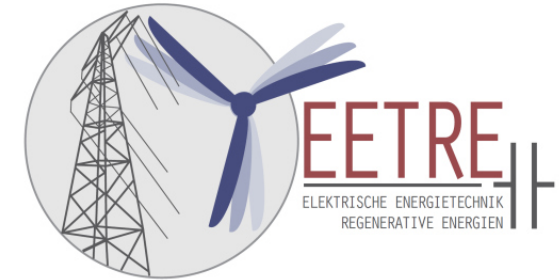




Cerberus Anwendertreffen



Ergebnisse eines Feldversuchs mit Elektro-Fahrzeugen

Prof. Dr.-Ing. Mirko Bodach

Dipl.-Ing. (FH) Thomas Hempel, M.Sc.

Fakultät Elektrotechnik
Professur Elektrische Energietechnik / Regenerative Energien

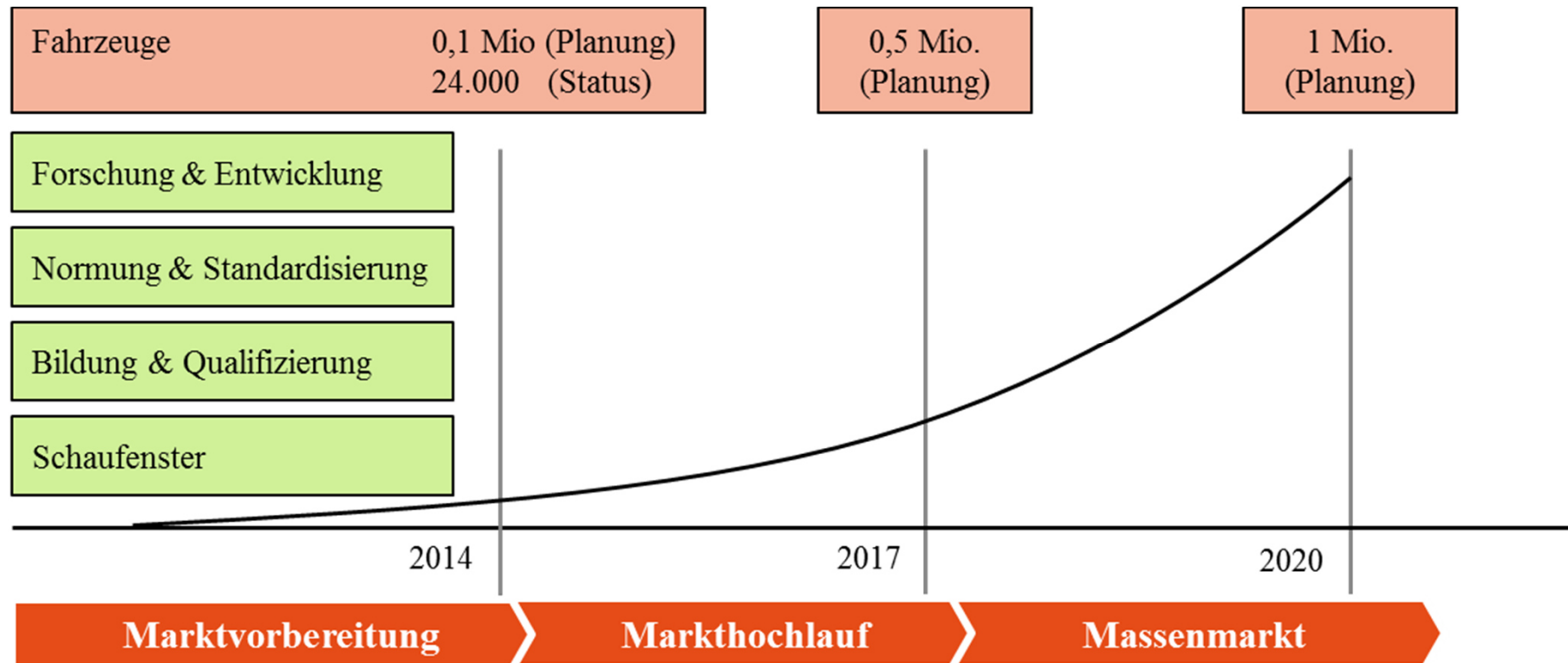
1. Einleitung
2. Elektrofahrzeuge
3. Ladetechnik
4. Simulation eines
Mittelspannungsnetz zum
zukünftigen Ausbau
5. Projekt ZEmO
Energiespeicherdarstellung
6. Zusammenfassung



Foto der Dienstreise nach Grenoble
am Schnelllader

1. Einleitung

Marktentwicklung Elektrofahrzeuge



[http://www.bmbf.de/pubRD/NPE_Fortschrittsbericht_2014_barrierefrei.pdf]

1. Einleitung

Übersicht angemeldeter Elektrofahrzeuge und installierter Ladepunkte im Jahr 2014

Land	Elektro- fahrzeuge	KFZ- Zulassungen Gesamt	Prozentualer Anteil	Ladepunkte
USA	223.600	120.984.000	0,18	15.200
Japan	88.500	60.668.000	0,15	5.000
Niederlande	38.200	8.193.000	0,47	3.700
Frankreich	37.100	31.800.000	0,12	8.000
China	29.100	114.860.000	0,03	8.100
Norwegen	25.700	2.540.000	1,01	1.300
Deutschland	24.000	44.403.000	0,05	4.800
Dänemark	2.500	2.335.000	0,11	4.000

2. Elektrofahrzeuge

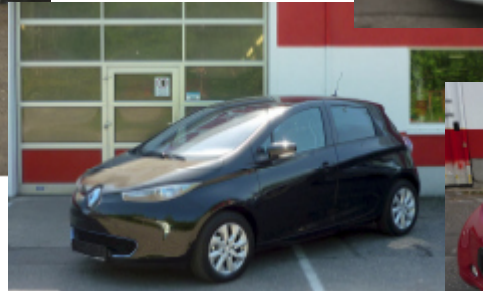
Übersicht Elektrofahrzeuge

Kleinwagen

Smart electric drive



Renault Zoe



VW e-up!



Think City



Kleinlieferbus

Renault Kangoo



Citroen Berlingo



Citroen Zero



Mia L2



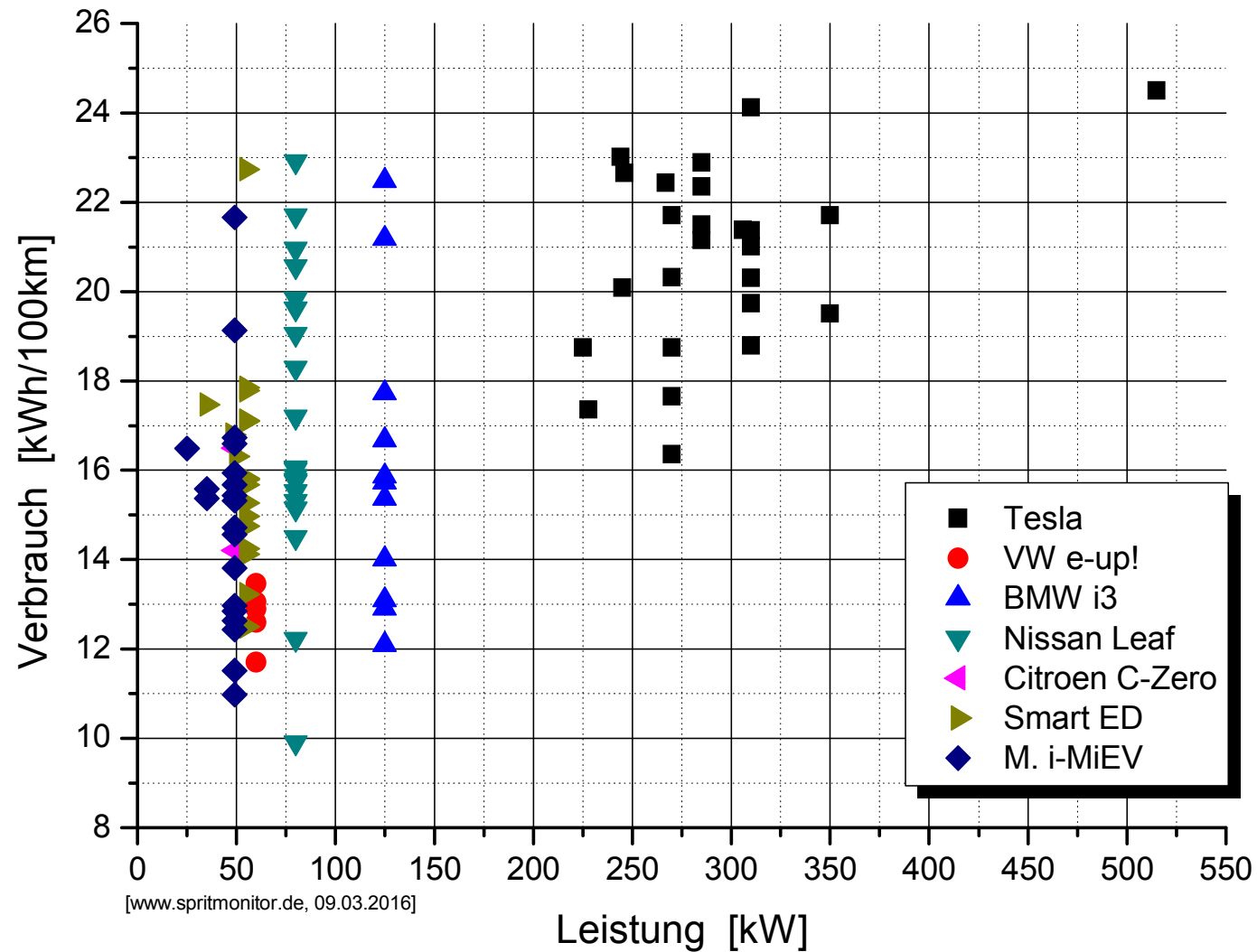
PKW

Tesla
Model S



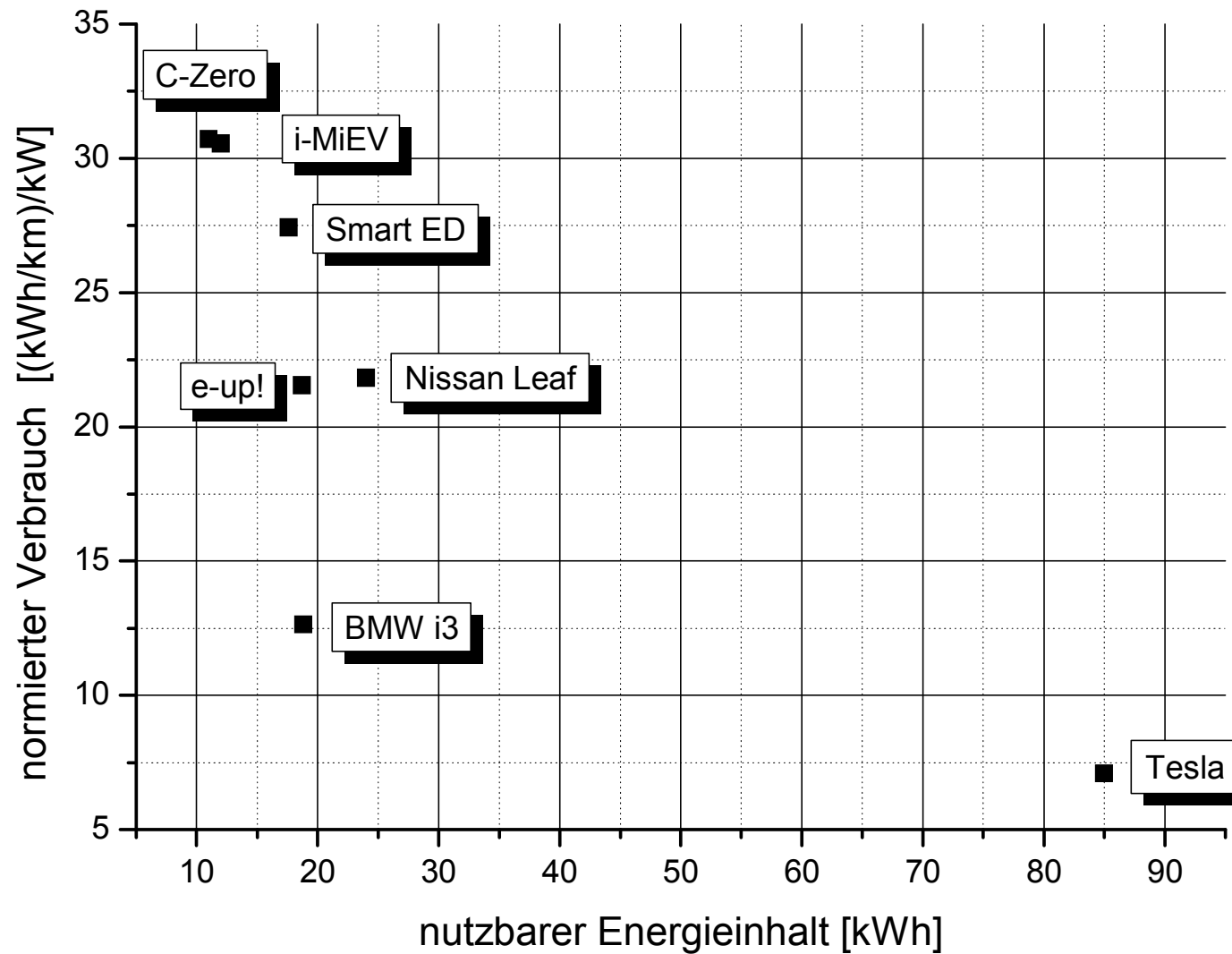
2. Elektrofahrzeuge

Ermittlung der Verbräuche von unterschiedlichen Elektrofahrzeugen



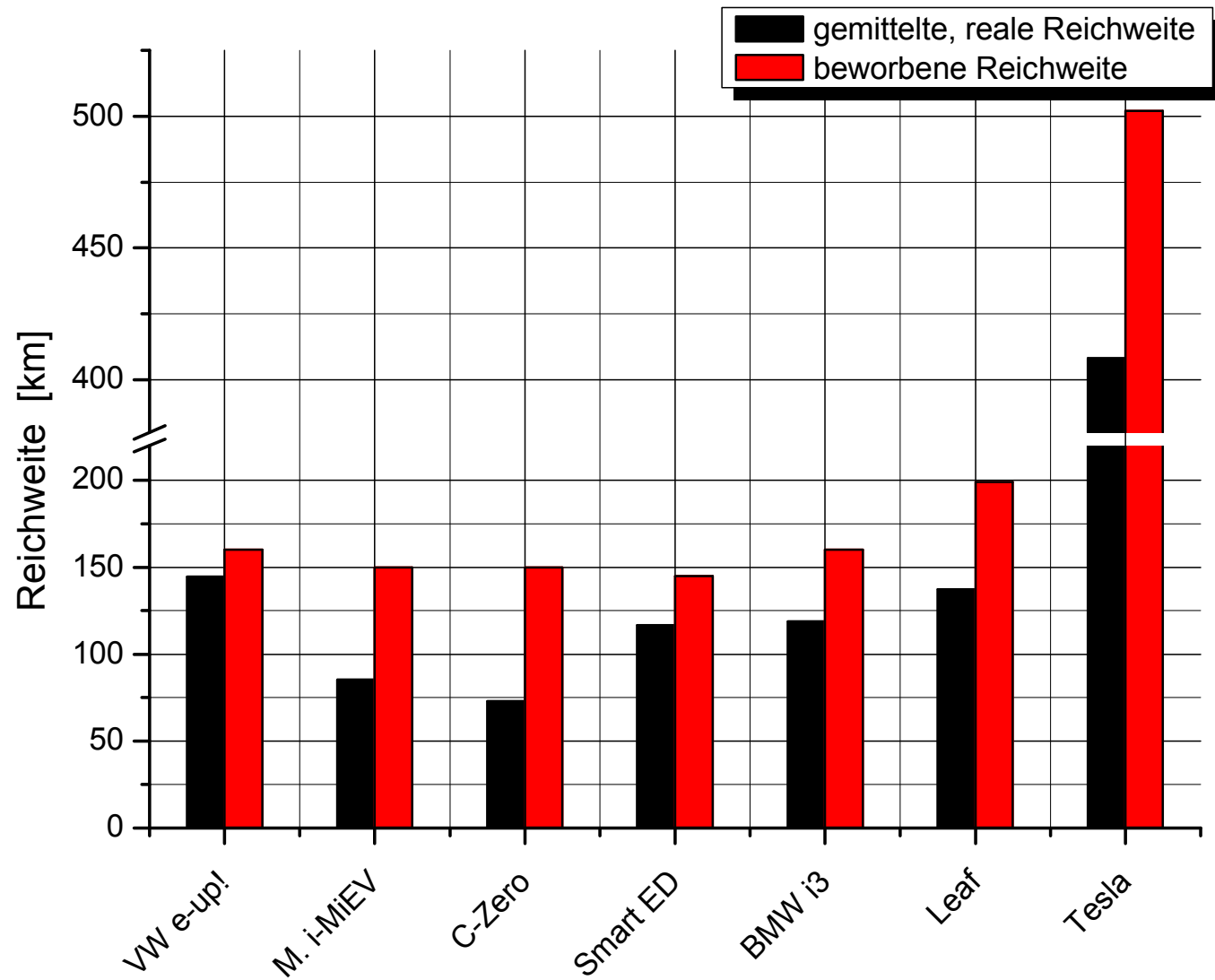
2. Elektrofahrzeuge

Bezogener Verbrauch auf die Leistung unterschiedlicher Elektrofahrzeuge



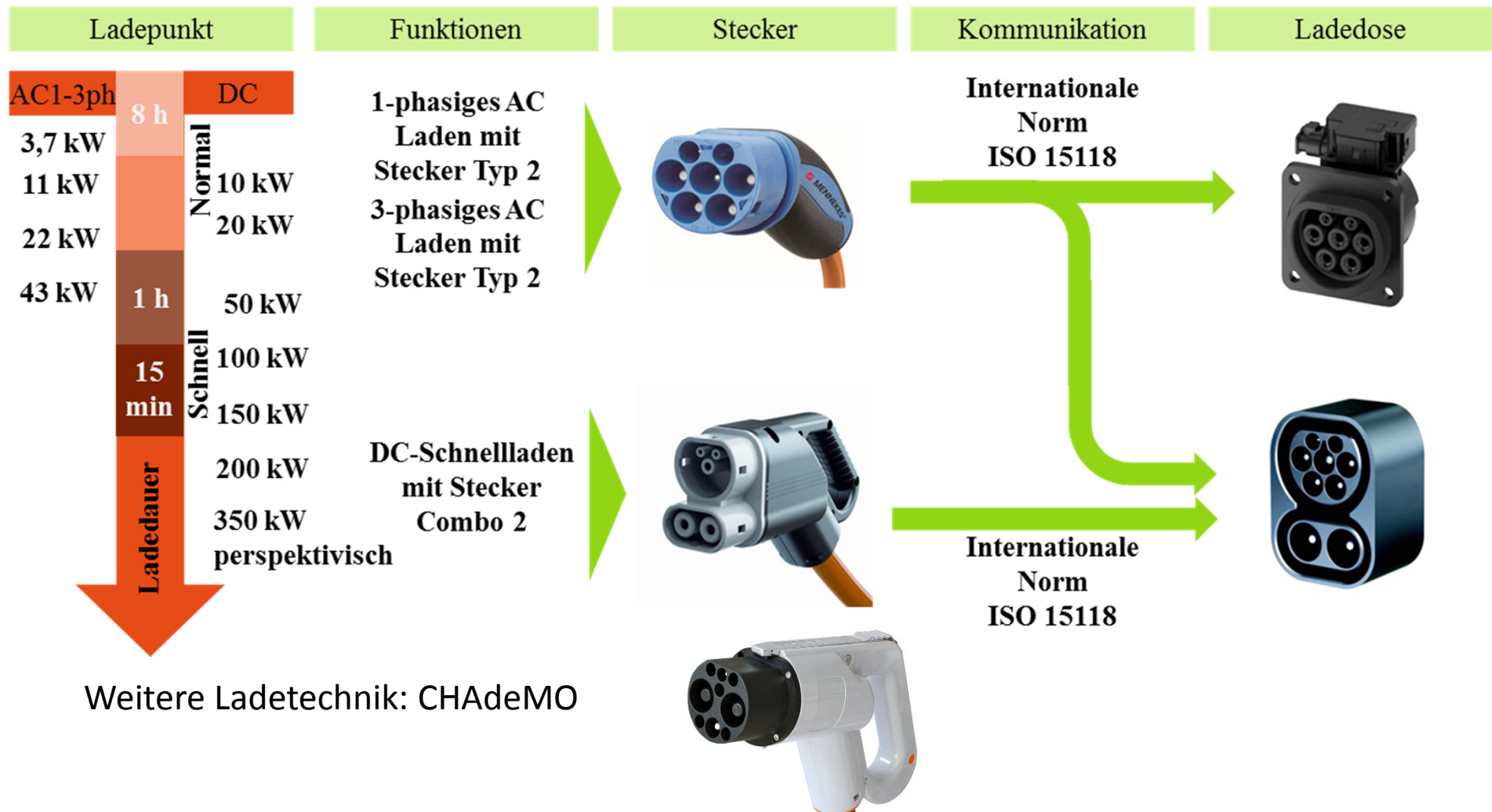
2. Elektrofahrzeuge

Vergleich der beworbenen und realen Reichweite unterschiedlicher Elektrofahrzeuge



3. Ladetechnik

Ladetechnik in Deutschland Combined Charging System CCS (Beispiel Europa)



4. Simulation

Durchdringungen mit
Elektrofahrzeugen von über 10 %

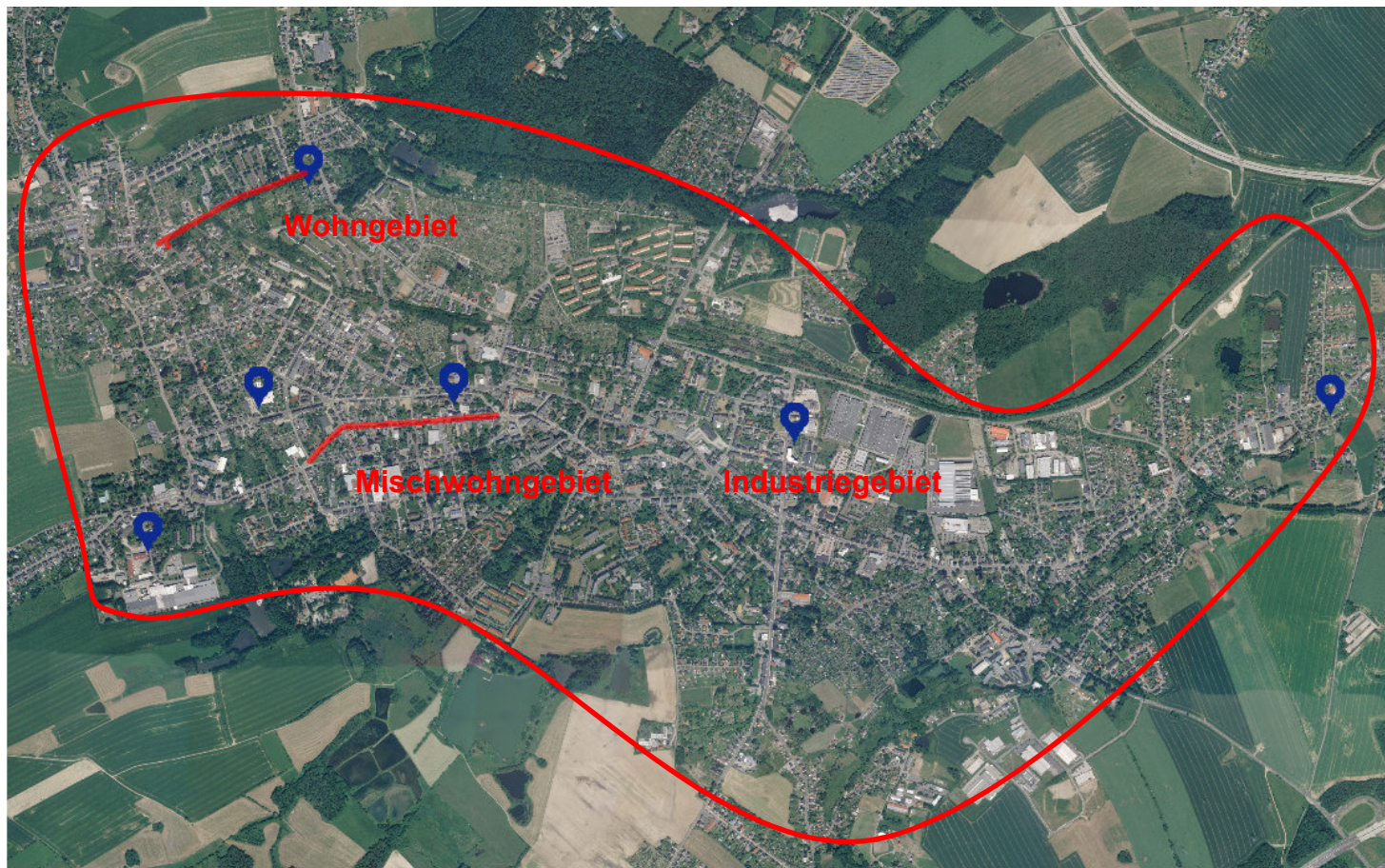


Ausbau der MS-
Netzebene?



Simulation der MS-
Netzebene in Cerberus

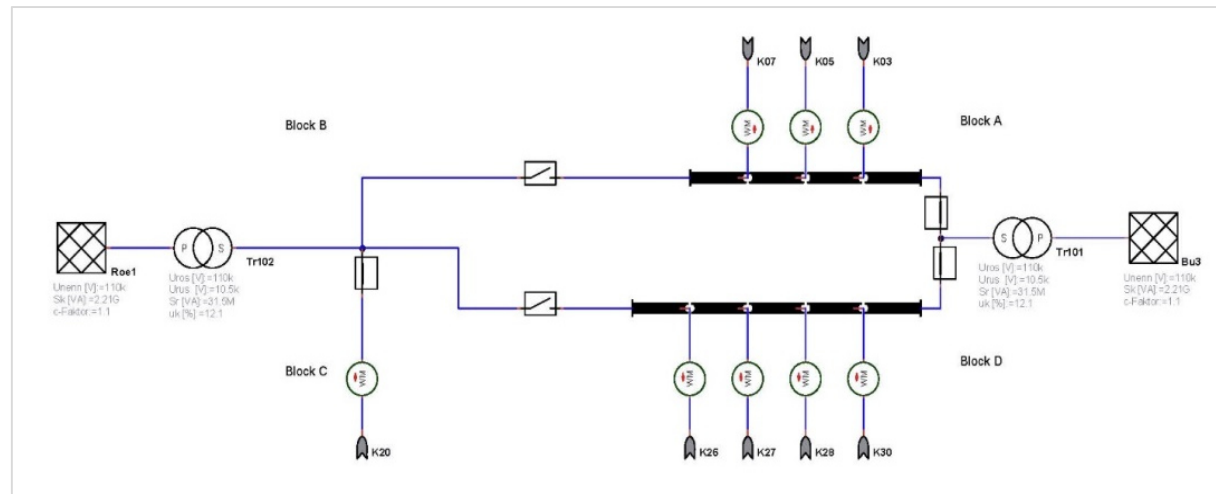
Netzgebiet der Simulation, 11 km² Fläche



4. Simulation

- Versorgungsgebietes umfasst 8 Abgänge im Umspannwerk mit 65 Trafostationen und 73 Kabel
- Folgende Annahmen wurden für die Simulation getroffen:
 - Durchdringung E-Autos 10%
 - 22 kW Ladeleistung Privat
 - 43,5 kW Ladeleistung Industrie
 - Wirkungsgrad 1
 - Keine Einspeisung
 - Komplette Vollladung der E-Autos

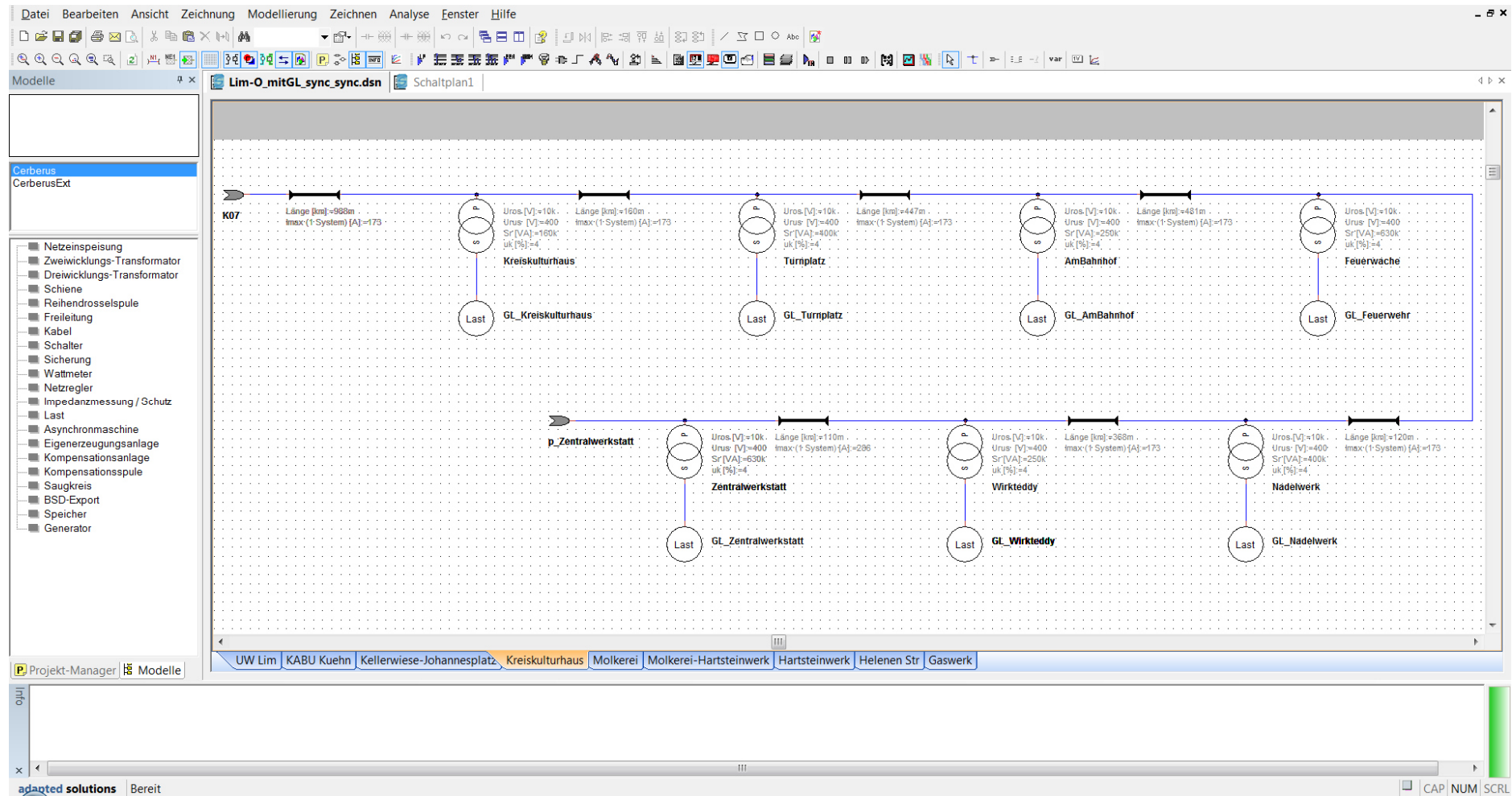
Einspeisung des Netzgebietes in Cerberus



4. Simulation

Bespielsheet in Cerberus

Anhand von Lastgangsdaten wurde die Istnetzanalyse durchgeführt (Grundlastbetrieb)



4. Simulation

Szenario: Wohngebiet mit 203 Wohneinheiten und 20 Elektrofahrzeugen

Varianten	Spannung [V]	I [A]	Trafoauslastung
Grundlastbetrieb	408	17,70	76,67 %
Spitzenlast	401	43,40	187,70 %
Gesteuerter Betrieb	407	22,80	99,00 %
Ladezeitverlagerung 0 Uhr	408	29,80	129,00 %
Ladezeitverlagerung 0 Uhr und Leistungsreduzierung	410	22,20	96,00 %
Netzausbau Grundlastbetrieb	410	17,70	49,00 %
Netzausbau mit E-Autos	406	42,90	118,00 %
Varianten	Erklärung		
Spitzenlast	zusätzlich 20 E-Autos mit einer Ladeleistung von P = 440 kW		
Gesteuerter Betrieb	Ladeleistung für Transformator auf 88 kW begrenzt, entspricht Gleichzeitigkeitsfaktor von 0,2 und 4 E-Autos		
Ladezeitverlagerung	Niedriglastbereich um 0 Uhr, bei der Auslastung 3 Stunden möglich		
Ladezeitverlagerung und Leistungsreduzierung	Ladeleistung auf 70% reduziert, Ladezeit wird eine Stunde länger		
Netzausbau	Tausch des Trafos auf 630 kVA		

4. Simulation

Szenario: Mischwohngebiet 304 Wohneinheiten und 32 Elektrofahrzeugen

Varianten	Spannung [V]	I [A]	Trafoauslastung
Grundlastbetrieb	409	24,73	53,54 %
Spitzenlast	404	62,30	135,00 %
Gesteuerter Betrieb GZ = 0,55	406	45,20	98,00 %
Ladezeitverlagerung 20 Uhr	407	53,10	115,00 %
Ladezeitverlagerung 20 Uhr und Leistungsreduzierung	408	45,50	98,00 %
Ladezeitverlagerung 0 Uhr	409	44,20	96,00 %
Netzausbau Grundlastbetrieb	410	24,70	43,00 %
Netzausbau mit E-Autos	406	61,90	107,00 %
Varianten	Erklärung		
Spitzenlast	zusätzlich 30 E-Autos mit einer Gesamtladeleistung von P = 660 kW		
Gesteuerter Betrieb GZ = 0,55	Gesamtladeleistung auf 363 kW begrenzt, entspricht 16 E-Autos doppelte Ladezeit		
Ladezeitverlagerung 20 Uhr	Niedriglastbereich um 20 Uhr, bei der Auslastung 6 Stunden möglich		
Ladezeitverlagerung und Leistungsreduzierung	Ladeleistung auf 80% reduziert, Ladezeit wird länger		
Netzausbau	Tausch des Trafos auf 100 kVA, 8 h Überlast des Trafos möglich		

4. Simulation

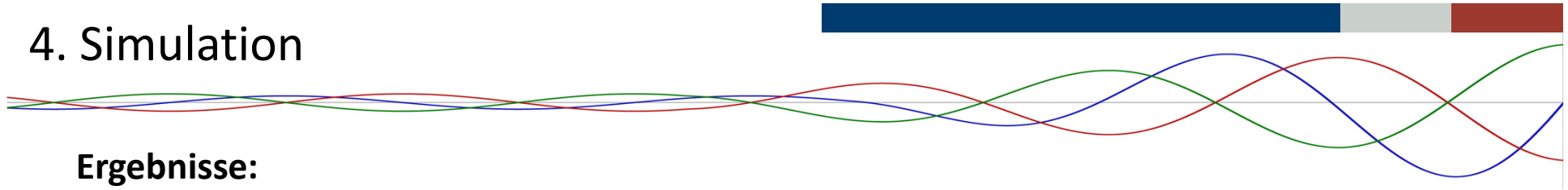
Szenario: Industriegebiet, 753 Mitarbeiter, pro Schicht 382 Mitarbeiter

- 38 E-Autos mit 22 kW + 3 E-Autos mit 43,5 kW für Vertrieb

Varianten	Spannung [V]	I [A]	Trafoauslastung
Grundlastbetrieb	406	43,59	60,40 %
Spitzenlast	400	99,90	138,00 %
Gesteuerter Betrieb GZ=0,5	403	75,20	104,00 %
Netzausbau Grundlastbetrieb	407	23,70	82,00 %
Netzausbau mit Vertrieb	405	31,20	108,00 %

Varianten	Erklärung
Spitzenlast	zusätzlich 41 E-Autos mit einer Ladeleistung von $P = 1097 \text{ kW}$
Gesteuerter Betrieb GZ = 0,5	Gesamtladeleistung auf 548 kW begrenzt, entspricht Gleichzeitigkeitsfaktor von 0,5 und 19 E-Autos und Trafoauslastung 12 h möglich
Netzausbau	Tausch des Trafos auf 1600 kVA
Netzausbau mit Vertrieb	Separater Trafo mit 500 kVA

4. Simulation



Ergebnisse:

- **Niederspannungsnetz**
 - Niederspannungsnetz kann mit entsprechender Intelligenz oder minimalen Netzausbau bei 10 % Durchdringung genutzt werden
- **Mittelspannungsnetz**
 - Mittelspannungsnetz (Kabelsystem und Trafo) bedarf keinen Umbau und ist dafür ausgelegt
- **Hochspannungsnetz**
 - Hochspannungstrafo ist bei gleichzeitigem Betrieb aller Fahrzeuge mit 40 % belastet (Vergleich ohne Elektrofahrzeugen mit 27 %)

5. Projekt ZEmO

Projektvorstellung - Zwickauer Elektromobilität vor Ort

- Aufbau eines Mietpools von Elektrofahrzeugen (Menschen mit der Elektromobilität vertraut machen)
- Geschäftsmodell „Kaufe deine Mobilität“ → der Kunde fährt E-Fahrzeuge und erhält bei Bedarf ein anderes Fahrzeug für die Langstreckenmobilität
- Einbindung regenerativer Einspeiser (PV/ BHKW), Ladesäulen und eines „Groß-Akkus“ in das betriebliche Energienetz.
- Errichtung einer Ladeinfrastruktur (intern und extern)
- Entwicklung eines Mess- und Monitoringsystems im E-Auto für elektrische (Strom, Spannung, Leistung etc.) und nicht elektrische Größen (Temperaturen, GPS Daten)

Autoservice
DEMMLER

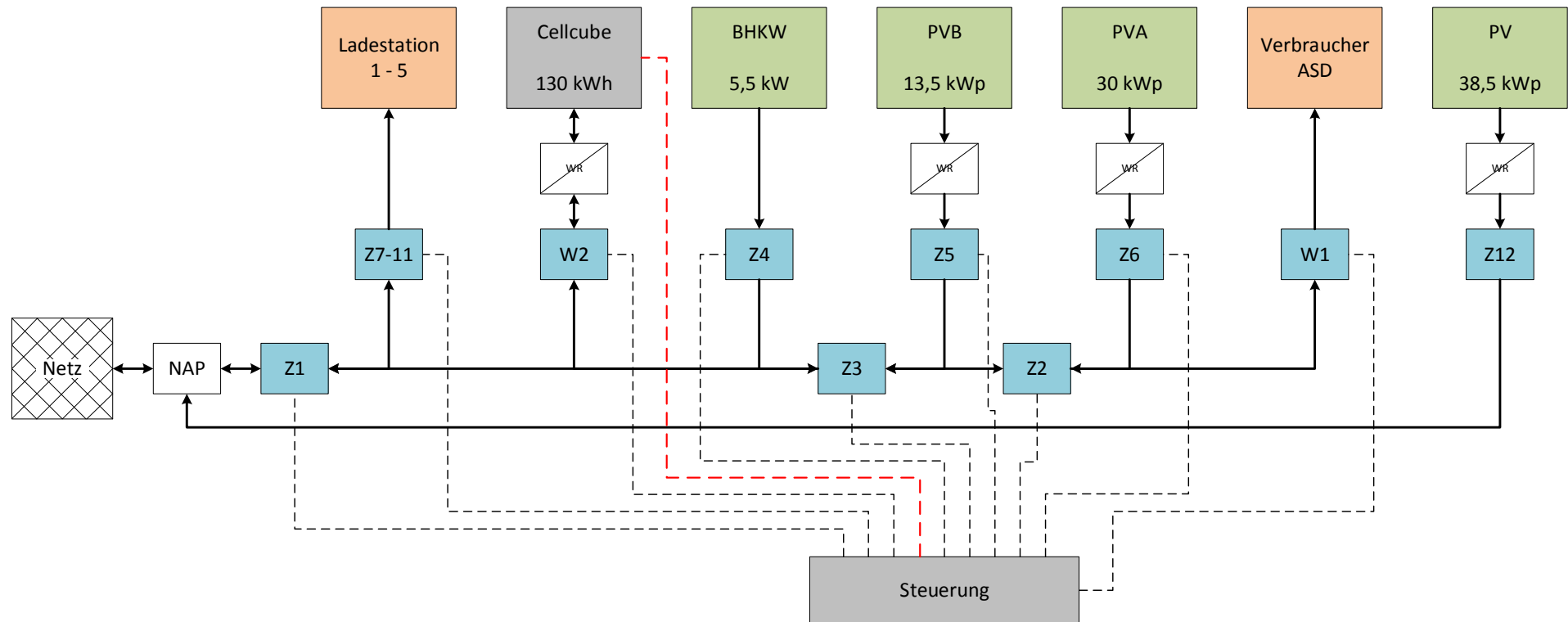
BAYERN - SACHSEN
**ELEKTROMOBILITÄT
VERBINDET**

schauenster
elektromobilität
Eine Initiative der Bundesregierung



5. Projekt ZEmO

Unternehmensnetz

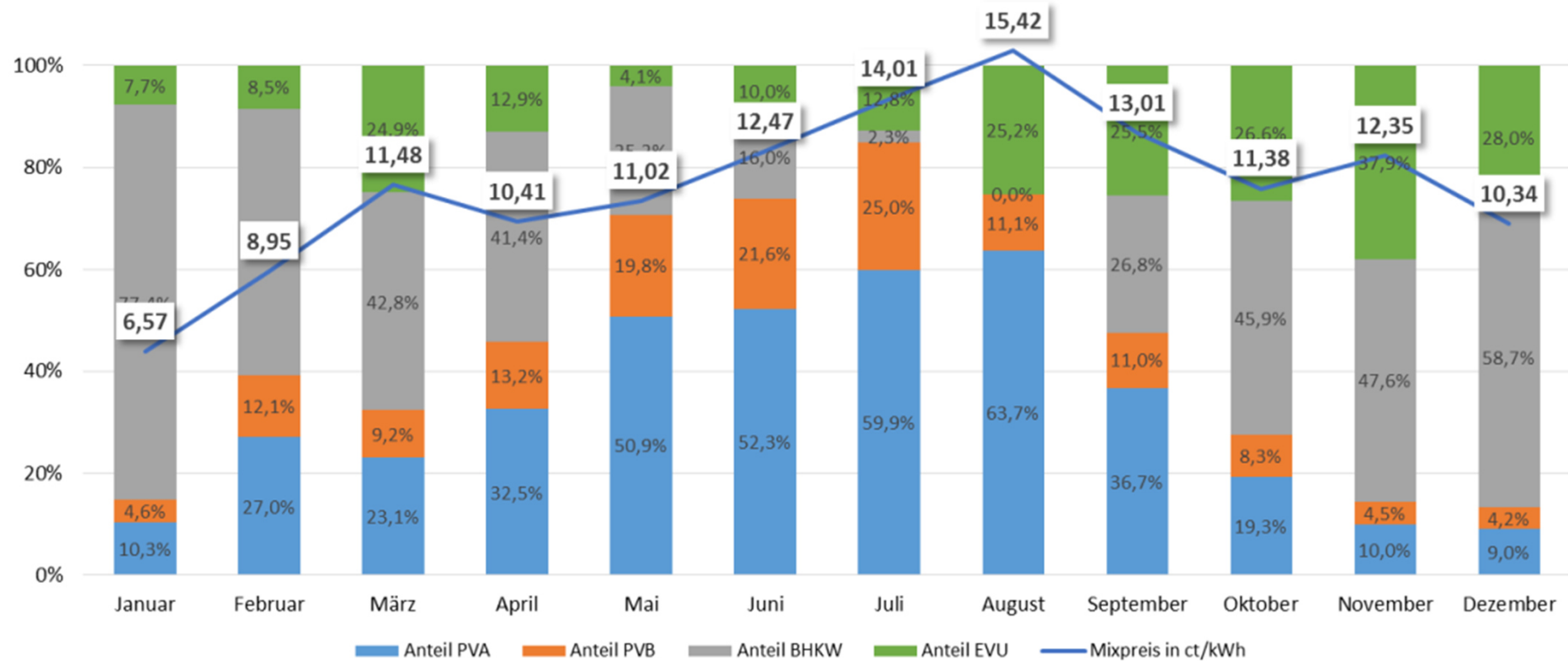


5. Projekt ZEmO

Cellcube Ladekosten

Monatliche Cellcube Lade-/ Entladekosten pro kWh 2015

- 4 Erzeugerarten (PVA, PVB, BHKW, EVU)
- unterschiedliche Erzeugungskosten
- BHKW am günstigsten
- EVU am teuersten



5. Projekt ZEmO

Auswertung Fahrdaten

Datenaufbereitung mit grafischer Auswertung

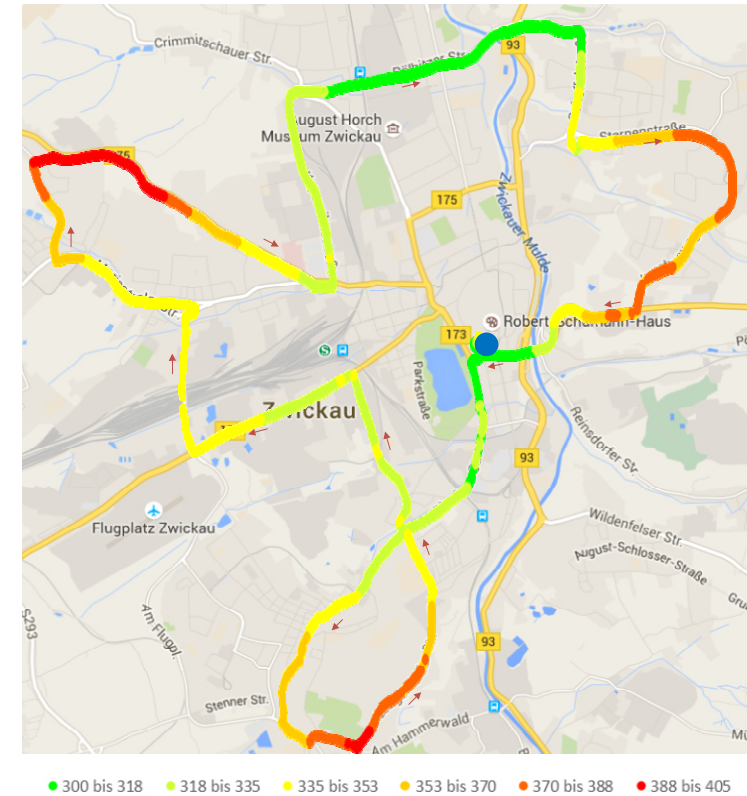
- Aufbau einer SQL-basierten Datenbank
- Zugriff über VBA-Makro (ODBC-Treiber)
- Abfrage einzelner Messfahrten sowie deren Ladevorgänge
- grafische Aufbereitung des Streckenverlaufes

The screenshot shows a 'Datenbankabfrage' window with the following sections and callouts:

- 1** (Datenbankauswahl): 'Wählen Sie eine Datenbank aus' with radio buttons for 'Z-D 117', 'Z-D 128', 'Z-D 131', and 'Z-D 753'.
- 2** (Abfragen einzelner Fahrten und Ladevorgängen): 'Bestehende Daten abfragen' section with 'Tabelleneinhalte Auswertung' and 'Tabelleneinhalte Nachladung' dropdowns.
- 3** (Abfragen kompletter Datenbanktabellen): 'Komplette Tabellen abfragen' section with checkboxes for 'cell-temps', 'cell-volts', 'odolog', 'Nachladung', and 'Auswertung'.
- 4** (Abfragen von Inhalten über Zeitbereich): 'Nach Zeitbereich abfragen' section with 'Von' and 'Bis' date/time pickers (e.g., '17.12.2015 15:46:00' to '24.12.2015 20:15:00') and checkboxes for 'odolog', 'cell-temps', 'cell-volts', and 'Ladevorgang'.

Buttons 'OK' and 'Abbrechen' are at the bottom.

Benutzeroberfläche Auswertungsprogramm



Streckenverlauf mit hinterlegten Höhenprofil

5. Projekt ZEmO

Gesamtauswertung der vermessenen Elektrofahrzeuge

4 Fahrzeuge
wurden mit
Messsystem
ausgerüstet

- über 10.000
Messkilometer
- Rückschlüsse auf
Verbräuche mit und
ohne Verbraucher
- Verbrauch über den
Herstellerangaben
(128 Wh/km)
- durchschnittlich
zurückgelegte
Strecke zwischen
13 – 20 km

Fahrzeug	1	2	3	4
ohne Verbraucher				
Fahrzeit [h]	70	32	41	14
durchschnittlicher Verbrauch [Wh/km]	139	138	129	117
vermessene Kilometer [km]	2.896	1.346	1.566	680
mit Verbraucher				
Fahrzeit [h]	46	58	5	1
durchschnittlicher Verbrauch [Wh/km]	207	180	146	121
davon für Heizung [Wh/km]	53	38	16	12
vermessene Kilometer [km]	1.893	2.167	233	43
Gesamt				
Messzeitraum [h]	15.450	3.671	1.293	1.623
gemessene Gesamtfahrzeit [h]	116	90	46	15
gefahrte Gesamtkilometer [km]	12.067	7.695	3.309	2.579
Anzahl Messfahrten	245	248	137	35
Anteil Fahrten ohne Verbraucher [%]	59	39	88	94
davon vermessene Kilometer [km]	4.789	3.513	1.799	723
Gesamtverbrauch [kWh]	731	556	233	86
durchschnittliche Strecke [km]	19,5	14,2	13,1	20,6



**Vielen Dank für Ihre
Aufmerksamkeit!**

Fragen?

