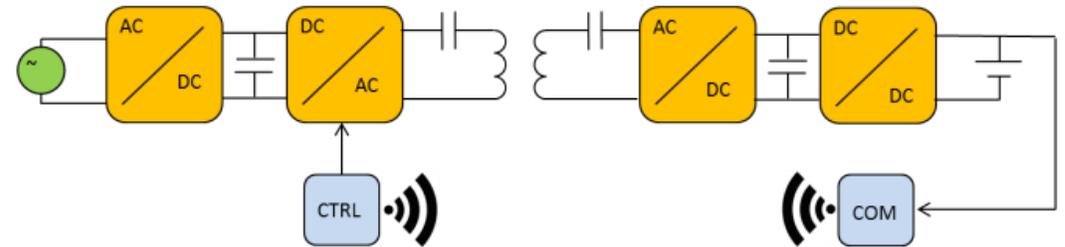
ALTERNATIVE KONZEPTE

■ DIENA-Direktladesystem für induktive Energieübertragungsanwendungen

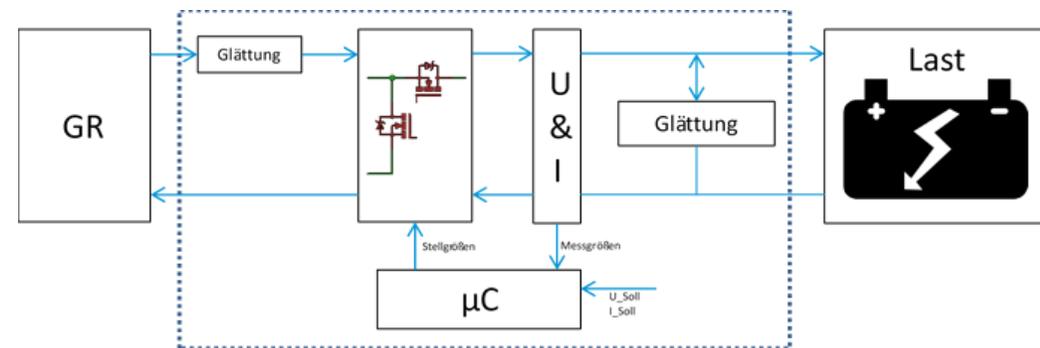
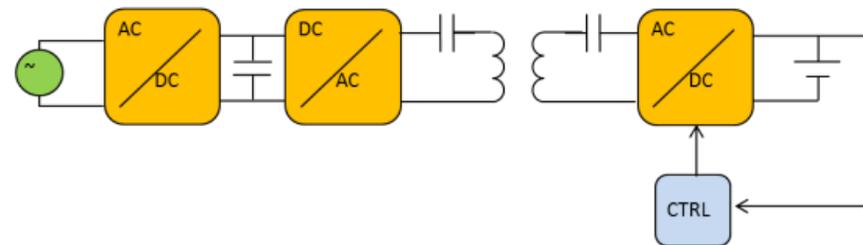
- intelligentes, direkt regelndes Sekundärteil für die kontaktlose Aufladung von Energiespeichern
- Kaskadierte Regelung - Stromregelung und eine überlagerte Spannungsregelung
- Vielfältige Anwendungsmöglichkeiten



Herkömmliche Konzeption induktiver Ladesysteme

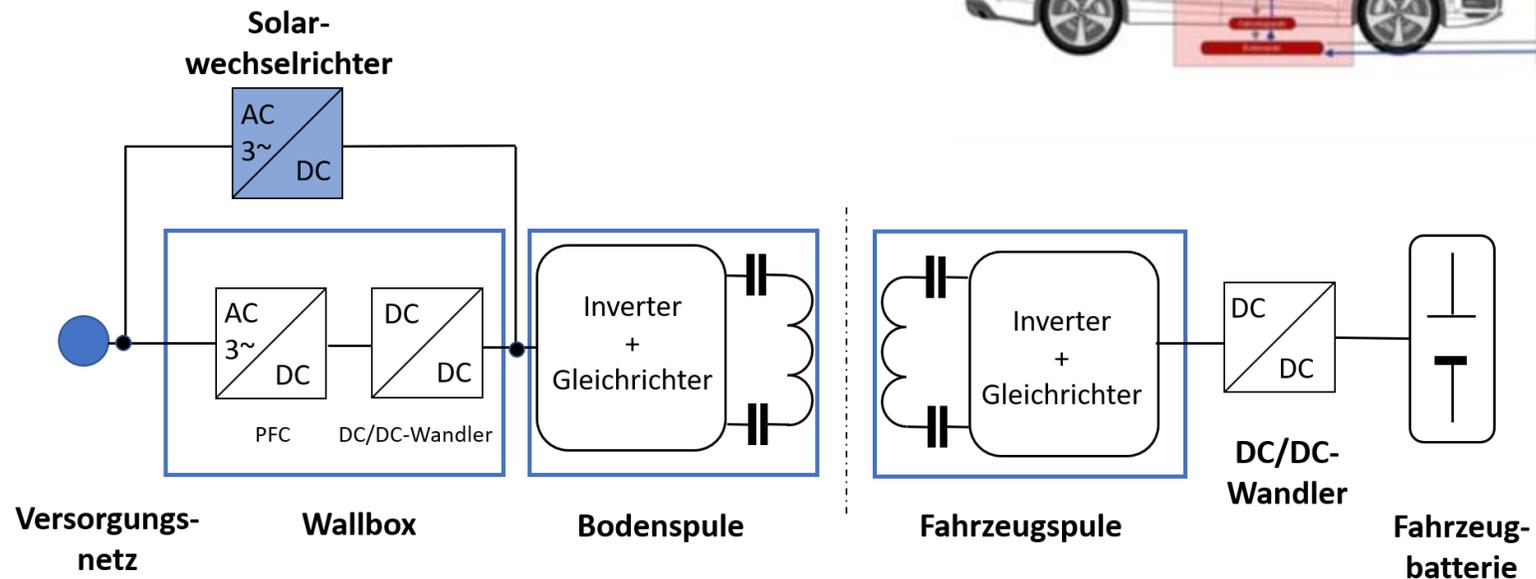
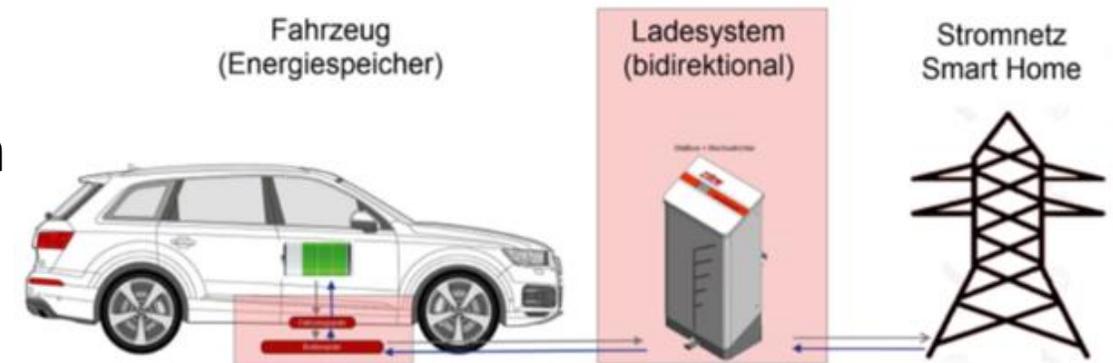


Neuartiges Konzept induktiver Direktladungssysteme



Systemstruktur

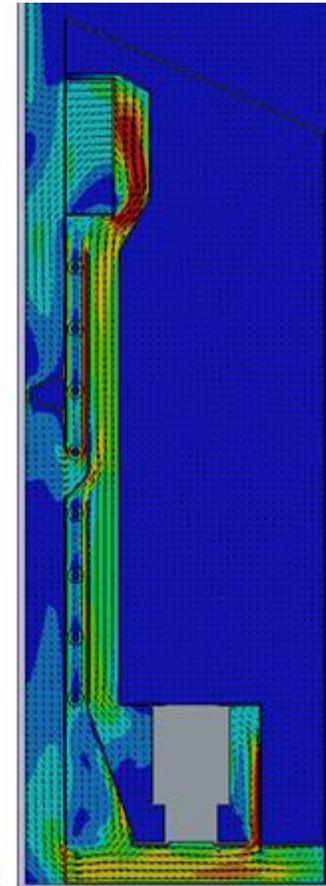
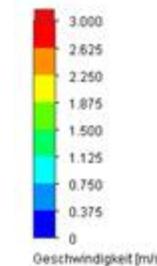
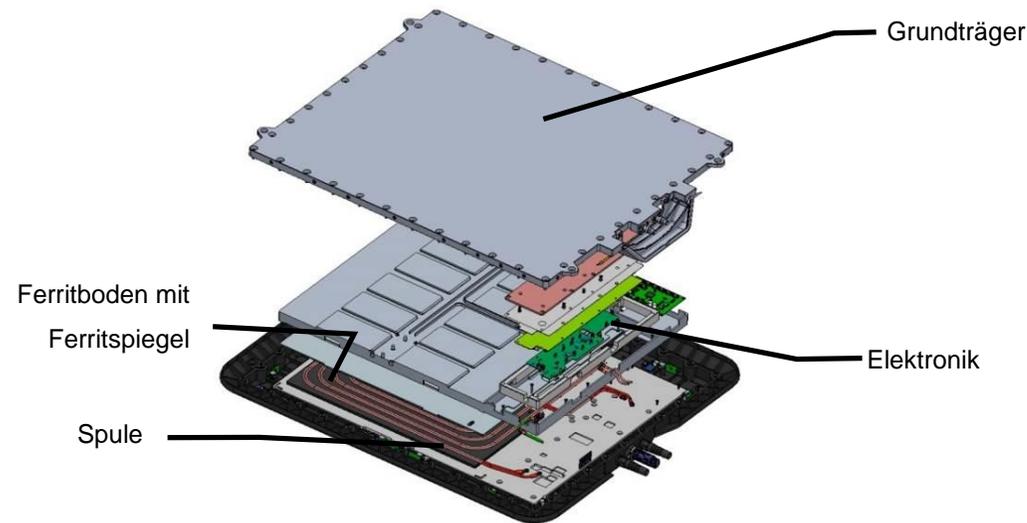
- Bidirektionale Netzanbindung
- Direktanbindung an Fahrzeugbatterie
- Bauraumoptimierte Fahrzeugintegration
- Primärseitiges Aufbodensystem



DIE WICHTIGSTEN SYSTEMKOMPONENTEN

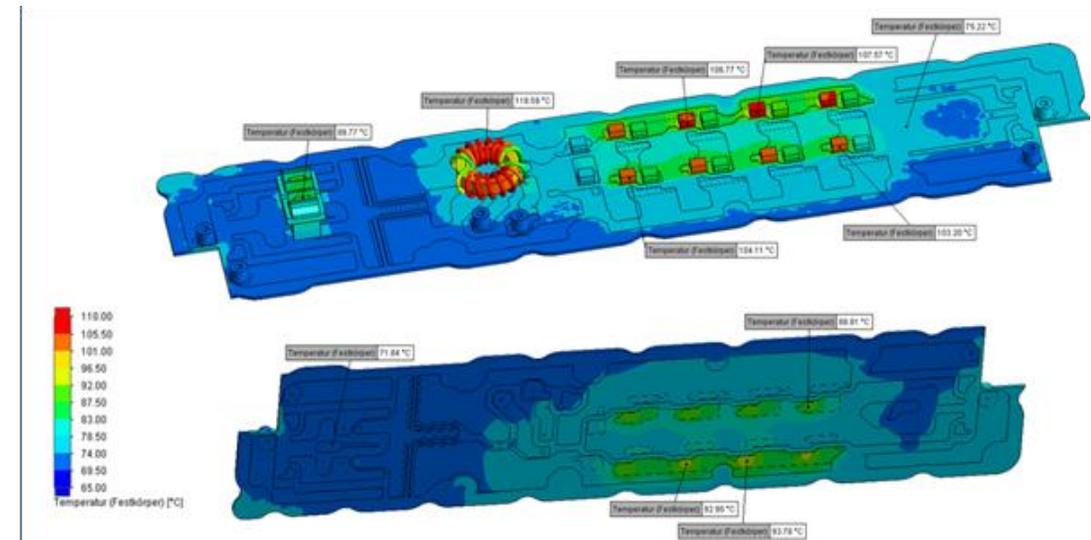
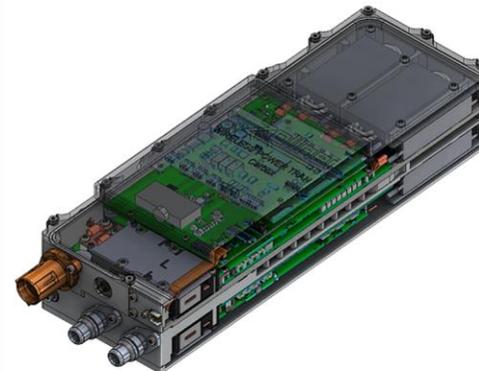
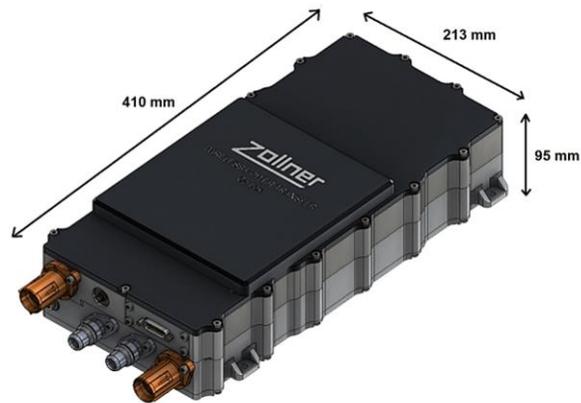
Infrastrukturseite (GA)

- Aufbodenspule + Wallbox
- Wechselrichter im Spulensystem
- DC-Leitung zw. Wallbox und GA
- Kühlkonzept



Fahrzeugseite (VA)

- Spule mit integrierter Elektronik
 - GR/WR, Kompensation
- Carbox
 - Bidirektionaler DC/DC mit 22kW
 - Flüssigkeitskühlung



Stakeholderanalyse

- Automobilwirtschaft, Energiewirtschaft, Politik, Verbraucher / Verbraucherverbänden, Energieversorger, Umweltschutzverbänden, Gesetzgeber

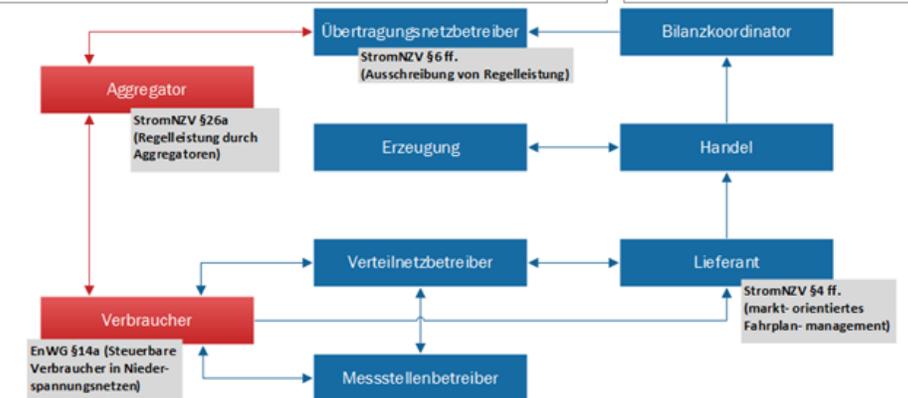
Definition der Use cases, z.B.

- V2H - Haus Notstromversorgung,
- V2H - Eingeschränkter Haus-Inselbetrieb,
- V2G - Strom-(Energie-)handel mit Energieversorger durch bidirektionales Laden im Eigenheim,
- ...

UseCase 10

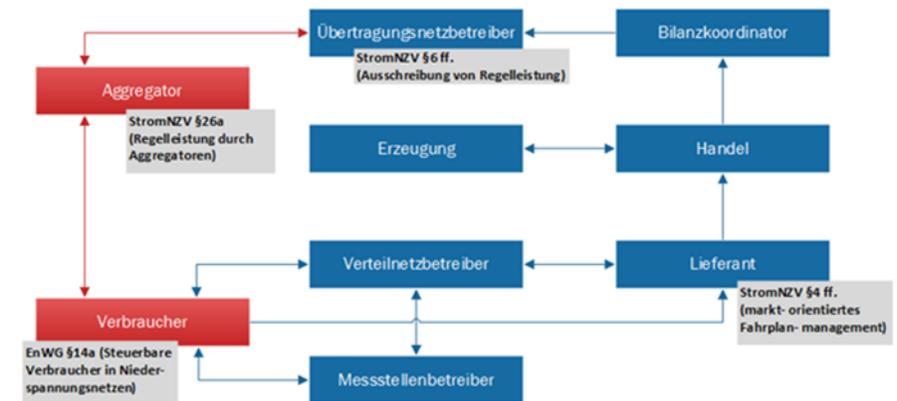
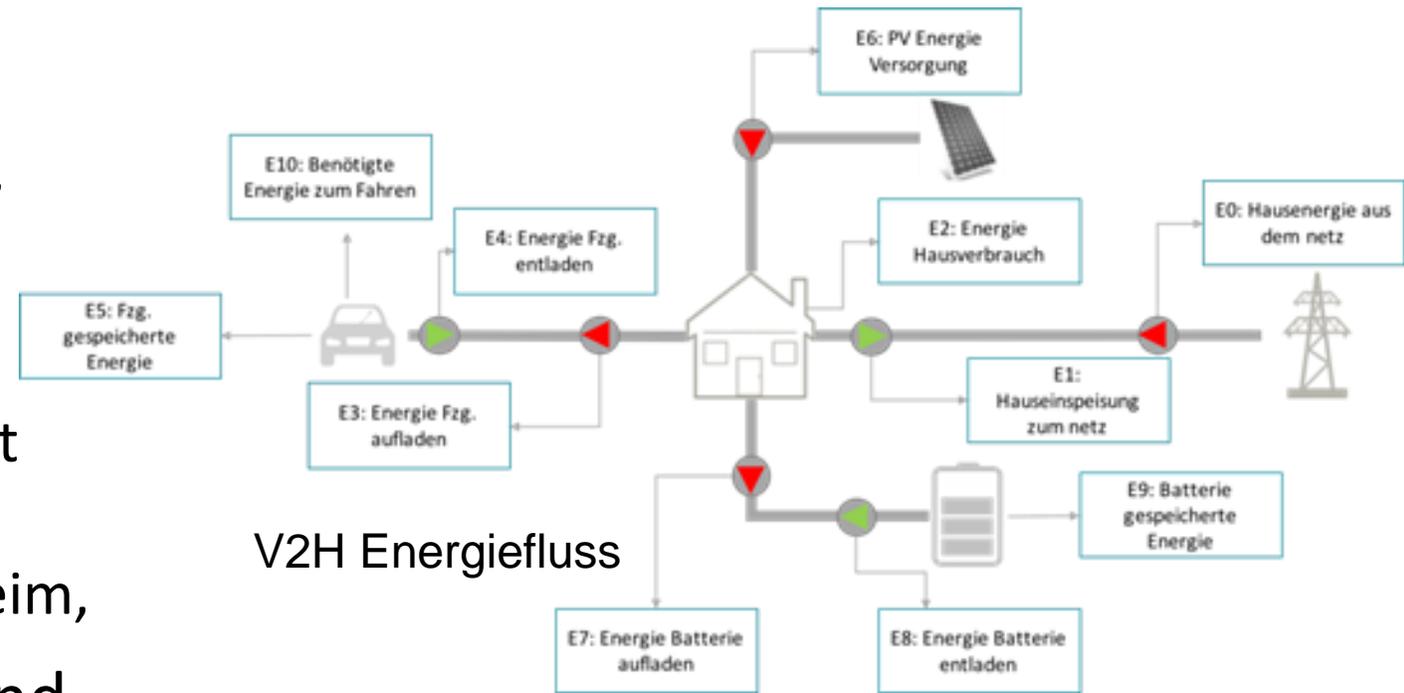
Privathaushalt (ohne Wärmepumpe), Strom: Netzbezug mit HT/NT, Hauptautos EV1, PV-Anlage
Abhandlung in der Funktion: V2G - Stromnetz Stabilitätsmaßnahmen am Hausanschluss Remote Aktivierung / Deaktivierung - Frequenzstabilisierung

Optimierungsziele		Nutzung	Akteure		
1) Durch Nutzung intelligenter Zwischenspeicherung sowie Rückspeisung in das öffentliche Netz spart der Kunde Stromkosten.	2) Der Netzanbieter kann durch Rückspeisung die Frequenz stabilisieren.	► Netzbetreiber	Akteure	Elektrisch	Kommunikation
		Gliederung			
		► Bereitstellen von Leistung ins Mittelspannungsnetz	► Kunde		X
		► V2G	► Connected-EVSE	X	X
			► EMS	X	X
			► Smart-Meter		
			► Backend		
			► Aggregator		X
Kurzbeschreibung					
<ul style="list-style-type: none"> ► Im UseCase 10 wird ein typischer Privathaushalt ohne Wärmepumpe und ohne PV-Anlage betrachtet. Es wird mit Gas geheizt. ► Durch den Kunden muss ein entsprechender Min-SOC eingestellt werden. Das Fahrzeug hat für die Rückspeisung ausreichend Energie gespeichert. ► Die Familie ist im Besitz eines elektrischen Hauptautos (EV1), Audi e-tron. Das Fahrzeug steht zur Rückspeisung zur Verfügung. ► Das EV stellt auf Remoteanfrage des Netzbetreibers Leistungen im Mittelspannungsnetz zur Verfügung, dadurch kann die Infrastruktur (Kraftwerk und Netz) entlastet und die Frequenz stabilisiert werden. 					
Systemschaltbild					



USE CASES / FELDTEST / SIMULATION / END TO END TEST

- Definition der Use cases, z.B.
 - V2H - Haus Notstromversorgung,
 - V2H - Eingeschränkter Haus-Inselbetrieb,
 - V2G - Strom-(Energie-)handel mit Energieversorger durch bidirektionales Laden im Eigenheim,
- Vorbereitung, Durchführung und Auswertung einer Flottensimulation
- Berücksichtigung verschiedener Mobilitätsprofile



ERGEBNISSE GESCHÄFTSMODELLE UND ENERGIEMÄRKTE

- Unter den betrachteten Randbedingungen 7% Ersparnis gegenüber Direktbeladung möglich, aber:
 - Untersucher Zeitraum relativ kurz
 - Nur nächtliche Stillstandszeiten
 - Nur Einzelfahrzeug betrachtet
- Nutzung auch tagsüber → Mehr Möglichkeiten am Markt (Ladung und Entladung, Nutzung PV-Überangebot)
- Mit Lademanagement – bis 30 % Ersparnis möglich
- Herausforderung: Investitionen, gesetzliche Regelungen....
- Fazit: Nutzung in Flotten, Bündelung von Fahrzeugen, Smart-Home...



Ergebnisse von Live-Simulationen und Monitoring

ZUSAMMENFASSUNG

- Erfolgreicher Betrieb der Testflotte von drei Fahrzeugen für die Erprobung der Ladetechnik und der Anbindung an eine Leitwarte
- Entwicklung geeigneter Geschäftsmodelle für die Teilnahme am Energiemarkt
- Wirtschaftlich positive Effekte insbesondere in Flottenanwendungen - trotz des technischen Mehraufwandes gegenüber herkömmlich unidirektionalen Anbindungen



Das bidirektionale induktive Laden kann somit für die Elektromobilität ein Schlüssel zum Energiemarkt sein.



Herzlichen Dank für Ihr Interesse!

ifak - Institut für Automation
und Kommunikation e.V.
Werner-Heisenberg-Str. 1
39106 Magdeburg

Tel.: 0391 990140
<https://www.ifak.eu>