

**Zeitschrift:** Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association suisse des électriciens, de l'Association des entreprises électriques suisses

**Herausgeber:** Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen

**Band:** 87 (1996)

**Heft:** 20

**Artikel:** Wie gross sind die Oberschwingungs-Pegel in den EVU-Netzen

**Autor:** Schreiber, Rolf / Pfister, Werner

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-902375>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 30.03.2025

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

Der immer häufigere Anschluss elektrischer Apparate mit elektronischen Steuerungen verursacht zunehmend Störungen auf den Verteilnetzen. Diese Störungen werden entweder von anderen Kundengeräten oder von am gleichen Netz angeschlossenen Kunden wahrgenommen. Die Versorger sind verantwortlich dafür, dass jeder Kunde seine elektrische Energie normgerecht und störungsfrei erhält (Starkstromverordnung, Artikel 5). Sie müssen deshalb die Qualität ihrer Lieferungen überwachen. Rund 20 Stromverteiler führen systematische Messungen durch und veröffentlichen die gemeinsamen Ergebnisse unter der Regie des VSE.

# Wie gross sind die Oberschwingungspegel in den EVU-Netzen?

■ Rolf Schreiber und Werner Pfister

## Einführung

Durch den Anschluss immer leistungstärkerer Geräte und Anlagen bei gleichzeitig steigendem Einsatz von Elektronik entstehen in zunehmendem Masse Rückwirkungen auf die Versorgungsnetze, die sich vor allem in einer unerwünschten Beeinflussung der Netzspannung, in Form der Änderung der Kurvenform der Sinus-schwingung, bemerkbar machen.

Nichtlineare Verbraucher erzeugen im Netzstrom verzerrte (nichtsinsusförmige) Stromkurven, welche über der Netzimpedanz die Kurvenform der Spannung verzerren. Diese Spannungsverzerrungen führen zu zusätzlichen Verlusten und eventuell Funktionsbeeinträchtigungen in anderen am Netz angeschlossenen Geräten. Die auftretenden Verzerrungen können durch sinusförmige Teilschwingungen beschrieben werden, deren Frequenzen ganzzahlige Vielfache der Netzfrequenz (Oberschwingungen) sind.

Beim hier zu betrachtenden Problemkreis geht es also um EMV (elektromagnetische Verträglichkeit). Hierunter werden sämtliche Phänomene verstanden, die aufgrund elektrischer Vorgänge und Zustände:

- die Funktionstüchtigkeit eines elektrischen Gerätes beeinflussen können
- die elektromagnetische Umgebung eines Gerätes beeinflussen.

Grundlegend ist die «Richtlinie des Rates zur Angleichung der Rechtsvorschriften der Mitgliedstaaten über elektromagnetische Verträglichkeit (89/336/EWG)». Sie befasst sich mit den generellen Problemen der elektromagnetischen Verträglichkeit und ist damit auch für leitungsgebundene Störungen massgebend. Zusätzliches Gewicht erhalten sie durch das neue Produkthaftpflichtgesetz. Massgebend ist, aus der Vielfalt von EMV-Normen, die IEC 1000-2-2 (Electromagnetic compatibility levels for low frequency conducted disturbances). In der IEC 1000-2-2 sind die maximal zu erwartenden Immissionen zahlenmässig festgeschrieben. Die zulässigen Pegel für Oberschwingungen sind in der Tabelle I angegeben.

Die in Tabelle I aufgeführten Pegel dürfen nicht gleichzeitig in voller Grösse auf-

### Adressen der Autoren

Rolf Schreiber, El. Ing. HTL, Elektrizitätswerke des Kantons Zürich, Postfach, 8022 Zürich

Werner Pfister, El. Ing. HTL, Elektrizitätswerk der Stadt Zürich, Postfach, 8050 Zürich

Ungeradzahlige Harmonische nicht Vielfache von 3		Ungeradzahlige Harmonische Vielfache von 3		Geradzahlige Harmonische	
v	Pegel (%)	v	Pegel (%)	v	Pegel (%)
5	6	3	5	2	2
7	5	9	1,5	4	1
11	3,5	15	0,3	6	0,5
13	3	15	0,2	8	0,5
17	2	>21	0,2	10	0,5
19	1,5			>12	0,2
23	1,5				
25	1,5				
>25	0,2+0,5x25/v				

Tabelle I Kompatibilitätspegel für einzelne Oberschwingungen gemäss IEC 1000-2-2.

Messort	Frequenz / Pegel						
	150 Hz	200 Hz	250 Hz	350 Hz	450 Hz	550 Hz	650 Hz
NS-Netz (Trafo-Station)	0,90%	0,12%	3,40%	1,98%	0,48%	0,72%	0,54%
NS-Netz	1,62%	0,10%	4,20%	1,89%	0,74%	0,66%	0,60%
MS-Netz	0,45%	0,08%	3,90%	2,25%	0,14%	0,48%	0,36%

Tabelle II Gemessene numerische Oberschwingungs-Spannungswerte bezogen auf die Grundschwingung.

treten. Ihre Gesamtsumme ist begrenzt durch den zulässigen Klirrfaktor  $k$  (oder Total Harmonic Distorsion, THD):

$$k = \sqrt{\sum_{v=2}^{40} u_v^2} \leq 8\% \quad (u_v = U_v/U_1)$$

Es ist nun Aufgabe und Pflicht jedes Energieversorgungsunternehmens (EVU), dafür Sorge zu tragen, dass die Summe der Netzurückwirkungen und damit die Oberschwingungspegel nicht zu hoch werden,

bzw. die in Tabelle I angegebenen Werte nicht überschritten werden.

## Durchführung der Messungen

Seit 1981 werden unter der Leitung des VSE Oberschwingungsmessungen durchgeführt. Jedes teilnehmende EVU registriert in seinen Netzen jeweils während einer Woche an einem durch das EVU bestimmten Punkt gleichzeitig die Ober-

schwingungs-Spannungen von mehreren Frequenzen. Heute werden vorzugsweise Messgeräte eingesetzt, welche das gleichzeitige Registrieren von sieben Oberschwingungs-Spannungen erlauben. Für diese Geräte (Firma LEM ELMES) ist eine eigens dafür entwickelte Software vorhanden, mit welcher die relevanten Messgrößen direkt auf eine Diskette kopiert und dem Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke (VSE) zur Weiterverarbeitung übergeben werden können. Dadurch hält sich der administrative Aufwand für die beteiligten EVU's in tragbaren Grenzen. Diese Lösung gestattet es dem VSE, eine effizient gesamtschweizerische Auswertung vorzunehmen. Rund 15 000 Messwerte (Maxima pro Woche und Frequenz) lagen für die Auswertung der Messperiode 1992 bis 1995 vor.

## Auswertung der Messungen

Für die Auswertung der Messresultate wurden die Messwerte der jeweiligen Frequenzen in Klassen eingeteilt und so die Summenhäufigkeit ermittelt. Als signifikanter Wert daraus resultiert die 95%-*Auftretenswahrscheinlichkeit*, das heisst die Oberschwingungs-Spannungen werden mit 95% Wahrscheinlichkeit nicht überschritten. Dieser Wert wird in der Folge für den Vergleich mit den Kompatibilitätspegeln gemäss IEC 1000-2-2 herangezogen.

## Ergebnisse

In Tabelle II sind die Werte mit 95% Auftretenswahrscheinlichkeit für die Jahre 1992 bis 1995 aufgeführt.

Aussagekräftiger dürfte wohl der Vergleich der Ergebnisse mit früheren Messungen sein. Daraus lässt sich die Entwicklung der Pegel feststellen; in Bild 1 sind die Ergebnisse für das Niederspannungs-Netz (NS), in Bild 2 für das Mittelspannungs-Netz (MS) dargestellt.

## Beurteilung

Generell kann festgestellt werden, dass keine der gemessenen Oberschwingungs-Spannungswerte die Grenzwerte gemäss IEC 1000-2-2 überschreitet; es besteht noch eine angemessene Pegelreserve.

Tendenziell wäre zu erwarten, dass der vermehrte Einsatz von Massengeräten (PC, TV, Energiesparlampen usw.) sowie der Leistungselektronik (Stromrichter, Frequenzumformer) ein Ansteigen der Pegel mit sich bringt. Dies trifft, wie aus Bild 1 hervorgeht, jedoch nur für den Pegel der

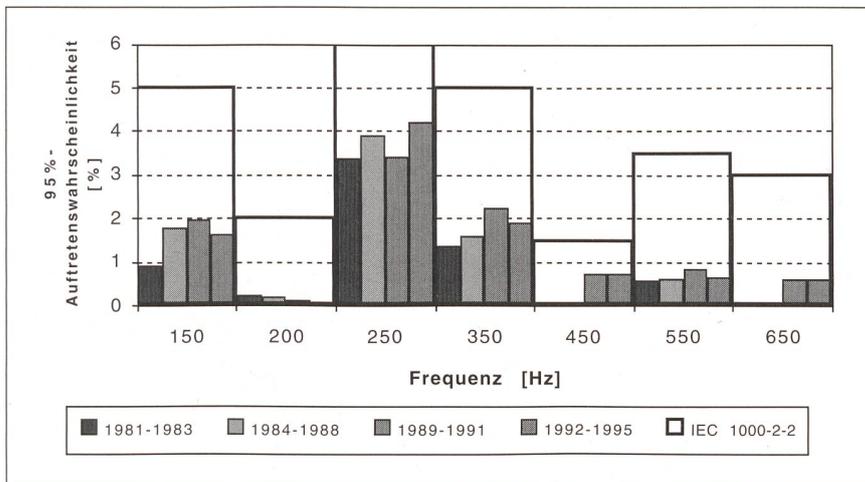


Bild 1 Gemessene Werte der Oberschwingungen in den NS-Netzen.

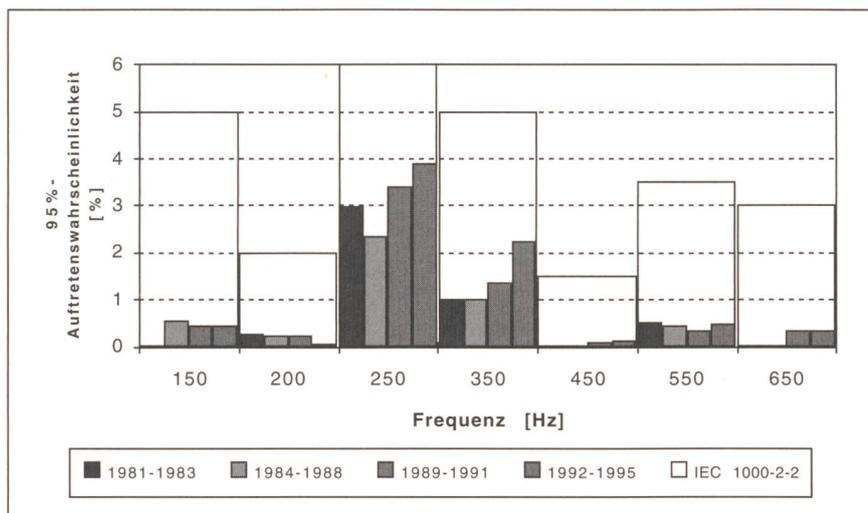


Bild 2 Gemessene Werte der Oberschwingungen in den MS-Netzen.

5. Oberschwingung zu. Die übrigen Werte weisen eine gleichbleibende oder abnehmende Tendenz auf. Eine mögliche Begründung liegt darin, dass zum einen die EVU's stetig ihre Netze ausbauen, was zu tieferen Impedanzen und damit zu kleineren Oberschwingungs-Spannungen führt. Zum anderen tragen die verdrosselten Kompensationsanlagen in den Kundenanlagen zu einer Reduktion der Impedanz für

Oberschwingungen mit der Frequenz > 200 Hz bei. Bild 3 veranschaulicht den Impedanzverlauf in Funktion der Frequenz für die beiden häufig angewendeten Verdrosselungsfrequenzen von 185 Hz bzw. 214 Hz im Vergleich zur Netzimpedanz ohne Kompensationseinrichtungen.

In diesem Zusammenhang sei auch auf den Bericht des Verbandes der Elektrizitätswerke Österreichs (VEÖ) «Netzrück-

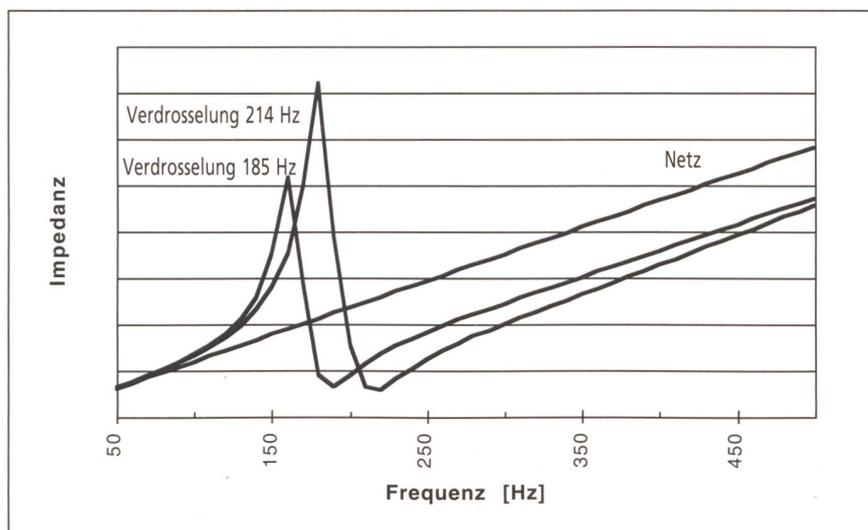


Bild 3 Impedanzverlauf von verdrosselten Kompensationsanlagen.

wirkungen durch Kompaktleuchtstofflampen in Niederspannungsnetzen» hingewiesen [1]. Dabei wurden erstmals die Auswirkungen eines Lampenkollektives von 1440 Energiesparlampen an verschiedenen Netzpunkten untersucht. Aus diesen Messungen ergibt sich, dass die Phasenlage der Oberschwingungsströme der Energiesparlampen so liegt, dass eine teilweise Auslöschung mit den Oberschwingungsströmen des Netzes erfolgt. Zudem weisen die Stromkurvenformen von Energiesparlampen verschiedener Hersteller relativ grosse Unterschiede auf (diese sind auch abhängig von der Nennleistung der Lampe), womit sich wieder Auslöschungseffekte ergeben.

## Fazit

Ziel eines jeden EVU's muss es sein, seinen Kunden eine gesicherte Versorgung mit elektrischer Energie genügender Qualität zu gewährleisten. Obschon für Massengeräte sowie Hochleistungsgeräte einschlägige Normen hinsichtlich der Emissionen von Oberschwingungen bestehen, also die Emissionen der einzelnen Geräte begrenzt werden, geht es darum, die Summenwirkung aller Betriebsmittel im Netz zu erfassen und stetig zu überwachen.

Bisher haben 20 EVU's ihre Messresultate der VSE Arbeitsgruppe für niederfrequente Netzeinflüsse für diese Auswertung zur Verfügung gestellt. Damit diese Auswertung noch breiter abgestützt werden kann, sind alle EVU's aufgefordert, sich an diesen Messungen zu beteiligen. Sie können damit auch Angaben über den Zustand der eigenen Netze gewinnen. Herr W. Pfister (EWZ) steht Interessenten für die Beantwortung von diesbezüglichen Fragen zur Verfügung.

## Literatur

- [1] Netzrückwirkungen durch Kompaktleuchtstofflampen in Niederspannungsnetzen. Verband der Elektrizitätswerke Österreichs, Brahmplatz 3, A-1041 Wien  
Bestellnummer: 650/419.