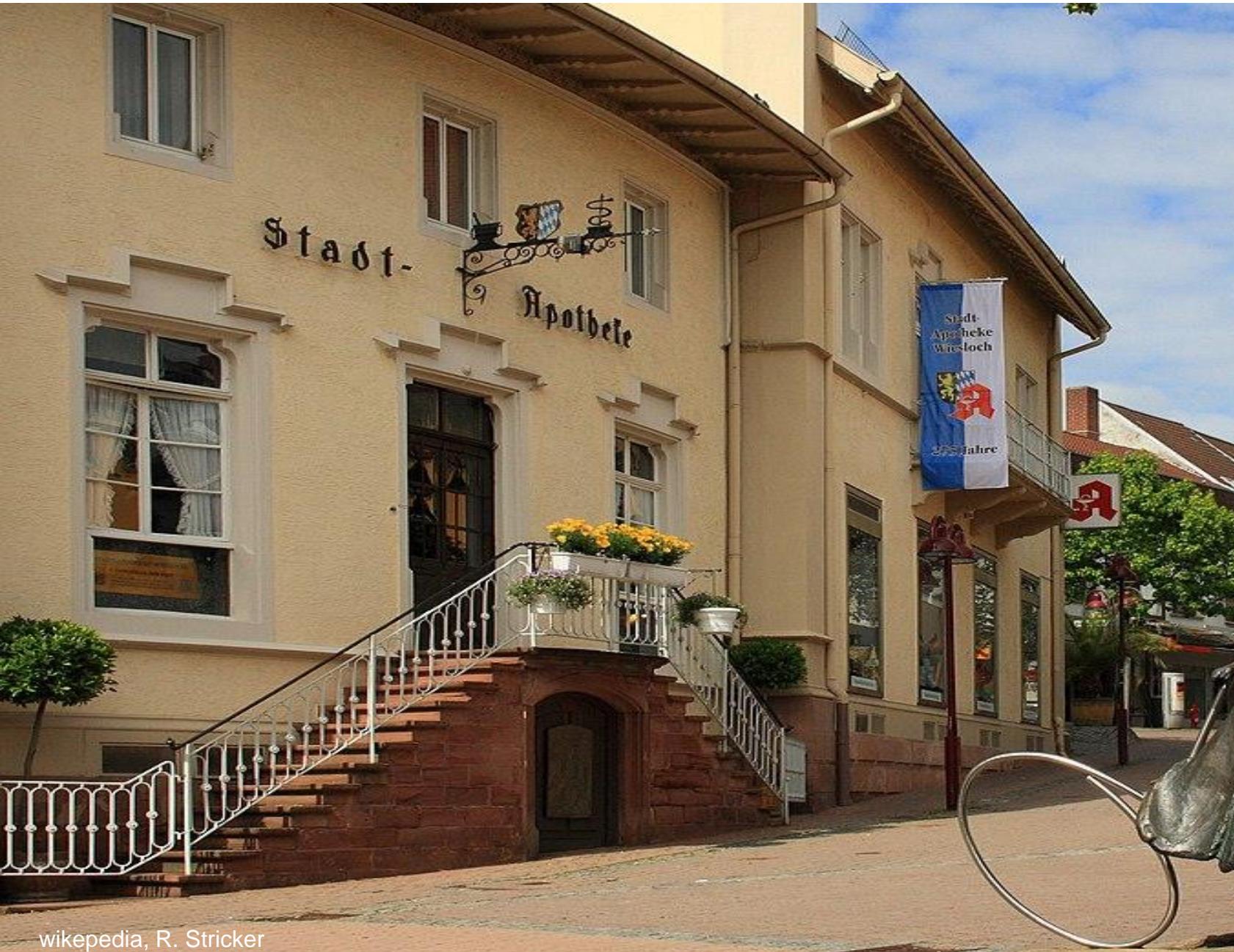


A large, faded, light gray background image of a classical building with a prominent dome and arched windows, likely a university building.

Elektromobilität ist Zukunft und benötigt eigene Ladeinfrastruktur

Univ.-Prof. Dr.-Ing. **Martin Fellendorf**
martin.fellendorf@tugraz.at

Innovative Ladeinfrastruktur für (gewerbliche) Elektrofahrzeuge
ÖVG Wien, 15.03.2023



- Ligroin (Waschbenzin) für Bertha Benz Fahrt 1888
- Ab ca 1900 Verkaufsstellen für Treibstoff



Ausbau Tankstellennetz

- 1917 Standard Oil mit einheitlicher Zapfsäule
- 1924 erste Tankstelle in Österreich (Graz Jakomini)



(Fossile) Tankstellen in Österreich

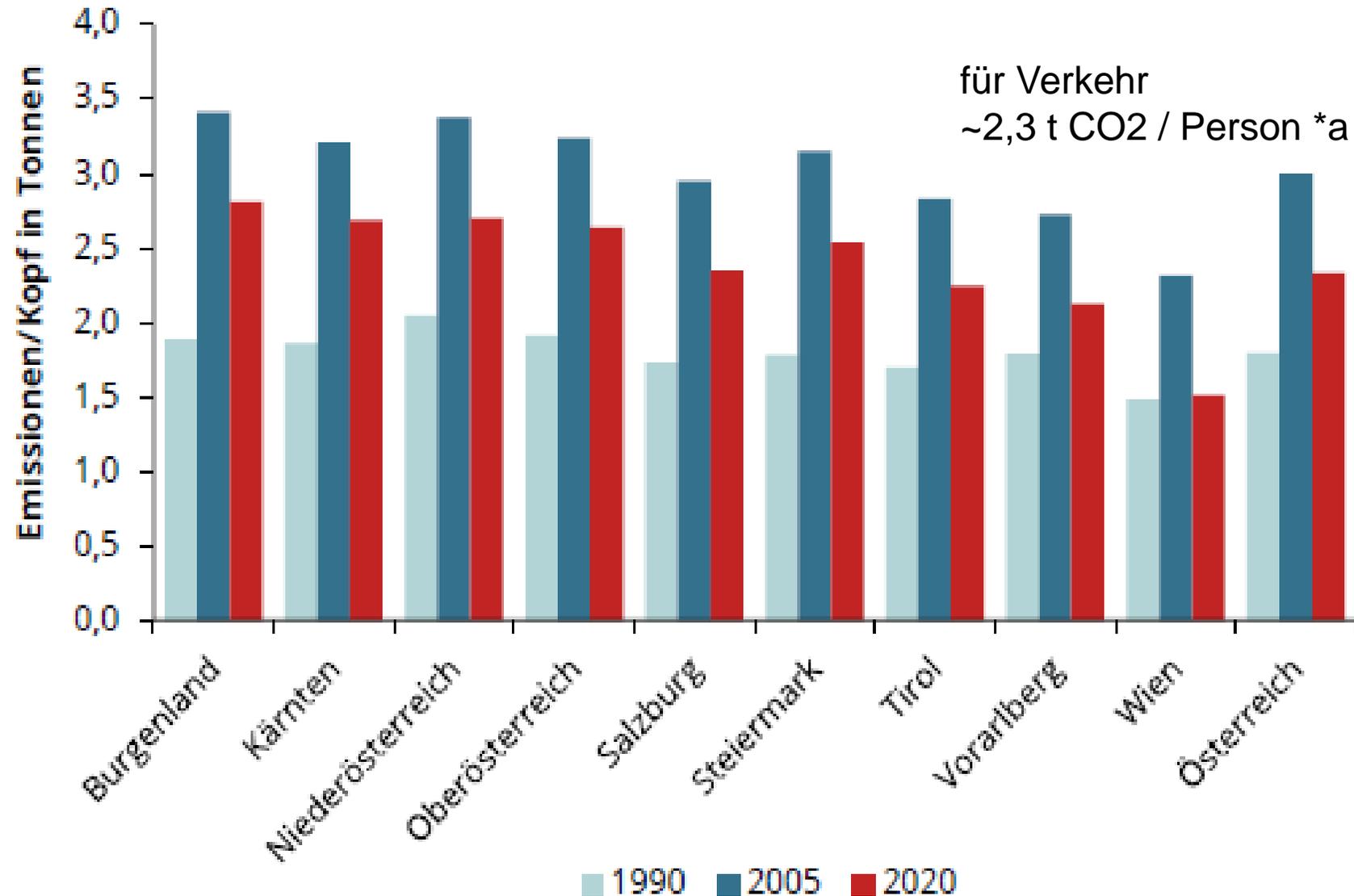
- ~ 2750 Tankstellen
~ 50% bei 6 Betreibern
- 9,6 Mrd l Kraftstoff

- Tankstellen als sozialer Treffpunkt & Einkauf



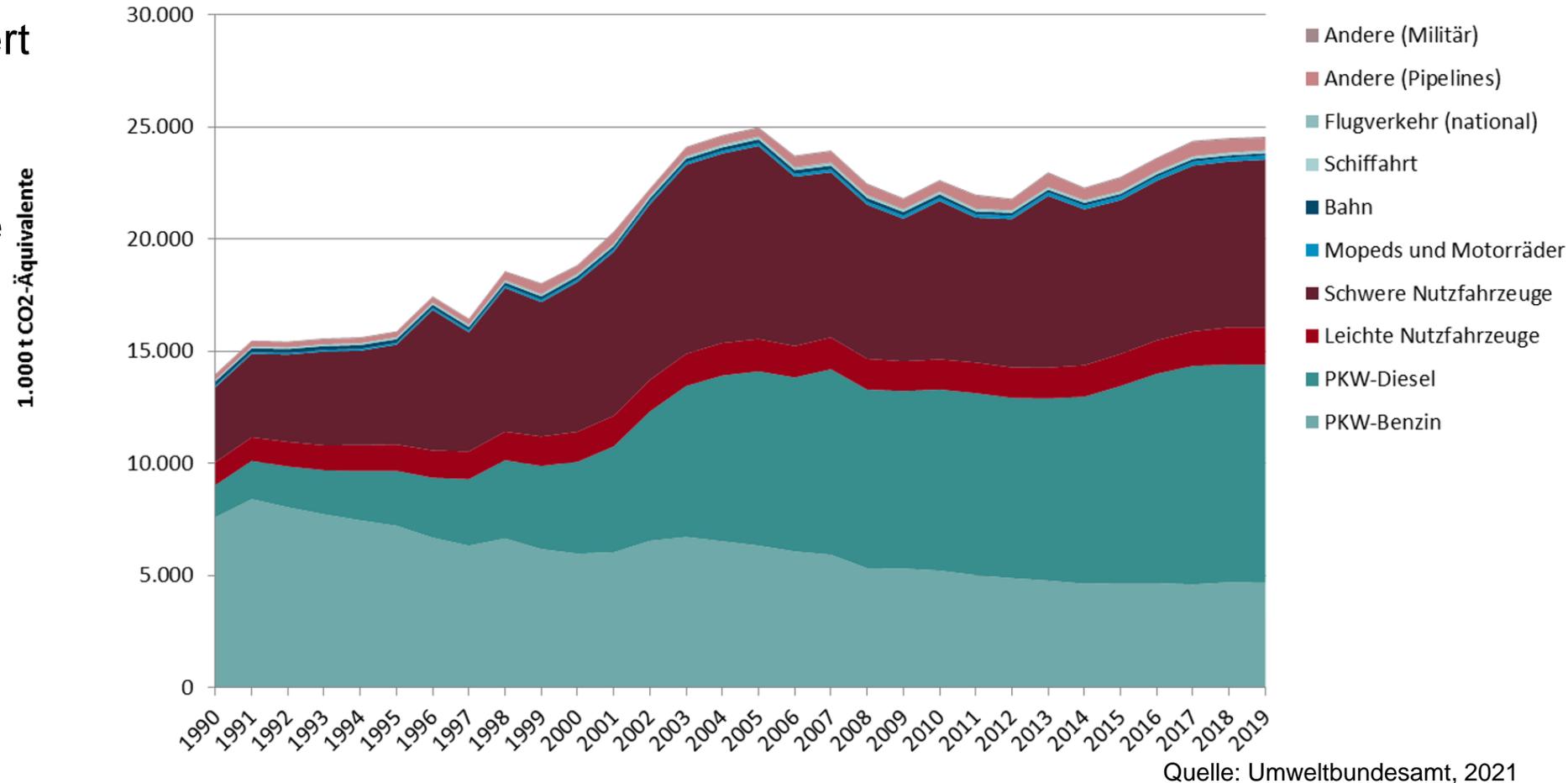
THG-Emissionen Sektor Verkehr (inkl. Kraftstoffexport)

- 74 Mio t CO₂_{eq} in 2020
- davon 20,7 Mio t Verkehr (23,6 Mio t in 2019 → Corona-Lockdown)
- ~10% ist Kraftstoffexport



THG-Emissionen Sektor Verkehr (inkl. Kraftstoffexport)

- Straßenverkehr dominiert THG im Verkehr
- Verkehr einziger Sektor ohne signifikante Verbesserung
- Elektromobilität als Lösung



- !! Stromproduktion (auch für Verkehr) ist Sektor Energiegewinnung

Systemnachteile

- Ladedauer
- Verfügbarkeit Ladepunkte
- Betreibervielfalt / Bezahlssysteme
- Unklare Preisgestaltung
- Schnellladen kann teuer sein

BEV: $0,79 \text{ €/kWh} * 18 \text{ kWh/100 km} = 14 \text{ €/100 km}$

Diesel: $5,5 \text{ l/100 km} * 1.64 \text{ €/l} = 9 \text{ €/100 km}$



Typisierung der Ladens

■ wo Laden?

- privat (Wallbox)
- öffentlich
- öffentlich-privat (Einkaufszentren)
- betrieblich (Firmen, Hotel)

■ wie laden?

- manuelle Steckverbindung
(Wechselstrom AC meist bis 22 kW,
Gleichstrom DC bis 350 kW)
- automatisierte Verbindung
- Kontaktlos (induktiv)
- Batterietausch

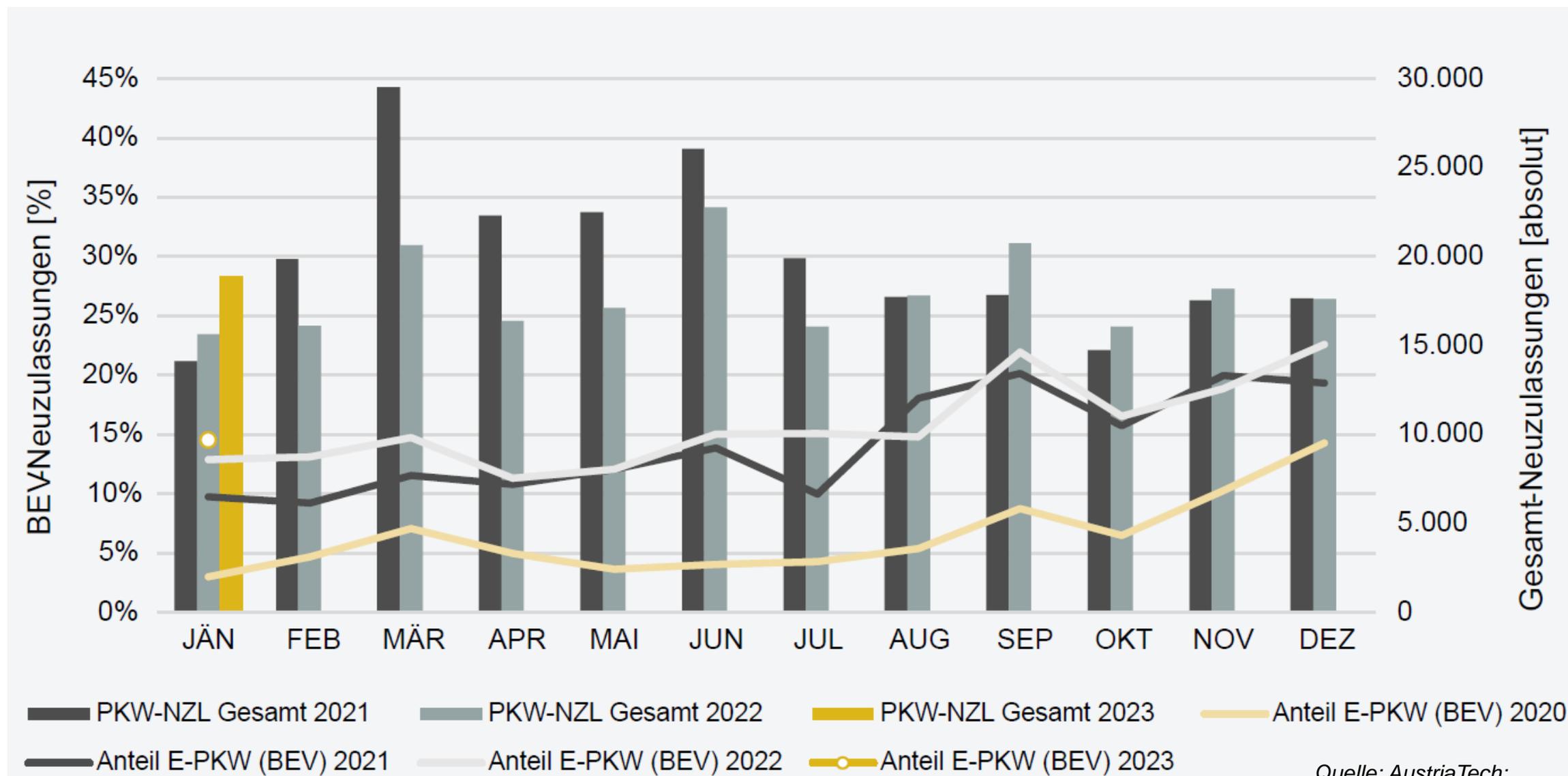
■ Arten von Elektrofahrzeugen

- BEV (Batterieelektrisch, engl HEV)
- PHEV (Plug-in Hybrid Electric Vehicle)
- Brennstoffzelle

■ Fahrzeugtypen

- Pkw M1
- Nutzfahrzeuge N1-N3
- Öffentlicher Verkehr (Bus) M2, M3

Neuzulassungen Pkw M1 in Österreich 2020 – Jan 2023



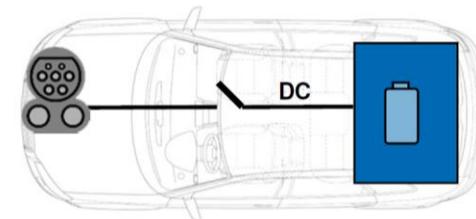
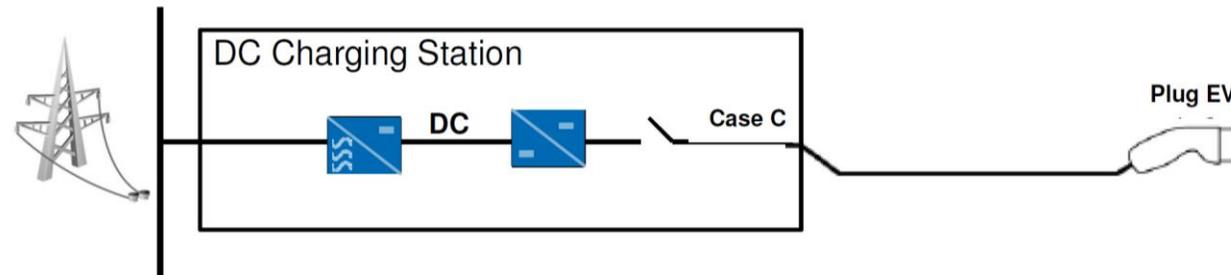
Unterschiedliche Ladekabel / Steckverbindungen

Type 2	CCS	CHAdeMO	GB/T 20234	
				
AC-Charger	DC-Charger	DC-Charger	DC-Charger	
$U_{\max} = 400 \text{ V}$, 3-phase	$U_{\max} = 850 \text{ V}$	$U_{\max} = 600 \text{ V}$	$U_{\max} = 750 \text{ V}$	
$I_{\max} = 63 \text{ A}$	$I_{\max} = 200 \text{ A}$	$I_{\max} = 200 \text{ A}$	$I_{\max} = 250 \text{ A}$	
$P_{\text{Connector}} = 43,5 \text{ kW}$	$P_{\text{Connector}} = 170 \text{ kW}$	$P_{\text{Connector}} = 120 \text{ kW}$	$P_{\text{Connector}} = 187,5$	Tesla SG
Communication = PWM/PLC		Communication = CAN		
 Relevant in Europe				

Ladestandard in Europa

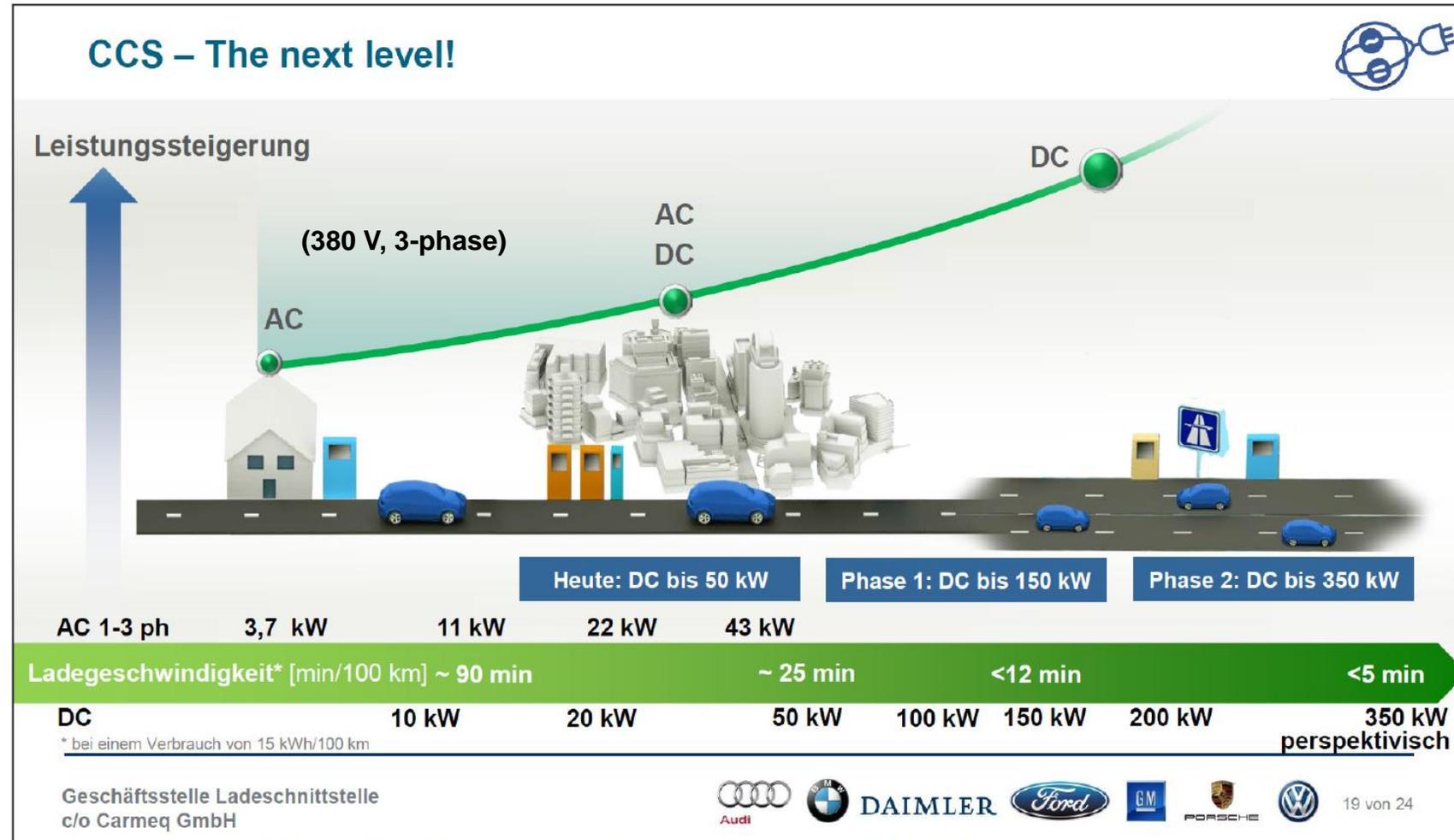
- in 2022 als Standard: Type 2 / CCS (Combined Charging System) AC & DC
- privater Wohnbau: 11 kW bzw. 22 kW (genehmigungspflichtig) AC Typ 2
- Schnellladepunkt: bis zu 350 kW DC CCS (verkürzte Batterielebensdauer, teuer pro kWh)

Typ 1	Typ 2	CCS	CHdeMO	Tesla SG
				



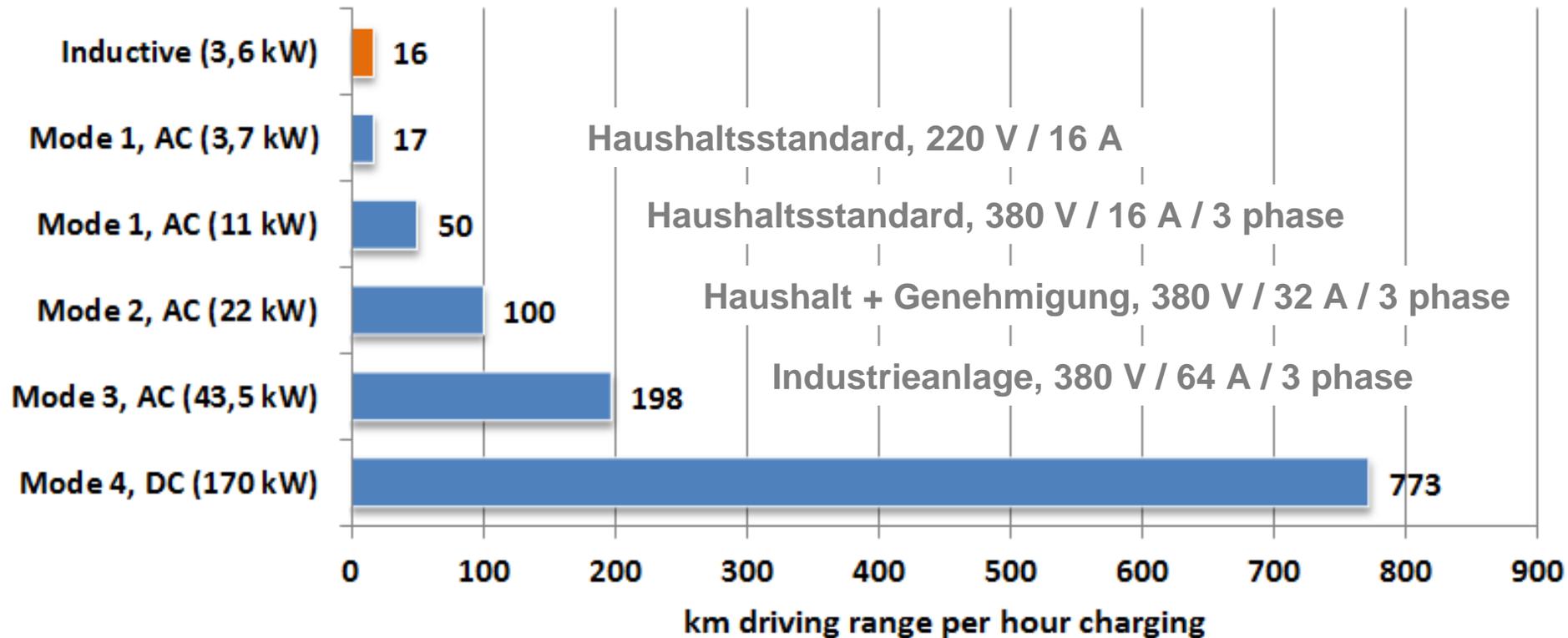
Ladedauer in Abhängigkeit der Ladeleistung

- Ladeleistung begrenzt durch Niederspannung 1 kV u. Stromstärke (250 A)
 $1\text{kV} \cdot 250\text{A} \cdot \sqrt{3} \text{ Ph.} \sim 430 \text{ kW}$
- In 2022:
 150 kW Gleichstrom Ladepunkte
 350 kW vereinzelt installiert
 erste Fahrzeuge im Verkauf
- 350 kW für kurzes Nachladen (30% der Batteriekapazität in 2 min) u. BEV Nutzfahrzeuge
- 5 min Ladedauer bisher unrealistisch wg Batterietechnologie (Erwärmung, Lebensdauer der Zellen)



Source: 19. Internationaler Fachkongress „Fortschritte in der Automobil-Elektronik“, Ludwigsburg, 23./24. Juni 2015

Hohe Ladeleistung verkürzt Ladedauer



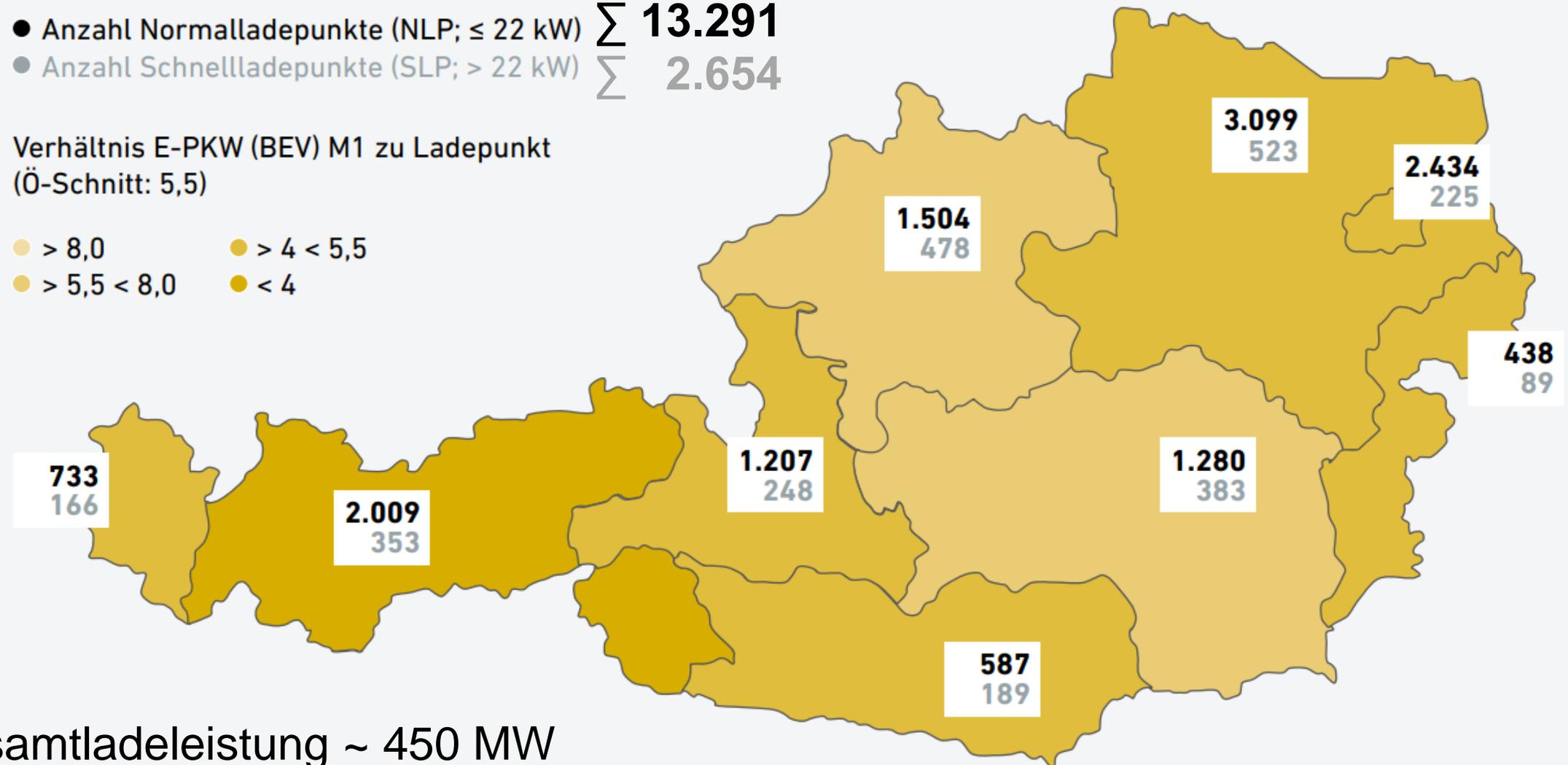
- Induktives Laden hat begrenzte Übertragungsleistung
- Gleichstrom DC erlaubt höhere Stromstärke → Ladeleistung (Mode 4)
- Hochleistungsladung erfordert schwere, (gekühlte) Ladekabel

Öffentlich zugängliche Ladepunkte in Österreich Ende 2022

● Anzahl Normalladepunkte (NLP; ≤ 22 kW) Σ **13.291**
 ● Anzahl Schnellladepunkte (SLP; > 22 kW) Σ **2.654**

Verhältnis E-PKW (BEV) M1 zu Ladepunkt
 (Ö-Schnitt: 5,5)

● $> 8,0$ ● $> 4 < 5,5$
● $> 5,5 < 8,0$ ● < 4



■ Gesamtladeleistung ~ 450 MW

Ladestationen im öffentlichen Raum



Gestaltung Ladestationen im öffentlichen Raum (RVS 03.07.21)

- regelt bauliche Ausführung
- freie Bewegungsfläche vor Bedienelement (barrierefrei)
- ein überbreiter Ladeplatz
- barrierefreier Zugang zum Gehsteig
- Poller/Bügel nicht in Bewegungsfläche
- Kundmachung Ladestation durch zuständige Behörde
- Betrieb Ladestation nach ÖNorm EN 50110 bei Betreiber

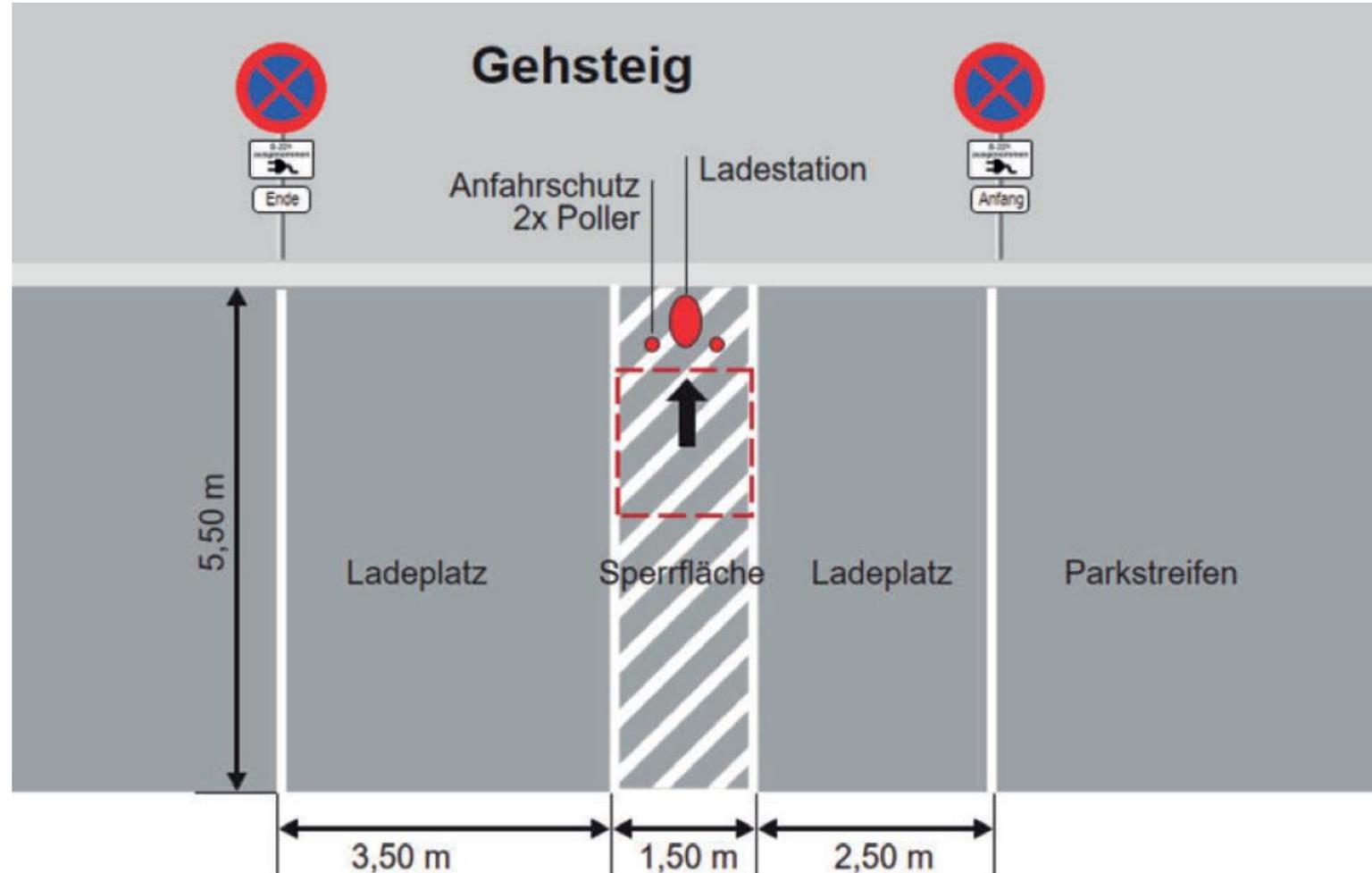


Abbildung 5: Beispiel für Senkrechtparken

Finde Ladepunkt - Konsumentensicht

- Standortsuche über *ladestellen.at* (E-Control)
- Meldepflicht der Betreiber 5(3) Rechtsvorschrift für Festlegung einheitlicher Standards beim Infrastrukturaufbau für alternative Kraftstoffe

Tel: +43 800 510 820
 Website: <https://www.tanke-wienenergie.at>

Öffnungszeiten
 anytime

Weitere Infos

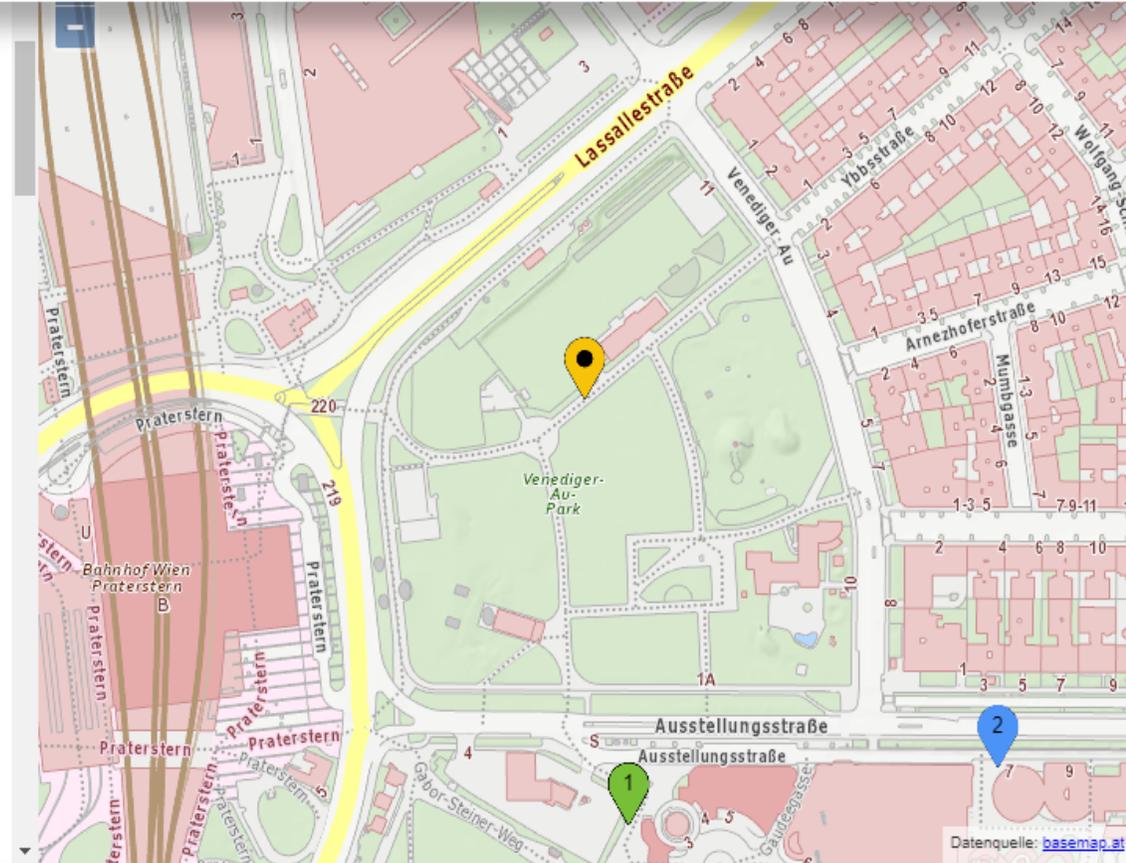
- Erneuerbare Energie:
- Gratis Parken:

Preisblatt
<https://www.wienenergie.at/privat/produkte/e-mobilit...>

Beschreibung
 Betreiber - Wien Energie

Ladepunkte

22 kW  Typ2



Legende



Sprechen Sie mit uns!



E-Mobilität



Impressum & Datenschutz



Erneuerbare Energien

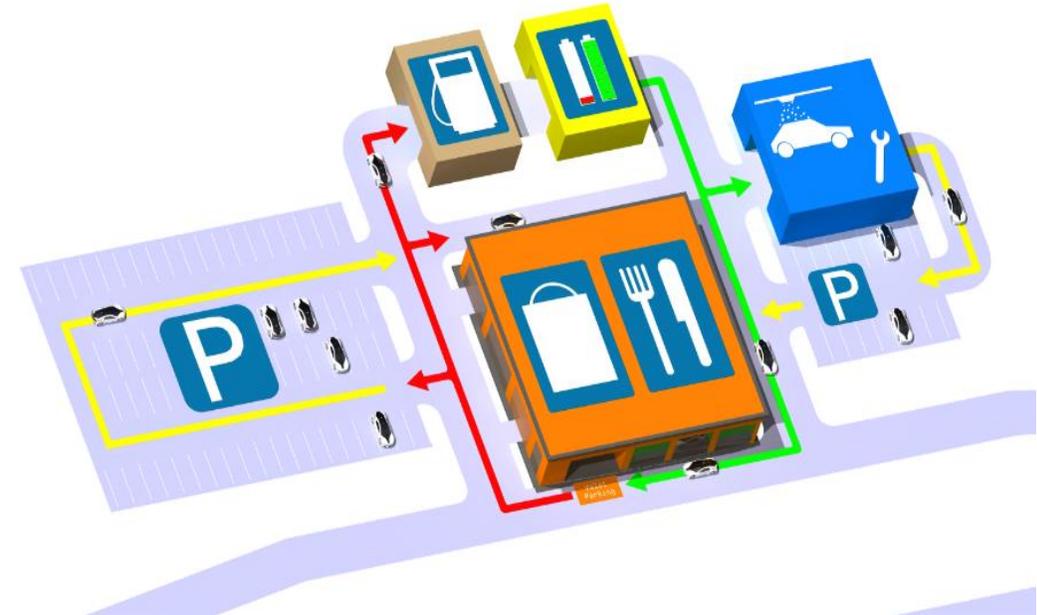
Heterogener Anbietermarkt

- SMATRICS (Verbund + EnBW) in AT dichtestes Netz Schnellladestationen
- IONITY (Joint Venture von OEMs) Schnellladestationen meist in Autobahnnähe
- ÖAMTC AC+DC an eigenen Stützpunkten plus Roamingpartner
- BEÖ (zahlreiche Energieunternehmen in AT) AC meist bis 11 kW, DC bis 350 kW oft bei Fachmärkten, Abrechnung nach Minuten
- und weitere

- eigene Ladekarten mit eigenen Abrechnungssystemen
- teilweise Akzeptanz fremder Ladekarten (Roaming)
- eigene App`s mit Angabe freier Ladestationen
- Vorreservierung nur selten möglich

F&E: automatisierte Ladesysteme

- Sicherheit
 - keine manuelle Tätigkeit mit Hochvolt-Kabel
 - keine Bedienfehler
 - keine Unfallgefahr durch Fehlbedienung
- Komfort
 - automatisiertes Laden in Verbindung mit Alltagsaktivitäten
 - automatisierter Prozess für alle Nutzergruppen
 - kein Heben schwerer Kabel
 - automatisierte Abrechnung u. Reservierung



Concept of a shopping center with services for automated vehicles, FTG

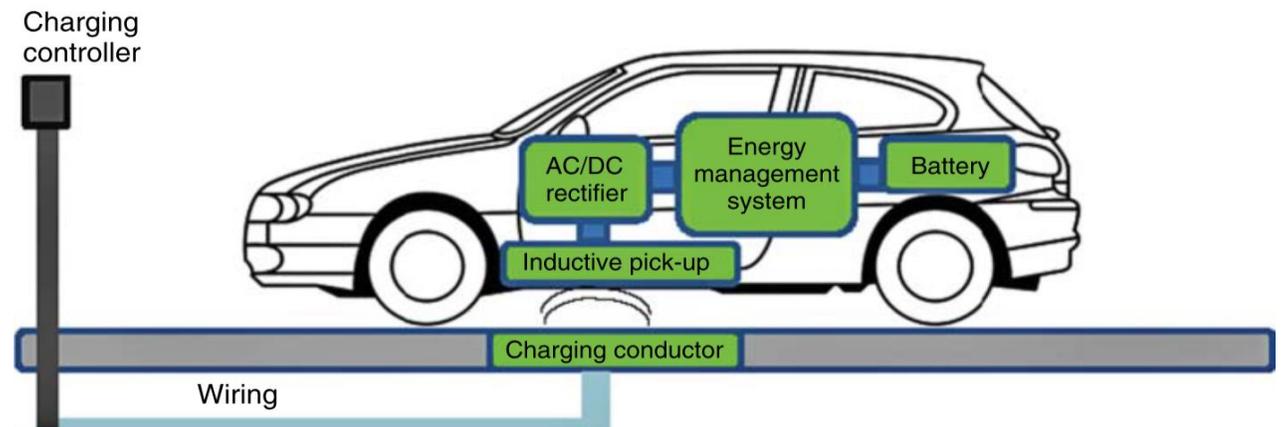
F&E: induktives Laden

+ Kabellos → Komfort- u. Sicherheitsgewinn

- begrenzte Ladekapazität
- (hohe) Energieverluste
- erfordert Fahrzeugausrüstung
- fehlende Kompatibilität der Systeme



Inductive Charging, Mercedes Benz



F&E: automatisiertes Laden konduktiv Seitenkopplung

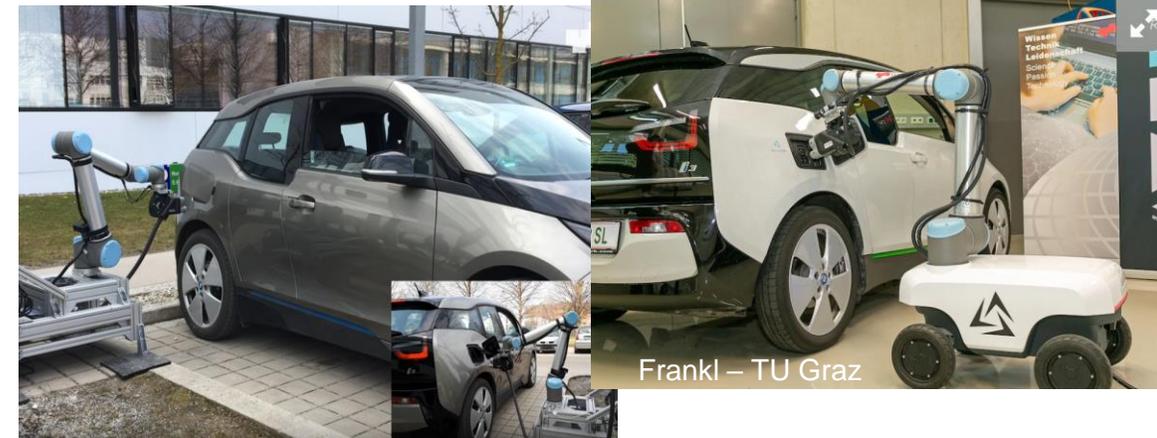
■ KUKA carla-connect

- Robotersystem für Privathaushalt AC
- Robotersystem öffentliche Stationen mit DC
- OEMs arbeiten an Systemen (VW, Ford, Tesla,



■ TU Graz Laderoboter

- Forschungsprojekt mit BMW, Keba & MAGNA
- Seitenladung erstmalig 2018 veröffentlicht
- Weiterentwicklung für öffentliche Schnellladestationen
- Selbstfahrendes Robotersystem



F&E: automatisiertes Laden konduktiv Unterbodenkopplung

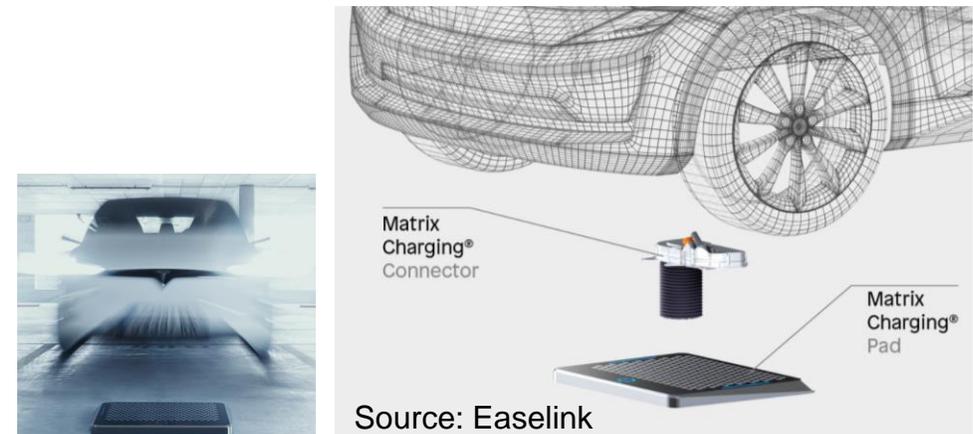
■ Charging System Volterio

- Charging connection at the vehicle bottom side
- Hexagonal contact pattern, with conical shape
- 3D-movability of the robot arm
- Robot controlled contact device
- Vehicle adaptation required



■ Charging System EaseLink

- Ground terminal with hexagon contact patches
- Telescopic connector mounted at vehicle
- Connector fine adjustment to patches
- Low height patch at the parking spot
- Selective activating of patches



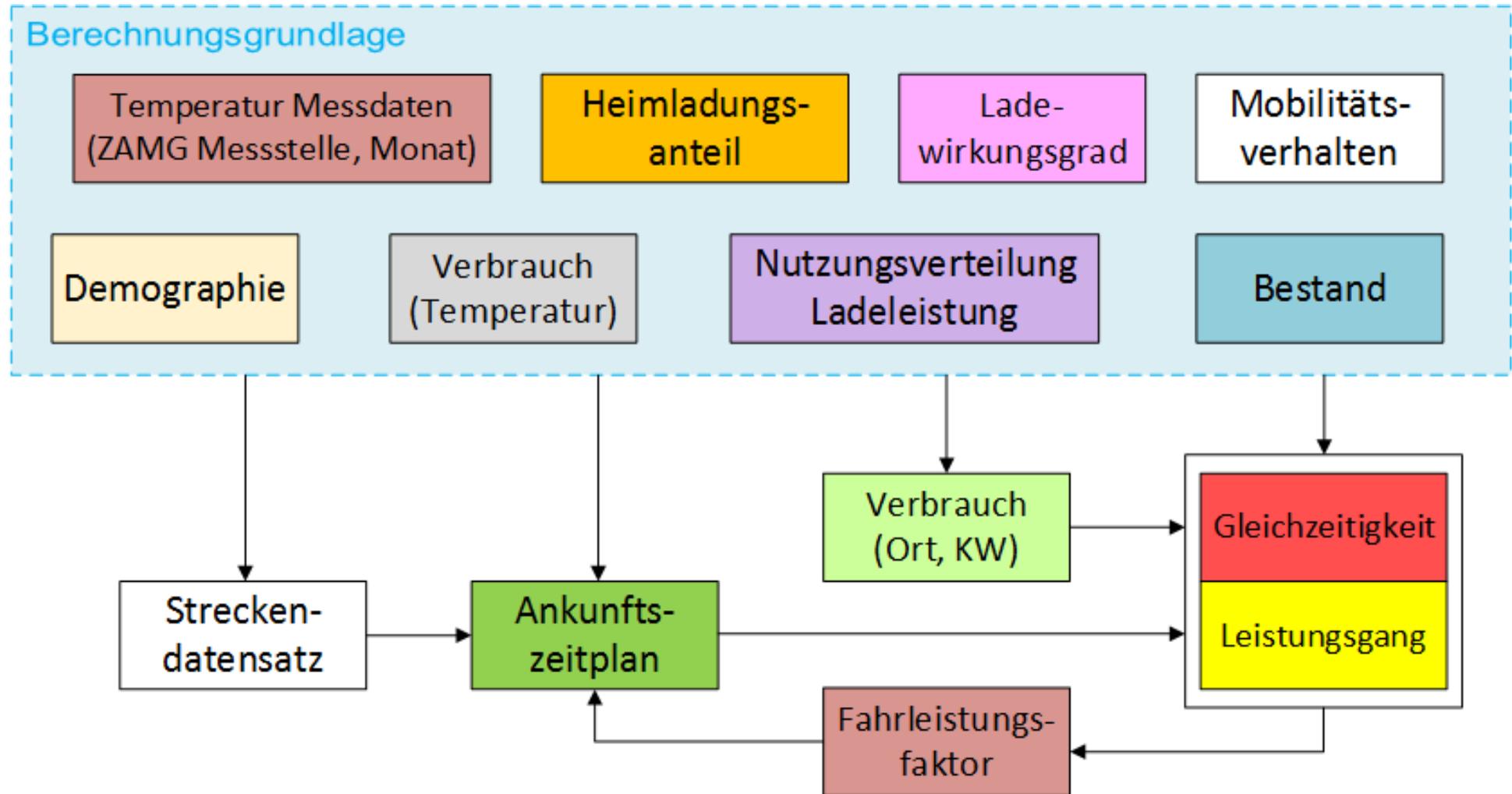
F&E: Batteriewechsel

- Austausch der gesamten Batterie
- Erfordert besondere Fahrzeugkonstruktion
- Batterie/Akkumulator wird langsam außerhalb geladen (Batterieschonend)
- Inkompatibel zu anderen Systemen
- NIO in China (.. seit 2022 auch in D) auf dem Markt
- Hohe Anfangsinvestition
- Potential insbesondere bei Flottenbetreibern u. evat Güterverkehr



Quelle: NIO Deutschland GmbH

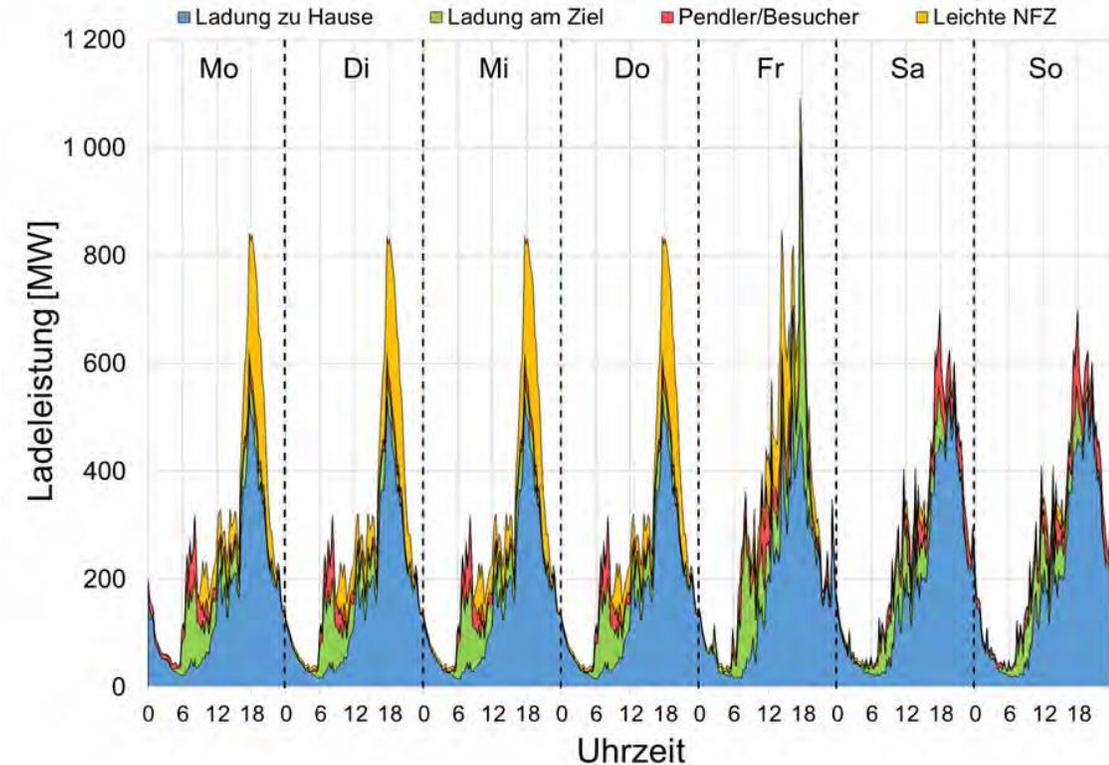
Sind unsere Energienetze ausreichend ?



Quelle: Tober, Bruckmüller, Fasthuber: Ladeinfrastruktur für Elektrofahrzeuge: Bedarf, Kosten und Auswirkungen auf die Energieversorgung in Österreich bis 2030, TU Wien, 2019

Ladeleistung, Energie u. Ladestationen bei wachsendem BEV-Bestand

- BEV-Bestand 11% der Pkw u. 6,5% der LNF (Leichte Nutzfahrzeuge) in 2030
- dann 1,1 GW Spitzenladeleistung (11% derzeitige Spitzenlast) u. 2,2 TWh pro Jahr (3,2% des derzeitigen Energiebedarfs)
- Verteilernetze bei BEV-Bestandsanteilen PKW & LNF kritisch, wenn:
 - 30% & 18 % (ländlich),
 - 56% & 33% (kleinstädtisch)
 - 48% & 28 % (großstädtisch)



Fazit

- Ladeinfrastruktur entwickelt sich recht schnell
- Steckersystem u Ladekabel mit Typ 2 / CSS gut standardisiert (Tesla ?)
- Aus Nutzersicht noch Defizite bzgl. Bezahlung, Verfügbarkeit, Vorreservierung
- Technologische Neuerungen noch zu erwarten (Laderoboter, induktives Laden?)

- Nicht behandelt: Nutzfahrzeuge u. Öffentlicher Verkehr (Pantograph; Brennstoffzelle)

- Mittelfristig Energienetze erweitern

- „Greenwashing“ (Woher kommt der Strom?)
Elektromobilität wird dem Sektor Energie u. nicht Verkehr zugeordnet;