



11. Symposium Energieinnovation
„ALTE ZIELE – NEUE WEGE“

AUSWIRKUNGEN ZUKÜNFTIGER ELEKTROMOBILITÄT AUF DIE ÖSTERREICHISCHE ELEKTRIZITÄTSWIRTSCHAFT

Michael Zoglauer, Gernot Nischler, Christoph Gutschi,
Wilhelm Süssenbacher, Stefan Otzasek, Heinz Stigler



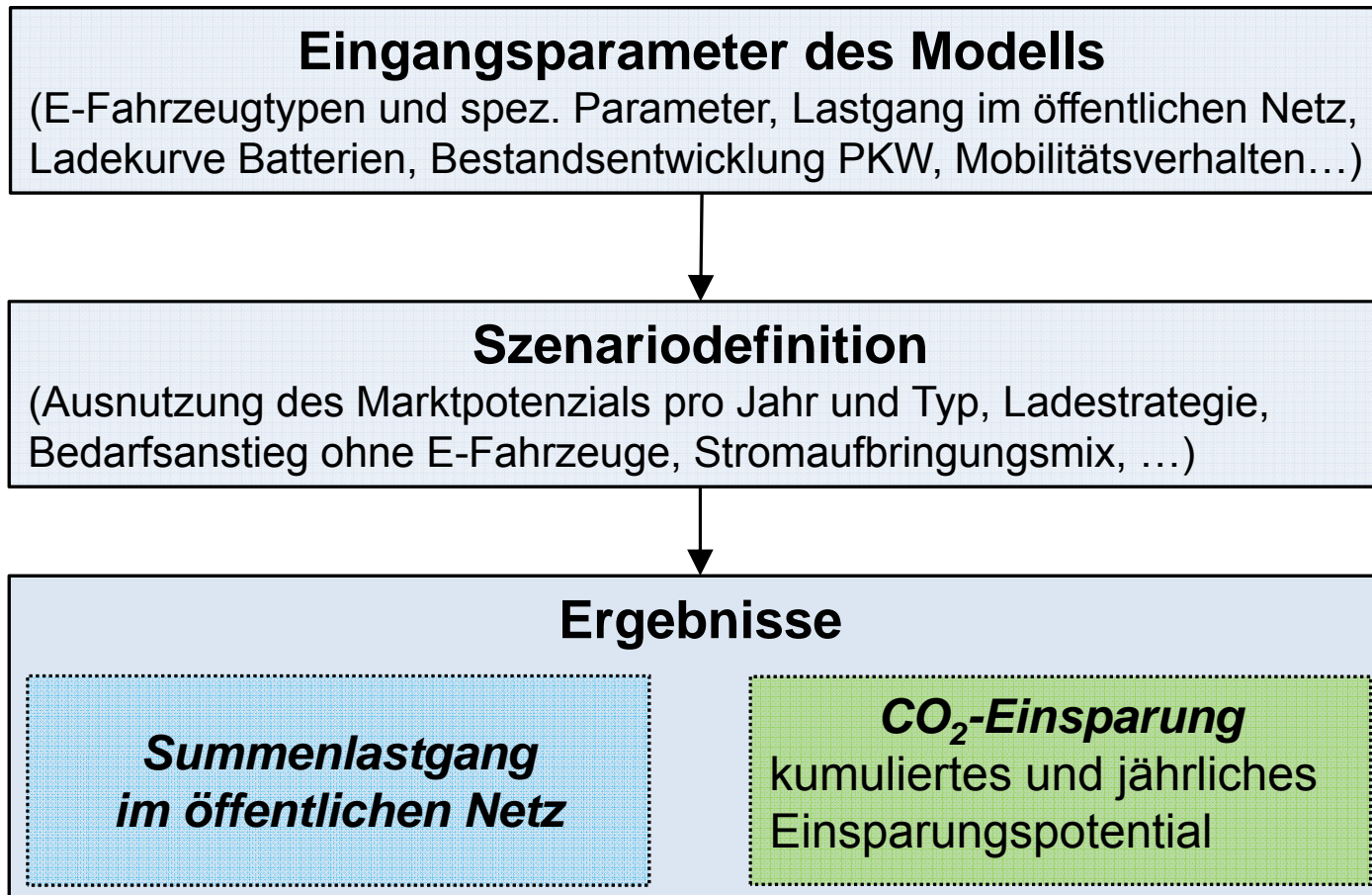
Einleitung: Motivation

- Europaweite Fördermaßnahmen für Elektromobilität:
Viele Pilotprojekte, Modellregionen und Flottenversuche
- Neue technische, regulatorische und organisatorische Herausforderungen
- Neue Wertschöpfungspotentiale und Entscheidungsfaktoren für Elektrizitätsunternehmen, Industrie, Dienstleister und Forschung

Inhalt des Vortrages

- Modellbeschreibung
- Szenarioergebnisse
- Extremfallbetrachtung
- Herausforderung für Verteilernetzbetreiber
- Laststeuerung und Abrechnungssysteme
- Diskussion Vehicle-to-Grid
- Schlussfolgerungen und Ausblick

Modellablauf



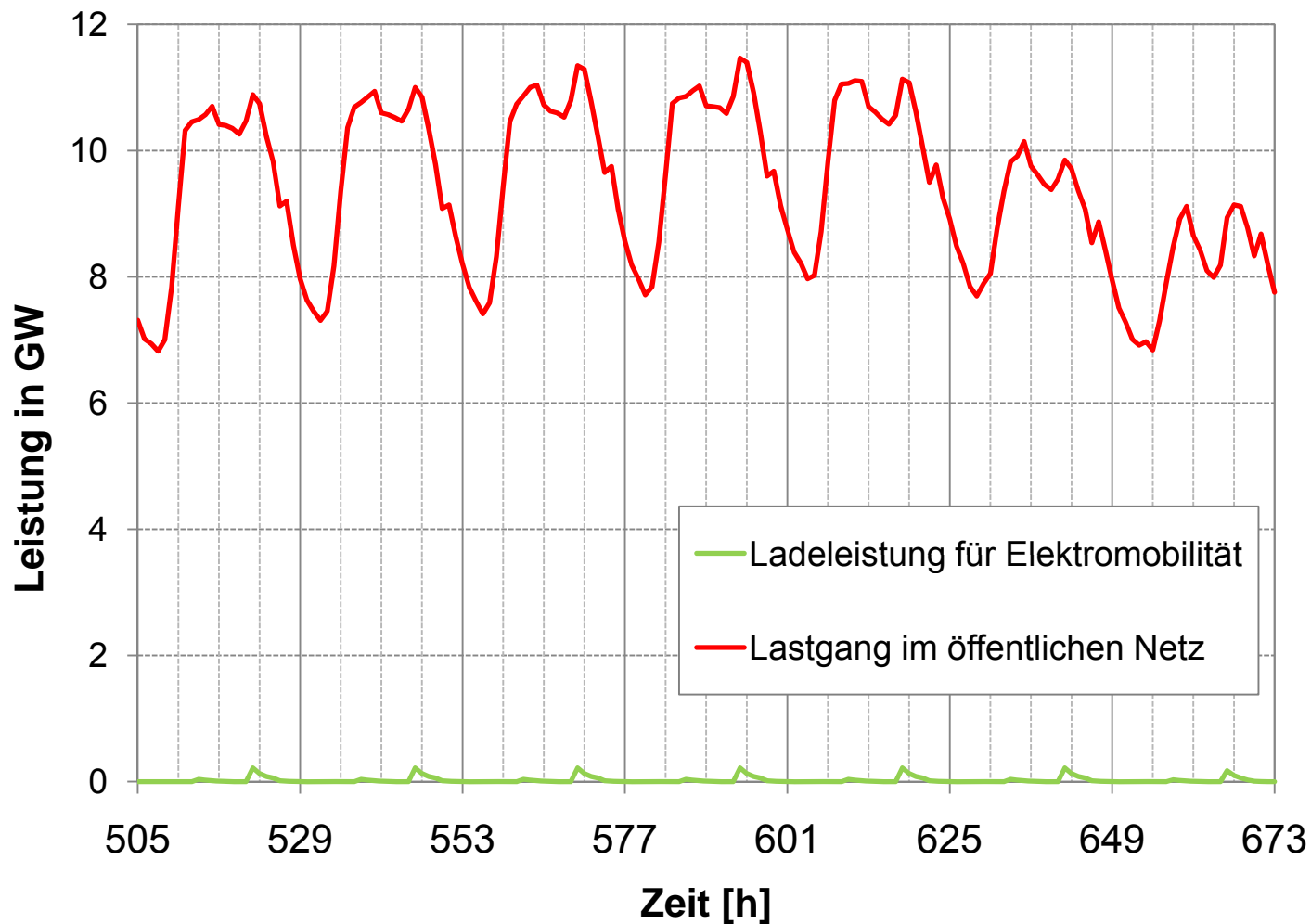
Jahre

Szenarioergebnisse

- rund **113.000 E-Fahrzeuge** im Jahr 2020
 - 88.300 Plug-In Hybride
 - 6.800 sportliche E-Autos
 - 18.000 sparsame E-Autos
- jährlicher Stromverbrauch 2020: 121 GWh
- **rund 0,2 %** des prognostizierten Strombedarfs 2020
- jährliches CO₂-Einsparungspotential
 - Ökostrom: 202.000 t_{CO2}/a
 - Österreich-Mix (2008): 178.000 t_{CO2}/a
 - UCTE-Mix (2008): 148.000 t_{CO2}/a

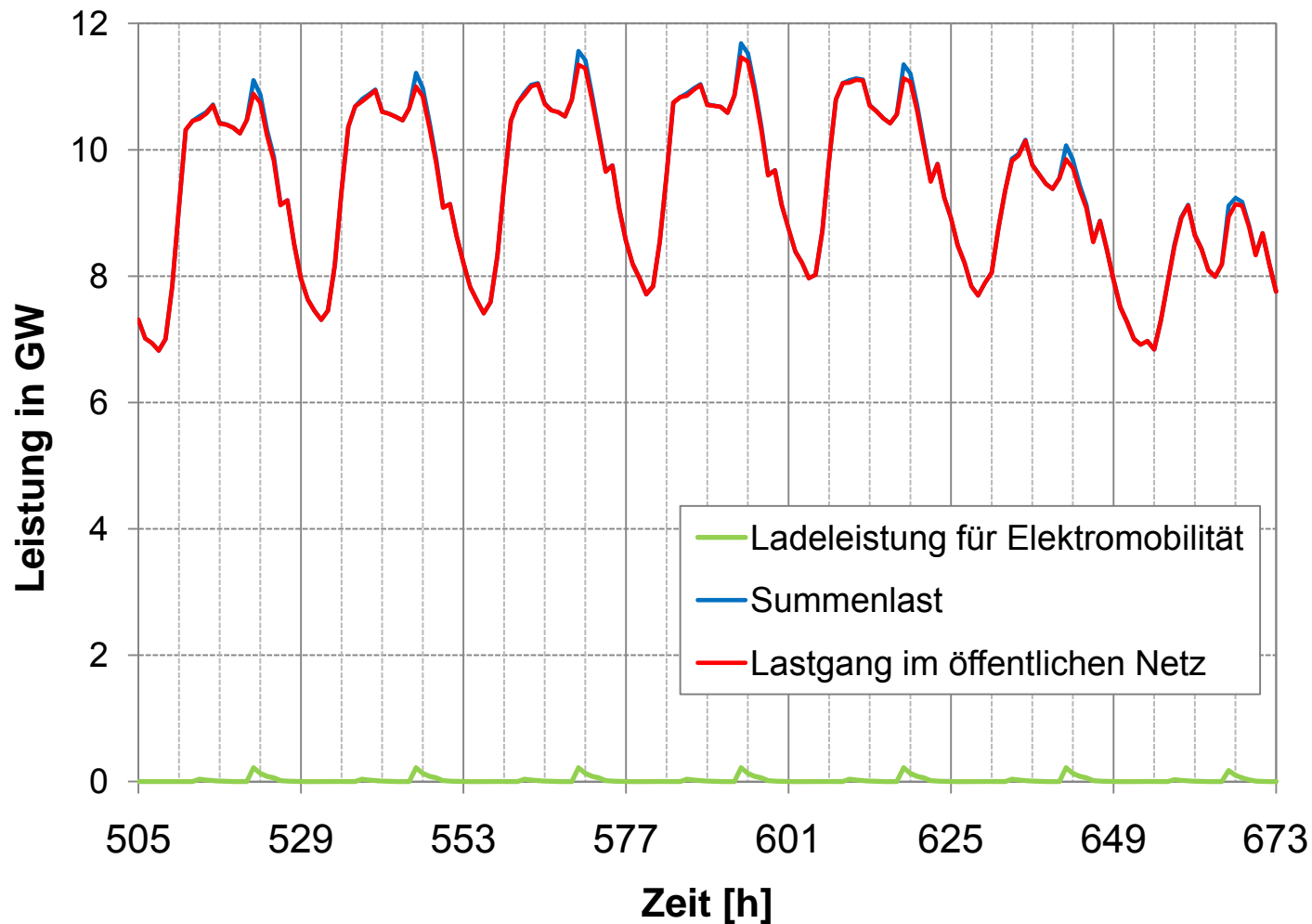
Lastgang im ungesteuerten Fall

(realisierbares Szenario, 4. Woche im Jänner 2020)

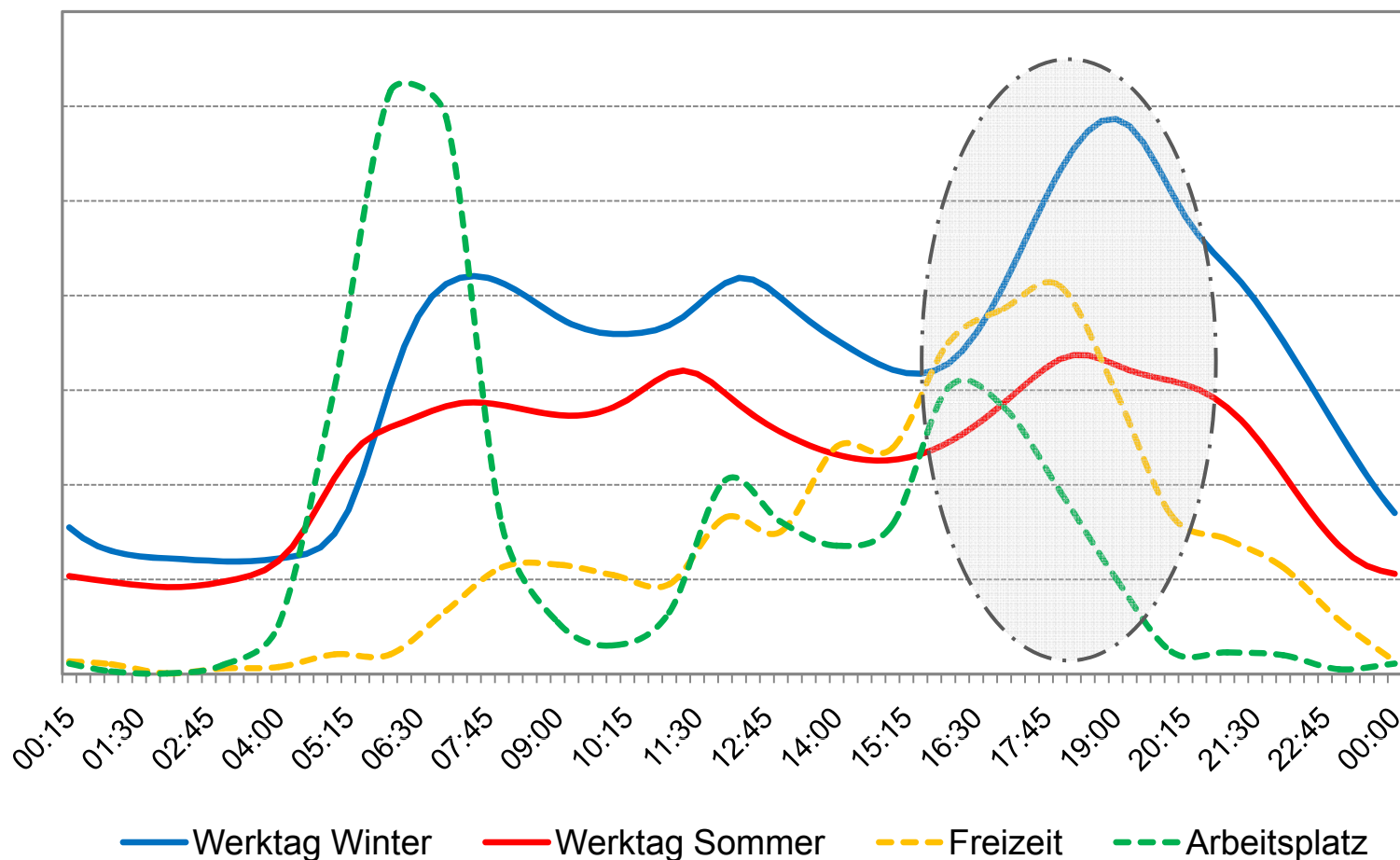


Lastgang im ungesteuerten Fall

(realisierbares Szenario, 4. Woche im Jänner 2020)

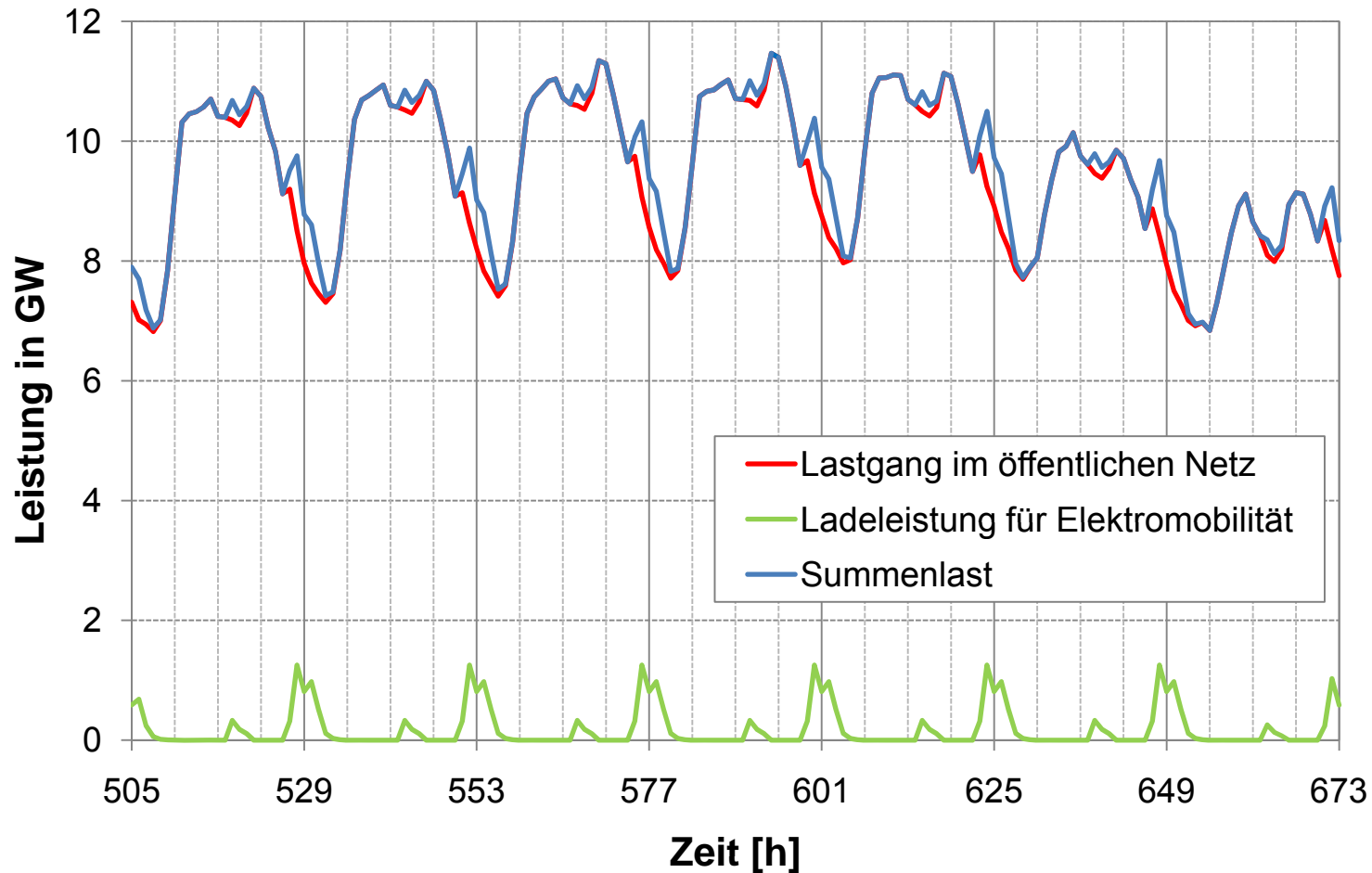


Lastprofil und Beginnzeit nach Wegzweck



Lastgang im gesteuerten Fall

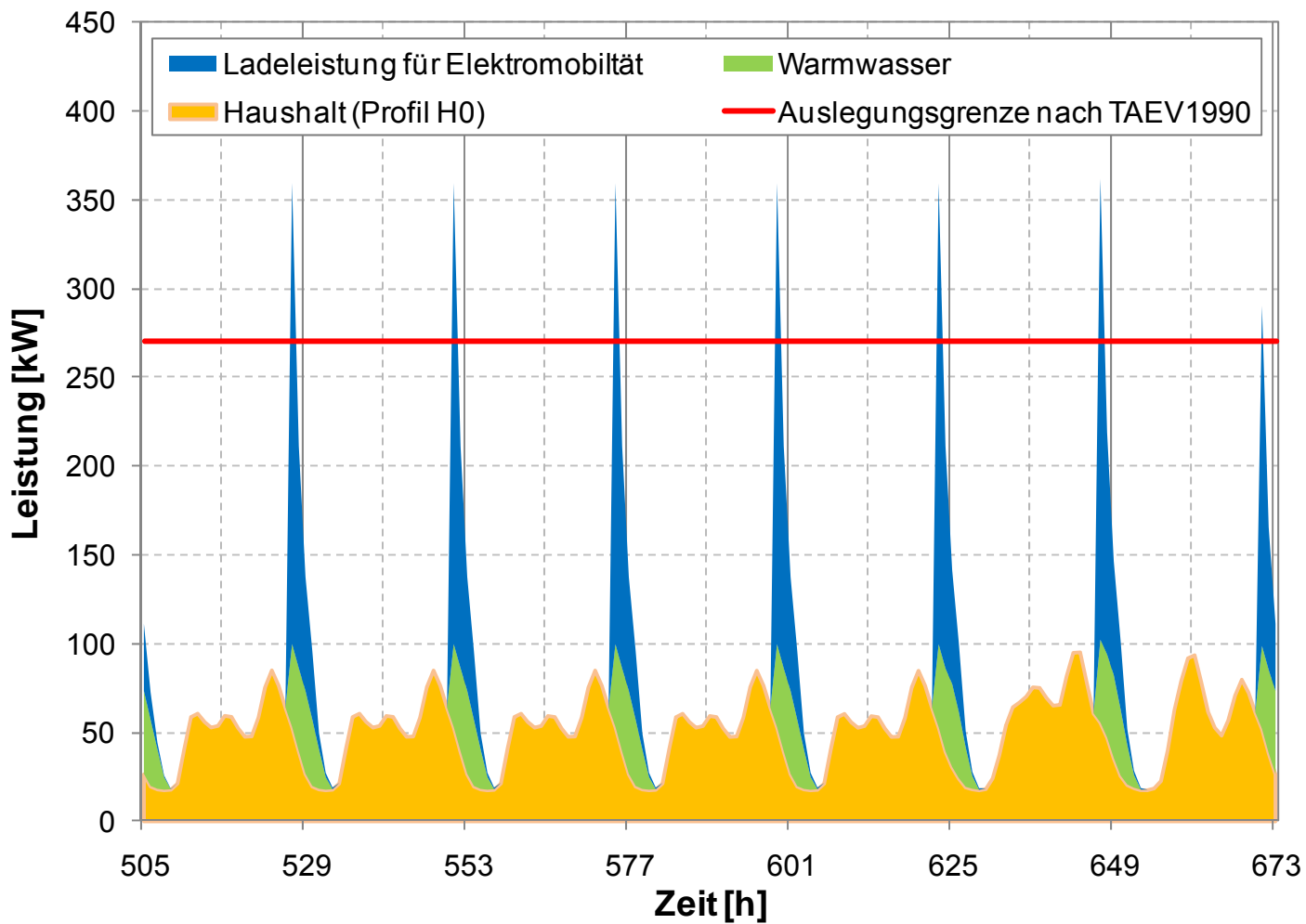
(Maximalszenario 20% E-PKW in 2020, 4. Woche im Jänner 2020)



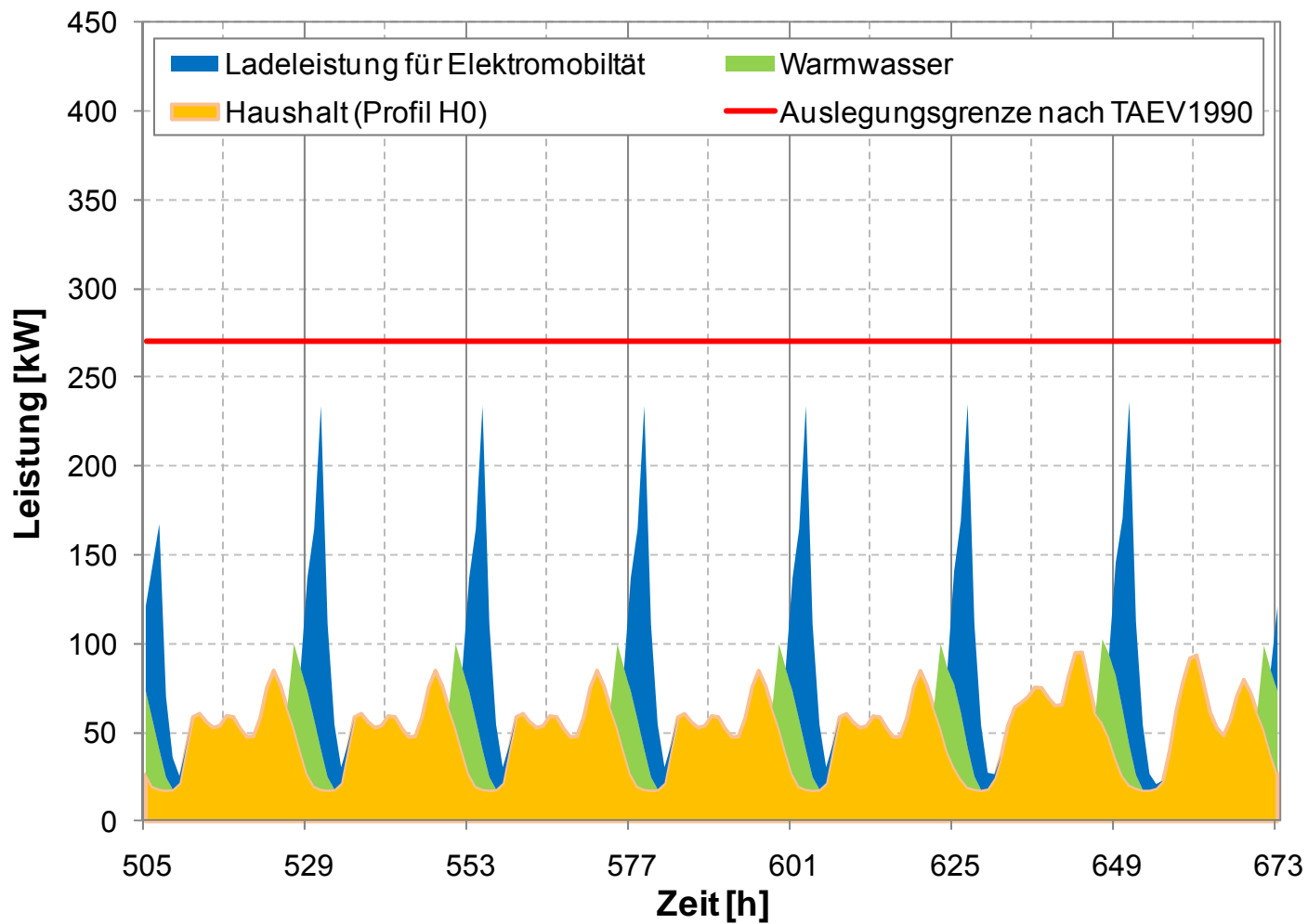
Extremfall-Szenario

- 100 Haushalte mit 100 Elektrofahrzeugen (Plug-In Hybride und reine E-Autos)
- *Fall A:* gemeinsamer Ladebeginn mit der Rundsteuerung der Warmwasserboiler
- *Fall B:* zusätzliche Laststeuerungsmöglichkeiten
- *Ziel:* Verhindern einer Überschreitung der Anschlussleistung

Extremfall-Szenario (Fall A)



Extremfall-Szenario (Fall B)



Laststeuerungsmöglichkeiten

- Rundsteuerung
 - Tonfrequenzrundsteuerung (TFR)
 - Funk-Rundsteuerung

- Smart Metering
 - Laststeuerung über Schaltgeräte
 - Laststeuerung durch entsprechende Preisgestaltung

Aufstellungsort der Ladestation

Aufladung zu Hause:

- Nachtladung, Beginn **nach** der Abendspitze

Aufladung am Arbeitsplatz:

- Ladung tagsüber mit unterschiedlicher Ladedauer
- Ziel: Vermeiden zusätzlicher Lastspitzen

Aufladung an öffentlichen Plätzen:

- Ladung tagsüber mit unterschiedlicher Ladedauer
- Schnellladung verkürzt Batterielebensdauer

Anschlussleistung und Ladekonzepte

Normale Ladung 3,7 kW (1~)

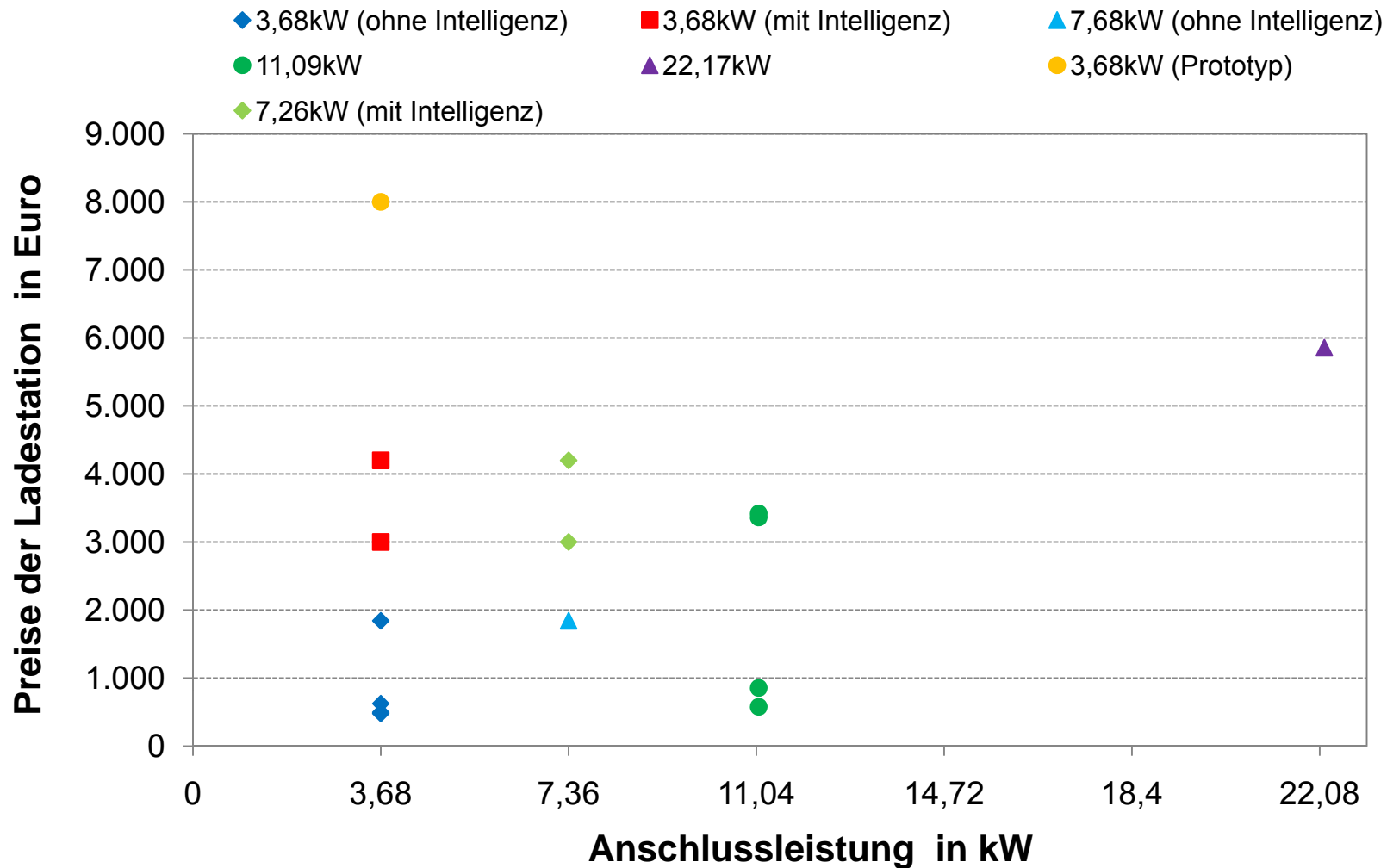
- bevorzugt für Ladung über Nacht
- Vorteile: schonend für die Batterie
- Nachteil: lange Ladezeiten

Beschleunigte Ladung 7,4 kW (1~) bis 11,1 kW (3~) und

Schnellladung $\geq 11,1$ kW (3~)

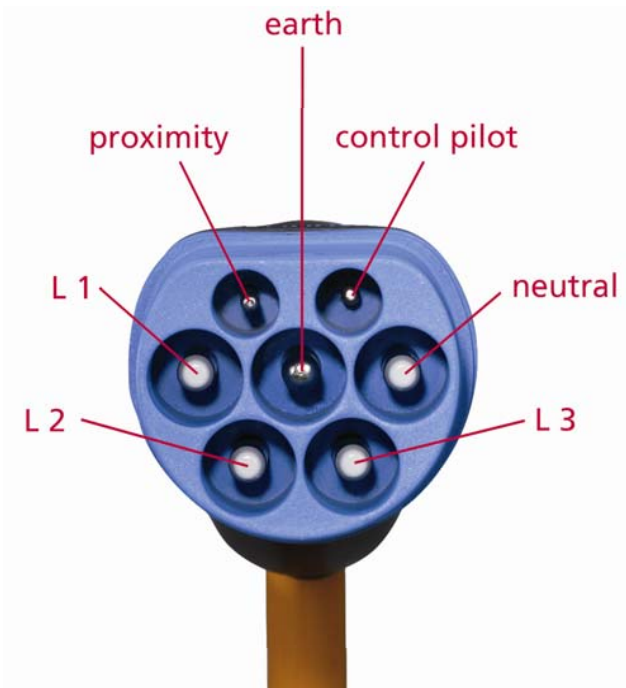
- negative Auswirkung auf Zyklenfestigkeit derzeitiger Batterien
- externe Ladeinheit notwendig → Kostenfaktor im vgl. zu geringer Nutzungsdauer derartiger Stationen

Vergleich Investitionskosten Ladestationen



Normung und Standardisierung

- ISO und IEC
- *08. Februar 2010*: gemeinsames Positionspapier Deutschland und Frankreich bezüglich:
 - Ladestecker und Ladekabel
 - Schutzkonzept der Ladestation
 - Kommunikation und EMV
 - Zählung und Abrechnung
 - Roamingkonzept
 - Ziel: europaweite Standards



Abrechnungssysteme

- Stromrechnung
- Pauschalverrechnung od. Prepaid-Variante
- Mobiltelefon
- Quick-Terminal
- Maestro-, Kredit- oder Bankomatkasse

FAZIT: kostengünstige und kundenfreundliche
Abrechnungssysteme sind erforderlich

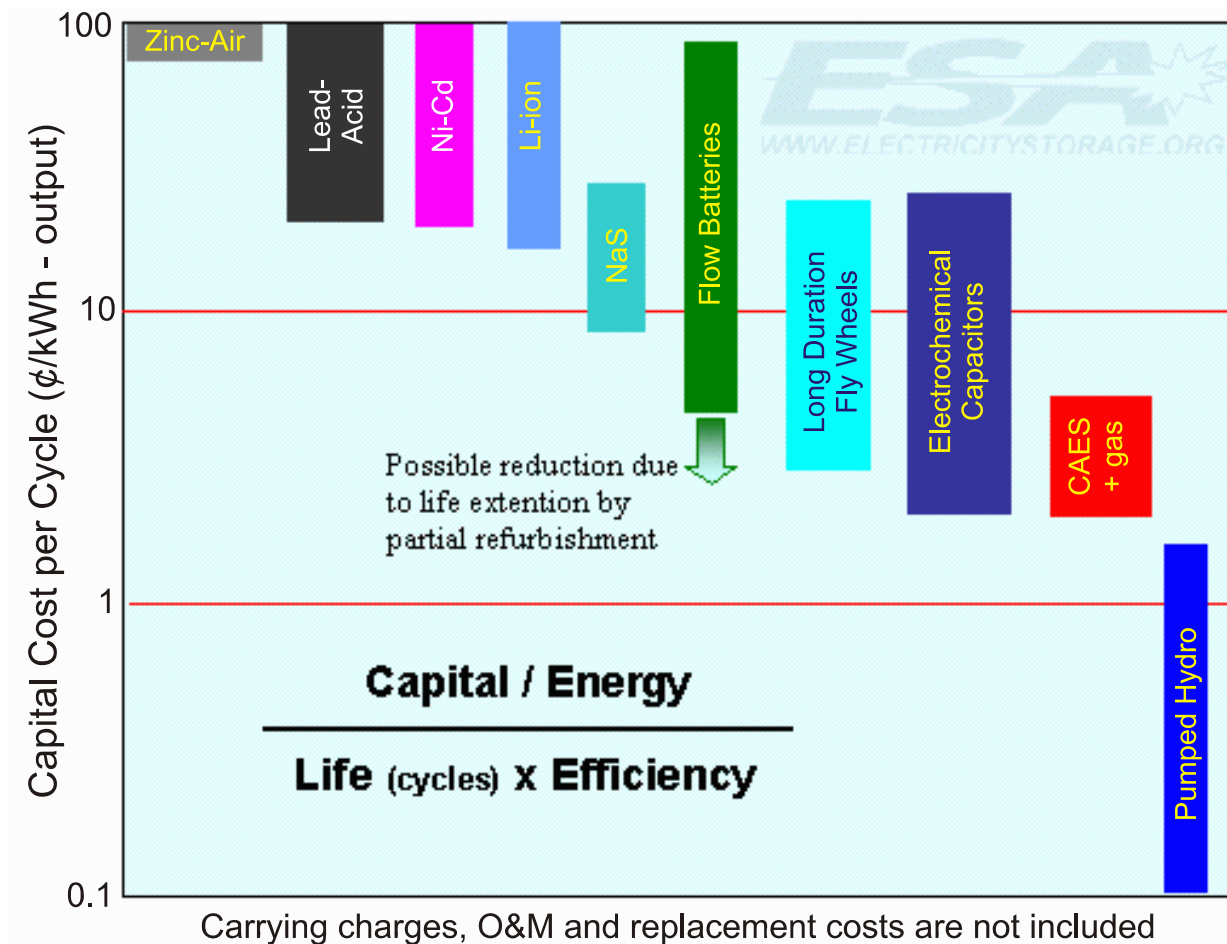
Vehicle-to-Grid (V2G)

- Vergleich unterschiedlicher Energiespeichermöglichkeiten über die sog. **Zykluskosten** möglich

$$\text{Zykluskosten} \left[\frac{\text{€}}{\text{MWh} \cdot \text{Zyklus}} \right] = \frac{\text{Investitionskosten} [\text{€}]}{\text{Energiespeicherkapazität} [\text{MWh}] \cdot \text{Zykluslebensdauer} [\text{zyklen}] \cdot \text{Speichernutzungsgrad} [-]}$$

- Lithium-Ionen: 400 €/MWh/Zyklus
- NiMH: 360 €/MWh/Zyklus
- Erweiterung best. (Pump-)Speicher: 10 - 15 €/MWh/Zyklus

Zykluskosten



weitere Nachteile von V2G

- Einspeisung in das öffentliche Netz als dezentrale Erzeuger
- erfordert eine entsprechende Zählung (Nutzeridentifikation)
- Auswirkungen auf zyklische Lebensdauer derzeit verfügbarer Batterien
- zusätzliche Einschränkung der Reichweite
- keine sichere Bestimmung der verfügbaren Leistung

Schlussfolgerungen

- Erfolgsfaktoren für Elektromobilität:
 - zukünftige Batterieentwicklung
 - kostengünstige Ladeinfrastruktur
 - kostengünstige und kundenfreundliche Abrechnungssysteme
- Schlussfolgerungen aus Simulation:
 - Energiebedarf der E-Fahrzeuge bewältigbar
 - jedoch Maßnahmen zur Laststeuerung notwendig
- V2G derzeit nicht konkurrenzfähig zu Pumpspeicherkraftwerken

Ausblick und Innovationspotential

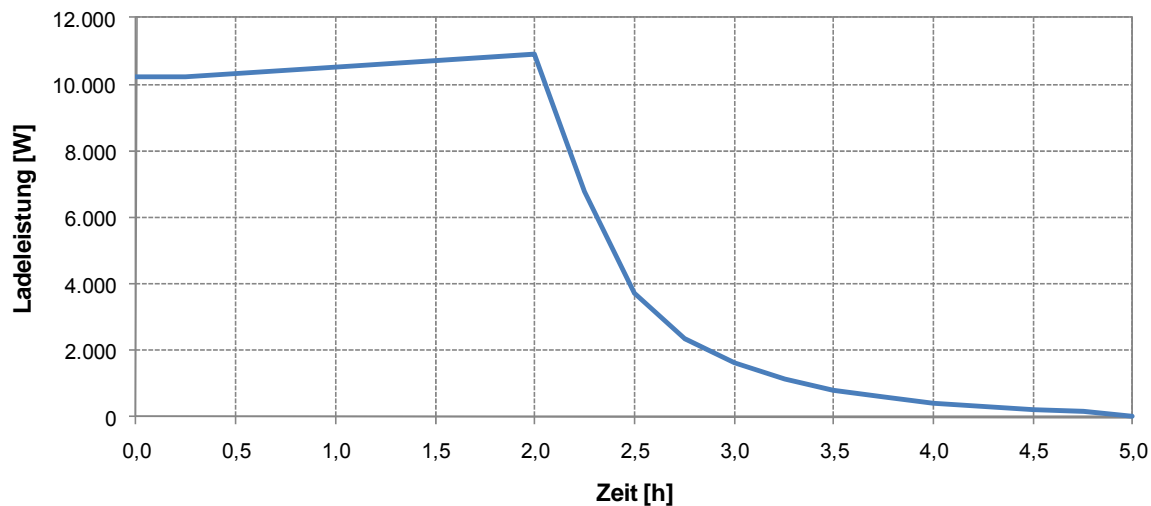
- Effizienzsteigerung der Mobilität
- Reduktion der Emissionen durch Mobilität
- Individuelle Mobilität – Emissionsfreiheit vor Ort

- Neue Herausforderungen und neue Wertschöpfungspotentiale
- Neue Entscheidungsfaktoren für
 - Elektrizitätsunternehmen
 - Industrie
 - Forschung und Dienstleistungsunternehmen

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!



modellierte Batterieladepkurven

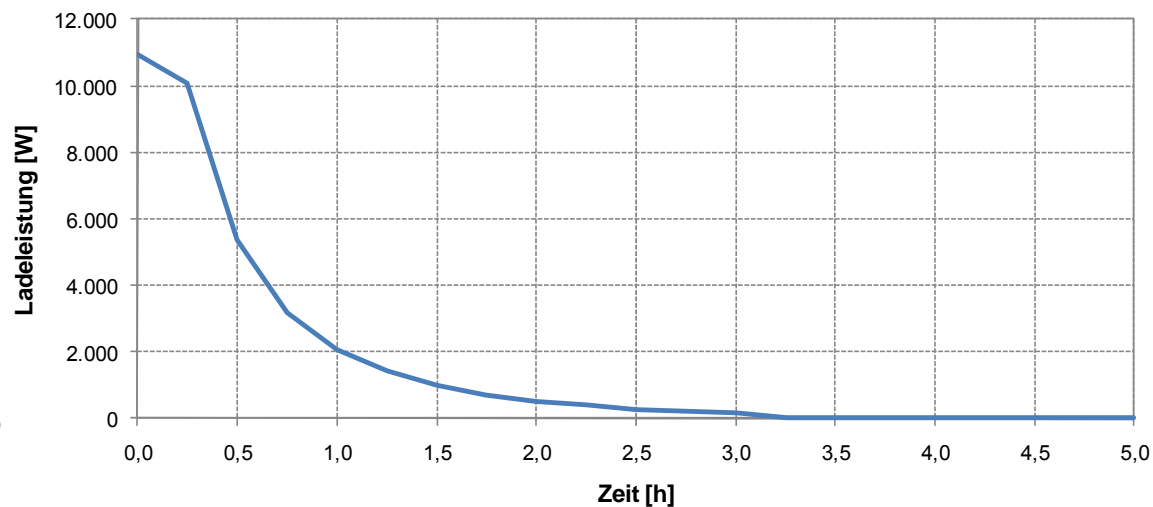


**Simulierte Ladekurve bei
einer Entladetiefe von 80 %**

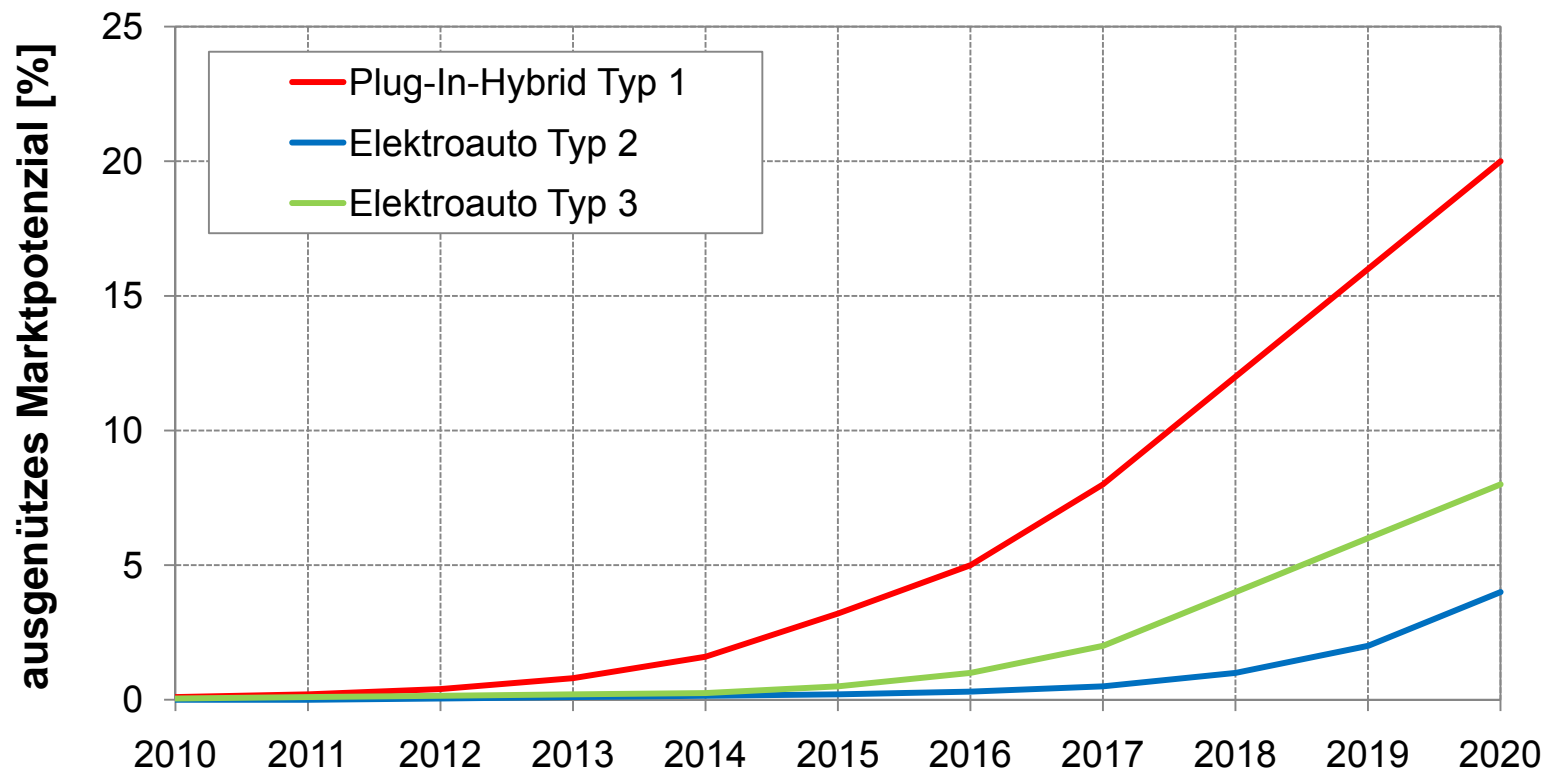
IUa-Ladeverfahren mit:

- 30 kWh Kapazität
- Ladung 3~
- 150 W Abschaltchwelle

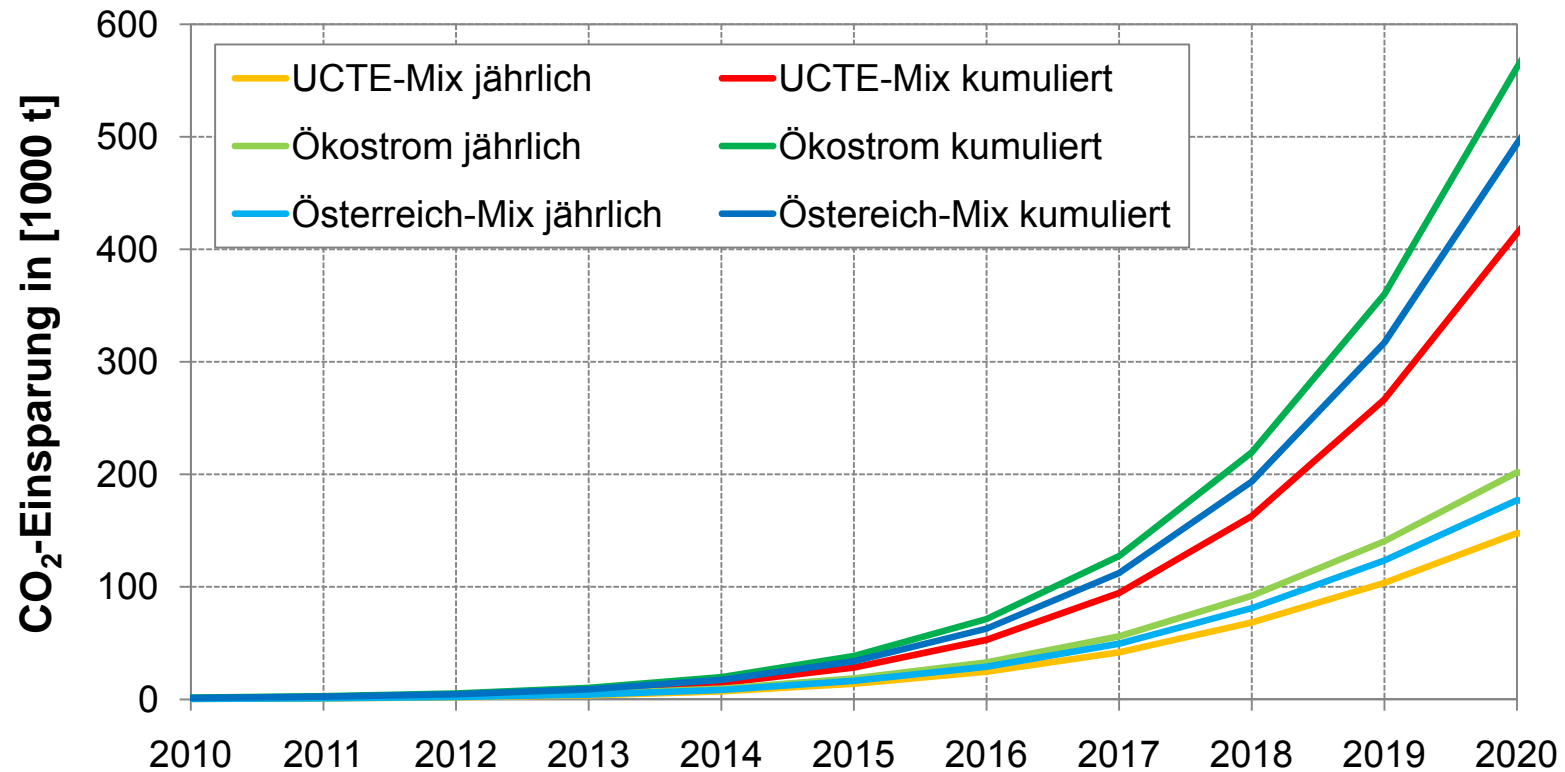
**Simulierte Ladekurve bei
einer Entladetiefe von 20 %**



Potenzialausnutzung bis 2020



CO₂-Einsparungen im realisierbaren Szenario

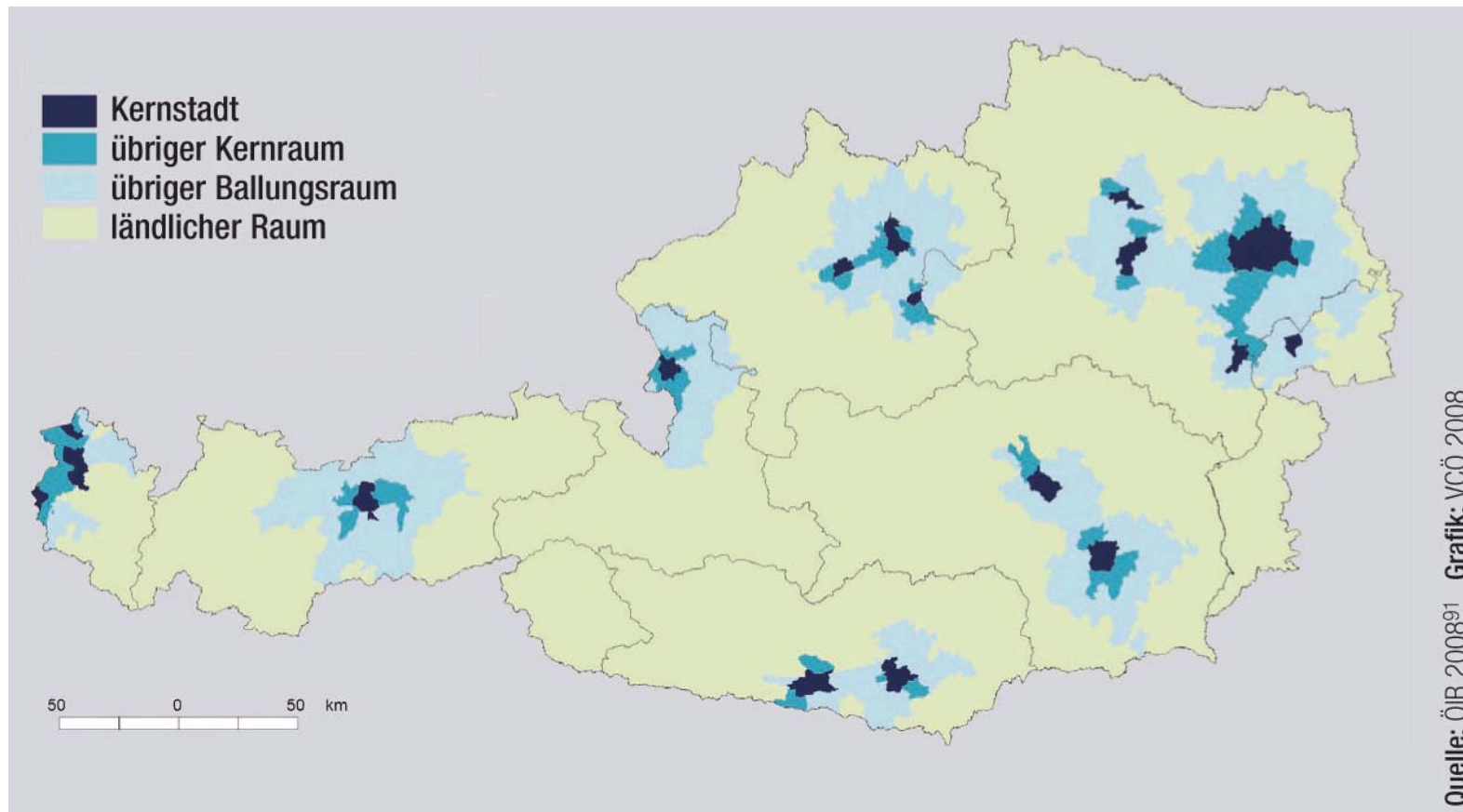




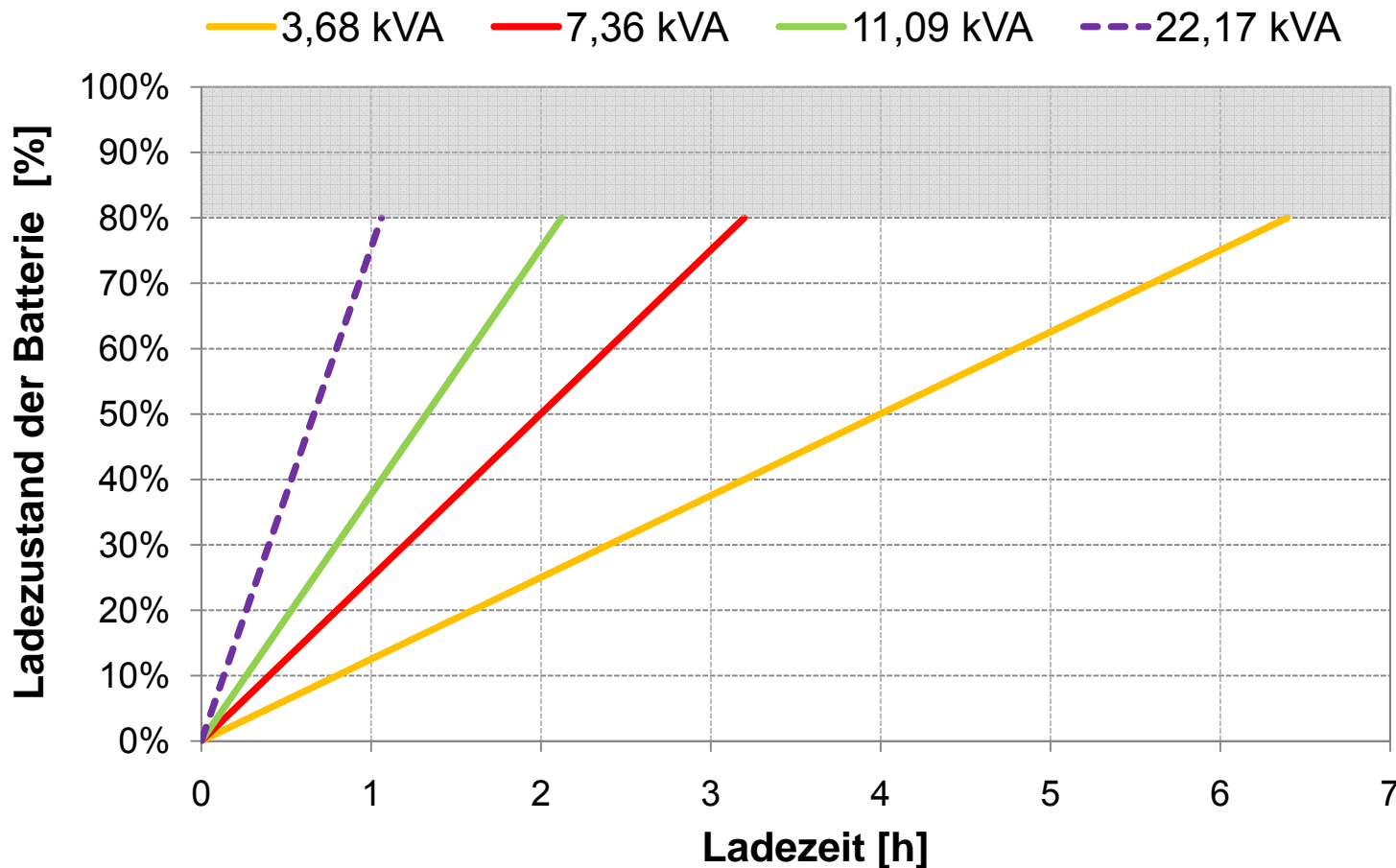
Szenarienübersicht

Szenario	Jahr		elektrifizierte Fahrzeuge		jährlicher Strombedarf		CO ₂ -Einsparungspotenzial je nach Herkunft in t _{CO2} /a		
			Anzahl	relativ	in MWh	relativ	Öko-strom	Ö-Mix 2008	UCTE-Mix 2008
realistischer Zuwachs	2020	Typ 1	88.291	1,94%	84.878	0,12%	163.400	145.500	125.600
		Typ 2	6.858	0,15%	12.260	0,02%	12.900	10.500	7.500
		Typ 3	18.060	0,40%	24.216	0,03%	25.600	20.700	14.800
		Gesamt	113.209	2,48%	121.355	0,17%	201.900	177.700	147.900
20 % in 2020	2020	Typ 1	579.583	12,70%	557.179	0,77%	1.072.400	961.800	824.300
		Typ 2	145.351	3,19%	259.859	0,36%	261.500	210.000	145.800
		Typ 3	189.929	4,16%	254.667	0,35%	256.300	205.700	142.900
		Gesamt	914.864	20,05%	1.071.705	1,48%	1.590.200	1.377.000	1.113.000
20 % in 2020 fortgeführt	2030	Typ 1	1.301.105	28,52%	1.250.810	1,56%	2.407.400	2.159.100	1.850.400
		Typ 2	365.064	8,00%	652.661	0,81%	651.300	521.700	360.600
		Typ 3	423.242	9,28%	567.504	0,71%	566.300	453.700	313.600
		Gesamt	2.089.411	45,79%	2.470.975	3,08%	3.625.000	3.134.400	2.524.600

Aufbau der Ladeinfrastruktur

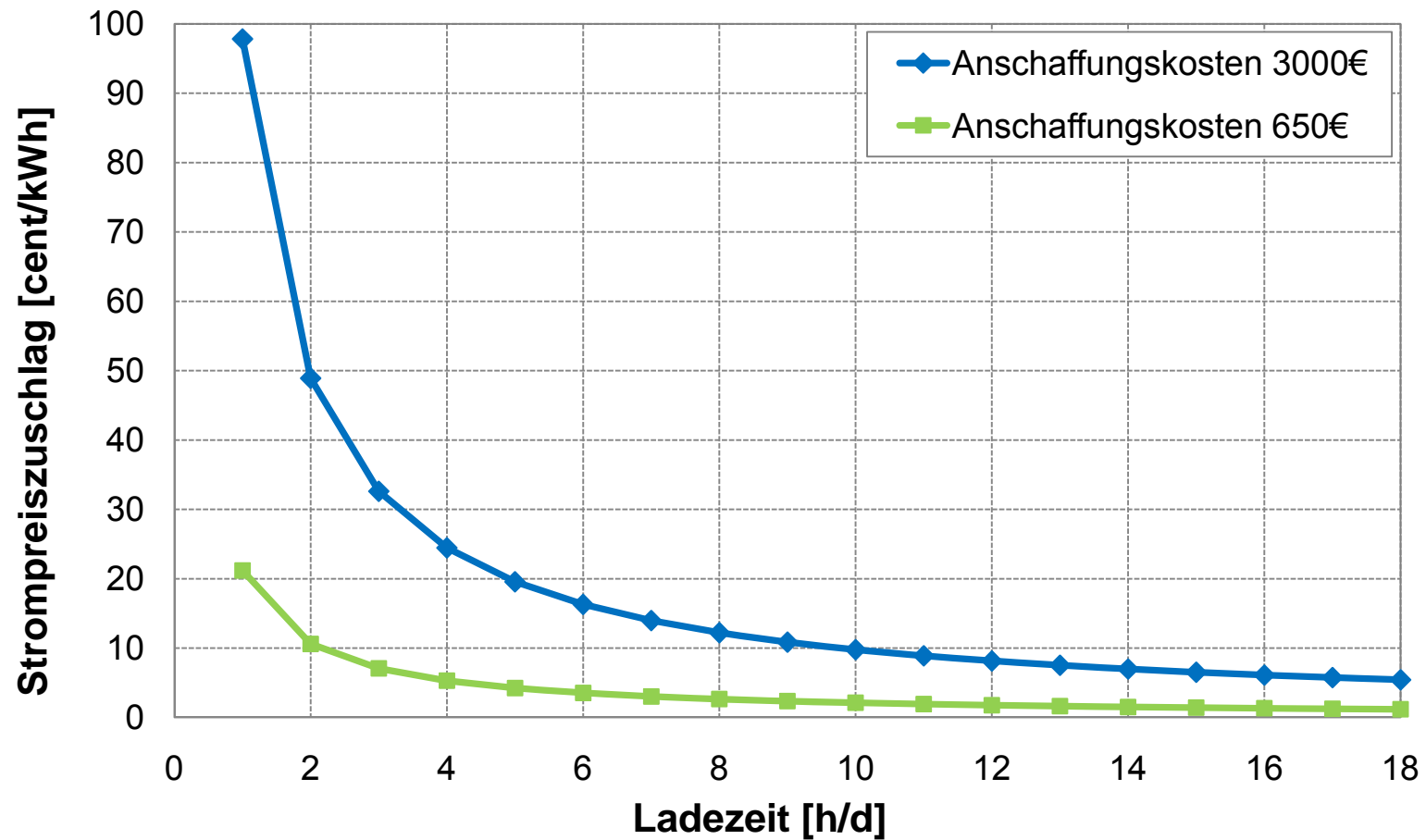


Anschlussleistung und Ladekonzepte (2/2)



Ladezeit um einen bestimmten Ladezustand einer Li-Ionen Batterie zu erreichen, in Abhängigkeit der Anschlussleistung (Ladeeffizienz 85 %, Batteriekapazität 25 kWh)

notwendiger Strompreiszuschlag zur Erwirtschaftung der Investitionskosten

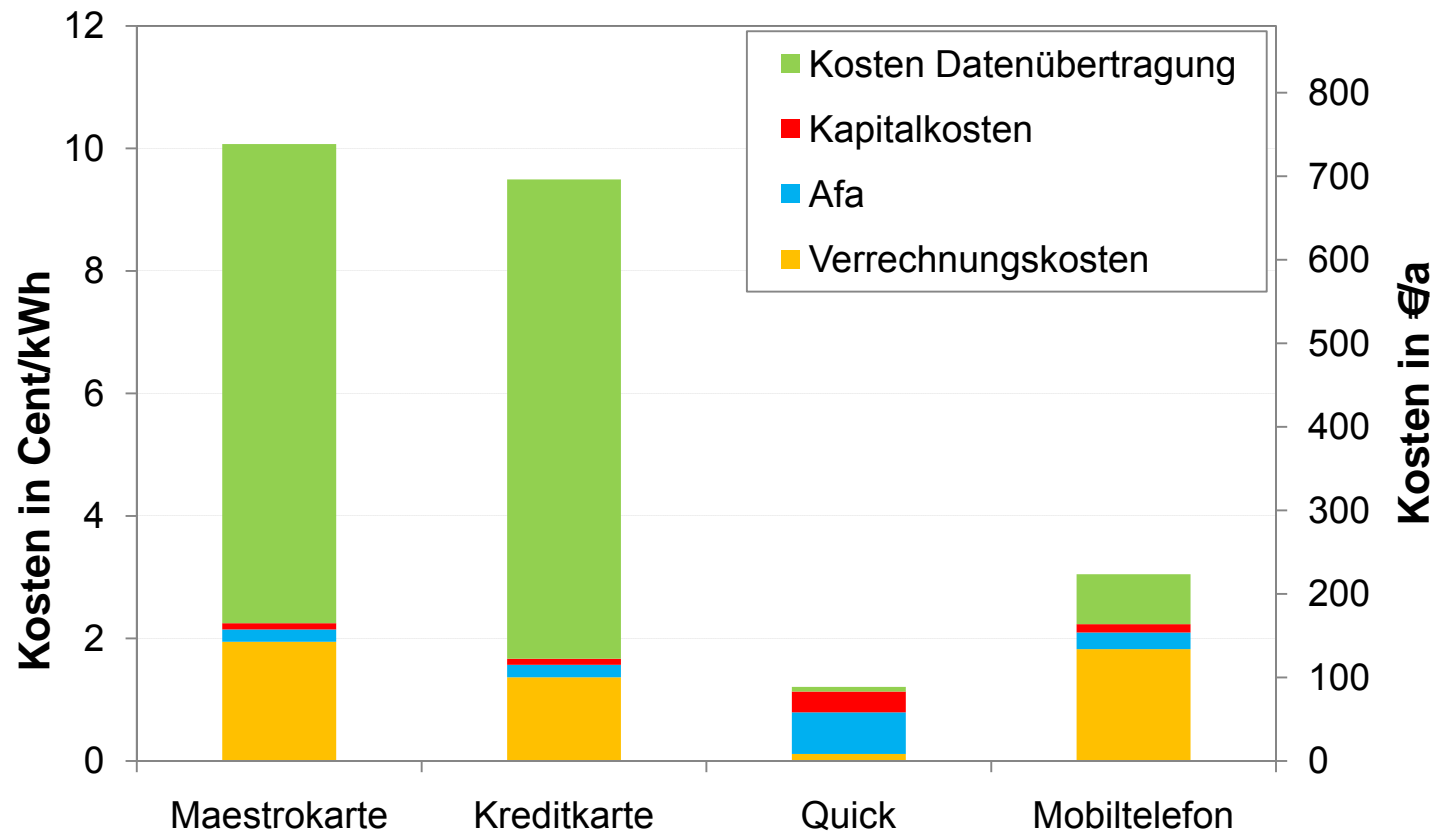




Normung und Standardisierung (1/2)

Normen	Titel der Norm
IEC 61851-1:2001 (ÖNORM EN 61851-1:2002) (ÖNORM EN 61851-1/AC1:2003)	Elektrische Ausrüstung von Elektro-Straßenfahrzeugen – Konduktive Ladesysteme für Elektrofahrzeuge – Teil 1: Allgemeine Anforderungen
IEC 61851-21:2001 (ÖNORM EN 61851-21:2002)	Elektrische Ausrüstung von Elektro-Straßenfahrzeugen – Konduktive Ladesysteme für Elektrofahrzeuge – Teil 2-1: Anforderung eines Elektrofahrzeuges für konduktive Verbindung an AC/DC-Versorgung
IEC 61851-22:2001 (ÖNORM EN 61851-22:2002)	Elektrische Ausrüstung von Elektro-Straßenfahrzeugen – Konduktive Ladesysteme für Elektrofahrzeuge – Teil 2-2: Wechselstrom-Ladestation für Elektrofahrzeuge
IEC 62196-1:2003 (ÖNORM EN 62196-1:2004)	Stecker, Steckdosen, Fahrzeugsteckvorrichtungen und Fahrzeugstecker – Ladung von Elektrofahrzeugen – Teil 1: Leitungsgebundenes Laden von Elektrofahrzeugen bis 250 A Wechselstrom und 400 A Gleichstrom
DIN CLC/TS 50457-1:2008 VORNORM	Konduktive Ladung von Elektrofahrzeugen – Teil 1: Gleichstrom-Ladestation
DIN CLC/TS 50457-2:2008 VORNORM	Konduktive Ladung von Elektrofahrzeugen – Teil 2: Kommunikations-protokoll zwischen externem Ladegerät und Elektrofahrzeug
IEC 61851 Ed.2 (Part 1,21 und 22)	Laufende Norminitiative (Stecker) → 2Q2010
IEC 62196-2 Ed.1	Laufende Norminitiative (Kommunikation)

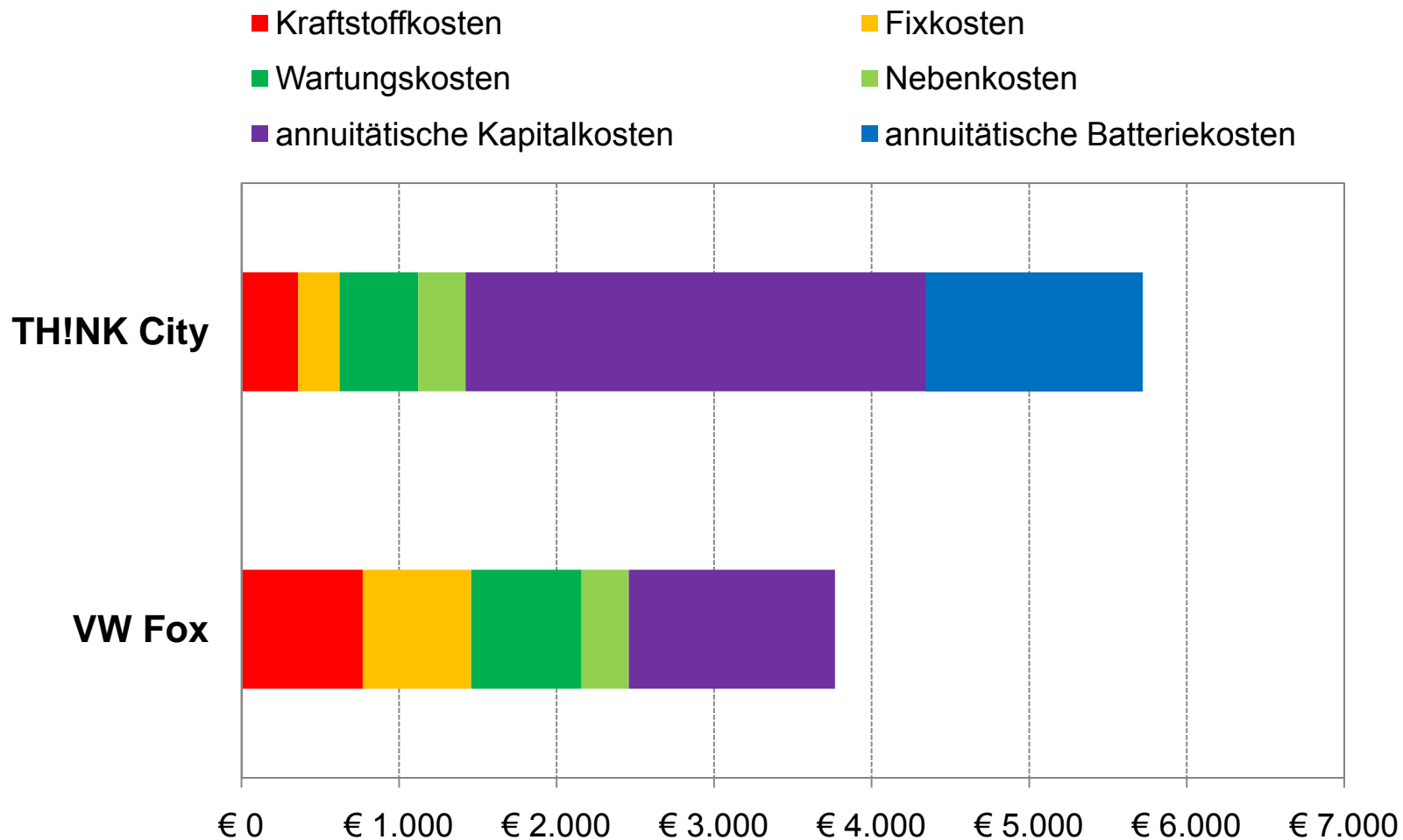
Abrechnungssysteme (2/2)



16 h pro Tag (= 4 Ldgen./d), 230 d/a, 2 kW Ladeleistung



Vergleich E-Auto mit Diesel-Fahrzeug



Batterietechnologien (1)

Nickel-Metallhydrid (NiMH)

- + gute Leistungsdichte (Einsatzbereich: Hybridfahrzeuge)
- + hohe Betriebssicherheit
- empfindlich gegen Überladung
- hohe Selbstentladung
- relativ geringe Zellspannung und damit geringe Energiedichte

Kosten:

30 kWh Batterie: 550-700 €/kWh (2004)

550-650 €/kWh (2012)

1,2 kWh & 40 kW: 40-45 €/kW (2004)

35-45 €/kW (2004)

Batterietechnologien (2)

Lithium-Ionen Batterie

- + hohe Zellspannung (Einsatzbereich: reine Elektrofahrzeuge)
- + hoher energetischer Nutzungsgrad
- + geringe Selbstentladung
- hohe Streuung bei der Zyklfestigkeit
- geringe Lade- und Entladeströme
- Überladungsproblematik

Kosten:

30kWh Batterie: 700-2.000 €/kWh (2008)
 350-500 €/kWh (2012)
 <300 /kWh (2020, 100.000 Stück/Jahr)

Batterietechnologien (3)

Natrium-Nickelchlorid Batterie (ZEBRA)

- + hohe Zyklenfestigkeit
- + geringe Materialkosten
- geringe spezifische Leistung
- hohe Betriebstemperaturen (270-350°C)

Lithium-Titanat Batterie

- + hohe Zyklenfestigkeit
- + hohe Lade- und Entladeraten (schnelle Ladung)
- + hohe Leistungsdichte
- geringe Zellspannung, d.h. geringe Energiedichte
- hohe Kosten (>1000 €/kWh)

Vergleich Batterietechnologien

	NiMH	ZEBRA	Li-Ionen	LiFePO ₄ ^d	Li-Polymer	Li-Titanat
spez. Energie ^e [Wh/kg]	50 bis 80	80 bis 120	60 bis 180	54	110 bis 170	70 bis 90
Energiedichte ^e [Wh/l]	200 bis 450	10 bis 180	200 bis 600	128	230 bis 400	ca. 80
spez. Leistung ^e [W/kg]	10 bis 1.000	150 bis 190	200 bis 4.000	4.375	10 bis 700	50 bis 5.000
Leistungsdichte ^e [W/l]	ca. 400	150 bis 290	ca. 500	---	---	ca. 5.000
Zellspannung [V]	1,2	2,6	3,4 bis 4,2 ^c	3,3 bis 3,4	3,7	2,0 bis 2,5
Selbstentladung [% pro Monat]	30	---	5 bis 10	bis 3	10	2
Zyklen	300 bis 2.000	ca. 1.000	500 bis 1.200	700 bis 4.400	ca. 1.000	> 10.000
Temperaturbereich [°C]	-20 bis +60	-40 bis +50 ^b	-20 bis +55	-25 bis +75	-20 bis +40 ^a	-50 bis +75

a...bei GEL-Elektrolyten. Bei festen Elektrolyten muss die Betriebstemperatur mindestens 60 bis 70 °C betragen (abhängig vom Elektrolyt).

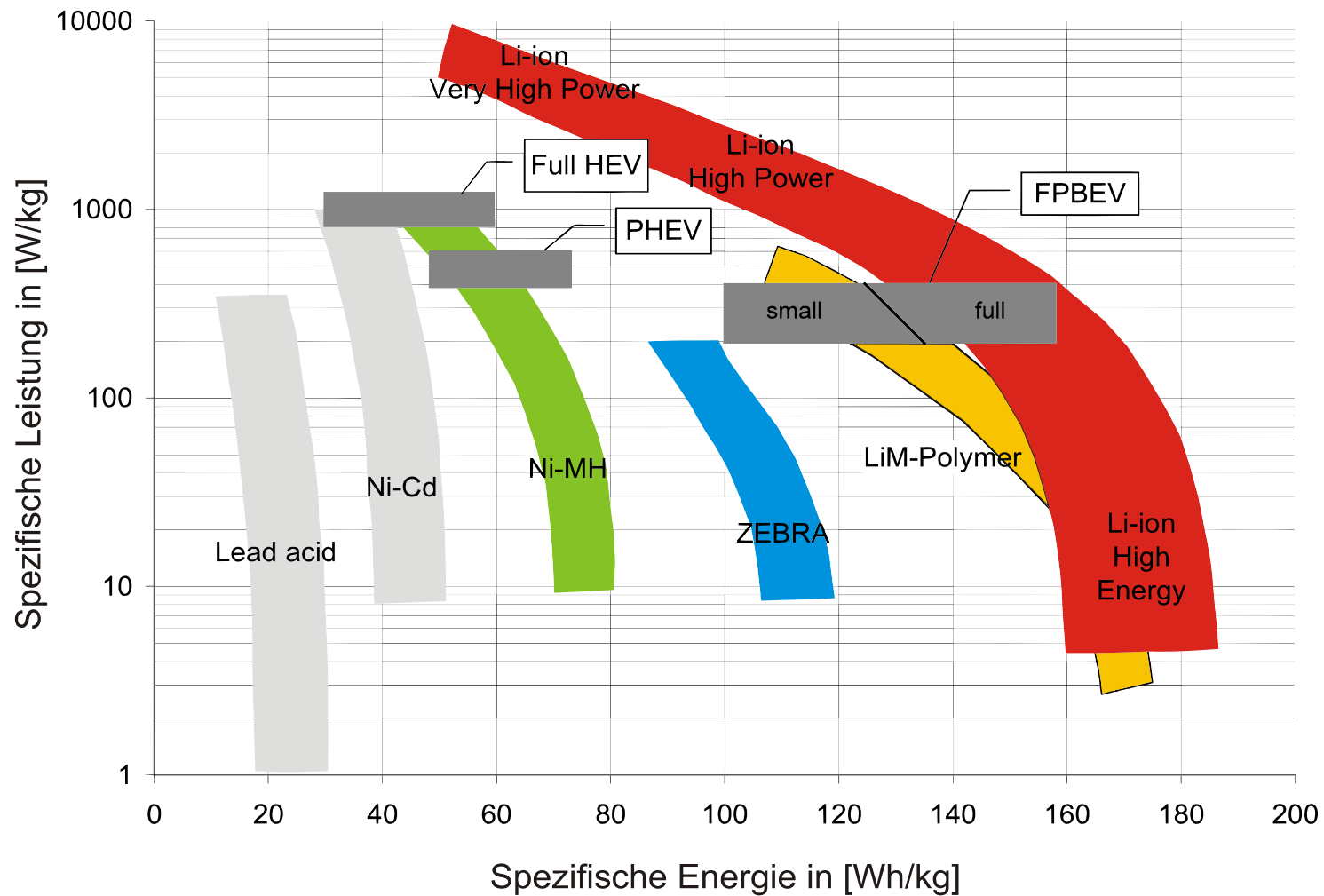
b...Betriebstemperatur: 250 bis 300 °C

c...abhängig vom Aktivmaterial der positiven Elektrode

d...Werte der Süd-Chemie

e...bei den Angaben handelt es sich nicht um theoretische Werte sondern um in der Praxis erreichbare Größen.

Ragone-Diagramm Batterien





evtl. Back-Up Folien