



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
WIEN

Vienna University of Technology

Transient thermische Modellierung von elektrischen Leitungen für eine flächendeckende und intelligente Einbindung erneuerbarer Energieträger und von Elektrofahrzeugen

Andreas Schuster

Institut für Energiesysteme und Elektrische Antriebe

Energieinformatik 2013, 12.-13. November 2013, Wien

Herausforderungen der Mobilität:

- Gemäß IPCC müssen CO₂-Emissionen stark reduziert werden (50-80% gegenüber dem Jahr 2000)
- Sektor Verkehr zweitgrößter CO₂-Emmitent (Anteil rund 26%) + höchste Steigerungsraten

Lösungen der Mobilität:

- Mobilitätsverlagerung hin zum öffentlichen Verkehr
- Einsatz von Elektrofahrzeugen

Herausforderungen der Mobilität und an die elektrischen Netze:

- Gemäß IPCC müssen CO₂-Emissionen stark reduziert werden (50-80% gegenüber dem Jahr 2000)
- Sektor Verkehr zweitgrößter CO₂-Emmitent (Anteil rund 26%) + höchste Steigerungsraten
- Elektromobilität ist nur eine Lösung mit neuen erneuerbaren Energiequellen
- Größtes erneuerbares Potential ist die Photovoltaik, welche nur geringe Volllaststunden (rund 1000 Stunden) besitzt
- Aufgrund der hohen Ladeleistungen der E-Fahrzeuge (derzeit bis zu 50 kW) sowie der starken PV-Erzeugungsspitzen entstehen intensive Beanspruchungen der Netzelemente

- Infolge der Herausforderungen an die elektrischen Netze werden Auslastungen immer öfters die thermische Grenze erreichen
- Transient thermische Modellierungen beschreiben die Temperaturvorgänge im Kabel exakt



Rahmenbedingungen der Analysen:

- Beispielhaftes Wiener NS-Netz:
 - Großteils Haushalte (81%) und Gewerbe (11%)
 - Trafonennleistung 800 kVA und max. Leitungslängen 257 m
 - Lastprofile durch 3-phasige Messungen

- Zusätzlich Ladevorgänge von E-Taxis:
 - 80%-iger Umstieg einer derzeitigen Taxiflotte (GPS-Daten)
 - Ladeleistung von 50 kW/Fahrzeug → Maxima rund 350 kW

- Zusätzlich Photovoltaikanlagen:
 - 4 Anlagen → 200 kW_p in Summe

Leitungs- und Umgebungsparameter:

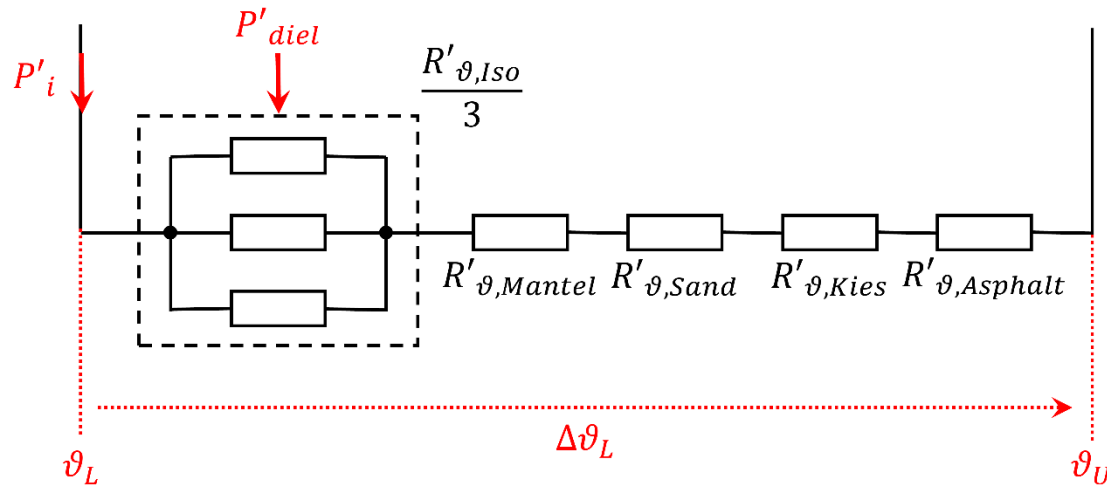
- Typisches NS-Erdkabel E-XAYY 4x150SM:
 - Aluminiumleiter mit PVC-Isolierung und -Mantel (max. 70°C)
 - Strombelastbarkeit von 275A (im Erdreich)

- Bettungsmaterial
 - 20 cm Sand, 50 cm Kies und 2,5 cm Asphaltsschicht

- Monatsmittelwerte der Umgebungstemperatur unter Asphaltdecke

Stationär thermische Berechnung:

- Eingeschwungener Zustand → Berechnung der Belastbarkeit
- Analogie zum Ohm'schen Gesetz



$$\dot{Q}' = \frac{\Delta\vartheta_L}{\sum R'_{\vartheta}}$$

$$I = \sqrt{\frac{\dot{Q}' - P'_{diel}}{3 \cdot R'_{Leiter}}}$$

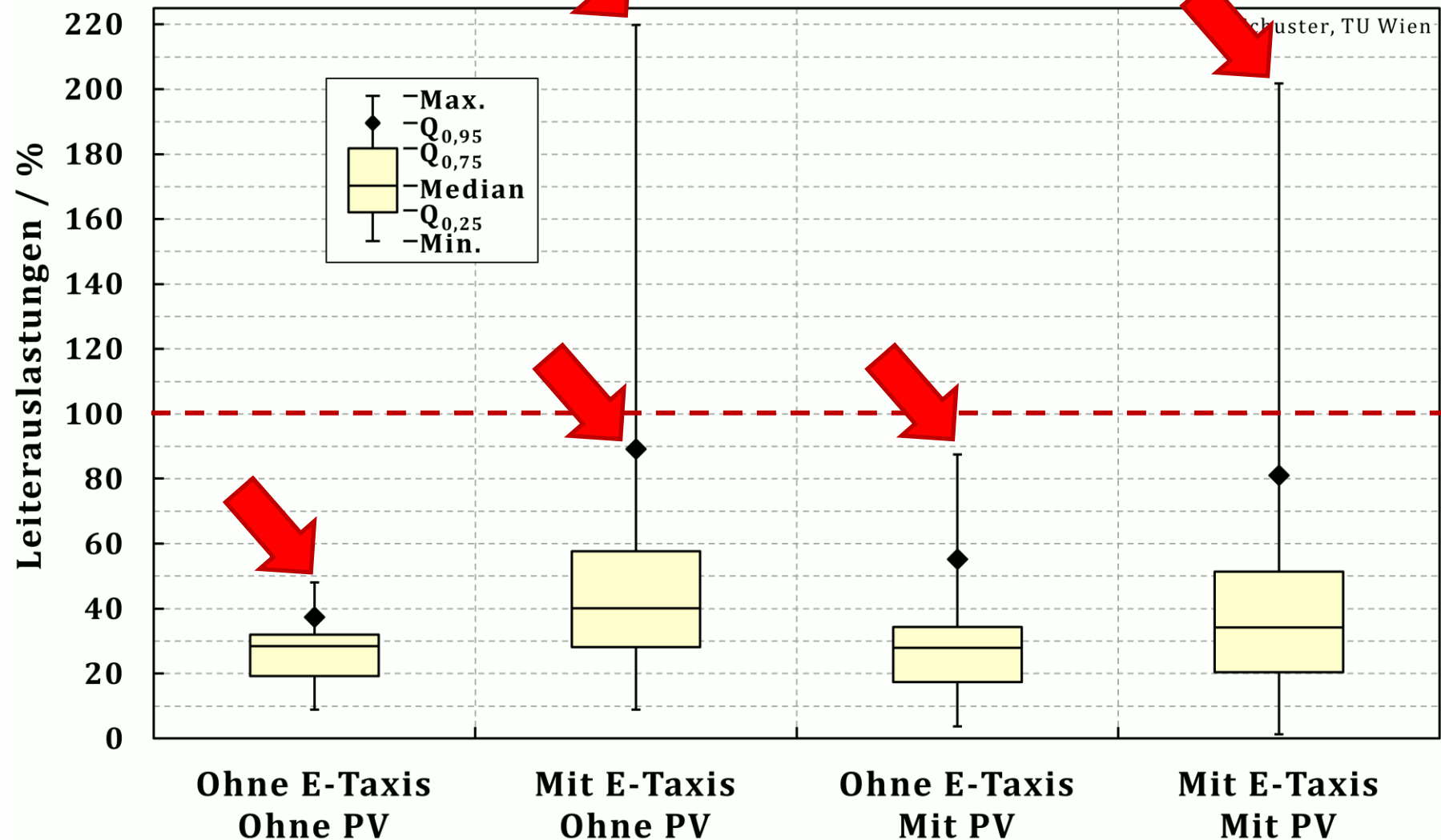
Transient thermische Modellierung:

- Berechnet Verhalten bis zum eingeschwungenen Zustand
- Wichtige Kenngröße ist die spez. Wärmekapazität c_p
- Wärmestrom bzw. Temp.-änderung zwischen Isolation und Mantel (beispielsweise):

$$\dot{Q}'_{\text{Ableitung,Isolation}} = \frac{\vartheta_{\text{Isolation}} - \vartheta_{\text{Mantel}}}{R'_{\vartheta,\text{Mantel}}}$$

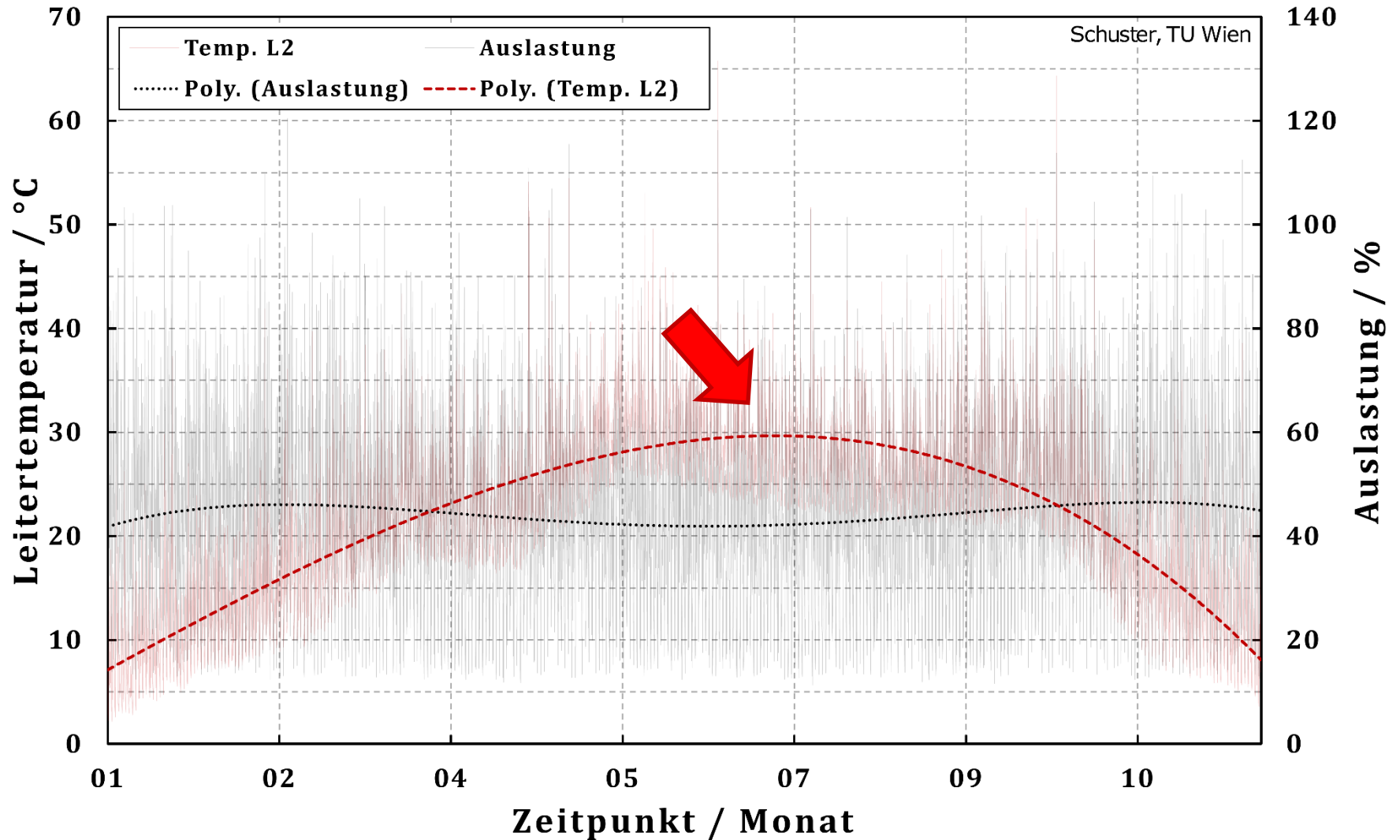
$$\Delta\vartheta_{\text{Isolation}} = \frac{\dot{Q}'_{\text{Ableitung,Leiter}} - \dot{Q}'_{\text{Ableitung,Isolation}}}{c_{p,\text{Isolation}} \cdot \rho_{\text{Isolation}} \cdot (r_{\text{Isolation}}^2 - r_{\text{Leiter}}^2)\pi} \cdot \Delta t$$

Stromauslastungen der Ausbauszenarien:

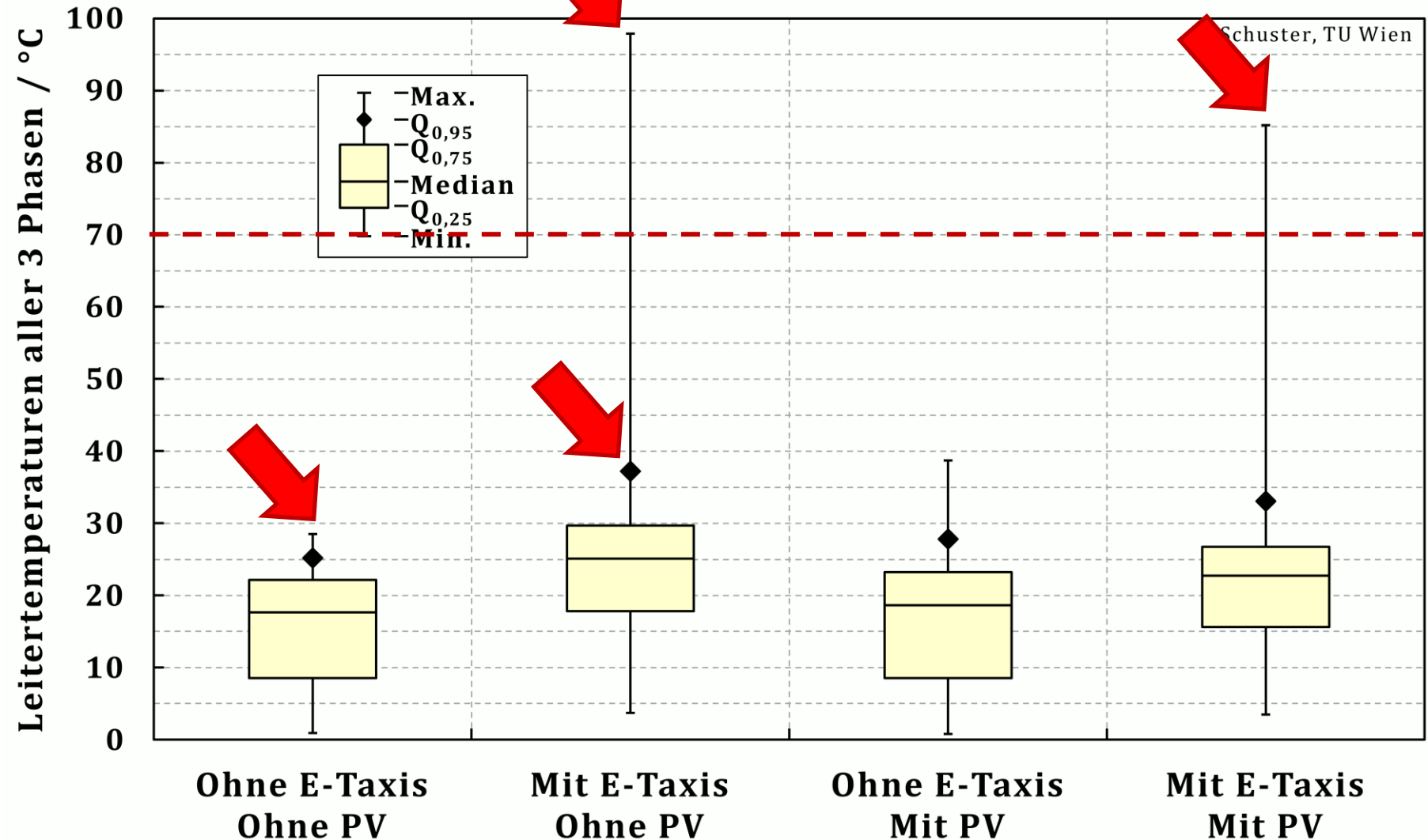


cluster, TU Wien

Leitertemperaturen mit E-Taxiladeprofilen:



Leitertemperaturen der A-Bauszenarien:



- Transient thermische Analysen zeigen noch offene Ressourcen
- Gewisse Stromüberlastungen infolge von E-Taxiladevorgänge sind thermisch zulässig
- Kombination der E-Mobilität mit PV verringert Strangauslastungen und Leitertemperaturen um mehr als 10%





Technische Universität Wien
Institut für Energiesysteme und Elektrische Antriebe
Gusshausstraße 25 / E370-1, 1040 Wien - Austria

Dr. techn. Andreas Schuster

E: andreas.schuster@tuwien.ac.at

T: 01 58801 370 134

W: <http://www.ea.tuwien.ac.at>

