

Information über die Auswirkungen von E-Autos auf das Stromnetz

EMC "Erster ElektroMobilitätsClub Österreich" 15.Okt.2015

Niederhuemer Walter, LINZ STROM NETZ GmbH

Dienstleistung der LINZ AG in 105 Gemeinden:

Strom:

82 Gemeinden

Gas:

27 Gemeinden

Fernwärme:

23 Gemeinden

Wasser:

29 Gemeinden

Abwasser:

42 Gemeinden

Abfall:

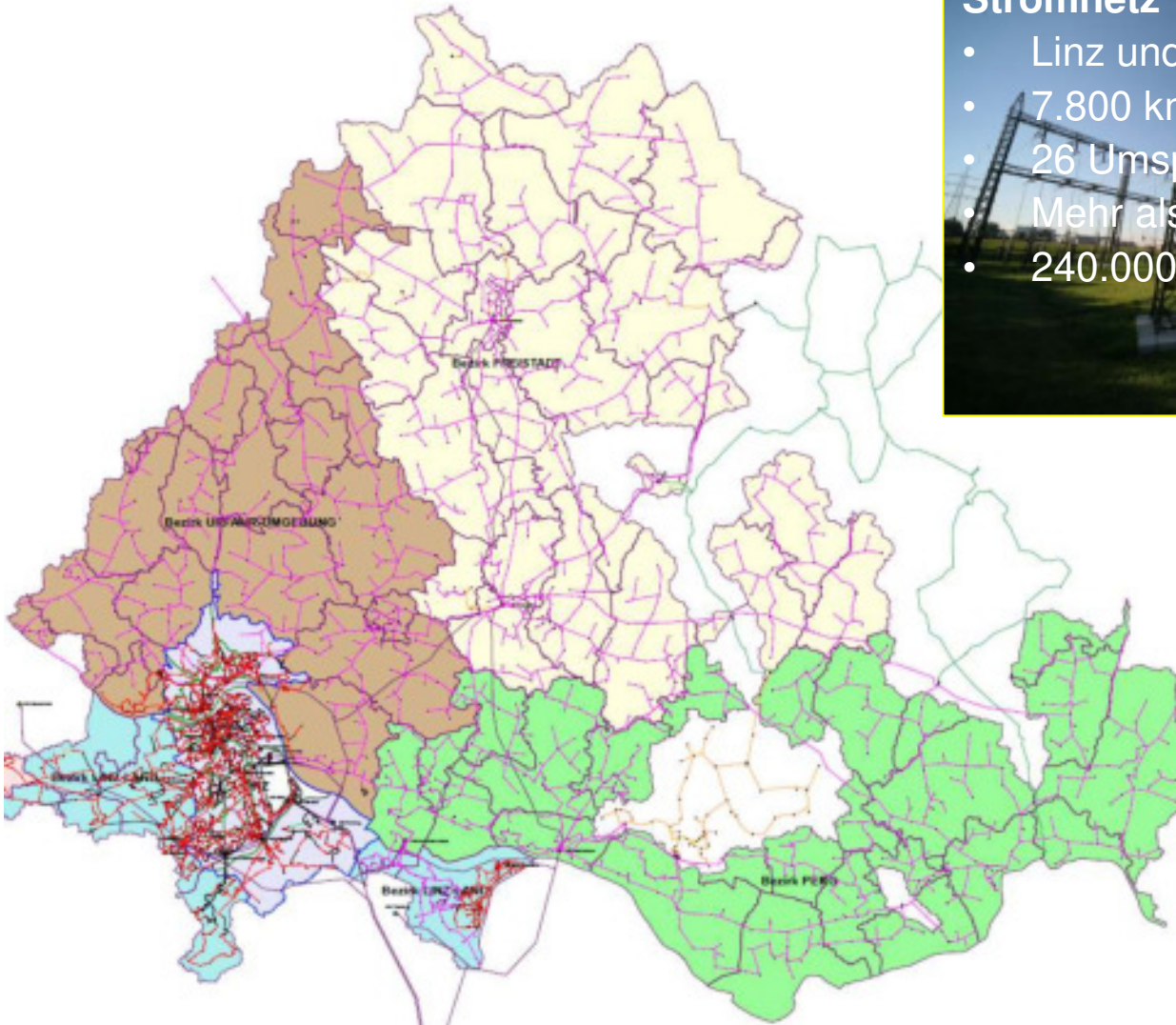
59 Gemeinden

Öff. Verkehr:

10 Gemeinden



Auswirkungen von E-Autos auf das Stromnetz

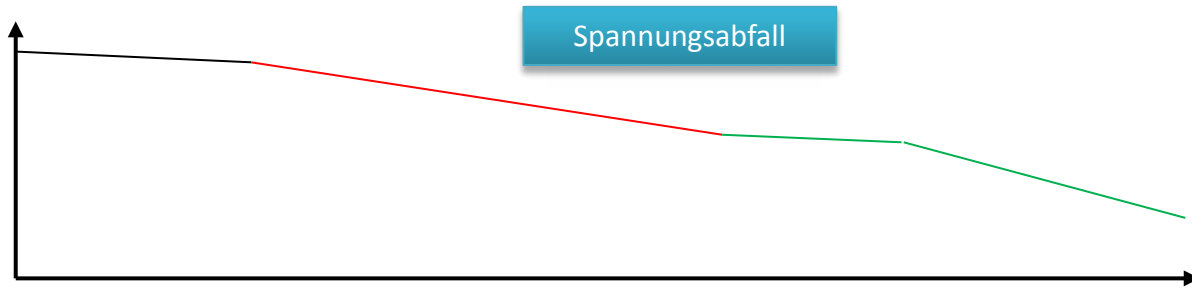
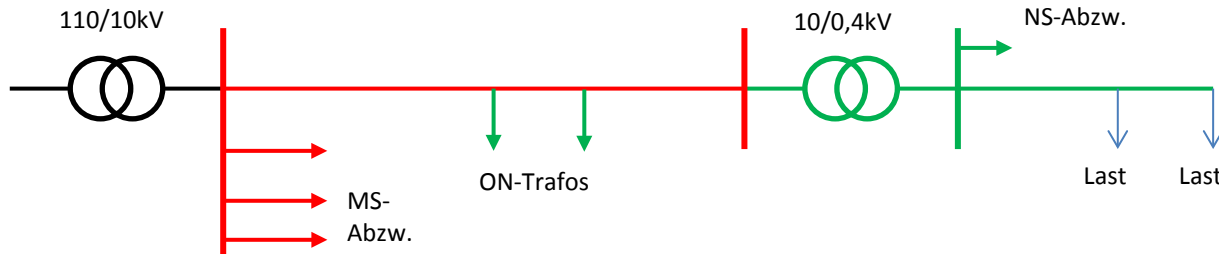


Stromnetz

- Linz und 82 Gemeinden
- 7.800 km Leitungen
- 26 Umspannwerke
- Mehr als 3.000 Trafostationen
- 240.000 Kunden

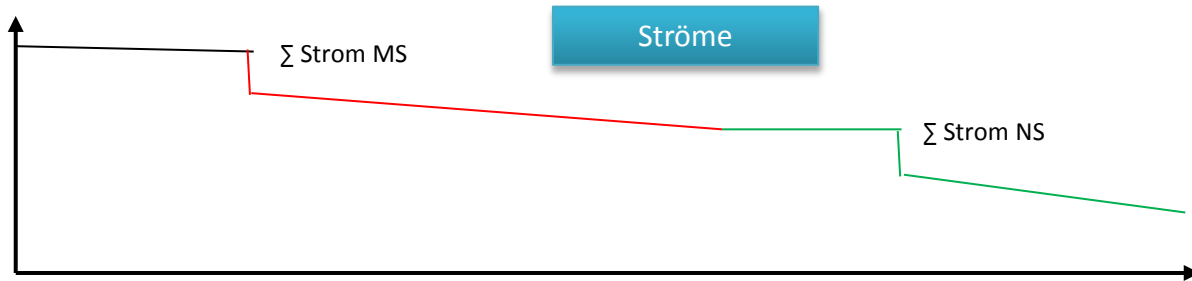


Netzbelastung



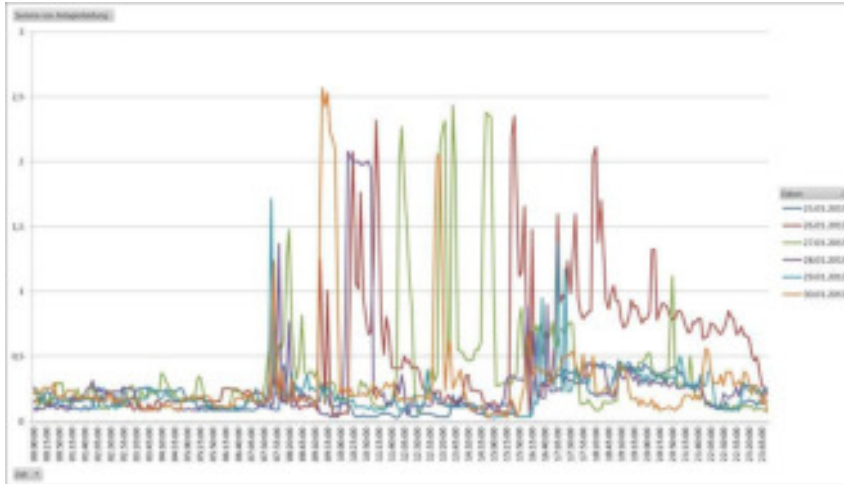
Einzulhalten
 $U_n -10\%$

Bsp. Spg.-Abfall
10kW 3p an 570kVA
(~350m 70mm² Frlt.
oder 800m Kabel)
 $\Delta U \sim 1,5\%$

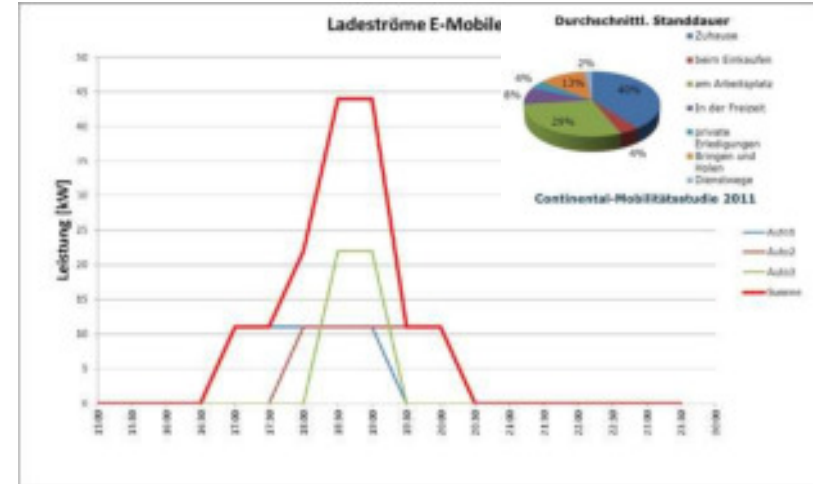


Einzulhalten
Strombelastbarkeit der
Leitungen und Trafos
Bei 200A Kabelbelastbarkeit
z.B. 50HH -> 110A
5 E-Mobile 11kW

Netzbelastung



- **Haushaltslasten**
- In den einzelnen Haushalten treten Spitzenlasten auf 5 – 10kW
- Diese treten nur für kurze Zeit auf
- Überlagerung nur sehr selten
- Gleichzeitigkeit 0,15
 - D.h. je HH ca. 0,7 – 1,5kW an der Trafostation

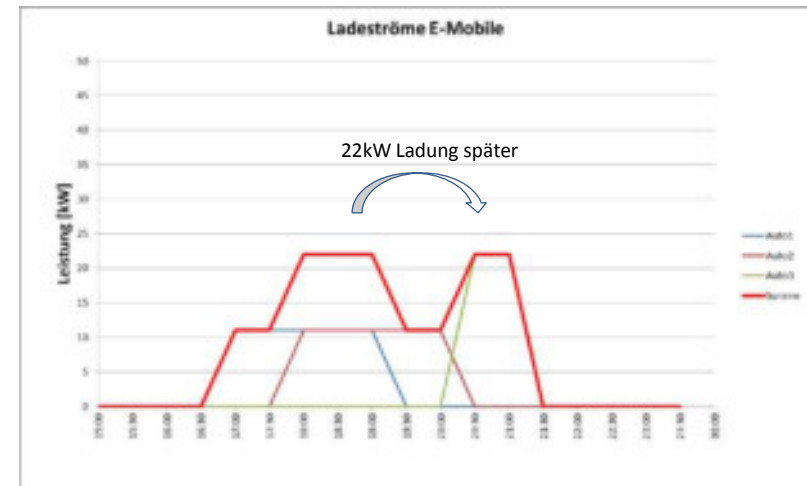


- **Ladeströme E-Mobile**
- Im privaten Bereich ist damit zu rechnen, dass die Ladung am Abend stattfindet bzw. Vormittag am Arbeitsplatz
- Schnellladungen 11kW und größer
- Überlagerung sehr wahrscheinlich
- Gleichzeitigkeit 1
 - Leistungen addieren sich

Herausforderung ist die hohe Gleichzeitigkeit und die damit verbundene Spitzenstrombelastung der Leitungen und der Spannungsabfall in den einzelnen Spannungsebenen

Netzbelastung

- Vermeidung von Lastspitzen durch Ladesteuerung
- Flottenfahrzeuge
 - Definiertes „Ladefenster“ z.B. 17 – 6h
 - E-Mobile können in dieser Zeit gesteuert geladen werden. Vorgabe um 6h alle E-Mobile „voll“
 - Kommunikation in begrenztem Firmenareal
- Private Ladung
 - Viele Studien und Ansätze zu gesteuertem Laden
 - Was ist der Kunde bereit bei flexiblen Ladezeiten in Kauf zu nehmen?
 - Ausgedehnte Kommunikationsinfrastruktur
 - Steuerung zentral von Trafostation

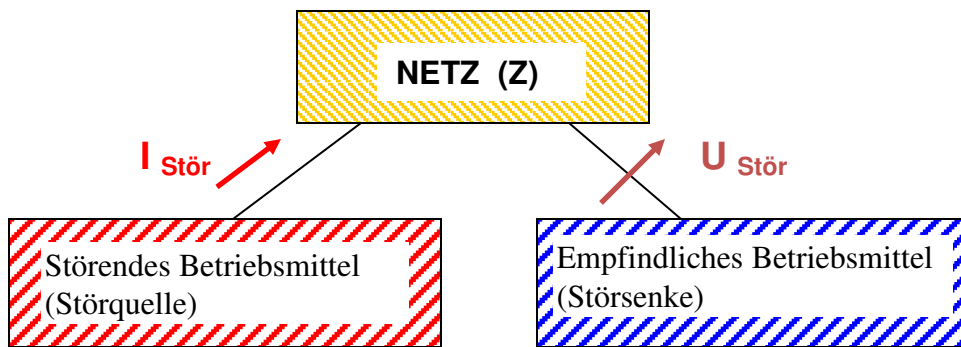


Spannungsqualität Netzurückwirkungen

Zusammenfassung wesentlicher Festlegungen der Norm EN 50160

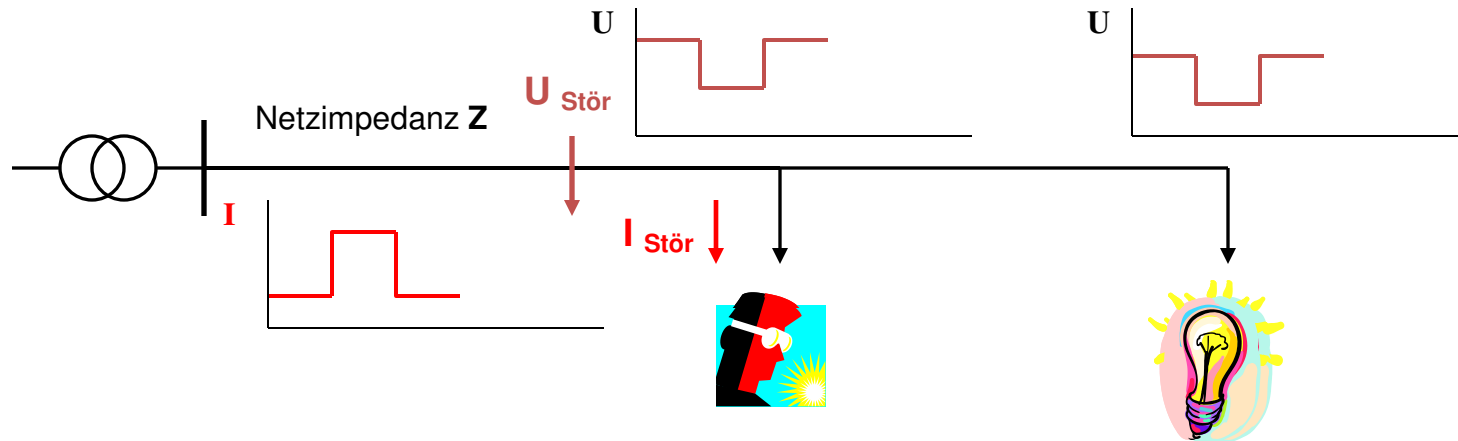
Merkmale der Versorgungsspannung	Werte bzw. Wertebereiche		Meß- und Auswerteparameter			
	Niederspannung	Mittelspannung	Basisgröße	Integrationsintervall	Beobachtungsperiode	Prozentsatz
Frequenz (bei Verbindung zu einem Verbundnetz)	49,5 Hz bis 50,5 Hz 47 Hz bis 52 Hz		Mittelwert	10 s	1 Woche	95 % 100 %
Langsame Spannungsänderungen	230 V + 10 %	$U_c + 10 %$	Effektivwert	10 min	1 Woche	95 %
Schnelle Spannungsänderungen	5 % max. 10%	4 % max. 6%	Effektivwert	10 ms	1 Tag	100 %
Flicker (Festlegung nur für Langzeitflicker)	$P^* = 1$		Flickeralgorithmus	2 h	1 Woche	95 %
Spannungseinbrüche (≤ 1 min)	einige 10 bis 1000 pro Jahr (unter 85 % U_c)		Effektivwert	10 ms	1 Jahr	100 %
Kurze Versorgungsunterbrechungen (< 3 min)	einige 10 bis mehrere 100 pro Jahr (unter 1 % U_c)		Effektivwert	10 ms	1 Jahr	100 %
Zufällige lange Versorgungsunterbrechungen (> 3 min)	einige 10 bis 50 pro Jahr (unter 1 % U_c)		Effektivwert	10 ms	1 Jahr	100 %
Zeitweilige netzfrequente Überspannungen (Außenleiter - Erde)	meist < 1,5 kV	1,7 bis 2,0 U_c (je nach Stempunktbehandlung)	Effektivwert	10 ms	keine Angabe	100 %
Transiente Überspannungen (Außenleiter - Erde)	meist < 6 kV	entsprechend der Isolationskoordination	Scheitelwert	kein	keine Angabe	100 %
Spannungsunsymmetrie (Verhältnis Gegen- zu Mitsystem)	meist 2 % in iSonderfällen bis 3 %		Effektivwert	10 min	1 Woche	95 %
Oberschwingungsspannung (Bezugswert U_n bzw. U_c)	siehe Tab. 2 Gesamtüberschwingungsgehalt (THD) = 8 %		Effektivwert	10 min	1 Woche	95 %
Zwischenharmonische Spannung	Werte in Beratung		Werte in Beratung			
Signalspannungen (Bezugswert U_n bzw. U_c)	siehe Bild 1 (MS: Bereich 9 bis 95 kHz in Beratung)		Effektivwert	3 s	1 Tag	99 %

Netzurückwirkung

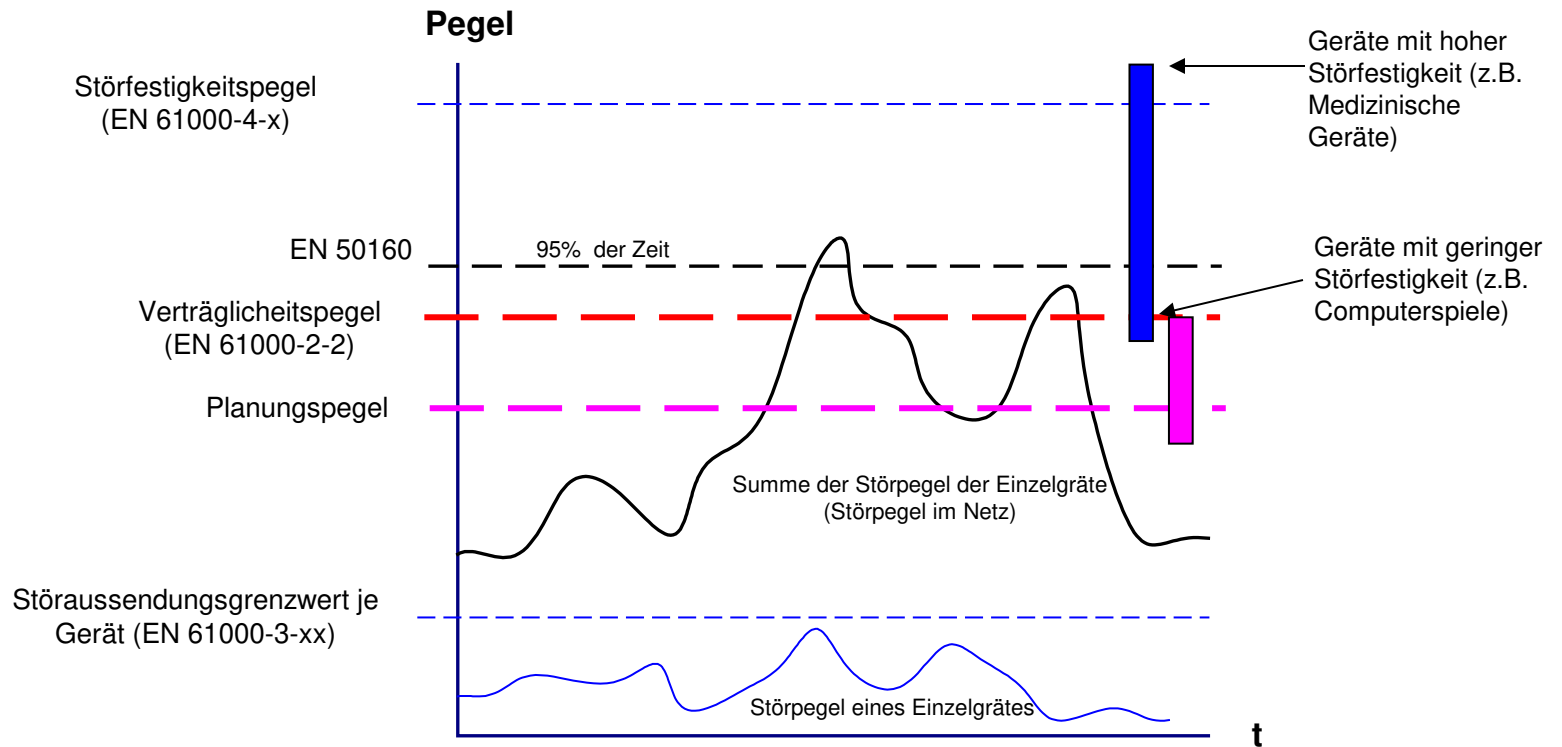


$I_{Stör}$	Störstrom (Störaussendung)
$U_{Stör}$	Störspannung (Störgröße in der Netzspannung)
Z	Netzimpedanz (frequenzabhängig)

$$U_{Stör} = Z_{Netz} * I_{Stör}$$



Definition von Störfestigkeit und Verträglichkeitspegel

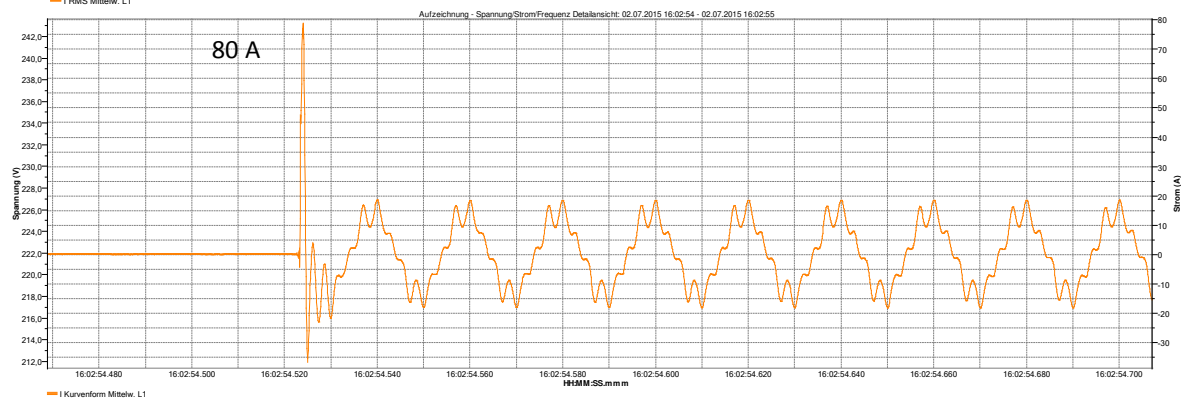
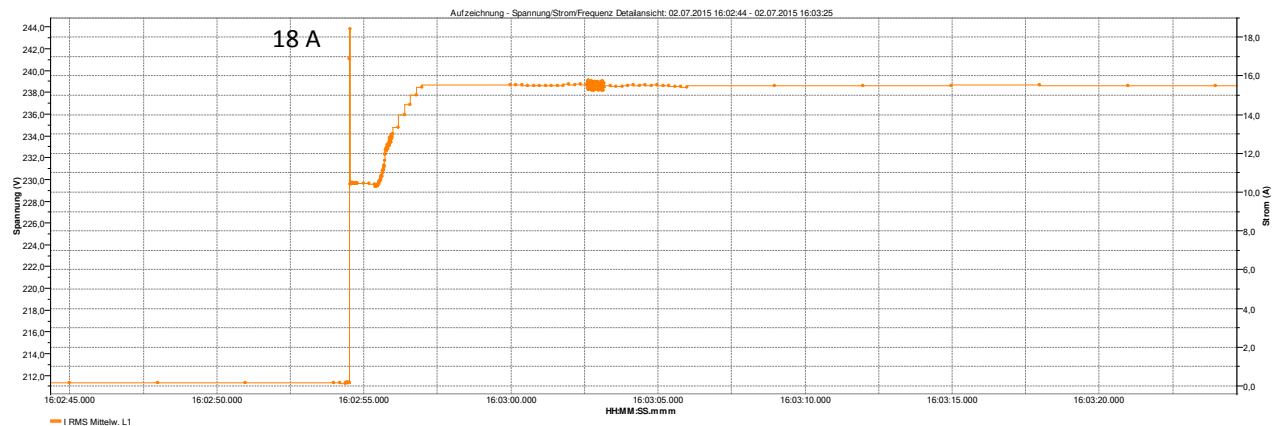


Netzurückwirkungen

- Derzeit sind netzverträgliche und weniger netzverträgliche E-Mobile am Markt
- Problematiken
 - Einschaltströme (die zul. 4% an Prüfimpedanz wird überschritten)
 - Oberschwingungen (Grenzwerte nach EN61000-3-3 bzw. EN61000-3-11 mit Rsc=33 werden überschritten)
 - Unsymmetrie (Ladboxen ermöglichen 32A Ladung einphasig)
- Ladeeinheiten teilweise in der Entwicklungsphase
 - Keine verbindlichen Normen
 - Kunde als Beta-Tester
 - Bei Problemen oft Störungsursache nicht klar
 - Netz
 - Software und Hardware der Ladeeinheit
 - Software Ladebox

Einschaltstromspitzen

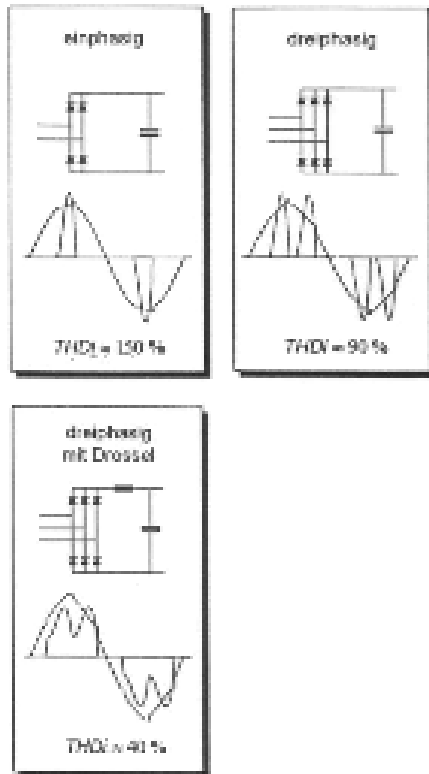
- Aufladevorgänge in Ladegleichrichtern verursachen hohe Einschaltstromspitzen
- Verursachen kurzzeitig hohe Spannungseinbrüche (lt. Norm maximal 4% zulässig)



Oberschwingungen

- Eine gleichbleibende, periodische Abweichung der Netzspannung von der Sinusform bedeutet, dass der Grundschiwingung zusätzliche Schwingungen, deren Frequenz ein ganzzahliges Vielfaches der Netzfrequenz beträgt, überlagert sind.
- Die wesentlichsten Oberschwingungserzeuger sind:
 - Betriebsmittel der Leitungselektronik, z.B Stromrichterantriebe, Ladegleichrichter, Dimmer
 - Massengeräte mit Gleichstromversorgung wie Fernseher, Kompaktleuchtstofflampen mit eingebautem elektronischen Vorschaltgerät, IT-Geräte
- Hohe Oberschwingungsanteile in der Netzspannung können zur Beeinträchtigung sowohl des Netzbetriebes als auch von Betriebsmitteln (Geräten Anlagen) bei den Netzbenutzern führen.
 - Verkürzung der Lebensdauer von Kondensatoren und Motoren infolge thermischer Zusatzlast
 - Akustische Störungen bei Geräten mit elektromagnetischen Kreisen (Drosseln, Trafos, Motoren)
 - Einkopplung von Oberschwingungen in nachrichten- und informationstechnische Einrichtungen
 - Funktionsstörung bei elektronischen Geräten

Oberschwingungen

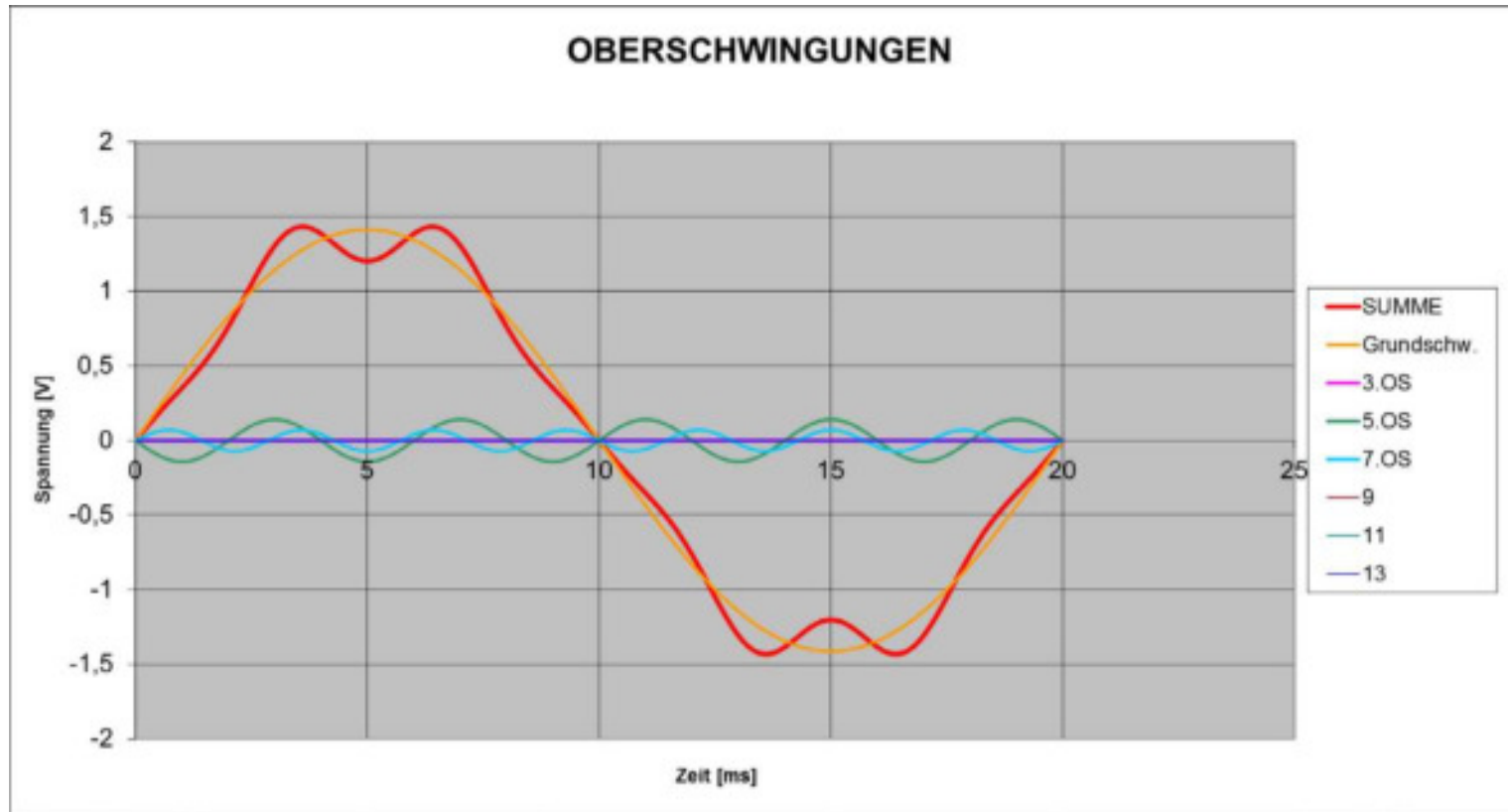


Tab. 6-4 Merkmale typischer *Oberschwingungserzeuger*

Schaltungsart	Stromkurvenform	THD _i	Anwendungsbeispiele
Einphasiger Gleichrichter mit Glättungskondensator		≈ 165 % (Gr. 2)	Schaltnetzteile (Fernsehgeräte, Kompaktleuchtstofflampen, EDV-Geräte, Geräte der Unterhaltungselektronik)
6-pulsiger Gleichrichter mit Glättungskondensator		≈ 100 % (Gr. 2)	USV-Anlagen, Frequenzumrichter für Drehstrommotoren (Pumpen, Ventilatoren, Verdichter, Extruder, Mühlen, Brecher, Kranfahrwerke, Aufzüge, Förderanlagen, Rührwerke, Papiermaschinen, Wickelantriebe, Kalander, Bandsägen, Hebewerke, Klimageräte)
6-pulsiger Gleichrichter mit Glättungskondensator und -drossel		40 ÷ 70 % (Gr. 2)	
6-pulsiger Thyristorstromrichter mit Glättungsdrossel		25 ÷ 40 % (Gr. 2)	USV-Anlagen, Gleichstromantriebe (Skilifte, Extruder, Bandsägen), Wechselrichter für Windkraftanlagen
12-pulsiger Thyristorstromrichter mit Glättungsdrossel		≈ 15 % (Gr. 1)	Gleichstromantriebe mit hoher Leistung (Walzwerke, Seilbahnen), Wechselrichter für Windkraftanlagen

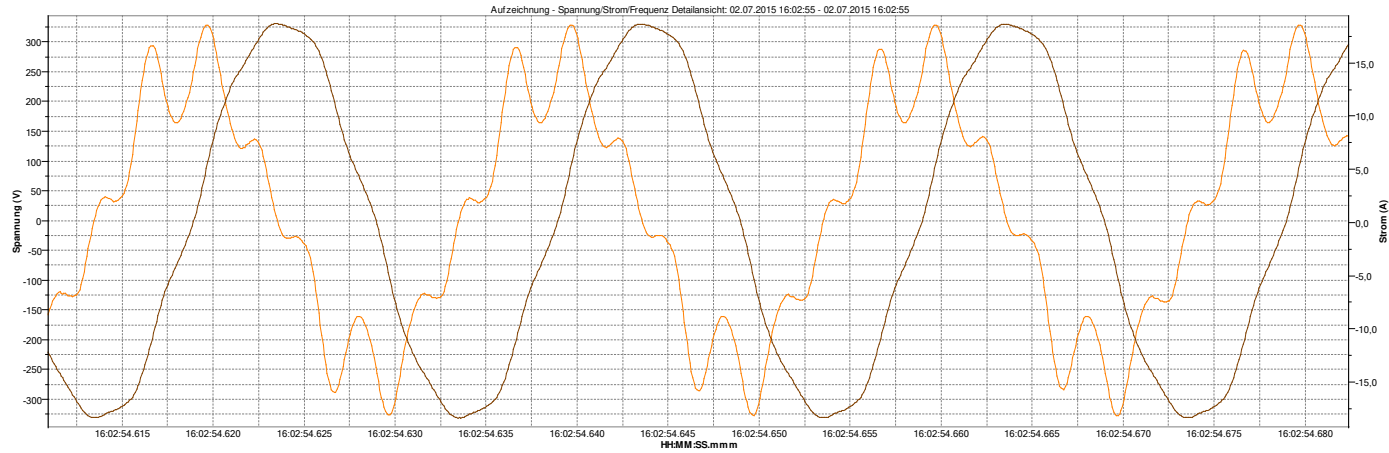
- Der durch diese Ströme an der Netzimpedanz verursachte Spannungsabfall führt in der Folge zu einer Verzerrung der sinusförmigen Netzspannung.

Oberschwingungen

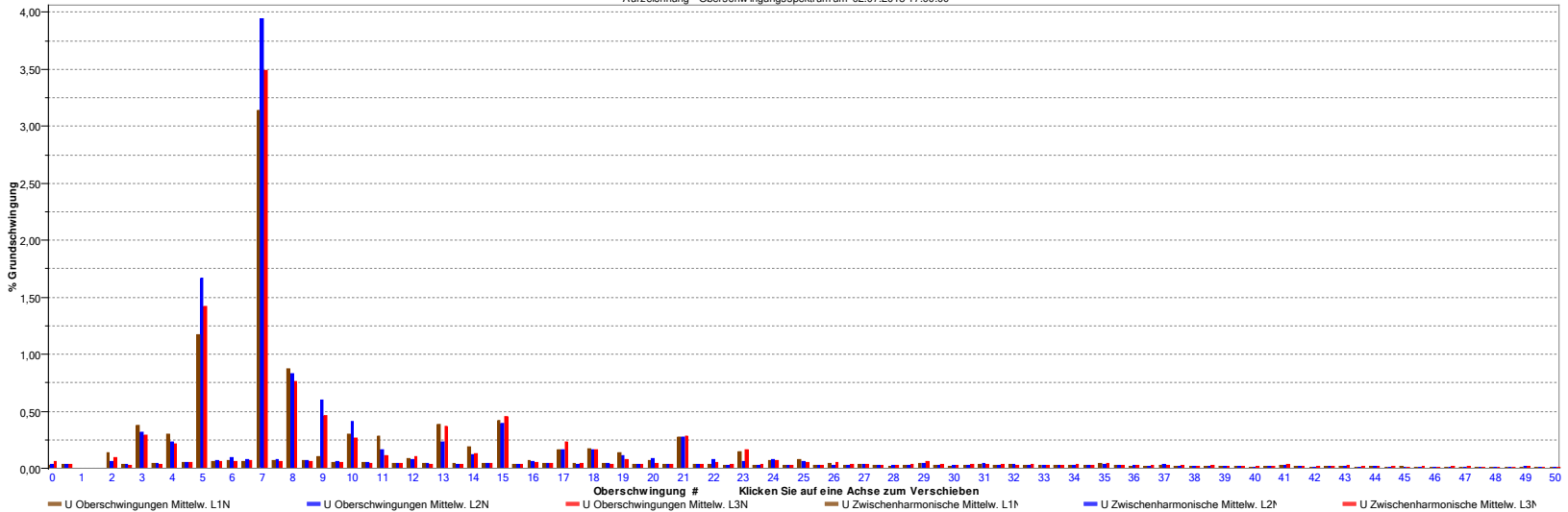


Auswirkungen von E-Autos auf das Stromnetz

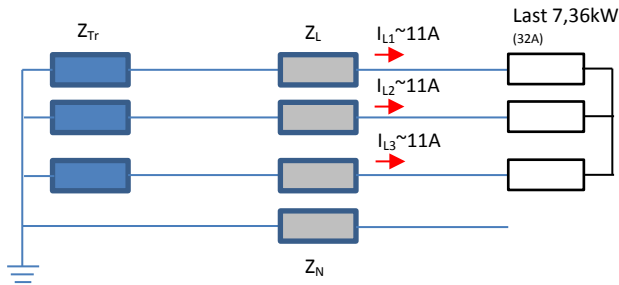
Oberschwingungen



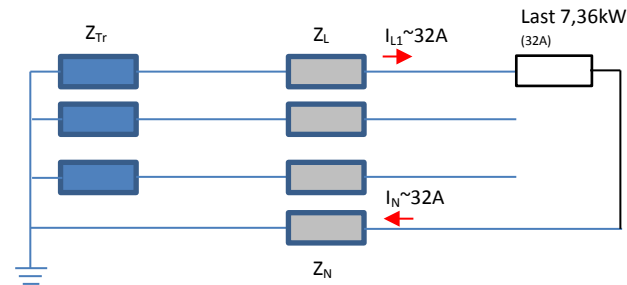
Aufzeichnung - Oberschwingungsspektrum um 02.07.2015 17:00:00



Unsymmetrie (einphasige Ladung)



$$\Delta u = \sqrt{3} * I_L * Z / 400V = \sqrt{3} * 11 * 0,2 / 400 = 0,93\%$$



$$\Delta u = 2 * Z * I_L / 230V = 2 * 0,2 * 32 / 230 = 5,56\%$$

- Einphasige Ladung verursacht 6-fach höheren prozentualen Spannungsabfall bei gleicher Leistung
- Es kommt zur Verschiebung des Sternpunktes (Neutralleiterspannung)
- Ungleiche Spannungen an den drei Phasen
- Maximale Unsymmetrie in den Netzen 2% gesamt zulässig
 - Auswirkung z.B. auf Motore; Erwärmung
- Hinsichtlich Unsymmetrie ist eine einphasig Ladung bis maximal 16A (3,68kVA) zulässig
 - 22kVA (32A dreiphasig) gleich mit 3,68kVA (16A einphasig) Ladung

Netzurückwirkungen

- Die Höhe der Netzurückwirkungen ist von der Kurzschlussleistung (Leitungslänge) abhängig.
 - Für Haushaltsgeräte und Geräte >16A bis 75A gibt es entsprechende Prüfnormen
 - EN61000-3-2
 - EN61000-3-3
 - EN61000-3-11
 - EN61000-3-12
 - E-Mobile werden derzeit nicht nach diesen Normen geprüft
 - Erster Entwurf einer IEC-Normen für die Prüfung von E-Mobilen

IEC61851-21-1 CDV	e-vehicle conductive charging
IEC61980-1 CDV	e-vehicle wireless charging

 - Verweisen auf Gerätenormen
 - Diese sind jedoch nicht unmittelbar geeignet
 - Wichtig für NB-> E-Mobile müssen an einer definierten Prüfimpedanz die Prüfbedingungen einhalten (Spannungsänderung, Flicker, Oberschwingungen)
 - Anforderungen müssen sowohl für Ladestationen als auch für Ladeboxen (mit z.B. CEE Stecker) gelten.
- **Wenn eine Ladestation mit einer bestimmten Ladeleistung im Netz zugelassen wurde, muss jedes E-Mobil ohne unzulässige Netzurückwirkungen geladen werden können.**

Danke für Ihre Aufmerksamkeit

Ing. NIEDERHUEMER Walter
LINZ STROM NETZ GmbH
Fichtenstraße 7, 4021 Linz
w.niederhuemer@linz-stromnetz.at