

# Rahmenbedingungen für die Einführung von E-Taxis aus Sicht eines Verteilernetzbetreibers

**Annemarie Jung\*, Mario Leitner\*, Thomas Schuster**

Wiener Netze GmbH – Mariannengasse 4-6, 1090 Wien

[Annemarie.Jung@wienernetze.at](mailto:Annemarie.Jung@wienernetze.at), [Mario.Leitner@wienernetze.at](mailto:Mario.Leitner@wienernetze.at),  
[Thomas.Schuster@wienernetze.at](mailto:Thomas.Schuster@wienernetze.at)

**Kurzfassung:** Zukünftige Stromnetze werden mit neuen Herausforderungen, wie die Integration fluktuierender dezentraler Erzeugungsanlage und die Einführung von E-mobilität, konfrontiert. Gerade die Einführung von E-mobilität bietet neben ihrer höheren Effizienz gegenüber konventionellen PKW, eine deutliche Verringerung der Treibhausgasemissionen, die zur Erreichung der hochgesteckten Klimaziele beitragen. Die Auswirkungen einer hohen Durchdringung von Elektrofahrzeugen auf das Stromnetz zu untersuchen, wurde im Rahmen eines Forschungsprojekts, welches sich mit der Umstellung einer gesamten Funktaxiflotte auf rein elektrisch betriebene Fahrzeuge inkl. Ladestelleninfrastruktur beschäftigt, näher analysiert [1].

In diesem Beitrag werden Rahmenbedingungen für die Einführung von E-Taxis aus Sicht eines Verteilernetzbetreibers, in das bestehende Stromnetz zu integrieren und, anhand des Spezialfalls einer Taxiflotte, die Auswirkungen auf das Verteilernetz umfassend zu untersuchen.

In der Elektromobilität sind E-Taxis insofern ein Spezialfall, da sie sich durch eine hohe Konzentration an den Standplätzen auszeichnen und bei hohen Durchdringungsraten große Leistungsdichten verursachen.

Um qualitative Aussagen über eine netzverträgliche Integration treffen zu können, werden an den vorgesehenen Taxistandplätzen die auftretenden Summenladeprofile ermittelt und die Niederspannungsnetze in Hinsicht auf Spannungshaltung und Strombegrenzung simuliert sowie vorhergehend der derzeitige Verbrauch von Haushalten und Gewerbe an diesen Standorten durch Langzeitleistungsmessungen bestimmt.

Überlastungen der Betriebsmittel aufgrund hoher Ladeleistungsdichten bei ungesteuertem Laden treten dabei temporär auf. Um einen sicheren Netzbetrieb zu gewährleisten und etwaige Netzausbauten zu vermeiden, muss eine Ladesteuerung eingesetzt werden.

**Keywords:** Elektromobilität, Niederspannungsnetz, Verteilernetzbetreiber, Netzbelastung

## 1 Einleitung

Die Energiewende und deren Umsetzung ist nicht nur eine Herausforderung für die Energieaufbringung und deren Umwandlung, sondern auch zukünftige Stromnetze werden mit neuen Herausforderungen konfrontiert und müssen sich dementsprechend darauf

einstellen. Verantwortlich dafür sind unter anderem die zusätzlichen Verbraucher, zu denen auch elektrisch betriebene Fahrzeuge gehören, die aufgrund einer höheren Effizienz im Vergleich zu konventionellen PKW und zugleich eines geringeren Energiebedarfs Positives zur Umweltbilanz beitragen. Um die Auswirkungen einer hohen Durchdringung von Elektrofahrzeugen auf das Stromnetz zu beschreiben, wurde die Untersuchung der Rahmenbedingungen für die Einführung von E-Taxis aus Sicht eines Verteilnetzbetreibers durchgeführt. Die Datenbasis für das Mobilitätsverhalten sowie Energie- und Leistungsbedarf, bildet die Analyse der GPS-Daten einer bestehenden Funktaxiflotte, welche im Rahmen eines Forschungsprojekts in einem Zeitraum über eines Jahres gesammelt und weiterverarbeitet wurden [2].

## **2 Elektrische Komponenten und Verbraucher der betrachteten Niederspannungsnetze**

Ausgewählte Energienetzbereiche (Niederspannungsebene) – in denen Ladestationen der E-Taxis eingebunden werden sollen – wurden hinsichtlich elektrischer Verbraucher (private Haushalte und Gewerbe) analysiert. Dabei wurden Leistungsprofile und die dazugehörigen Jahresstromverbräuche erhoben und diese mittels Messreihen validiert. Zusätzlich wurden die relevanten Kenndaten der Netzkomponenten (z.B. Stromkabel und Netztransformator) für die nachfolgenden Berechnungen ermittelt.

Die Einführung einer E-Taxiflotte wirkt sich unterschiedlich stark in dem vielfältig ausgeprägten Niederspannungsnetz (NS-Netz) aus. Für repräsentative Ergebnisse wurde eine breite Analyse der NS-Netze und der Summenladeprofile der Taxistandplätze aufgestellt.

Die Auswahl der zu analysierenden Netzabschnitte erfolgte nach Kriterien, wie Anzahl der vorhandenen Stellflächen, Kunden- und Fahrzeugfrequenz sowie zusätzlich unter Berücksichtigung der Gegebenheiten vor Ort, wie das Vorhandensein eines Trennanschlusskastens bzw. Schleifenkastens, Ausführung der Trafostation, etc. In Anbetracht der genannten Kriterien wurden 5 Netzabschnitte ausgewählt.

Es wurde bei der Auswahl der Netzabschnitte u.a. darauf geachtet, dass sie eine Vielfalt an Lastprofilen bieten und sich durch unterschiedlichen Lastbedarf auszeichnen (ein Haushaltslastprofil unterscheidet sich grundlegend von einem Gewerbelastprofil). Eine realitätsnahe Modellierung konnte somit durch eine ausreichende Durchmischung von Haushalt- und Gewerbesmessdaten entwickelt werden.

### **2.1 Ermittlung der derzeitigen elektrischen Netzkomponenten und Verbraucher**

Für die weiteren Berechnungen wurden die relevanten Kenndaten aller Netzkomponenten erhoben und in das Lastflussprogramm NEPLAN® eingebettet. Dazu gehören die elektrischen und thermischen Nenndaten der verwendeten Stromkabel (meist Kunststoff-Erdkabel mit Aluminiumleitern von je 150 mm<sup>2</sup> Querschnitt) und Netztransformatoren (630 bzw. 800 kVA). Für die weiterführenden Lastflussberechnungen wurden die geografische Anordnung der Verbraucher und die daraus resultierenden Leitungslängen ermittelt.

## 2.2 Messungen

Um die Auswirkungen einer E-Taxiflotte auf das Wiener Stromnetz untersuchen zu können, wurden die aktuellen Jahresstromverbräuche sowie zugehörige Lastprofile (Verbrauchergruppen) je Stromkunde (anonymisiert) erfasst.

In Bild 1 sind die Kunden/Verbrauchgruppen eines untersuchten Niederspannungsstrangs ersichtlich. Dabei deuten die G-Profile auf Gewerbe hin, während Haushalte in der Regel mit H0 modelliert werden. Das ULC-Profil beschreibt einen Haushalt mit Nachtspeicherheizung. Die Prozentzahlen beziehen sich hierbei auf den Anteil des jeweiligen Lastprofils an der verbrauchten Jahresenergiemenge im betreffenden Strang.

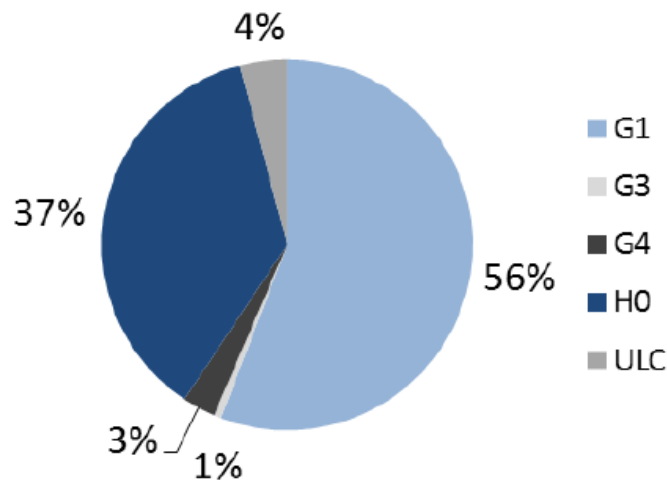


Bild 1: Zusammensetzung der Kundengruppen an einem Niederspannungsstrang

Die den Verbrauchergruppen hinterlegten standardisierten Lastprofile (H0, G1, ULC...) stellen den gemittelten zeitlichen Leistungsbedarf für eine große Menge (> 100 Verbraucher je Gruppe) dar. Da bei kleiner Verbraucherzahl, wie sie in Niederspannungsnetzen auftreten, dieser Bedarf, aufgrund der Mittelung schnell ungenau wird, erfolgten im Rahmen des Forschungsprojekts Langzeitmessungen der Leistungsverläufe der elektrischen Verbraucher.

Das Ergebnis der Messungen zeigte eine Abflachung der Lastkurve mit einer Reduktion der Leistungsspitzen. Dies wirkt sich positiv auf das Stromnetz aus, welches auf Spitzenbelastung ausgelegt werden muss. Dafür verteilen sich die Maximalwerte über einen längeren Zeitraum.

## 2.3 Messmethodik

Die Messmethodik wurde so angelegt, dass der gesamte Niederspannungsstrang samt Umspanner erfasst wurde. Das bedeutet, dass in der Trafostation alle Stränge des Umspanners und in weiterer Folge der ausgewählte Strang (Anschluss des Taxistandplatzes) bis zum „letzten“ Trennanschlusskasten gemessen wurde. Die Messgeräte erfassten über eine Dauer von je vier Wochen die Spannungen und Ströme pro Phase und

berechneten daraus die Leistungen. Die Auflösung der Messdaten wurde dabei mit 1 bis 10 Minuten ausgewählt.

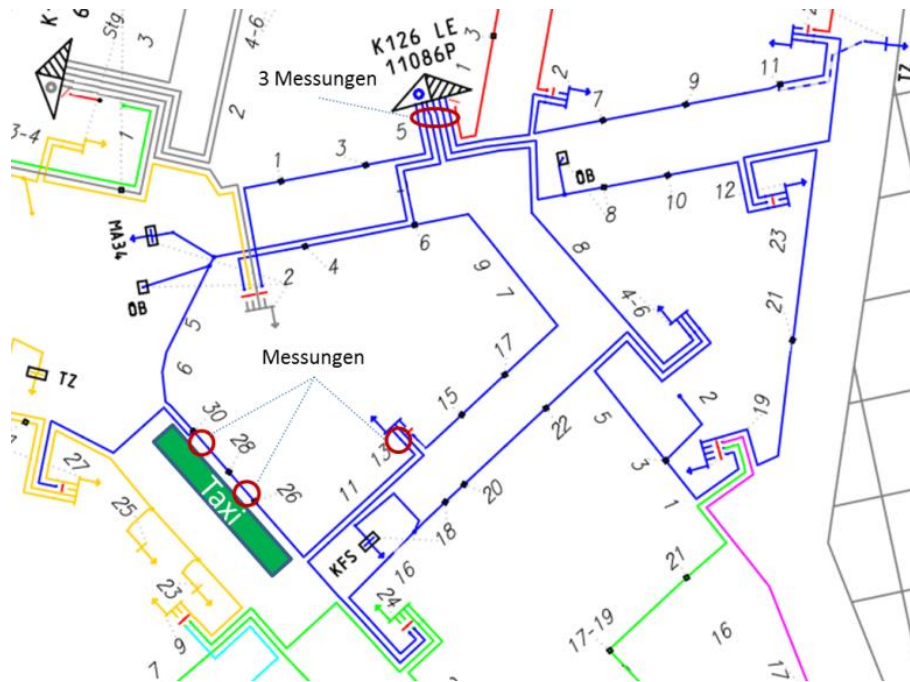


Bild 3: Niederspannungsnetzplan eines Netzgebietes

Bild 3 zeigt das Beispiel eines Niederspannungsnetzplans eines gewählten Netzgebiets. Die roten Kreise markieren dabei die Messstellen. Das Dreieck im oberen Bereich des Bildes symbolisiert die Trafostationsstation, und die Bezeichnung deutet darauf hin, dass die Station über das Mittelspannungskabel K126 vom Umspannwerk Le (Leopoldstadt) versorgt wird. Die blauen Linien stellen die von der Station abgehenden Niederspannungsstränge dar. Der rote Strich bei der Trafostationsstation repräsentiert eine Niederspannungsleitung einer benachbarten Trafostationsstation, die für Umschaltungen im Rahmen von Störungen verwendet werden kann. Die schwarzen Punkte entlang eines Stranges stellen die Trennanchlusskästen dar. Diese Hausanschlüsse versorgen die Gebäude, die im Plan durch die zugehörigen Hausnummern angezeigt werden.

Alternativ zu den Trennanchlusskästen befinden sich im Netzgebiet sogenannte Schleifenkästen (siehe hierzu in Bild 3 oben rechts zwischen Hausnummern 13 und 15), mit denen ebenfalls Umschaltungen vorgenommen werden können. Links in der Abbildung ist der Taxistandplatz eingetragen. Im daran angrenzenden Gehsteig verläuft das Niederspannungskabel, welches im Falle einer Ladestation für E-Taxis diese versorgen könnte. Deshalb wurden besonders in diesem Bereich Messungen für notwendig erachtet, um den Einfluss der Ladevorgänge analysieren zu können.

Grundsätzlich ist durch das ermittelte Messergebnis festgehalten, dass bei allen Netzabschnitten sowohl die Umspanner, als auch die gemessenen Kabelstränge, nicht überlastet sind. Dadurch ist gewährleistet, dass die vorgeschriebene Netzkopplung im Störfall erfolgen kann. Auf Grund dieser „(n-1)-Struktur“ werden die Netzkomponenten des Wiener Netze Stromnetzes (Kabel, Umspanner,...) im Normalbetrieb mit maximal 60 % des thermischen Grenzstroms betrieben bzw. belastet. Dies gewährleistet gegebenenfalls die nötigen Umschaltungen.

### 3 Ladestandorte

Wien besitzt über 250 Taxistandplätze (TSP) [3], welche in ihrer Gesamtheit die Menge aller möglichen Ladeinfrastrukturstandorte bilden. Zur sinnvollen Konzeptionierung eines minimalen Ladeinfrastrukturausbaus wurden nahe aneinander liegende Taxistandplätze zusammengefasst.

Dabei wurde versucht die Mobilitätsbedürfnisse des heutigen Funktaxibetriebs zu befriedigen. Die Analyse der dazugehörigen Erfüllbarkeitsrate zeigt deutlich, dass Normalladen (einphasig, 230 V, 16 A) in keiner Weise für die kurzen Standzeiten (~20min) an den Taxistandplätzen ausreicht. Hingegen erscheint der Leistungsbereich zwischen 22 kW (AC) und 50 kW (DC), dreiphasig als sinnvoll. Der Begriff „Erfüllbarkeit“ gibt in diesem Zusammenhang darüber Auskunft, wie viele Funktaxischichten unter den gewählten Rahmenbedingungen (Ladeleistung, Batteriekapazität und Ladestellenausbau, sowie Ladezustandsgrenzen) mit rein elektrisch betriebenen Taxis bewältigt werden könnten [1].

Unter den gegebenen Rahmenbedingungen könnten mit Batteriekapazität von 24 kWh je Funktaxi und einer Schnellladeinfrastruktur an 20 Taxistandplätzen (50 kW) bzw. 26 TSP (22 kW je Ladepunkt) mehr als 25 % der Funktaxischichten erfüllt werden. Verdoppelt man die Batteriekapazität und werden an 55 Taxistandplätzen (50 kW je Ladepunkt) Ladestellen angenommen, dann wären sogar 80 % aller betrachteten Taxischichten elektrisch bewältigbar. Wobei die Schnellladung mit 50kW aus netztechnischer Sicht den kritischeren Zustand darstellt. Insgesamt wurden fünf Szenarien mit unterschiedlichen Parametervariationen angenommen und basierend auf diesen die Auswirkungen der E-Taxis auf das Stromnetz ermittelt.

Parameter	Szenario 1	Szenario 2	Szenario 3	Szenario 4	Szenario 1a
Ladeleistung	50kW				22kW
Ladestellenausbau	20 TSP Cluster		55 TSP-Cluster		26 TSP-Cluster
Batteriekapazität	24 kWh	48kWh	24kWh	48kWh	24kWh

Tabelle 1: Parameter und Szenarienüberblick

Bei höherer Batteriekapazität erhöhen sich die Maximal- und Mittelwerte der Ladeleistungen, aufgrund Erhöhung der Taxifahrten.

### 4 Auswirkungen auf das Niederspannungsnetz

Jedes Elektrofahrzeug verursacht beim Laden ein zeitabhängiges Leistungsprofil. Wird z.B. an einem Taxistandplatz (TSP) eine Ladestelle mit vier Ladepunkten und einer Anschlussleistung von je 50 kW installiert, dann würde bei ungesteuerten Ladeprozessen das elektrische Netz zusätzlich mit bis zu 200 kW belastet. Da nicht immer alle Ladepunkte belegt sind und die Ladeleistung ab einem gewissen Ladezustand reduziert wird (zum Schutz der Batterie vor Überladung), kann davon ausgegangen werden, dass dieser Leistungswert nicht dauerhaft auftritt. Der max. Summenladungsleistungswert wurde im Rahmen der Szenariomodellierung mit 351kW festgestellt.

Unter Berücksichtigung der Ergebnisse über den elektrischen Verbrauch und die Ladeszenarien werden die Netzintegration und die damit verbundenen Auswirkungen auf die Netzstabilität und thermischen Belastungen des Niederspannungsnetzes betrachtet. Mittels Berechnung der Lastflüsse einzelner Szenarien an verschiedenen Netzabschnitten ermittelt. Weiters wird, mit Zuhilfenahme vereinfachter thermischer Modelle, auf die Alterung von Transformatoren und Leitungen bei temporären Überlastungen geschlossen.

#### 4.1 Netzbelastung und Spannungsverhältnisse

Mithilfe von MATLAB Routinen wurde eine NEPLAN Simulation gestartet. In Bild 4 wird der schematische Zusammenhang dargestellt.

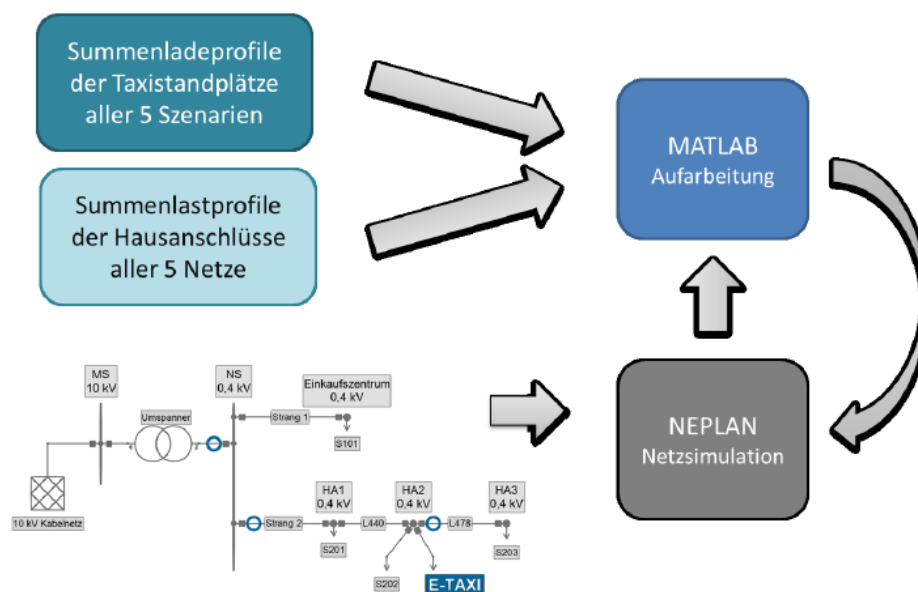


Bild 4: Schematische Darstellung der Simulationsumgebung zur Ermittlung der Netzauswirkungen

Die Netzbelastungen wurden in zwei Fällen (Fall A und B) betrachtet. Im Fall A wurden die Ladeleistungsprofile der Maximalbelegungen verwendet. Daraus können Belastungsmaxima in den fünf betrachteten Netzen berechnet werden. Zeitliche Belastungsverläufe sind hingegen damit nicht ersichtlich. Mit dem State of Charge (SOC) und szenarienabhängigen Leitungsprofilen (Fall B) sind jedoch auch chronologische Verläufe möglich.

##### 2.3.1.1 Spannungshaltung und „Power Quality“ (Fall A)

Der Fall A wurde mit allen betrachteten NS-Netzen (Netz 1 bis 5) in den jeweiligen Messzeitdauern (rund 4 Wochen) simuliert. Die Ergebnisse aus dem Fall A zeigen, dass die Spannungshaltung im Allgemeinen keine Problematik darstellt, da die „Stadtnetze“ eine längenmäßig geringe Ausdehnung besitzen. Nur im Netz 1 können bedingt durch die E-Taxis auf ein paar Knoten Unterspannungen ( $U_n-10\%$ ) auftreten. Jedoch nur für sehr kurze Zeitdauern, welche nach DIN EN 50160 noch zulässig sind. Bei Niederspannungsnetzen mit großflächiger Ausdehnung, also eher „ländliche“ Netze, oder anderer

Stufenstellereinstellungen, aufgrund dezentraler Erzeuger, könnten allerdings Spannungsproblematiken entstehen. Die Ergebnisse der Stromauslastungen der Netzkomponenten (Umspanner und Strangleitungen) werden folgend anhand des Falls B noch näher erläutert.

Im Sinne der „Power Quality“ wurden die Ergebnisse der Netzanalysen auf die Einhaltung der Pegelwerte nach DIN EN 50160 und den Kriterien aus „VDN-Technische Regeln“ geprüft und bewertet.<sup>15</sup> Die bei diesen Simulationen relevanten Merkmale sind:

- Langsame Spannungsänderungen: 95 % der 10-min-Mittelwerte der Netzspannung
- Spannungsunsymmetrie: 95 % der 10-min-Effektivwerte einer Woche:  $U_{\text{gegen}} \leq 0,02 \cdot U_{\text{mit}}$

Die Simulationsergebnisse des Falls A, welcher die größte Herausforderung an das Netz darstellt, zeigen, dass die Pegelwerte obiger Merkmale in allen Fällen eingehalten werden. Auch mit den maximalen E-Taxiladungen bleiben (in der betrachteten Messperioden von rund 4 Wochen) diese Netzparameter innerhalb der erlaubten Grenzen. Die Güte der elektrischen Versorgung ist daher durch die zusätzlichen Schnellladevorgänge der E-Taxis nicht verändert bzw. beeinträchtigt worden. Bedingt durch die dreiphasigen Ladeanschlüsse der E-Taxis wird die „Power Quality“ (vor allem Spannungsunsymmetrie) im Netz nicht schlechter.

### **2.3.1.2 Stromauslastungen der Umspanner und Strangleitungen (Fall B)**

Die Netzanalysen im Fall B wurden auf Basis der fünf ausgewählten Szenarien aufgebaut. Die in den betrachteten Netzen verwendeten Transformatoren (Umspanner) besitzen Nennleistungen von 630 bzw. 800 kVA. Diese Umspanner sind in drei der fünf Netze nur sehr gering ausgelastet (Maxima unter 30 %). Einzig in einem Netz ergeben sich Spitzenauslastungen von rund 65 %.

Durch die Einbindung der ungesteuerten E-Taxis kommt es bei einem Netzumspanner vereinzelt zu Überlastungen, jedoch nur in marginaler Ausprägung (0,06 ‰ der gesamten Simulationsdauer von 48 Wochen) bei speziellen Taxistandplatzprofilen und Szenarien.

Die zweite im Fall B betrachtete Netzkomponente stellt die Strangleitung dar. Diese ist jenes Leitungsstück, welches einen Niederspannungsabzweig mit der Sammelschiene des Umspanners verbindet. Folglich fließen alle Ströme der nachfolgenden Verbraucher in Summe durch ihn.

Bei derzeitiger elektrischer Belastung befinden sich alle maximalen Leitungsauslastungen unter 50 %. Im Gegensatz zum Umspanner treten jedoch in den Strangleitungen aller betrachteten Netze und Szenarien starke und relevante Überlastungen im ungesteuerten Fall auf. Die Spitzenwerte liegen im Bereich von 170 % bis fast 200 %. Die Bereiche der Maxima reichen durchwegs über die maximale Nennbelastung. Betrachtet man die auftretenden Häufigkeiten, so zeigt sich, dass diese Überlastungen mit maximal 16 ‰ der gesamten Simulationsdauer eher selten auftreten. Für die Ganzjahresbetrachtung ergeben sich daraus in Summe rund 5 Tage. Es gibt vereinzelt E-Taxi-Ladestation, deren Summenladeprofile dennoch zulässig sind, da es durch sie zu keiner Überlastung kommt. In allen Netzen stellen die Summenladeprofile der TSP des „Szenario 2“ die größten Auswirkungen dar, gefolgt vom „Szenario 4“. Die geringsten Netzauswirkungen sind tendenziell im „Szenario 3“ bzw.

„Szenario 1a“ zu finden. Allerdings sind Strangleitungen bei der Einführung der Elektromobilität in Städten via E-Taxis am stärksten betroffen, und in allen der betrachteten Niederspannungsnetze und Szenarien müssen Adaptionen (z.B. Ladesteuerungen) durchgeführt werden.

Zusammenfassend können in allen fünf Szenarien Überlastungen an den Strangleitungen auftreten. Die Auswirkungen der Überlastungen der Strangleitungen wurden mithilfe thermischer Modellierung durchgeführt.

## 4.2 Thermische Modellierung

Für thermische Modellierungen sind das Kabel, das Bettungs- bzw. Grabenmaterial um das Kabel herum und die von der Kabelwärme unabhängige Umgebungstemperatur von entscheidender Bedeutung. Die Wahl der verschiedenen Werkstoffe bzw. Füllgüter und der betrachteten Jahreszeit beeinflussen die resultierenden Leitertemperaturen maßgeblich.

Das in diesen Analysen verwendete Kabel ist dem E-XAYY 4x150SM mit einer angegebenen Strombelastbarkeit von 275 A (im Erdreich) je Leiter nachempfunden. Um den Aluminiumleiter ist eine PVC-Isolierung zu finden und der schützende Mantel besteht ebenfalls aus PVC. Das Erdkabel befindet sich in einem Bereich von 20 cm Sand und darüber 50 cm Kies bzw. sogenannten Gräber. Den Abschluss bildet eine 2,5 cm hohe Asphaltdecke, welche aus thermischer Sicht den schlimmsten Fall einnimmt. In diesen Betrachtungen wurden etwaige parallel geführte NS- oder MS-Kabel sowie andere thermisch relevante Leitungen ausgespart.

Durch transient thermische Berechnungen, welche auf kreisscheibenförmige Wärmeleitung der unterschiedlichen Materialschichten basiert, wurden für die Modellierung in MathWorks-Simulink herangezogen. Daher kann zur Berechnung die Analogie zum Ohm'schen Gesetz und mit Hilfe des sogenannten Wärmewiderstands ähnliche Gleichungen verwendet werden [4]. Im Modell wurde die Wiener Kabelverlegung realitätsgetreu (PVC-Erdkabel in Sand-Kies-Bettung unter Asphaltdecke) nachgebildet und jede erhöhte Leitertemperatur festgehalten. Alle Analysen wurden unter Normalbedingungen, das heißt, dass keine Netzumschaltungen vorgenommen wurden, und unter Annahme einer realen jahreszeitlichen Umgebungstemperaturverteilung unter Asphalt durchgeführt.

Durch das transient thermische Modell können resultierende Leitertemperaturen der obig beschriebenen Strangstromauslastungen berechnet werden. Aufgrund der verwendeten PVC-Isolationen sind nur Leitertemperaturen unter 70 °C zulässig. Im Kurzschlussfall sind allerdings höhere erlaubt, jedoch sind hierbei die Überlastungen extrem kurz. Für diese Betrachtungen sind daher alle Temperaturen höher als 70 °C nicht zulässig. So auch der Spitzenwert von über 90 °C. Die van't Hoff'sche Regel, welche als Faustregel der chemischen Kinetik gilt, besagt, dass chemische Reaktionen doppelt bis viermal so schnell ablaufen, wenn die Temperatur um 10 K erhöht wird [5]. Durch diese können Alterungseffekte der Kabel abgeschätzt werden.

Allgemein ist weiters ersichtlich, dass Leitertemperaturen größer 35 °C in allen betrachteten NS-Netzen selten (< 5 %) auftreten. Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass bei transient thermischen Betrachtungen gewisse Überlastungen bedingt durch



Schnellladevorgänge möglich sind. Im Gegensatz zur klassischen stationären Berechnung wirken dabei thermische Trägheiten der Materialien.

## 5 Schlussfolgerung

Zusammenfassend zeigen die vierwöchigen Leistungsmessungen der fünf ausgewählten Wiener Niederspannungsnetze, dass die vorhandenen Netzkomponenten in keinem Zeitpunkt des Beobachtungszeitraums an ihre thermischen Grenzen stießen. Dabei zeigen sich max. Auslastungen der Umspanner von 65 % und max. 50 % bei den Netzkabeln.

Unterspannungen und Überlastungen der Transformatoren in städtischen Netzgebieten, stellen gemäß den durchgeführten Simulationen, nicht die primäre Herausforderung bei Schnellladevorgängen dar. Problematischer ist der Zustand der jeweiligen Strangleitung, welche bei ungesteuertem Laden temporär bis zu 200% überlastet wäre. Aus diesem Grund müsste eine Ladesteuerung eingesetzt werden, um den sicheren Netzbetrieb zu gewährleisten.

## 6 Literatur

[1] Gawlik, W. et al.: ZENEM – Zukünftige Energienetze mit Elektro-mobilität – Neue Energien 2020, Endbericht, Institut für Energiesysteme und Elektrische Antriebe (TU Wien), Juli 2013

[2] Reinthaler, M., et al.: *Evaluation of speed estimation by Floating Car Data within the research project dMOTION*, Vortrag, 13th World Congress and Exhibition on Intelligent Transport Systems and Services, Beijing, China, 2007

[3] Taxiinnung Wirtschaftskammer Wien (Herausgeber): *Wiener Taxistandplatzverzeichnis*, Online im Internet, URL: <http://portal.wko.at>, Abfrage: 01.07.2013 (MEZ 12:41 Uhr)

[4] Schuster, A.: *Ladeinfrastruktur und Verteilnetzbelastungen durch Elektromobilität*, Dissertation, Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik (TU Wien), April 2013.

[5] Hollermann, A. F., Wiberg, E.: *Lehrbuch der Anorganischen Chemie*, 101. Auflage, de Gruyter-Verlag, Berlin, 1995.