

Intelligente Netze und Endkundenanwendungen

Uwe TRATTNIG, Tina SOVEC, Melanie ROGETZER, Christof SUMEREDER

FH JOANNEUM – University of Applied Sciences, Institut Energie-, Verkehrs- und Umweltmanagement, Werk-VI-Straße 46, 8605 Kapfenberg, AUSTRIA,
Tel.: 0316/5453-8304, uwe.trattnig@fh-joanneum.at, <http://www.fh-joanneum.at>

Kurzfassung: Die derzeitigen Smart - Grid - Technologien setzen überwiegend auf einen vom Verteilnetzbetreiber gesteuerten intelligenten Verteilnetzbetrieb, dabei wird jedoch das große Optimierungspotential im Endkundenbereich nicht oder nicht ausreichend berücksichtigt. In dieser Studie wurde bewusst von der Endkundenseite ausgegangen und untersucht, welche Endkundengeräte auf welche Weise intelligent auf Verteilnetzveränderungen reagieren, diese selbständig ausgleichen und auf diese Weise die erforderlichen klassischen als auch Smart - Grid - Netzausbauten verringern können. Dazu wurden typische Haushaltsendkunden anhand deren Anforderungen und Verhaltensmuster kategorisiert sowie die Anforderungen und Leistungsmerkmale von Endkundengeräten analysiert und in mehreren Messserien auf das Verhalten bei Abweichungen von der Nennspannung und der Nennfrequenz hin untersucht. Aus diesen Ergebnissen wurden eine wirtschaftliche und rechtliche Betrachtung sowie eine Marktpotenzialabschätzung von spannungsrobusten Endkundengeräten durchgeführt. Auswirkungen von unterschiedlichen Arten des Netzausbaus auf die Treibhausgasbilanz und die Entwicklung von entsprechenden Nachweisstrategien bildeten den Abschluss der gegenständlichen Studie.

Keywords: Smart-Grid, EN 50160, Spannungsrobuster Betrieb, Endkunde

1 Ausgangslage

Bisher wurden Stromnetze immer als Top – Down Netze ausgehend von der Höchstspannungsebene hin zu der Niederspannungsebene entworfen, d.h. der Leistungsfluss verteilt sich von der Höchstspannungsebene aus über die Hoch- und Mittelspannungsebene hin zur Niederspannungsebene. Dieses Konzept wird nun durch den Boom an dezentraler Erzeugung konterkariert, die für eine Umkehr der Energieflussrichtung von der Niederspannungsebene ausgehend, hin zu den höheren Spannungsebenen sorgt. Dabei entstehen vor allem Engpässe und Spannungsqualitätsprobleme im Niederspannungs- und Mittelspannungsbereich – zum Teil sogar auf höheren Spannungsebenen. Die Netzbetreiber versuchen nun, diesen Engpässen mit unterschiedlichen Konzepten für das Verteilnetz entgegenzuwirken.

Klassische Smart - Grid - Projekte versuchen nun Spannungs- und Leistungsflussänderungen auf der Endkundenseite durch intelligente Regelmechanismen (Spannungs- und Blindleistungsregelung) in den Anlagen des Verteilnetzes auszugleichen. Prinzip bedingt können derartige Smart - Grid - Ansätze jedoch nur einen sinnvollen Durchschnittsspannungswert im betroffenen Netzbereich - basierend auf verfügbaren

Messdaten - einstellen. Eine Versorgungsspannung, die jedem Endkunden in diesem Netzbereich gerecht wird, ist auf diese Weise nicht möglich.

Hier setzt der Smart-Grid-Ansatz dieses Projektes an: Anstatt aufwändig und teuer die Verteilnetzanlagen zu verstärken und/oder auf intelligente Regelungen umzurüsten, soll untersucht werden, welche elektrischen Geräte der Endkunden bereits über den in der Norm EN 50160 festgelegten Spannungstoleranzbereich hinaus als spannungsrobust zu bezeichnen sind und daher verteilnetztechnische Anpassungen reduziert werden können.

2 Ergebnisse

Laut EN 50160 sollte die Netzspannung in Österreich um maximal $\pm 10\%$ von 230 V abweichen. In diesem Rahmen garantieren auch die Hersteller von Elektrogeräten eine fehlerfreie Funktion. Eine Überschreitung dieses Toleranzbereichs – also größer als 253 V – ist nicht sinnvoll, da dann die Geräte eine erhöhte Spannungsfestigkeit auf- und nachweisen müssten, was im Sinne einer weltweiten Anwendungsmöglichkeit und in Bezug auf die aktuelle Normung keine praktikable Vorgehensweise darstellt.

Was bei einer Unterschreitung dieser zehnpromzentigen Grenze geschieht, ist allerdings nicht eindeutig festgelegt. Diversen berichten zu Folge – unter anderem aus dem Internet – sollen manche Haushaltsgeräte durch einen kurzen oder länger andauernden Spannungseinbruch nachhaltig beschädigt worden sein. Beispielsweise sollen Heizlüfter überhitzen oder Motoren von Kühlschränken und Klimaanlage durchbrennen, da diese angeblich stecken bleiben. Dazu ist auszuführen, dass die derzeitigen Geräte auch im Fall von Spannungseinbrüchen sicher sein müssen – die Funktion des Gerätes kann gestört sein, das Gerät selbst bzw. der Betrieb desselben muss aber in jedem Fall sicher sein, da Spannungseinbrüche nicht verhinderbar sind. Gerade die in Haushaltsgeräten verwendeten Universalmotoren sind in einem weiten Spannungsbereich betreibbar, es ändert sich nur die Drehzahl der Antriebe. Wenn natürlich ein Motor mit Unterspannung betrieben wird während gleichzeitig die entnommene mechanische Leistung gleich bleibt, steigt der aufgenommene Strom zwangsweise. Im Falle des Steckenbleibens des Rotors würde sogar der Kurzschlussstrom zum Fließen kommen. In diesen Fällen ist eine Beschädigung des Motors möglich. Dies entspricht aber nicht den Verwendungszwecken im Endkundenbereich. Ein grundsätzliches Steckenbleiben durch Unterspannung ist aufgrund der aktuellen EU-weit harmonisierten Niederspannungsgeräteverordnung nicht zulässig bzw. muss durch Schutzeinrichtungen verhindert werden.

Zur messtechnischen Überprüfung des Betriebes von Endkundengeräten unterhalb der zehnpromzentigen Toleranzgrenze der Nennspannung wurden insgesamt bei 49 typischen Haushaltsgerätearten (die tatsächliche Prüflingsanzahl war 63 aufgrund mehrere gleichartiger Leuchtmittel) Unterspannungsmessungen bis zu 70 % der Nennspannung durchgeführt und deren Verhalten dokumentiert. Dabei können die Geräte in vier Kategorien eingeteilt werden:

- Geräte mit Schaltnetzteilen,
- Geräte mit linearem Leistungsverlauf,
- Geräte mit quadratischem Leistungsverlauf und
- Geräte mit atypischem Leistungsverlauf.

Bei modernen Schaltnetzteilen spielt ein Spannungseinbruch keine Rolle, da dies mit einer erhöhten Stromaufnahme kompensiert wird. Nachdem sich diese Geräte in einer sehr niedrigen Leistungsklasse befinden, überschreiten die Eingangsströme keinerlei Grenzwerte. Dies liegt daran, dass die heutigen Schaltnetzteile grundsätzlich als „Weitbereichsnetzteile“ entwickelt werden – üblicherweise mit einem Spannungsbereich von 80 V bis 240 V. Eine einwandfreie Funktion ist auch noch bei Netzspannungen weit unter 70 % stets gegeben. Geräte mit weitgehend konstantem Leistungsverlauf, wie beispielsweise LED – Lampen mit E27 Fassung, funktionieren auch bei geringeren Spannungen mit lediglich etwas verminderter Leistung.

Nachstehend sind zwei Messbeispiele angeführt. **Abbildung 1** zeigt den Leistungsverlauf einer handelsüblichen LED – Lampe. Dabei ist gut zu erkennen, dass die Leistungsaufnahme über einen weiten Spannungsbereich relativ konstant bleibt. Dieser Lampentypus war auch völlig unempfindlich gegen Flickerercheinungen. Interessanterweise zeigt **Abbildung 2** das genaue Gegenteil. Es handelt sich dabei um einen LED – Spot desselben Herstellers aus derselben Produktlinie. Die Abhängigkeit des Leistungsverlaufs von der Spannung ist hierbei sogar größer als der quadratische Verlauf bei einer Glühlampe. Entsprechend zu den Leistungsverläufen verhielt sich die Leuchtkraft der Lampen.

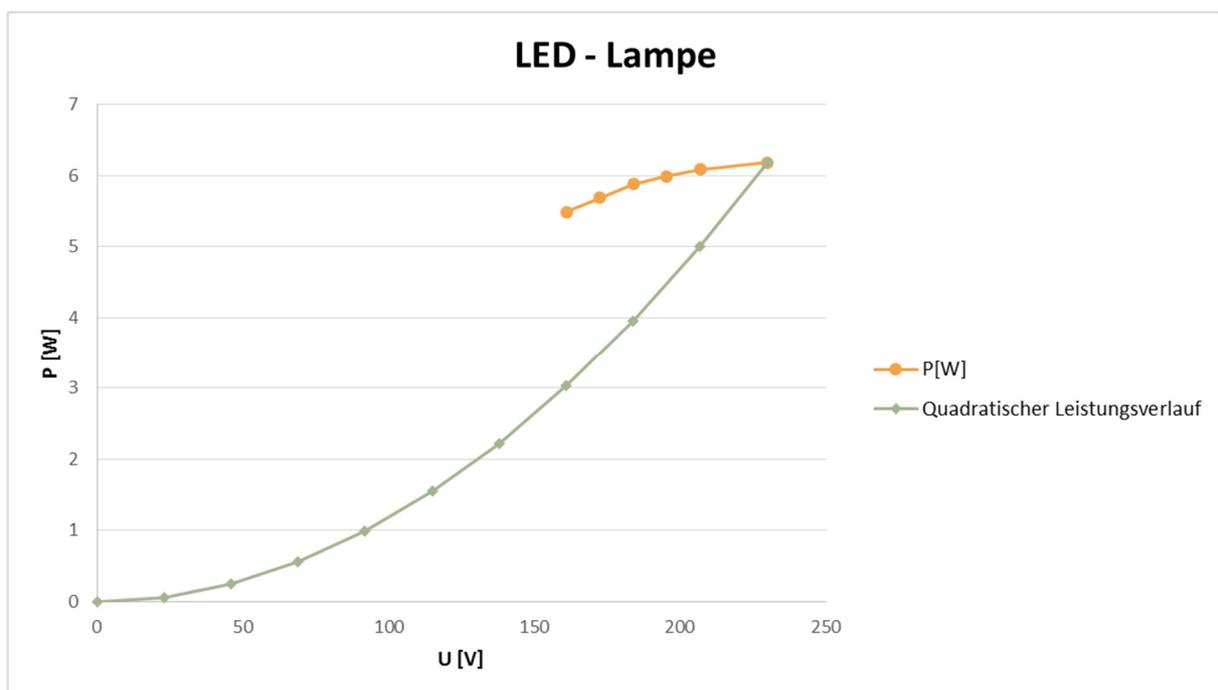


Abbildung 1: Leistungsverlauf einer LED - Lampe

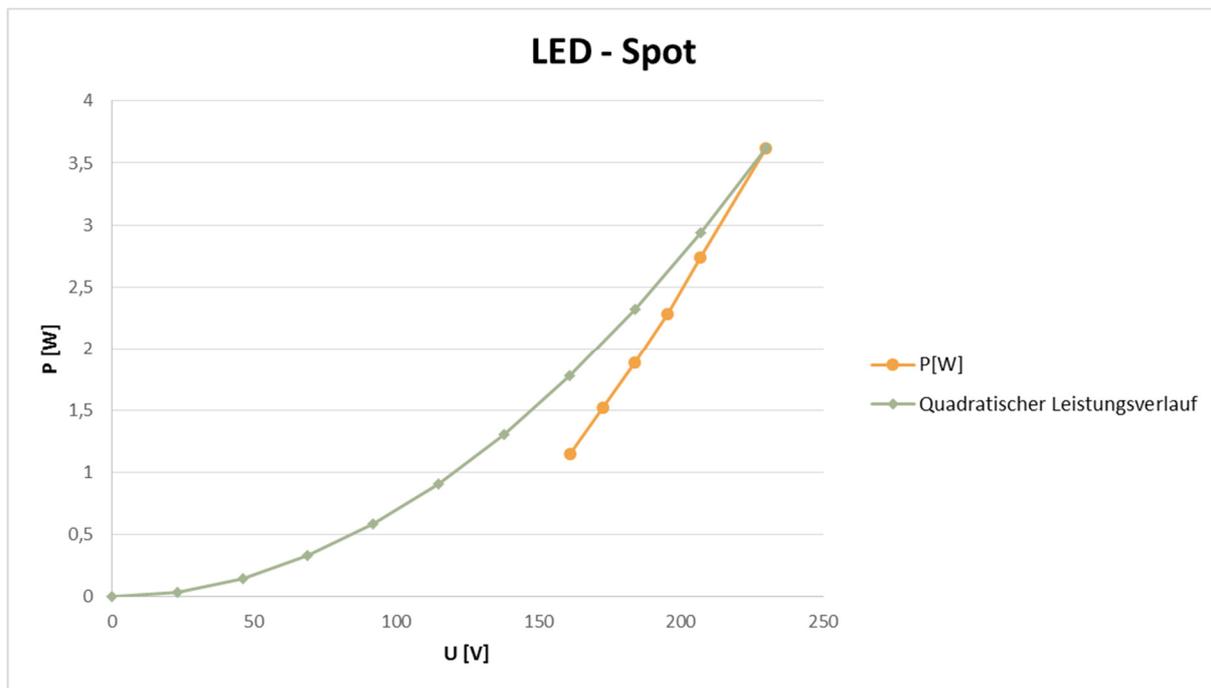


Abbildung 2: Leistungsverlauf eines LED - Spots

Abweichungen von der Nennfrequenz sind da deutlich problematischer. Bereits eine Abweichung von 10 % von der Nennfrequenz führte bei einer LED - Lampe bereits zur Zerstörung des Vorschaltgeräts, andere LED – Lampen versagten den Dienst. Viele Schaltnetzteile verwenden die Netzfrequenz als Referenzfrequenz – Abweichungen davon sind daher problematisch. Allerdings sind die Frequenzabweichungen im öffentlichen Verteilnetz selbst im Störfall zumeist relativ klein (< 1%). Bei einer Abweichung von +- 10 % werden gemäß TOR E in Österreich alle Verbraucher und Erzeuger abgeschaltet.

Eine deutliche Auswirkung eines Spannungseinbruches ist jedoch bei Geräten mit quadratischem Leistungsverlauf zu beobachten. Wenn die Netzspannung auf 70 % des Nennwertes gefallen ist, beträgt die Leistungsaufnahme naturgemäß nur mehr um die 50 %. Bei Wärmegeräten, wie z.B. einem Wasserkocher, bedeutet dies eine Verlängerung der Kochzeit um den Faktor 2,3. Bei einem Minibackofen stieg die Aufheizzeit um den Faktor 3,3 während ein weiterer Backofen mit einer Vorheizzeit von über einer Stunde bereits als nicht mehr brauchbar einzustufen war. Dazu ist grundsätzlich zu sagen, dass ein dauerhafter Spannungsabfall auf 70 % der Nennspannung ein in diesem Projekt definierter „Worst case“ Fall ist, der in der Praxis nicht das Auslegungskriterium darstellt.

Ein besonderer Einsatzbereich für die gegenständlichen Netzbereiche liegt im Bereich von Fotovoltaikanlagen im Privatbereich, da diese die lokale Spannung anheben können. Speziell bei längeren Anschlussleitungen auf der Niederspannungsebene wird oftmals zum Ausgleich des Spannungsverlustes entlang der Leitung im belasteten Zustand die Nennspannung in der

Transformatorstation um z.B. 5 % erhöht. Wenn dann in Zeiten von Niedriglast die Fotovoltaikanlage diese erhöhte Betriebsspannung weiter erhöht (z.B. um weitere 5 %), dann erreicht man leicht die obere Toleranzgrenze für die Betriebsspannung gemäß EN 50160. Dies wird seitens der Netzbetreiber oft als Argument genommen, den Anschluss einer Fotovoltaikanlage zu verweigern bzw. netztechnische Verbesserungen zu verlangen. Als Gegenmaßnahme könnte die Nennspannung von Netzbetreiber jedoch um z.B. 5 % gesenkt werden – die Geräte würden dann grundsätzlich mit 218,5 V betrieben werden, was immer noch innerhalb des Toleranzbandes liegen würde. In diesem Fall könnte es aber passieren, dass zu gewissen Zeiten des Lastmaximums die Spannung kleiner als 207 V wird (untere Grenze des Normspannungsbereichs). Dies wäre aber nur zeitweilig und nicht dauerhaft und würde auch nicht den Bereich von 70 % der ursprünglichen Nennspannung erreichen. Betroffen wären wiederum hauptsächlich Wärmegeräte, jedoch findet nach der Aufheizperiode derselben (z.B. Küchenherd, Eierkocher) keine ständige Leistungsaufnahme mehr statt, sondern es handelt sich um ein Takten der Heizleistung zur Aufrechterhaltung des eingestellten Temperaturverlaufs. Die durchgeführte Messserie hat für diesen Fall die Verwendbarkeit von Haushaltsgeräten selbst im Bereich der unteren Spannungstoleranzgrenze bestätigt.

Positiv hervorzuheben ist, dass keines der getesteten Geräte bei den Messungen mit verringerter Spannung beschädigt wurde – lediglich bei Abweichungen der Nennfrequenz von mehr als 10 % waren Beschädigungen in zwei Fällen feststellbar. Nachdem alle CE-konformen Geräte diverse Sicherheitsschalter und Thermosicherungen besitzen müssen, werden auch Heizlüfter und Kühlkompressoren nicht beschädigt. Wenn bei einem Kühlschrank die Netzspannung so weit vermindert wird, dass der Motor den Kompressor nicht mehr antreiben kann und somit stehen bleibt, schaltet eine Thermosicherung den Strom ab, um eine Beschädigung zu verhindern. Ebenso wird der Heizlüfter von einem Thermostat geschützt, wenn der Lüfter stehen bleibt und die Heizung weiter aktiv ist. Bis auf den Wäschetrockner (Funktion bis 75 % der Nennspannung), dem Geschirrspüler (Funktion bis 80 % der Nennspannung) und dem Induktionsherd (Funktion bis 80 % der Nennspannung) haben alle Haushaltsgeräte innerhalb der Messgrenzen (70 % der Nennspannung) stets funktioniert.

Besonders hervorzuheben ist die Kongruenz von theoretischer Ermittlung der Funktionsfähigkeit von elektrotechnischen Geräten zur tatsächlichen Funktion der Geräte im Labortest. So konnten insbesondere die aus den Datenblättern der Komponenten abgeleiteten Betriebsbedingungen von Schaltnetzteilen in Bezug auf Spannung und Frequenz empirisch verifiziert werden.

Nachstehend wird in **Abbildung 3** eine Übersicht über die Leistungsaufnahme aller getesteten Geräte dargestellt. Man erkennt an der mittleren der fünf Kurven, dass bis zu einer Spannung von 185 V noch alle Geräte zumindest 50 % ihrer Nennleistung haben und auch voll funktionieren.

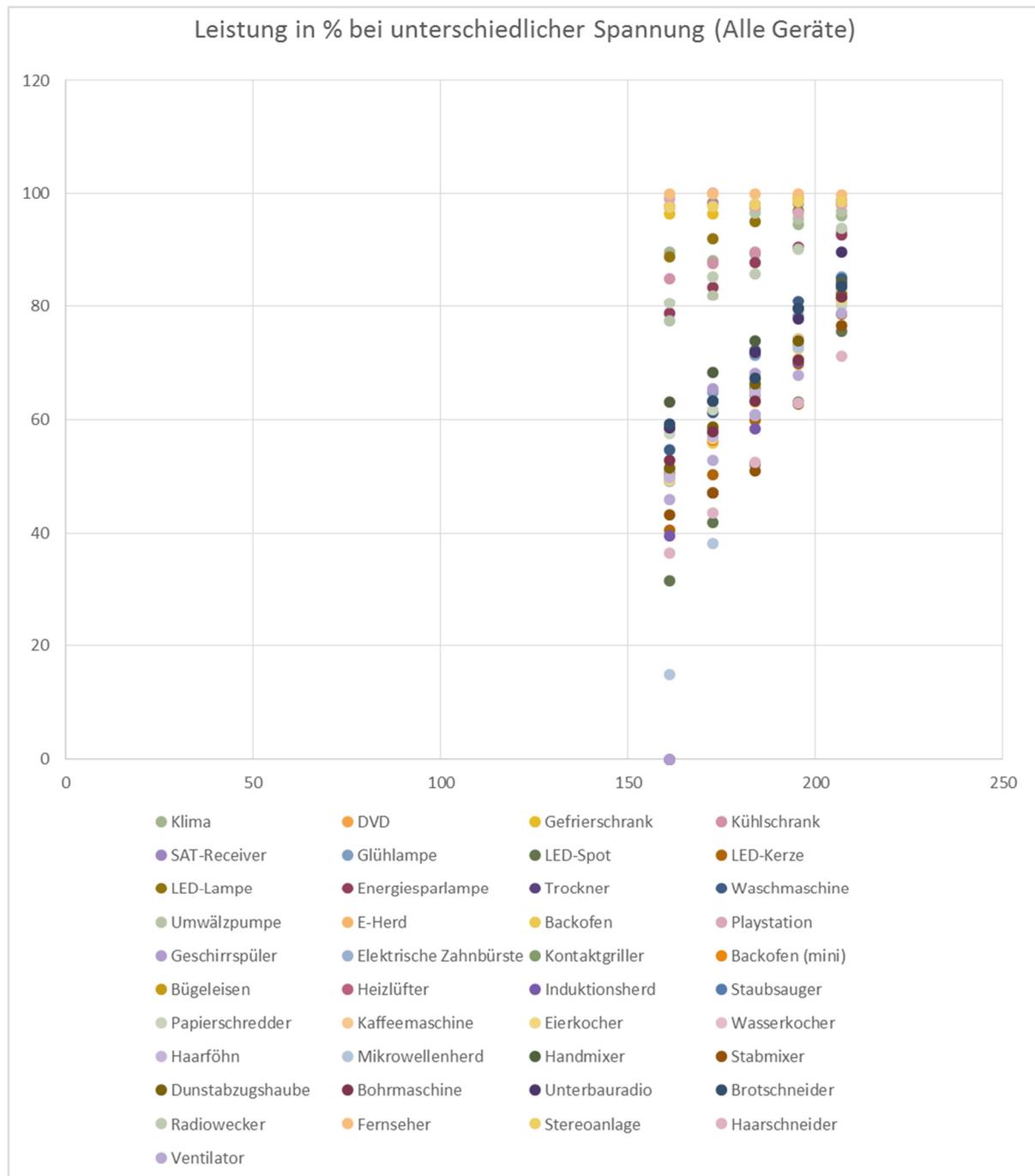


Abbildung 3: Aufstellung der Leistungsaufnahme bei verringerter Spannung von allen Messobjektarten.

3 Zusammenfassung

In der gegenständlichen Untersuchung wurde gezeigt, dass handelsübliche Haushaltsgeräte durchaus im Bereich von -10 % bis -15 % der Nennspannung noch vollständig funktionieren. Die Funktionsweise war sogar bis -20 % der Nennspannung (in vielen Fällen auch darunter) gegeben. Somit könnten durch weniger strikte Auslegung des Toleranzbandes im Bereich von

-10 % bis -15 % der Nennspannung viele Netzausbaumaßnahmen verhindert und gleichzeitig die Einspeisung von dezentraler, erneuerbarer Energie gefördert werden.

4 Literatur

[1] Republik Österreich: „Niederspannungsgeräteverordnung 1995“

[2] Austrian Standards Institute: „ÖVE/ÖNORM EN 50160 - Merkmale der Spannung in öffentlichen Elektrizitätsversorgungsnetzen“

[3] E-Control: „TOR Teil E - Technische Maßnahmen zur Vermeidung von Großstörungen und Begrenzung ihrer Auswirkungen“