

Lastmanagement für Elektromobilität

Zukunftssichere Ladeinfrastruktur mit
Abrechnungsfunktion



Agenda

- 1 Aktuelle Entwicklung im Bereich der e-Mobilität / Ladeszenarien
- 2 Herausforderungen bei der Umsetzung von Ladeinfrastruktur
- 3 Auswirkungen von e-Mobilität auf das Stromnetz
- 4 Mögliche Entstehung von Last- und Erzeugerprofilen
- 5 Mögliche Netzentlastungen
- 6 Ansätze für eine zukünftige Netzplanung
- 7 Dimensionierung eines städtischen Netzes in Folge von e-Mobilität
- 8 Ihre Fragen

1. Aktuelle Entwicklung im Bereich E-Mobilität / Ladeszenarien

Zulassungszahlen für e-Fahrzeuge

	E-PKW	%-Zuwachs	Hybrid PKW	%-Zuwachs
2010	541	0	10.661	0
2011	2.154	74,88	12.622	15,54
2012	2.956	27,13	21.438	41,12
2013	6.051	51,15	26.348	18,64
2014	8.522	29,00	27.435	3,96
2015	12.363	31,07	33.630	18,42
2016	11.410	-8,35	47.996	29,93
2017	25.056	54,46	84.675	43,32
Gesamt	69.053		264.805	

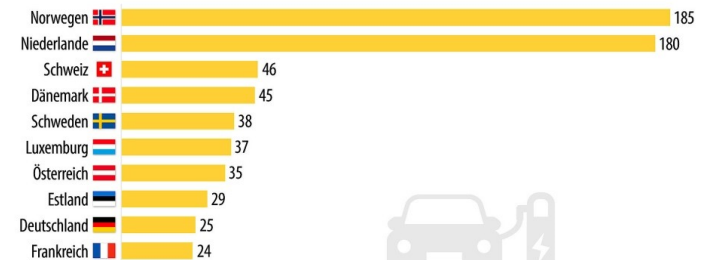
Quelle: <https://www.kba.de/DE/Statistik/Fahrzeuge/Neuzulassungen/Umwelt>

Stand 17.01.2017

Marktentwicklung in Europa

Wo stehen die meisten E-Tankstellen?

Ranking der europäischen Länder mit den meisten öffentlichen Ladestationen für E-Autos (pro 100.000 Einwohner)

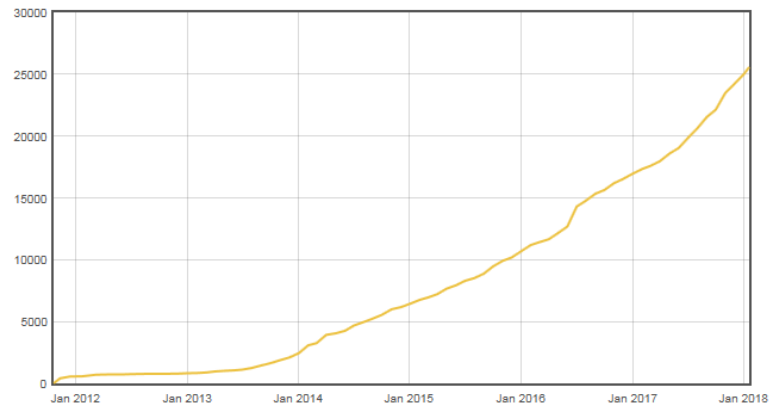


Stand: Juli 2017

Quelle: www.eafo.eu www.vcoe.at

Stand 17.01.2017

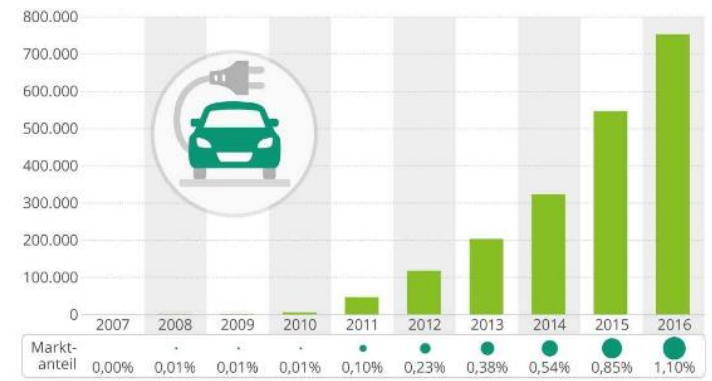
Ladeinfrastruktur in Deutschland



Quelle: <https://www.goingelectric.de/stromtankstellen/statistik/>

Stand 17.01.2017

Marktentwicklung e-Fahrzeuge weltweit



Quelle: www.iea.org

Stand 17.01.2017

1. Aktuelle Entwicklung im Bereich E-Mobilität / Ladeszenarien

1.1 Verteilung der täglich zurückgelegten Wegstrecken von Personenkraftwagen

Weg in km	0-1	1-10	10-20	20-40	40-65	65-100	100-200	200-300	300+
(fast) täglich/wöchentlich (MiD)	3,5 %	24,3 %	18,0 %	20,9 %	12,9 %	8,7 %	6,7 %	2,0 %	2,5 %

Knapp 80% der täglich zurückgelegten Wegstrecke mit dem PKW liegt zwischen 0 und 60 Kilometer!

1. Aktuelle Entwicklung im Bereich E-Mobilität / Ladeszenarien

1.2 Ladeszenarien

≈ 80% der Ladungen

@Zuhause



@Halb-Öffentlich / Unternehmen



≈ 20% der Ladungen

@Öffentlich



Quelle: www.mobil-mit-e.de
Stand: Dez. 2013

@Strom-Tankstelle



2. Herausforderungen bei der Umsetzung von Ladeinfrastruktur

2.1 Technische Voraussetzungen

Bevor die weiteren Schritte in der Umsetzung von eLadestationen an Stellplätzen konkretisiert werden, sind folgende Details zu klären:

- **Welche Leistung wird im Haus von der bestehenden Anschlussleistung verbraucht?**
(Eventuell eine eigene Lastgangmessung durch den verantwortlichen Elektrofachbetrieb durchführen lassen.)
- **Welche Anschlussgröße steht dem Gebäude insgesamt zur Verfügung?**
(Anschlussvertrag mit dem Netzbetreiber, bestehende Lastgangmessung oder Leistungsanfrage beim Netzbetreiber)
- **Wie viele Ladestationen können mit dem Delta von Hausleistungsverbrauch und Anschlussgröße ohne Verursachung von kostenintensiven Lastspitzen betrieben werden?**
- **Welche exakten Kosten entstehen für die Herstellung einer Unterverteilung an welche die einzelnen Ladestationen angeschlossen werden?**
- **Welche Bereiche sind von der Umsetzung betroffen?**

2. Herausforderungen bei der Umsetzung von Ladeinfrastruktur

2.2 Beispiel für eine Leistungsberechnung

Betrachtungszeit (worst case) Sommer, tagsüber

Allg. Technik	Installierte Leistung	Gleichzeitigkeitsfaktor	Leistungsbedarf	Bemerkung
Heizung	20,0 kW	-	0,0 kW	pauschal
Lüftung	56,0 kW	1,00	56,0 kW	Ventilatoren
Dampfluftbefeuchter	50,0 kW	-	0,0 kW	Betrieb nur im Winter
Kälte 1	137,0 kW	1,00	137,0 kW	KWS 400 kW
Kälte 2	27,0 kW	1,00	27,0 kW	KWS 40 kW
Aufzüge	32,0 kW	0,60	19,2 kW	2 Personenaufzüge
Parksystem	24,0 kW	0,20	4,8 kW	16 Parksysteme
DEA	5,0 kW	0,10	0,5 kW	Feuerlösch
Hebeanlagen	3,0 kW	-	0,0 kW	erforderlich für UG
Kfz-E-Ladestationen	66,0 kW	1,00	66,0 kW	Hof und Tiefgarage
Sonstiges	13,0 kW	1,00	13,0 kW	
Summe Elektro	433,0 kW		323,5 kW	
			381 kVA	bei cos phi 0,85
Mieter				
Büromietungen (45 W/m ²)	264,9 kW	0,60	158,9 kW	
			187 kVA	bei cos phi 0,85
			568 kVA	(4x HA 315 A)

3. Auswirkungen von e-Mobilität auf das Stromnetz

3.1 Entwicklung der Bruttostromerzeugung und des Bruttostromverbrauches in Deutschland

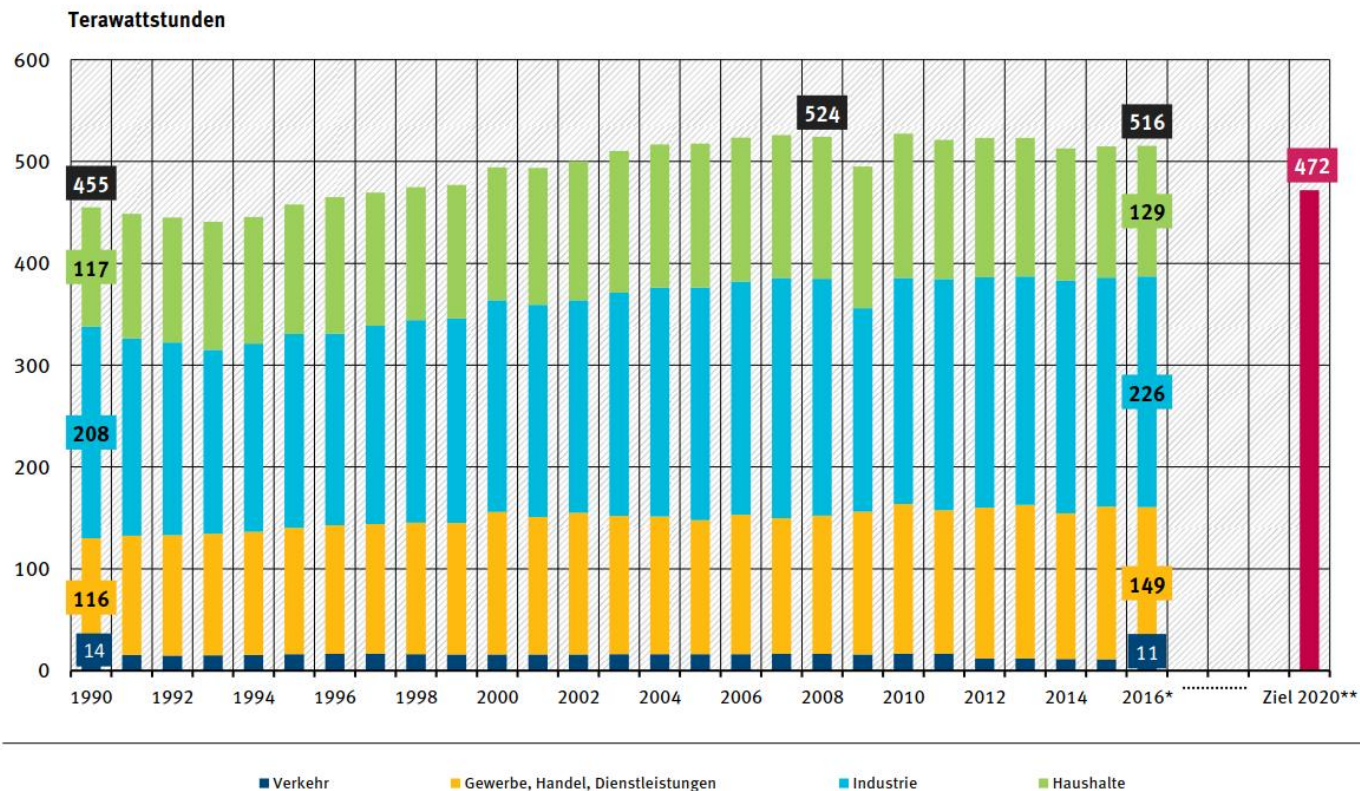


* einschließlich Netzverluste und Eigenverbrauch
 ** vorläufige Angaben, zum Teil geschätzt

Quelle: Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen, Sondertabelle Bruttostromerzeugung in Deutschland von 1990 bis 2017 nach Energieträgern, Stand 12/2017

3. Auswirkungen von e-Mobilität auf das Stromnetz

3.1 Entwicklung des Stromverbrauches nach Sektoren in Deutschland



Delta bei gleichbleibender Erzeugungsmenge in 2016 und sinkendem Verbrauch: in 2020

$$654 - 472 \text{ TWh} = 182 \text{ TWh}$$

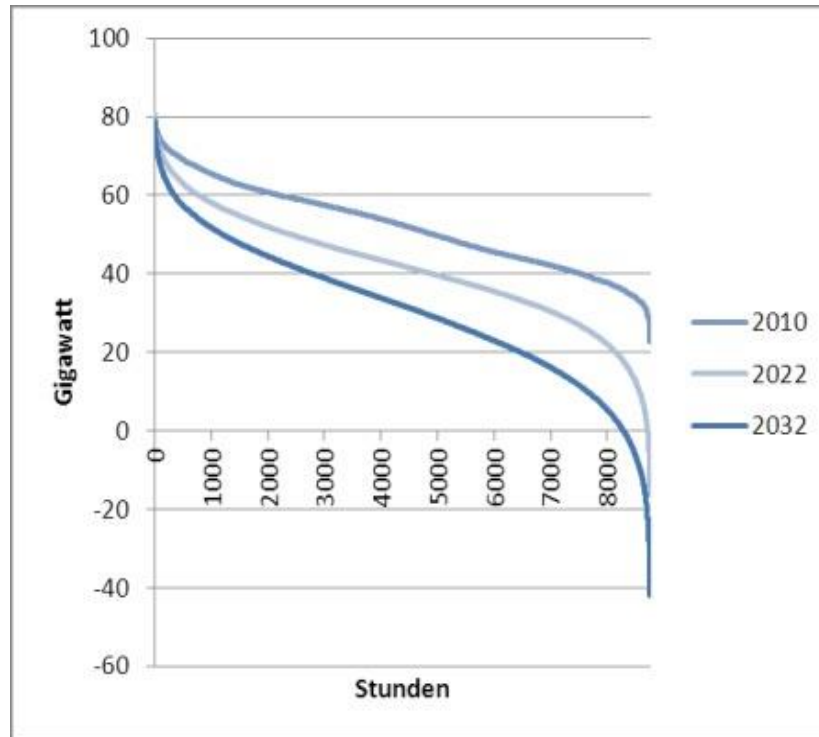
* vorläufige Angaben; Angaben inklusive Export

** Energiekonzept der Bundesregierung 2010: Senkung des Stromverbrauches um 10 % gegenüber 2008

Quelle: Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen: Auswertungstabellen zur Energiebilanz der Bundesrepublik Deutschland 1990 bis 2016, Stand 09/2017

3. Auswirkungen von e-Mobilität auf das Stromnetz

3.1 Verteilung der historischen Residuallast in Deutschland für das Jahr 2010; 2022 und 2032

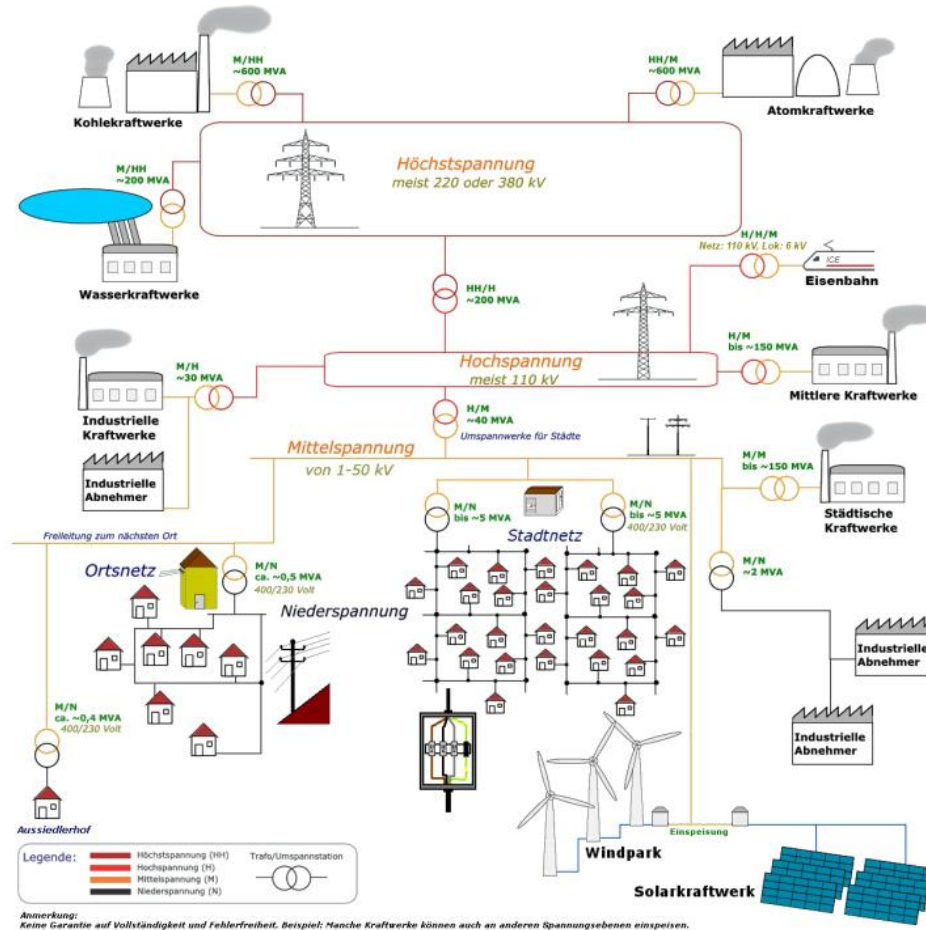


Berücksichtigung von Windkraft und Photovoltaik und unter der Annahme eines flexiblen Kraftwerksparks. Im Jahr 2032 liegt die zu deckende Residuallastspitze bei 79 GW. In ungefähr 300 Stunden ist die Residuallast größer als 60 GW, in 2800 Stunden größer als 40 GW, in 6500 Stunden größer als 20 GW, und in 500 Stunden kommt es zu Überschüssen.

Quelle: <https://www.diw.de/sixcms/detail.php?id=434277>

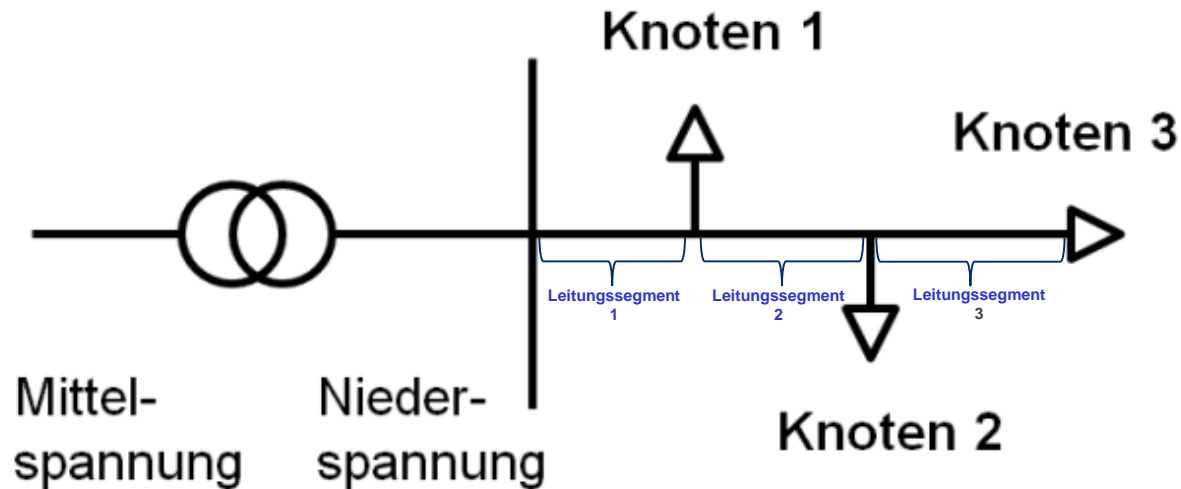
3. Auswirkungen von e-Mobilität auf das Stromnetz

3.4 Aufbau des deutschen Stromnetzes



3. Auswirkungen von e-Mobilität auf das Stromnetz

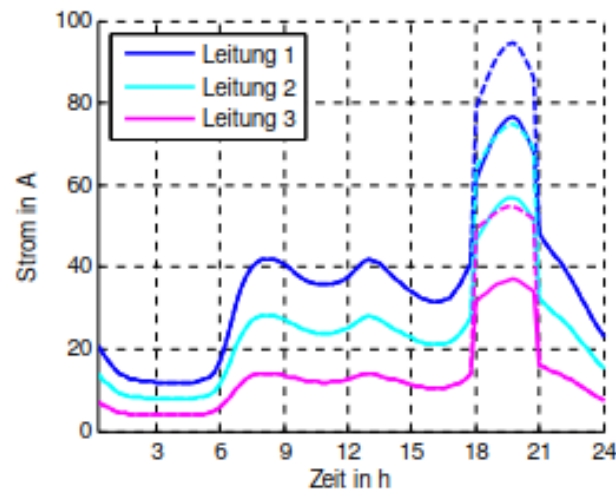
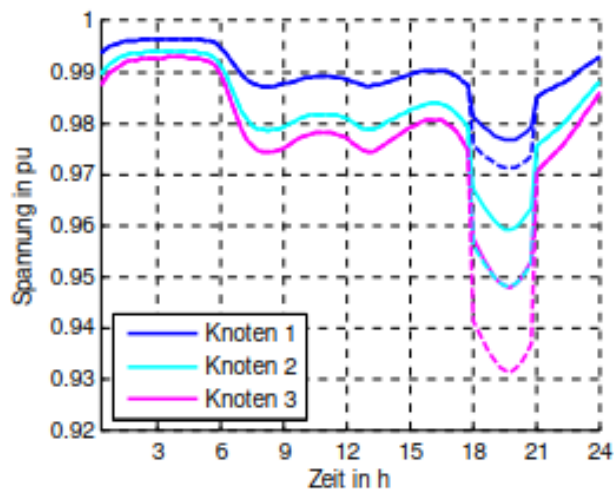
3.5 Aufbau des deutschen Stromnetzes – M/N Netz



Beispiel: Typischer Niederspannungsabgang für europäische Verhältnisse. Dieser versorgt häufig 30 bis 60 Haushalte mit einer Nennspannung von 400 Volt AC (Wechselspannung). An einem Ortsnetz-Trafo sind häufig mehrere solcher Knoten (Abgänge) angeschlossen.

3. Auswirkungen von e-Mobilität auf das Stromnetz

3.6 Fallbeispiel bei Anschluss von 1 oder 2 e-Fahrzeugen am Knoten 3 mit einer Ladeleistung von je 11 kW.
Bei einer 3-phasigen Stromabnahme von 18-21 Uhr.



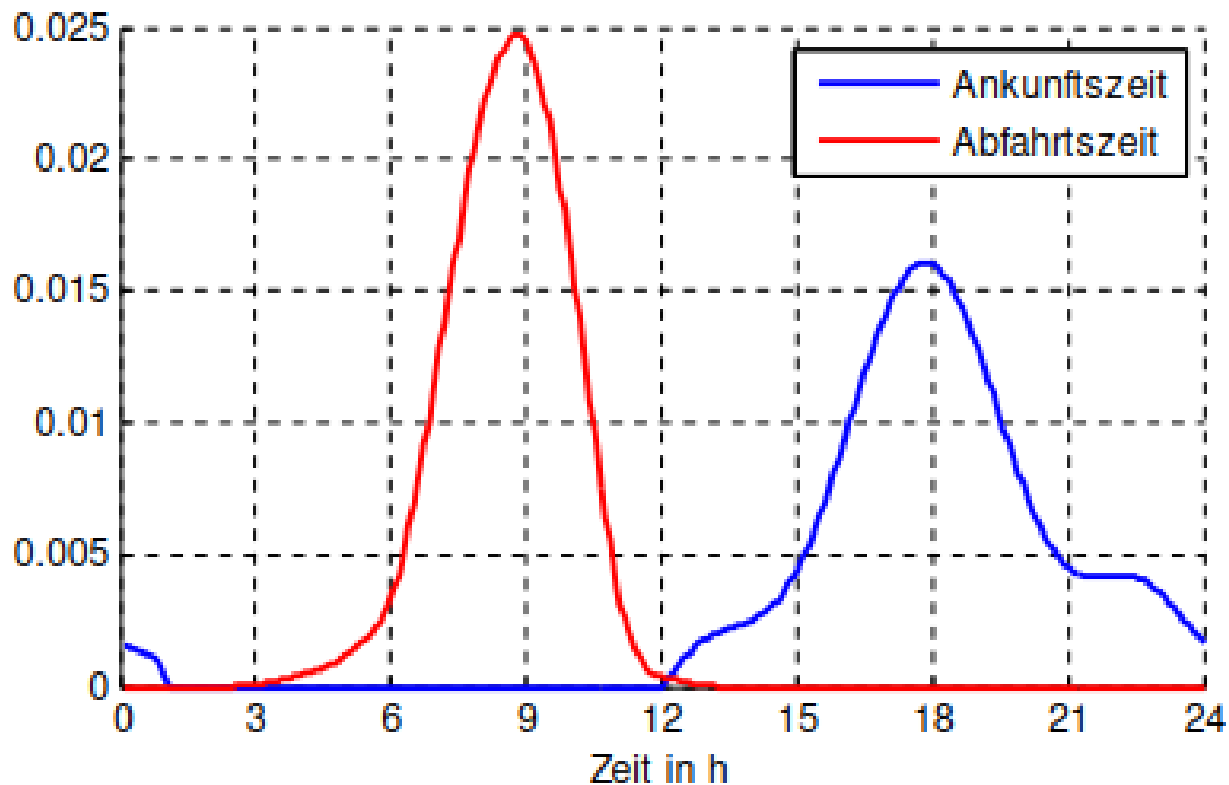
*Simulationsergebnisse mit einem e-Fahrzeug durchgezogene Linie, mit zwei e-Fahrzeugen gestrichelte Linie

Ergebnis des Fallbeispiels: Die Spannung am Knotenpunkt 3 sinkt von 0,97 pu (keine Last am Knotenpunkt 1) auf 0,95 pu bei einem Fahrzeug und bei zwei Fahrzeugen sogar auf 0,93 pu. Das gleiche Bild zeigt sich bei den Strombelastungen der einzelnen Leitungssegmente. Wären keine e-PKW zum Aufladen an dem Gesamtstrang angeschlossen würde eine Stromstärke von ca. 60 A am Leitungssegment 1 anliegen. Mit einem Elektroauto erhöht sich der Strom auf ca. 76 A und bei insgesamt 2 e-PKW werden ca. 92 A erreicht, was eine Zunahme von ca. 50% der Strombelastung auf der Zuleitung entspricht.

Quelle: Dissertation A.Probst; Auswirkungen von Elektromobilität auf Energieversorgungsnetze analysiert auf Basis probabilistischer Netzplanung, Stuttgart 2014

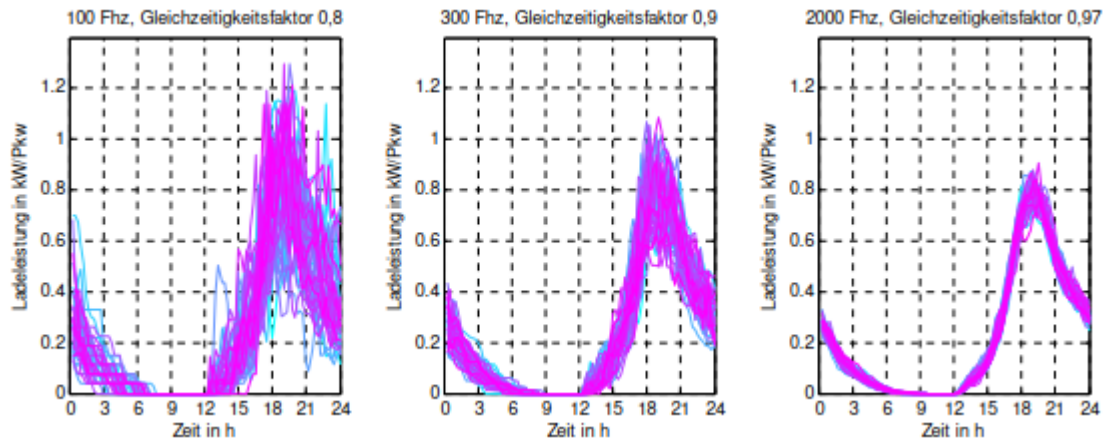
4. Mögliche Entstehung von Last- und Erzeugerprofilen

4.1 Wahrscheinlichkeitsdichte der Ankunfts- und Abfahrtszeiten von PKW an einem Werktag



4. Mögliche Entstehung von Last- und Erzeugerprofilen

4.1 Wahrscheinlichkeitsdichte der Ladezeiten



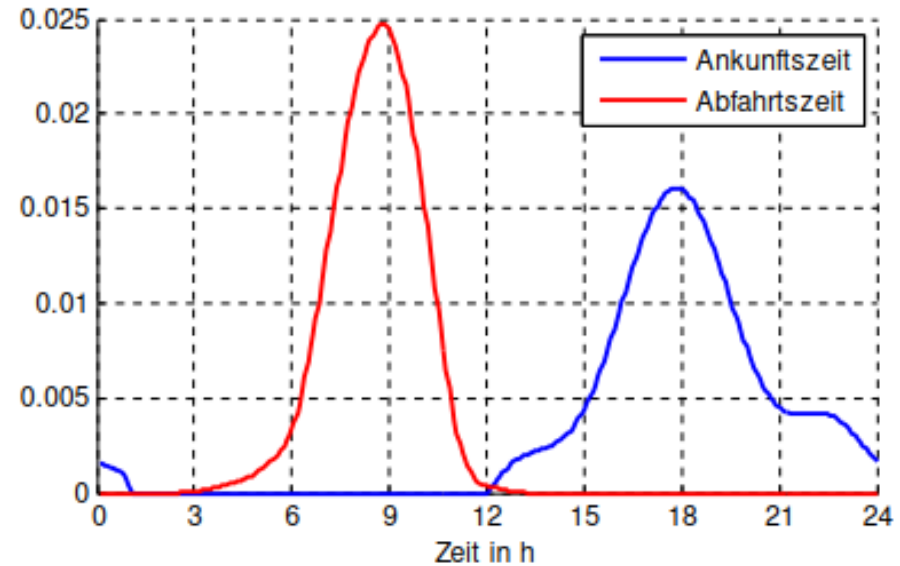
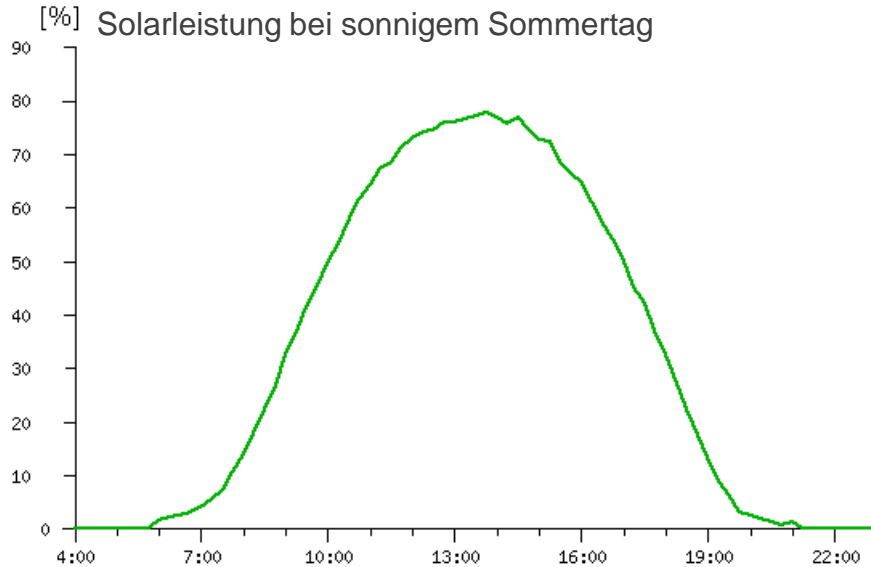
Aus den Graphen ergibt sich, dass die höchsten Lastprofile bei zunehmender Anzahl von e-Fahrzeugen und einem ähnlichen Ladeverhalten am Standort der PKW gegen 19 Uhr zu erwarten sind.

Es können folgenden Parameter als mögliche Indikatoren verwendet werden:

- Auftretenden Spitzenlasten
- Spannungsfälle
- Dimensionierung von Zuleitungen
- Betriebsmittelauslastung
- Gleichzeitigkeitsfaktor
- Hausanschlussleistung (derzeit 5kW)

5. Mögliche Netzentlastungen

5.1 Zusammenlegung von PV-Produktion und Hauptstandzeiten der ePKW



Quelle: Dissertation A.Probst; Auswirkungen von Elektromobilität auf Energieversorgungsnetze analysiert auf Basis probabilistischer Netzplanung, Stuttgart 2014

5. Mögliche Netzentlastungen

5.1 Zusammenlegung von PV-Produktion und Hauptstandzeiten der ePKW

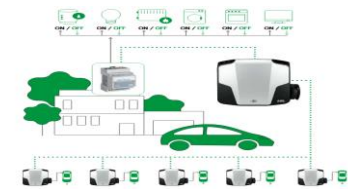
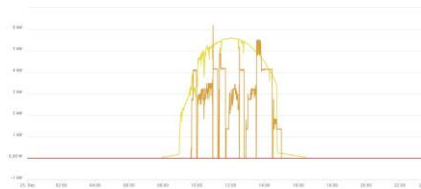
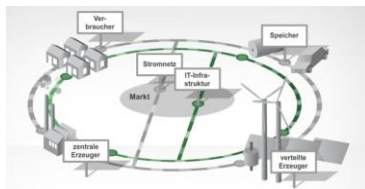


Beispiel: Einstellung der Ladezeit eines eFahrzeuges in die Haupterzeugungszeit einer hauseigenen PV-Anlage

5. Mögliche Netzentlastungen

Grundlegend könnten folgende Gedankenansätze für eine Angleichung von Erzeugung und Nutzung der elektrischen Energie in Zukunft eine Rolle spielen:

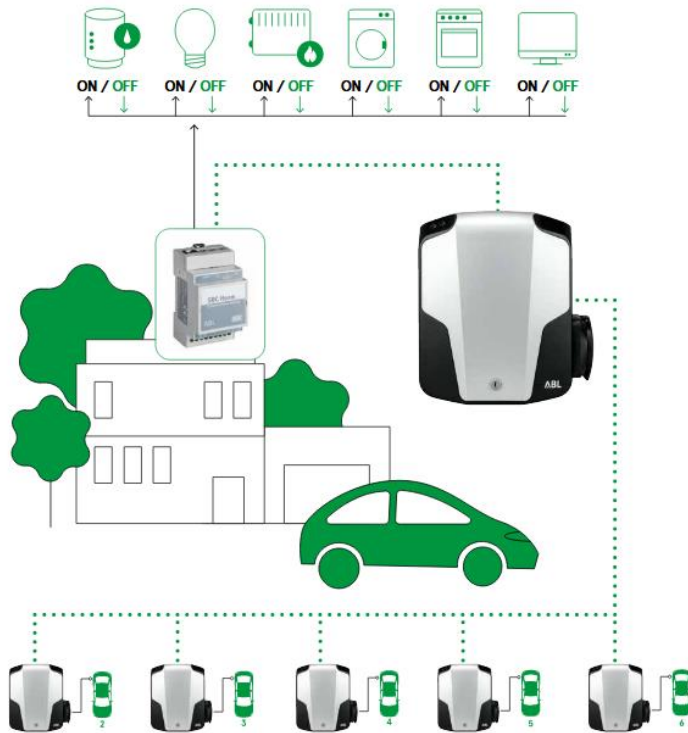
- Nachfragesteuerung der eMobilität via gesteuerter Ladetarife bei Stromüberschuss
- Verlagerung der Ladekurven von ePKW in die Schwachlastzeiten
- Vernetzte Kommunikation von Haushalten, ePKW, Netzen, Erzeugern, Großverbrauchern (Industrie), etc. DIN ISO 15118
- Volldynamisches Lastmanagement (bi-direktional) von Stromnetz und ePKW



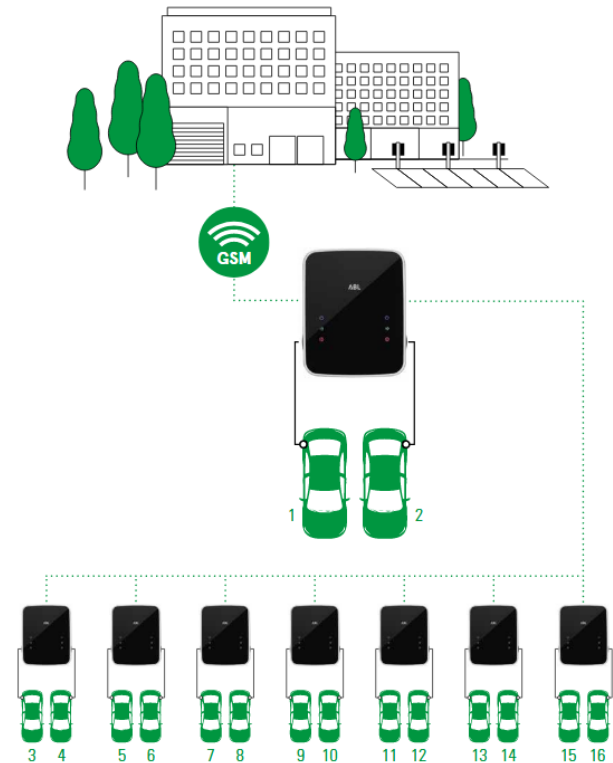
5. Mögliche Netzentlastungen

5.1 Dynamisches Lastmanagement

Volldynamisches Lastmanagement in Abhängigkeit des Leistungsverbrauches im Gebäude



Dynamisches Lastmanagement mit Verteilung eines festgelegten Gesamtwertes ohne Abstimmung mit dem Gebäudeverbrauch



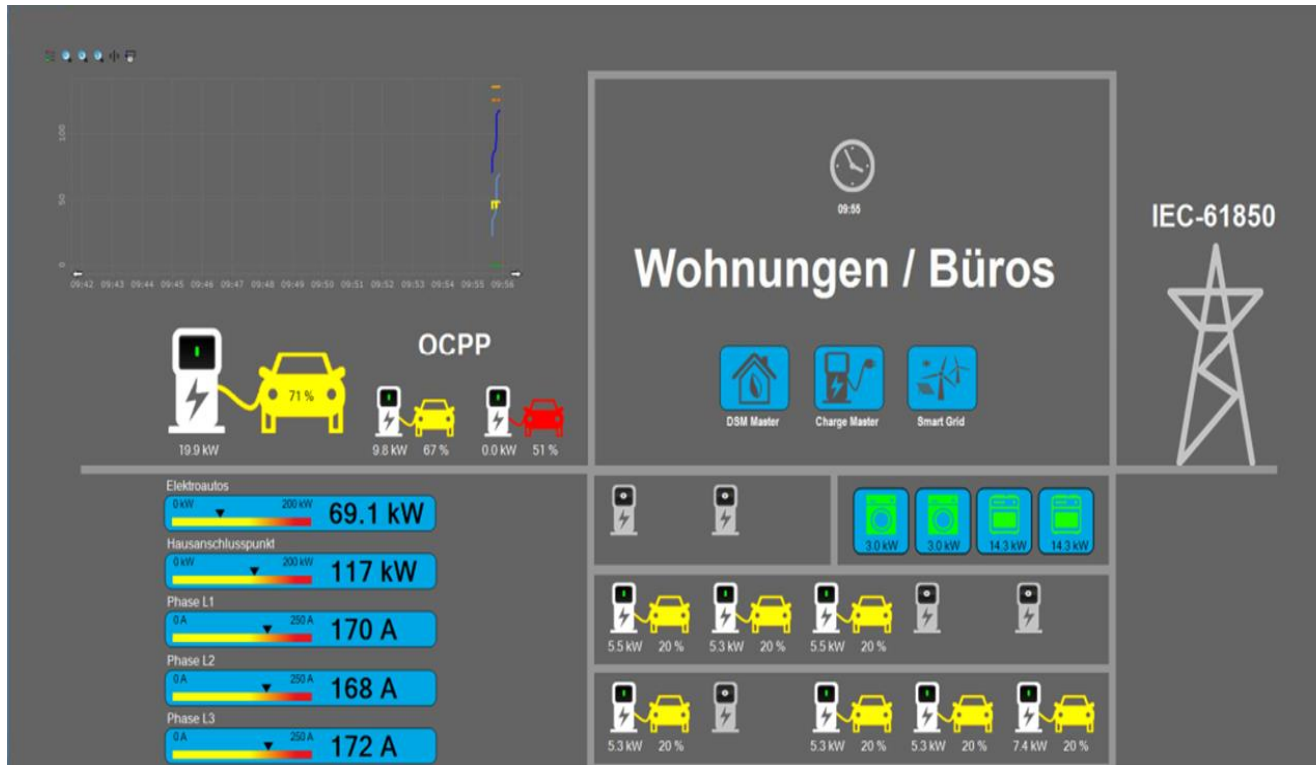
5. Mögliche Netzentlastungen

5.2 Voll-Dynamisches Lastmanagement

- Erfassen und Überwachen des Energieverbrauchs
- Senken der Energiekosten durch Spitzenlastoptimierung
- Integration in die Gebäudeautomation
- Übergeordnete Visualisierung ist Bestandteil der Lösung
- Flexibilität durch Schnittstellen
- Black-Out-Schutz
- Bereitstellungsleistung bleibt im Fokus
- Sicherstellung von der Energie für Produktion oder Gebäude
- Dynamische Bereitstellung der Leistung für alle Fahrzeuge
- Berücksichtigung des Ladestands der Fahrzeugbatterien (falls durch offene Schnittstelle übermittelt)
- Steuerung von Ladesäulen verschiedener Hersteller

5. Mögliche Netzentlastungen

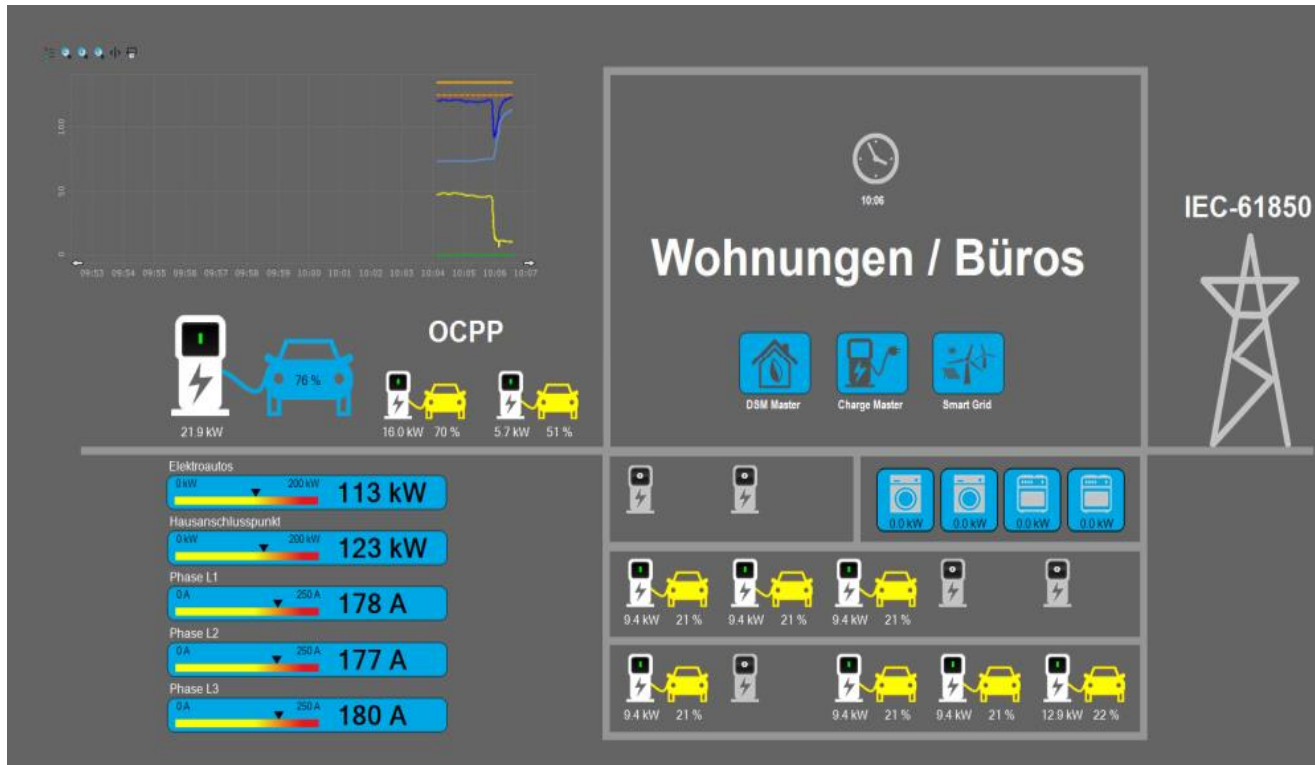
5.3 Beispiel: Leistungsgrenze 125 kW und 69,1 für Ladesäulen



- Verbraucher im Gebäude laufen
- 10 Fahrzeuge möchten laden
- Der Ladestrom wurde in Abhängigkeit des Ladestands zugeteilt

5. Mögliche Netzentlastungen

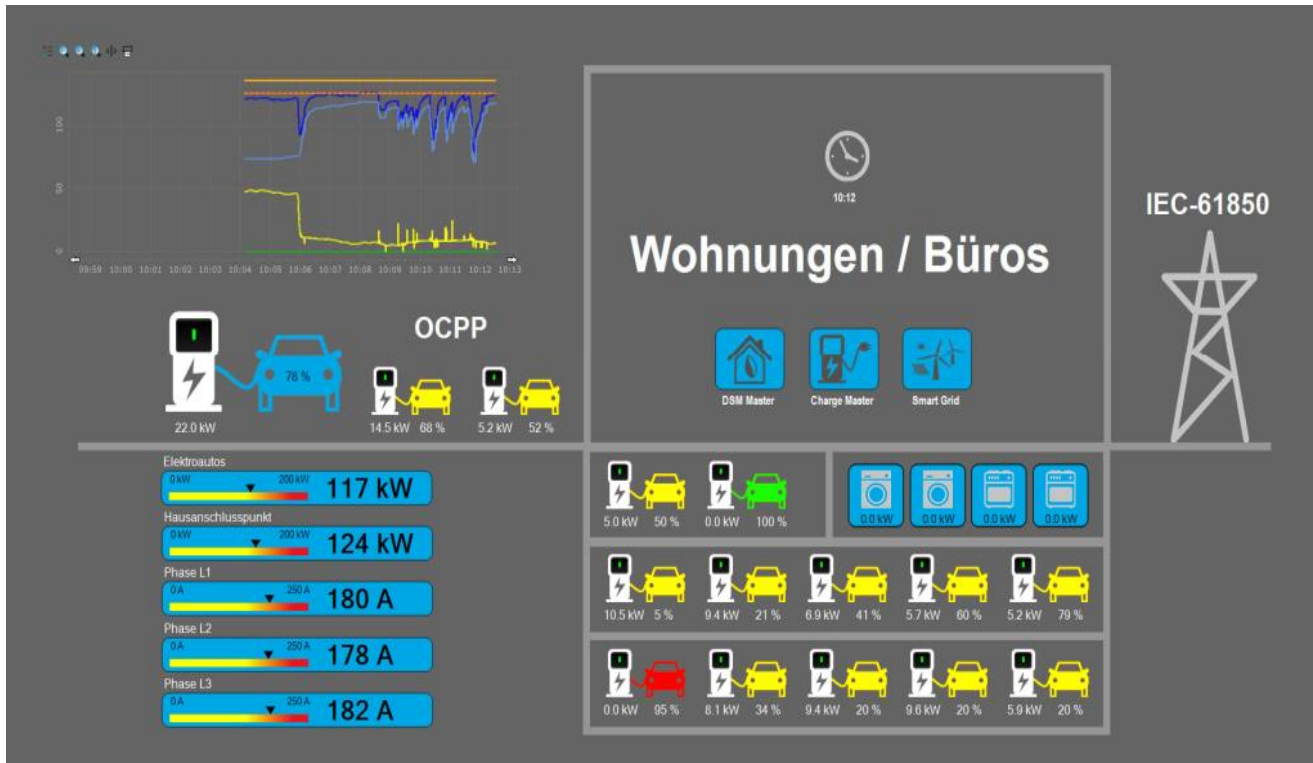
5.3 Beispiel: Leistungsgrenze 125 kW und 113 kW für Ladesäulen



- Verbraucher sind im Gebäude abgeschaltet
- 10 Fahrzeuge laden
- Die freigewordene Leistung wird auf die Fahrzeuge verteilt

5. Mögliche Netzentlastungen

5.3 Beispiel: Leistungsgrenze 125 kW und 117 kW für Ladesäulen



- 5 Fahrzeuge kommen dazu
- Freigewordene Leistung durch Vollgeladene Fahrzeuge wird umverteilt
- 117 kW für Ladesäulen

6. Ansätze für eine mögliche Netzplanung

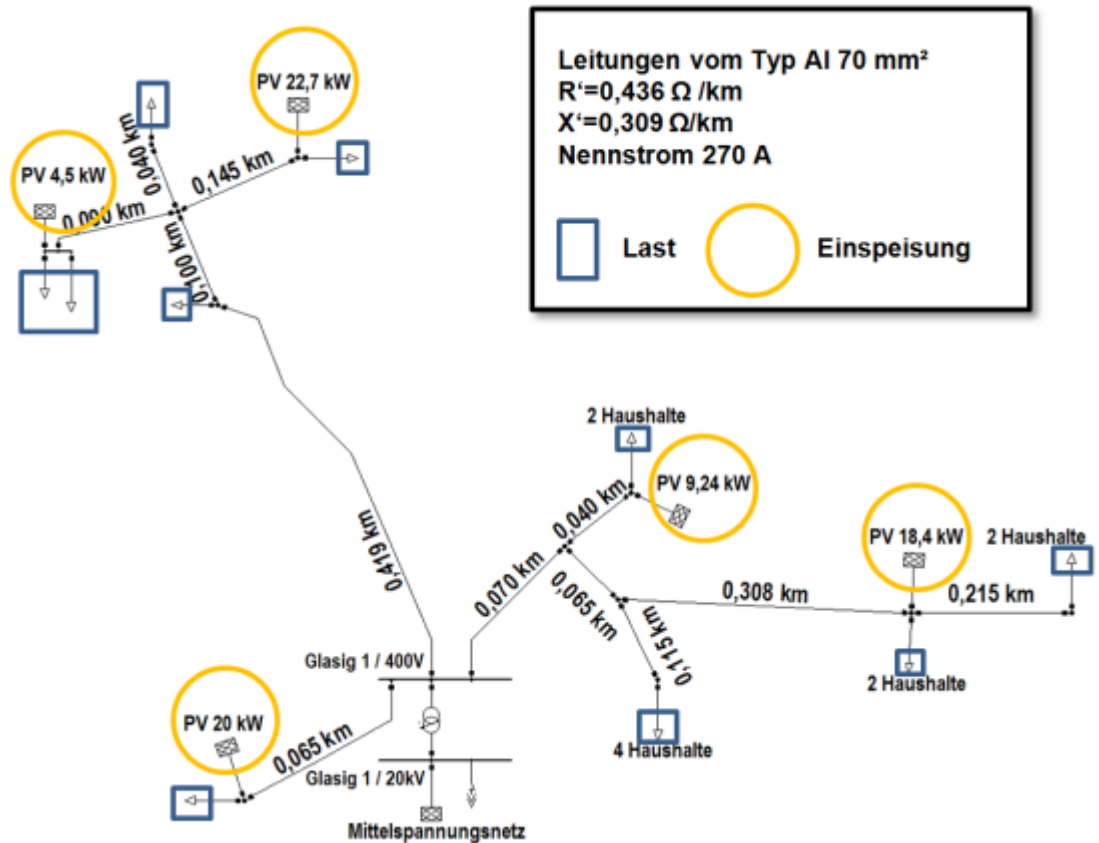
Grundsätzlich ist die Netzanalyse im Bezug auf die eMobilität nicht nur mit einer Ist-Analyse zu betrachten, es müssen entsprechende Zukunftsszenarien ständig angepasst werden. Denn die Elektromobilität wird nicht alleine zum Netzausbau führen. So sind folgende Aspekte für diese Szenarien sehr wichtig:

- hoher Durchdringungsgrad der Elektroautos in der Stadt
- städtische Netze sind von kurzen Leitungssträngen mit hoher Lastdichte geprägt
- städtische Netze haben eine höhere Leitungs- und Betriebsmittelbelastung
- Ausbau von dezentralen Erzeugungsanlagen (PV, BHKW, Biogas, Windkraft)
- Ausbau von Klimatisierung im Privatbereich
- Weiterer Zubau von Luftwärmepumpen

Sollte eine Netzausbaumaßnahme ohnehin anstehen kann die Leitung vorausschauend mit einem größeren Materialquerschnitt verlegt werden, wenn die Erdarbeiten sowieso anfallen.

7. Dimensionierung eines städtischen Netzes in Folge von e-Mobilität

Erzeugungsanlagen, wie in diesem Beispiel PV-Anlagen, können grundsätzlich zu einer Netzentlastung beitragen und einen Netzausbau verhindern. Es bleibt zu berücksichtigen wann die Energielast an den einzelnen Strängen und Knotenpunkten bzw. wann eine Erzeugung entsteht!



Quelle: Dissertation A.Probst; Auswirkungen von Elektromobilität auf Energieversorgungsnetze analysiert auf Basis probabilistischer Netzplanung, Stuttgart 2014

8. Ihre Fragen

A panoramic view of the Frankfurt skyline from the Main river. The image shows a mix of modern glass skyscrapers and traditional European architecture, including the prominent red brick spire of the Frankfurt Cathedral on the right. The sky is clear blue with some light clouds. A dark blue semi-transparent banner is overlaid on the lower left portion of the image, containing text and a logo.

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

Joachim Kilian
Vertrieb dezentrale Anlagen
Mainova Aktiengesellschaft
Solmsstraße 38
D-60486 Frankfurt am Main
Tel.: 069-21327715
j.killian@mainova.de

