



Arbeitsblatt im Fach Elektromagnetische Verträglichkeit

»Netzurückwirkung, Störemission (EMC-limits for emission)«

1. Fachgrundnormen (Generic standards)

Die EMV-Normen EN 61000-3-x betreffen das Thema Netzurückwirkungen, sie definieren die Anforderungen zur Störemission von Geräten (Betriebsmittel) im Frequenzbereich 50 Hz bis 2000 Hz. Sie verweisen bzgl. der Prüf- und Genauigkeitsanforderungen auf die Fachgrundnormen (Basic standards) nach der Reihe IEC 61000-4-1 bzw. EN 61000-4-7.

Je nach Netzleiterstrom, Störgröße, Leistungsaufnahme und Einsatzgebiet können die folgenden Normen zu Grunde gelegt werden:

EN 61000-3-2	Grenzwerte für Oberschwingungsströme bei Geräte-Eingangsströmen ≤ 16 A
EN 61000-3-3	Grenzwerte von Spannungsveränderungen, Spannungsschwankungen und Flicker in öffentlichen Niederspannungs-Versorgungsnetzen mit Eingangsströmen ≤ 16 A
EN 61000-3-4	Grenzwerte für Oberschwingungsströme bei Geräte-Eingangsströmen > 16 A siehe EN 61000-3-12 für Geräte mit Eingangsströmen ≤ 75 A
EN 61000-3-7	wie EN 61000-3-3 Grenzwerte von Spannungsveränderungen, Spannungsschwankungen und Flicker in Mittelspannungs- und Hochspannungs-Versorgungsnetzen
EN 61000-3-8	limits for signalling on low-voltage electrical installations; emission levels, frequency bands and electromagnetic disturbance levels
EN 61000-3-11	Grenzwerte von Spannungsveränderungen, Spannungsschwankungen und Flicker in öffentlichen Niederspannungs-Versorgungsnetzen mit Eingangsströmen < 75
EN 61000-3-12	Grenzwerte von Spannungsveränderungen, Spannungsschwankungen und Flicker in öffentlichen Niederspannungs-Versorgungsnetzen mit Eingangsströmen < 75 A

Tabelle 1 Anzuwendende Fachgrundnormen zur Beurteilung der Netzurückwirkungen
Spannungsschwankungen, Flicker und Strom Oberschwingungen

Bei der Beurteilung der Strom Oberschwingungen nach EN 61000-3-2 sind die Geräte in vier Klassen einzuordnen:

- Klasse A** symmetrische dreiphasige Geräte; Haushaltsgeräte, ausgenommen Geräte, die in die Klasse D fallen
- Klasse B** tragbare Elektrowerkzeuge, nicht professionelle Lichtbogenschweißgeräte
- Klasse C** Beleuchtungseinrichtungen
- Klasse D** Geräte mit $P \leq 600$ W und $P > 75$ W,
Geräte, die nicht in eine der vorstehenden Klassen eingeordnet werden können;
Personalcomputer und Bildschirme (Monitore); Fernseh-Rundfunkempfänger.

(siehe auch Laborumdruck EMV-P Versuch 10)

Tabelle 2 gibt eine Übersicht zur Einordnung unterschiedlicher Geräte bzgl. Leistungsaufnahme und Anwendungsfeld.

Alle Geräte mit Eingangswirkleistung >75 W (Beleuchtungseinrichtung > 25 W) für den Anschluß an ein öffentliches Niederspannungsnetz	zertifizieren nach Norm
Alle elektrischen/ elektronischen Geräte mit $I_L \leq 16$ A - Klasse A, B, C, D Klasse D gilt vorläufig nicht für motorbetriebene Geräte mit Zündeinsatzsteuerung	EN 61000-3-2 bis auf weiteres
Geräte ausschließlich für gewerbliche Zwecke mit $P > 1$ kW	EN 61000-3-2 sonst ohne Prüfung Grenzwerte in Beratung (EN 61000-3-12)
Geräte, die aufgrund ihrer technischen Konstruk- tion die Grenzwerte der EN 61000-3-2 (1995) nicht einhalten können und nicht weit verbreitet sind	Für den Betrieb Ausnahmeregelung bei dem zuständigen EVU beantragen
Großgeräte und Anlagen mit $I_L > 16$ A, z.B. Aufzugsanlagen, Eigenerzeugungsanlagen, Windenergieanlagen	Beurteilung nach VDEW-Richtlinien mit spezieller Anschlußgenehmigung durch das EVU FGW Technische Richtlinie zur Netzverträglichkeit von WEA
spezielle Geräte wie z.B. Drehzahlveränderbare elektrische Antriebe Sicherheit von Maschinen oder elektrischen Ausrüstungen Produktnorm Lichtbogenschweißeinrichtungen unterbrechungsfreie Stromversorgung (USV) Alarmanlagen usw	EN 61800-3 EN 60204-31(1998) EN 50199(1995) EN 50091-2(1995) EN 50130-4(1995)

Tabelle 2 Einordnung einzelner Geräte nach Normen und Grenzwerten

2. Spannungsschwankungen (Flicker)

Abb. 2.1 zeigt die Definitionen zum Thema Spannungsschwankungen/-unterbrechungen.

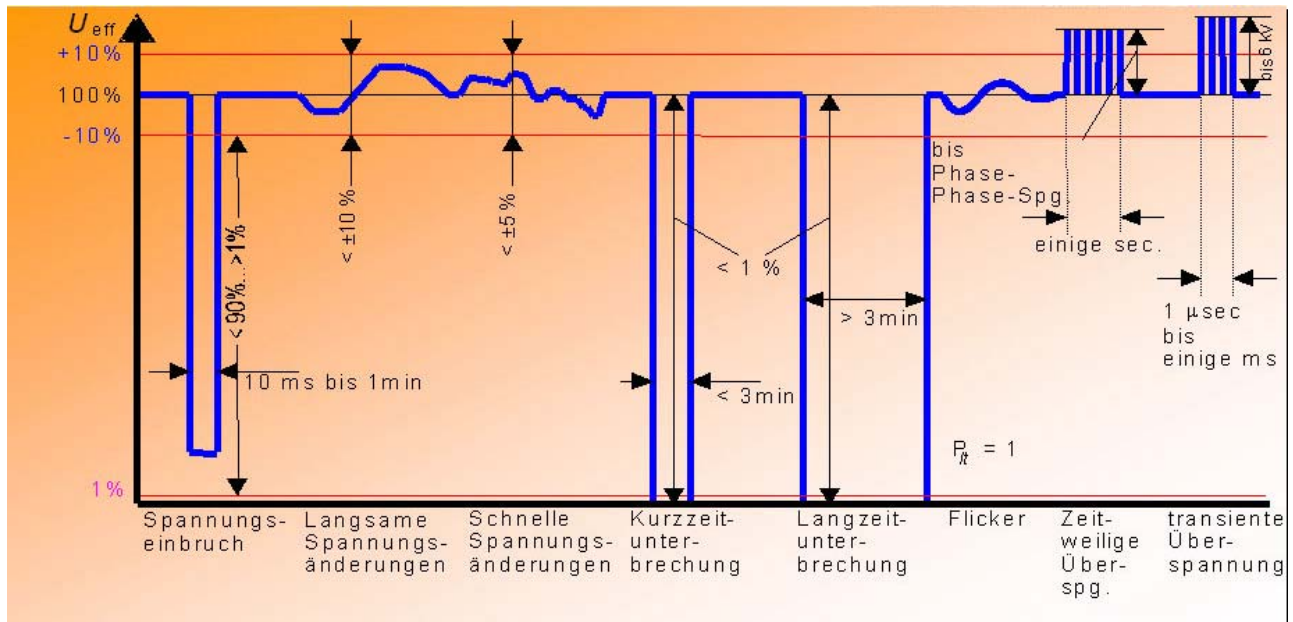


Abb. 2.1 Definitionen zum Thema Spannungsschwankungen¹

Für Spannungsschwankungen gilt die EN 61000-3-3. Danach sind Spannungsschwankungen, hervorgerufen durch einzelne Geräte, am Niederspannungsnetz zulässig, wenn der daraus resultierende Flickerstörfaktor P_{st} nicht größer als 1 wird. Der P_{st} -Wert wird einphasig an einer Spannungsversorgung mit konstanter sinusförmiger Quellenspannung, die einen Verbraucher an L gegen N über eine CENELEC-Normimpedanz von $0,4 \Omega + j 0,25 \Omega$ versorgt, mit einem Flickermeter über zehn Minuten Meßzeit ermittelt. Dabei teilen sich die 50 Hz Impedanzen wie folgt auf:

Je Phase	$0,24 \Omega + j 0,15 \Omega$
im Neutralleiter	$0,16 \Omega + j 0,1 \Omega$

Ein Langzeitflickerstörfaktor P_{lt} , gemittelt aus zwölf P_{st} -Werten, darf den Wert von 0,65 nicht überschreiten. Die Beurteilung der Spannungsschwankungen in bezug auf ihre Flickerwirkung ist außerordentlich schwierig und unterliegt nicht zuletzt dem subjektiven Empfinden des Beobachters. Bei niedrigen Wiederholraten $r < 120/\text{min}$ (entspricht 2 Hz) liegt die Sichtbarkeitsgrenze bei Spannungsänderungen $\Delta U/U = 0,55 \%$. Bei 230 V liegt dann eine Spannungsänderung von 1,3 V vor. Mit zunehmender Wiederholrate verschiebt sich diese Sichtbarkeitsschwelle nach unten, um etwa bei 9 Hz mit 0,2 % ein Minimum zu erreichen (s. Flickerkurve). Die zulässigen Störpegel von $\Delta U/U = 3 \%$ bis zum Minimum von 0,3 % werden bei einer ohmschen Stromänderung von $\Delta I = 14,3 \text{ A}$ bzw. 1,43 A an der CENELEC-Normimpedanz erreicht. Eine genormte Messung bei stochastischen Vorgängen ist nach der IEC-Publikation 868, identisch mit DIN VDE 0846 Teil 2 10/87, mit dem UIE-Flickermeter (UIE: Union International d'Electrothermie) möglich.

¹ aus Siemens Power Engineering Guide · Transmission and Distribution · 4th Edition

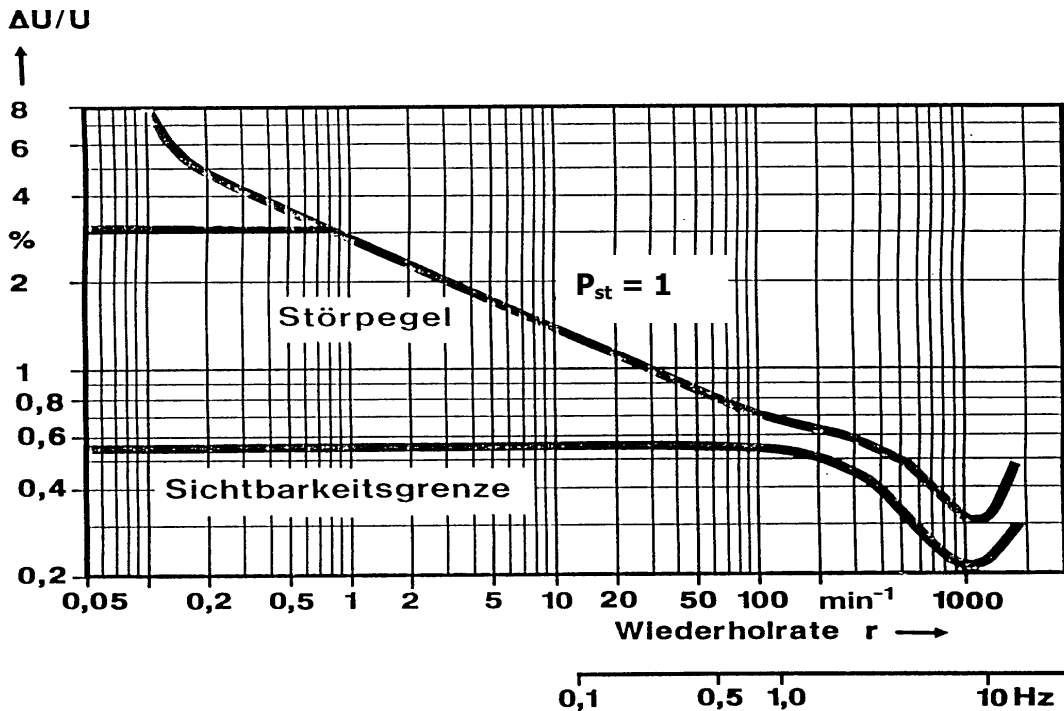


Abb. 2.2 Flickerkurve nach EN 61000-3-3

Geräte, die prinzipbedingt die EN 61000-3-3 nicht erfüllen, weil die Spannungsabfälle an der CENELEC-Normimpedanz zu groß sind, können auch nach EN 61000-3-11, April 2001, vermessen werden. Die Norm nennt Grenzwerte für Spannungsänderungen, Spannungsschwankungen und Flicker in öffentlichen Niederspannungsversorgungsnetzen für Geräte und Einrichtungen mit einem Bemessungsstrom ≤ 75 A, die einer Sonderanschlußbedingung unterliegen. Danach werden die Geräte an einer Test-Netzimpedanz Z_{Test} vermessen. Die Testimpedanz ist üblicherweise kleiner als die CENELEC-Normimpedanz und muß ein Verhältnis von $X_{\text{Test}}/R_{\text{Test}}$ im Bereich 0,5 bis 0,75 haben. Die ermittelten Werte für Spannungseinbrüche d_c , d_{max} , Flickerstörfaktoren P_{st} und P_{lt} sind die Grundlage für eine Umrechnung auf eine erforderliche Netzanschluß-Systemimpedanz Z_{Sys} , an der sich dann die Normgrenzwerte nach EN 61000-3-3 ergeben würden. Für d_{max} sind 6 % oder 7 % je nach Betriebsart der Geräte zulässig. Der Hersteller muß für die CE-Zertifizierung in seiner Betriebsanleitung die minimale Systemimpedanz nennen, an der das Gerät betrieben werden darf. Der Betreiber muß ggf. seine Anschlußimpedanz vermessen oder mit dem Energieversorgungsunternehmen Rücksprache nehmen.

3. Meßtechnik zum Thema Netzurückwirkungen

3.1 Anforderungen an die Meßgeräte

Im Entwurf der EN 61000-4-7 (November 2000) Teil 4, Prüf- und Meßverfahren, Hauptabschnitt 7, «Allgemeiner Leitfaden für Verfahren und Geräte zur Messung von Oberschwingungen und Zwischenharmonischen in Stromversorgungsnetzen und angeschlossenen Geräten» sind die erforderlichen Einrichtungen zur Messung von Spannungs- und Stromanteilen mit Frequenzen im Bereich 0 bis 9 kHz definiert. Der Ablauf der Prüfung und die Prüfbedingungen für einzelne Geräte sind in den speziellen Produktnormen, z.B. in der EN 61000-3-2, beschrieben. Die Meßeinrichtungen können entsprechend den Eigenschaften des zu messenden Signals U_m oder I_m , nach Klassengenauigkeit der Geräte und Art der Messung untergliedert werden. Es werden Meßeinrichtungen für die folgenden Meßarten definiert:

- a) Aussendungsmessungen von Oberschwingungen
- b) Aussendungsmessungen von Zwischenharmonischen
- b) Messungen im Frequenzbereich 2 bis 9 kHz

Ein zentrales Thema sind die Genauigkeitsanforderungen an die Meßgeräte. So werden in Kapitel 5.3 der EN 61000-4-7:2000 die Klassen I und II unterschieden. Für Aussendungsmessungen sollte Klasse I, für Übersichtsmessungen kann Klasse II verwendet werden. Tabelle 3 listet die maximalen Fehlerwerte bei Spannungs-, Strom- und Leistungsmessungen in unterschiedlichen Meßbereichen auf. Dabei handelt es sich um Forderungswerte, die die Meßgeräte einhalten **müssen**. Ob die Meßgeräte über die Leistungsfähigkeit verfügen und wie der Nachweis darüber erbracht werden kann, ist eine andere Fragestellung.

Klasse	Messung	Bedingungen	Höchstwert des Fehlers
I	Spannung	$U_m \geq 1\% U_N$	5% U_m
		$U_m < 1\% U_N$	0,05% U_{nom}
	Strom	$I_m \geq 3\% I_N$	$\pm 5\% I_m$
		$I_m < 3\% I_N$	$\pm 0,15\% I_{nom}$
Leistung	$P_m < 150 W$	$\pm 1,5 W$	
	$P_m > 150 W$	$\pm 1\% \text{ von } P_m$	
II	Spannung	$U_m \geq 3\% U_N$	5% U_m
		$U_m < 3\% U_N$	0,15% U_{nom}
	Strom	$I_m \geq 10\% I_N$	$\pm 5\% I_m$
		$I_m < 10\% I_N$	$\pm 0,5\% I_{nom}$

Tabelle 3 Genauigkeitsanforderungen für Strom- und Spannungsmessungen nach prEN 61000-4-7:2000
 I_N Nennstrom, U_N Nennspannung des Meßgerätes; U_m und I_m gemessene Werte

Die Problematik der Genauigkeitsanforderungen soll am Beispiele zur Meßunsicherheit aufgezeigt werden: Auf Grund durchgeführter Ringversuche wird vom zuständige Unterkomitee 767.1 der DKE *Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE* ein Toleranzband bezogen auf den Meßwert von $\Delta = \pm 5\%$ für Ordnungszahlen bis $h = 6$ und $\Delta = \pm h \cdot 1\%$ für Ordnungszahlen mit $h \geq 7$ empfohlen.