



WIEN ENERGIE
— STROMNETZ —

Auswirkungen von elektrischer Mobilität im Niederspannungs-Verteilnetz



WIEN ENERGIE
— STROMNETZ —

DDI Andreas Bolzer, DI Dr. Thomas Schuster

Freitag, 12. Februar 2010



- **Themenvorstellung**
- **Verteilnetze**
- **Elektromobilität**
- **Simulation**
- **Szenarien**
- **Ergebnisse**
- **Zusammenfassung**

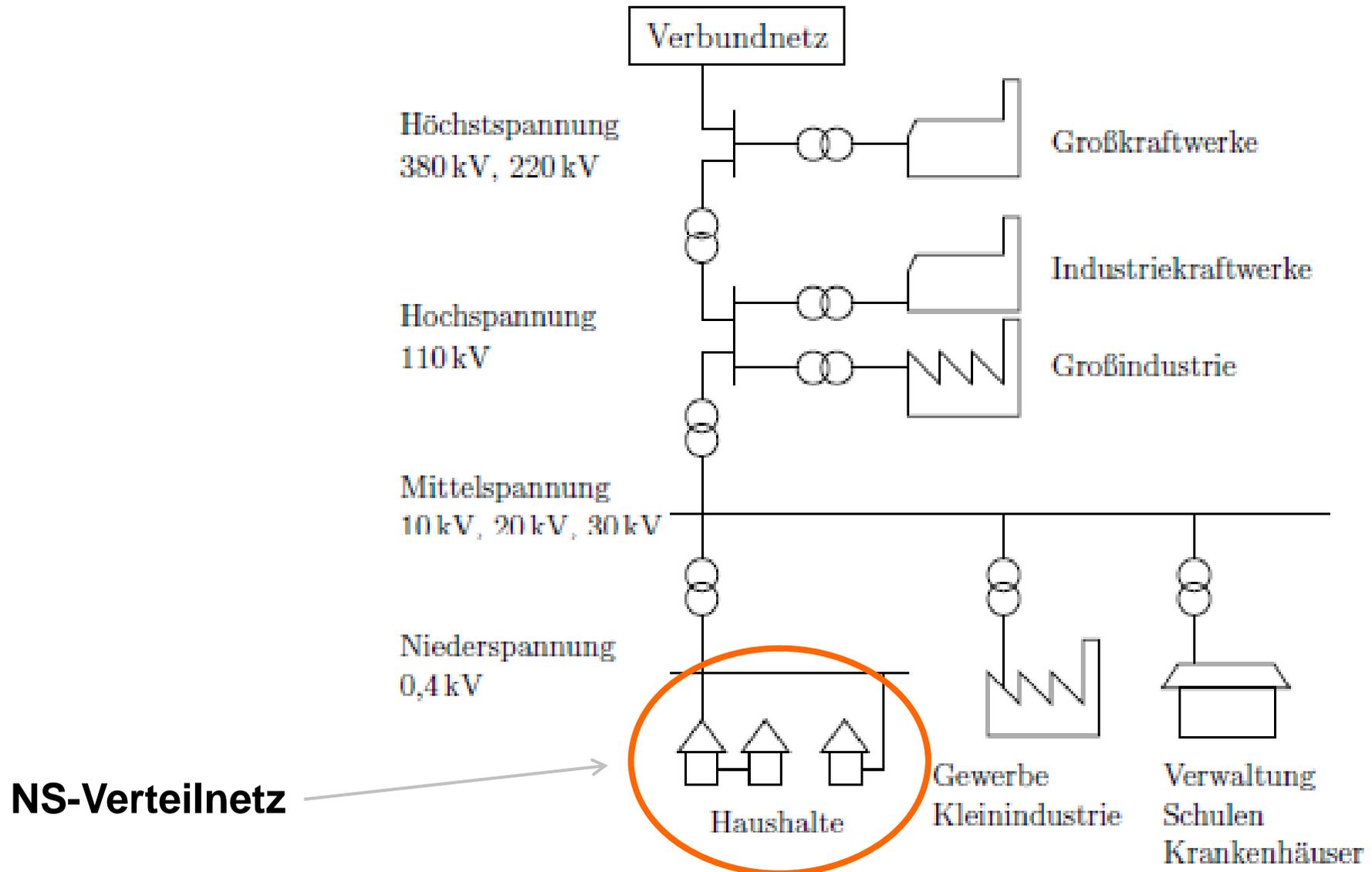


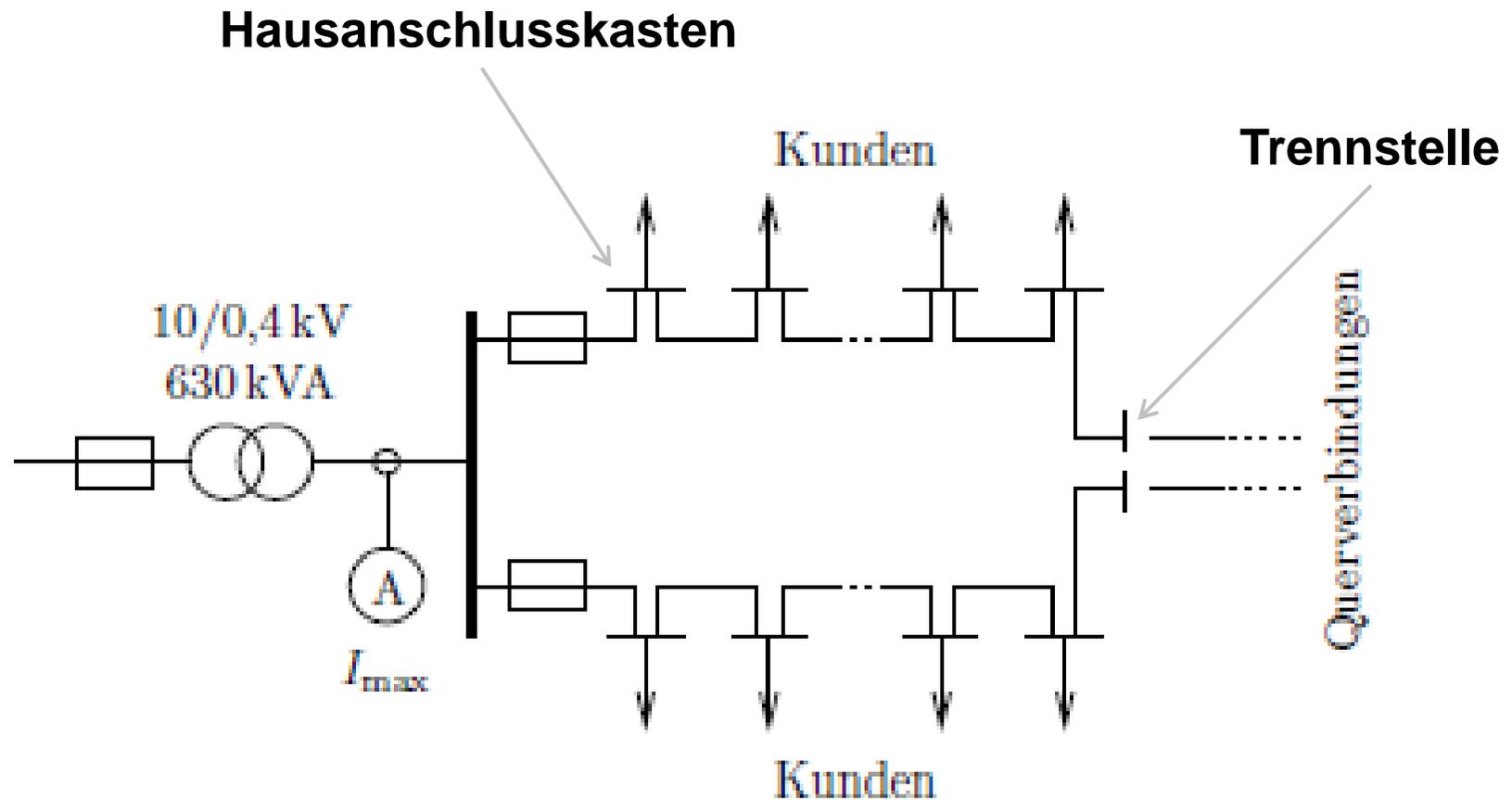
- **Durch Verkehrssektor hohe Emission von Treibhausgasen**
- **Mögliche Reduktion durch Elektromobilität**
- **Ladung der Fahrzeuge über Stromnetz
⇒ Beeinflussung**
- **Ziel: Untersuchung der Auswirkungen einer Ladeinfrastruktur für Elektrofahrzeuge auf ein städtisches Niederspannungs-Verteilnetz**
- **Diplomarbeit an der TU-Wien (Prof. Brauner)**

Verteilnetz : Aufbau



WIEN ENERGIE
— STROMNETZ —







- **Europäische Norm EN 50160**
- **E-Control Regelwerk „TOR“**
- **Richtlinien für Spannungsmerkmale:**
 - **Netzspannung: +/- 10% Abweichung**

- **Oberschwingungsspannungen:** $\frac{S_{k,V}}{S_A} \geq 150$

- **Spannungsänderung < 5%**

$$d = \frac{\Delta U}{U_V} \approx \frac{\Delta S_A}{S_{k,V}} \cos(\psi - \varphi)$$

- **Spannungsunsymmetrie < 2%**

$$k_U \approx \frac{S_A}{S_{k,V}}$$



- **Belastungsgrenzen der Betriebsmittel**
- **Öltransformatoren: Betrieb bis 130% S_N**
- **NS-Kabel: Betrieb bis 60%, Störung 100% I_N**
**Tabellierte Faktoren nach Verlegeart, Umgebung,
Lastverlauf**

- **Norm für Ladesysteme (EN 61851-1)**
- **3 Anschlussarten, 4 Ladebetriebsarten**
- **Einfachste Variante: Haushaltsstecker (16 A) – 3,7 kVA**





- **Modell basiert auf Verkehrsstatistiken**
- **Berufspendler, Dienstfahrten, private Erledigungen, Freizeitfahrten**
- **Variation Wege, Beginnzeiten, Strecken und Wegdauern**
- **Ladekurve von Lithium-Ionen-Batterien**
- **Lastprofil als Summe von Ladekurven**



- **Daten von Wien Energie Stromnetz**
- **Jahresstromverbrauchswerte und Lastprofile der Stromkunden**
- **Dichtverbaute Wohngegend im 20. Wien Gemeindebezirk als gängige Netzstruktur**
- **Altbauten, Läden, Cafés, Restaurants**

Simulation : Gebiet



WIEN ENERGIE
— STROMNETZ —

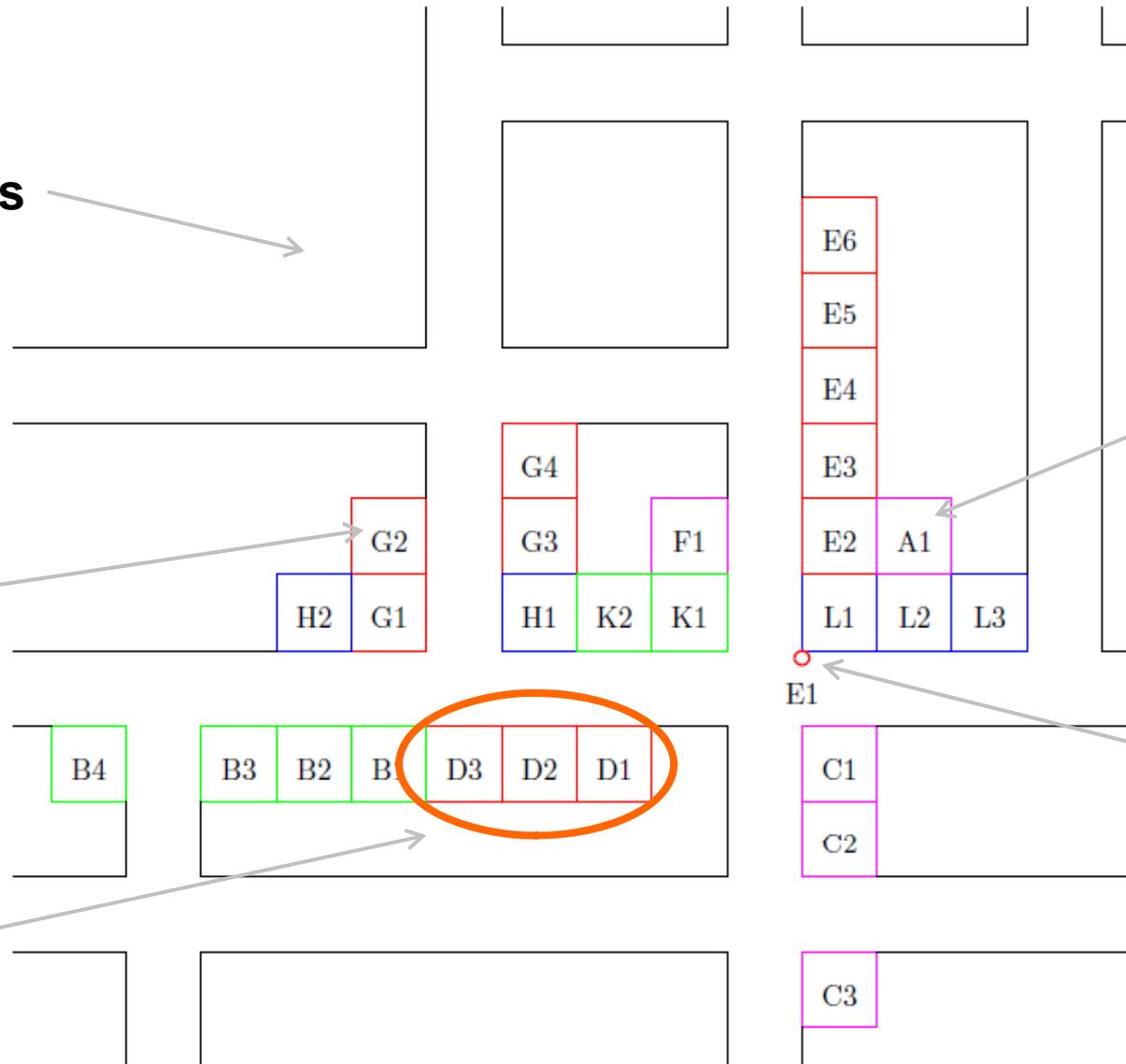
Unbewohnt
oder anderes
Netz

Gebäude

Strang

Aufstellung
Transformator

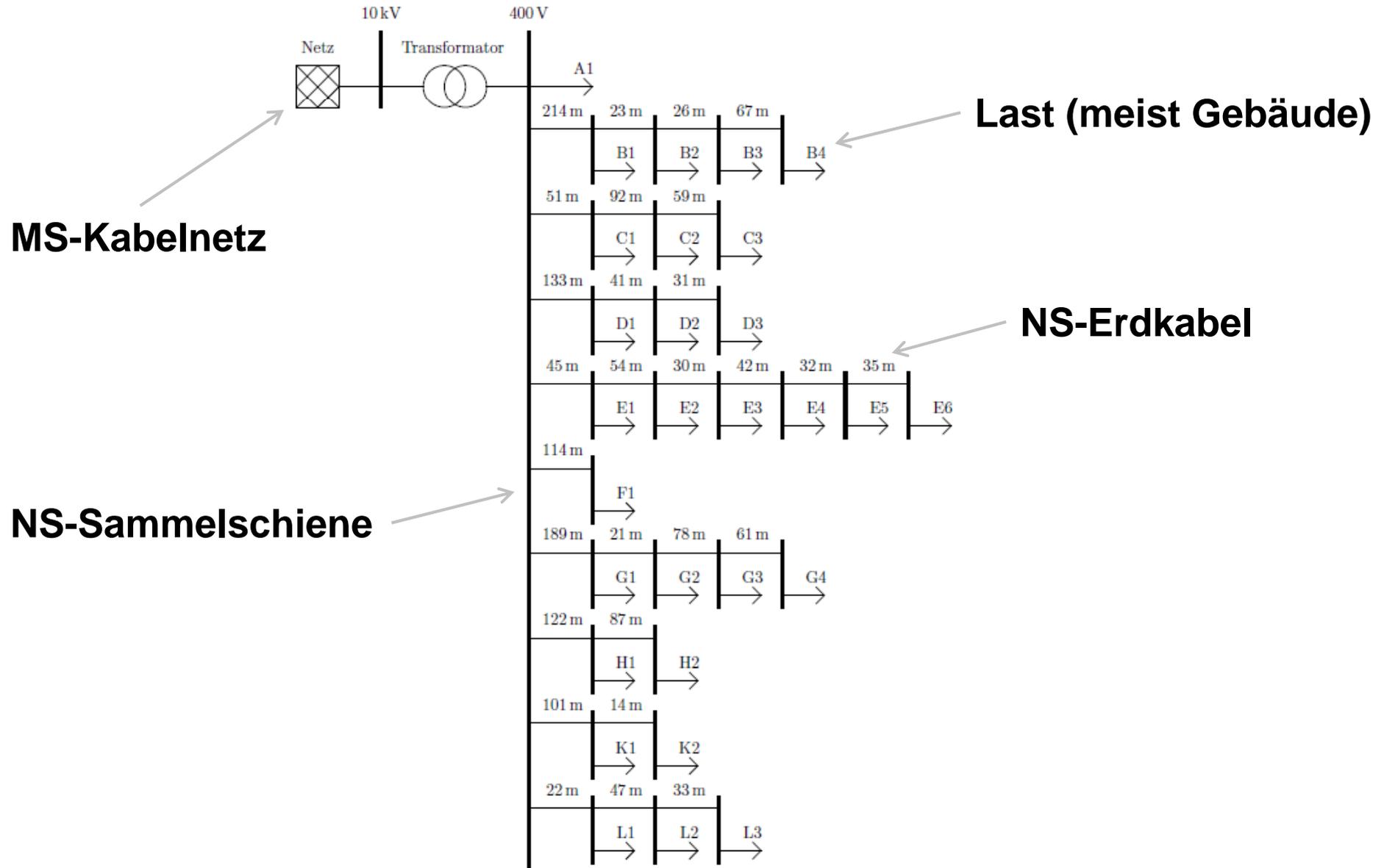
Einspeisung
Beleuchtung



Simulation : Netzplan

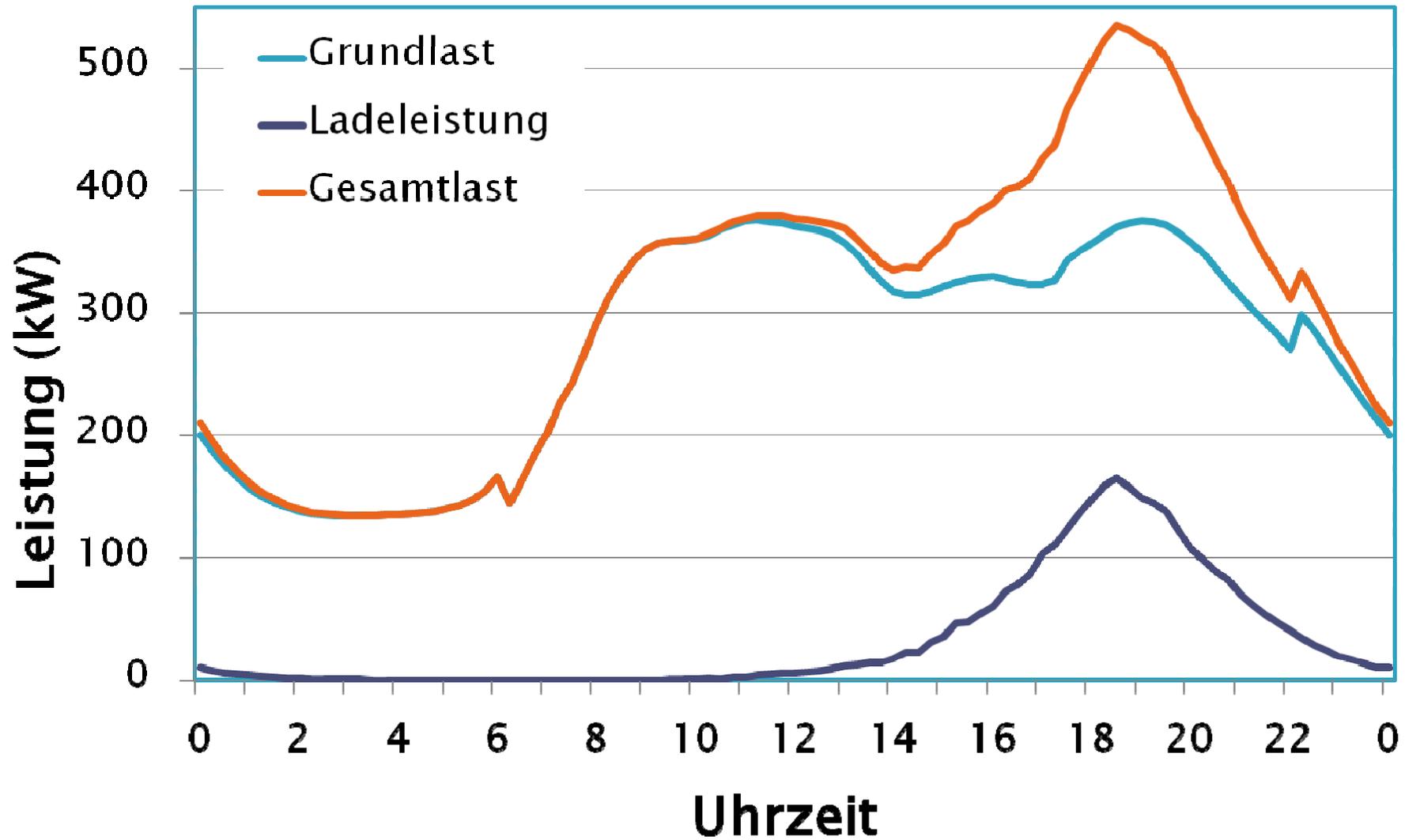


WIEN ENERGIE
— STROMNETZ —





- **Annahme von Szenarien**
- **Ladeprofile über Simulationswerkzeug**
- **Lastsynthese mit MATLAB**
- **Lastflussberechnung mit ELAPLAN**
- **Anwendung von Normen und Vorschriften**
- **Schlussfolgerungen**



Winter-Werktag, 80% Durchdringung E-Mob.



- **Grundlast**
- **Basisszenario**
- **Hohe Gleichzeitigzeit**
- **Schnellladeszenario**
- **Gestiegener Stromverbrauch**

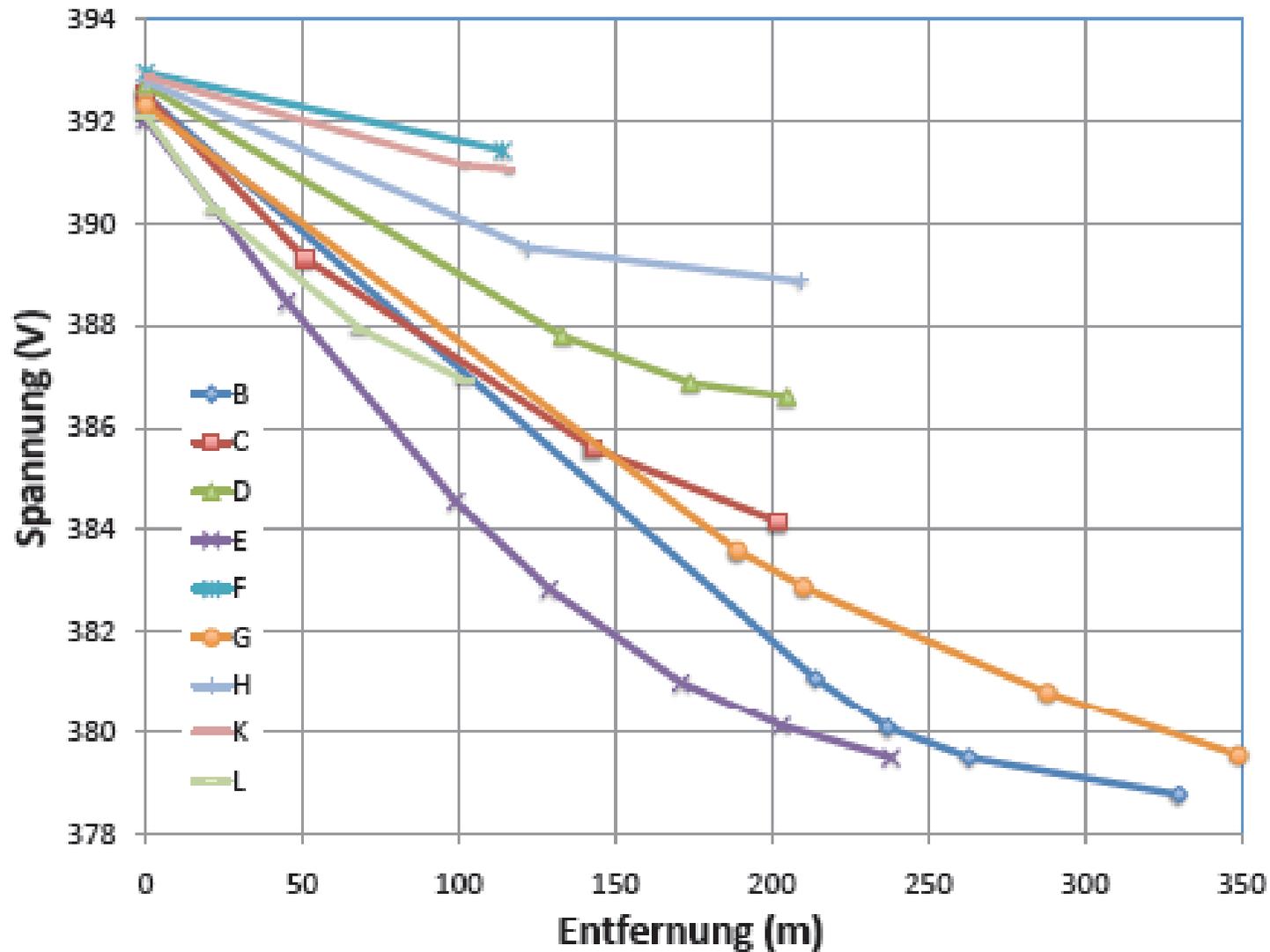


Szenario	Grundlast	Basis	Hohe Gleichz.	Schnell-Lade	Gestieg. Verbrauch
Lasten	Statistisch	Statistisch	Maximal	Maximal	Maximal
Strom-Verbrauch					+ 42%
Normal-Ladung		≈ 1 kVA	≈ 1 kVA 3,7 kVA	≈ 1 kVA 3,7 kVA	≈ 1 kVA 3,7 kVA
Schnell-Ladung				11 kVA 22 kVA	22 kVA
Durchdringung		50% 80%	50% 80%	80%	80%



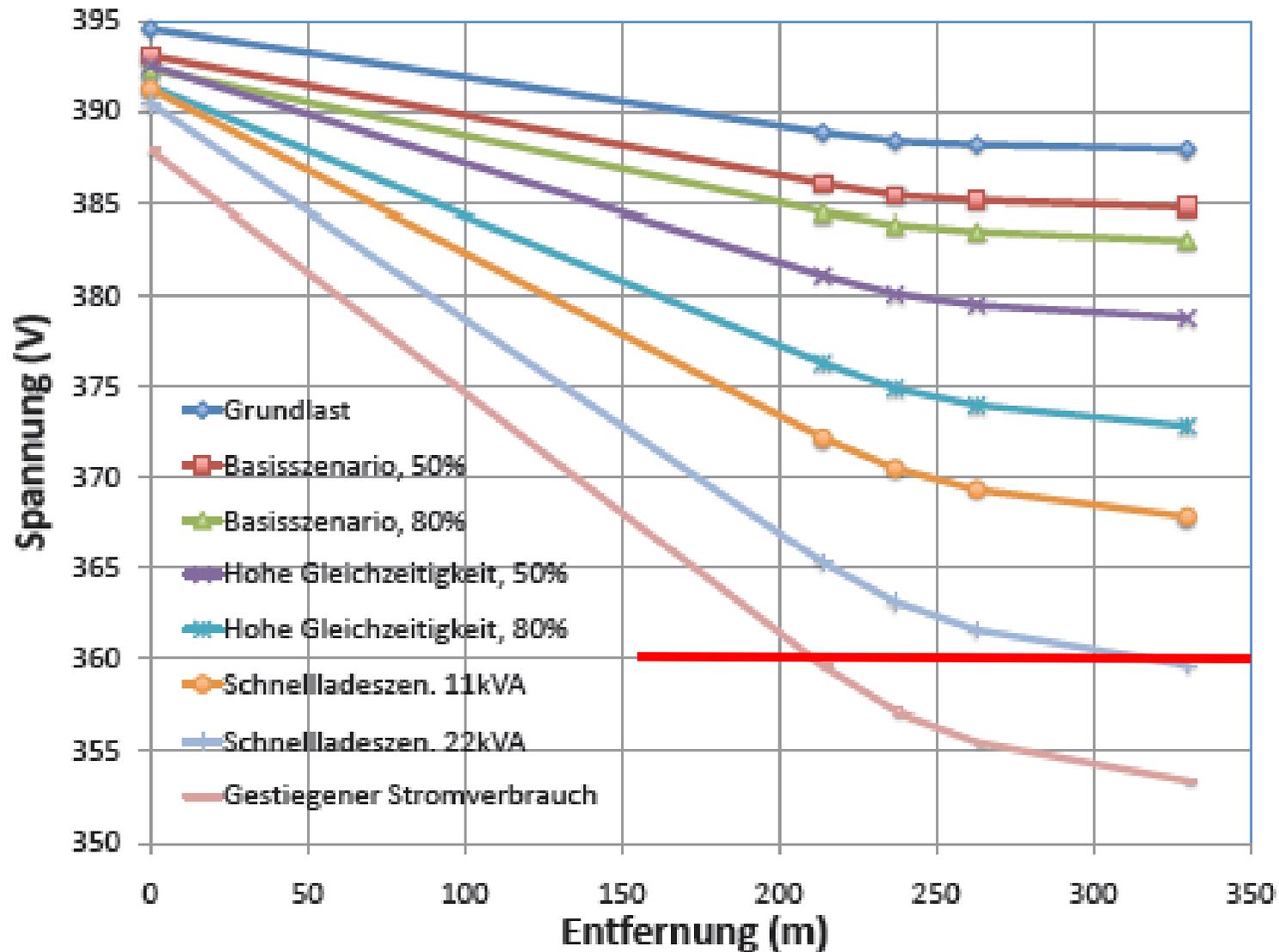
- **Hohe Gleichzeitigkeit theoretisch möglich:**
 - Spannungshaltung
 - Oberwellenspannung
 - Spannungsunsymmetrien
 - Spannungsänderungen und Flicker
- **Strom-Mittelwerte über Zeitintervalle zur thermischen Belastung:**
 - Transformatorbelastung
 - Kabelbelastung

Szenario hoher Gleichzeitigkeit, 50% Durchdringung





Vergleich der Szenarien, Strang G

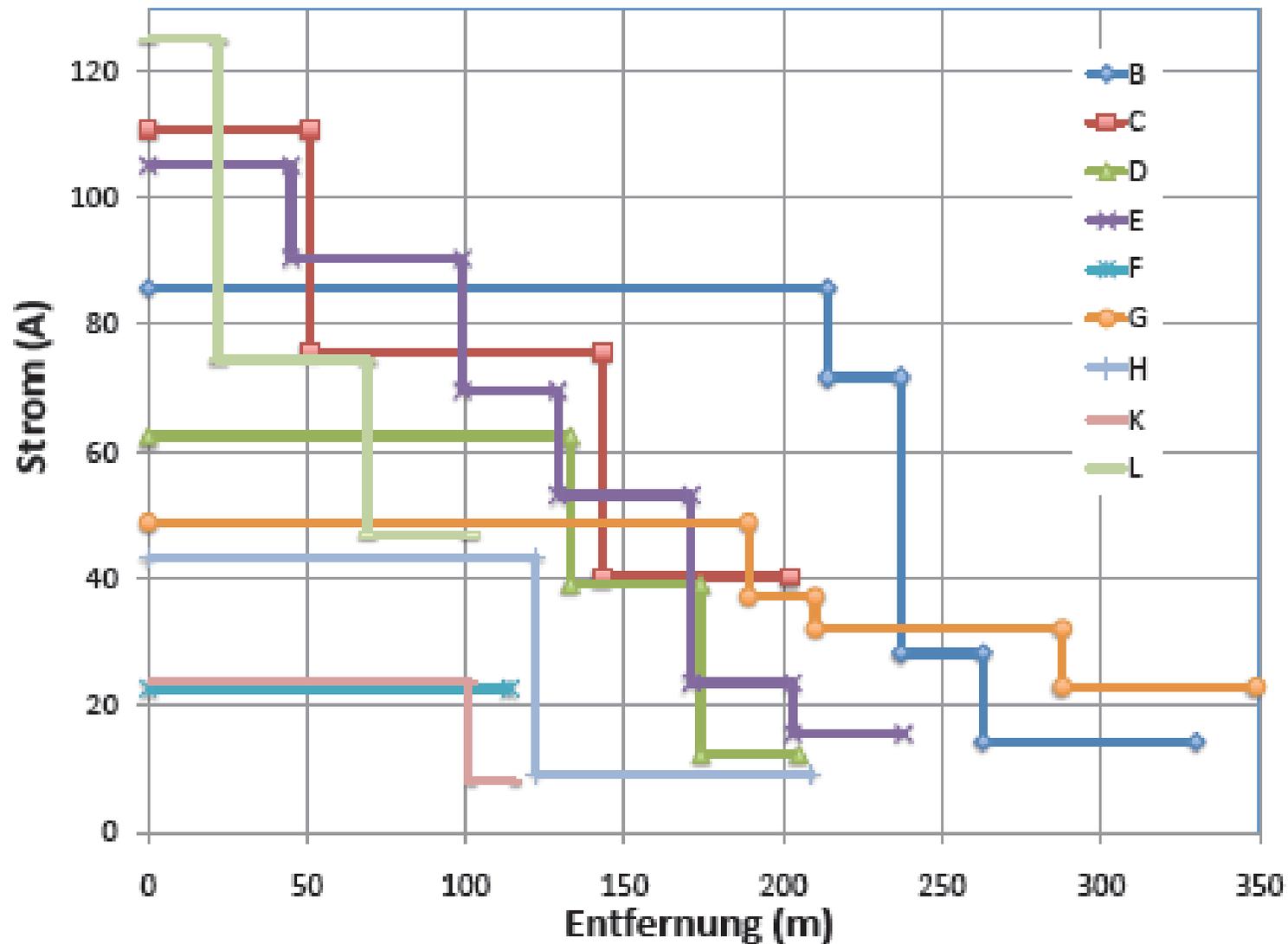




- **Keine Toleranzbandverletzungen durch Normalladung und 11 kVA Schnellladestationen**
- **Durch 22 kVA Schnellladestationen unzulässige Spannungsabfälle**



Szenario hoher Gleichzeitigkeit, 50% Durchdringung





- **Bei Normalladung im statistischen Fall keine Überlastung der Kabeln**
- **Für hohe Durchdringung 80% kurze Überlast**
- **Bei Schnellladung einige Stränge stark überlastet**
- **Auslastung vieler Stränge > 60%, Probleme im Störfall**
- **Transformator nur im Szenario mit gestiegenem Stromverbrauch überlastet**



- **Oberschwingungsspannungen:
Reduktionsmaßnahmen erforderlich**
- **Spannungsunsymmetrie:
Normalladestationen müssen auf das Drehstrom-
System gleichmäßig aufgeteilt werden**
- **Spannungsänderungen und Flicker:
Keine Maßnahmen erforderlich**

Ergebnisse : Szenarien



WIEN ENERGIE
— STROMNETZ —

Szenario	Grund-Last	Basis	Hohe Gleichz.	Schnell-Lade	Gest. Verbrauch
Durchdr. Schnelll.		50/80%	50/80%	80% 11/22 kW	80% 11/22 kW
Trafo S_N/S_{max}	49%	60/67%	60/67%	88/113%	134%
Spannung U_{min}/U_N	97%	97/96%	95/93%	92/ 90%	88%
Strom \emptyset I_{max}/I_z	40%	51/54%	51/54%	76/101%	116%
Strom \uparrow I_{max}/I_z			99/ 120%	148/191%	208%
Maßn. Oberschw.		Nein	Ja	Ja	Ja



- **Nur Normalladung bis 50% Durchdringung ohne Zusatzmaßnahmen möglich**
- **Engpässe bei höheren Durchdringungen und steigendem Stromverbrauch**
- **Schnellladung führt rasch zu Überlastungen: Weniger Stationen einsetzen?**
- **Lösung durch eigene Versorgung der Ladestationen – Nachteile**

Fazit: Mittelfristig Notwendigkeit gesteuerter Ladung



WIEN ENERGIE
— STROMNETZ —

Danke für Ihre Aufmerksamkeit!



WIEN ENERGIE
— STROMNETZ —