

# Energieeffizienz/-nutzung Industrie, Gebäude, Quartiere - Bindeglied Elektromobilität

Prof. Dr.-Ing. Mirko Bodach

**Fakultät Elektrotechnik**

Professur Elektrische Energietechnik / Regenerative Energien

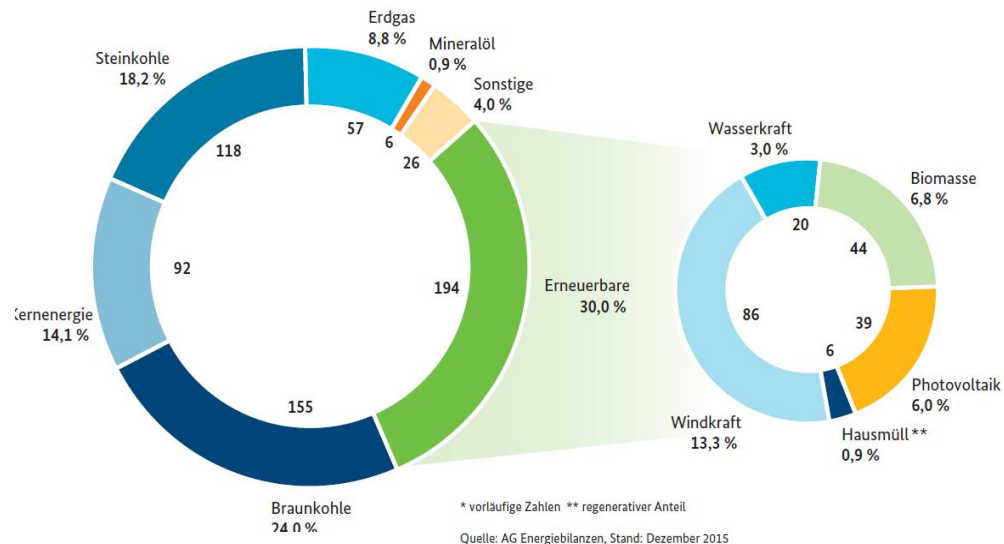
# Elektrischer Energiebedarf

## Welt:

- Derzeitiger Elektroenergiebedarf pro Jahr ca. 20.181 TWh (72,7 EJ) (ca. 14% Nuklear, 41% Kohle, 5% Öl, 21% Gas, 19% Rest)

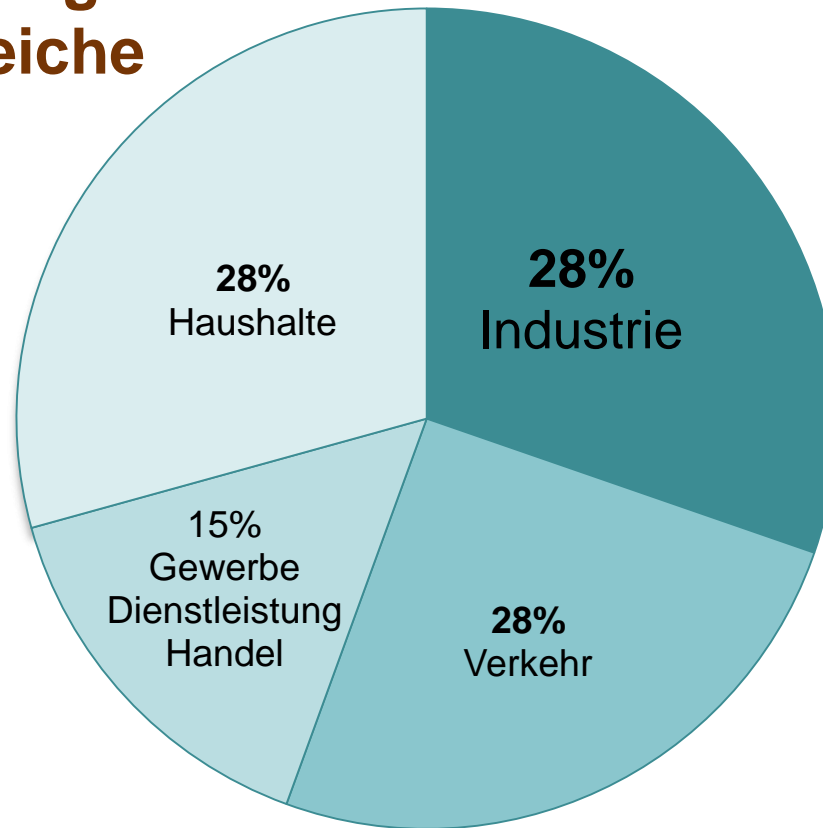
## Deutschland:

- Derzeitiger Elektroenergiebedarf pro Jahr ca. 650 TWh (2015) (ca. 14,1% Nuklear, 24% Braunkohle, 18,2% Steinkohle, 8,8% Gas, 34,9% Rest)



30,0% regenerativ

## Nutzungs - Bereiche

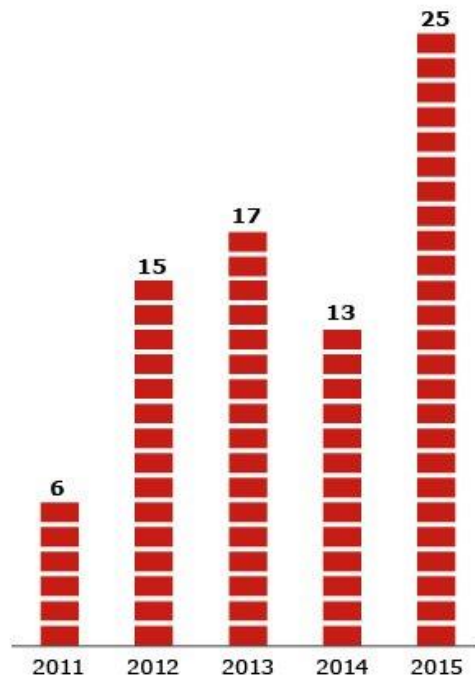


Quelle: AG Energiebilanzen: Auswertung zur Energiebilanz 1990 bis 2013, Stand 09/2014

# Negative Elektroenergiepreise an der EEX

## Wie oft und warum es in Deutschland negative Strompreise gibt

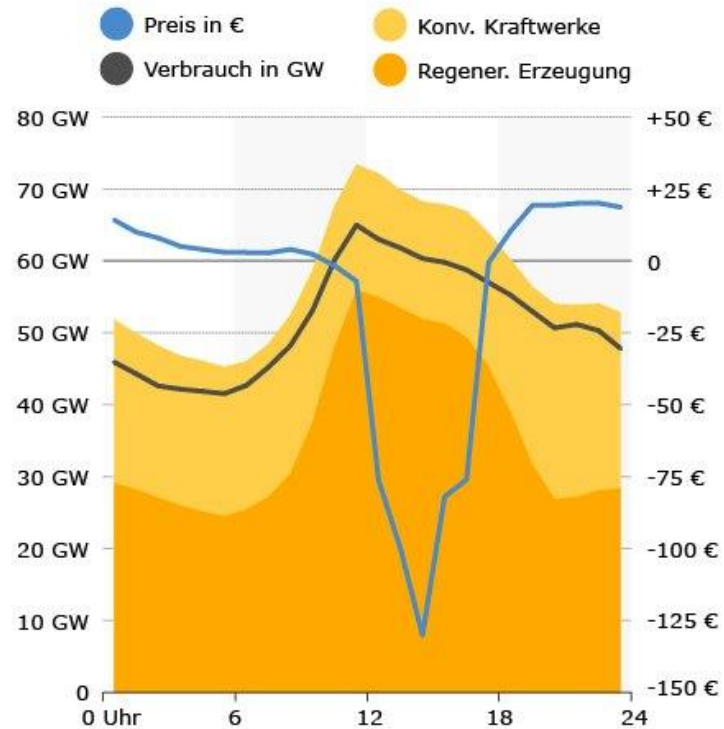
Tage im Jahr mit negativen Preisen\*



\* in Deutschland, Österreich, Luxemburg

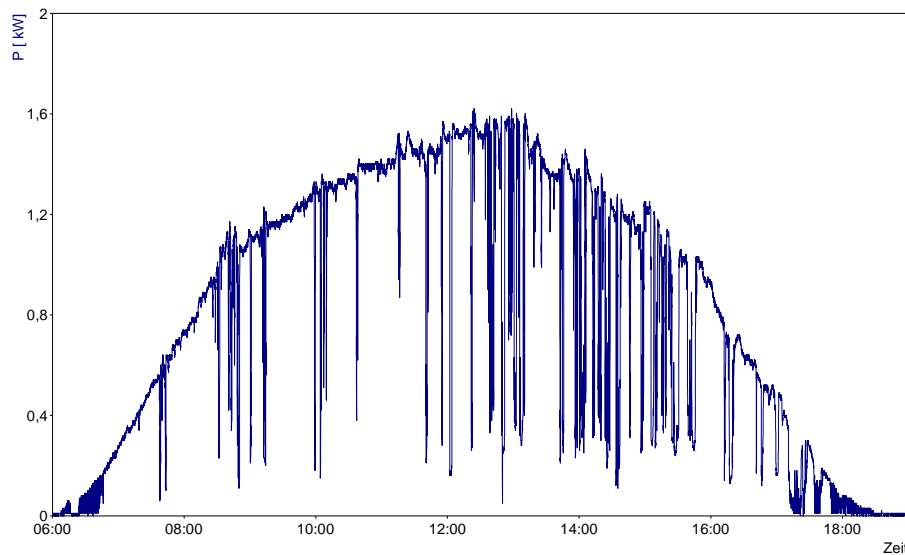
statista  SPIEGEL ONLINE

8. Mai 2016 – Preissturz auf dem deutschen Strommarkt

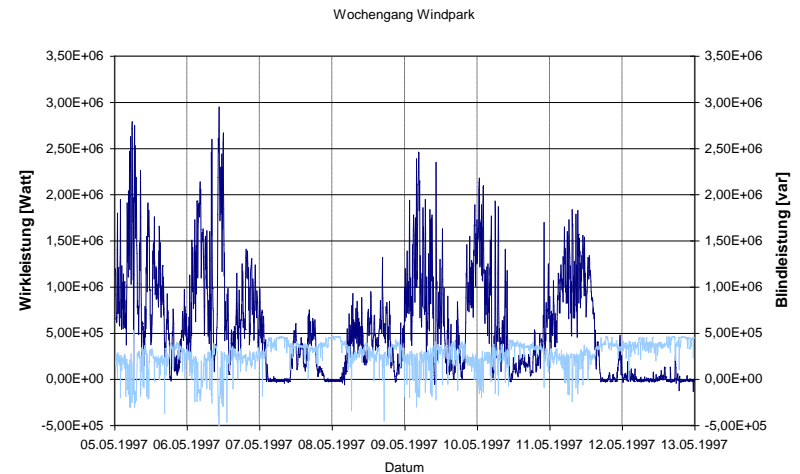


Quelle: EPEX SPOT / AGORA

# Fluktuation der Leistung aus reg. Quellen



Exemplarischer Verlauf der eingespeisten Leistung an einer 2kWp-Solaranlage im August 2005 im mitteldeutschen Raum



Exemplarischer Verlauf der eingespeisten Leistung aus einer WKA

### **Derzeitige Ausbauziele erneuerbare Energie:**

- Substitution nuklearer und fossiler Energieträger zur Elektroenergiegewinnung

### **Künftiges Elektroenergieangebot ist aber deutlich höher als klassischer Bedarf:**

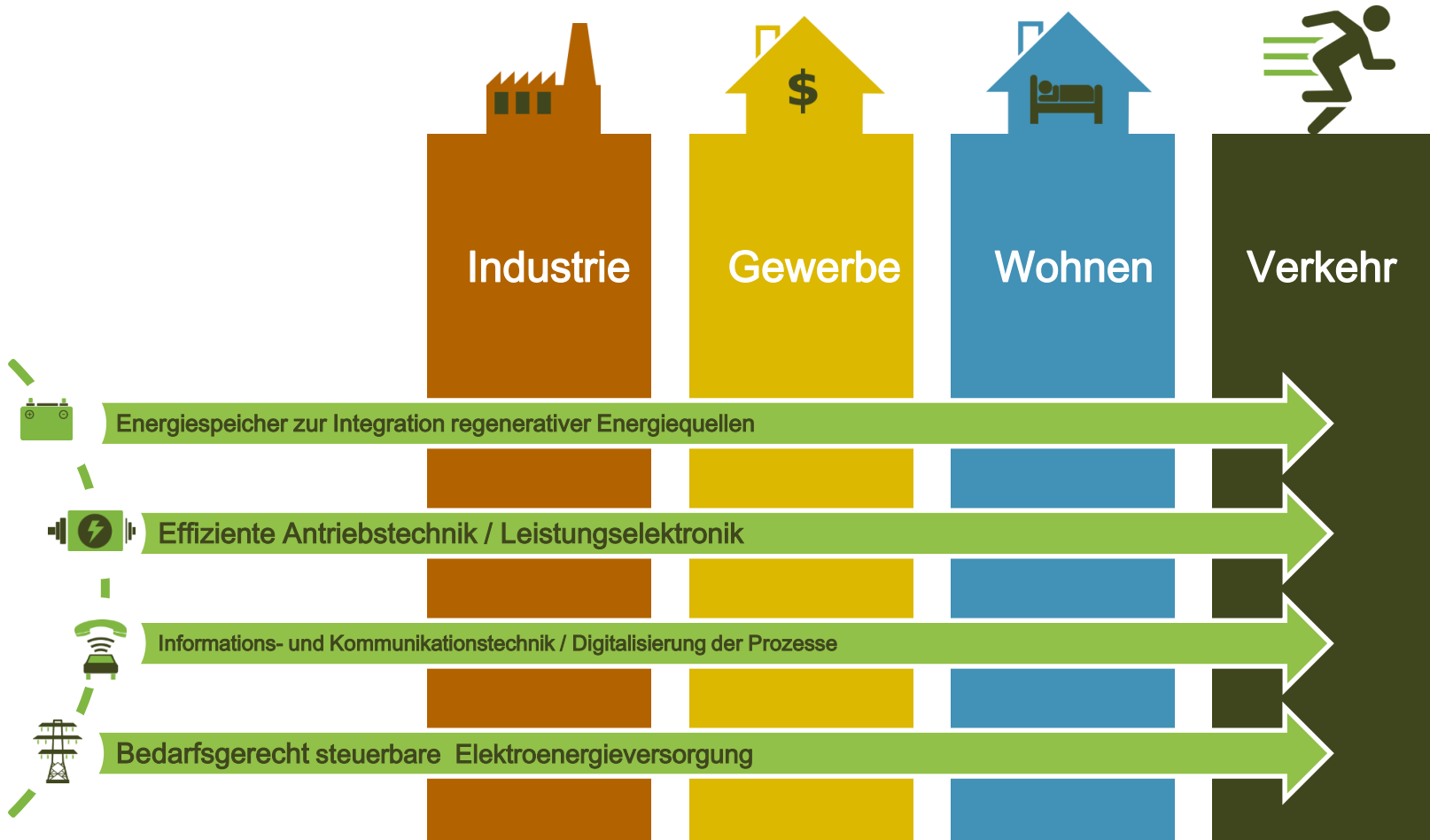
- Aus Elektroenergie wird der Wärme- und Verkehrssektor gespeist werden
- Sektorenkopplung durch Überangebot reg. Elektroenergie und notwendige zeitliche Entkopplung
- Elektroenergie wird zur Leitenergie

Drei Viertel der befragten Experten glauben um das **Jahr 2040** an eine

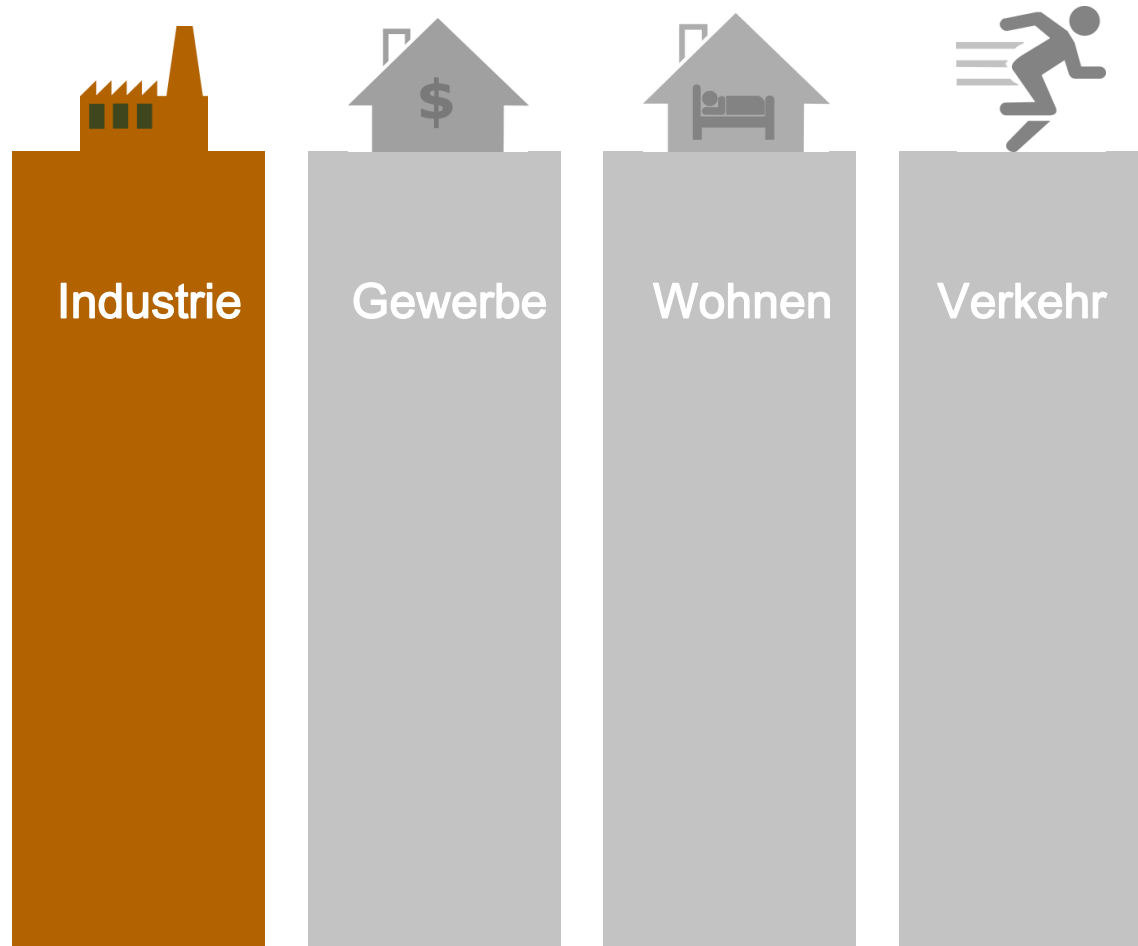
# „All Electric Society“

Quelle: [U.Weidenfeld : „Sektorkopplung: All Electric Society ?“ et Energiewirtschaftliche Tagesfragen, Verlag EW Medien]

# Ausgewählte Forschungsgebiete einer „All Electric Society“



# Ausgewählte Forschungsgebiete einer „All Electric Society“





## Werkzeugmaschine 250kW (USV)

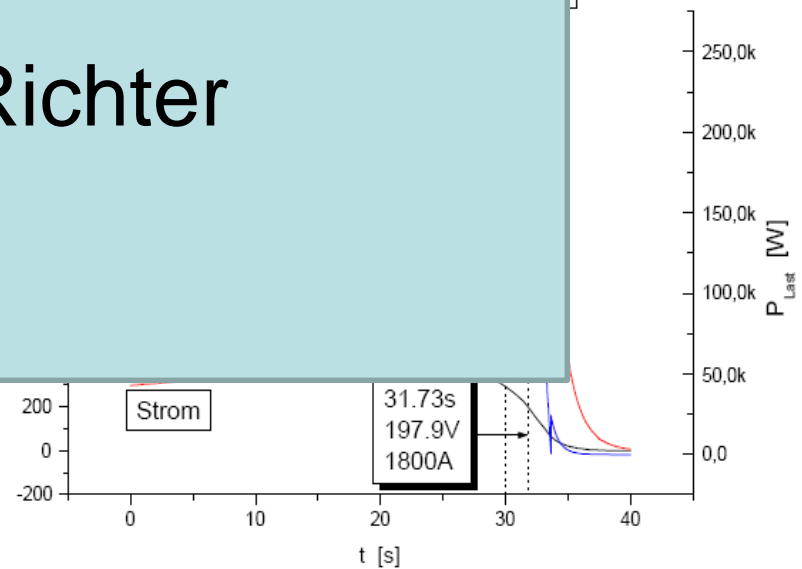
Variante 1: 3 Stränge parallel, pro Strang 370 Maxwell Boostcaps  
(3000F/ 2,5V) in Reihe



Vortrag Mark Richter

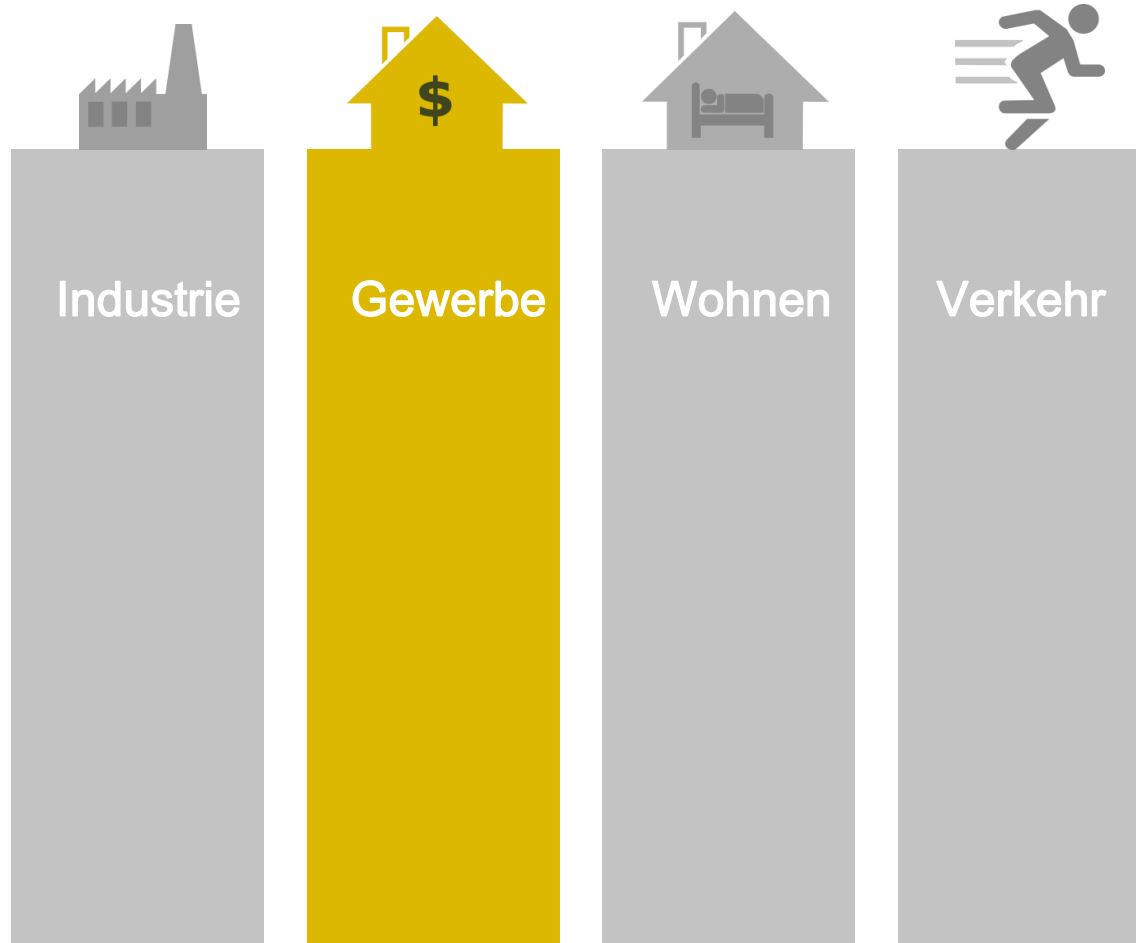


Quelle: [NILES]

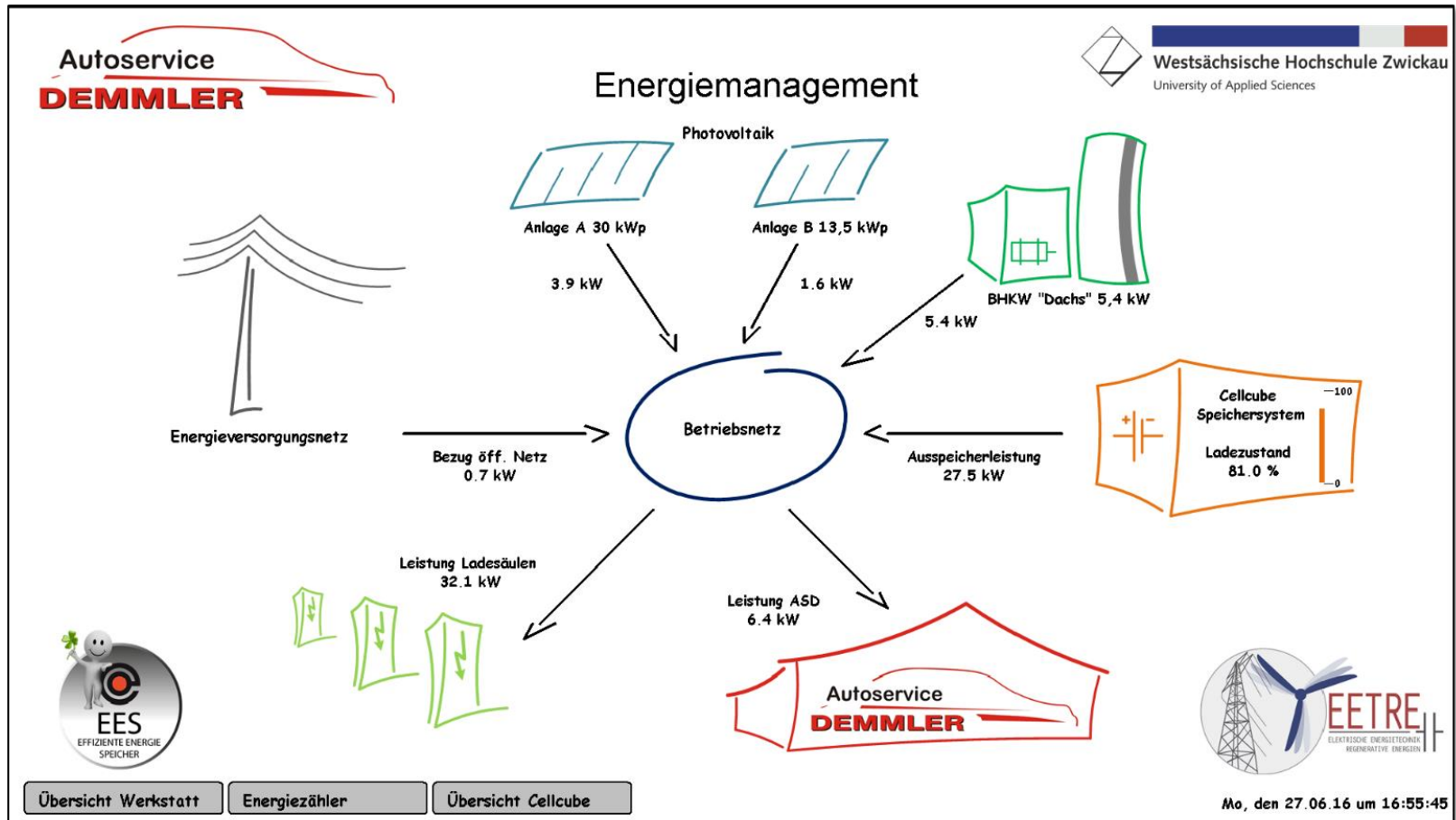


Quelle: WHZ [Veit / Bodach]

# Ausgewählte Forschungsgebiete einer „All Electric Society“



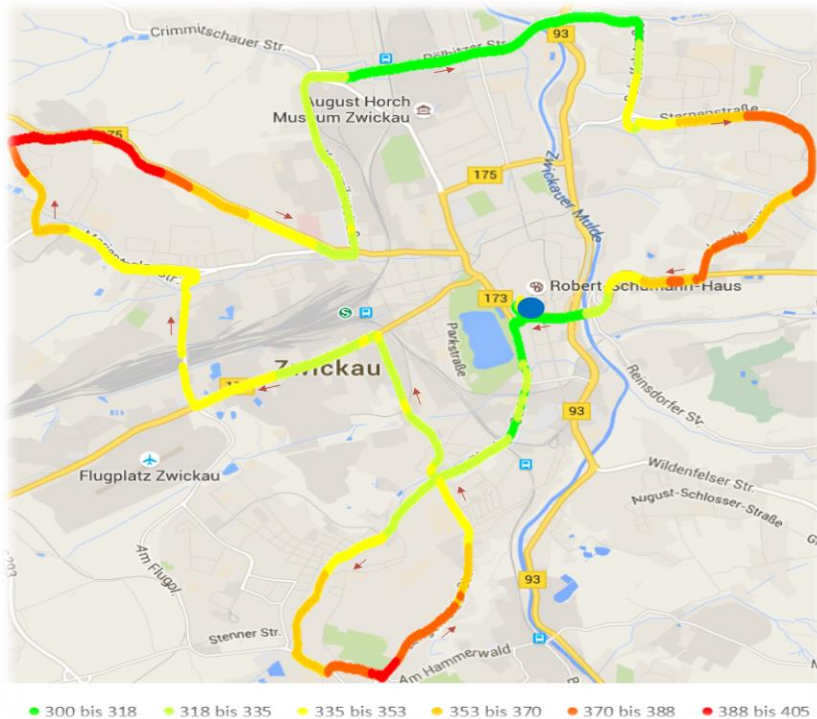
# Energiemanagement



Online-Visualisierung des Unternehmensnetzes im Projekt ZEMO

# Auswertung der Fahrdaten von Elektrofahrzeugen

## Planung und Durchführung von Messfahrten

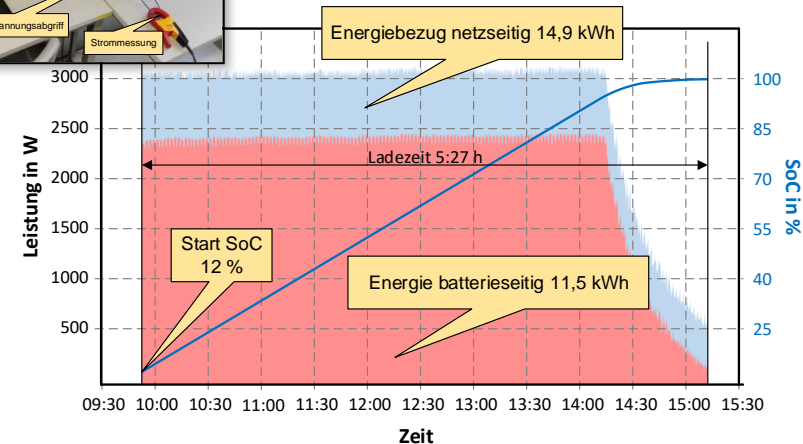
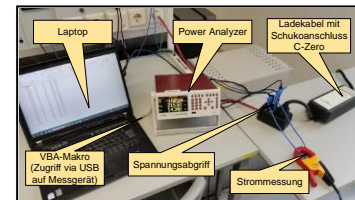


Teststrecke  
Stadt

## Nachladung

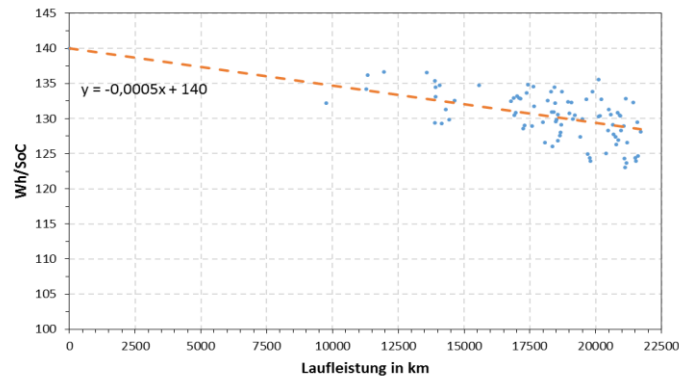
- Power Analyzer „PPA1530“
- Abgreifen von Spannung, Strom und Leistung mithilfe eines VBA-Makros
- Vergleich der internen und externen Messung

→ mittlerer Ladewirkungsgrad 75 Prozent



# Auswertung Fahrdaten

- über 14.000 Messkilometer (ca. 1.100 km für MA)
- Rückschlüsse auf Verbräuche mit und ohne Verbraucher
- Verbrauch über den Herstellerangaben (12,8 kWh/100 km)
- durchschnittlich zurückgelegte Strecke zwischen 13 – 20 km



Verlauf der geladenen Energiemenge nach Kilometern in Wh/SoC

Fahrzeug	Z-D 117	Z-D 128	Z-D 131	Z-D 753
ohne Verbraucher				
durchschnittlicher Verbrauch [Wh/km]	139	138	129	117
vermessene Kilometer [km]	4.896	1.346	1.566	680
mit Verbraucher				
durchschnittlicher Verbrauch [Wh/km]	207	180	146	121
davon für Heizung [Wh/km]	53	38	16	12
vermessene Kilometer [km]	2.893	2.167	233	43
Gesamt				
gefahrte Gesamtkilometer [km]	12.067	7.695	3.309	2.579
Anzahl Messfahrten	245	248	137	35
davon vermessene Kilometer [km]	7.789	3.513	1.799	723
Gesamtverbrauch [kWh]	731	556	233	86
durchschnittliche Strecke [km]	19,5	14,2	13,1	20,6

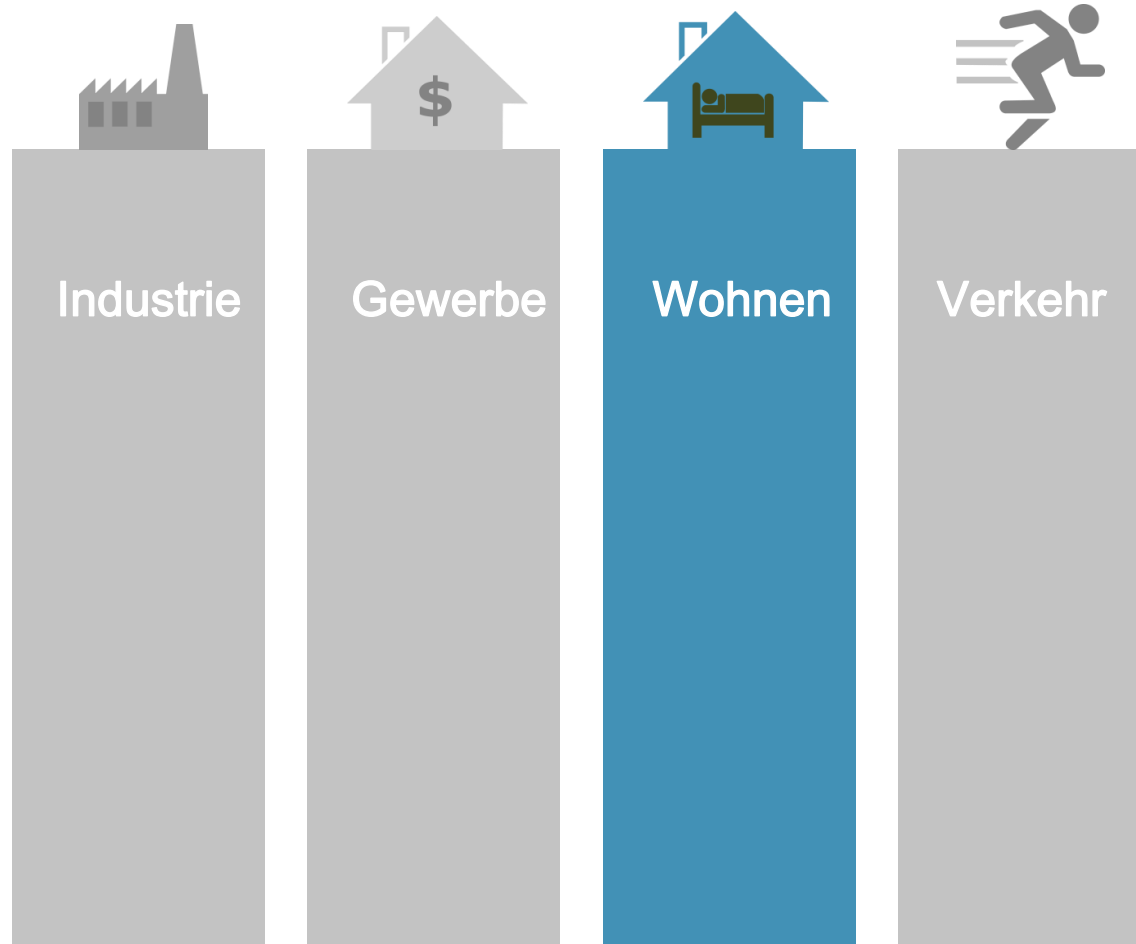
Gesamtauswertung der vermessenen Fahrzeuge (Stand Januar 2016)

## Batterialterung

- Untersuchung von Ladevorgängen größer 10 Prozent
- Messgröße Wh/SoC (Energienmenge der Batterie bezogen auf SoC)

→ **aktuell 92 % (bei 23.000 km)**

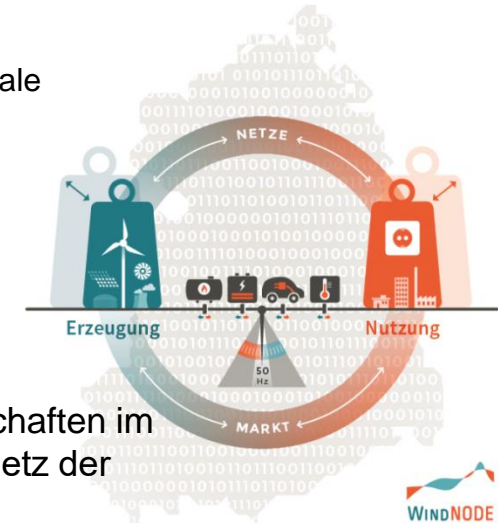
# Ausgewählte Forschungsgebiete einer „All Electric Society“



# Energiewendeprojekt WindNODE



„WindNODE“ - Nordostdeutschland ist dabei!  
Förderung aus dem „Schaufenster intelligente Energie – Digitale Agenda für die Energiewende (SINTEG)“ beim Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi)  
70 Partner u.a. 50Hertz, Bosch, energy saxy, Siemens, Fraunhofer und Universitäten (Berlin, Rostock, Magdeburg, Cottbus, Zwickau)



Fakultät Elektrotechnik der WHZ und Fakultät Wirtschaftswissenschaften im Projekt „Realisierung der Energiewende im Niederspannungsnetz der Zukunft im Quartier Marienthal“ der **Modellregion Zwickau**“



Regionale Partner:

- Zwickauer Energieversorgung GmbH
- Westsächsische Wohn- und Baugenossenschaft e.G.
- Senertec Center Sachsen e.K.

# WindNODE Modellregion Zwickau

## Daten für Modellregion Zwickau

- 4-stöckiger Geschößwohnungsbau
- 886 Wohnungen
- 154 intelligente Wohnungen, 62 weitere geplanter Umbau
- 397 intelligente Messeinrichtungen (Stromzähler)

## Energieversorgungsnetz:

- Vermaschtes Niederspannungsnetz
- 2x 400 kVA Transformatoren
- PV-Anlagen (**211,8 kW<sub>p</sub>** mit direkter Netzeinspeisung)

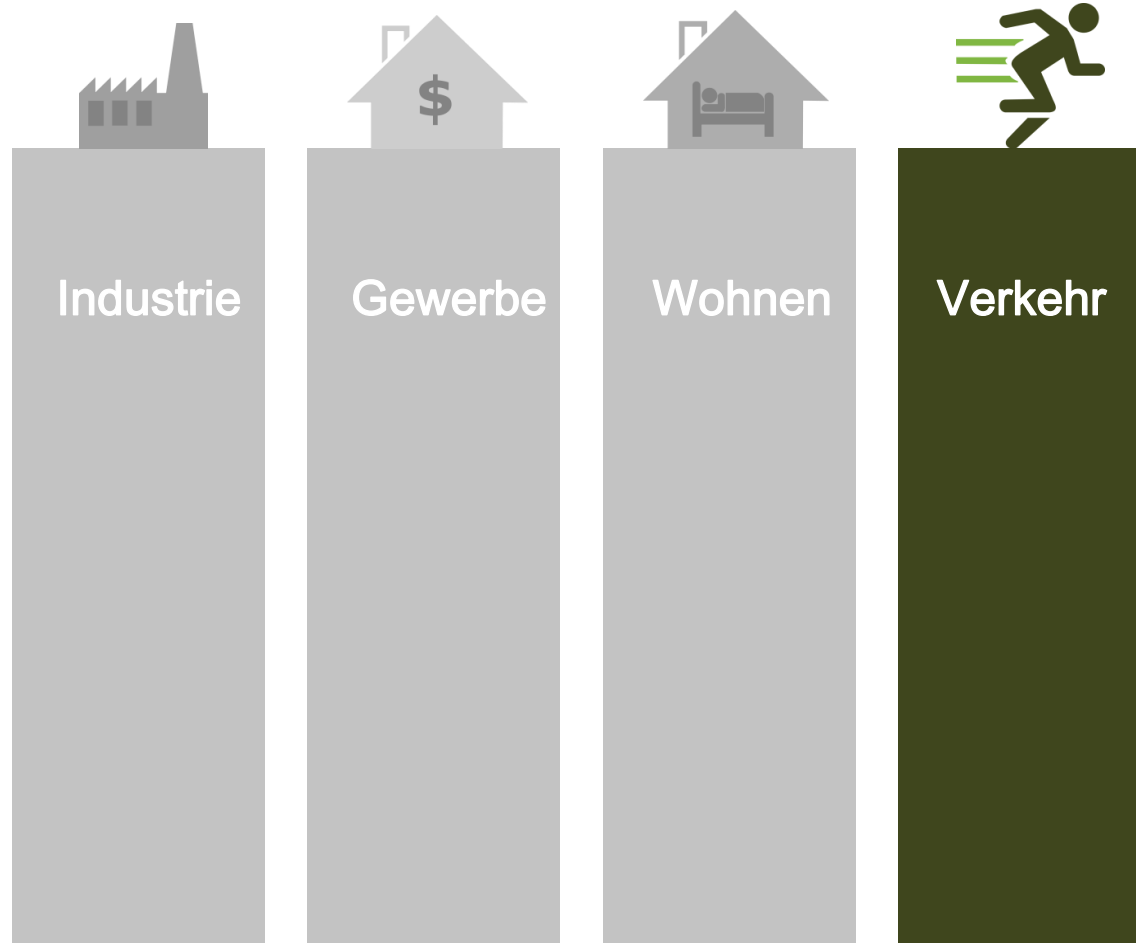
## Geplante Daten für Modellregion Zwickau

- 400 kVA Transformatoren als RONT
- Einbau von ca. 5 Energiespeichersysteme (ca. 30 kW und 30 kWh) für:
  - Zentraler Ansatz mit großer Leistung und Kapazität (ca. 60 kW)
    - Erweiterung Ansatz zentraler Energiespeicher
  - Absenkung der Spannungsanhebung bei hoher PV-Einspeisung
  - Erweiterung zum Nachbar-NS-Netz für eventuelle Schalthandlungen
  - Spannungsstabilisierung beim höchsten Spannungsfall

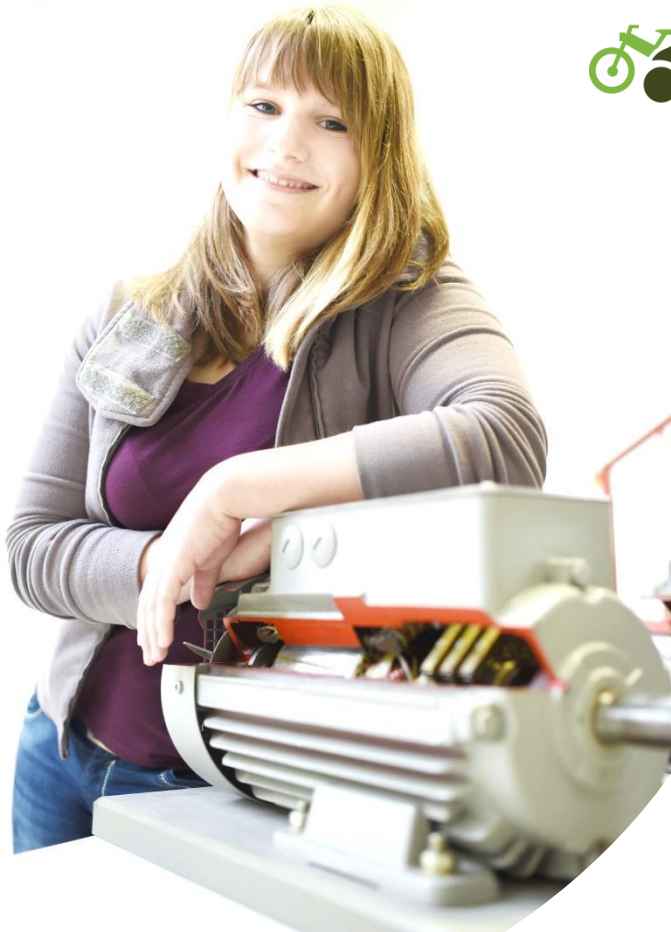




# Ausgewählte Forschungsgebiete einer „All Electric Society“



## Schwerpunkte der Elektromobilität



### Fahrzeugintegration

- BEV/PHEV/REEV
- Leitungsgebundener Verkehr
- Maßnahmen zur Steigerung der Effizienz (Leichtbau, etc.)



### Energiespeicher

- Material und Zellenentwicklung
- Lebensdauerkonzepte
- Speichermanagement



### Antriebstechnologie

- Entwicklung elektrischer Maschinen
- Antriebssysteme
- Leistungselektronik



### Kommunikationstechnik

- Car2Car und Car2x Kommunikation
- Energiewirtschaftliche Dienste
- Mobilitätsdienste

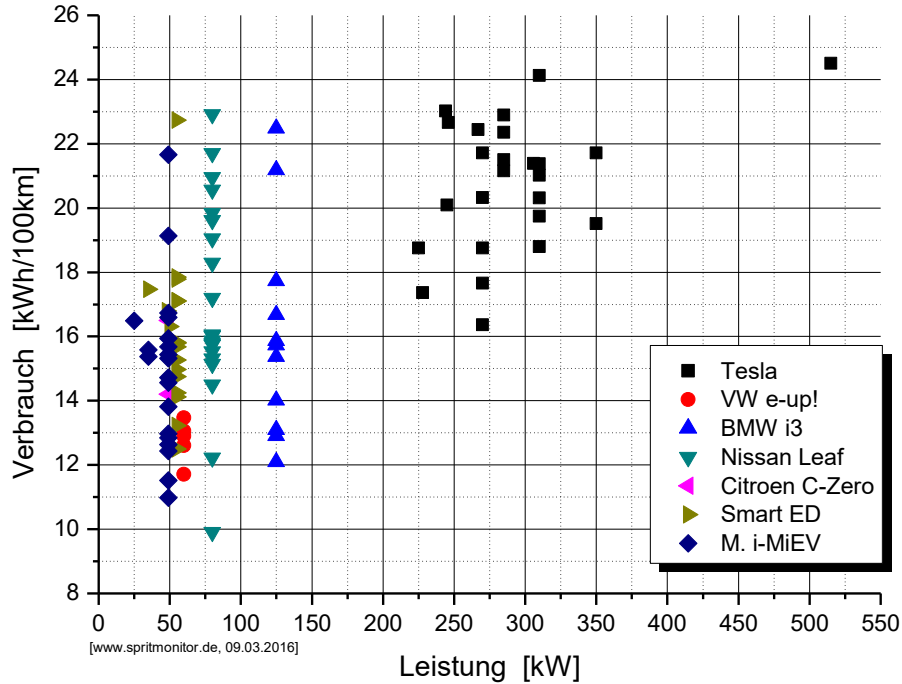


### Energieversorgung

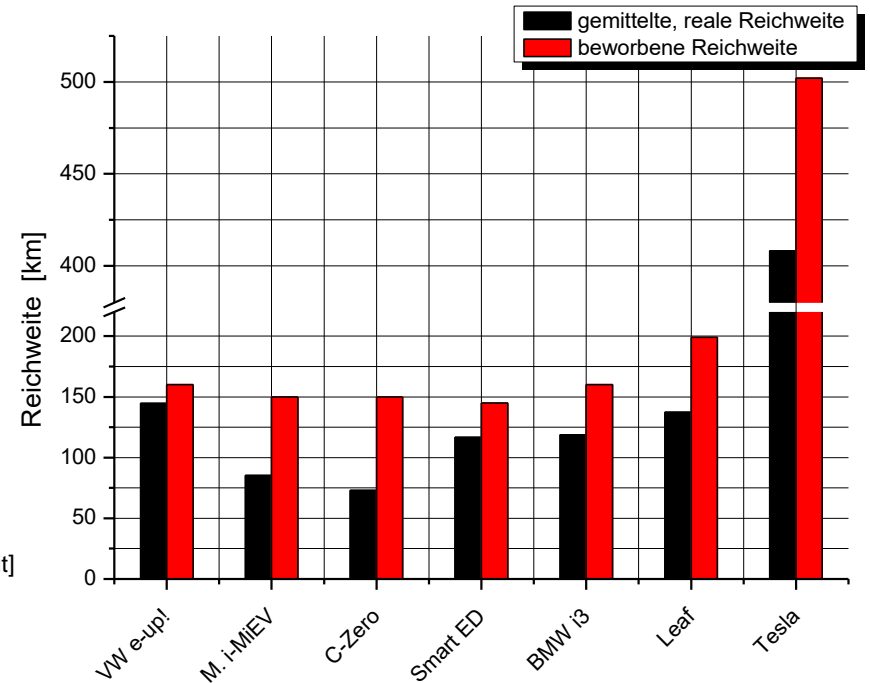
- Netzausbau
- Flächendeckende Ladeinfrastruktur
- Nutzung regenerativer Energien

[nach NPE]

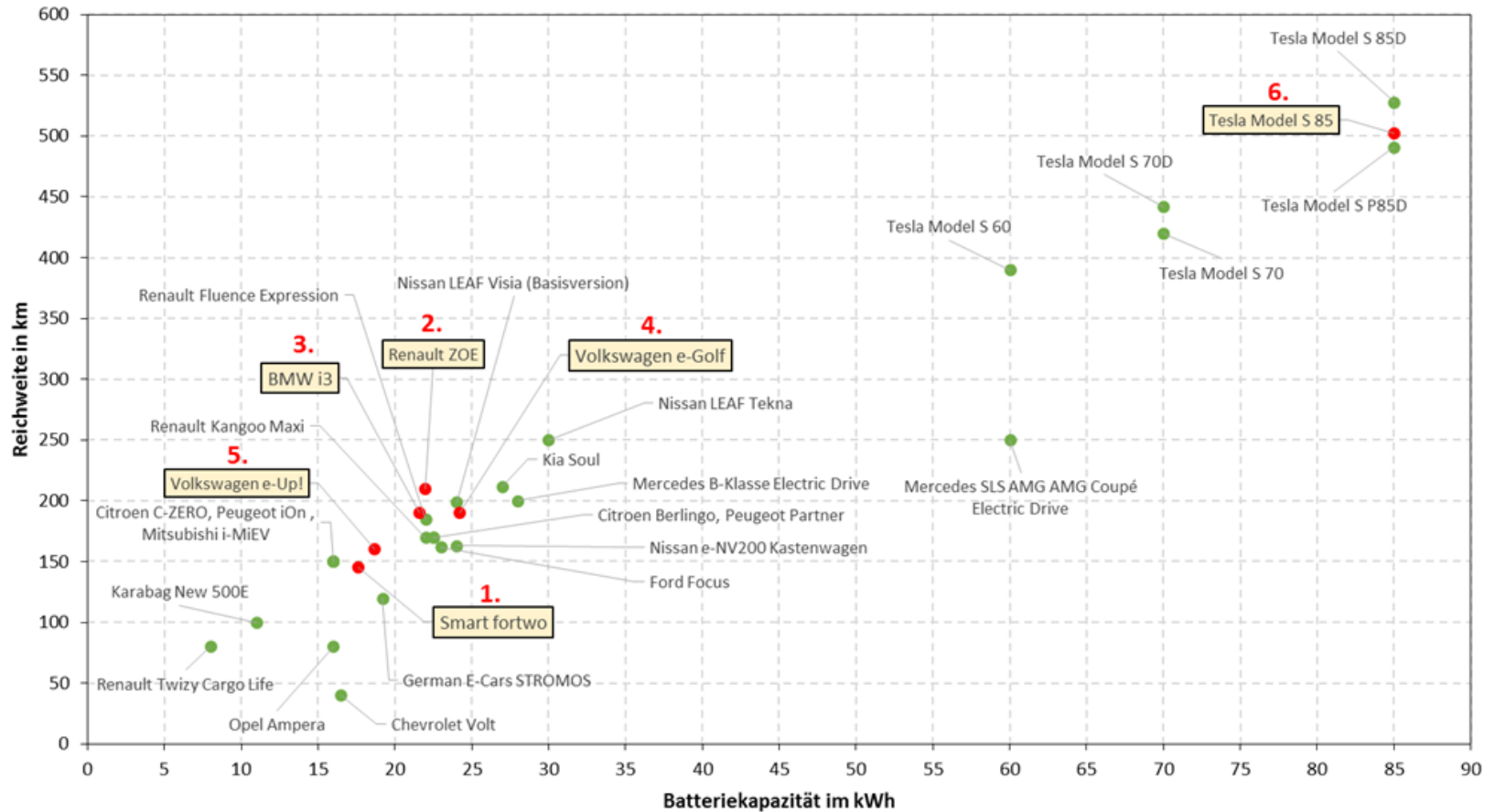
# Energiebedarf ausgewählter Elektrofahrzeuge



[EETRE2016;Veit]



# Verhältnis zw. Batteriekapazität und Reichweite



# Energiespeicher Elektrotankstelle



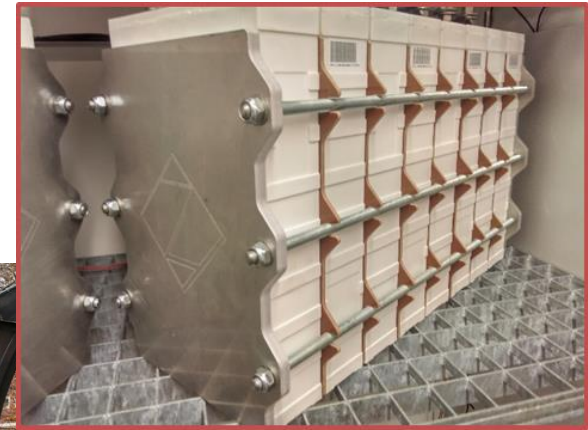
Leistungs- und Steuerungsschrank

- 30 kW Dauerleistung
- 60 kW Spitzenleistung
- Wago-Controller

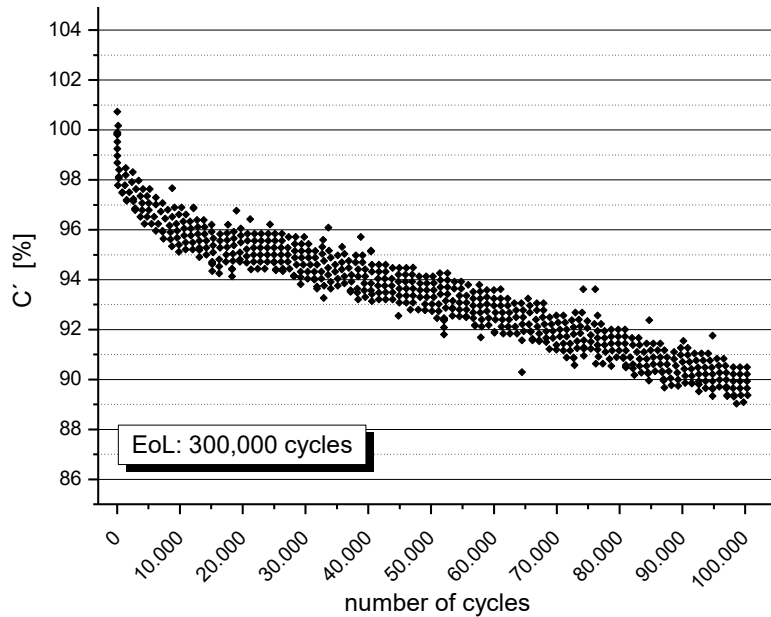


2 x Sicherheitsschränke für je:

- 4x15 Li-Ion Zellen
- Nutzbarer Energieinhalt: 27 kWh



# Lebensdauer und Sicherheit



- Test erfolgt bis 100.000 Zyklen
- lineare Ausrichtung ab etwa 20.000 Zyklen
- ab dann lineare Approximation möglich

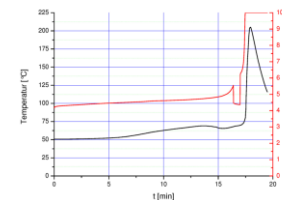
geschätzte Lebensdauer  
etwa 300.000 Zyklen !

Beispiel:

Nach DIN V VDE V 0510-11 festgelegte

Kriterien:

- **Kurzschluss**
- **Stoffaustritt**
- **Brand**
- **Bersten**
- **Explosion**

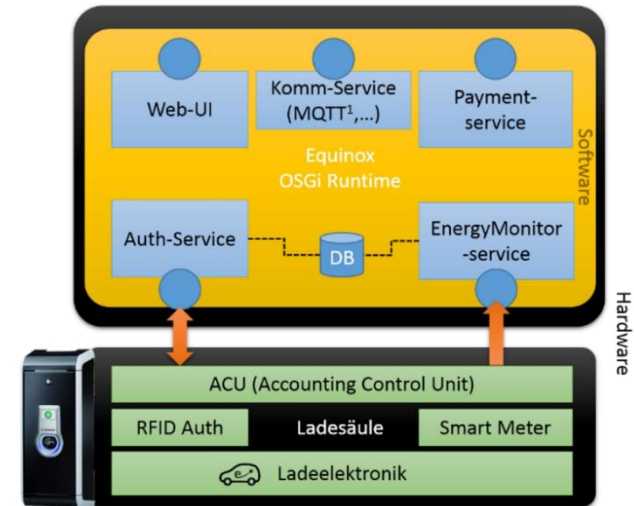


# Integrierte Prozesse – Virtualisierte Hardware, Serviceorientierung

## Integration von Mennekes-Ladeboxen

- Adapter für Mennekes Protokoll und OCPP<sup>1</sup> implementiert
- Integration von MODBUS-Komponenten nach IEC 61158 (MODBUS TCP).
- Freischaltung der Ladesäulen mittels RFID-Karten (bspw. Mitarbeiterausweis)
- Detaillierte Erfassung der Ladevorgänge
- Integration in verteiltes Informationssystem
- Sichere Kommunikation durch Einsatz von VPN<sup>2</sup>-Technologie

Ladesäule  
Campus Scheffelberg



Komponenten des Ladepunkt-Prototyps

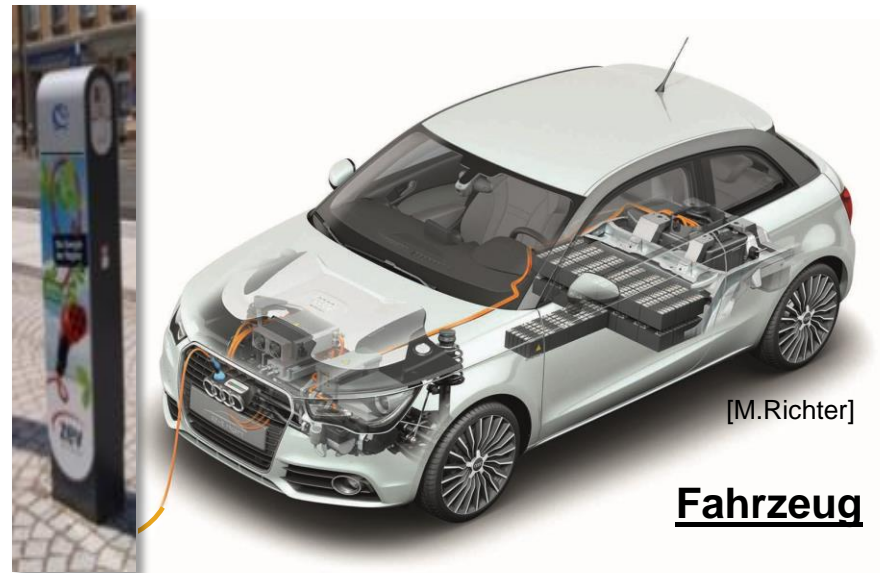
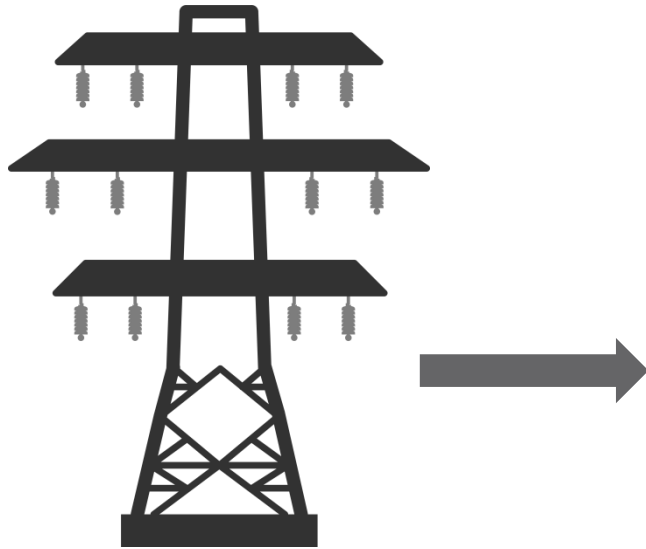
Modbus-Adressen WAGO-Controller

IEC 61131 Adresse	Modbus Adresse	Datenpunkt	Datentyp
%MW0	12288	Gesamt-Zählerstand – Bezug*	REAL
%MW2	12290	Gesamt-Zählerstand – Einspeisung*	REAL
%MW4	12292	Ist-Temp – Wetterstation	REAL
%MW6	12294	Ist-Temp – Bunker	REAL
%MW8	12296	Feuchte – Bunker	REAL
%MW10	12298	Helligkeit – Wetterstation	REAL
%MW12	12300	Windstärke – Wetterstation	REAL
%MW14	12302	Zählerstand – Ladestation	REAL
%MW16	12304	Zählerstand – PV-Anlage	REAL
%MW18	12306	Zählerstand – Gesamte Anlage	REAL
%MW20	12308	Zählerstand – Backup-System	REAL
%MW22	12310	Zählerstand – Bezug	REAL
%MW24	12312	Zählerstand – Einspeisung	REAL

<sup>1</sup> Open ChargePoint Protocol

<sup>2</sup> Virtual Private Network

# Kopplung Netz-Fahrzeug: Analyse Netzurückwirkung und EMV



[M.Richter]

**Fahrzeug**

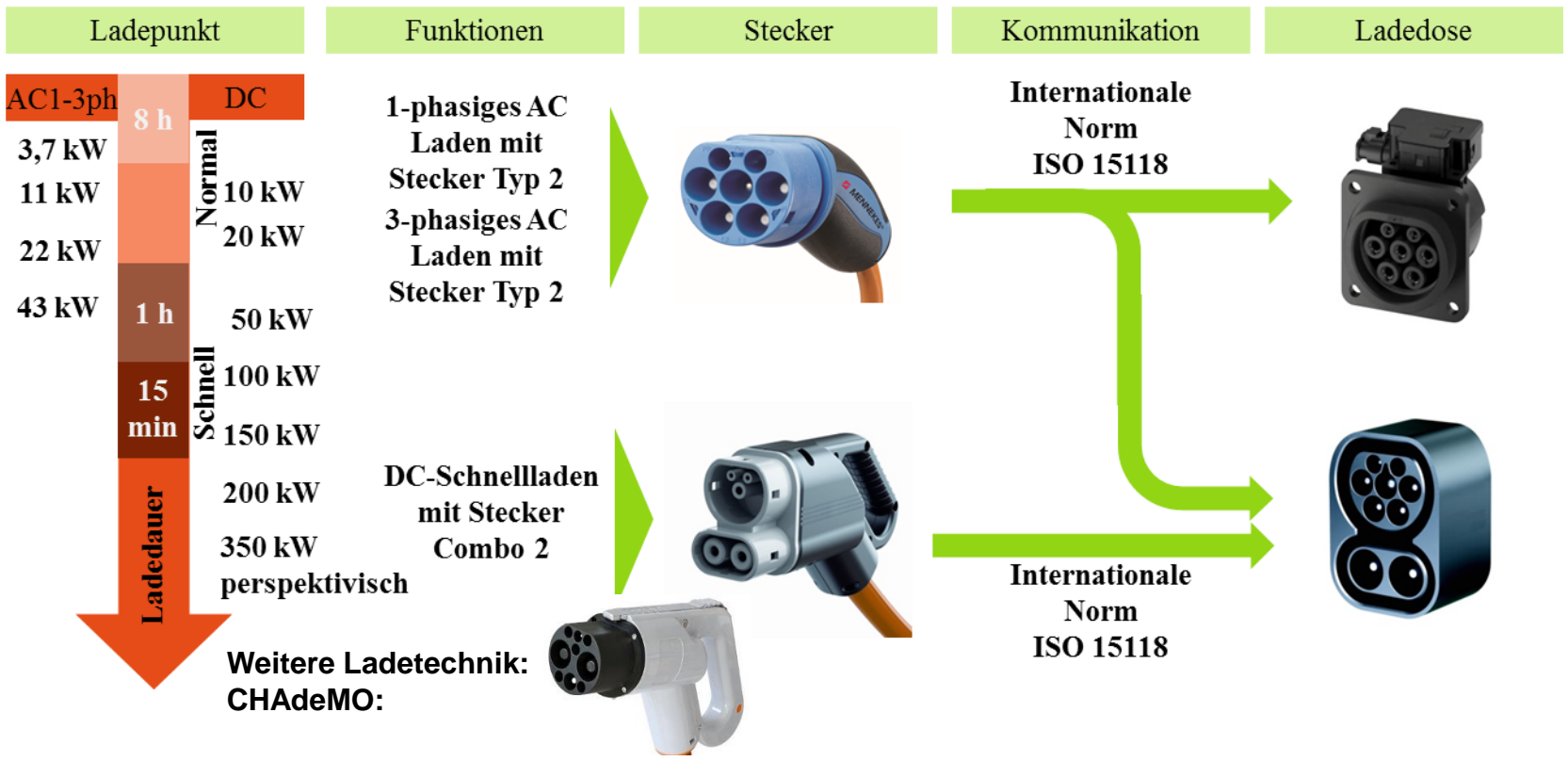
**Verkopplung von Ladesäule mit integrierter Elektronik mit Fahrzeug**

**Elektroenergieversorgungsnetz**

Transiente el. Störgrößen, Stoßspannungen (Schaltstoß und Blitzstoß) Spannungseinbrüche, Kurzzeitunterbrechungen, Spannungsschwankungen, etc



# Ladetechnik

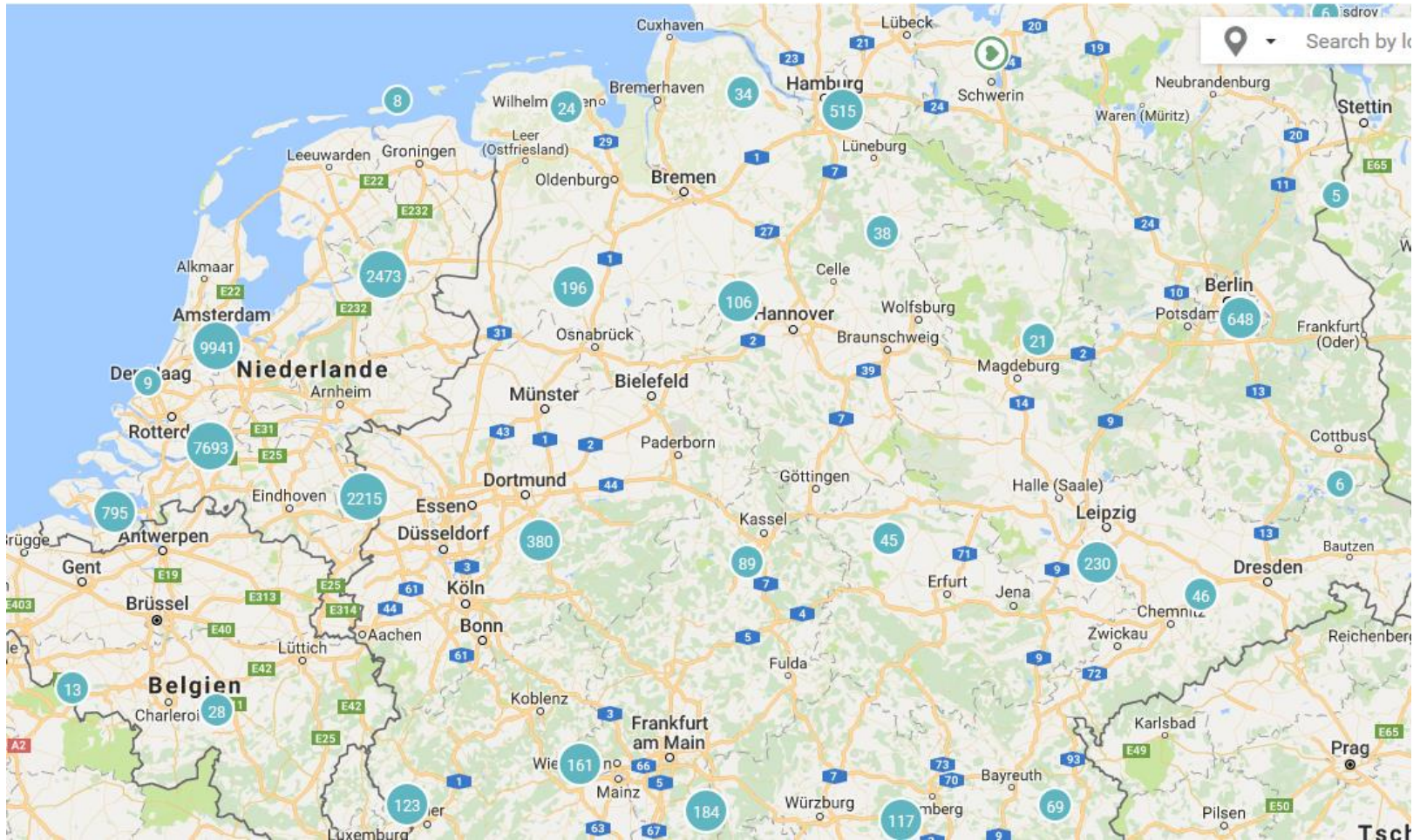


**Einführung** E-Mobility!  
Flächendeckend!

mind. 22 kW AC ~3Ph  
Europa: DC >40 kW

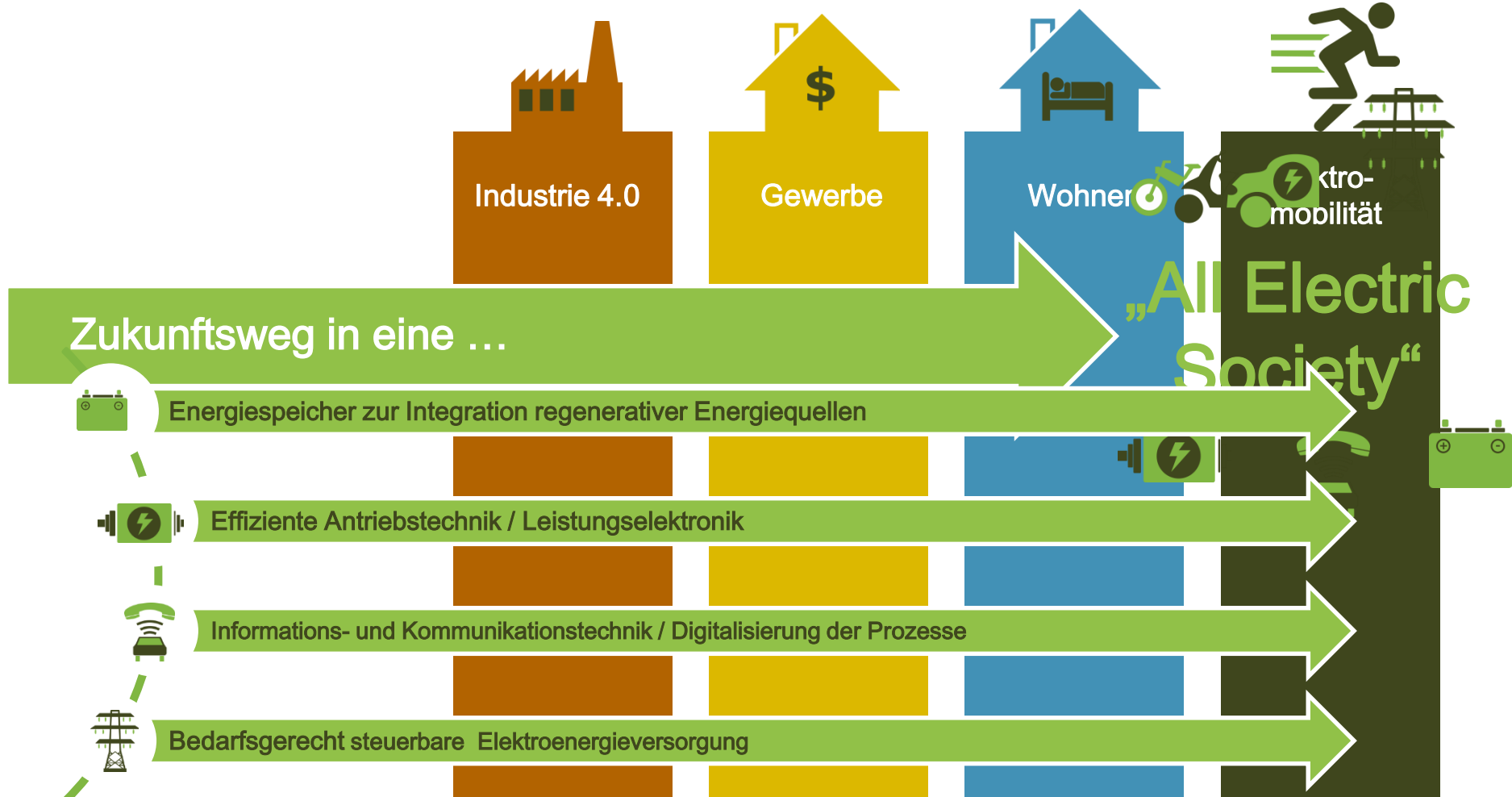
→ ca. 2.000€ pro Ladepunkt  
→ ca. 20.000€ pro Ladepunkt

# Ladeinfrastruktur Europa



[Quelle: [www.thenewmotion.de](http://www.thenewmotion.de)]

# Schlusswort



**Existenzielle Basis: Sehr gut ausgebildete Elektrotechnik – Studenten in Sachsen**