



Dezentrale Strukturen elektrischer Netze

E-Mobilität in ländlichen Regionen



Kai Niclas Rohde

[1]

Stefan Schroer
Christian Wesseling

07.07.2017

Inhalt

- Einleitung/ Zielsetzung
- Referenznetz
- Annahmen und Szenarien
- Lastprofile
- Netzsimulation
- Auswertung der Ergebnisse
- Zusammenfassung und Fazit



Einleitung

- Analyse der Netzbela<stung durch Elektrofahrzeuge
- Simulation unterschiedlicher Szenarien
- Darstellung des „worst case“ Szenarios

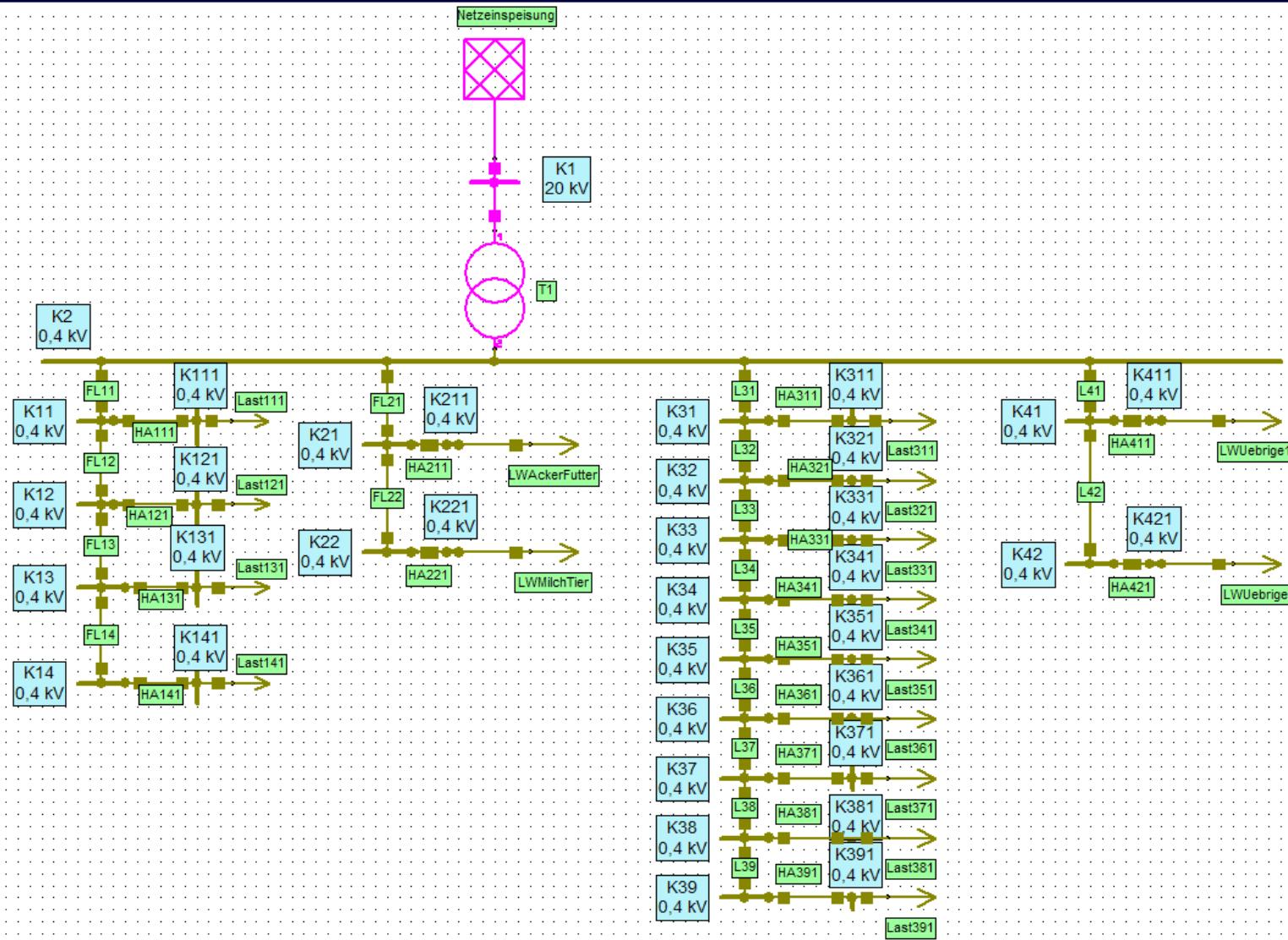


Daten Referenznetz

Parameter	Klassifikation
Trafo-Nennleistung	160 kVA
Leitungsabgänge	4
Abstand 1. Abgang	40-150 m
Abstand zwischen Abgängen	40-150 m
Strahlänge	120-400 m
Anzahl der Abgänge	2-9
Leitungstyp HA	50- mm ² -AL-Kabel
Leitungstyp Kabel	4x150mm ² -AL-Kabel NAYY
Leitungstyp Freileitung	4x70-mm ² -AL-Leitung NFA2X
Verbraucherverteilung	50% EFH/ 50% LW

[2]

Referenznetz (ländliche Gebiete)



Unterschiedliche Szenarien

- Betrachtung der Jahre 2016, 2020, 2030, 2050 und 2060 („worst case“ Szenario)
- 104,9% Fahrzeuge pro Haushalt
(Annahme: bleibt konstant) [3]
- Konstante Bewohner- und Häuseranzahl
(13 Häuser und 4 Landwirte)
- Beachtung des 10% Kriteriums
- Ladung der Fahrzeuge an üblichen Haushaltssteckdosen (3,7 kW, 230 V, 1x16A bzw. 11 kW, 400 V, 3x16 A)

Anzahl E-Fahrzeuge

■ Prognostizierung der Gruppen E-Mobilität

Jahr	Durchdringungs-Faktor (%)
2016	0,057
2020	1,59
2030	2,18
2050	11,19
2060	Frage der Überlastung des Netzes

■ 2050 entspricht das 1,9 E-Fahrzeugen

Motivation

- Tesla startet seine Produktion des Model 3 heute (07.07.2017) [4]
- Im September soll das Model 3 in Massenproduktion gehen



- Reichweite: 345 km
- Beschleunigung 0-100 km/h: unter 6 sec.
- Sicherheit: 5 Sterne
- Sitzplätze: 5
- Supercharger: Ja
- Autopilot-Hardware: Ja
- Preis: 35000 USD

[5]

Anzahl der E-Fahrzeuge

■ Unsere bearbeiteten Werte

Jahr	Durchdringungsfaktor (%)
2016	5,89
2020	11,76
2030	29,41
2050	58,82
2060	100

■ 2050 Entspricht das 10 E-Fahrzeugen



Verwendete Lastprofile (LP)

- Kleines Referenznetz ermöglicht die Erstellung von individuellen LP für jeden Abnehmer
 - Jede Last wird durch eigenes, einzigartiges LP beschrieben
- Erstellung der LP:
 - Generierung der LP für Haushalte mit Lastprofilgenerator [7]
 - Verwendung von verschiedenen Landwirtschaftlichen SLP für die Bauernhöfe [8]
 - Generierung der E-Auto-LP mit eigens entwickelten Excel Tool

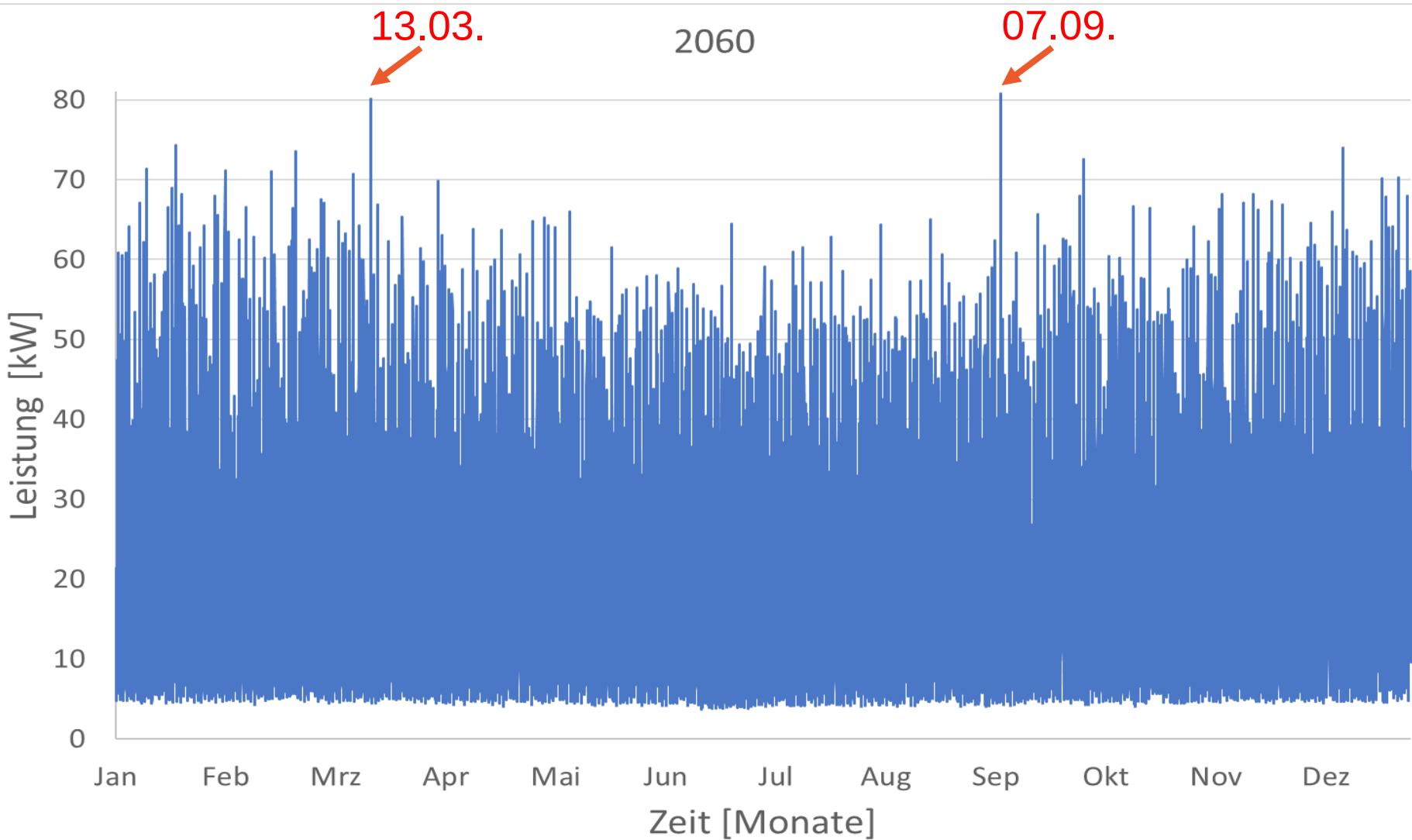


Generierung der E-Auto Lastprofile (LP)

- Vereinfachungen:
 - Laden nur mit Ladeleistung oder 0 kW
 - Keine Urlaube für E-Auto-Fahrer
- Eingaben in Excel:
 - Ladeleistung (i.d.R. 3,7 oder 11 kW)
 - Berufstätig / Rentner
 - Durchschnittliche Strecke Werktags
 - Durchschnittsverbrauch (ca.10-25 kWh/100km)
 - Ladebeginn (i.d.R. kurz nach Feierabend)
 - Viele oder wenige Fahrten am Wochenende (0-1)



Jahreslastprofile



Jahreslastprofile

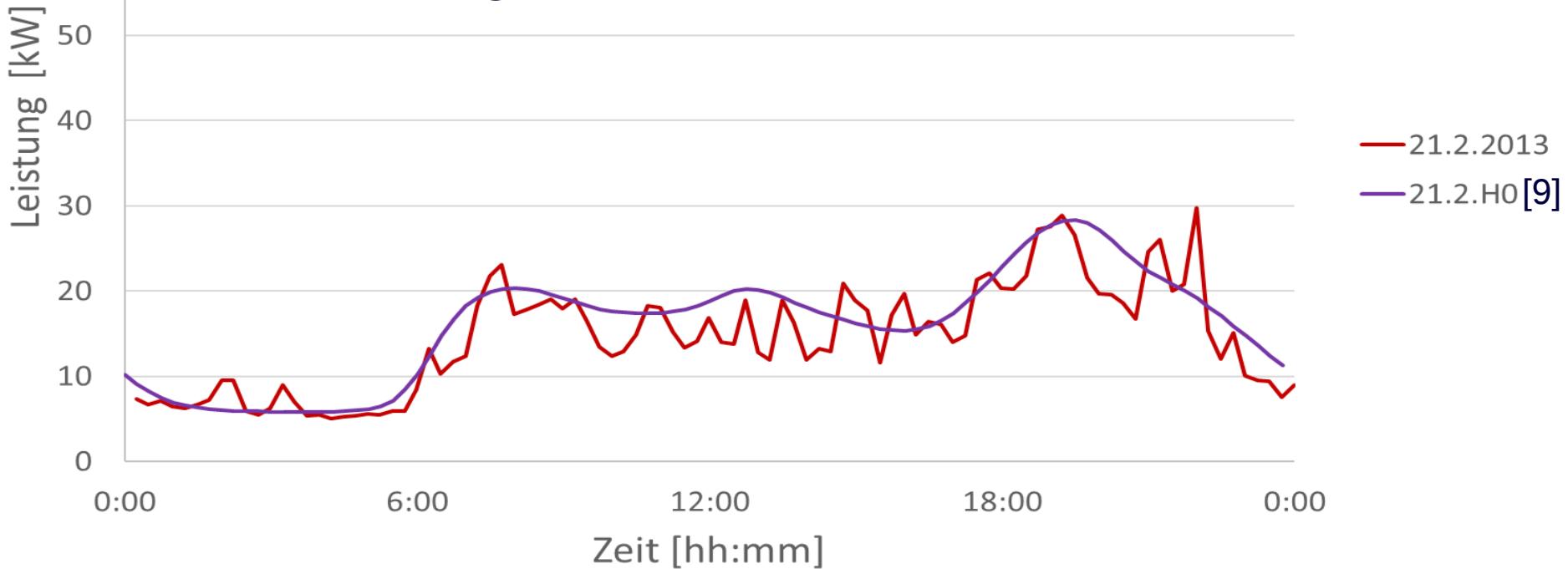
- 13.03. ist für (fast) alle Szenarien der Tag mit dem „worst case“
 - In weiteren Untersuchungen wird dieser Tag betrachtet
- Zunächst aber ein beliebiger Tag



Beliebiger Tag

Referenznetz

- Schon durch die Überlagerung von nur 17 individuellen LP lässt sich ein Trend in Richtung eines SLP beobachten



Extremer Tag

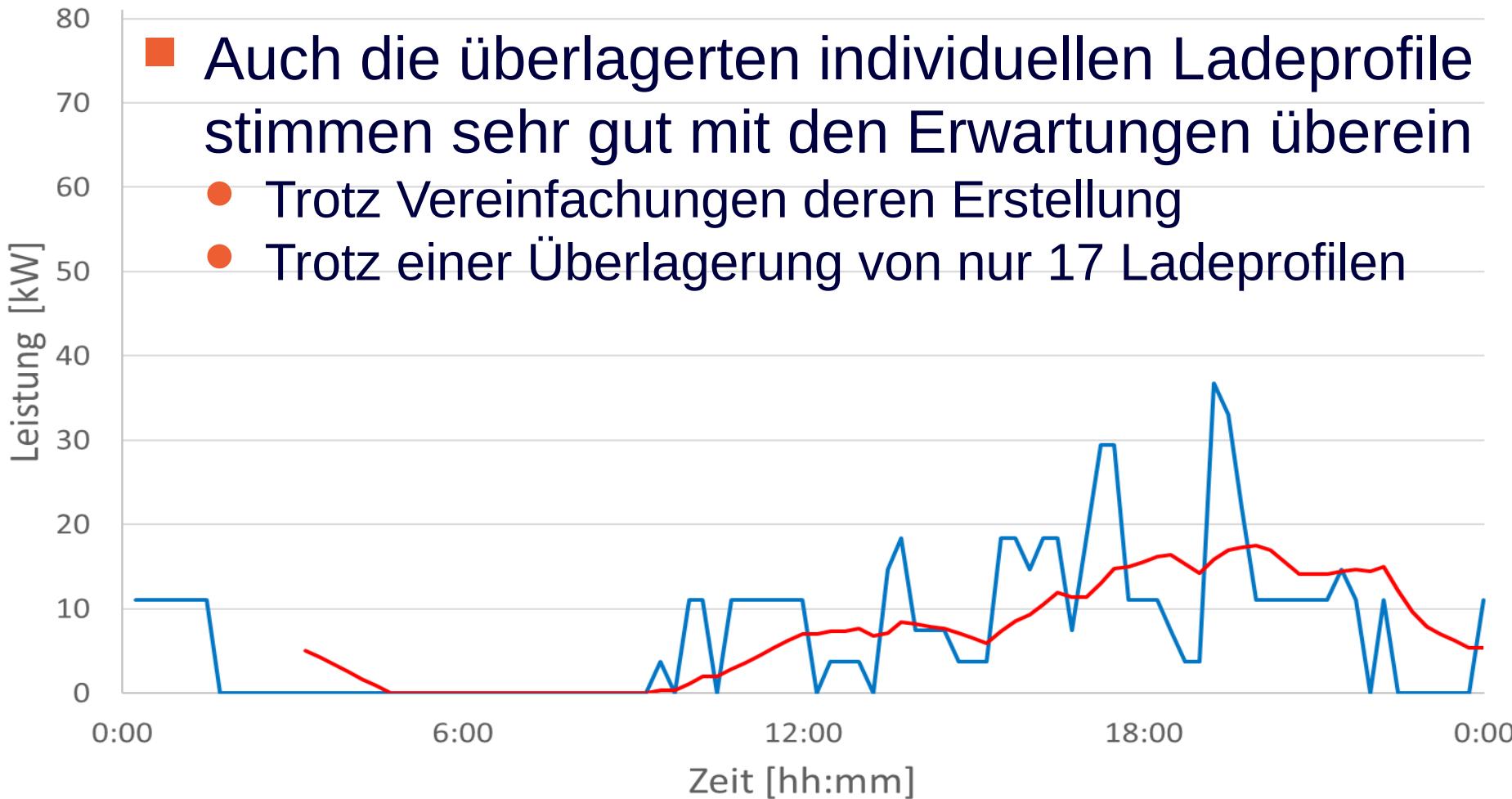
13.3.2060



Ladeprofile 13.03.

Ladeprofile 13.3.2060 + gleitender Mittelwert

- Auch die überlagerten individuellen Ladeprofile stimmen sehr gut mit den Erwartungen überein
 - Trotz Vereinfachungen deren Erstellung
 - Trotz einer Überlagerung von nur 17 Ladeprofilen

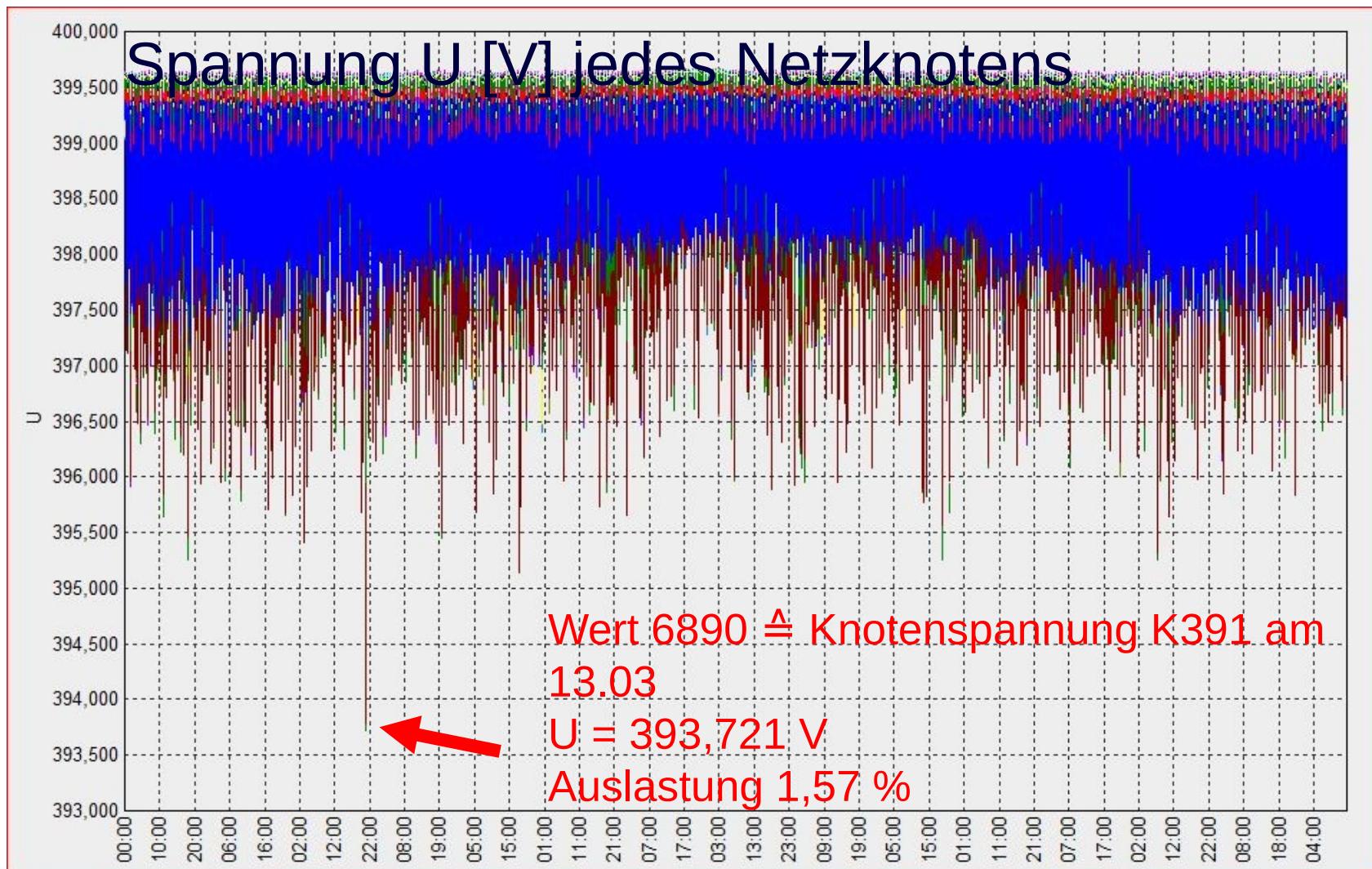


Simulation

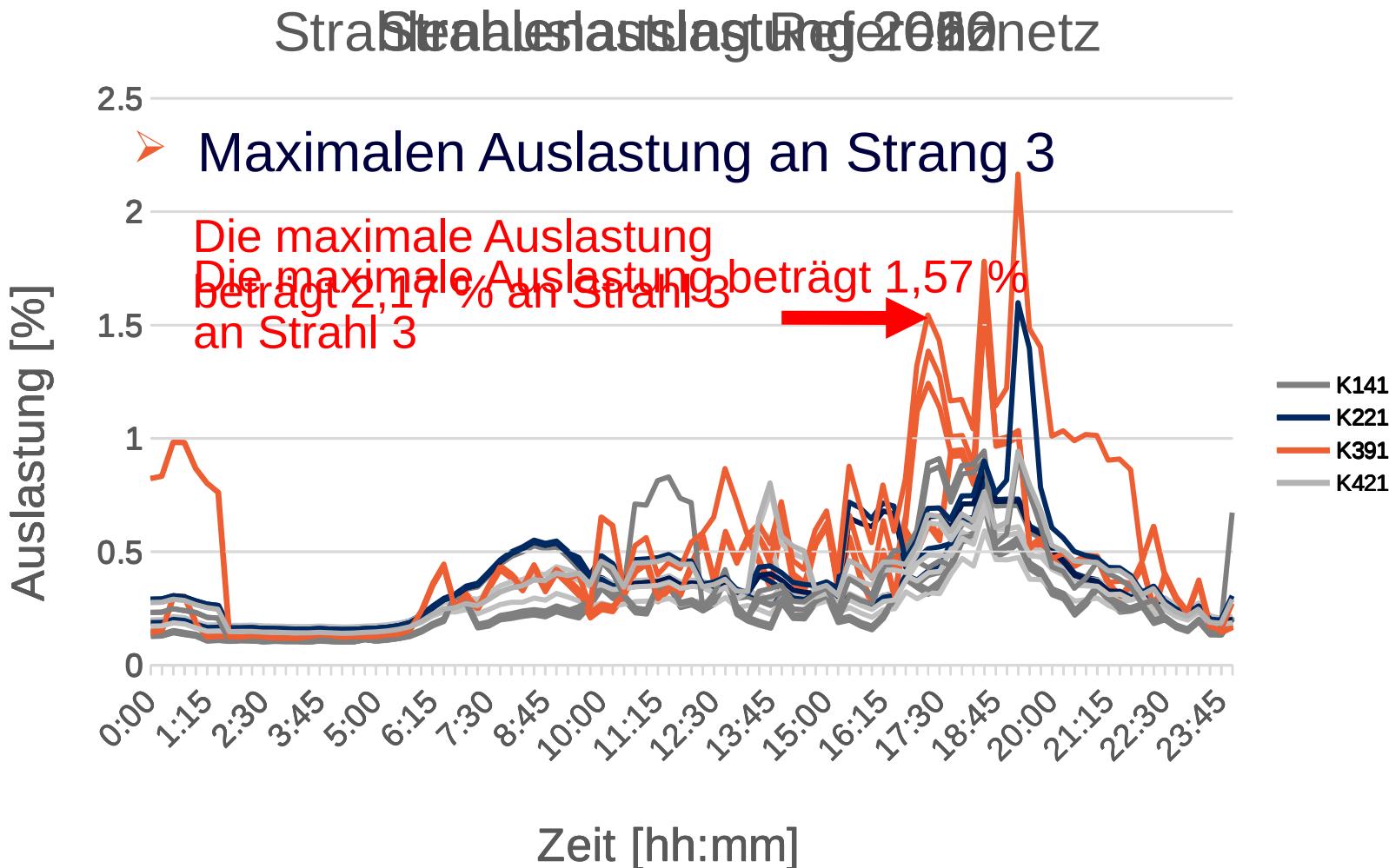
- Jahressimulation des Referenznetzes
 - Betrachtung des maximalen Spannungsabfalls
 - Wie bereits durch LP zu erwarten liegt am 13.03 der höchste Spannungsabfall vor
- Simulation des 13.03 für die beschriebenen Szenarien
 - Strangbelastung des Netzes
 - Spannungsabfall des höchstbelasteten Stranges
 - Transformatorauslastung
 - Jeder Haushalt mit E-Auto hat eine eigene Ladestation



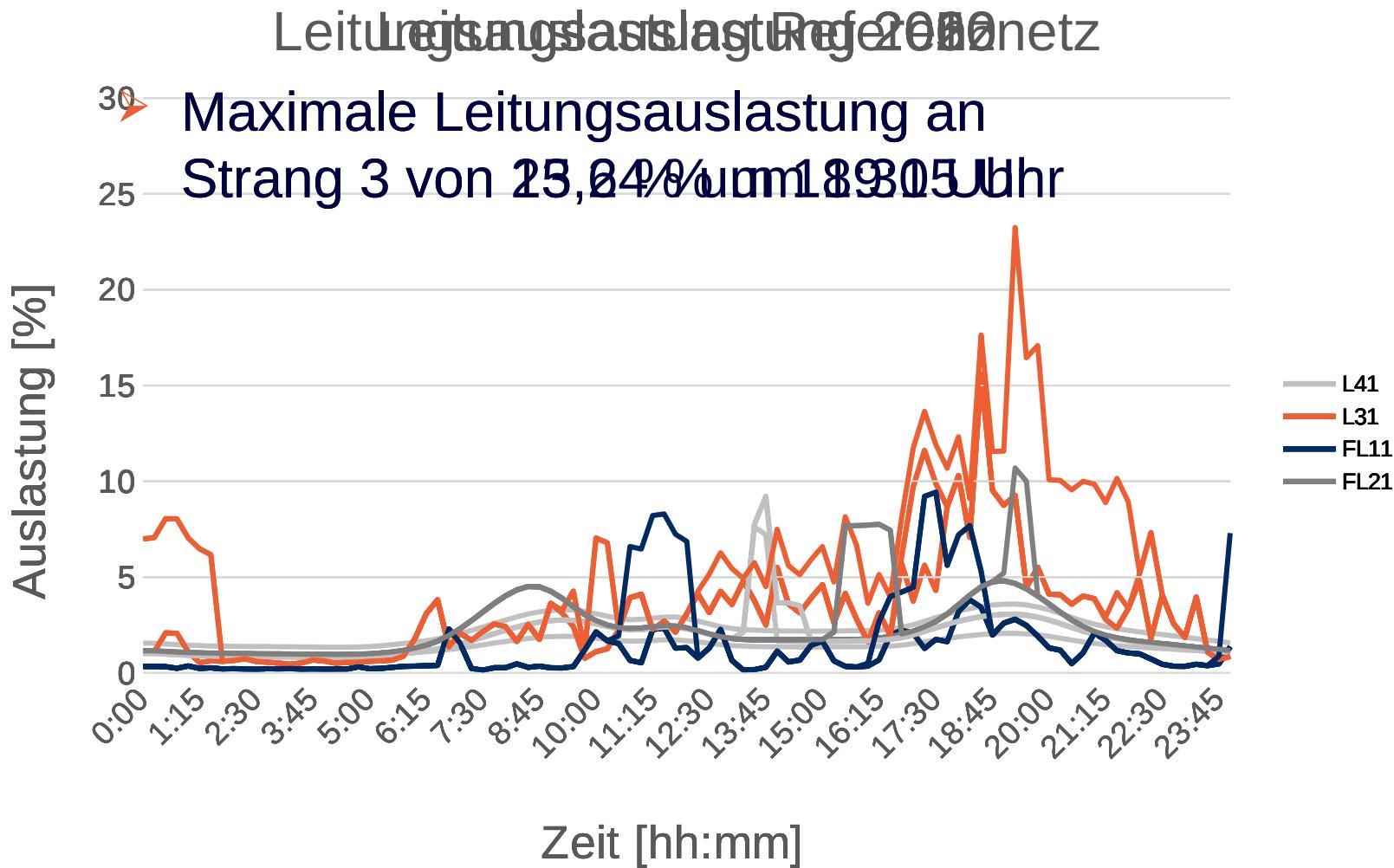
Jahressimulation des Referenznetzes



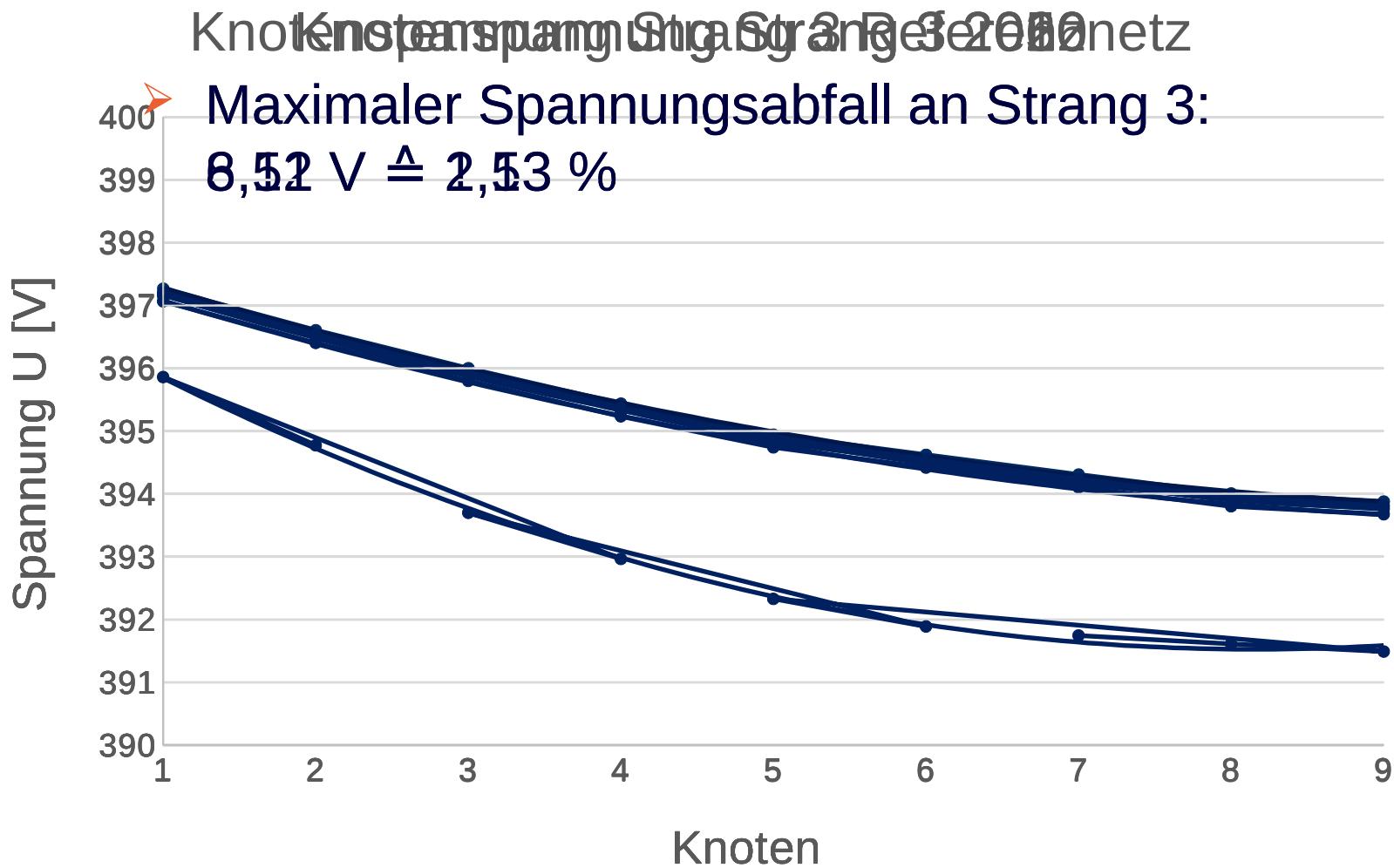
Strahlenauslastung des Netzes am 13.03



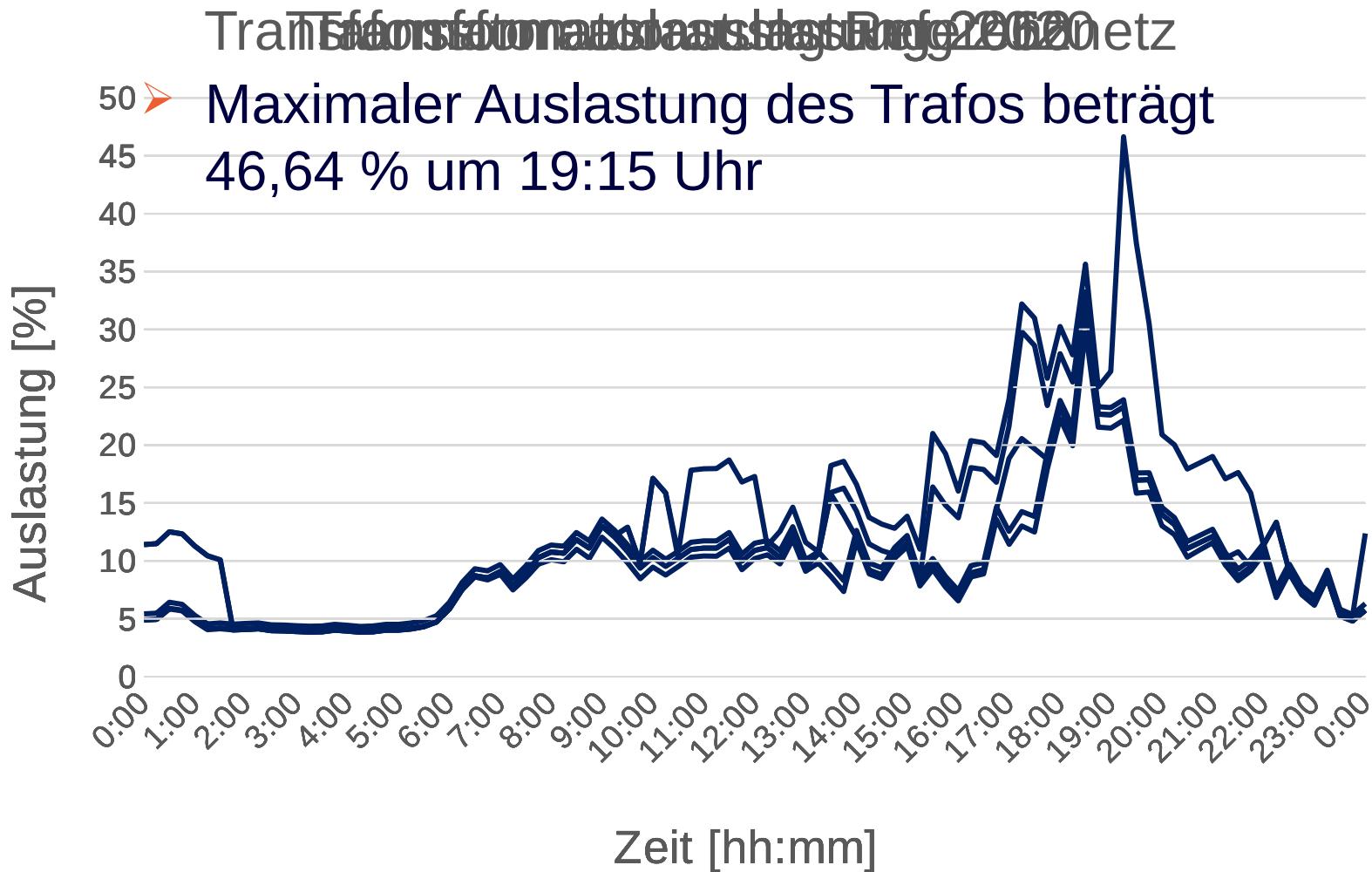
Maximale Leitungsbelastung am 13.03



Spannungsabfall an Strang 3 am 13.03



Transformatorauslastung am 13.03



Zusammenfassung und Fazit

- Maximalwerte des Netzes im Jahr 2060
 - Maximale Leitungsauslastung:
 - 23,24 % an Stang 3
 - Höchste Strangauslastung:
 - 2,17 % an Strang 3 bei einem Spannungsabfall von 8,51 V
 - Maximale Transformatorauslastung:
 - 46,64 %
- **Es ist kein Ausbau des Netzes erforderlich, auch wenn jeder Haushalt des Netzes ein Elektrofahrzeug nutzt**



Fragen

■ Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit



Quellen

- [1] <https://www.tesla.com/used>
- [2] G. Kerber, "Aufnahmefähigkeit von Niederspannungsverteilnetzen für die Einspeisung aus Photovoltaikanlagen", Dissertation Technische Universität München, Juli 2011.
- [3] [https://www.tesla.com/tesla_theme/assets/img/models/slides how/Red_Bay-1440.jpg?20170420](https://www.tesla.com/tesla_theme/assets/img/models/slides/how/Red_Bay-1440.jpg?20170420)
- [4] [http://www.spiegel.de/auto/aktuell/elon-musk- produktionsstart- des-tesla-model-3-am-freitag-a-1155695.html](http://www.spiegel.de/auto/aktuell/elon-musk-produktionsstart-des-tesla-model-3-am-freitag-a-1155695.html)
- [5] [https://electrek.files.wordpress.com/2016/04/d0iav10- e1461755819493.jpg?quality=82&strip=all&strip=all&w=1600 &h=1000](https://electrek.files.wordpress.com/2016/04/d0iav10-e1461755819493.jpg?quality=82&strip=all&strip=all&w=1600&h=1000)
- [6] https://www.tesla.com/de_DE/model3

Quellen

- [7] Noah Pflugradt, Bernd Platzer, „
Behavior based load profile generator for domestic hot water
and electricity use“,
The 12th International Conference on Energy Storage
(Innstock 2012), Lleida, Spain, 16 - 18 May 2012, Paper No.
INNO-S-04
Öffentlich verfügbarer Profil-Generator unter:
<http://www.loadprofilegenerator.de/>
- [8] e.on Mitte
Lastprofile 2013
Nordrhein-Westfalen
- [9] e.on Mitte
H0 Lastprofil 2013
Haushaltskunden Nordrhein-Westfalen