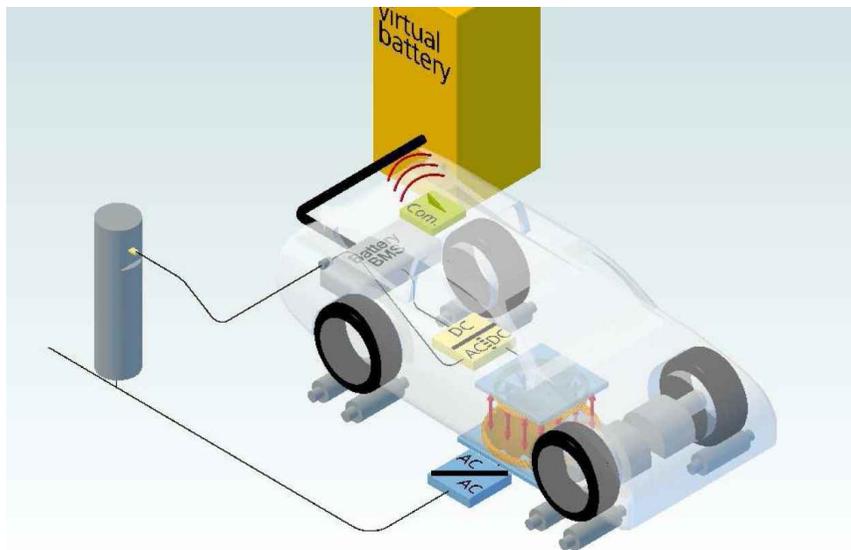

Induktives Laden und Rückspeisen

Forschungsergebnisse am Fraunhofer IWES

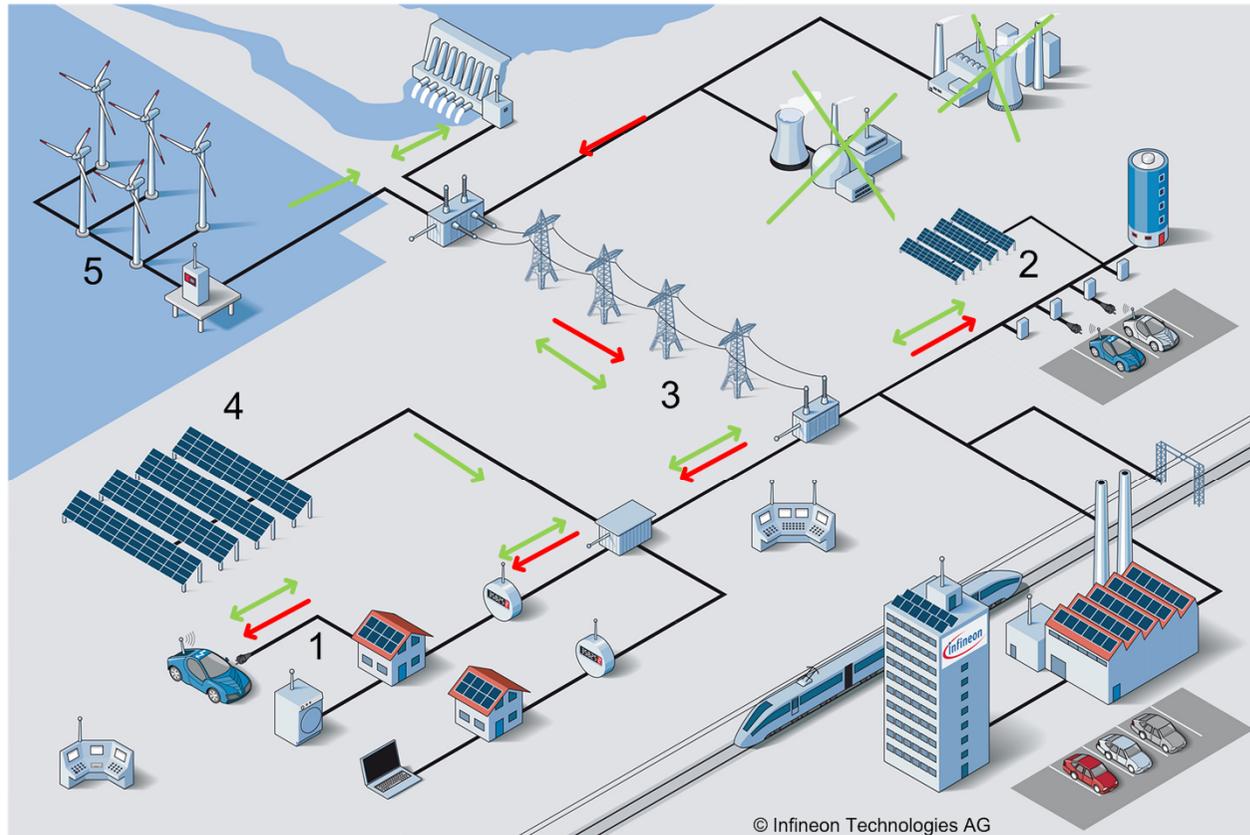
Marco Jung, René Marklein, Georgios Lempidis, Jörg Kirchhof, Oliver Strecker, Mohammad Zaisan Rahen, Miao Wang, Philip Müller



Überblick

- Die Energieversorgung der Zukunft
- Netzanbindungsmöglichkeiten in Deutschland
- Induktives (kabelloses) bidirektionales Energieübertragungssystem
 - Netzanbindung: Laden und Rückspeisen
 - Spulensysteme
 - Resonanzwandler
- Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) und EMV zur Umwelt (EMVU)
- Fahrzeugdemonstrator
- Multifunktionales bidirektionales Laden
- Zusammenfassung

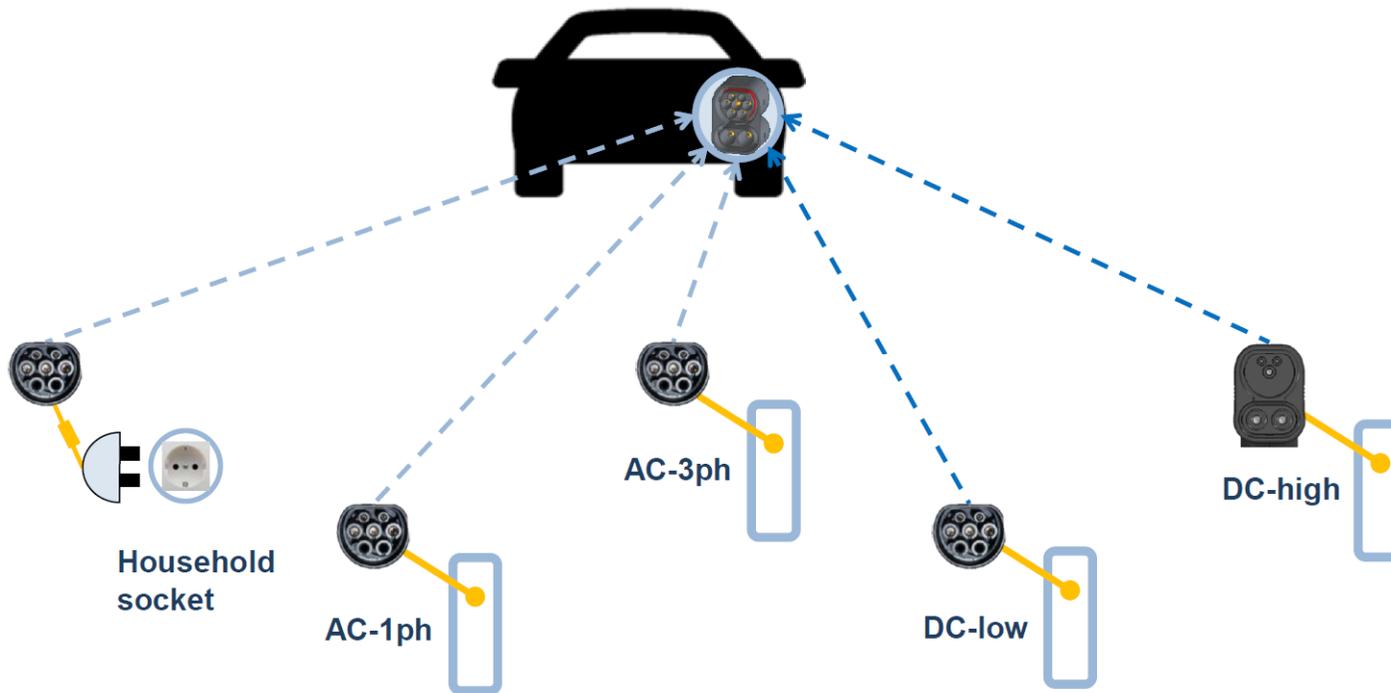
Die Energieversorgung der Zukunft



← Leistungfluss alt
← Leistungfluss neu

Netzanbindungsmöglichkeit in Deutschland

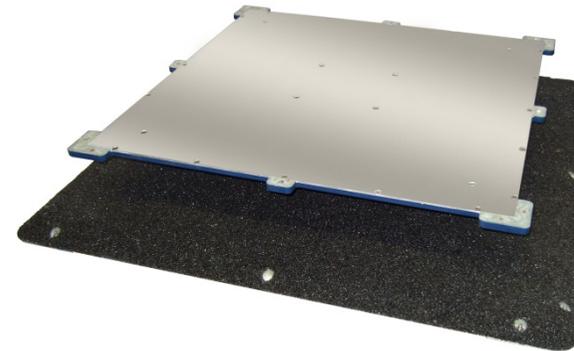
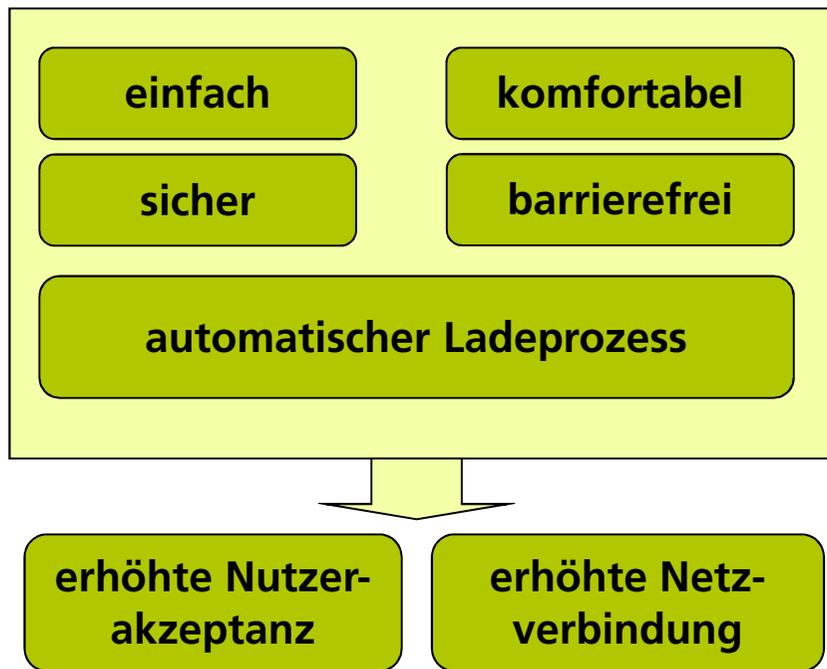
Kabelgebundenes bidirektionales Laden



Quelle: „Das Combined Charging System für alle Ladearten“, Vortrag Dr. Heiko Dörr, Forum Elektromobilität: Ladesysteme für Elektrofahrzeuge, Berlin 2011

Netzanbindungsmöglichkeit in Deutschland

Induktives (kabelloses) bidirektionales Laden

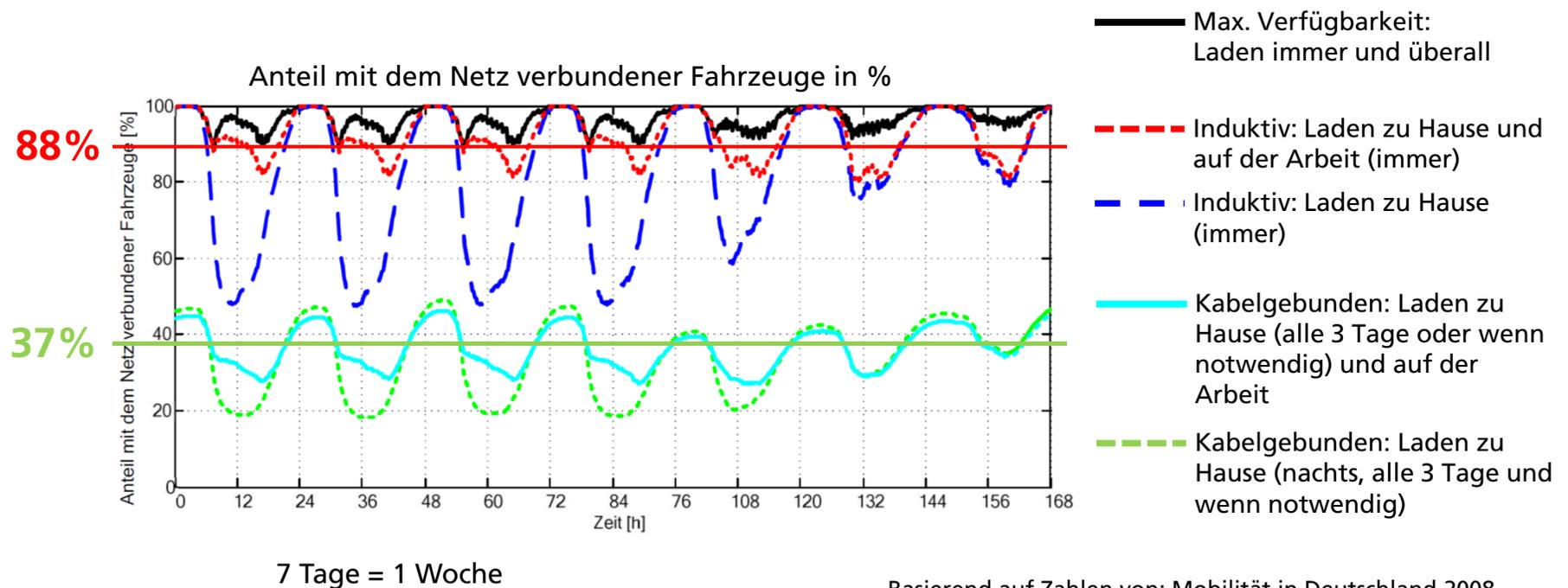


Quelle: „w-charge.de“

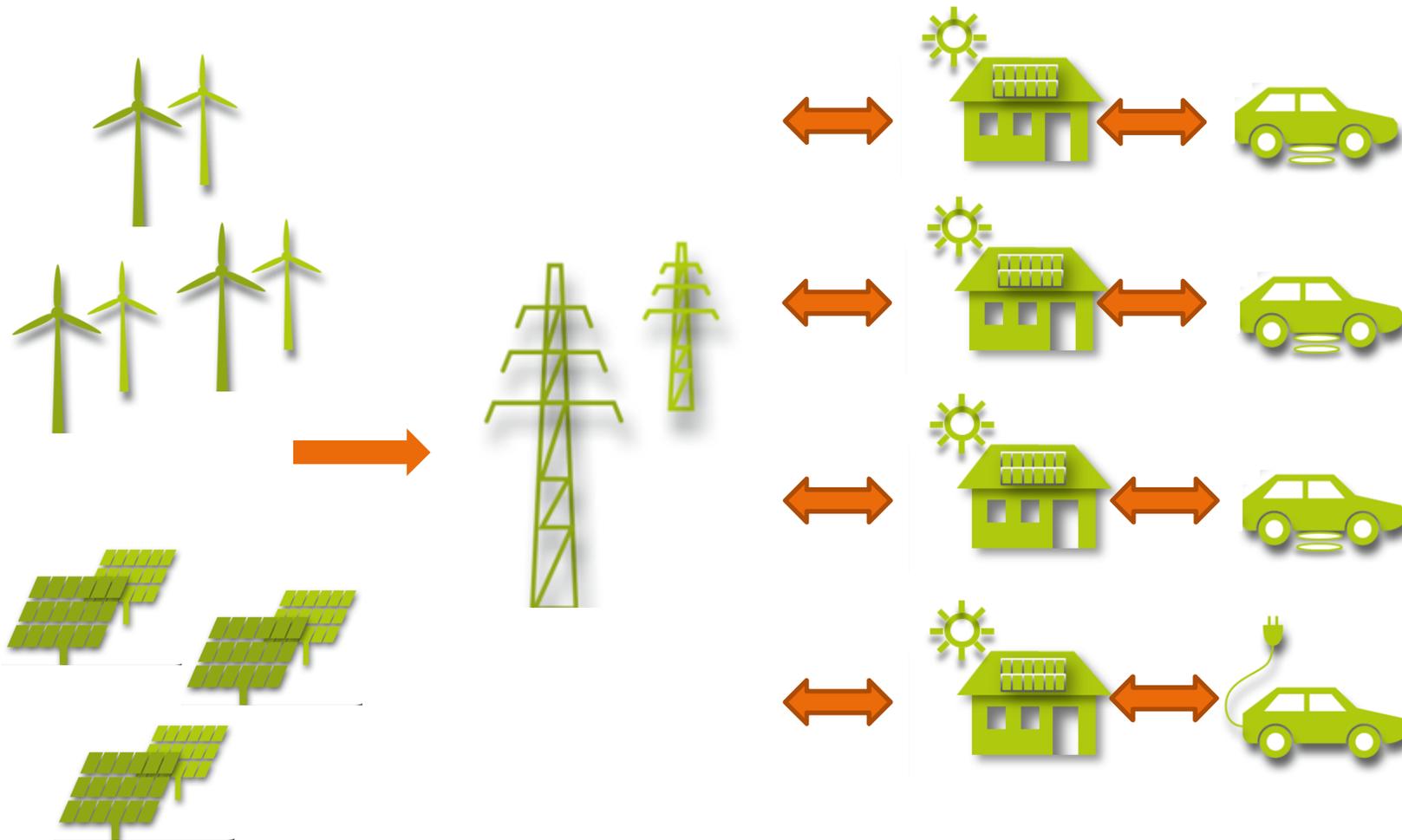
Induktive (kabellose) Netzanbindung erhöht das Potenzial für Netzdienstleistungen

- Elektrofahrzeuge können die fluktuierende Energie-Produktion von erneuerbaren Energien speichern und ausbalancieren

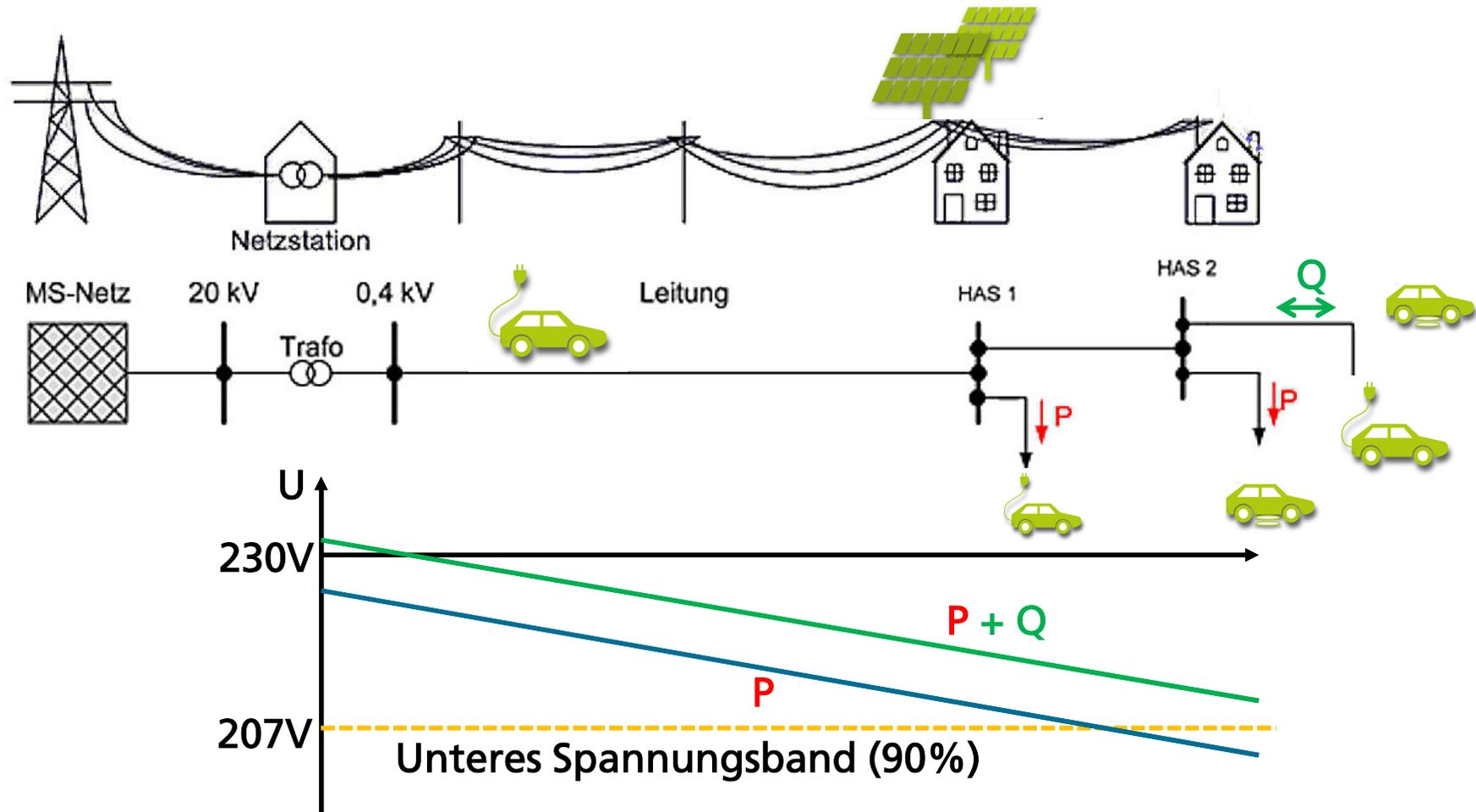
→ Netzverbindung der Elektrofahrzeuge erforderlich



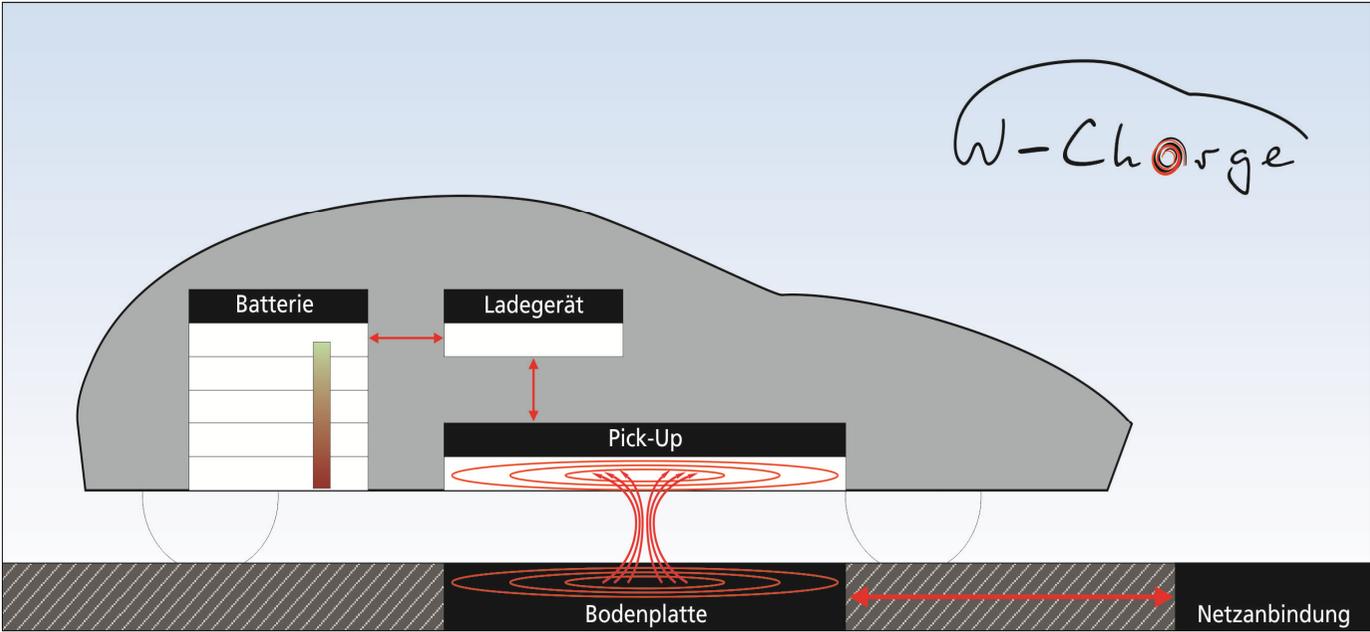
Rückspeisen (Wirk- und Blindleistung für Eigenverbrauch)



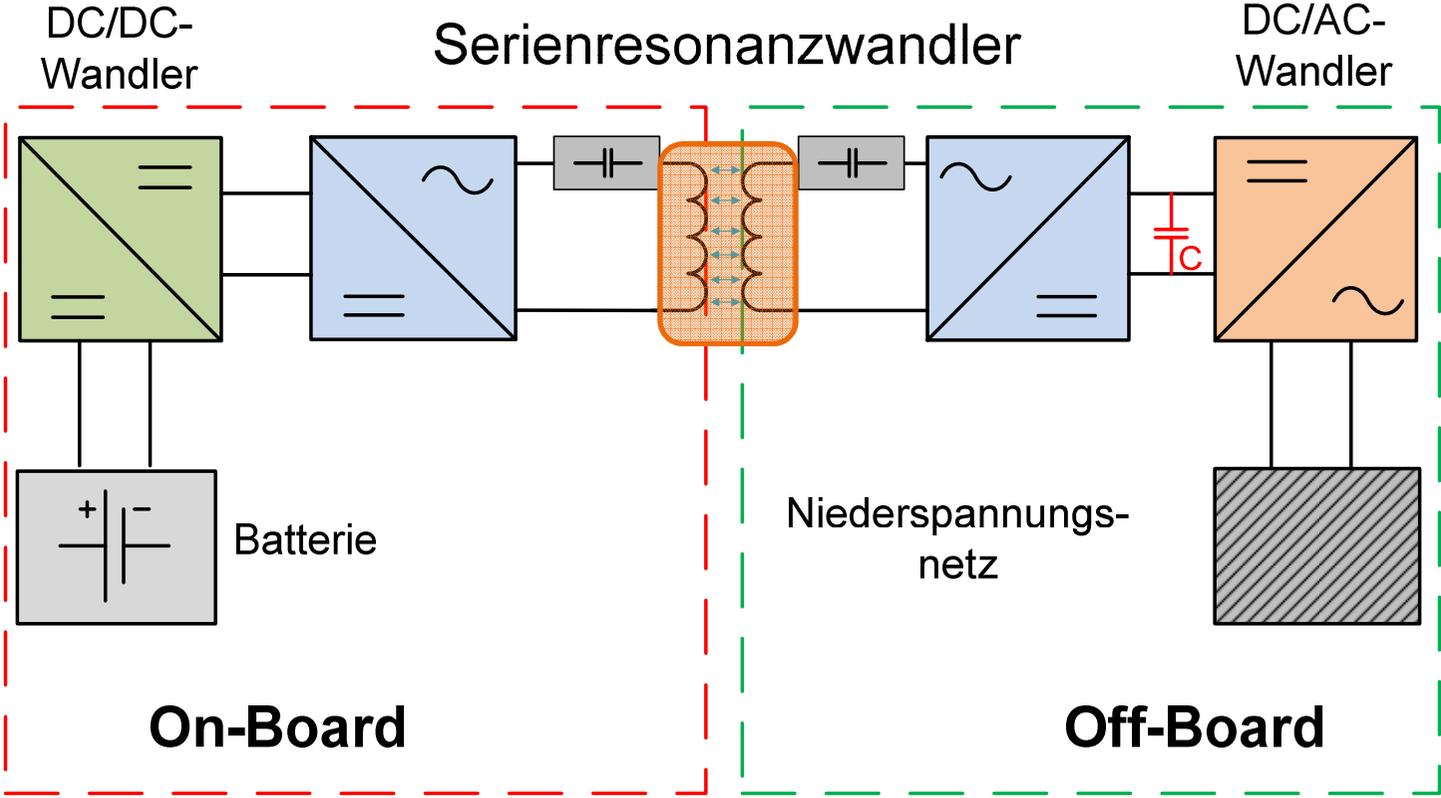
Rückspeisen (Blindleistung für Spannungshaltung)



Induktives bidirektionales Energieübertragungssystem

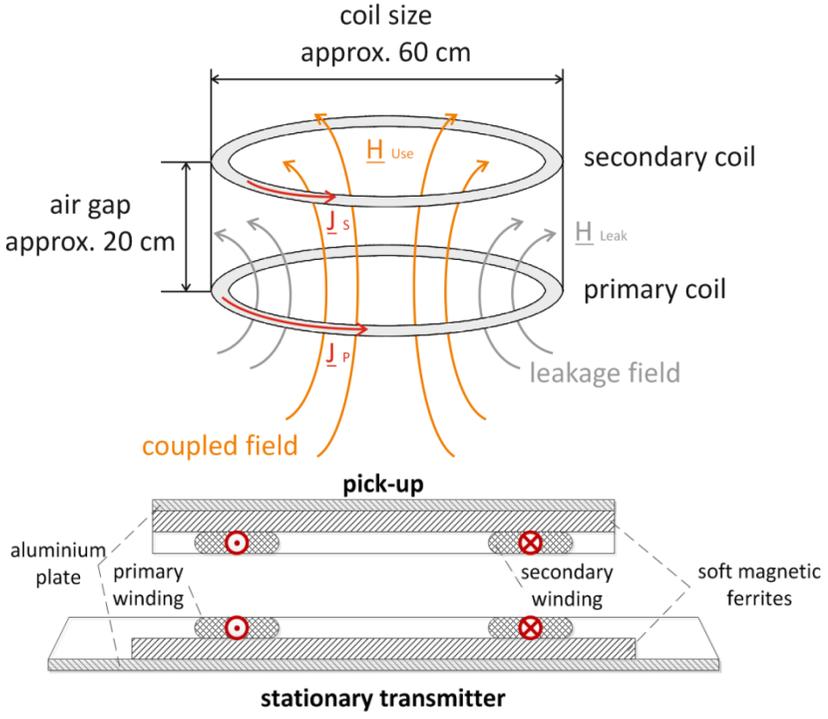


Induktives bidirektionales Energieübertragungssystem

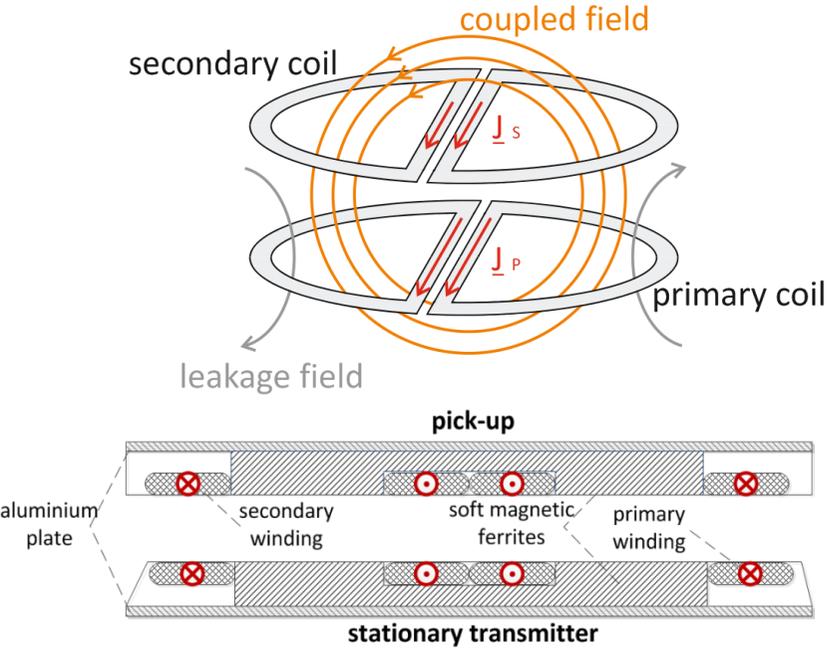


Verschiedene Spulensysteme

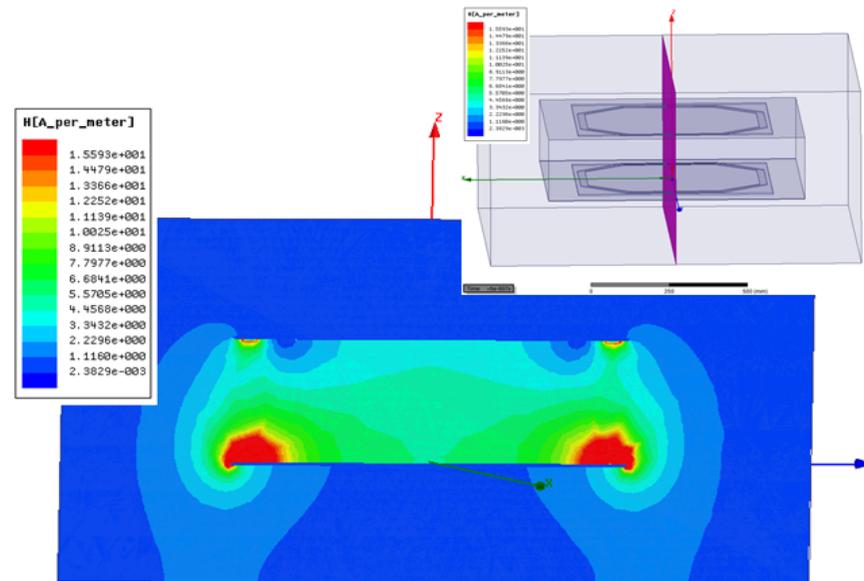
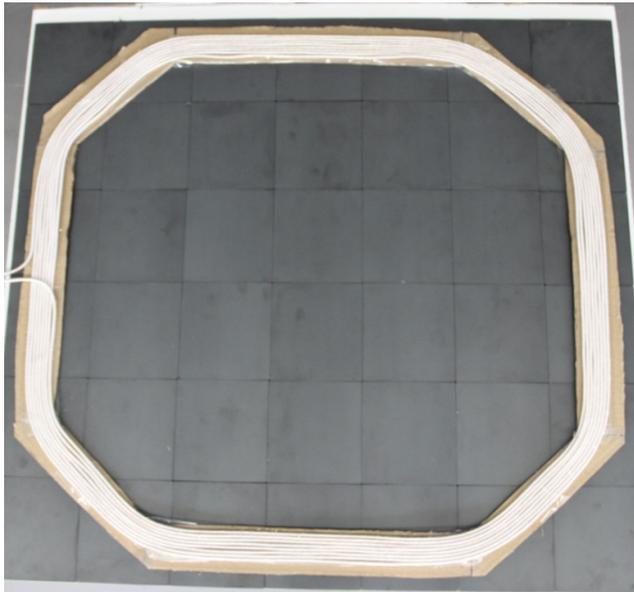
Planar-Spulensystem



Doppel-D-Spulensystem

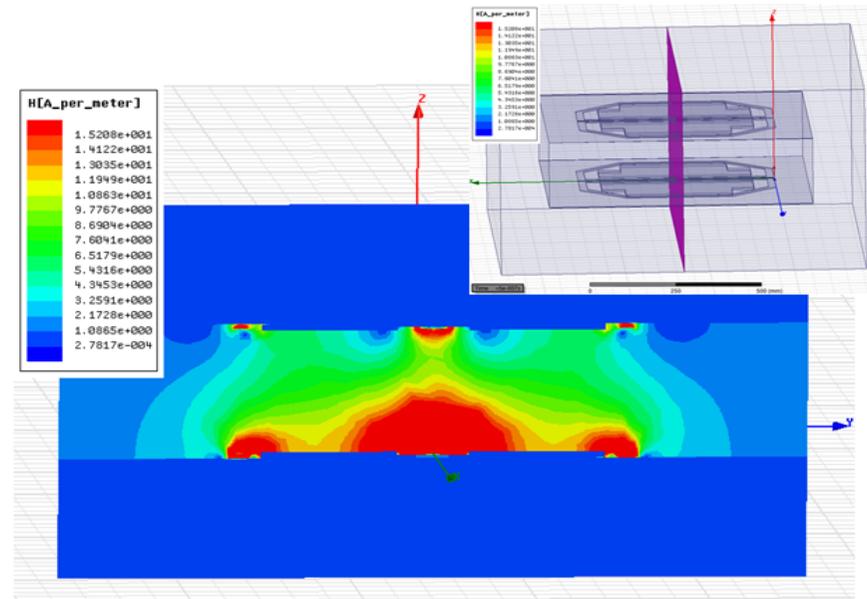
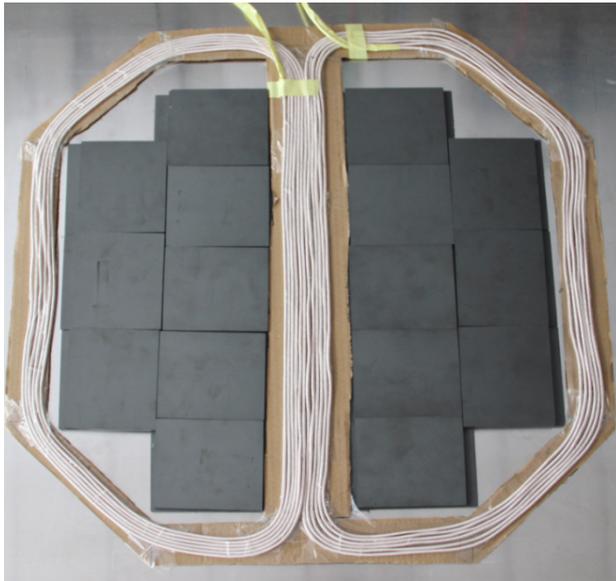


Planar-Spulensystem



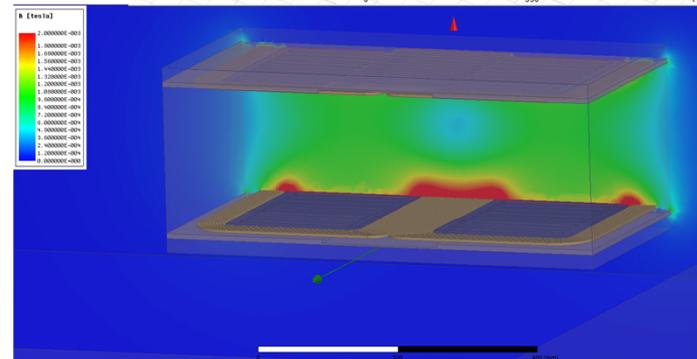
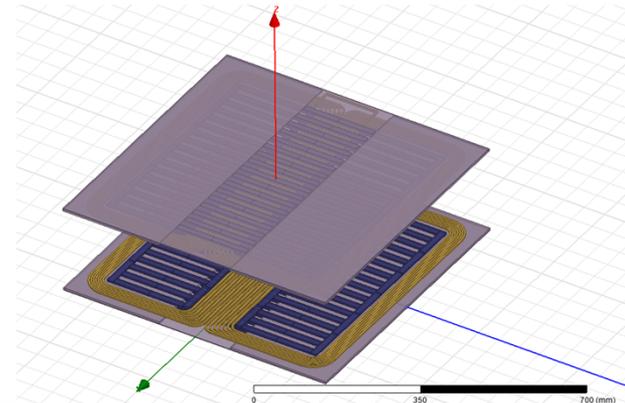
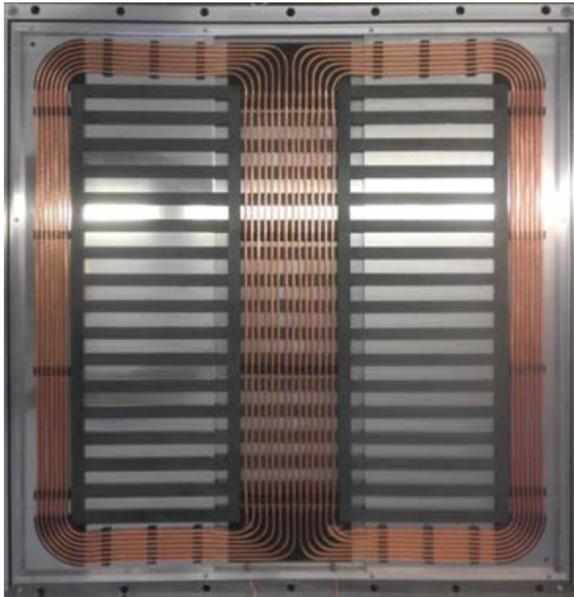
	Simulation	Messung
Primärinduktivität L_p	138.92 μH	133.27 μH
Sekundärinduktivität L_s	138.92 μH	131.33 μH
Primäre Streuinduktivität $L_{p\sigma}$	-	109.62 μH
Sekundäre Streuinduktivität $L_{s\sigma}$	-	107.68 μH
Gegeninduktivität M	20.71 μH	23.65 μH
Kopplungsfaktor k	0.19	0.18

Doppel-D-Spulensystem



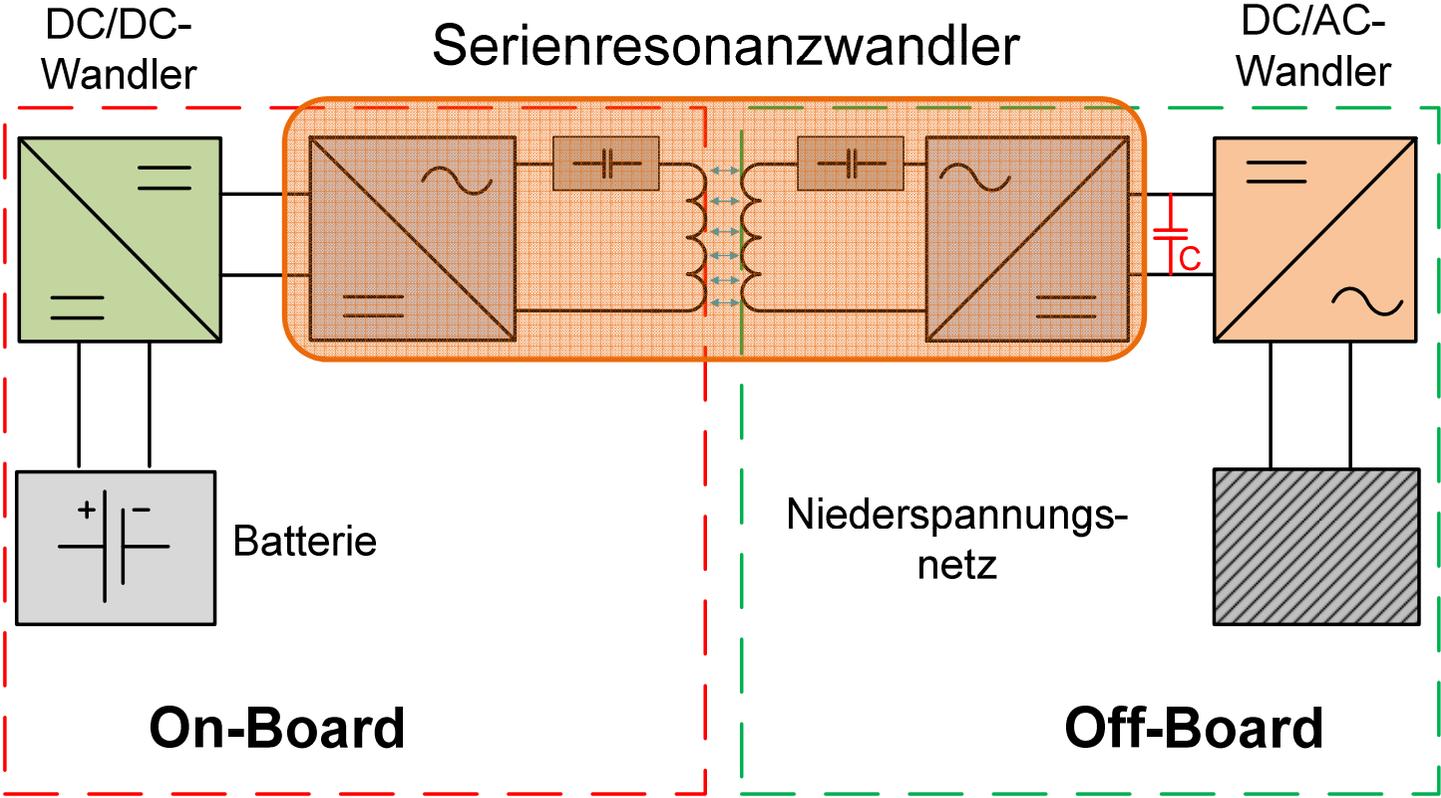
	Simulation	Messung
Primärinduktivität L_p	134.65 μH	133.67 μH
Sekundärinduktivität L_s	134.65 μH	130.44 μH
Primäre Streuinduktivität $L_{p\sigma}$	-	96.33 μH
Sekundäre Streuinduktivität $L_{s\sigma}$	-	93.10 μH
Gegeninduktivität M	33.1 μH	37.34 μH
Kopplungsfaktor k	0.24	0.28

Doppel-D-Spulensystem



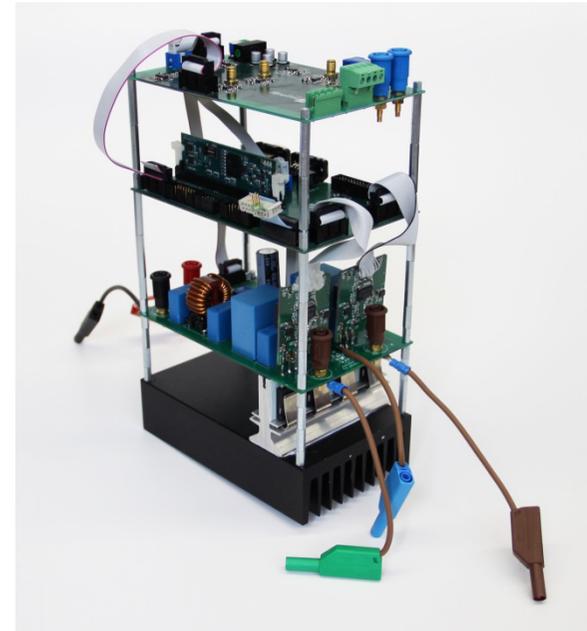
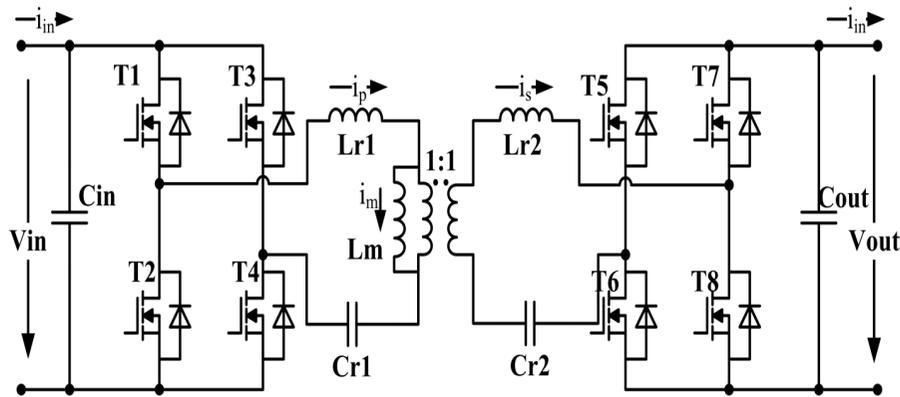
	Simulation	Messung
Primärinduktivität L_P	172.10 μH	148.90 μH
Sekundärinduktivität L_S	172.10 μH	151.40 μH
Primäre Streuinduktivität $L_{P\sigma}$	126.80 μH	114.65 μH
Sekundäre Streuinduktivität $L_{S\sigma}$	126.80 μH	117.15 μH
Gegeninduktivität M	45.30 μH	34.25 μH
Kopplungsfaktor k	0.263	0.228

Induktives bidirektionales Energieübertragungssystem



Induktives bidirektionales Energieübertragungssystem

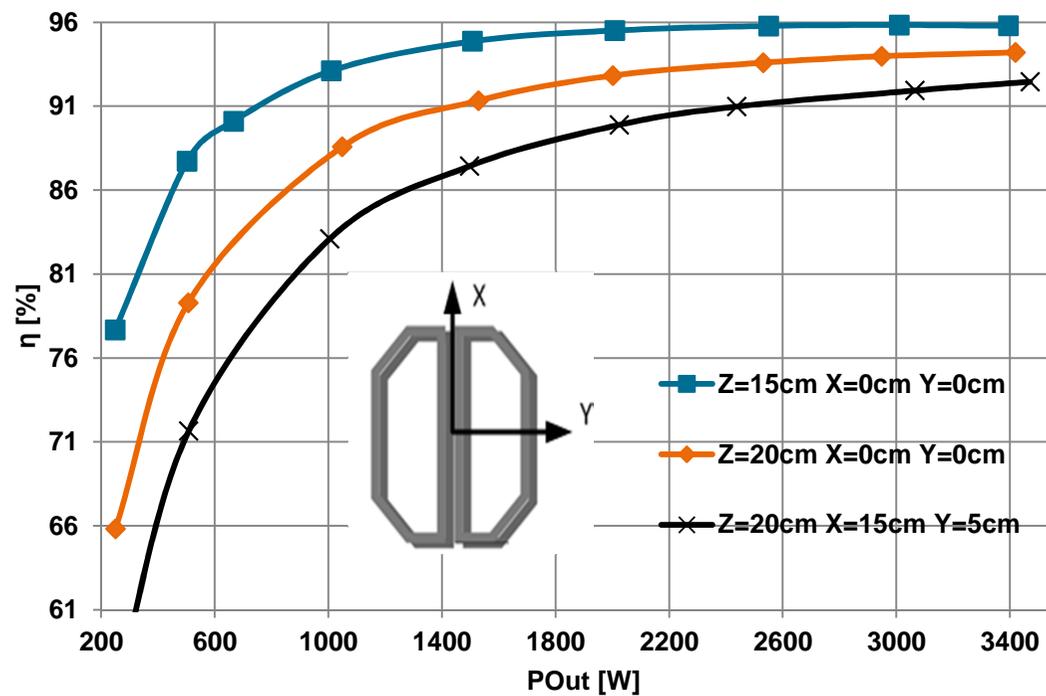
Leistungselektronik (Vollbrücke)



Geringe Kopplung der Spulen → Hohe Streuinduktivität →
→ Serienkompensation zur Wirkungsgradsteigerung und Einfachheit des Systems

Induktives bidirektionales Energieübertragungssystem

Wirkungsgrad bei Versatz und Luftspaltänderung (Serienresonanzwandler)



Induktives bidirektionales Energieübertragungssystem

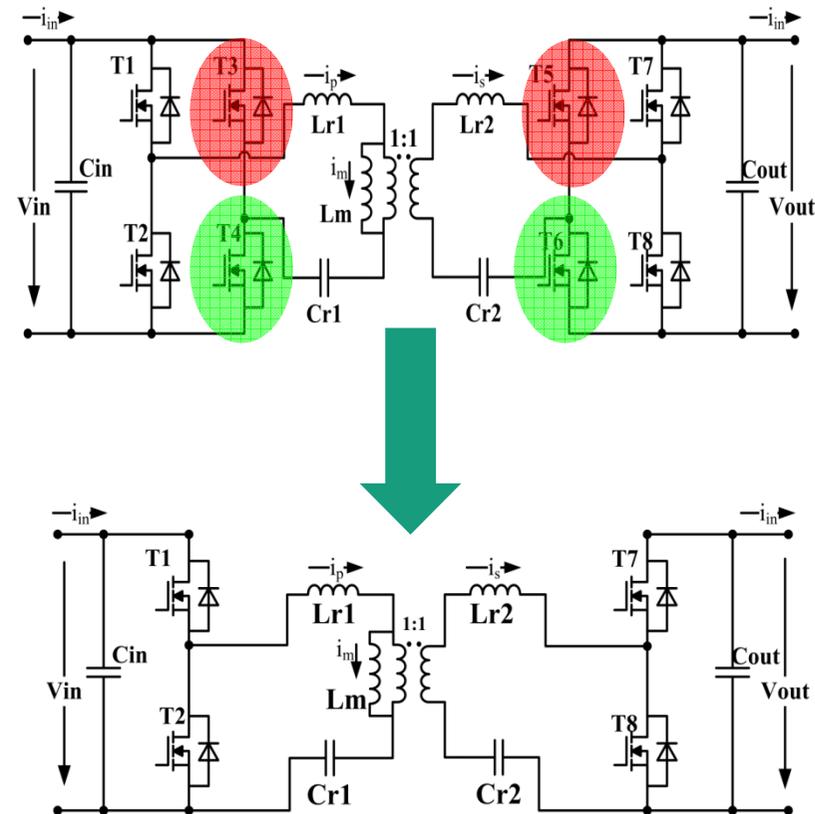
Leistungselektronik (von Vollbrücke zur Halbbrücke)

+Halbe Eingangsspannung

+Halber Eingangsstrom

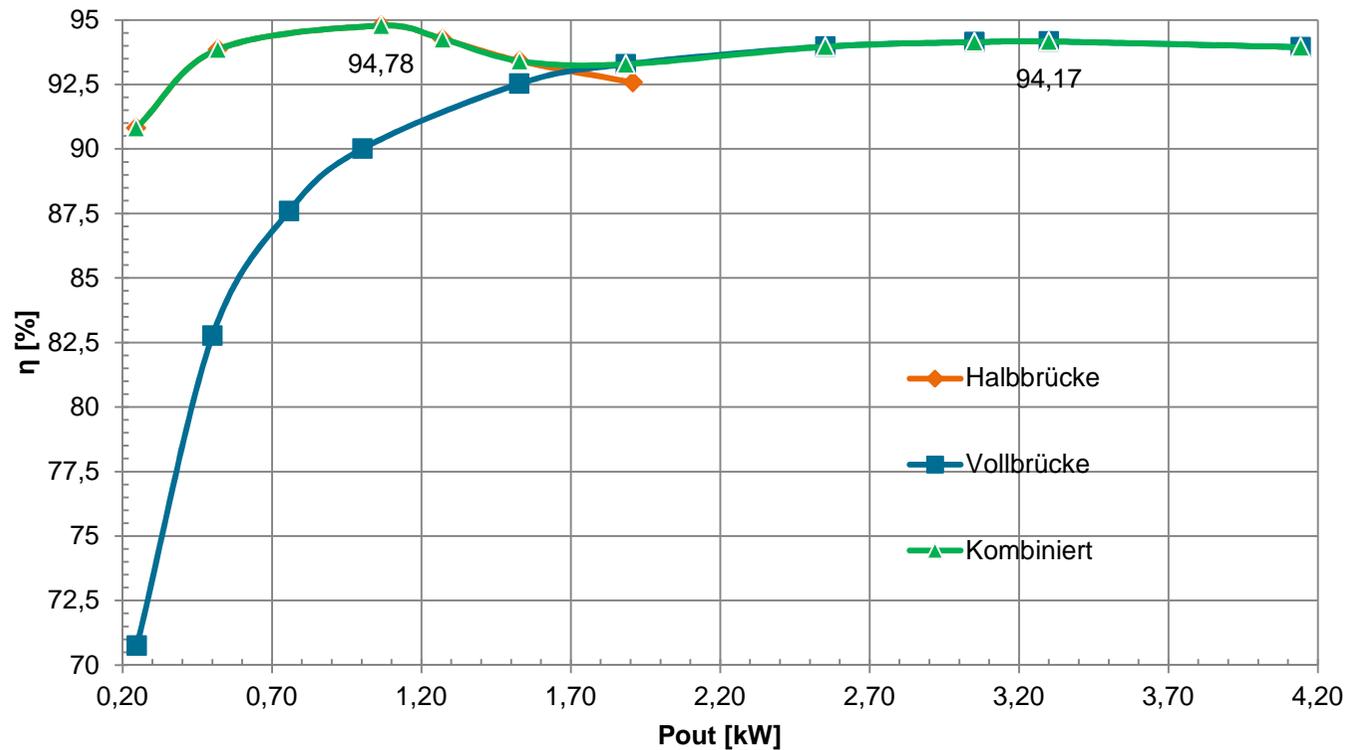
→geringere Halbleiterverluste

→geringere Resonanzkreisverluste



Induktives bidirektionales Energieübertragungssystem

Wirkungsgrad über den gesamten Leistungsbereich ($z=20\text{cm}$, $x=0\text{cm}$, $y=0\text{cm}$)



Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) und Elektromagnetische Verträglichkeit zur Umwelt (EMVU)

Wirkung magnetischer Wechselfelder
auf den Menschen:

Sie lösen im Inneren des menschlichen
Körpers mehr oder weniger ausgeprägte
Wirbelfelder aus



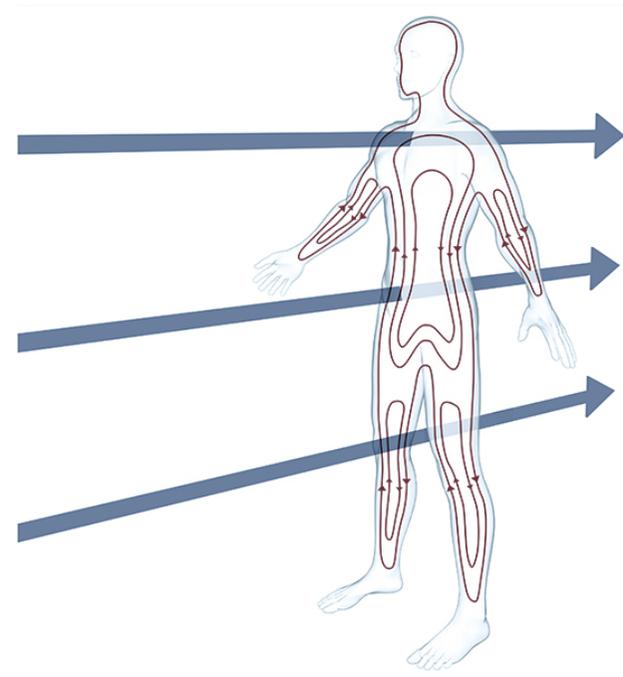
Grenzwerte einhalten!

International Commission on Non-
Ionizing Radiation Protection (ICNIRP)

Für $f = 100-150$ kHz (ICNIRP 2010)

$B_{\max} = 27 \mu\text{T}$

$H_{\max} = 21,48 \text{ A/m}$

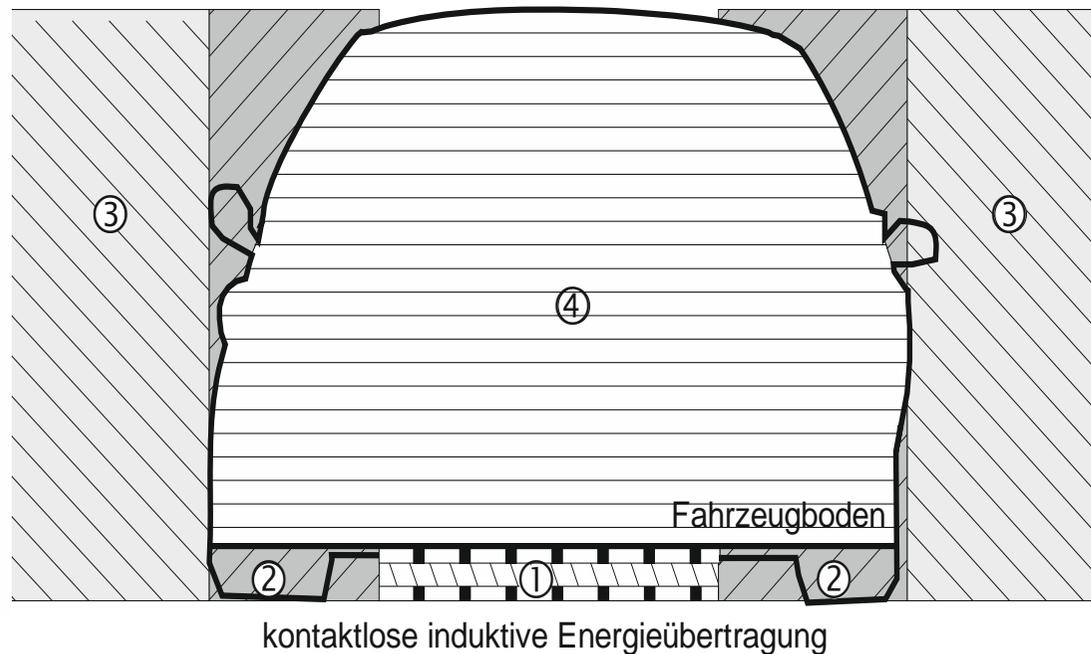


Quelle: Bundesamt für Strahlenschutz (BfS)
Nachgewiesene Wirkungen niederfrequenter Felder

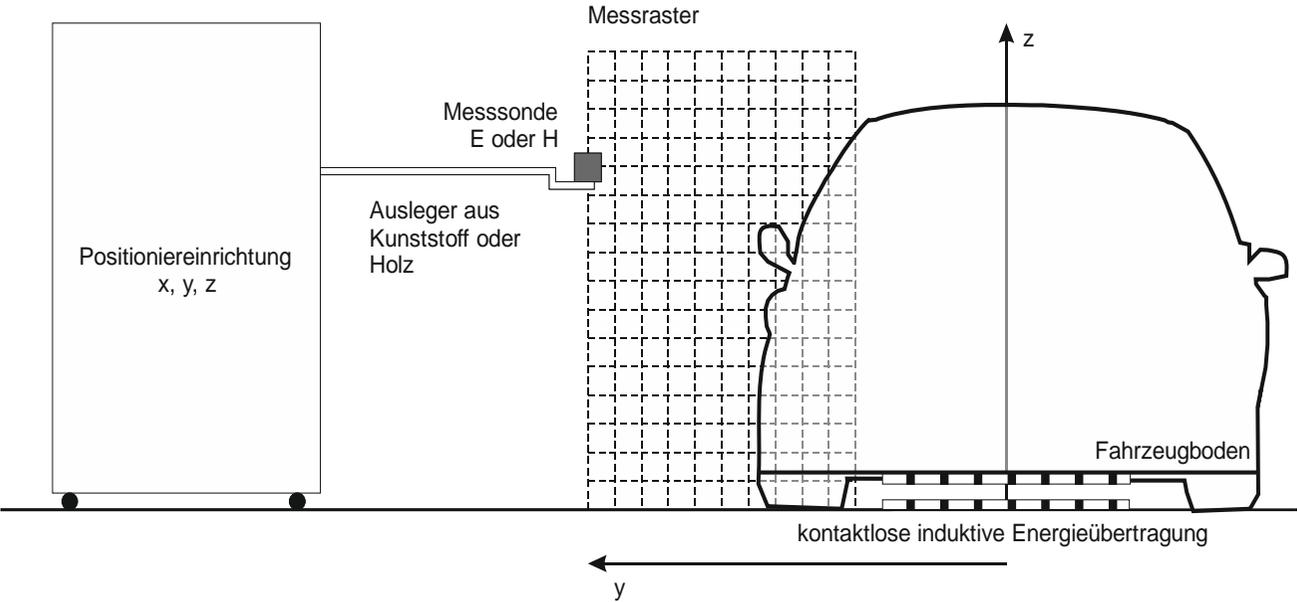
Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) und Elektromagnetische Verträglichkeit zur Umwelt (EMVU)

- 1 Funktionsbereich
- 2 Übergangsbereich
- 3 öffentlichen Bereich
- 4 Fahrzeuginnenraum

Quelle: VDE-AR-E 2122-4-2: Elektrische Ausrüstung von
Elektro-Straßenfahrzeugen - Induktive Ladung von
Elektrofahrzeugen



Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) und Elektromagnetische Verträglichkeit zur Umwelt (EMVU)

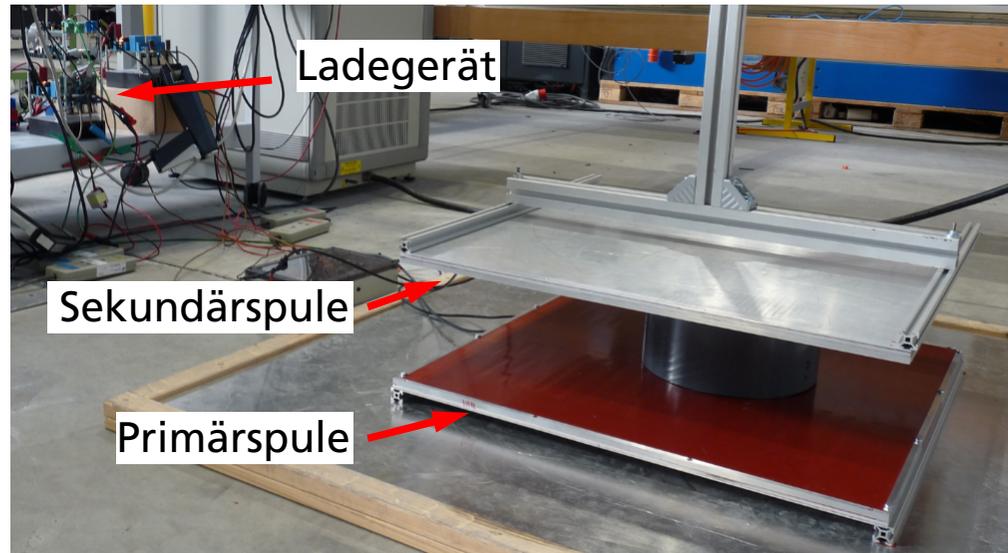


EMV-Messplatz zur Vermessung des elektrischen und magnetischen Feldes

Positioniersystem für die Messsonde



Induktive Energieübertragung



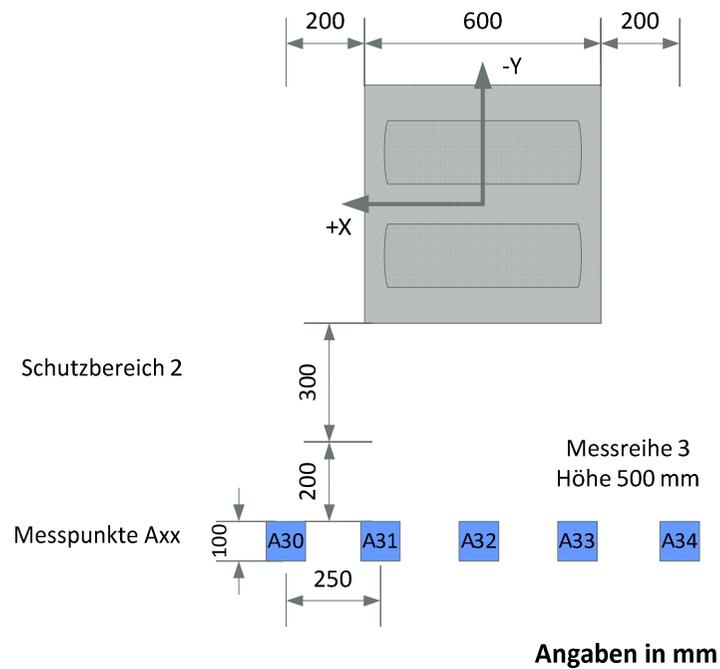
Feldmess-sonde



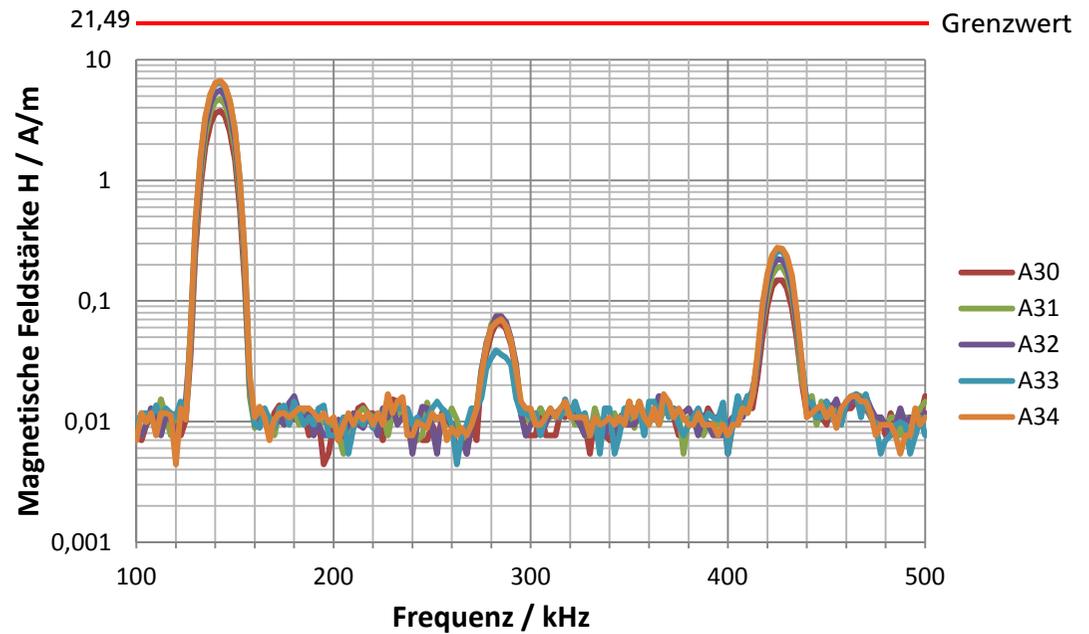
Narda EHP-200A
Vermessung des
elektrischen und
Magnetischen
Feldes

EMV-Messplatz zur Vermessung des elektrischen und magnetischen Feldes

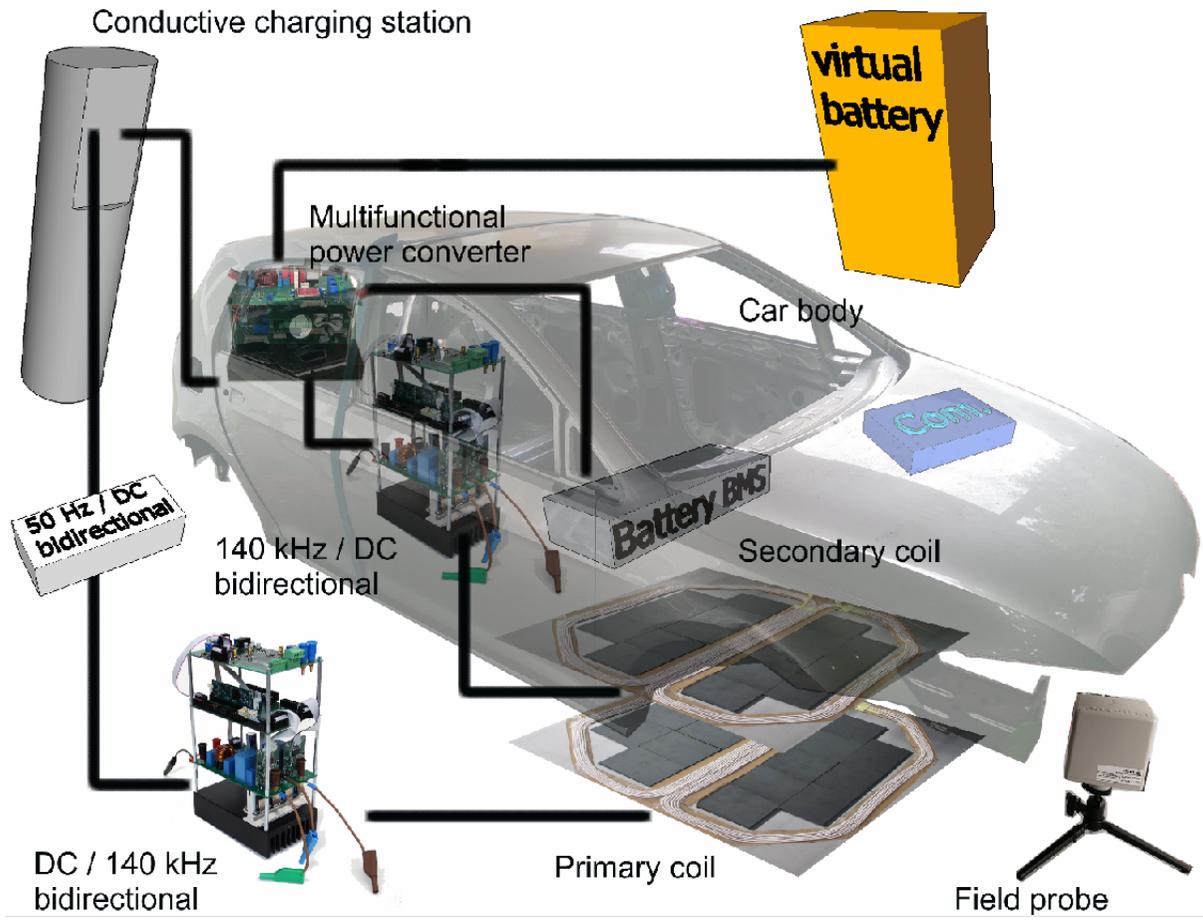
Draufsicht



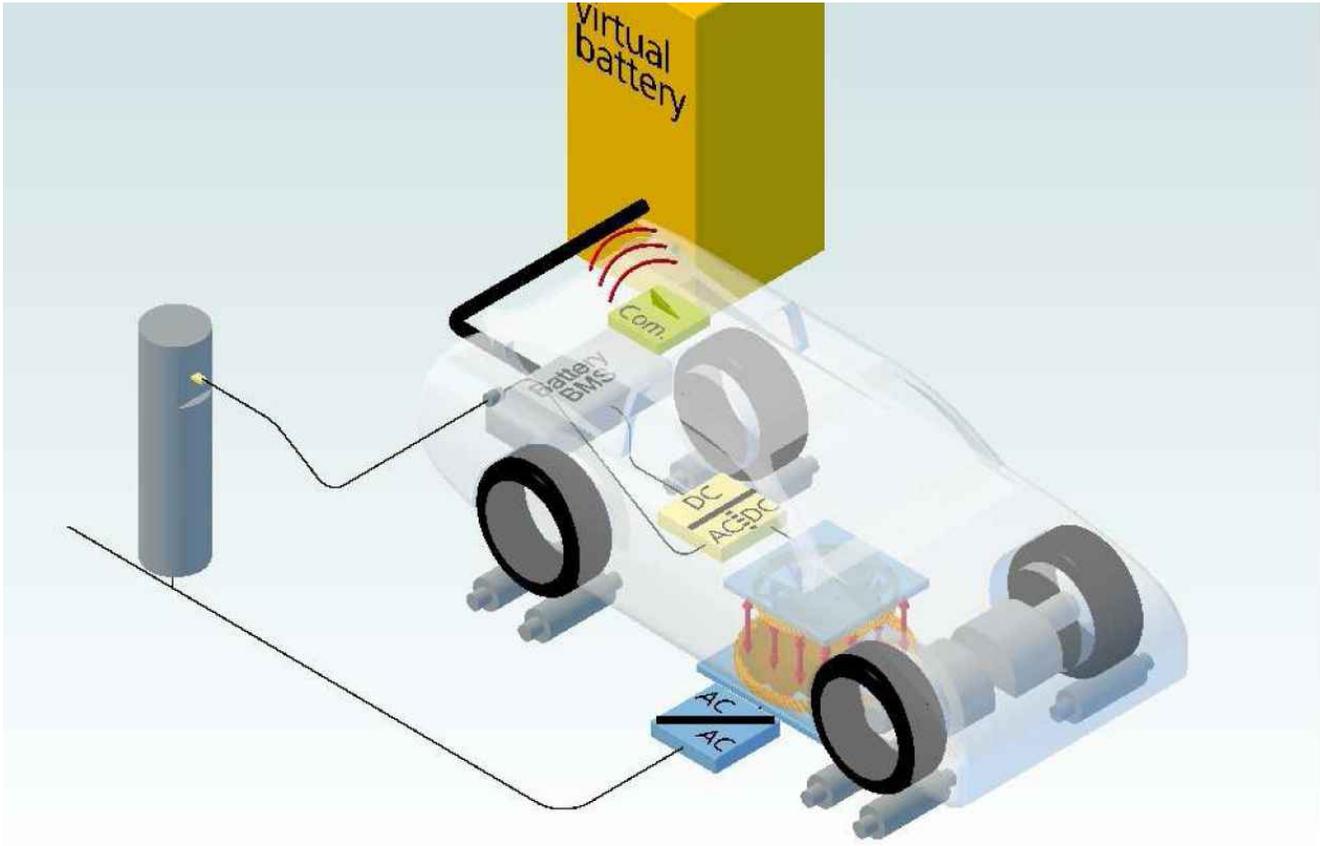
Betrag der gemessenen magnetischen Feldstärke H in A/m in Messebene 3, $z = 500$ mm



Fahrzeugdemonstrator



Multifunktionales bidirektionales Laden für Elektrofahrzeuge



Zusammenfassung

- Das Energieversorgungsnetz wird sich zukünftig verändern und erfordert Support durch alle Akteure
- Die induktive (kabellose) Energieübertragung
 - ist komfortabel
 - und kann die Nutzerakzeptanz steigern
- Das vorgestellte bidirektionale induktive Energieübertragungssystem
 - hat einen hohen Wirkungsgrad über den gesamten Leistungsbereich (93 – 95 % bei $z = 20$ cm)
 - unter Einhaltung der EMV/EMVU Grenzwerte

Unser Dank gilt:

FSEM II - Fraunhofer Systemforschung Elektromobilität II: Bidirektionales induktives Laden



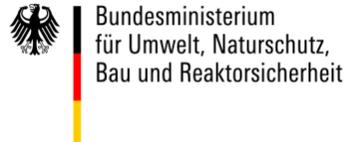
W-Charge – Kabelloses Laden von Elektrofahrzeugen *W-Charge*

TeBALE – Technische Begleitforschung der Modellregionen Rhein-Main

SIEM – Systemintegration Elektromobilität



Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Die diesem Vortrag zugrundeliegenden Vorhaben wurden mit Mitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie, des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit, des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur und der Fraunhofer Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung e.V. unter den Förderkennzeichen 16EM0041, 0325402 und 03EM0503 gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autoren.



Kontakt:

Marco Jung

Fraunhofer IWES

Königstor 59

34119 Kassel

Tel.: +49 561-7294 112

E-Mail: marco.jung@iwes.fraunhofer.de

PD Dr.-Ing. habil. René Marklein

Fraunhofer IWES

Königstor 59

34119 Kassel

Tel.: +49 561-7294 282

E-Mail: rene.marklein@iwes.fraunhofer.de