



**Technische und organisatorische Regeln
für Betreiber und Benutzer
von Netzen**

**TOR Netzurückwirkungsrelevante
elektrische Betriebsmittel**

Version 1.0
gültig ab 23.02.2026

Dokumenten-Historie

Version	Veröffentlichung	Inkrafttreten	verantwortlich	Anmerkungen
1.0	09.02.2026	23.02.2026	E-Control	Ersatz von TOR D1 V2.0.

Die anzuwendenden technischen und organisatorischen Regeln für Betreiber und Benutzer von Netzen (TOR) stehen auf der Website der E-Control (www.e-control.at) zur allgemeinen Verfügung. Verweise auf die TOR verstehen sich somit immer auf die jeweils aktuell geltende Version. Jede Anwendung, Verwendung und jedes Zitieren der TOR hat unter diesen Prämissen zu erfolgen. Die sich auf der Website der E-Control befindliche Version gilt als authentische Fassung der TOR.

Für den Inhalt verantwortlich:

Energie-Control Austria für die Regulierung der Elektrizitäts-, Gas- und Wasserstoffwirtschaft (E-Control)

Rudolfsplatz 13a

1010 Wien

Tel: +43 1 24724-0

E-Mail: tor@e-control.at

Inhaltsverzeichnis

Einleitung	5
1 Begriffe und Abkürzungen	6
2 Anwendungsbereich	7
3 Bestimmungen, Vorschriften und Verweise	8
3.1 Bestimmungen und Vorschriften	8
3.2 Normative Verweise	8
4 Allgemeines	9
5 Betriebsmittel mit Komponenten der Leistungselektronik	11
5.1 Allgemeine Betriebsmittelfestlegungen	11
5.2 Leistungsgrenzwerte	11
5.2.1 Leistungsgrenzwerte bezüglich Oberschwingungen	11
5.2.2 Leistungsgrenzwerte bezüglich Spannungsänderungen	12
6 Elektrische Lichtanlagen	13
6.1 Vorschaltgeräte	14
6.2 Leistungsgrenzwerte	14
6.3 Allgemeine Einsatzbedingungen	15
7 Elektrowärmegeräte	16
7.1 Grenzwerte für die Leistung bzw. den Anlaufstrom	16
7.2 Allgemeine Einsatzbedingungen	17
7.3 Elektrowärmegeräte zur Brauchwasserbereitung	17
7.4 Speicherheizgeräte	17
8 Elektrische Antriebe	18
8.1 Grenzwerte für die Leistung bzw. den Anlaufstrom	20
8.2 Allgemeine Einsatzbedingungen	21
9 Elektroschweißanlagen	22
9.1 Einsatz von Schweißeinrichtungen	22
10 Leistungskondensatoren	23
10.1 Kompensationsarten	23
10.2 Ausführungsformen von Kompensationen	24
10.3 Allgemeine Einsatzbedingungen	25
10.4 Bemessung und Aufstellung von Leistungskondensatoren	25
10.5 Schaltgeräte für Kondensatoranlagen	26
10.6 Schutz von Kondensatoranlagen	26
10.7 Entladung von Kondensatoren	27

11	Tonfrequenz-Sperreinrichtungen	28
11.1	Allgemeines	28
11.2	Einbau von Tonfrequenz-Sperreinrichtungen	28
12	Informationsübertragung über das 50-Hz-Netz	30
12.1	Allgemeines	30
12.2	Informationsübertragung in Anlagen des Netzbenutzers	31

Einleitung

Technische und organisatorische Regeln für Betreiber und Benutzer von Netzen ("TOR") werden gemäß § 22 Z 2 E-ControlG von E-Control in Zusammenarbeit mit den Betreibern von Stromnetzen erarbeitet, von E-Control veröffentlicht und als technisches Regelwerk im Netzanschlussvertrag im Rahmen von Allgemeinen Vertragsbedingungen für die Betreiber von Verteiler- oder Übertragungsnetzen zwischen Netzbetreiber und Netzbenutzer vereinbart.

Die in [] angeführten Verweise beziehen sich auf die Originalquellen und sind in den Quellenangaben der TOR Begriffe angeführt.

1 Begriffe und Abkürzungen

Die in diesem Teil der TOR verwendeten Begriffsbestimmungen und -erklärungen sind in den TOR Begriffe gesammelt enthalten.

In diesem Teil der TOR werden folgende Abkürzungen verwendet:

EN	Europanorm
EMV	Elektromagnetische Verträglichkeit
EWR	Europäischer Wirtschaftsraum
LED	Light Emitting Diode
OVE	Österreichischer Verband für Elektrotechnik
PLC	Power Line Communication
PLT	Breitband – Power Line Communication
PWM	Pulsweitenmodulation
USV	Unterbrechungsfreie Stromversorgung
TRA	Tonfrequenzrundsteueranlage
V	Verknüpfungspunkt

2 Anwendungsbereich

In diesem Teil der TOR wird der Einsatz von elektrischen Betriebsmitteln in Anlagen von Netzbenutzern, mit einem Bemessungsstrom bis einschließlich 75 A je Phase, im Hinblick auf die Sicherstellung elektromagnetischer Verträglichkeit (EMV) behandelt. Beim Betrieb mehrerer Betriebsmittel technisch gleicher bzw. technisch ähnlicher Bauart in einer Anlage des Netzbenutzers kann es trotz Erfüllung der betreffenden Europeanormen – und darauf basierender **CE**–Kennzeichnung für das einzelne Betriebsmittel – zu störenden bzw. unzulässigen Netzurückwirkungen kommen.

Bei den angeführten Grenzwerten wird davon ausgegangen, dass elektrische Betriebsmittel bis zu dieser Grenze im Regelfall in öffentlichen Verteilernetzen mit der Nennspannung 400/230 V hinsichtlich zu erwartender Netzurückwirkungen problemlos angeschlossen werden können. Darüber hinaus handelt es sich bei diesen Werten jedoch um Schwellwerte für eine notwendige Beurteilung der Netzurückwirkungsrelevanz eines derartigen elektrischen Betriebsmittels durch den zuständigen Netzbetreiber. Durch diese Beurteilung wird festgestellt, ob ein solches Betriebsmittel an dem betreffenden Verknüpfungspunkt problemlos, ohne unzulässige Rückwirkungen auf das Verteilernetz oder auf Anlagen anderer Netzbenutzer zu verursachen, betrieben werden kann, oder ob für den Anschluss bzw. den Betrieb dieses Betriebsmittels technische Maßnahmen notwendig sind, welche im Bedarfsfall mit dem Netzbetreiber festgelegt werden.

Die angeführten Grenzwerte beruhen allein auf Netzurückwirkungsbetrachtungen an der Bezugsimpedanz gemäß OVE EN 61000-3-3 **[2]** und nehmen keine Rücksicht auf die Übertragungsfähigkeit der Installation. Für einen ordnungsgemäßen Betrieb, vor allem von Betriebsmitteln höherer Leistung, sind daher unbedingt auch die erforderlichen Installationsfestlegungen einzuhalten.

Entsprechend der Verordnung EMV-V 2015 **[N12]** kann bei Betriebsmitteln, welche das ÖVE-Zeichen zu Recht tragen, davon ausgegangen werden, dass auch die Bestimmungen der OVE EN IEC 61000-3-2 **[1]** bzw. OVE EN 61000-3-3 **[2]** eingehalten sind.

Es sind auch weitere Bestimmungen, wie z.B. die TOR Netzurückwirkungen, TOR Netzgebundene Steuersignal- und Datenübertragung, TOR Stromerzeugungsanlagen und TOR Verteilernetzanschluss, zu beachten.

3 Bestimmungen, Vorschriften und Verweise

3.1 Bestimmungen und Vorschriften

Für die Errichtung und den Betrieb einer Verbrauchs-, Stromerzeugungs- oder Speicheranlage sind insbesondere einzuhalten (jeweils in der gültigen Fassung):

- Elektrizitätswirtschafts- und -organisationsgesetz 2010 (EIWOG 2010) **[N4]**;
- Elektrizitätswirtschaftsgesetz (EIWG);
- Elektrotechnikgesetz 1992 (ETG 1992) **[N6]**;
- Elektrotechnikverordnung 2020 mit allen darin enthaltenen Normen (ETV 2020) **[N11]**;
- Elektromagnetische Verträglichkeitsverordnung 2015 (EMV-V 2015) **[N12]**;
- Niederspannungs-Richtlinie **[E2]**;
- Produkthaftungs-Richtlinie 1999 **[E3]**;
- EMV-Richtlinie 2014 **[E6]**;

Weiters wird für eine Übersicht der anzuwendenden anerkannten Regeln der Technik auf die TAEV 2020 (Technische Anschlussbedingungen für den Anschluss an öffentliche Versorgungsnetze mit Betriebsspannungen bis 1000 Volt 2020, Ausgabe 2020) hingewiesen.

3.2 Normative Verweise

Die folgenden Normen, geltend zum Zeitpunkt des Inkrafttretens dieser TOR, sind für die Anwendung dieses Teils der TOR zu beachten:

- OVE E8101
- OVE EN IEC 61000-3-2 **[1]**;
- OVE EN 61000-3-3 **[2]**;
- OVE EN IEC 61000-3-11 **[3]**;
- OVE EN 50160 **[5]**;
- ÖVE/ÖNORM EN 61000-3-12 **[11]**;
- ÖVE/ÖNORM EN 50065 **[13]**;

4 Allgemeines

Die angeführten Grenzwerte sollen dementsprechend keine grundsätzliche Beschränkung des Einsatzes bestimmter elektrischer Betriebsmittel, sondern Schwellen darstellen, ab welchen dem Netzbetreiber Gelegenheit zu einer Beurteilung der auftretenden Netzurückwirkungen unter Berücksichtigung der individuellen Gegebenheiten des örtlichen Verteilernetzes und der betreffenden Anlage des Netzbenutzers zu geben ist.

Betriebsmittel müssen dem vorgesehenen Verwendungszweck entsprechen und eine geeignete Bauart aufweisen. Es ist grundsätzlich davon auszugehen, dass diese Forderungen erfüllt sind, wenn die Betriebsmittel eine **CE**-Kennzeichnung aufweisen oder den für sie geltenden OVE-Bestimmungen bzw. den anerkannten Regeln der Technik entsprechen.

Auf Anforderung des relevanten Netzbetreibers ist vom Netzbenutzer der Konformitätsnachweis der erforderlichen EMV-Normen zu erbringen.

Betreffend Abhilfemaßnahmen bei unzulässigen Netzurückwirkungen wird darauf hingewiesen, dass beim Auftreten unzulässiger Netzurückwirkungen durch den Einsatz von Betriebsmitteln geeignete Abhilfemaßnahmen an den Betriebsmitteln oder netzseitig zu setzen sind. Bei nachweislich unzulässigen Netzurückwirkungen kann der Netzbetreiber vom verursachenden Netzbenutzer die Vornahme von Schutzvorkehrungen verlangen oder nach Verständigung des verursachenden Netzbenutzers selbst vornehmen. In beiden Fällen gehen derartige Kosten zu Lasten des verursachenden Netzbenutzers.

Netzbenutzer, die an die Spannungsqualität für die Versorgung von empfindlichen elektronischen Betriebsmitteln, wie z.B. EDV-Anlagen, Einrichtungen mit Mikroprozessorsteuerung, sicherheitstechnische Einrichtungen, elektroakustische oder medizinische Geräte, erhöhte Anforderungen stellen, müssen auf eigene Kosten geeignete Vorsorgemaßnahmen (z.B. Einbau von Filtern oder unterbrechungsfreie Stromversorgungsanlagen (USV-Anlagen) treffen.

Hinsichtlich der elektromagnetischen Verträglichkeit (EMV) ist die Beurteilung des Einsatzes von elektrischen Betriebsmitteln in Abbildung 1 dargestellt. Diese gilt nicht für Stromerzeugungsanlagen.

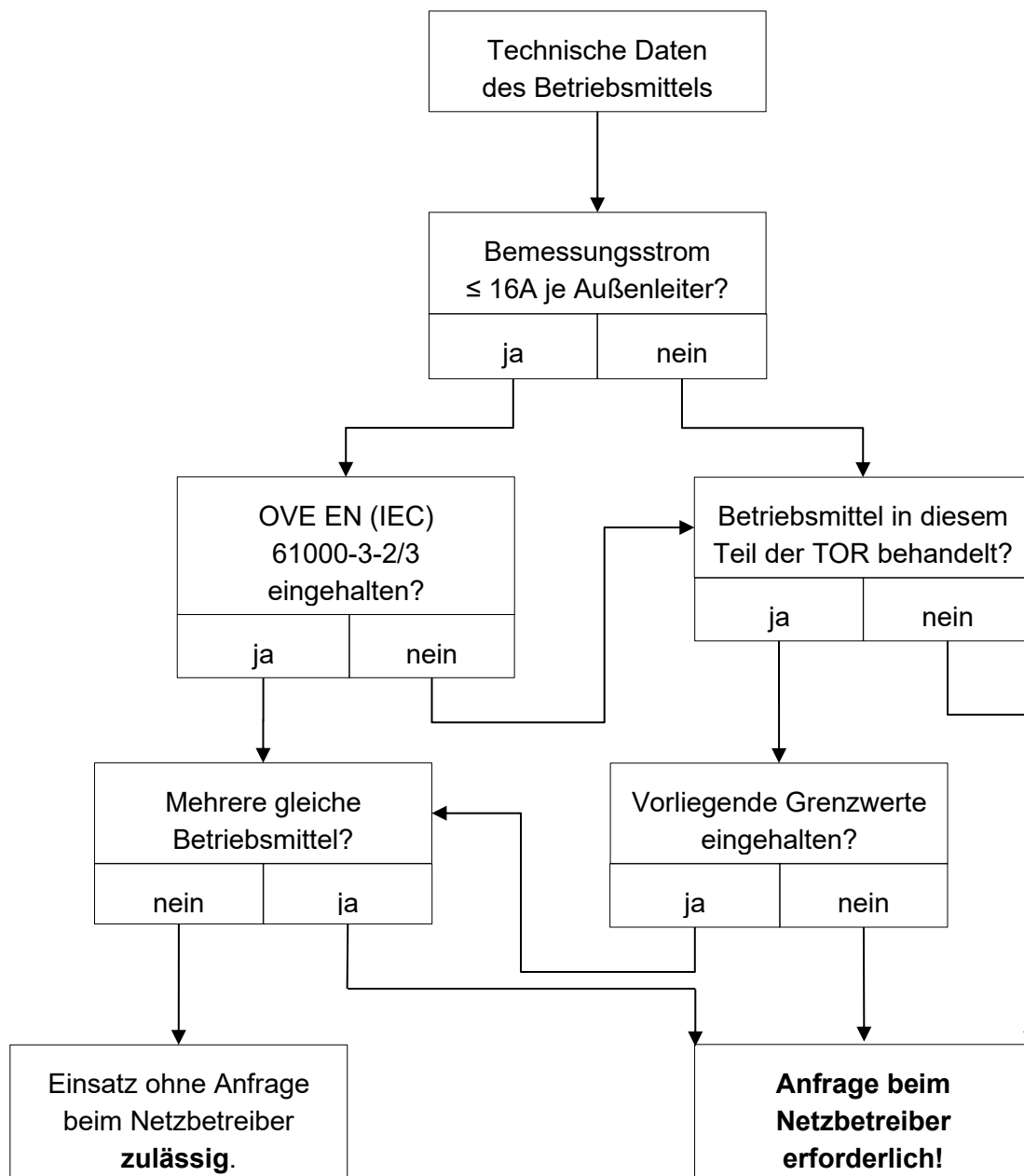


Abbildung 1: Beurteilungsschema für den Einsatz von Betriebsmitteln im Hinblick auf EMV

Anmerkungen:

Für Stromerzeugungsanlagen ist ein Netzzugangsantrag¹ beim Netzbetreiber notwendig.

Der Bemessungsstrom ist am Typenschild angeführt.

Die Übereinstimmung mit den genannten Normen ist anhand der Gerätedokumentation ersichtlich.

Bei den vorliegenden Grenzwerten handelt es sich um Leistungsgrenzwerte bzw. um Grenzwerte für den Anlaufstrom.

Bei Verwendung mehrerer technisch gleichen bzw. technisch ähnlichen Betriebsmittel ist die Kurzschlussleistung anzugeben, bei der die Anforderungen überprüft wurden.

¹ Siehe TOR Stromerzeugungsanlagen.

5 Betriebsmittel mit Komponenten der Leistungselektronik

Betriebsmittel mit Komponenten der Leistungselektronik erzeugen in der Regel Netzurückwirkungen, insbesondere in Form von Oberschwingungen, Kommutierungseinbrüchen und Spannungsänderungen, welche die Spannungsqualität im Netz und dadurch über das gemeinsame Stromversorgungsnetz die Funktion anderer Betriebsmittel nachteilig beeinflussen können.

Erzeuger von Oberschwingungen und Kommutierungseinbrüchen sind vornehmlich solche Betriebsmittel, in denen entweder durch Gleichrichtung oder durch Phasenanschnittsteuerung eine Umformung der elektrischen Energie erfolgt. Dazu gehören u.a. Betriebsmittel wie Schweißstromquellen mit Umrichter, stromrichtergespeiste Gleich- und Drehstromantriebe, konventionelle und getaktete Netzteile, (Kompakt-)Leuchtstofflampen mit elektronischem Vorschaltgerät und Helligkeitssteuergere (Dimmer).

Spannungsänderungen werden durch Betriebsmittel mit schwankender Stromaufnahme verursacht und können je nach Häufigkeit und Amplitude störende Helligkeitsschwankungen bei Lichanlagen (Flicker) bewirken. Zu den Verursachern von Spannungsänderungen zählen vornehmlich solche Betriebsmittel, bei denen zur Leistungssteuerung das Verfahren der Schwingungspaketsteuerung angewendet wird, wie z.B. Raumheizgeräte, Durchlauferhitzer oder Kochplatten.

5.1 Allgemeine Betriebsmittelfestlegungen

Der Anschluss bzw. Einsatz von Betriebsmitteln, die aus einer Kombination verschiedener Baugruppen bestehen, ist ohne Anfrage beim zuständigen Netzbetreiber zulässig, wenn die Einzelleistungen der unabhängig voneinander steuerbaren Baugruppen die angegebenen Leistungsgrenzwerte nicht überschreiten (siehe auch Abbildung 1). Als Beispiel für Betriebsmittel mit Phasenanschnittsteuerung seien hier die Antriebsmotoren für Wäschetrommel und Schleuder in einer Wasch-Schleuder-Kombination angeführt, während die einzelnen Kochplatten eines Herdes ein Beispiel für ein Betriebsmittel mit Schwingungspaketsteuerung darstellen.

Schaltungen, die eine Gleichstromkomponente verursachen, wie z.B. Einweggleichrichter, halbgesteuerte Brückenschaltungen und Mittelpunktsschaltungen, dürfen in der Regel nicht angewendet werden.

Der Anschluss von Betriebsmitteln an die drei Außenleiter ist derart aufzuteilen, dass eine möglichst symmetrische Belastung des Verteilernetzes erreicht wird. Beim Anschluss und gleichzeitigem Betrieb von Betriebsmitteln, wie z.B. Wärmepumpen und Ladeeinrichtungen, sind die Leiter L1, L2, L3 an den Anschlussklemmen je Anschlusspunkt zyklisch zu tauschen, um Häufungen an einzelnen Phasen zu vermeiden.

5.2 Leistungsgrenzwerte

Die hier angeführten Werte beziehen sich auf die Leistungsaufnahme bei Volllaststeuerung.

5.2.1 Leistungsgrenzwerte bezüglich Oberschwingungen

Hinsichtlich Oberschwingungen durch Gleichrichtung oder Phasenanschnittsteuerung dürfen Betriebsmittel bis zu den in Tabelle 1 angeführten Leistungswerten ohne Anfrage beim Netzbetreiber eingesetzt werden. Diese Grenzwerte gelten auch für Ladeeinrichtung für Elektrofahrzeuge² mit Gleichstromladung.

² Weitere Anforderungen sind in den TOR Verteilernetzanschluss angeführt.

Anschlussart	Maximal zulässige Leistung
L – N	1,3 kVA
L – L	1,9 kVA
L – L – L (– N)	3,8 kVA

Tabelle 1: Leistungsgrenzwerte - Oberschwingungen

5.2.2 Leistungsgrenzwerte bezüglich Spannungsänderungen

Hinsichtlich Spannungsänderungen durch Schwingungspaket- oder Thermostatsteuerung dürfen Betriebsmittel bis zu den in Tabelle 2 für einige ausgewählte Wiederholraten r angegebenen Leistungswerten ohne Anfrage beim Netzbetreiber eingesetzt werden.

- Bei regelmäßigen Vorgängen ergibt sich die Wiederholrate r aus der Anzahl der Spannungsänderungen, die in einem Zeitintervall von 1 Minute auftreten. Dabei sind sowohl Ein- als auch Ausschaltvorgänge zu berücksichtigen. Ein Spannungseinbruch besteht also aus zwei Spannungsänderungen.
- Bei unregelmäßigen Vorgängen ist für die Wiederholrate r ein repräsentativer Wert für die Anzahl der Ein- und Ausschaltungen je Minute einzusetzen. Diesen erhält man, wenn man aus der Summe der Schaltvorgänge in einem Zweistundenintervall mit hoher Benutzungshäufigkeit die mittlere Schalthäufigkeit je Minute berechnet.

Wiederholrate r [1/min]	Anschlussart		
	L – N	L – L	L – L – L (– N)
$500 < r \leq 1000$	0,4 kW	1,0 kW	2,0 kW
$100 < r \leq 500$	0,6 kW	1,5 kW	3,2 kW
$50 < r \leq 100$	1,0 kW	2,4 kW	4,8 kW
$10 < r \leq 50$	1,2 kW	2,9 kW	5,8 kW
$5 < r \leq 10$	1,7 kW	4,3 kW	8,7 kW
$2 < r \leq 5$	2,3 kW	5,6 kW	11,3 kW
$1 \leq r \leq 2$	2,9 kW	7,3 kW	14,7 kW
$r < 1$	4,0 kW	10,0 kW	20,0 kW

Tabelle 2: Leistungsgrenzwerte - Spannungsänderungen

Der Einsatz von Betriebsmitteln, deren Leistung die in Tabelle 1 und Tabelle 2 genannten Grenzwerte übersteigt, ist im Hinblick auf die Sicherstellung der EMV – unabhängig von einer allen-falls aus anderen Gründen erforderlichen Anschlussanfrage – an eine Zustimmung durch den Netzbetreiber gebunden.

6 Elektrische Lichtanlagen

Für allgemeine Beleuchtungszwecke werden vornehmlich energieeffiziente LED-Leuchtmittel und Entladungslampen eingesetzt. Grundsätzlich stellen LED-Technologien hinsichtlich EMV keine besondere Herausforderung dar, jedoch zeigt die Erfahrung, dass diese Geräte bzw. Bauteile aufgrund von Alterung Störungen verursachen können, ohne dass unmittelbar eine Fehlfunktion des Gerätes erkennbar ist.

Das zentrale Element eines LED-Leuchtmittels ist eine speziell dotierte Halbleiter-Diode (Halbleiterkristall mit pn-Übergang) die bei Stromfluss in Durchlassrichtung durch Rekombination von Elektronen und Elektronenfehlstellen am pn-Übergang Photonen emittiert und damit Licht produziert. Ab einem Schwellenwert der Spannung (typischerweise 2 V) steigt mit zunehmender Spannung der Strom exponentiell an. Die abgegebene Lichtleistung ist in etwa proportional zum Strom. Kleinste Spannungsänderungen an der LED verursachen daher eine große Änderung der abgestrahlten Lichtleistung. Für ein flackerfreies Licht ist daher in konstantem Strom über die LED erforderlich, wodurch Vorschaltgeräte zum Einsatz kommen.

Entladungslampen sind Lichtquellen, in denen elektrische Entladungen feste, flüssige oder gasförmige Stoffe unmittelbar oder mittelbar zum Leuchten bringen. Sie können einen fluoreszierenden Belag aus Leuchtstoff enthalten, der die Ultraviolettstrahlung in sichtbares Licht umwandelt. Je nach Höhe des Betriebsdruckes unterscheidet man zwischen Nieder- und Hochdrucklampen. Folgende Entladungslampen sind in der Praxis von Bedeutung:

- **Leuchtröhren** (Neonröhren) sind Entladungslampen mit oder ohne fluoreszierendem Innenbelag, deren Elektroden während des Einschaltvorganges ohne Fremdbeheizung Elektronen abgeben. Diese Leuchtröhren haben eine Niederdruckfüllung mit Edelgas und können zusätzlich Quecksilberdampf enthalten. Leuchtröhren finden vor allem in der Lichtwerbung Anwendung.
- **Leuchtstofflampen** sind Entladungslampen mit fluoreszierendem Innenbelag, deren Elektroden beim Einschaltvorgang zur Absenkung der Zündspannung vorgeheizt werden. Diese Leuchtstofflampen haben eine Niederdruckfüllung mit einem Gemisch aus Edelgas und Quecksilberdampf. Leuchtstofflampen können auch als Kompakt-Leuchtstofflampen (Energiesparlampen) ausgeführt sein. Diese finden in der Ausführung mit Schraubsockel als Ersatz von Glühlampen Verwendung.
- **Natriumdampf-Niederdrucklampen** sind Entladungslampen, die in der Regel aus einem U-förmig gebogenen Entladungsrohr bestehen, in dem sich eine Füllung aus Edelgas und metallischem Natrium befindet. Zur Wärmeisolation befindet sich das Entladungsrohr in einem hochevakuierten Lampenkolben mit einem Innenbelag zur Wärmereflexion. Diese Lampen besitzen von allen Entladungslampen die höchste Lichtausbeute, bewirken jedoch Farbverfälschungen. Der Hauptanwendungsbereich liegt in der Straßenbeleuchtung.
- **Hochdrucklampen**, wie z. B. Quecksilberdampf-, Natriumdampf-Hochdrucklampen und Halogen-Metall dampflampen, sind Entladungslampen mit einem Entladungsrohr, das sich in einem Glaskolben mit oder ohne fluoreszierendem Innenbelag befindet. Je nach Art der Lampe enthält das Entladungsrohr neben einem Edelgas und Quecksilber noch Natrium oder Halogenverbindungen.

Im Gegensatz zu Niederdrucklampen können Hochdrucklampen nach einer Stromunterbrechung von mehr als 10 ms in der Regel erst nach einer Abkühlphase von einigen Minuten wieder gezündet werden. Bei Halogen-Metall dampflampen und Natrium-Hochdrucklampen ist eine Zündung im betriebswarmen Zustand mit speziellen Zündgeräten und bei besonderer Bauart der Lampe möglich.

6.1 Vorschaltgeräte

Prinzipiell bestehen LED-Vorschaltgeräte aus einem Gleichrichter mit Glättungs-Kondensator und anschließender Elektronik. Bei den LED-Vorschaltgeräten kommen folgende Prinzipien zum Einsatz, wobei die technische Ausführung vom einfachen Vorwiderstand zur Strombegrenzung bis zum mit hoher Schaltfrequenz getakteten Treiber mit den dafür notwendig Entstörmaßnahmen sehr unterschiedlich sein kann:

- **LED-Treiber** (Konstantstromquellen) erzeugen aus der Netzspannung einen konstanten Ausgangsstrom und sind daher speziell für sie in Serie geschaltete LED geeignet, wobei durch alle LED der gleiche Strom fließt und dadurch eine Zerstörung einzelner LED durch Überlastung vermieden wird. Ein konstanter, festgelegter Betriebsstrom ist Voraussetzung für den Betrieb einer LED im idealen Arbeitspunkt hinsichtlich Lichtausbeute und Lebensdauer.
- **LED-Netzteile** (Konstantspannungsquellen) generieren aus der Netzspannung eine konstante Ausgangsspannung und sind daher für parallel geschaltete LED geeignet, da jede LED mit der gleichen Spannungshöhe beaufschlagt wird. Durch die Pulsweitenmodulation (PWM), bei der die Versorgungsspannung im Verhältnis zur gewünschten Helligkeit mit einer hohen Schaltfrequenz ein- und ausgeschaltet wird, können LED gedimmt werden.

Vorschaltgeräte haben in Verbindung mit Entladungslampen in erster Linie die Aufgabe, den Betriebsstrom zu begrenzen:

- **Konventionelle Vorschaltgeräte (KVG)** begrenzen mit Drosselspulen, Transformatoren, Kondensatoren, Widerständen oder deren Kombination den netzfrequenten (50 Hz) Betriebsstrom.
- **Elektronische Vorschaltgeräte (EVG)** erzeugen aus dem netzfrequenten Wechselstrom über Gleichrichter- und Wechselrichterschaltungen einen Wechselstrom, dessen Frequenz über der oberen Hörgrenze ($> 20 \text{ kHz}$) liegt, als Betriebsstrom der Lampe. Darüber hinaus können EVG die Möglichkeit beinhalten, die Helligkeit von Leuchtstofflampen zu steuern.

6.2 Leistungsgrenzwerte

Hinsichtlich Sicherstellung der EMV können je Anlage des Netzbenutzers Lichtanlagen bis zu den nachstehenden Leistungswerten ohne Anfrage beim Netzbetreiber angeschlossen werden.

Anmerkung: Bei Lichtanlagen mit Helligkeitssteuerung beziehen sich die angegebenen Werte auf die Leistungsaufnahme bei Volllaussteuerung.

LED-Leuchtmittel und Leuchtstofflampen einschließlich Kompaktleuchtstofflampen (Sparlampen)

- 5,00 kW je Anlage

Für einen weitgehend flackerfreien Betrieb von Leuchtstofflampen bei stark reduzierter Helligkeit sind spezielle Ausführungsformen sowohl für die Lampen als auch für die Vorschaltgeräte erforderlich.

Der Einsatz von Lichtanlagen, die hier nicht behandelt sind oder deren Anschlussleistung über die hier angeführten Leistungsgrenzen hinausgeht, ist im Hinblick auf die Sicherstellung der EMV – unabhängig von einer allenfalls aus anderen Gründen erforderlichen Anschlussanfrage – an eine Zustimmung durch den Netzbetreiber gebunden.

6.3 Allgemeine Einsatzbedingungen

Sind in einer Anlage des Netzbenutzers mehrere Stromkreise erforderlich, so ist die Belastung möglichst gleichmäßig auf die drei Außenleiter aufzuteilen.

Bei der Bemessung der Leiterquerschnitte für Anlagen mit Entladungslampen sind der Blindstromanteil und der Oberschwingungsgehalt des Stromes zu berücksichtigen. In Drehstromanlagen muss daher der Neutralleiter bzw. der PEN-Leiter zumindest querschnittsgleich zu den Außenleitern bemessen werden (Mindestquerschnitte laut OVE E8101 sind jedoch einzuhalten).

Um unzulässige Resonanzerscheinungen bei Oberschwingungsfrequenzen oder unzulässige Beeinflussungen der TRA zu vermeiden, ist in Netzen mit einer TRA, welche mit einer Frequenz > 300 Hz betrieben wird, die Einzelkompensation von Entladungslampen durch Parallelschalten von Kondensatoren an eine Zustimmung des Netzbetreibers gebunden.

7 Elektrowärmegeräte

Der Begriff Elektrowärmegeräte im Sinne dieses Kapitels umfasst nicht nur jene Geräte, in denen ausschließlich elektrische Energie in Wärme umgewandelt wird, sondern auch solche, in denen durch Anwendung eines sogenannten thermodynamischen Kreisprozesses zusätzlich Energie aus der Umwelt herangezogen wird.

Die erste Gruppe ist dadurch gekennzeichnet, dass die Wärme durch den Stromfluss in Heizelementen mit ohmscher Charakteristik direkt erzeugt wird. Dazu gehören Geräte, wie z.B. Kochplatten, Bügeleisen, Durchlauferhitzer, elektrische Raumheizungen mit oder ohne Wärmespeicher sowie elektrische Warmwasserbereiter.

Das Hauptmerkmal der zweiten Gerätegruppe ist, dass durch Zufuhr von mechanischer Arbeit mit einem Motorverdichter Wärmeenergie von einem tieferen Temperaturniveau auf ein höheres gebracht wird. Nach diesem Prinzip funktionieren z.B. Wärmepumpen, Kühlschränke, Gefriertruhen und Klimageräte.

Hinsichtlich der Beurteilung von Netzurückwirkungen unterscheiden sich die beiden Gerätegruppen sehr wesentlich.

Geräte mit ohmscher Wärmeerzeugung belasten das Netz nur entsprechend ihrer Bemessungsleistung, wobei eine allenfalls vorhandene Schwingungspaketsteuerung zu berücksichtigen ist. Für die Steuerung von Heizleistungen über 200 W, z.B. bei Herden und Öfen, darf die Phasenanschnittsteuerung nicht angewendet werden.

Bei Geräten mit Motorverdichtern ist in der Regel der hohe Strom beim Anlauf, der um ein Vielfaches über dem Bemessungsstrom des Motors liegen kann, maßgebend. Hingegen wird bei Geräten, die über Umrichterantriebe stufenlos regelbar sind (z.B. Klimageräte) die Zulässigkeit des Einsatzes durch die Oberschwingungsströme bestimmt.

7.1 Grenzwerte für die Leistung bzw. den Anlaufstrom

Für Betriebsmittel mit ohmscher Wärmeerzeugung ist hinsichtlich Sicherstellung der EMV bis zu den in Kapitel 5.2.2 (Tabelle 2) genannten Leistungswerten keine Beurteilung durch den Netzbetreiber erforderlich.

- Für Betriebsmittel mit geringer Schalthäufigkeit ($r < 1/\text{min}$, z.B. thermostatgesteuerte Geräte) ergeben sich daraus die Leistungsgrenzwerte gemäß Tabelle 3.

Anschlussart	Maximal zulässige Leistung
L – N	4 kW
L – L	10 kW
L – L – L (– N)	20 kW

Tabelle 3: Leistungsgrenzwerte - Elektrowärmegeräte

- Bei Elektrowärmeusername mit höherer Schalthäufigkeit (z.B. Schwingungspaketsteuerung) gilt Tabelle 2 in Kapitel 5.2.2, wobei die Wiederholrate r zu berücksichtigen ist.
- Bei Stufenregelung der Heizleistung ist in den einzelnen Schaltstufen unter Berücksichtigung der Schalthäufigkeit (Wiederholrate) und der Anschlussart auf die Einhaltung der Leistungsgrenzwerte nach Kapitel 5.2.2 zu achten.

Für Geräte mit Motorverdichter ist hinsichtlich Sicherstellung der EMV bis zu den in Kapitel 8.1 genannten Grenzwerten keine Beurteilung durch Netzbetreiber erforderlich.

- Für Wärmepumpen, Kältemaschinen oder Klimageräte mit Schalthäufigkeiten (Wiederholraten) bis zu 1 pro Stunde ergeben sich daraus die Grenzwerte für den Anlaufstrom gemäß Tabelle 4.

Anschlussart	Maximal zulässiger Anlaufstrom
L – N	24 A
L – L – L (– N)	41 A

Tabelle 4: Anlaufstrom - Elektrowärmegeräte

- Bei Geräten mit höherer Schalthäufigkeit gilt Tabelle 6 in Kapitel 5.2.2, wobei die Wiederholrate r zu berücksichtigen ist.
- Klimageräte mit Umrichterantrieb sind nach zu beurteilen.

Der Einsatz von Elektrowärmeusername, deren Leistung bzw. Anlaufstrom über die hier angeführten Grenzwerte hinausgeht, ist im Hinblick auf die Sicherstellung der EMV – unabhängig von einer allenfalls aus anderen Gründen erforderlichen Anschlussanfrage – an eine Zustimmung durch den Netzbetreiber gebunden.

7.2 Allgemeine Einsatzbedingungen

Beim Einsatz mehrerer Wechselstromgeräte in einer Anlage des Netzbetreibers mit Drehstromversorgung ist eine gleichmäßige Aufteilung der Belastung auf die Außenleiter anzustreben. Der Belastungsunterschied zwischen zwei Phasen darf nicht mehr als 3,68 kVA betragen.

7.3 Elektrowärmeusername zur Brauchwasserbereitung

Für Durchlauferhitzer mit einer Leistung bis zu den in der Tabelle 3 angegebenen Werten ist im Hinblick auf die Sicherstellung der EMV keine Beurteilung durch den Netzbetreiber erforderlich.

Heißwasserspeicher, die einzeln oder zusammengekommen eine Leistungsaufnahme von mehr als 20 kW je Anlage des Netzbetreibers aufweisen, dürfen nur in Drehstromgruppen von höchstens 20 kW mit einer Verzögerung von mindestens je 1 Minute eingeschaltet werden. Der Netzbetreiber kann höhere Stufenleistungen und kürzere Verzögerungszeiten zulassen.

7.4 Speicherheizgeräte

Speicherheizgeräte, die einzeln oder zusammengekommen eine Leistungsaufnahme von mehr als 20 kW je Anlage des Netzbetreibers aufweisen, dürfen nur in Drehstromgruppen von höchstens 20 kW mit einer Verzögerung von mindestens je 1 Minute eingeschaltet werden. Der Netzbetreiber kann höhere Stufenleistungen und kürzere Verzögerungszeiten zulassen.

8 Elektrische Antriebe

Elektrische Antriebe bestehen im Wesentlichen aus einem Motor, der entweder direkt oder je nach Anforderung über eine Einrichtung zum Sanftanlauf oder zur Drehzahlsteuerung am elektrischen Verteilernetz angeschlossen ist.

Motoren

Die überwiegende Anzahl der Antriebsaufgaben wird heute mit Hilfe folgender Arten von Elektromotoren gelöst:

- **Universalmotor**

Der Universalmotor gehört zu den Wechselstrom-Kommutatormotoren und ist ähnlich aufgebaut wie der Gleichstrom-Reihenschlussmotor. Er kann daher sowohl an Wechsel- als auch an Gleichspannung betrieben werden. Für seine breite Anwendung sind das große Anzugsmoment, die hohe Überlastbarkeit und die über die Spannungshöhe einfach durchführbare Drehzahlsteuerung ausschlaggebend. Das Anwendungsgebiet des Universalmotors erstreckt sich vor allem auf Antriebe für tragbare Elektrowerkzeuge und Haushaltsgeräte.

- **Kondensatormotor**

Der Kondensatormotor ist ein Wechselstrom-Asynchronmotor mit Kurzschlussläufer und zusätzlicher Hilfswicklung, zu der ein Kondensator in Reihe liegt. Man unterscheidet zwischen Motoren mit Anlaufkondensator, wenn der Kondensator nach dem Hochlaufen z.B. mittels Fliehkraftschalter abgeschaltet wird, und solchen mit Betriebskondensator, wenn dieser auch im Betrieb eingeschaltet bleibt. Beim Doppelkondensatormotor wird nur ein Teil der Kapazität abgeschaltet, wodurch sich ein besonders günstiger Momentenverlauf beim Hochlaufen sowie im Betrieb ergibt. Im Gegensatz zum Universalmotor hat der Kondensatormotor den Vorzug, dass er praktisch wartungsfrei ist. Er findet überall dort Anwendung, wo keine Drehzahlsteuerung und auf Grund der Leistung kein Drehstromanschluss erforderlich ist, wie z.B. bei Waschmaschinen, Kühlschränken, Tischkreissägen, Hobel-, Schleif- und Tischbohrmaschinen.

- **Drehstrom-Asynchronmotor mit Käfigläufer**

Wegen seines einfachen Aufbaus, seiner Robustheit und des geringen Wartungsbedarfs ist der Drehstrom-Asynchronmotor in den Bereichen Gewerbe, Industrie und Landwirtschaft weit verbreitet. Er wird vor allem bei leistungsstarken Antrieben, für die keine Drehzahlsteuerung erforderlich ist, eingesetzt. Durch die ständig fortschreitende Entwicklung der Leistungselektronik hat der Drehstrom-Asynchronmotor den Gleichstrommotor, wegen seiner Vorteile bei drehzahlvariablen Antrieben, verdrängt.

- **Gleichstrom-Nebenschlussmotor**

Der Gleichstrommotor zeichnet sich vor allem durch die einfache Steuerbarkeit der Drehzahl und den großen Bereich aus, in dem die Drehzahl in beiden Richtungen geändert werden kann.

- **Andere Arten von Motoren**, wie z.B. der Drehstrom-Asynchronmotor mit Schleifring- oder Stromverdrängungsläufer und der Synchronmotor, haben hinsichtlich der Einsatzhäufigkeit gegenüber den oben genannten nur eine untergeordnete Bedeutung.

Anlassen von **Drehstrom-Asynchronmotoren mit Käfigläufer**

Die wesentlichen Anlassarten sind:

- **Direktanlauf**

Bei direkter Einschaltung kann der Anlaufstrom dem Anzugsstrom des Motors entsprechen, der bis zum 10fachen des Nennstromes betragen kann. Aus diesem Grund ist der Direktanlauf vor allem bei Motoren mit höherer Leistung nicht an allen Punkten im Verteilernetz zulässig. Der Anlaufspitzenstrom kann beim Einschalten des stillstehenden Motors sogar Werte bis zum 20fachen des Nennstromes erreichen.

- **Stern-Dreieck-Anlauf**

Die Stern-Dreieck-Schaltung stellt nur bei unbelastetem Motorhochlauf ein taugliches Mittel zur Reduzierung des Anlaufstromes dar. Dabei wird der Anlaufstrom theoretisch auf ein Drittel des Anzugsstromes herabgesetzt. Es ist darauf zu achten, dass die Umschaltung von Stern- auf Dreieckschaltung erst nach erfolgtem Hochlauf in Sternschaltung durchgeführt wird.

- **Elektrischer Sanftanlauf**

Über einen Drehstromsteller mit Phasenanschnittsteuerung wird die Motorspannung so verändert, dass ausgehend von einem Anfangswert, der ein sicheres Anlaufen gewährleistet, die Spannung auf die volle Netzspannung kontinuierlich ansteigt. Neben einer ruckfreien Beschleunigung bietet der Sanftanlauf den Vorteil, dass gegenüber der Direkteinschaltung der Anlaufstrom und damit auch die flickerwirksame Spannungsänderung erheblich geringer sind. Nach Beendigung des Hochlaufvorganges ist der Drehstromsteller entweder voll angesteuert und kann bei Bedarf durch ein Schütz überbrückt werden oder er wird zusätzlich zur Optimierung der Leistungsaufnahme bei Teillast herangezogen. Manche Geräte bieten außerdem die Möglichkeit, den Motor beim Ausschalten sanft auslaufen zu lassen. Ein- bzw. zweiphasige Anlaufhilfen (Sanftanlauf) sind aufgrund der zu erwartenden Netzurückwirkungen nicht zulässig.

- **Andere Anlassverfahren**, wie z.B. der Kurzschluss-Sanftanlauf, der Sanftanlauf über Widerstandsstufen, die Anlasskupplung und der Anlasstransformator, bewirken zum Teil keine Reduzierung des Anlaufstromes und finden nur selten Verwendung.

Drehzahlvariable Antriebe

Alle Arten von Elektromotoren können mit mehr oder weniger Aufwand in der Drehzahl verändert werden. Neben dem stromrichter gespeisten Gleichstromantrieb gewinnen dabei die Umrichterantriebe mit Drehstrom-Asynchronmotoren immer mehr an Bedeutung.

- **Stromrichter gespeister Gleichstromantrieb**

Über eine steuerbare Brückenschaltung wird aus der 50 Hz Wechselspannung des Verteilernetzes eine variable Gleichspannung erzeugt, die über eine Glättungsdrossel einen Gleichstrommotor speist.

Wegen des weiten Steuerbereiches der Drehzahl, des geringen Stromrichteraufwands und der einfachen Regelung wird diese Antriebsart häufig eingesetzt.

- **Umrichter gespeister Drehstromantrieb**

Dieser Antrieb ist dadurch gekennzeichnet, dass – nach einer Zwischenumformung der 50 Hz Wechselspannung in Gleichspannung – ein Drehstromsystem mit variabler Amplitude und Frequenz erzeugt wird, dass eine Drehstrom-Asynchronmaschine speist.

Man bezeichnet diese Antriebe daher auch als Zwischenkreis- oder Frequenz-Umrichterantriebe. Trotz der aufwändigen Leistungselektronik gewinnt diese Antriebsart wegen der Vorteile des Drehstrommotors (geringer Anschaffungspreis und Wartungsbedarf, kleines Bauvolumen, hohe Robustheit) gegenüber dem Gleichstrommotor immer mehr Bedeutung.

- **Andere Antriebsarten**, wie z.B. die untersynchrone Stromrichteraskade, der Direktumrichter und der Stromrichtermotor (Zwischenkreis-Umrichter mit Synchronmotor), werden vorwiegend bei industriellen Anwendungen mit hoher Leistung eingesetzt.

8.1 Grenzwerte für die Leistung bzw. den Anlaufstrom

Leistungsgrenzwerte für stromrichtergespeiste Antriebe

Hinsichtlich Sicherstellung der EMV ist der Einsatz von drehzahlvariablen Antrieben und Drehstrommotoren mit Teillastoptimierung bei Einhaltung der in Tabelle 5 angegebenen Leistungsgrenzwerte ohne Anfrage beim Netzbetreiber zulässig.

Anschlussart	Maximal zulässige Leistung
L – N	1,3 kVA
L – L – L (– N)	3,8 kVA

Tabelle 5: Leistungsgrenzwerte – Stromrichtergespeiste Antriebe

Grenzwerte für den Anlaufstrom

Für die Beurteilung des Anlaufverhaltens von Motorantrieben gilt:

- Motoren, deren Anlaufstrom einschließlich allfälliger Anlaufvorrichtungen in Abhängigkeit von der Wiederholrate r der Einschaltungen je Stunde die in Tabelle 6 angegebenen Werte nicht überschreitet, dürfen hinsichtlich Sicherstellung der EMV ohne Anfrage beim Netzbetreiber eingesetzt werden (Bezogen auf den Bemessungswert).

Wiederholrate r [1/h]	Anschlussart	
	L – N	L – L – L (– N)
$r < 1$	24 A	41 A
$1 \leq r \leq 25$	20 A	33 A
$25 < r \leq 50$	16 A	26 A
$50 < r \leq 100$	12 A	21 A

Tabelle 6: Anlaufstrom – Elektrische Antriebe

- Den Wert für die Wiederholrate r erhält man, wenn man aus der Summe der Einschaltungen in einem Zweistundenintervall mit hoher Benutzungshäufigkeit die mittlere Einschalthäufigkeit je Stunde berechnet.
- Motoren mit Direktanlauf können bis zu den in Tabelle 7 angegebenen Leistungswerten ohne Rückfrage beim Netzbetreiber eingesetzt werden (Bezogen auf den Bemessungswert).

Wiederholrate r [1/h]	Anschlussart	
	L – N	L – L – L (– N)
$r < 1$	1,1 kW	3,0 kW
$1 \leq r \leq 25$	0,75 kW	2,2 kW
$25 < r \leq 100$	0,55 kW	1,5 kW

Tabelle 7: Leistungsgrenzwerte – Motoren mit Direktanlauf

- Der Stern-Dreieck-Anlauf ist hinsichtlich der EMV nur für unbelasteten Hochlauf (z.B. Hobelmaschinen, Sägen, kuppelbare Antriebe) geeignet. Der Anlaufstrom in Sternschaltung erreicht das 2,5fache bis 3,5fache des Nennstromes und darf die Werte nach Tabelle 6 nicht überschreiten.

Der Einsatz von Antrieben mit höherer Leistung bzw. höherem Anlaufstrom, als in Tabelle 5, Tabelle 6 und Tabelle 7 angeführt, ist im Hinblick auf die Sicherstellung der EMV unabhängig von einer allenfalls aus anderen Gründen erforderlichen Anschlussanfrage an eine Zustimmung durch den Netzbetreiber gebunden.

8.2 Allgemeine Einsatzbedingungen

Bei Einsatz mehrerer Wechselstrommotoren in einer Anlage des Netzbenutzers mit Drehstromversorgung ist eine gleichmäßige Aufteilung der Belastung auf die Außenleiter anzustreben.

Die Entscheidung, welche Sonderausführungen von Motoren und Anlaufvorrichtungen in Betrieb genommen werden dürfen, hat im Einvernehmen mit dem Netzbetreiber zu erfolgen. Die Anlaufvorrichtungen der Motoren müssen so ausgelegt sein, dass ein zuverlässiges Hochlaufen gewährleistet ist.

9 Elektroschweißanlagen

Nach der Art des Schweißverfahrens werden unterschieden:

- **Lichtbogen-Schweißeinrichtungen** mit Schweißtransformatoren, Schweißgleichrichter und Schweißumformer.
- **Widerstands-Schweißeinrichtungen**, wie z.B. Punkt-, Buckel-, Naht- und Stumpfschweißeinrichtungen.

Der Betrieb von Schweißeinrichtungen ist gekennzeichnet durch eine stark schwankende Leistungsaufnahme und je nach Bauart durch eine Belastung von nur zwei der drei Außenleiter des Drehstromsystems sowie durch hohen Blindstrombedarf. Die Rückwirkungen auf das Verteilernetz können unzulässige Beeinflussungen anderer Betriebsmittel (z.B. Helligkeitsschwankungen bei Lichtanlagen – Flicker) verursachen.

9.1 Einsatz von Schweißeinrichtungen

Hinsichtlich Sicherstellung der EMV ist der Einsatz von Schweißeinrichtungen (ausgenommen Schweißstromquellen mit Umrichter), deren Eingangshöchstleistung (höchste Scheinleistung beim Schweißvorgang) die Leistungswerte in Tabelle 8 nicht übersteigt, ohne Anfrage beim Netzbetreiber zulässig.

Anschlussart	Eingangshöchstleistung
L – N	2 kVA
L – L	5 kVA
L – L – L (– N)	9 kVA

Tabelle 8: Leistungsgrenzwerte – Schweißeinrichtungen

Schweißtransformatoren, die von der Anschlussart L – N auf L – L umschaltbar sind, erfüllen die Bedingungen in der Anschlussart L – N in der Regel nicht. Sie sind daher in der Stellung L – L zu betreiben.

Bei rotierenden Schweißumformern gelten für den Anlaufstrom bzw. für die Leistung die Grenzwerte gemäß Tabelle 6 und Tabelle 7.

Für Schweißeinrichtungen mit Umrichter (Inverter-Schweißstromquellen) gelten die Leistungsgrenzwerte gemäß Kapitel 5.2.

Der Einsatz von Schweißeinrichtungen mit höherer Leistung als Tabelle 8, ist im Hinblick auf die Sicherstellung der EMV – unabhängig von einer allenfalls aus anderen Gründen erforderlichen Anschlussanfrage – an eine Zustimmung durch den Netzbetreiber gebunden.

10 Leistungskondensatoren

Alle Einzelheiten für die Art, die Errichtung, die Inbetriebnahme und den Betrieb von Kondensatoranlagen sind im Einvernehmen mit dem Netzbetreiber festzulegen.

Leistungskondensatoren werden vornehmlich zur Kompensation des induktiven Blindleistungsbedarfs elektrischer Betriebsmittel oder zur Absaugung von Oberschwingungsströmen, die von Betriebsmitteln mit nichtlinearer Strom-Spannungs-Charakteristik erzeugt werden, installiert. Eine Verdrosselung der Kondensatoren oder die Vorschaltung eines Sperrkreises kann notwendig sein, um

- mögliche Resonanzerscheinungen bei Oberschwingungsfrequenzen zu vermeiden (siehe TOR Netzurückwirkungen),
- Kondensatoren vor Zerstörung durch hohe Oberschwingungsströme zu schützen,
- unzulässige Rückwirkungen von Kondensatoren auf die TRA zu vermeiden (siehe TOR Netzurückwirkungen und TOR Netzgebundene Steuersignal- und Datenübertragung).

10.1 Kompensationsarten

Die Wahl der Kompensationsart (Einzel-, Gruppen- oder Zentralkompensation) hängt von den betrieblichen Gegebenheiten und Wirtschaftlichkeitsüberlegungen ab. In größeren Anlagen des Netzbetreibers können mehrere Kompensationsarten nebeneinander zur Anwendung kommen.

Einzelkompensation

Die Einzelkompensation wird vornehmlich bei Betriebsmitteln mit konstanter Leistungsaufnahme eingesetzt, die vorzugsweise im Dauerbetrieb arbeiten, wie z.B. größere Asynchronmotoren, Transformatoren und Schweißgleichrichter. Die Kondensatoren sind direkt mit den Klemmen des zu kompensierenden Betriebsmittels verbunden, so dass beide gemeinsam zu- und abgeschaltet werden (siehe Kapitel 10.4).

Die Einzelkompensation beseitigt die induktive Blindleistung unmittelbar am Entstehungsort und bietet insbesondere bei Betriebsmitteln höherer Leistung wirtschaftliche Vorteile, wie Herabsetzung der Leitungsverluste, verminderte Leiterquerschnitte und Wegfall von Schaltgeräten für die Kompensationsanlage.

Gruppenkompensation

Der Einsatz der Gruppenkompensation ist dann zweckmäßig, wenn der Blindleistungsbedarf mehrerer, meist örtlich beieinander liegender Betriebsmittel, wie z.B. mehrere kleinere Motoren in einer Werkstätte oder Leuchtstofflampen in einem Großkaufhaus, durch eine gemeinsame Kompensation gedeckt werden kann. Die erforderliche Kondensatorleistung ergibt sich aus der insgesamt zu kompensierenden Blindleistung unter Beachtung der Gleichzeitigkeit.

Häufig wird die Gruppenkompensation an einem Unterverteiler durchgeführt, wodurch zwar die vorgelagerte Installation vom Blindstrom weitestgehend entlastet wird, nicht aber die Leitungen von der Kompensation zu den nachgelagerten Betriebsmitteln.

Bei Gruppenkompensation ist ein schaltbarer Kondensator vorzusehen, der entweder der Gesamtheit der Betriebsmittel oder bei abwechselndem Betrieb den einzelnen Betriebsmitteln zugeordnet ist.

Zentralkompensation

Die Zentralkompensation wird vornehmlich bei größeren Anlagen mit ständig wechselnder Last eingesetzt. Dazu werden meist automatische Blindleistungs-Regeleinheiten installiert, die entweder direkt dem Haupt- oder einem Unterverteiler zugeordnet sind.

Obwohl die Verbindungsleitungen zwischen dem Verteiler, an dem kompensiert wird, und den einzelnen Betriebsmitteln nicht vom Blindstrom entlastet werden, ist die Zentralkompensation im Vergleich zu den anderen Kompensationsarten in der Praxis meist wirtschaftlicher, da sie nur für die Summe des induktiven Blindleistungsbedarfs aller Betriebsmittel, unter Berücksichtigung des Gleichzeitigkeitsfaktors, auszulegen ist. Meist kann auch ein Teil des Kompensationsbedarfs durch eine Festkompensation abgedeckt werden. Beim Einsatz von Aktivfiltern (elektronischer Kompensation) ist auf die erforderliche Kurzschlussleistung und die elektromagnetische Umgebung am Netzanschlusspunkt zu achten.

10.2 Ausführungsformen von Kompensationen

Siehe auch TOR Netzgebundene Steuersignal- und Datenübertragung.

Verdrosselte Kondensatoren (stark verstimmte Filter)

Um mögliche Resonanzerscheinungen bei Oberschwingungsfrequenzen zu vermeiden und so vor allem die Kondensatoren vor Zerstörung durch hohe Oberschwingungsströme zu schützen, ist Folgendes zu beachten.

- Den Kondensatoren werden Drosseln vorgeschaltet, die in der Regel so ausgelegt werden, dass die Resonanzfrequenz des Reihenschwingkreises (Drossel + Kondensator) unter 250 Hz liegt.
- Das Maß der Verdrosselung wird durch den Verdrosselungsgrad p (Verhältnis Drosselleistung zu Kondensatorleistung bei 50 Hz) in Prozent ausgedrückt.
- Verdrosselte Kondensatoren nehmen nur einen geringen Teil der Oberschwingungsströme auf, während sich der Großteil im übrigen Netz verteilt. Verdrosselte Kondensatoren können einen gleichen Verdrosselungsgrad p vorausgesetzt – problemlos parallelgeschaltet werden und eignen sich daher sowohl für Einzelkompensation als auch als Regelstufen von Gruppen- und Zentralkompensationen.
- Werden in den Verteilernetzen TRA betrieben, so werden je nach Steuerfrequenz Verdrosselungsgrade nach Tabelle 9 vorgeschlagen.

Steuerfrequenz	Verdrosselungsgrad p
> 350 Hz	$\geq 5\%$
350 – 250 Hz	$\geq 7\%$
< 250 Hz	$\geq 14\%$

Tabelle 9: Verdrosselungsgrad

- Der Verdrosselungsgrad p ist bei Anlagen mit stark verstimmten Filterkreisen im Hinblick auf eine allfällige Beeinträchtigung der Rundsteuerung mit dem Netzbetreiber abzustimmen.

Kondensatoren mit Sperrkreisen (siehe Kapitel 11)

Bei Gruppenkompensation und Tonfrequenz-Rundsteuerfrequenzen von weniger als 350 Hz kann der Einsatz einer Tonfrequenzsperre für die gesamte Kompensationsanlage günstiger sein als die Verdrosselung jeder einzelnen Kondensatorstufe.

Saugkreisanlagen (Anlagen mit abgestimmten Filterkreisen)

In Anlagen des Netzbenutzers mit starken Oberschwingungserzeugern (z.B. Stromrichter) werden Saugkreise eingesetzt, um das Verteilernetz und die Anlage des Netzbenutzers von unzulässig hohen Oberschwingungsströmen zu entlasten.

- Saugkreisanlagen bestehen aus Serienresonanzkreisen, die z.B. auf die typischen Oberschwingungsfrequenzen von Stromrichtern (250 Hz, 350 Hz, 550 Hz und 650 Hz) abgestimmt sein können. Bei Betrieb von Lichtbogenöfen können auch Saugkreise für 100 Hz, 150 Hz und 200 Hz erforderlich sein.
- Saugkreisanlagen leisten auch einen Beitrag zur Kompensation der 50 Hz Grundschiwungs-Blindleistung; eine Anpassung ist jedoch nur in beschränktem Ausmaß möglich.
- Die Zuschaltung von Saugkreisen muss mit dem Filter der niedrigsten Frequenz beginnen und mit steigender Frequenz fortschreiten. Die Rückschaltung erfolgt in umgekehrter Reihenfolge.
- Je nach Lage einer vom Verteilernetz vorgegebenen allfälligen Rundsteuerfrequenz zu den ausgebauten Filterfrequenzen einer Saugkreisanlage kann die Vorschaltung von Tonfrequenzsperrern erforderlich werden.

Dynamische Kompensationsanlagen (statische Kompensation mit dynamischem Regelverhalten) sind Einrichtungen auf Stromrichterbasis, die eine sehr rasche Anpassung der Blindleistung an den momentanen Bedarf ermöglichen. Mit Hilfe solcher Anlagen kann der stark schwankende Blindleistungsbedarf, z.B. beim Betrieb von Punktschweißmaschinen oder Lichtbogenöfen, kompensiert werden. Gleichzeitig werden die von den Scheinleistungsschwankungen verursachten Spannungsänderungen und damit auch die Flicker erheblich reduziert.

10.3 Allgemeine Einsatzbedingungen

Eine Überkompensation, insbesondere im Teillastbereich, ist wegen der damit verbundenen Spannungserhöhung zu vermeiden.

In Netzen mit TRA werden gegebenenfalls Leistungskondensatoren nur mit entsprechenden Tonfrequenz-Sperreinrichtungen (Tonfrequenz-Sperrkreisen, Vedrosselung) zum Einsatz zugelassen (siehe Kapitel 11).

In Netzen, in denen der Einbau einer TRA mit einer bereits festgelegten Steuerfrequenz zu einem späteren Zeitpunkt vorgesehen ist, werden Leistungskondensatoren nur dann zum Einsatz zugelassen, wenn sich der Netzbenutzer schriftlich verpflichtet, spätestens bis zur Inbetriebnahme der TRA die Sperreinrichtungen nach Angabe des Netzbetreibers zu beschaffen und einzubauen (siehe Kapitel 11.2).

Das Leistungsverhältnis der Kondensatoranlage zum einspeisenden Transformator darf nur mit Zustimmung des Netzbetreibers geändert werden.

10.4 Bemessung und Aufstellung von Leistungskondensatoren

Die Bemessungsspannung von Kondensatoren ist so zu wählen, dass durch die im Betrieb auftretenden Spannungserhöhungen und Oberschwingungsströme keine wesentliche Verkürzung ihrer Lebensdauer erfolgt.

Bei verdrosselten Kondensatoren ist zusätzlich die Erhöhung der Kondensatorspannung gegenüber der Netzspannung zu berücksichtigen.

Bei Einzelkompensation von Drehstrom-Asynchronmotoren können der Motorleistung (Bemessungswert) in der Regel die in der Tabelle 10 angeführten Kondensatorleistungen als Anhaltswerte zugeordnet werden.

Höhere Kondensatorleistungen, als in Tabelle 10 angegeben, sind zu vermeiden, da es andernfalls nach dem Abschalten während des Auslaufens zu einer Selbsterregung mit Überspannungen an den Klemmen des Motors und des Kondensators kommen kann.

Motorleistung [kW]	Kondensatorleistung [kvar]
> 1 – 4	~55% der Motorleistung
> 4 – 5	2
> 5 – 6	2,5
> 6 – 8	3
> 8 – 11	4
> 11 – 14	5
> 14 – 18	6
> 18 – 22	8
> 22 – 30	10
> 30	~35% der Motorleistung

Tabelle 10: Kondensatorleistung

10.5 Schaltgeräte für Kondensatoranlagen

Bei der Auswahl der Schaltgeräte sind sowohl die hohen Ströme und Schaltüberspannungen beim Einschalten als auch allfällige Schaltüberspannungen beim Ausschalten infolge von Rückzündungen bei langsamer Kontaktöffnung zu beachten.

Insbesondere bei größeren Kondensatorleistungen kann es notwendig werden, den hohen Einschaltstromstoß durch Dämpfungsmittel wie Widerstände und Drosseln oder Nullspannungsschalter zu vermindern. Durch den Einsatz von Schaltgeräten mit Vorwiderständen kann der Einschaltstromstoß etwa auf die Hälfte reduziert werden.

Bei Einzelkompensation darf kein Schaltgerät für den Kondensator verwendet werden. Dieser ist einschließlich einer allfälligen Tonfrequenz-Sperreinrichtung direkt mit den Klemmen des Betriebsmittels zu verbinden.

Anlagen zur Gruppen- oder Zentralkompensation sind über Sicherungstrenner oder Leistungsschalter anzuschließen. Sicherungen werden in der Praxis auf den 1,6fachen bis 2fachen und Leistungsschalter auf den 2fachen Wert des Bemessungsstromes der Kondensatoranlage ausgelegt.

Zur Beherrschung der Ein- und Ausschaltbeanspruchung bei hoher Schalthäufigkeit sind verschleißsichere Schnellschaltgeräte (sogenannte Kondensatorschalter oder -schütze) vorzusehen.

10.6 Schutz von Kondensatoranlagen

Für den Schutz von Kondensatoranlagen bei Kurzschluss verwendet man meist Sicherungen (Betriebsklasse gL), die für den 1,6- bis 2fachen Wert des Bemessungsstromes der Kondensatoranlage auszulegen sind. Magnetische Schnellauslöser für Leistungsschalter müssen wegen der hohen Einschaltstromstöße auf den 9- bis 12fachen Wert des Bemessungsstromes eingestellt werden.

Für den Schutz gegen Überlastung empfiehlt sich die Verwendung von stromabhängig (thermisch) verzögerten Überstromrelais. Der Auslösestrom ist auf den 2fachen Wert des Bemessungsstromes der Kondensatoranlage einzustellen. Für den Kurzschlussschutz installierte Sicherungen bieten in der Regel keinen ausreichenden Schutz gegen Überstrom.

Für den Schutz gegen hohe Stromstöße bei Spannungswiederkehr nach kurzen Netzunterbrechungen wird empfohlen, Kondensatoranlagen – sofern das Schaltgerät dies nicht von selbst bewirkt – durch Nullspannungsauslöser (oder Unterspannungsauslöser) oder -relais auszuschalten. Die

Wiedereinschaltung darf erst nach Entladung der Kondensatoren erfolgen. Blindleistungs-Regeleinheiten besitzen im Allgemeinen serienmäßig eine derartige Schutzvorrichtung.

Bei Einzelkompensation von z.B. Transformatoren kann in der Regel der Nullspannungsauslöser entfallen. Bei Motoren hingegen kann ein solcher erforderlich sein, wobei außerdem das gemeinsame Schaltgerät bis zum Stillstand des Motors gegen Wiedereinschaltung zu sichern ist.

Für den Schutz gegen Überspannungen empfiehlt sich insbesondere bei großen zentralen Kompensationsanlagen die Verwendung von Überspannungsrelais. Diese werden so eingestellt, dass sie bei einer Spannungserhöhung über 10 % bis 15 % der Bemessungsspannung der Kondensatoren auslösen.

Das Nichtabschalten von Kondensatoren bei Schwachlast oder Resonanzerscheinungen kann zu Überspannungen führen, die nicht nur für die Kondensatoren, sondern auch für andere Betriebsmittel gefährlich sein können.

Für den Schutz gegen Übertemperatur bei Kondensatoranlagen mit Belüftungseinrichtungen ist eine Überwachung der Raumtemperatur, z.B. mittels Kontaktthermometer, vorzusehen. Die Einstellung erfolgt in der Regel so, dass bei Erreichen einer Temperatur von + 35 °C (Kondensatoren der Temperaturklasse 40) die Kondensatoranlage abgeschaltet wird.

10.7 Entladung von Kondensatoren

Der Entladung von Kondensatoren nach dem Ausschalten ist besondere Aufmerksamkeit zu widmen, da Restladungen beim Wiedereinschalten zu hohen Ausgleichsströmen führen können. Auch im Hinblick auf die Verhütung von Unfällen ist es wichtig, dass Kondensatoren nach dem Abschalten innerhalb einer festgelegten Zeit über Entladevorrichtungen (ohmsche Widerstände oder Drosseln) sicher entladen werden.

Man unterscheidet zwischen Entladevorrichtungen, die dauernd mit dem Kondensator verbunden sind (Dauerentladevorrichtungen), und solchen, die beim Abschalten speziell in regelbaren Kompensationsanlagen zur schnelleren Entladung zugeschaltet werden (Schnellentladevorrichtungen).

Entladedrosseln besitzen einen geschlossenen Eisenkern ohne Luftspalt. Im Dauerbetrieb fließt daher entsprechend der Netzspannung nur ein kleiner Magnetisierungsstrom. Nach dem Abschalten geht die Drossel infolge der anliegenden Kondensatorspannung in die Sättigung und weist nur noch einen geringen Gleichstromwiderstand auf, über den der Kondensator sehr rasch entladen wird.

Hersteller von Kompensationskondensatoren bieten auch solche mit fest angeschlossenen Entladevorrichtungen an, mit denen Entladezeiten unter 0,2 s sichergestellt werden können.

Jeder Kondensator muss mit einer Entladevorrichtung versehen sein. Es ist sicherzustellen, dass diese nicht unbeabsichtigt oder zufällig vom Kondensator getrennt wird.

Bei der Einzelkompensation gelten fest angeschlossene Betriebsmittel, wie z.B. Motoren und Transformatoren, als Entladevorrichtung.

Entladedrosseln sind gegenüber Entladewiderständen zu bevorzugen, da sie eine kurze Entladezeit (< 1 s) bei relativ geringen Verlusten sicherstellen.

Die Entladevorrichtung sollte die Kondensatorspannung vom Scheitelwert der Netzspannung innerhalb einer Minute nach dem Abschalten (für Kondensatoren bis 690 V) auf < 50 V senken. Andernfalls ist ein Hinweisschild mit der Aufschrift: „Achtung! Entladezeit länger als 1 Minute“ erforderlich.

Trotz Entladevorrichtung sind vor dem Berühren des Kondensators alle Kondensatorklemmen untereinander und mit dem Gehäuse kurzzuschließen und zu erden.

11 Tonfrequenz-Sperreinrichtungen

Siehe auch TOR Netzgebundene Steuersignal- und Datenübertragung.

11.1 Allgemeines

Von vielen Netzbetreibern werden Tonfrequenz-Rundsteuersysteme zur zeitlich gesteuerten Freigabe bestimmter Betriebsmittelgruppen (z.B. Heißwasserspeicher, Speicherheizgeräte) betrieben. Dabei werden der Spannung des Verteilernetzes impulsförmige Steuersignale überlagert, deren Frequenz je nach verwendetem System derzeit im Bereich zwischen 110 Hz und 2000 Hz liegt. Die Funktion der TRA kann durch elektrische Betriebsmittel, die Störsignale im Bereich der Steuerfrequenz erzeugen oder für die Steuerfrequenz eine niedrige Impedanz darstellen, beeinträchtigt werden. Solche Betriebsmittel sind z.B.:

- Blindleistungs-Kompensationsanlagen,
- Entladungslampenanlagen,
- Stromrichtergeräte und –anlagen,
- Drehstrommaschinen hoher Leistung sowie
- Eigenerzeugungsanlagen.

Zum anderen kann die Funktion elektrischer Betriebsmittel, wie z.B.

- Helligkeitssteuerungen bei Lichthanlagen,
- Lautsprecheranlagen oder
- Geräte der Hi-Fi-Technik.

beeinträchtigt werden, wenn diese im Hinblick auf die Rundsteuersignale keine ausreichende Störfestigkeit aufweisen.

Störende Beeinflussungen können mit Hilfe von Tonfrequenz-Sperreinrichtungen, die in der Regel aus Drosseln, Reihen- und Parallelschwingkreisen sowie deren Kombination bestehen, unterdrückt werden. Diese Sperreinrichtungen verhindern weitestgehend die Weiterleitung sowohl von Signalen der TRA, als auch von tonfrequenten Störsignalen in unerwünschte Richtungen. So sollen z.B. Rundsteuersignale nicht zu Kondensatoren, die diese Signale schwächen, und tonfrequente Störsignale nicht zu den Tonfrequenz-Rundsteuerempfängern gelangen können.

11.2 Einbau von Tonfrequenz-Sperreinrichtungen

Der Betrieb der TRA darf durch Anlagen des Netzbenutzers nicht beeinträchtigt werden. Störende Betriebsmittel sind daher auf Verlangen des Netzbetreibers vom Netzbenutzer auf seine Kosten mit geeigneten Tonfrequenz-Sperreinrichtungen auszustatten.

Netzbenutzer, die an die Kurvenform der Versorgungsspannung über die in OVE EN 50160 [5] beschriebenen Merkmale betreffend Signalspannungen hinaus erhöhte Anforderungen stellen, insbesondere im Hinblick auf mögliche Störungen durch Rundsteuersignale (z.B. Fernseh-, Rundfunk- und Tonstudios), müssen selbst, auf ihre Kosten und im technischen Einvernehmen mit dem Netzbetreiber für Abhilfemaßnahmen sorgen.

Art und Bemessung der einzubauenden Tonfrequenz-Sperreinrichtungen müssen jeweils beim Netzbetreiber erfragt werden.

Der Einbau der Tonfrequenz-Sperreinrichtung hat im Einvernehmen mit dem Netzbetreiber zu erfolgen. Insbesondere ist zu beachten, dass der störende Anlagenteil ohne diese Sperreinrichtung nicht betrieben werden darf (ausgenommen Notsituationen).

Ist seitens des Netzbetreibers der Einbau einer TRA mit einer bereits festgelegten Steuerfrequenz für einen späteren Zeitpunkt vorgesehen, dann sind spätestens bis zur Inbetriebnahme der TRA die Sperreinrichtungen nach Angabe des Netzbetreibers zu beschaffen und einzubauen (siehe Kapitel 10.3).

12 Informationsübertragung über das 50-Hz-Netz

Siehe auch TOR Netzgebundene Steuersignal- und Datenübertragung³.

12.1 Allgemeines

Bei der Informationsübertragung über 50-Hz-Anlagen ist hinsichtlich der angewandten Technologie zwischen

- Schmalband-Power Line Communication (PLC) im Frequenzbereich 3 kHz bis 500 kHz
- Breitband-Power Line Communication (PLT) im Frequenzbereich 1,6 MHz bis 30 MHz

hinsichtlich des Übertragungsmediums zwischen

- der Anlage des Netzbenutzers und
- dem Verteilernetz des Netzbetreibers

zu unterscheiden.

Hauptzweck einer Elektroinstallation für 50 Hz ist die Versorgung mit elektrischer Energie dieser Frequenz, einschließlich des allfälligen Betriebs einer TRA.

Die Nutzung der Anlage des Netzbenutzers für Zwecke seiner Informationsübertragung mittels eines PLC- oder eines PLT-Systems ist grundsätzlich zulässig, wobei die nachfolgend angeführten Bedingungen zu beachten sind.

Beim Einsatz von PLC-/PLT-Anlagen können verschiedene Probleme entstehen, beispielsweise:

Unverträglichkeit zwischen denselben,

- störende Beeinflussungen von anderen elektrischen Betriebsmitteln auf die PLC-/PLT-Anlage,
- störende Beeinflussungen von einer PLC-/PLT-Anlage auf andere elektrische Betriebsmittel sowie
- störende Beeinflussungen des öffentlichen Verteilernetzes bzw. in diesem betriebener TRA oder PLC-/PLT-Systeme.

Für den ordnungsgemäßen und störungsfreien Betrieb von PLC-/PLT-Anlagen in der Anlage des Netzbenutzers ist allein der Betreiber der PLC-/PLT-Anlagen verantwortlich.

Um störende Beeinflussungen zu vermeiden und zugleich die Schaltfreiheit des Netzbetreibers zu gewährleisten, gelten für den Betrieb solcher PLC-/PLT-Anlagen folgende Bedingungen:

- Die störende Beeinflussung von Betriebsmitteln anderer Netzbenutzer bzw. Netzbetreiber sowie des Verteilernetzes – einschließlich TRA und PLC-/PLT-Anlagen der Netzbetreiber – ist unzulässig.
- Der Netzbetreiber ist in keinem Falle für Funktionsstörungen verantwortlich, welche beim Betrieb solcher PLC-/PLT-Anlagen durch störende Beeinflussung zwischen denselben oder zwischen solchen und anderen elektrischen Betriebsmitteln auftreten können. Er ist, falls er dessentwegen von einem Dritten belangt wird, vom Betreiber einer solchen PLC-/PLT-Anlage schadlos und klaglos zu halten.
- Beim Auftreten störender Beeinflussungen hat der Betreiber einer solchen PLC-/PLT-Anlage für entsprechende Abhilfemaßnahmen zu sorgen (z.B. durch Einbau von Filtern). Derartige Abhilfemaßnahmen sind so vorzunehmen, dass eine TRA- oder PLC-/PLT-Anlage des Netzbetreibers nicht beeinträchtigt wird.

³ Das Kapitel „Power Line Communication (PLC)“ in der TOR Netzgebundene Steuersignal- und Datenübertragung V1.0 befindet sich in Bearbeitung und wird in einer späteren Version ergänzt.

- Für eine allfällige unzulässige Minderung der Spannungsqualität durch den Betrieb solcher PLC-/PLT-Anlagen einschließlich der eventuell erforderlichen Abhilfemaßnahmen ist ausschließlich deren Betreiber verantwortlich.

Verteilernetze dürfen nur mit ausdrücklicher Zustimmung des Netzbetreibers zur Informationsübertragung benützt werden.

12.2 Informationsübertragung in Anlagen des Netzbenutzers

Power Line Communication (PLC) in Anlagen des Netzbenutzers

Die Nutzung der Elektroinstallation in der Anlage eines Netzbenutzers für Informationsübertragungszwecke (z.B. innerhalb von Wohnungen, Geschäfts- und Industriegebäuden) mit einem schmalbandigen PLC-System im Frequenzbereich ≥ 95 kHz steht dem Netzbenutzer bei Erfüllung der Anforderungen der ÖVE/ÖNORM EN 50065 [13] grundsätzlich frei, wobei auf eine allfällige Störbeeinflussung auf eine TRA oder ein PLC-/PLT-System des Netzbetreibers zu achten ist.

Innerhalb der Anlage eines Netzbenutzers ist der Einsatz von Klasse-116-Geräten für den allgemeinen Gebrauch ohne weiteres zulässig. Die Errichtung leistungsstärkerer Anlagen,) sowie von Geräten für die fallweise Übertragung von Alarmsignalen im Frequenzbereich von 160 kHz bis 440 kHz, ist formlos schriftlich an den zuständigen Netzbetreiber zu melden.⁴

Breitband-Power Line Communication (PLT) in Anlagen des Netzbenutzers

Die Nutzung der Elektroinstallation in der Anlage eines Netzbenutzers für Informationsübertragungszwecke (z.B. innerhalb von Wohnungen, Geschäfts- und Industriegebäuden) mit einem Breitband-PLC-System (PLT) im Frequenzbereich 1,6 MHz bis 30 MHz steht dem Netzbenutzer bei Erfüllung der Schutzziele der EMV-Richtlinie 2014 [E6] bzw. EMV-V 2015 [N12], BGBl. II Nr. 22/2016 (Anm.: Diese wird vom Hersteller oder dessen Beauftragten im Europäischen Wirtschaftsraum (EWR) mittels Anbringung der **CE**-Kennzeichnung deklariert) grundsätzlich frei, wobei auf eine allfällige Störbeeinflussung auf eine TRA oder ein PLC-/PLT-System des Netzbetreibers zu achten ist.

⁴ Siehe ÖVE/ÖNORM EN 50065-1 [13].