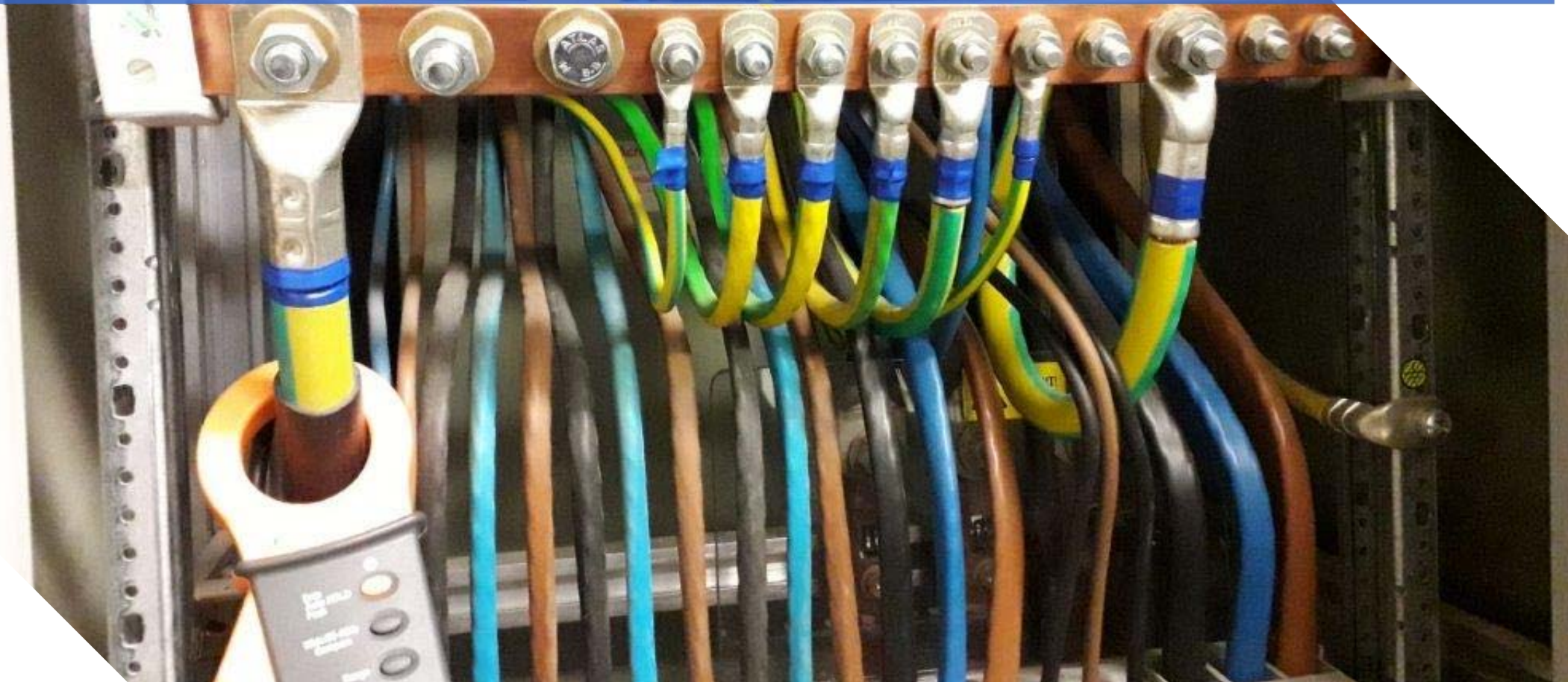


Netzqualität

Referent: Olaf Quednau



Quednau Elektronische Mess- und Prüftechnik



Elektromeister

Technischer Delegierter des ZVEH

Mitarbeiter in DKE/VDE Gremien:

- AK 221.1.6 Prüfung von Schutzmaßnahmen DIN VDE 0100-600
- K224 Betrieb elektrischer Anlagen/DIN VDE 0105-100
- AK 224.0.11 Abschnitt 4+5 Wiederholungsprüfung elektrischer Anlagen DIN VDE 105-100/A
- K964 Messgeräte für elektrische Größen
- UK 964.1 Messgeräte zum Prüfen von Schutzmaßnahmen

Unterstützung im technischen Außendienst für HT Instruments

Energiewirtschaftsgesetz - EnWG

§ 49 Anforderungen an Energieanlagen

- Energieanlagen sind so zu betreiben, dass die technische Sicherheit gewährleistet ist.
- Dabei sind, vorbehaltlich sonstiger Rechtsvorschriften, die allgemein anerkannten Regeln der Technik einzuhalten.

Energiewirtschaftsgesetz - EnWG

individuellen maximalen Leistungsbedürfnisse innerhalb desselben Zeitabschnitts als numerischer Wert oder in Prozent ausgedrückt.

512.1.5 Verträglichkeit

Alle Betriebsmittel sind so auszuwählen, dass sie einschließliche Schaltvorgängen weder schädliche Einflüsse auf andere Betriebsmittel verursachen noch die Versorgung während des normalen Betriebs unzulässig beeinflussen, es sei denn, es werden andere geeignete Vorkehrungen während der Errichtung getroffen.

ANMERKUNG 1 Maßnahmen und Informationen zum Schutz gegen elektromagnetische Störungen (EMI) enthält DIN VDE 0100-444 (VDE 0100-444).

Der Betreiber einer ortsfesten Anlage hat für Kontrollen der Bundesnetzagentur die notwendige Dokumentation zum Nachweis der Einhaltung der Anforderungen nach dem Gesetz über die elektromagnetische Verträglichkeit von Betriebsmitteln (EMVG):2008-02-26, § 12, bereitzustellen.

ANMERKUNG 2 Der Detaillierungsgrad der Dokumentation darf variieren von sehr einfachen Informationen bis hin zu sehr detaillierten Dokumentationen bei komplexen Anlagen mit wichtigen Aspekten der elektromagnetischen Verträglichkeit. Wenn Anlagen ausschließlich aus Geräten bestehen, die in Einklang mit dem Gesetz über die elektromagnetische Verträglichkeit von Betriebsmitteln (EMVG) stehen und die die CE-Kennzeichnung besitzen, erfüllt die verantwortliche Person die Anforderungen an die Dokumentation dadurch, dass er die Anleitungen für Montage, Betrieb und Wartung der Hersteller jedes Gerätes vorlegen kann.

ANMERKUNG 3 Für die Identifizierung der für die ortsfesten Anlagen zuständigen Personen sind die Mitgliedsstaaten verantwortlich. Der Errichter der elektrischen Anlage sollte dem Betreiber die allgemein anerkannten Regeln der Technik dokumentieren, mit denen die grundlegenden Anforderungen des Gesetzes über die elektromagnetische Verträglichkeit von Betriebsmitteln (EMVG) sichergestellt werden.

Energiewirtschaftsgesetz - EnWG

Der Betreiber einer ortsfesten Anlage hat für Kontrollen der Bundesnetzagentur die notwendige Dokumentation zum Nachweis der Einhaltung der Anforderungen der nach dem Gesetz über die elektromagnetische Verträglichkeit von Betriebsmitteln (EMVG):2008-02-26 § 12 bereitzustellen.

Energiewirtschaftsgesetz - EnWG

DIN 50160

Spannungen
öffentliche Netze

EN 61000-3-2

EN 61000-3-3

Rückwirkungen

Spannungsqualität

EN 61000-4-4

EN 61000-4-11

Störfestigkeit

EN 61000-4-7

EN 61000-4-15

EN 61000-4-30

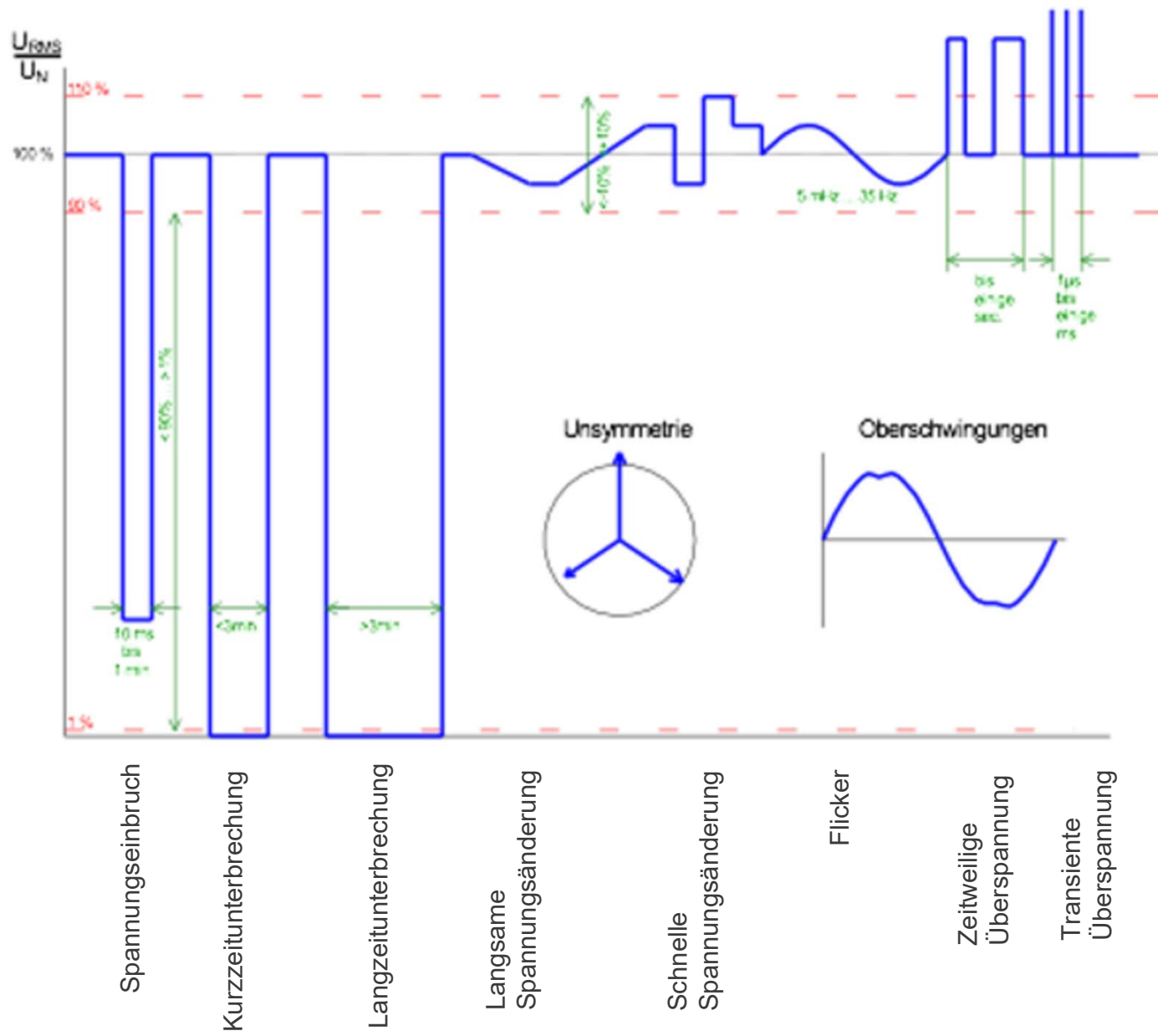
Messverfahren

EN 50160

Die **EN 50160** zeigt von Seiten des Energielieferanten, was der Stromkunde von ihm erwarten kann.

EN 50160

- Die **Spannungsqualitätsmerkmale** sind in der EN 50160 festgelegt und werden mit folgenden Parametern beschrieben.
- Diese Parameter lassen sich mit Power – Quality – Messgeräten messen und darstellen, so dass ein Bericht zur Netzspannungsqualität nach
- EN 50160 erstellt werden kann.

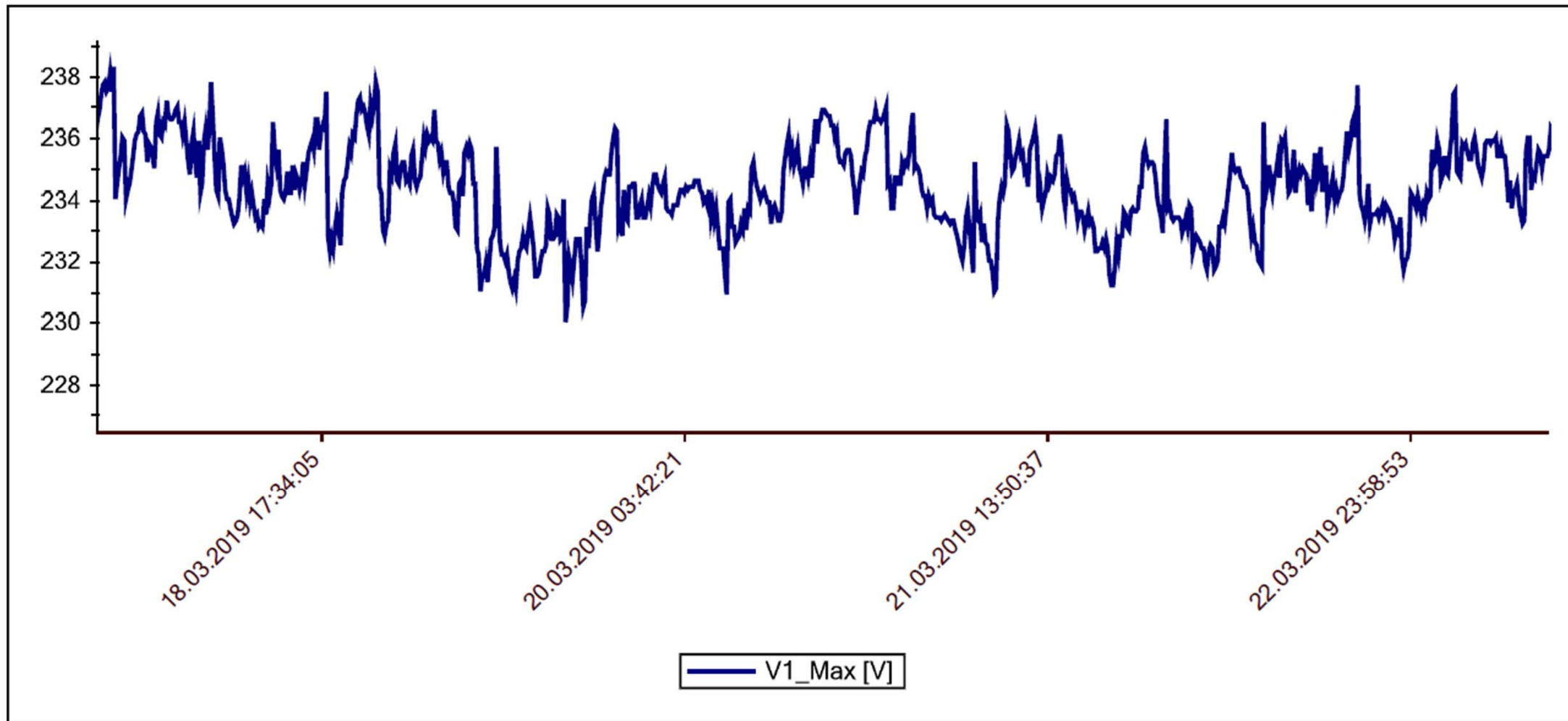


Die Versorgungsspannung

- Die Spannungshöhe soll **während 95% eines jeden Wochenintervalls** um **nicht mehr als 10% von der Nennspannung** abweichen. Aber diese 10% – Abweichung ist erlaubt.
- Für die restlichen **5% einer jeden Woche** darf die Spannung im Niederspannungsbereich aber sogar um **bis zu 15%** von der Sollspannung abweichen, aber **nur nach unten!**

Die Versorgungsspannung

- Für die Betrachtung der Spannungshöhe werden 10 – Minuten – Mittelwerte des Spannungseffektivwertes herangezogen.
- Die Höhe der Spannung darf **nicht höher als 10% der Nennspannung** werden, um eine Zerstörung elektronischer Geräte zu vermeiden!



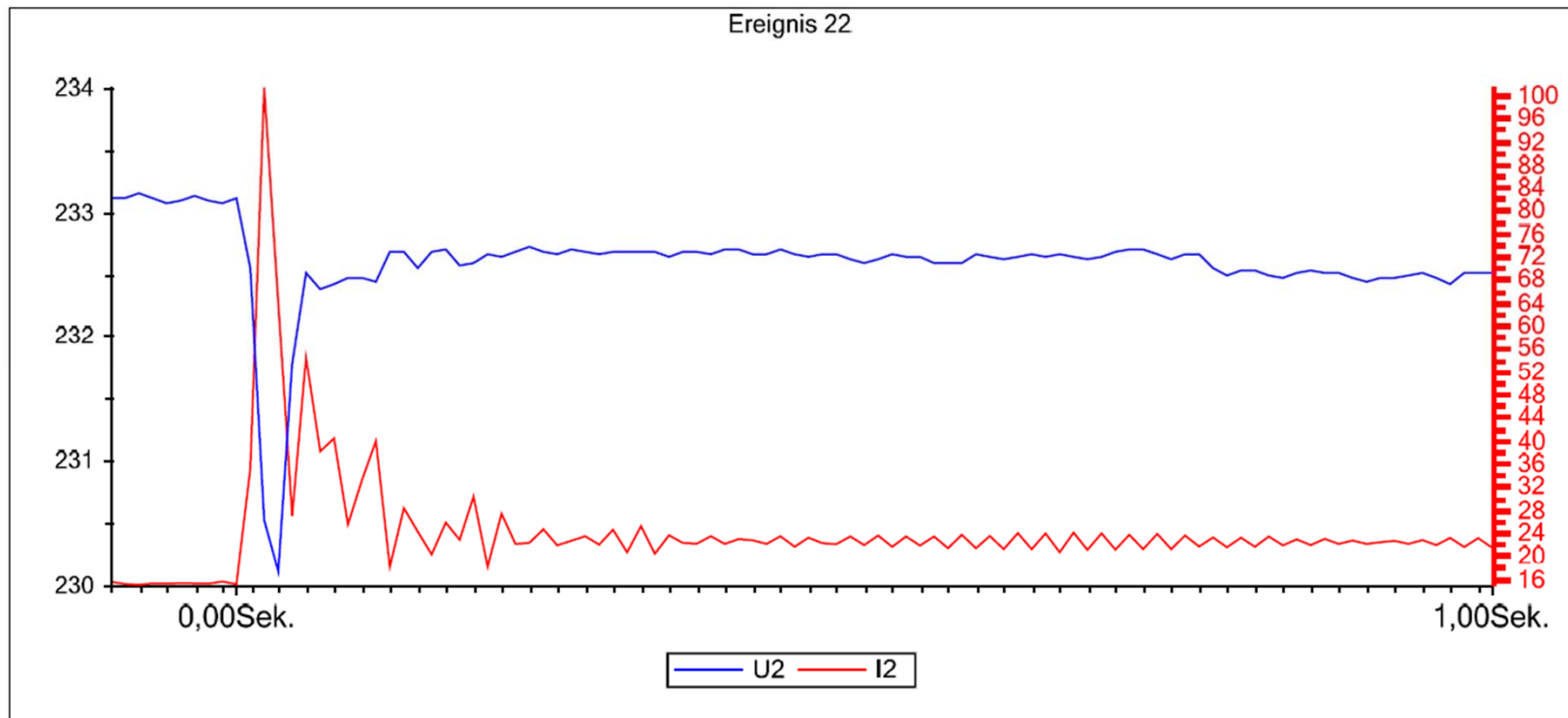
Spannungsänderungen

- Spannungseinbrüche
- Versorgungsunterbrechungen
- Netzfrequente Überspannungen
- Vorübergehende Überspannungen

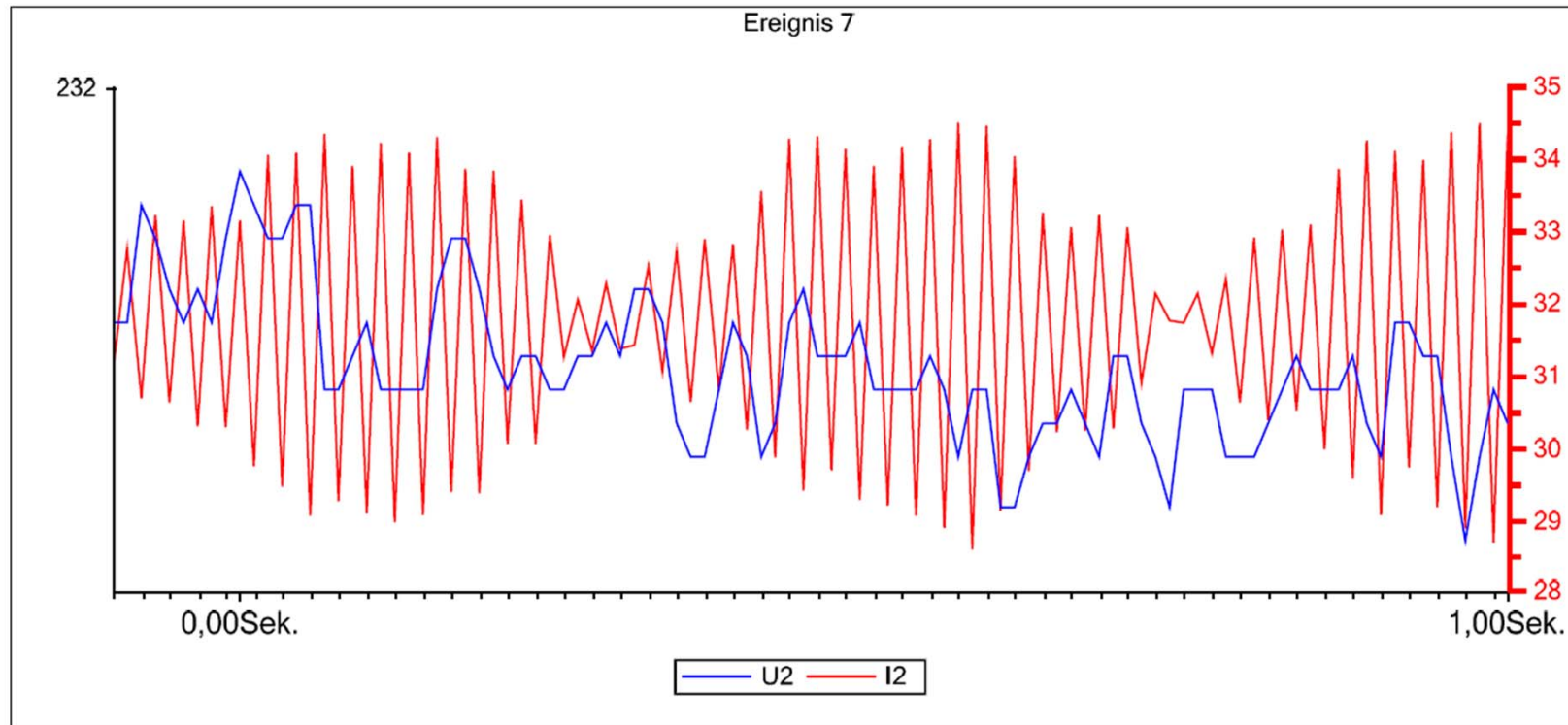
Schnelle Spannungsänderungen

- Die schnellen Spannungsänderungen entstehen hauptsächlich durch **Laständerungen in Kundenanlagen** und durch **Schalthandlungen im Netz**.
- Aber auch Spannungsänderungen von mehr als 5% der Nominalspannung können mehrmals täglich auftreten.

Einschaltstrom Motor



Einschaltstrom FU

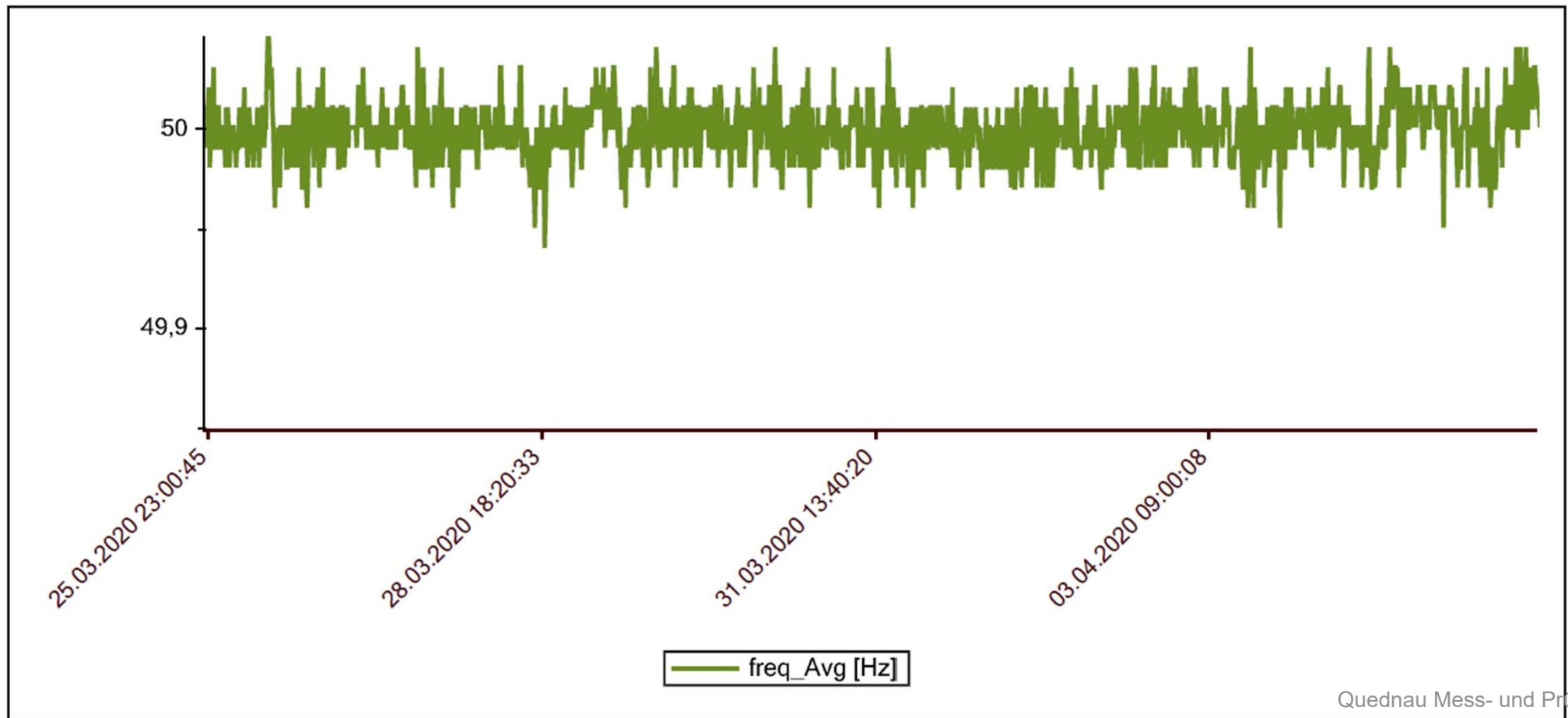


Netzfrequenz

- Die Netzfrequenz soll laut EN 50160 in ersteren Netzen, das heißt, in denen mit synchroner Anbindung 50 Hz, 1% betragen.
- In 0,5% der Zeit eines Jahres, das sind ca. knapp **2 Tage**, darf die tatsächliche Frequenz von den 50Hz um **bis zu 4% nach oben** oder um **bis zu 6% nach unten** abweichen.

Höhere Abweichungen wären dann nicht mehr EN 50160 – konform.

Netzfrequenz



Probleme

- Die hohen Einschaltströme, die die Spannungseinbrüche verursachen, können zur unerwünschten Netzabschaltung durch Überstrom führen.
- Ebenfalls kann es zu Geräteabschaltungen durch Unterspannung kommen.
- Große Spannungseinbrüche ähneln Abschaltvorgängen, welche die häufigsten Ursachen für transiente Spannungsspitzen (Überspannungen) sind.

Gegenmaßnahmen

- Spannungseinbrüche beim Einschalten von Frequenzumrichtern können durch **Netzdrosseln** weitgehend vermieden werden.
- Die vorgeschaltete Drossel verhindert einen impulsförmigen Einschaltstrom und reduziert so den Spannungseinbruch.
Um einen Spannungseinbruch zu reduzieren, muss die Netzimpedanz verringert werden. Ein wesentlicher Schritt, die Netzimpedanz zu verringern, ist eine **Vergrößerung der Leiterquerschnitte**.
- Transiente Überspannungen, die durch Spannungseinbrüche verursacht werden, können mit **Überspannungsschutzgeräten** abgeleitet werden.

Flicker

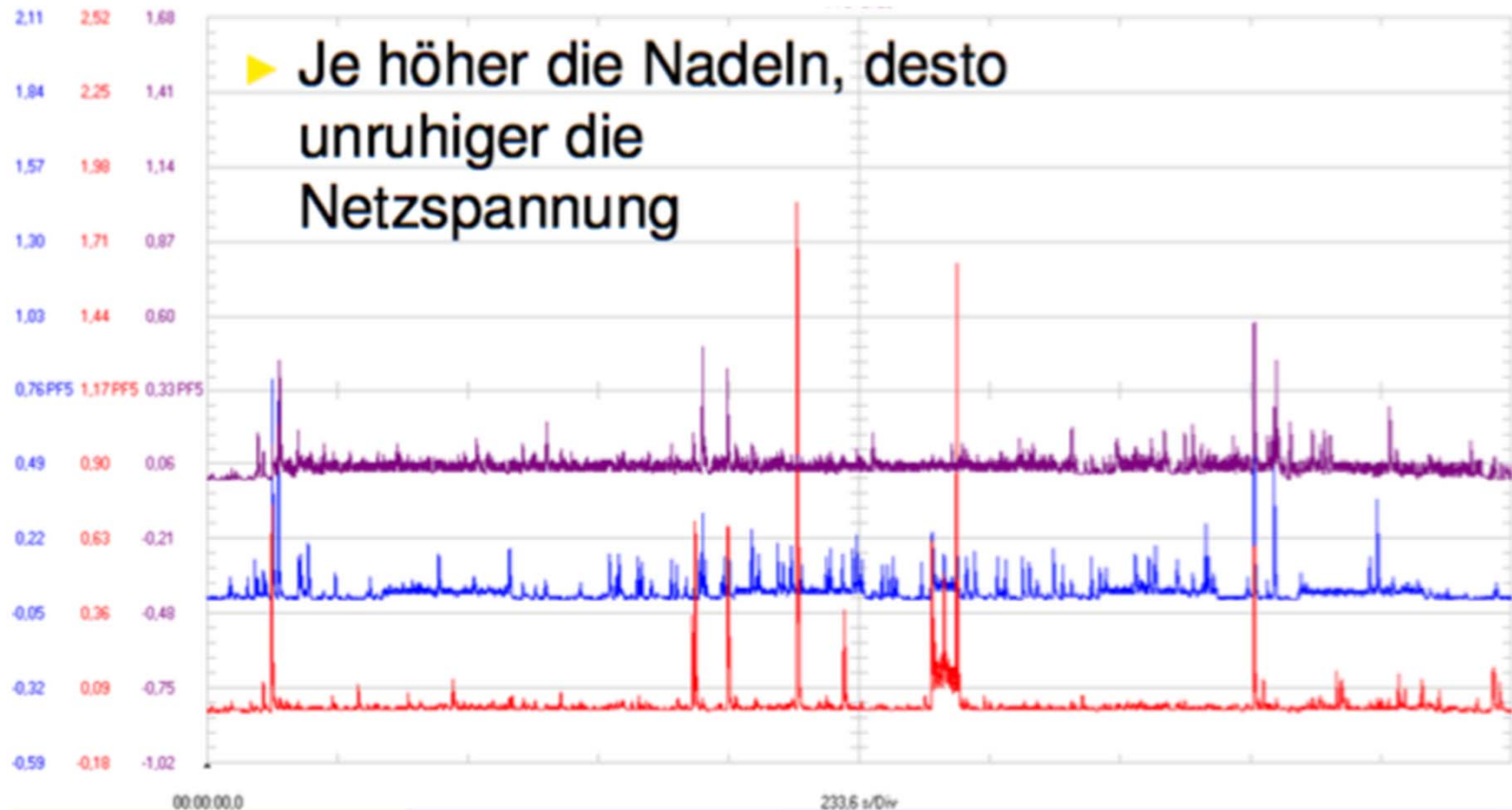
Spannungsschwankungen verursachen hauptsächlich Flicker.
Flicker führen zu

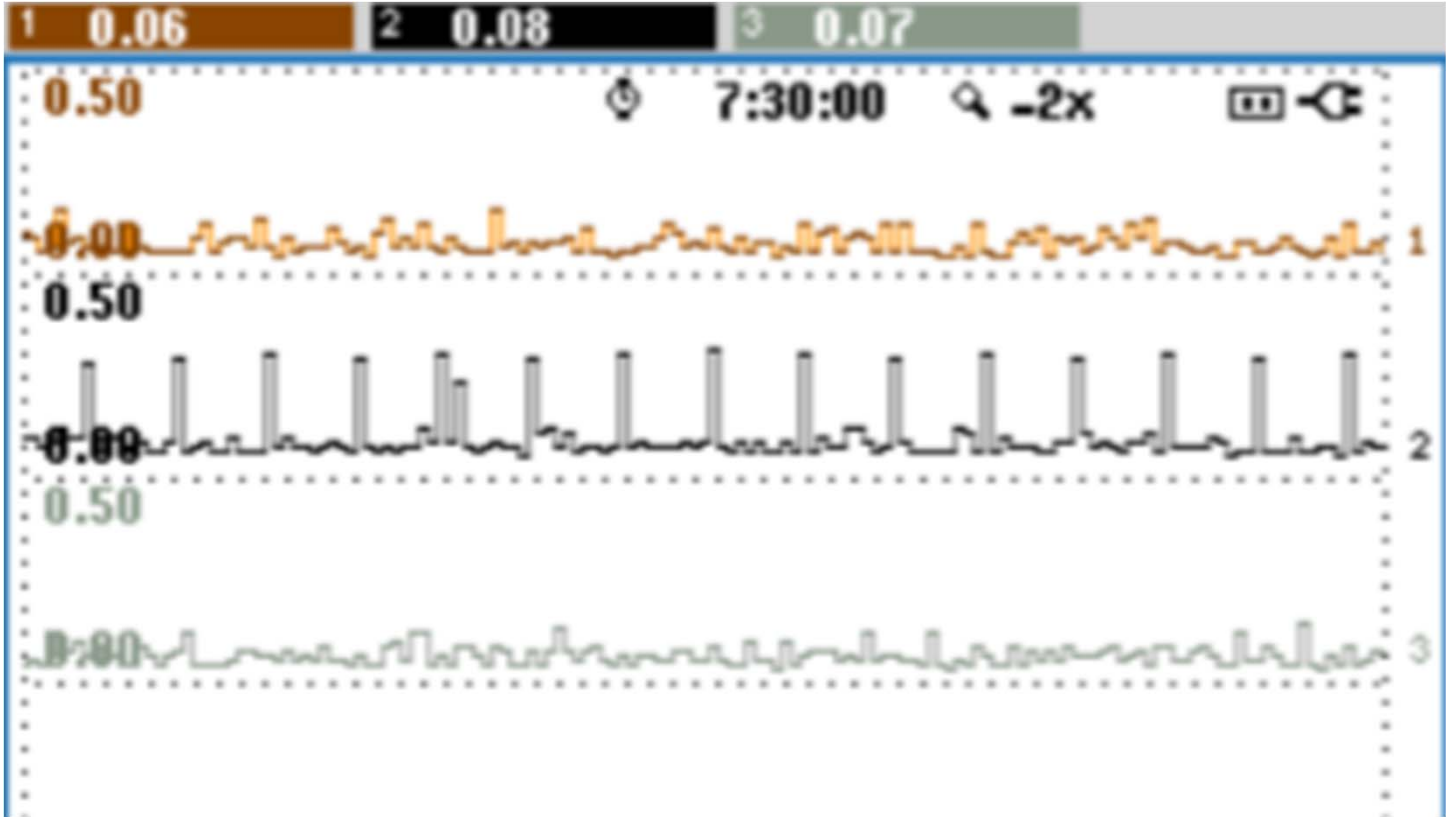
- Leuchtdichteschwankungen und zu
- flackerndem Licht, was oftmals nicht bewusst wahrnehmbar ist.

Was sind Flicker?

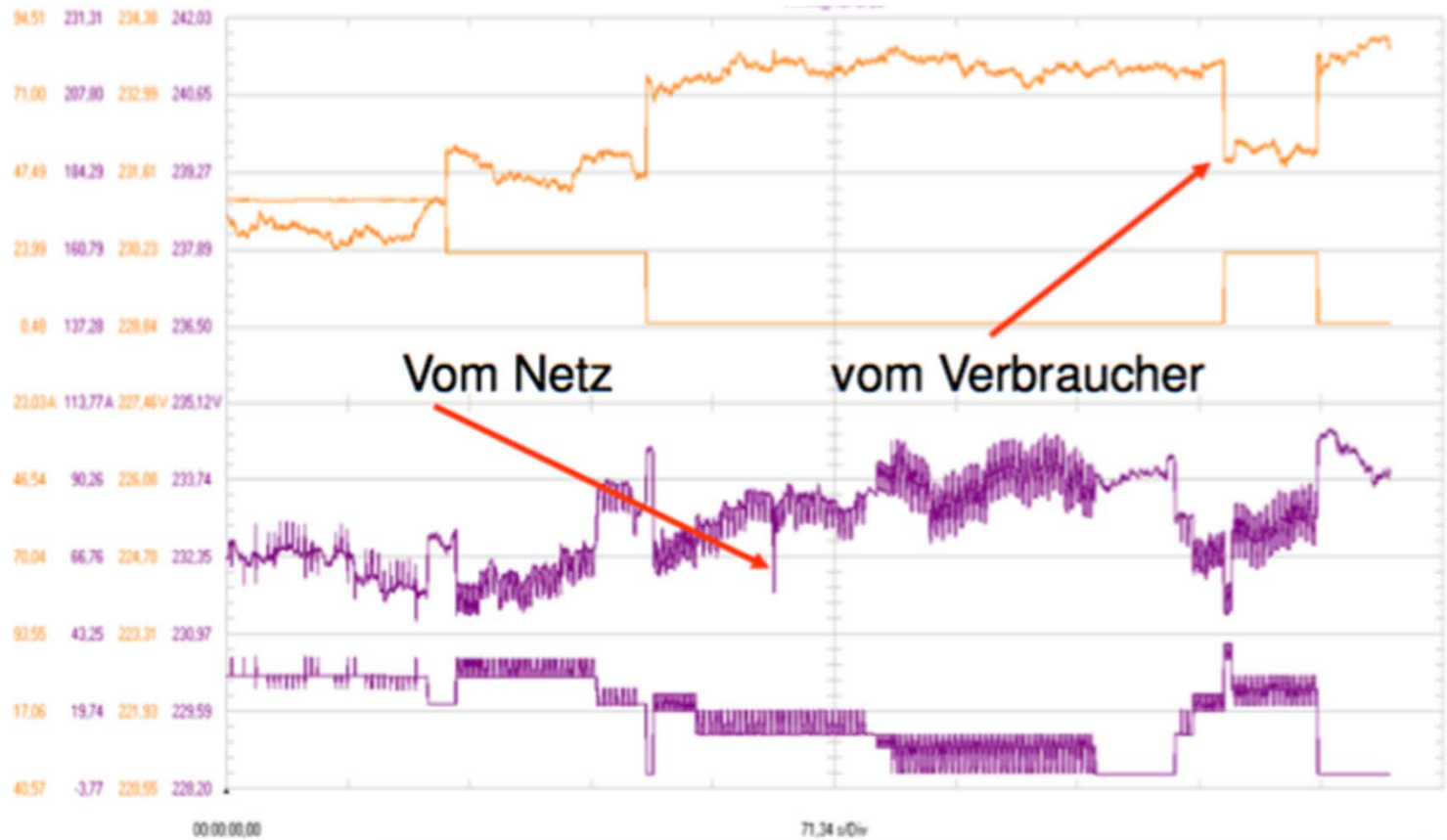
- Flicker sind **ständig sich ändernde Spannungsschwankungen**.
- Sie erzeugen **sichtbares Flackern von Beleuchtungsanlagen**.
- Sie erzeugen dadurch ständiges **Unwohlsein** von Personen.
- Sie **stören elektrische Betriebsmittel**.

Kurzzeitflicker – sofort sichtbar





Wo kommen Flicker her?



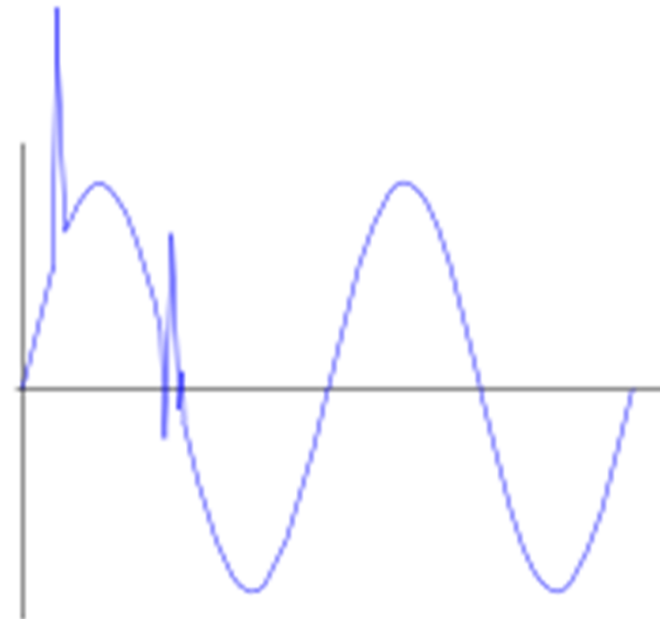
Flicker



Wo kommen Flicker her?

Flicker werden durch Lasten wie **Lichtbogenöfen, Laserdrucker, Aufzugsantriebe** oder **Klimaanlagen** verursacht.

Ebenfalls werden Flicker auch durch **elektronische Durchlauferhitzer** (Schwingungspaketsteuerung) erzeugt.



Netzfrequente Überspannungen / Transienten

- Transienten sind Hochfrequenzereignisse mit einer Dauer von weniger als einer Netzperiode.
- Ursachen können Schalthandlungen, Sicherungsfall oder Blitzeinschlag im Netz sein.
- Die Spannungen können einige Kilovolt betragen.

Ursachen

Die Hauptursache für Transienten sind **Schalthandlungen im Netz.**

Durch die induktive Wirkung des Verbrauchernetzes werden im Ausschaltmoment hohe Spannungsspitzen erzeugt.

Diese Ausschaltmomente entstehen unter anderem durch das Ansprechen von Sicherungen, Leistungsschaltern und RCD's.

Probleme

- Geräteausfall und Zerstörung
- Störungen von Datenleitungen
- Störungen von Rechnern

Lineare und nichtlineare Lasten

Lineare Lasten, wie z.B. Leuchtstoffröhren, Glühlampen, elektrische Heizungen oder 3-phasige Motoren, erzeugen keine harmonischen Netzurückwirkungen.

Nichtlineare Lasten erzeugen Oberschwingungen:

- Frequenzumrichter (FU)
- Fotokopierer, PCs, Haushaltsgeräte
- Schaltnetzteile
- Unterbrechungsfreie Spannungsversorgung

Da FU oftmals im hohen Leistungsbereich liegen, können sie erheblich zur Entstehung von Oberschwingungen beitragen.

Ursachen von Oberschwingungen

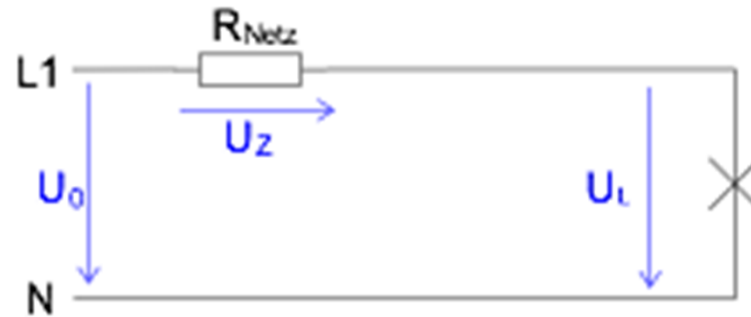
Oberschwingungen (harmonische) **sind ganzzahlige Vielfache der Netzfrequenz.**

Sie entstehen **durch nichtlineare Lasten**, wie Entladungslampen (z.B. Energiesparlampen), überlastete Transformatoren, Netzteile mit Spitzenwertgleichrichtern und durch den Einsatz von Stromrichterventilen, z.B. Gleichrichter, Frequenzumrichter, Steller, USV-Anlagen.

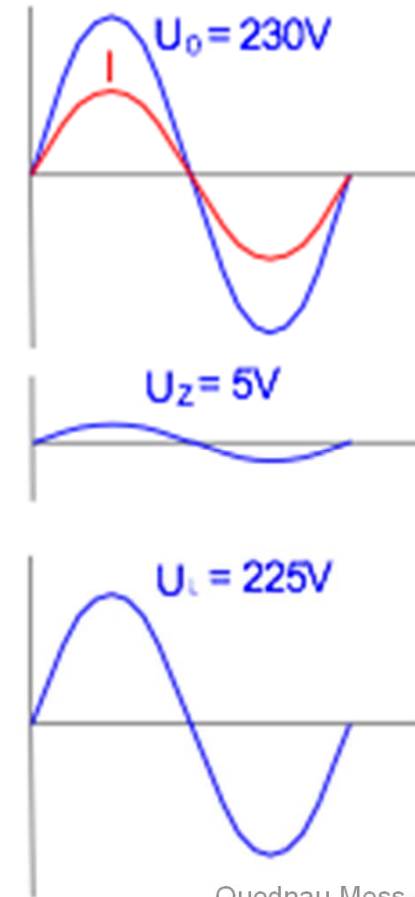
Das Kennzeichen dieser Verbraucher und Betriebsmittel ist ein **nichtsinusförmiger Strom bzw. ein periodisch ein- und ausgeschalteter Stromfluss.**

Generatoren, deren Wicklungstechnik die Entstehung von Oberschwingungsspannungen (Oberfeldern) zulässt, verursachen bei entsprechender Anschaltung an das Netz ebenfalls Oberschwingungsströme.

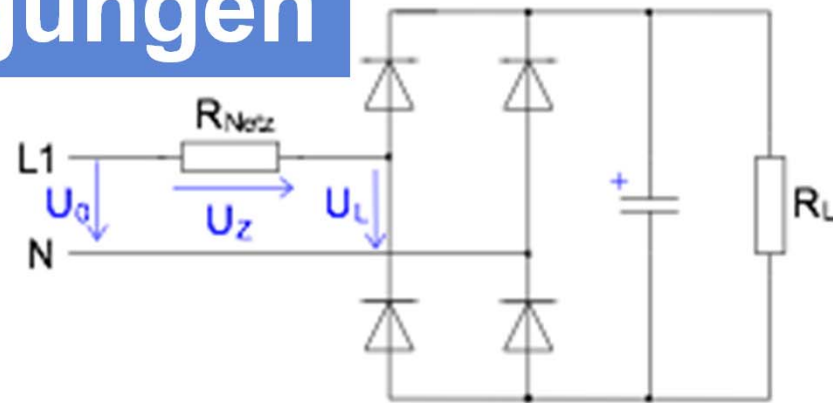
Oberschwingungen



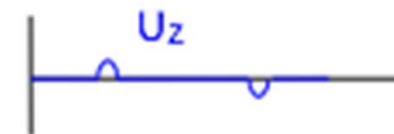
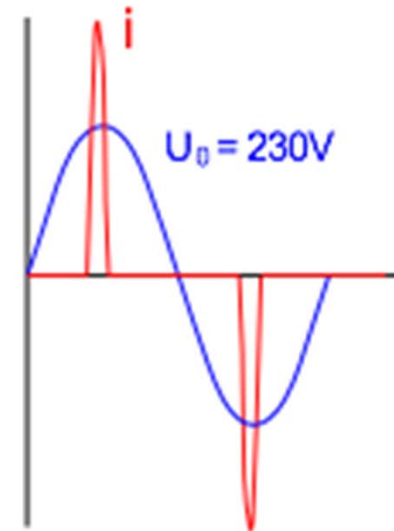
Spannungsfall der Leitung bei Ohm'scher Last



Oberschwingungen



Diese sehr großen Stromspitzen führen zu einem **nicht sinusförmigen Spannungsfall auf der Zuleitung**.



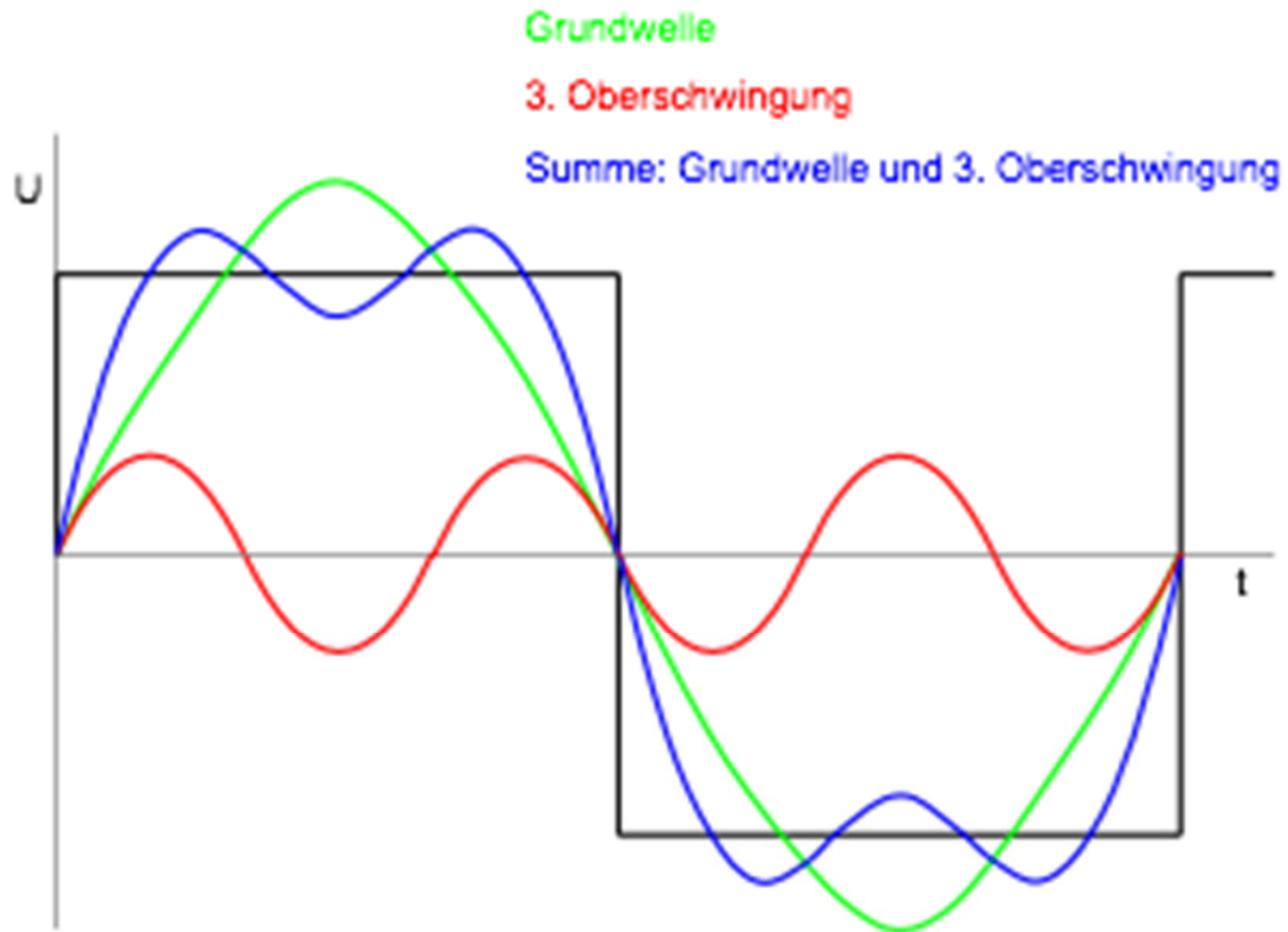
Oberschwingungen

Eine **nichtsinusförmige Größe** (Strom oder Spannung) besteht aus der **Summe einer Vielzahl von Sinusschwingungen**.

Hierbei ist zu beachten, dass die Grundschiwingung immer die gleiche Frequenz aufweist wie die der nichtsinusförmigen Größe.

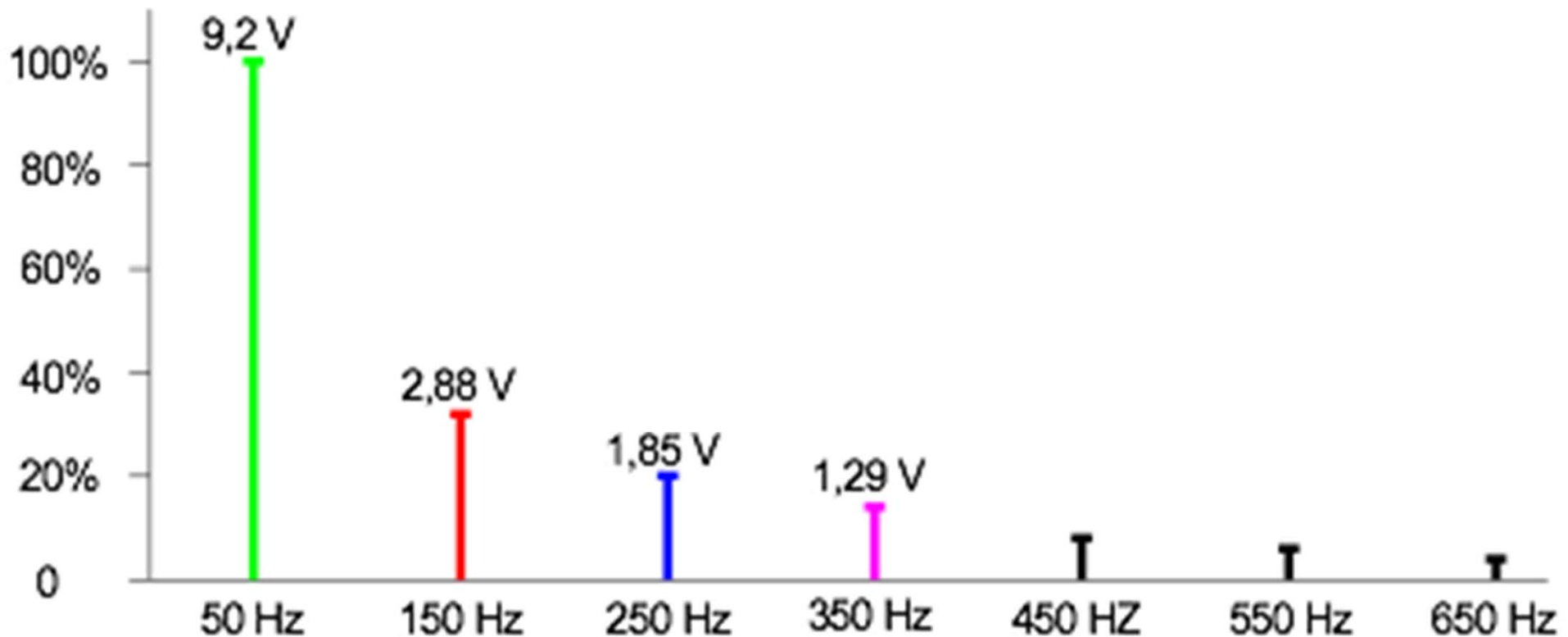
Zusätzlich entstehen Oberschwingungen, deren Frequenzen ganzzahlige Vielfache der Grundschiwingung betragen.

Oberschwingungen



Oberschwingungen

Oberschwingungen werden mit einem sogenannten **Spektrumanalyser** gemessen und hier dargestellt:



THDf-Wert

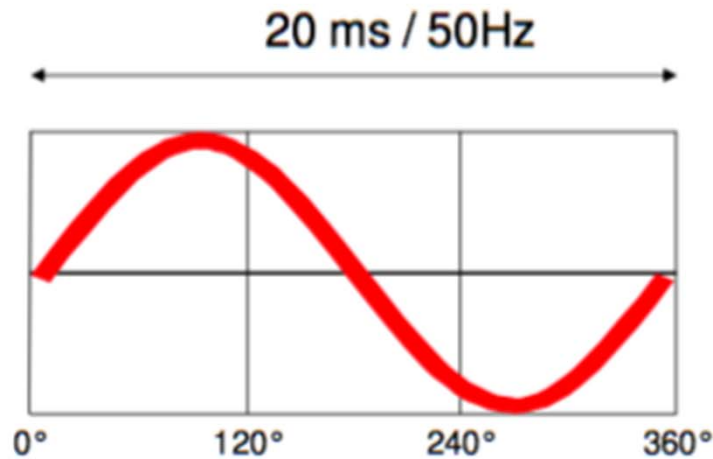
$$\text{THD}_r = \frac{U_0}{U_{\text{RMS}}}$$

$$\text{THD}_f = \frac{U_0}{U_1}$$

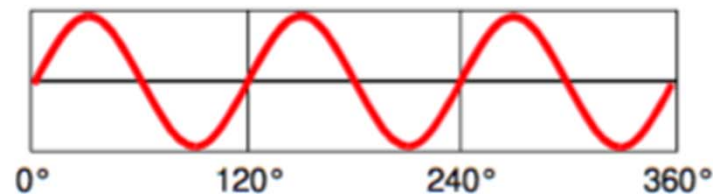
In der Messtechnik hat sich der **THDf-Wert** durchgesetzt und wird auch oft ohne Indizes als **THD** angegeben.

So ist der Grenzwert für die Netzspannung THD = 8% der THDf-Wert.

Verlauf der Sinusschwingung bei 50 Hz und 150 Hz

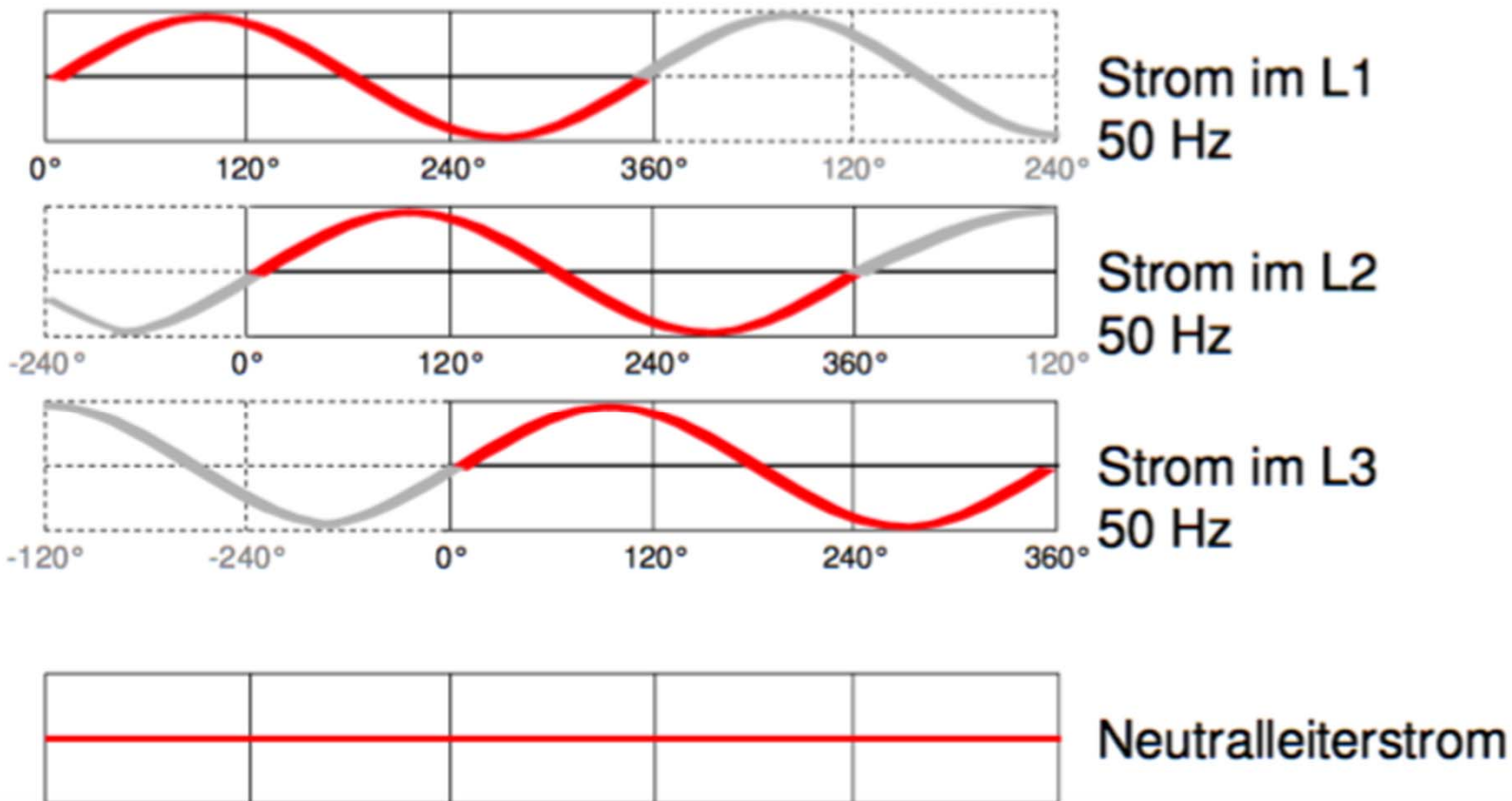


Grundwelle
Sinusform 50 Hz

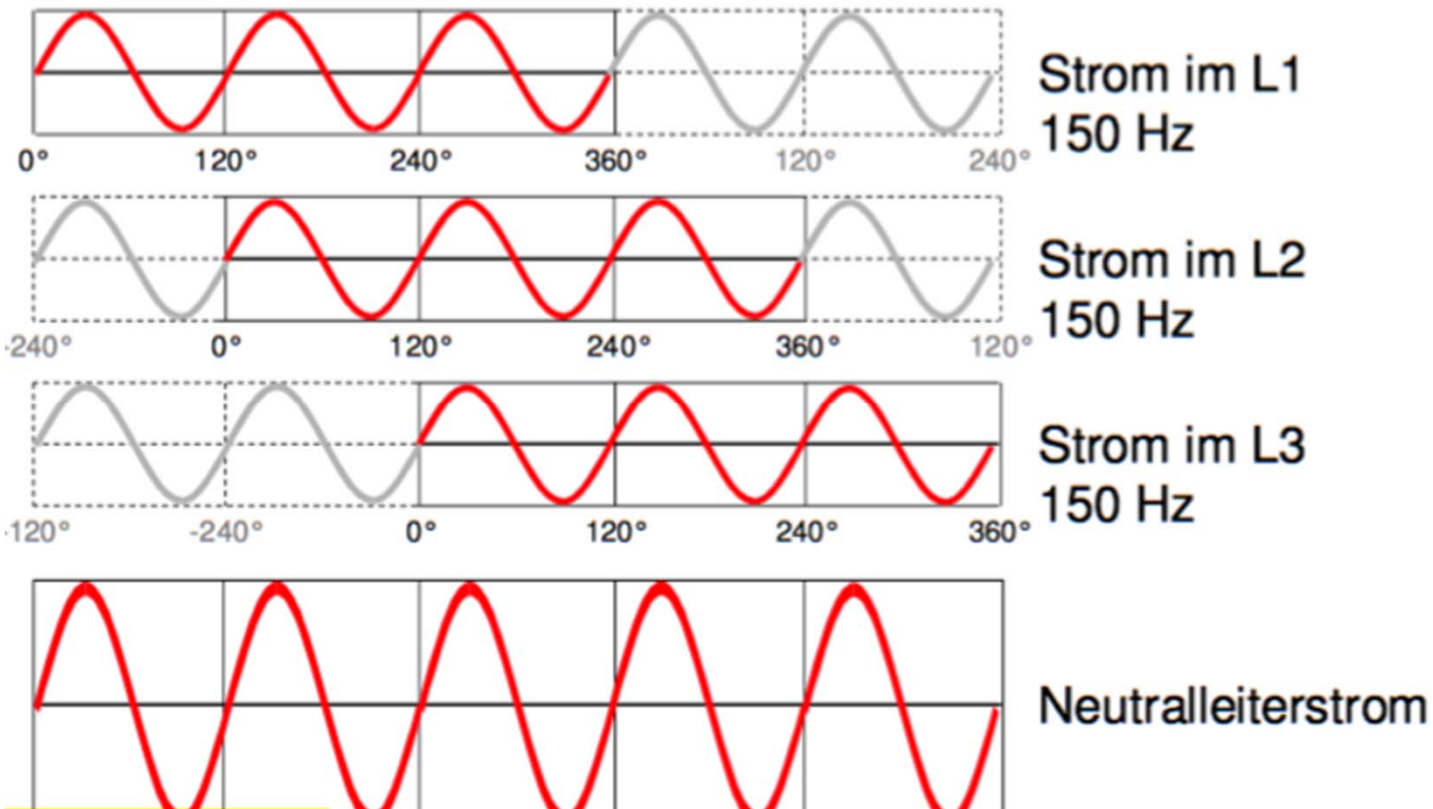


3. Oberwelle 150 Hz

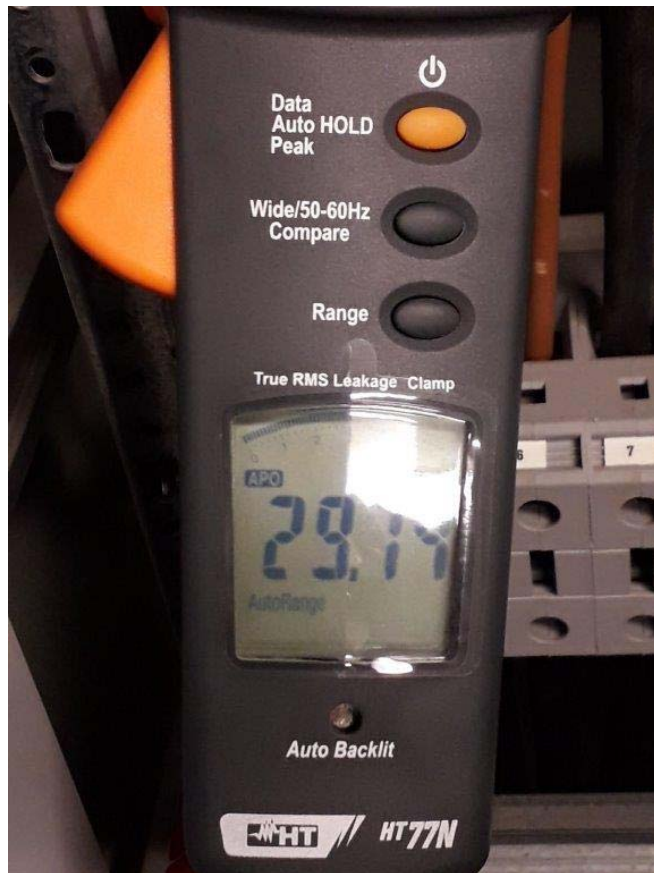
Addition der Außenleiterströme



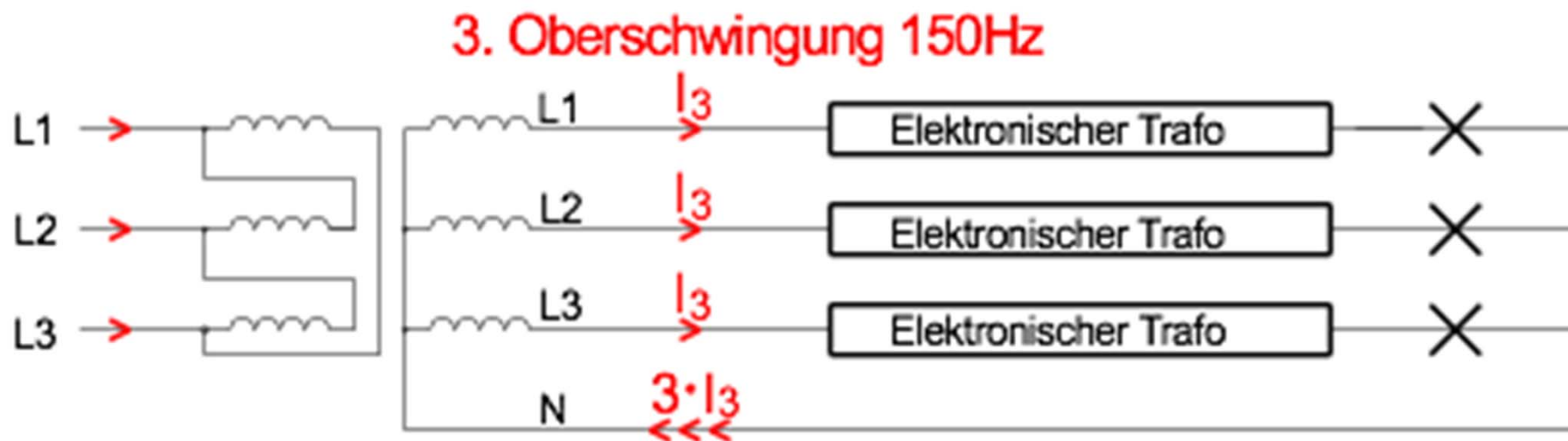
Addition der Außenleiterströme bei 150 Hz



Oberschwingungen 3. Ordnung

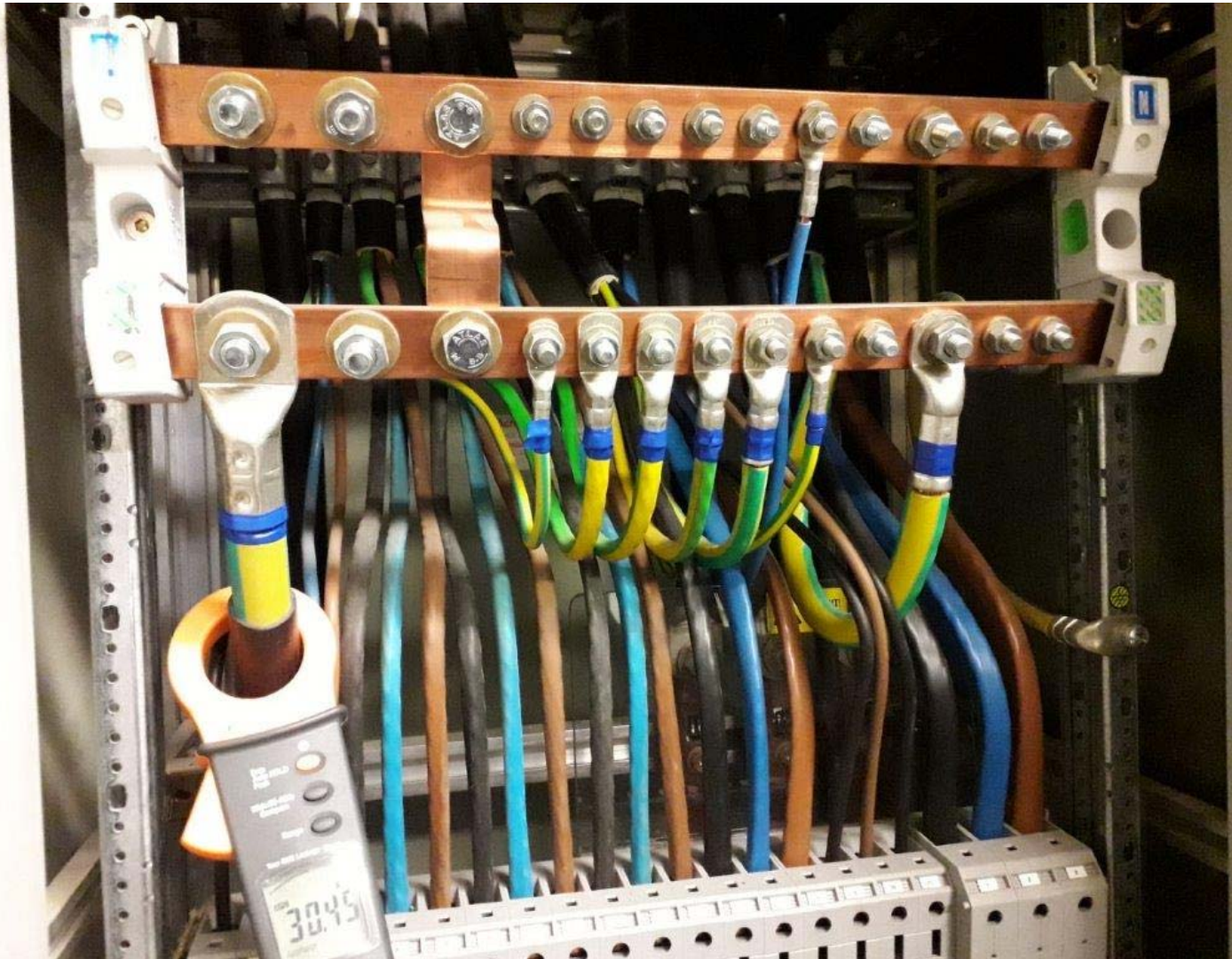


Oberschwingungen 3. Ordnung

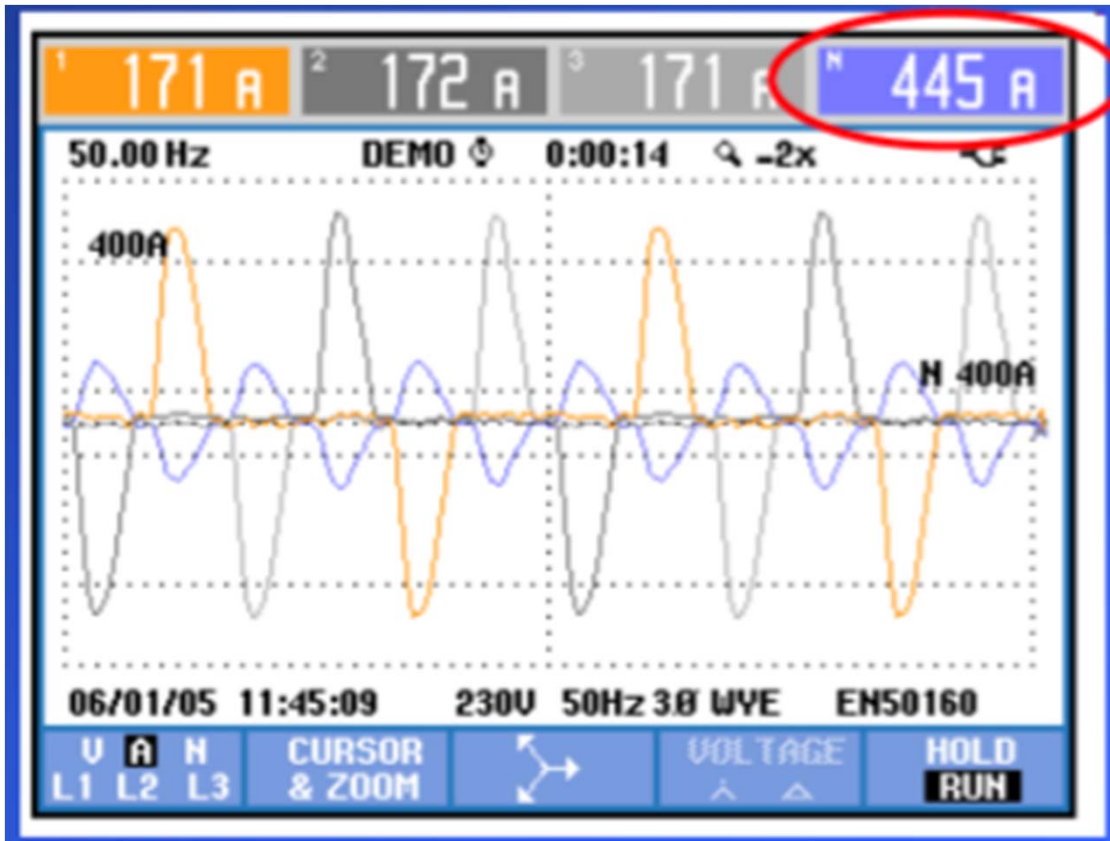


Die **Folge der 3. Oberschwingung** (9.; 15. usw.) ist eine **Neutralleiterbelastung**, die schnell zu einer **Neutralleiterüberlastung** führen kann und somit zum Kabelbrand oder zu einer Unterbrechung des Neutralleiters.

Oberschwingungen

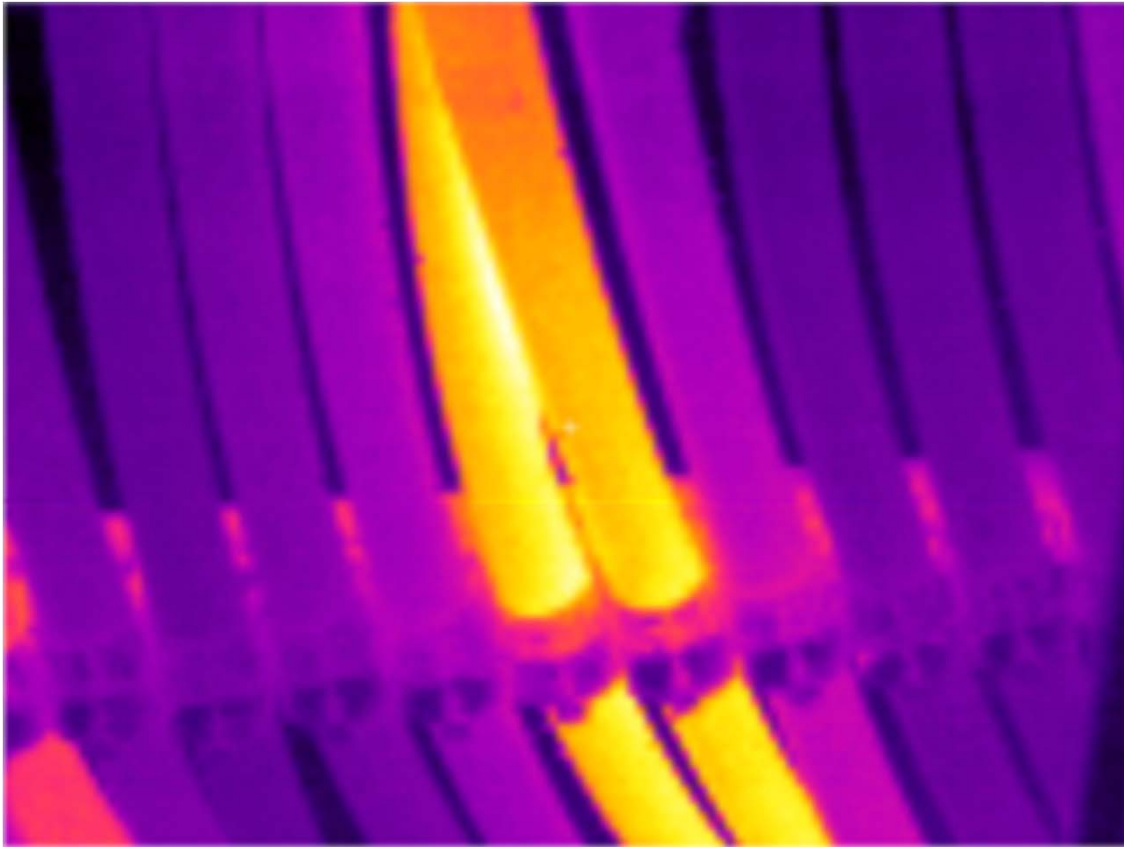


Oberschwingungen 3. Ordnung



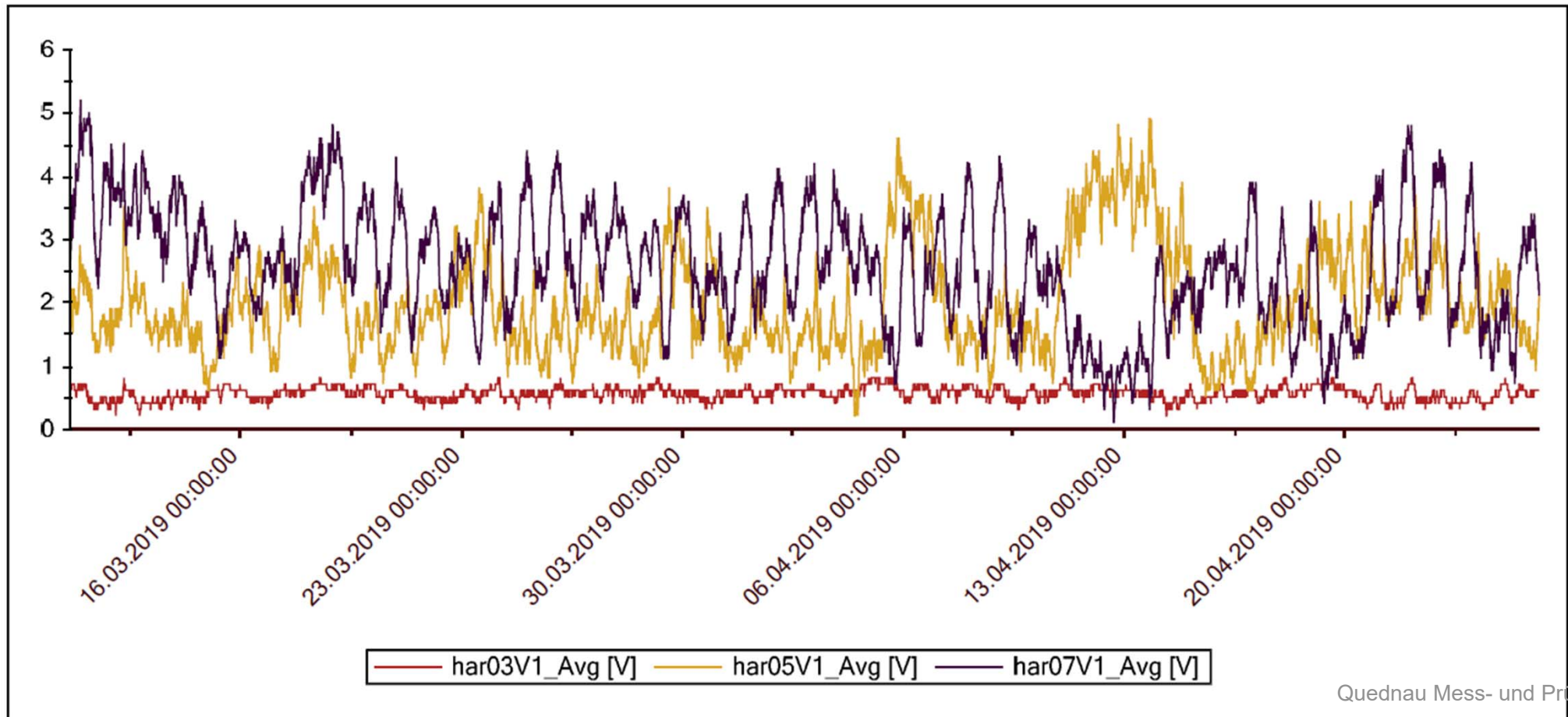
Oberschwingungen
3. Ordnung im Neutraleiter

Oberschwingungen 3. Ordnung

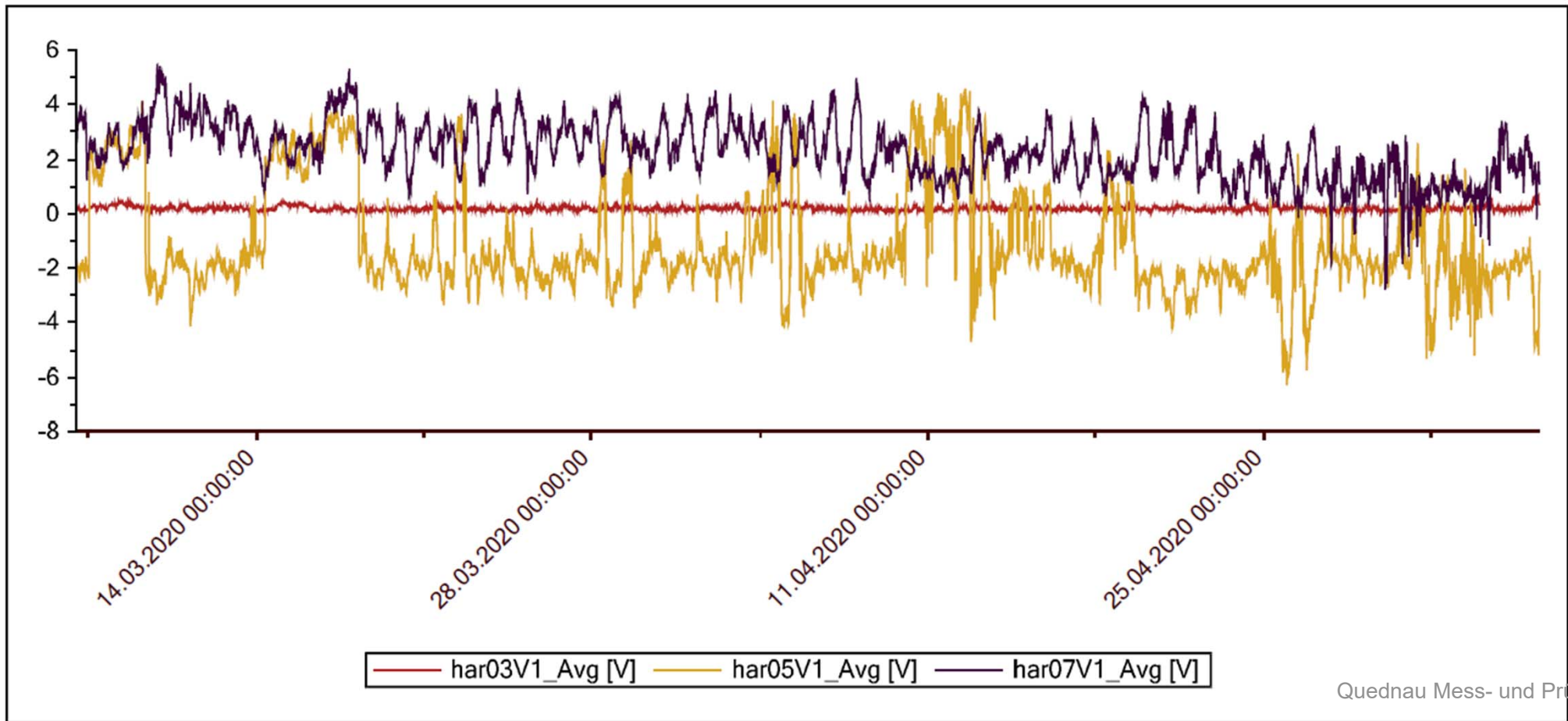


**Resultat: PEN Leiter –
Überlastung**

Oberwelle



Oberwelle



Auswirkung Oberwellenströme



Quelle: Jürgen Gutheil

Quednau Mess- und Prüftechnik

Auswirkung Oberwellenströme



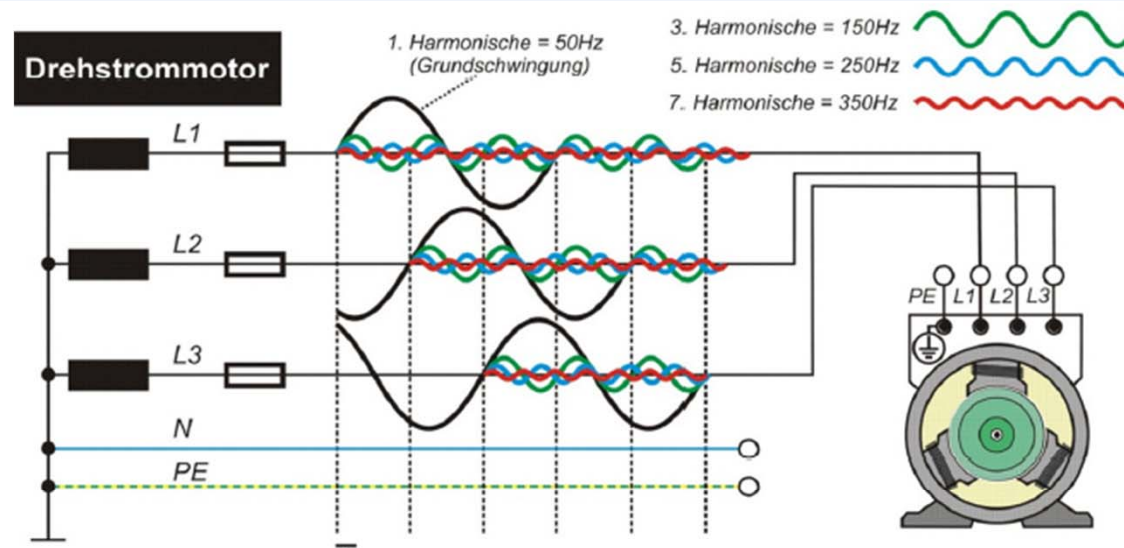
Quelle: Jürgen Gutheil

Auswirkung Oberwellenströme



Quelle: Jürgen Gutheil

Technische Auswirkung



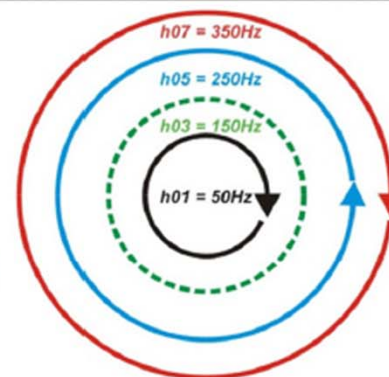
Auswirkungen auf das Drehfeld

Grundsystem durch $h_{01} = 50\text{Hz}$
(Ständerdrehfeld der Grundschiwingung)

Nullsystem durch $h_{03} = 150\text{Hz}$
(ohne Auswirkung)

Gegensystem durch $h_{05} = 250\text{Hz}$
(arbeitet gegen Ständerdrehfeld --> Mögliche Überhitzung)

Mitsystem durch $h_{07} = 350\text{Hz}$
(arbeitet mit Ständerdrehfeld --> Mögliche Überhitzung)





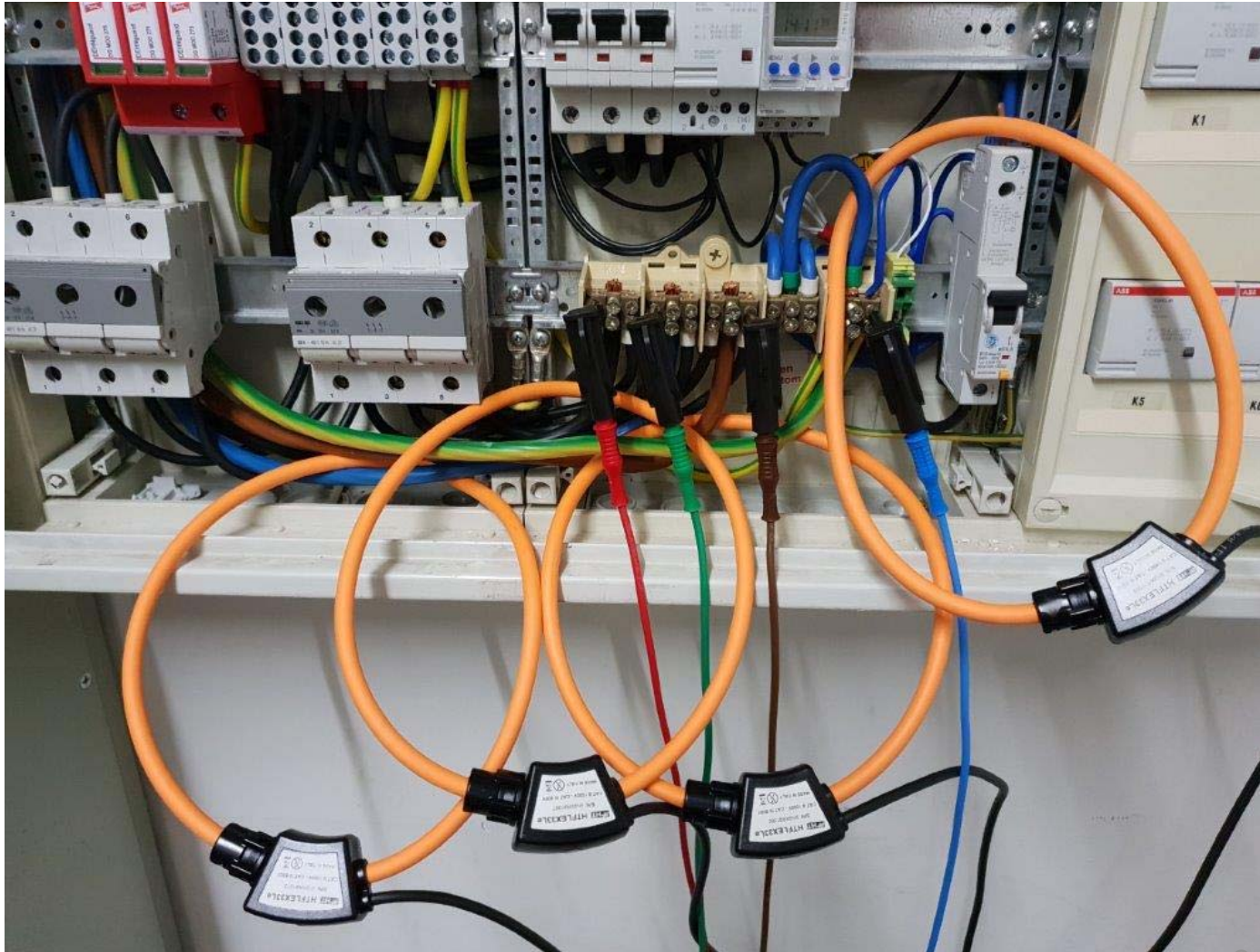
Messgeräte



Messgeräte



Oberschwingungen



DEUTSCHE NORM		April 2008
	DIN EN 50160	<u>DIN</u>
ICS 29.020	<i>Spannung</i>	
		Ersatz für DIN EN 50160:2000-03 Siehe jedoch Beginn der Gültigkeit
Merkmale der <u>Spannung</u> in öffentlichen Elektrizitätsversorgungsnetzen; Deutsche Fassung EN 50160:2007		
Voltage characteristics of electricity supplied by public distribution networks; German version EN 50160:2007		
Caractéristiques de la tension fournie par les réseaux publics de distribution; Version allemande EN 50160:2007		

Maximal verzerrte "Sinusspannung" nach EN 50160

erstellt mit wavemaker

Verträglichkeitspegel der DIN EN 50160 in Bezug auf die Oberschwingungen:
Maximal Verzerrte „Sinuskurve“





Fragen? Wir helfen Ihnen!

Quednau Mess- und Prüftechnik