

Grundlagenreihe Stromversorgungen und Verbraucher besonderer Art – Teil 5 Unterbrechungsfreie Stromversorgungsanlagen (USV)

Wahl von Schutzsystemen

Die Leistungsschalter spielen eine wichtige Rolle in einer Anlage, wobei ihre Bedeutung meistens erst bei Auftreten von (nicht häufigen) Störungen zum Vorschein kommt. Eine optimal dimensionierte USV-Anlage und eine optimal ausgewählte Konfiguration kann durch nur einen falsch ausgewählten Leistungsschalter beeinträchtigt werden.

Auswahl der Leistungsschalter

Abbildung N25 veranschaulicht die Wahl des richtigen Leistungsschalters.

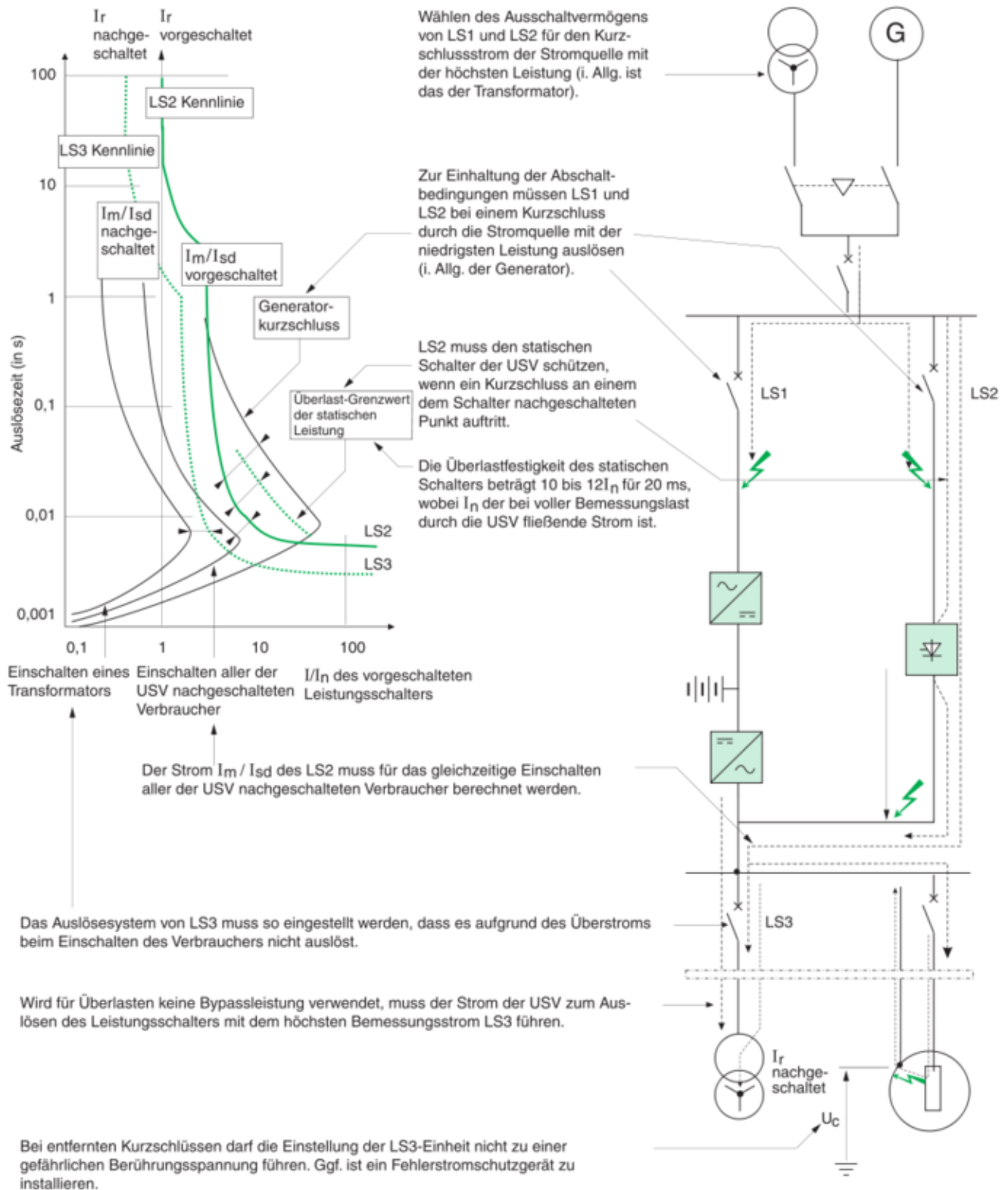


Abb. N25: Leistungsschalter sind verschiedenen Betriebssituationen ausgesetzt

Bemessungsstrom

Der gewählte Bemessungsstrom für den Leistungsschalter muss so gewählt werden, dass er den Schutz des nachgeschalteten Kabels sicherstellt und den ordnungsgemäßen Betrieb der nachgeschalteten Anlage ermöglicht.

Ausschaltvermögen

Das gewählte Ausschaltvermögen muss über dem Kurzschlussstrom liegen, der am Einbauort auftreten kann.

Grenzwerte für I_r und I_m/I_{sd}

Mit Hilfe untenstehender Tabelle können die Grenzwerte für I_r (Überlast; thermisch oder langfristig) und I_m/I_{sd} (Kurzschluss; magnetisch oder kurzzeitig) bestimmt werden, um eine Selektivität in Abhängigkeit von den vor- und nachgeschalteten Auslösesystemen zu gewährleisten.

Anmerkung (siehe Abb. N26)

- Zeitselektivität muss von qualifiziertem Personal eingerichtet werden, denn zeitverzögerte Auslösungen erhöhen die thermische Belastung (I^2t) für nachgeschaltete Komponenten (Kabel, Halbleiter usw.). Vorsicht ist geboten, wenn die Auslösung an LS2 zeitverzögert wird und somit den statischen Schalter nicht mehr gegen Überlast und Kurzschluss schützt.
- Energieselektivität ist nur von dem eingesetzten Leistungsschalter abhängig, nicht vom Auslösesystem.
- Stromselektivität erreicht man im Allgemeinen mit Hilfe der nachstehenden Verhältnisse:
-

Typ des nachgeschalteten Stromkreises	Verhältnis Einspeise-/Abgangs-Einstellungen		
	I_r vorgeschaltet/ I_r nachgeschaltet	I_m/I_{sd} vorgeschaltet/ I_m/I_{sd} nachgeschaltet	I_m/I_{sd} vorgeschaltet/ I_m/I_{sd} nachgeschaltet
Nachgeschaltetes Auslösesystem	Alle Typen	Magnetisch	Elektronisch
Verteilung	> 1,6	> 2	> 1,5
Asynchronmotor	> 3	> 2	> 1,5

Abb. N26: Grenzwerte für I_r und I_m/I_{sd} in Abhängigkeit von den vor- und nachgeschalteten Auslösesystemen

Sonderfall Generatorkurzschluss

Abb. N27 veranschaulicht die Reaktion eines Generators auf einen Kurzschluss. Um Fragen bezüglich des Erregungstyps auszuschließen, findet die Auslösung bei der ersten Spitze statt (3 bis $5I_n$ gemäß X''_d) mit der I_m/I_{sd} -Schutzeinstellung ohne Zeitverzögerung.

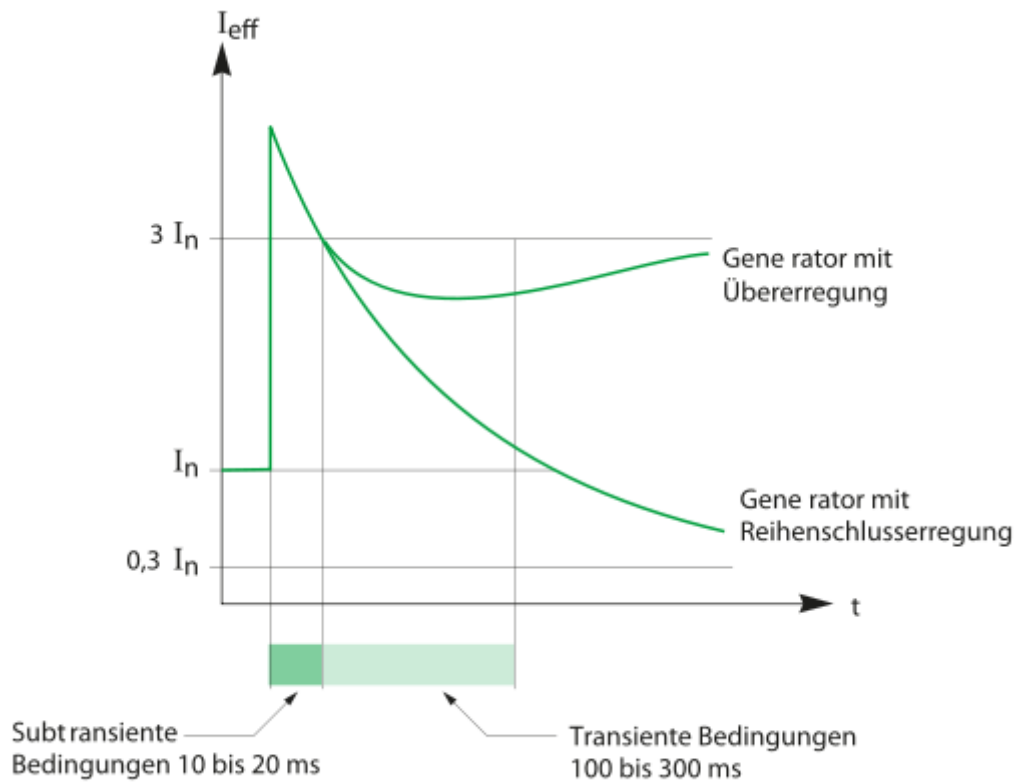


Abb. N27: Generator während eines Kurzschlusses

Kabel-/Leitungsanlagen, Anschluss und Dimensionierung

Betriebsbereite USV-Anlagen

Die USV-Anlagen mit niedriger Leistung, z.B. für kleine Computersysteme (Personalcomputer usw.) sind kompakte betriebsbereite Betriebsmittel. Die interne Verdrahtung wurde werkseitig durchgeführt und an die Kenndaten der Geräte angepasst.

Nichtbetriebsbereite USV-Anlagen

Bei den anderen USV-Anlagen müssen die zum Anschluss erforderlichen Kabel und Leitungen bauseits errichtet werden, z.B. für den Netzanschluss, die Batterien, die Verbraucher. Die Dimensionierung erfolgt in Abhängigkeit der Ströme (s. **Abb. N28**).

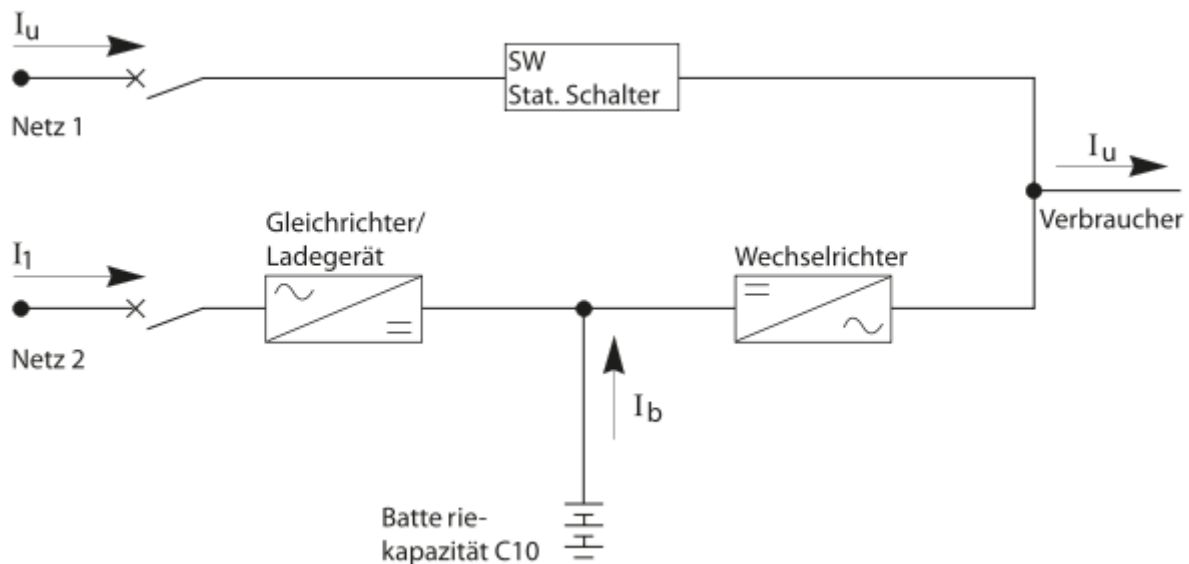


Abb. N28: Für die Wahl der Verdrahtungsanschlüsse zu berücksichtigender Strom

Berechnung der Ströme I_1 , I_u

- Der Eingangsstrom I_u vom Netz ist der Laststrom.
- Der Eingangsstrom I_1 des Ladegerätes/Gleichrichters hängt ab von:
 - der Batteriekapazität ($C10$) und dem Lademodus (I_b)
 - den Kenndaten des Ladegerätes,
 - der Leistungsfähigkeit des Wechselrichters.
- Der Strom I_b ist der Strom im Batterieanschluss.

Diese Werte werden herstellerseitig geliefert.

Temperaturanstieg und Spannungsfall der Kabel/Leitungen

Der zu verwendende Kabel-/Leiterquerschnitt hängt ab vom:

- zulässigen Temperaturanstieg,
- zulässigen Spannungsfall.

Für einen gegebenen Verbraucher gibt jeder dieser Parameter einen notwendigen Mindestquerschnitt vor. Der größere der beiden Werte ist zu verwenden.

Bei der Verdrahtung muss darauf geachtet werden, dass die erforderlichen räumlichen Abstände zwischen Steuer- und Leistungsstromkreisen eingehalten werden, um Störungen durch hochfrequente Ströme zu vermeiden.

Temperaturanstieg

Der zulässige Temperaturanstieg in Kabeln/Leitungen wird durch die Art der Kabelisolierung begrenzt.

Der Temperaturanstieg in Kabeln hängt ab von:

- dem Kabelmaterial (Cu oder Al),
- der Verlegeart,
- der Anzahl sich berührender Kabel,
- der Umgebungstemperatur.

In den Normen ist für jede Art der Verlegung von Kabeln und Leitungen der maximal zulässige Strom festgelegt.

Spannungsfall

Der maximal zulässige Spannungsfall sollte :

- 3 % für Wechselstromkreise (50 oder 60 Hz)
- 1 % für Gleichstromkreise nicht überschreiten.

Auswahltabellen

Abbildung N29 gibt den Spannungsfall (in %) für einen Stromkreis an, der aus Kabeln/Leitungen mit einer Länge von 100 m besteht. Zur Berechnung des Spannungsfalls in einem Stromkreis mit einer Länge L ist der Wert in der Tabelle mit L/100 zu multiplizieren.

- S_{ph} : Leiterquerschnitt
- I_n : Bemessungsstrom, bzw. der eingestellte Wert der Schutzeinrichtungen im Stromkreis

Dreiphasiger Stromkreis

Liegt der Spannungsfall über 3 % (50-60 Hz), ist der Leiterquerschnitt zu vergrößern.

Gleichstromkreise

Liegt der Spannungsfall über 1 %, ist der Leiterquerschnitt zu vergrößern.

a - Dreiphasige Stromkreise (Kupferleiter) 50-60 Hz - 380 V / 400 V / 415 V dreiphasig, $\cos \varphi = 0,8$, symmetrisches System, drei Außenleiter + N

I_n (A)	S_{ph} (mm ²)											
	10	16	25	35	50	70	95	120	150	185	240	300
10	0,9											
15	1,2											
20	1,6	1,1										
25	2,0	1,3	0,9									
32	2,6	1,7	1,1									
40	3,3	2,1	1,4	1,0								
50	4,1	2,6	1,7	1,3	1,0							
63	5,1	3,3	2,2	1,6	1,2	0,9						
70	5,7	3,7	2,4	1,7	1,3	1,0	0,8					
80	6,5	4,2	2,7	2,1	1,5	1,2	0,9	0,7				
100		5,3	3,4	2,6	2,0	2,0	1,1	0,9	0,8			
125			4,3	3,2	2,4	2,4	1,4	1,1	1,0	0,8		
160				4,3	3,2	3,2	1,8	1,5	1,2	1,1	0,9	
200					3,9	3,9	2,2	1,8	1,6	1,3	1,2	0,9
250							2,8	2,3	1,9	1,7	1,4	1,2
									2,5	2,1	1,9	1,5

400										2,7	2,3	1,9
500												2,4
600												
800												

Für einen 3-phasigen 230 V-Stromkreis ist das Ergebnis aus der Tabelle für 400 V mit $\sqrt{3}$ zu multiplizieren.

Für einen 1-phasigen 208/230 V-Stromkreis ist das Ergebnis aus der Tabelle für 400 V mit 2 zu multiplizieren.

b - Gleichstromkreise (Kupferleiter)

I_n (A)	S_{ph} (mm²)											
	-	-	25	35	50	70	95	120	150	185	240	300
100			5,1	3,6	2,6	1,9	1,3	1,0	0,8	0,7	0,5	0,4
125				4,5	3,2	2,3	1,6	1,3	1,0	0,8	0,6	0,5
160					4,0	2,9	2,2	1,6	1,2	1,1	0,6	0,7
200						3,6	2,7	2,2	1,6	1,3	1,0	0,8
250							3,3	2,7	2,2	1,7	1,3	1,0
320								3,4	2,7	2,1	1,6	1,3
400									3,4	2,8	2,1	1,6
500										3,4	2,6	2,1
600										4,3	3,3	2,7
800												3,4

Abb. N29: Spannungsfall (in %) für **[a]** 3-phasige Stromkreise und **[b]** Gleichstromkreise

Sonderfall Neutralleiter

In dreiphasigen Systemen summieren sich die Oberschwingungen der dritten Ordnung (und deren Vielfache) einphasiger Verbraucher im Neutralleiter (Summe der drei Außenleiterströme).

Aus diesem Grund müssen die Außenleiter und Neutralleiter auf diese Bedingungen dimensioniert werden.

Beispiel

Betrachtet wird ein dreiphasiger 400 V-Stromkreis mit einer Länge von 70 m mit Kupferleitern und einem Bemessungsstrom von 320 A.

Nach IEC 60364 (VDE 0298-4) wird, abhängig von der Verlegeart und des erforderlichen Stroms, ein Mindestquerschnitt festgelegt.

Wir nehmen einen Mindestquerschnitt von 120 mm^2 an.

Zunächst ist zu prüfen, dass der Spannungsfall nicht über 3 % liegt.

Die Tabelle für dreiphasige Stromkreise auf der vorherigen Seite gibt für einen Strom von 320 A, der durch ein Kabel mit einem Querschnitt von 120 mm^2 fließt, einen Spannungsfall von 2,9 % auf einer Kabellänge von 100 m an, d.h. er beträgt auf einer Kabellänge von 70 m:

$$2,9 \times \frac{70}{100} = 2,03 \%$$

Der Spannungsfall liegt daher unter 3 %.

Eine identische Berechnung kann für einen Gleichstrom von 600 A durchgeführt werden.

In einem Kabel mit einer Länge von 10 m und einem Querschnitt von 240 mm^2 beträgt der Spannungsfall auf einer Kabellänge von 100 m 3,3 %, d.h. er beträgt auf einer Kabellänge von 10 m:

$$3,3 \times \frac{10}{100} = 0,33 \%$$

Der Spannungsfall liegt daher unter 1 %.

USV-Anlagen und ihre Umgebung

Die USV-Anlagen können mit elektrischen und rechnergestützten Geräten in deren Umgebung kommunizieren. Sie können Daten empfangen und Informationen über deren Betrieb liefern:

- Zur Optimierung des Schutzes:

Zum Beispiel liefert die USV-Anlage dem Rechner wichtige Informationen über den Betriebsstatus (Last am Wechselrichter, Last am statischen Bypass, Last an der Batterie, Warnhinweis „Batterie fast leer“).

- Zur Fernsteuerung:

Die USV-Anlage liefert Mess- und Betriebsstatusinformationen, so dass der Anwender entsprechende spezielle Maßnahmen ergreifen kann.

- Zur Anlagenüberwachung:

Die meisten Anwender verfügen über ein Gebäude- und Energiemanagementsystem, das den Erhalt und die Sicherung der Informationen von der USV-Anlage gewährleistet, so dass Alarmmeldungen und meldepflichtige Ereignisse angezeigt werden und ggf. entsprechende Korrekturmaßnahmen ergriffen werden können, bevor es zu einer Störung und damit verbundenem Ausfall des Systems kommt.

Durch die fortschreitende Komplexität zwischen Rechnersystemen und USV-Anlagen können neue Funktionen in die USV-Anlage integriert werden.

Zusatzausrüstung

Transformatoren

Ein dem statischen Schalter von Stromkreis 2 vorgeschalteter Zweiwicklungstransformator ermöglicht (siehe Abb. N24 auf Seite N17):

- eine Änderung des Spannungswertes bei unterschiedlicher Netz- und Verbraucherspannung,
- eine Änderung des Systems nach Art der Erdverbindung zwischen den Netzen.

Desweiteren:

- reduziert ein Transformator den Kurzschlussstromwert auf der Sekundärseite

(d.h. am Verbraucher) im Vergleich zum Stromwert auf der Netzseite,

- vermeidet ein Transformator das Fließen von ggf. auf der Sekundärseite vorhandenen Oberschwingungsströmen dritter Ordnung ins Netz, vorausgesetzt, die Primärwicklung ist im Dreieck geschaltet.

Oberschwingungsfilter

Die USV-Anlage beinhaltet ein durch Thyristoren oder Transistoren gesteuertes Batterieladegerät. Die entstehenden, regelmäßig unterbrochenen Stromzyklen „erzeugen“ Oberschwingungskomponenten im Netz.

Diese unerwünschten Komponenten werden am Gleichrichtereingang gefiltert. Somit wird in den meisten Fällen der Wert vom Oberschwingungsstrom für die praktische Anwendung ausreichend reduziert.

In bestimmten Sonderfällen, z.B. in sehr großen elektrischen Anlagen kann ggf. dennoch ein zusätzlicher Filterstromkreis erforderlich sein.

Zum Beispiel wenn:

- die Bemessungsleistung der USV-Anlage bezogen auf den sie versorgenden Verteiltransformator groß ist,
- vom gleichen Niederspannungsverteiler Verbraucher versorgt werden, die besonders empfindlich gegenüber Oberschwingungen sind,
- eine durch Dieselgeneratoren angetriebene Ersatzstromversorgung zur Verfügung steht.

In solchen Fällen wenden Sie sich bitte an den Hersteller der USV-Anlage.

Datenübertragung mit anderen Betriebsmitteln

Eine Datenübertragung mit rechnergebundenen Betriebsmitteln bedingt ggf. den Einbau geeigneter Vorrichtungen in die USV-Anlage. Solche Vorrichtungen können entweder in der Originalausführung enthalten sein (siehe **Abb. N30a**)



Abb. N30a: Betriebsbereite USV-Anlage (mit DIN-Modul)

oder ggf. in die vorhandene Anlage eingebaut werden (siehe **Abb. N30b**).



Abb. N30b: USV-Anlage zur besseren Versorgungskontinuität und -qualität für rechnergestützte Systeme