

Programm Elektrizität

ENERGIEOPTIMIERTE PLANUNG UND BETRIEB VON USV-ANLAGEN

Ein Leitfaden für Planer und Betreiber

Autoren:

Dr. A. Neyer, Dr. G. Schnyder, P. Mauchle

im Auftrag des

Bundesamtes für Energie

Mai 2000

Die vorliegende Publikation wurde im Rahmen des Forschungsprogramms „Elektrizität“ des Bundesamtes für Energie erarbeitet. Für den Inhalt der Publikation sind allein die Auftragnehmer verantwortlich.

Vertrieb: Eidgenössische Drucksachen- und Materialzentrale, 3000 Bern

Form: 805.089.08 d

05.00

INHALTSVERZEICHNIS

Zu dieser Broschüre	1
1. Allgemeines.....	2
1.1. Zweck von USV-Anlagen.....	2
1.2. Anwendungsgebiete.....	2
1.3. Funktion von USV-Anlagen	2
1.4. Nenngrößen.....	4
1.5. Vermindern der Energiekosten	4
2. Aufbau und Nenngrößen	5
2.1. Komponenten.....	5
2.2. Zusatzelemente.....	7
2.3. Ausbaufähigkeit.....	8
2.4. Netzabhängige USV-Anlagen	8
3. Betriebsarten.....	9
3.1. Betrieb über USV	9
3.2. Betrieb über Bypass.....	10
3.3. Betrieb bei Netzausfall und Netzstörungen.....	11
3.4. Wartung	11
4. Zu versorgende Last	12
4.1. Die Last: Entscheidende Planungsgröße.....	12
4.2. Spirale der Sicherheitszuschläge	12
4.3. Bestimmung der Last	13
5. Energieoptimierte Planung und Betrieb.....	16
5.1. Wirkungsgrad und Verluste.....	16
5.2. Dimensionierung einer redundanten Anlage	17
5.3. Auswahl des Fabrikates.....	19
5.4. Wahl der Betriebsart	19
6. USV – Systemaufbau.....	22
6.1. Aufbautyp	22
6.2. Verbraucheranforderungen definieren das Konzept	23
6.3. Zentrale und dezentrale USV-Versorgung.....	25

6.4.	Aufbau Energieversorgungssystem mit USV und Netzersatz-Anlage	26
7.	Anforderungen für einen optimalen Einsatz.....	28
7.1.	Versorgendes Netz.....	28
7.2.	Verbraucher.....	29
7.3.	Vergleich des versorgenden Netzes mit den Verbrauchern	30
7.4.	Bestimmung der USV-Anlage.....	34
7.5.	Betrieb der USV-Anlage	35
8.	Grundregeln der Planung.....	36
8.1.	Lasten mit USV-Berechtigung.....	36
8.2.	Planungsinformation.....	36
8.3.	Dimensionierung der Anlage.....	37
8.4.	Wahl des Typs und der Betriebsart	37
8.5.	Aufbau	37
8.6.	Steuerung.....	38
8.7.	Wirtschaftlichkeitsrechnung und Variantenvergleich	38
8.8.	Konfiguration von USV-Systemen mit Zusatzelementen	39
8.9.	Konfiguration des Energieversorgungsnetzes	39
8.10.	Ersatzvarianten	39
9.	Ausschreibungen: Energetische und qualitative Spezifikation	40
9.1.	Angaben seitens der Planung.....	40
9.2.	Angaben seitens des Herstellers	41

ZU DIESER BROSCHÜRE

Unterbrechungsfreie Stromversorgungsanlagen (USV) werden zum Schutz von kritischen und empfindlichen Verbrauchern vor Störungen im Netz oder beim Ausfall der Netzversorgung sowie zur Reduktion von Rückwirkungen der Verbraucher auf das Netz eingesetzt.

USV schützen Verbraucher und entlasten das Netz

Die Verbraucher- und Lieferantenseitige Verbesserung der Netzqualität kann mit beträchtlichen Energieverlusten verbunden sein. Die Kosten für die Energieverluste über die Lebensdauer der Anlage liegen bei manchen Anlagen in der gleichen Grössenordnung wie die Kosten der Anlage. Es lohnt sich deshalb, die Anlagen energetisch so gut wie möglich zu optimieren.

Die Betriebskosten können gleich gross wie die Anlagekosten sein

Diese Broschüre richtet sich an die Elektroplaner und die Betreiber von USV-Anlagen. Für den Elektroplaner ist eine USV-Anlage nur eine von vielen Anlagen, die in die Planung einbezogen werden müssen. Die Broschüre gibt deshalb dem Planer die wichtigsten Informationen für die energetisch optimale Planung von USV-Anlagen. Dem Betreiber von Anlagen zeigt die Broschüre auf, wie eine USV-Anlage optimal zu betreiben ist und zwar aus dem Blickwinkel der Versorgungssicherheit und den Betriebskosten.

Die Optimale Planung und Auswahl spart Energiekosten

Die Broschüre erläutert die verschiedenen Typen von USV-Anlagen, deren möglichen Konfigurationen und die Einbindung in die Stromversorgung. Weiter wird aufgezeigt, worauf bei der Planung und der Ausschreibung zu achten ist. Dabei stehen die energetischen Gesichtspunkte im Vordergrund, es sind aber auch andere Planungsgrundlagen dargelegt.

Inhalt der Broschüre
- Typen
- Konfigurationen
- Energetische Gesichtspunkte

1. ALLGEMEINES

1.1. ZWECK VON USV-ANLAGEN

Schutz von empfindlichen Verbrauchern beim Netzausfall und bei Netzstörungen

USV-Anlagen werden primär für die Überbrückung von Netzausfällen und zum Schutz von empfindlichen und kritischen, d.h. auf Störungen der Energieversorgung mit Fehlfunktion oder Ausfall reagierenden, elektrischen Verbrauchern eingesetzt. Zudem können USV-Anlagen die Netzwirkungen der Verbraucher reduzieren.

1.2. ANWENDUNGSGEBIETE

Informationstechnologien und Infrastruktur mit Sicherheitsfunktionen

Beispiele für den Einsatz von USV-Anlagen sind EDV-Anlagen insbesondere Datenbank- und E-Mail-Server, Haus- und Gebäudeleittechnikanlagen, Prozessleitsysteme, Telefonanlagen, Not- und Tunnelbeleuchtungen, Anlagen in Spitälern.

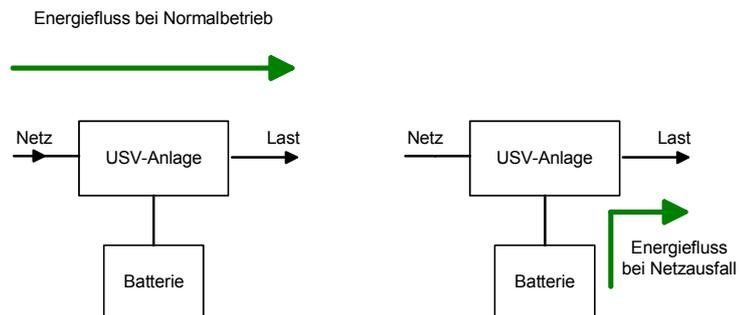
1.3. FUNKTION VON USV-ANLAGEN

USV-Anlagen können drei Funktionen übernehmen:

Sicherstellung der Stromversorgung

- Bei einem Ausfall oder Unterbruch der Netzversorgung schaltet die USV-Anlage automatisch auf den Batteriebetrieb um. Die Verbraucher werden während der Dauer des Ausfalls oder des Unterbruchs von den Batterien mit Energie versorgt.

Abbildung 1:
Funktion von USV-Anlagen im Normalbetrieb und bei Netzausfall



Abschirmung von Netzstörungen

- Die USV hält Netzstörungen wie kurzzeitige Einbrüche der Spannung, Über- und Unterspannungen, Spannungsschwankungen und -verzerrungen, Frequenzschwankungen sowie schnelle und energiereiche transiente Spannungsspitzen von empfindlichen Verbrauchern fern.

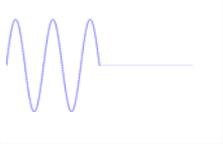
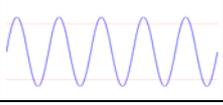
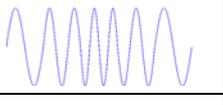
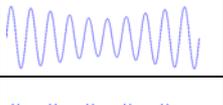
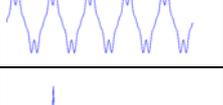
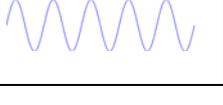
Netzstörungen		Mögliche Ursachen
	Netzausfall	Unwetter Schalthandlungen im Netz Kurzschlüsse
	Netzunterbruch, Netzeinbruch	Unwetter Schalthandlungen im Netz Kurzschlüsse
	Über- Unterspannung	Über- und Unterbelastung des Netzes
	Frequenz- schwankungen	Im europäischen Stromver- sorgungsnetz selten; mög- lich im Inselbetrieb ¹
	Spannungs- schwankungen	Grosse Laständerungen
	Spannungs- verzerrungen	Oberschwingungen durch Gleich- und Wechselrichter oder Getaktete Netzteile
	Spannungsspitzen	Blitzeinschläge Gleich und Wechselrichter Kurzschlüsse

Abbildung 2:
Netzstörungen und mögliche
Ursachen

- Mit dem Einsatz von USV-Anlagen werden je nach Aufbauprinzip die durch nichtlineare Verbraucher erzeugten Ströme vom vorsorgenden Netz entkoppelt. Die Reduktion der Netzzrückwirkungen, d.h. Oberschwingungen, nichtlinearer Lasten erfolgt bei diesen USV-Anlagen weitgehend unabhängig von der Art der Last. Dabei ist zu beachten, dass die USV-Anlage selbst, abhängig vom Aufbau und der Funktionsweise, Oberschwingungsströme verursachen kann.

Reduktion von Netzzrückwirkungen

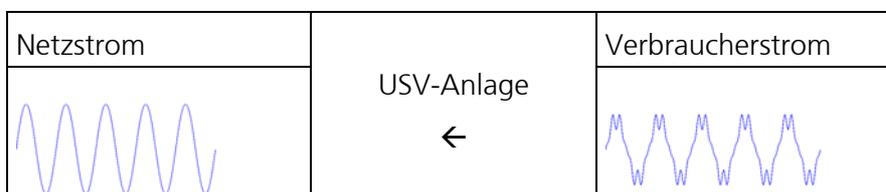


Abbildung 3:
Stromverläufe einer USV-Anlage
mit Aktivfilterfunktion

- Die Aufgabe der USV-Anlagen zur Reduktion von Netzzrückwirkungen verliert in Zukunft an Bedeutung, da die elektronischen Geräte, die einen Grossteil der nichtlinearen Lasten ausmachen, zunehmend eine Einrichtung zur Leistungsfaktorkompensation enthalten.

Leistungsfaktorkompensation von Geräten reduziert zukünftig die Netzzrückwirkungen

¹ Möglich im Inselbetrieb bei Netzersatzanlagen oder dezentralen Energieerzeugungsanlagen

1.4. NENNGRÖSSEN

Nennleistung von USV-Anlagen

Eine wesentliche Grösse einer USV-Anlage ist die Leistung, welche am Ausgang der Anlage zur Verfügung steht. Um USV-Anlagen untereinander vergleichen zu können, müssen die Leistungsangaben unabhängig vom Aufbau der Anlage angegeben werden.

Dazu gilt folgende Definition:

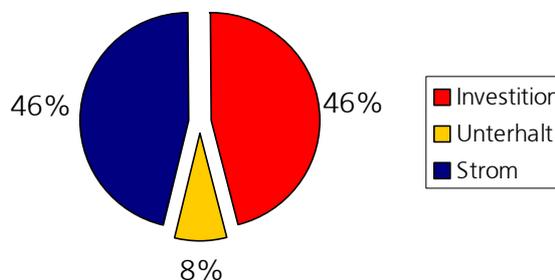
P_{Nenn}	maximale Dauerausgangswirkleistung bei linearer, ohmscher Belastung.
S_{Nenn}	maximale Dauerausgangsscheinleistung bei nichtlinearer Belastung gemäss EN 50091.

1.5. VERMINDERN DER ENERGIEKOSTEN

Betrachtung der Lebenszykluskosten der Anlage

Die Kosten von Energieverlusten werden in der Regel unterschätzt. Durch Umwandlung der Investitionskosten in jährliche Raten oder durch Kapitalisierung der Energiekosten lassen sich verlässliche Vergleiche ziehen. Typischerweise liegen die Stromkosten, über die Lebensdauer der USV-Anlage gerechnet, in der gleichen Grössenordnung wie die Investitionskosten (Abbildung 4).

Abbildung 4:
Aufteilung der jährlichen Kosten von USV-Anlagen



Energieoptimierung in der Planung und dem Betrieb der USV-Anlage zahlt sich aus

Die hinsichtlich des Energieverbrauchs optimierte Planung reduziert die Stromkosten der Anlagen während der ganzen Lebensdauer und durch die Wahl einer kleineren Anlage reduzieren sich auch die Investitionskosten. Die Wahl der Betriebsart von USV-Anlagen in Abhängigkeit der Qualitätsanforderungen der Verbraucher selber kann wesentlich zur Reduktion der Kosten beitragen. Schliesslich bezieht eine genaue Betrachtung auch die Entsorgungskosten der durch die USV-Anlage abgegebenen Abwärme mit ein. Alle diese Argumente sprechen für die energieoptimierte Planung und den energieoptimierten Betrieb: sie sind nicht nur energetisch sinnvoll, sie zahlen sich auch aus.

2. AUFBAU UND NENNGRÖSSEN

2.1. KOMPONENTEN

Der prinzipielle Aufbau einer USV-Anlage ist aus der Abbildung 5 ersichtlich.

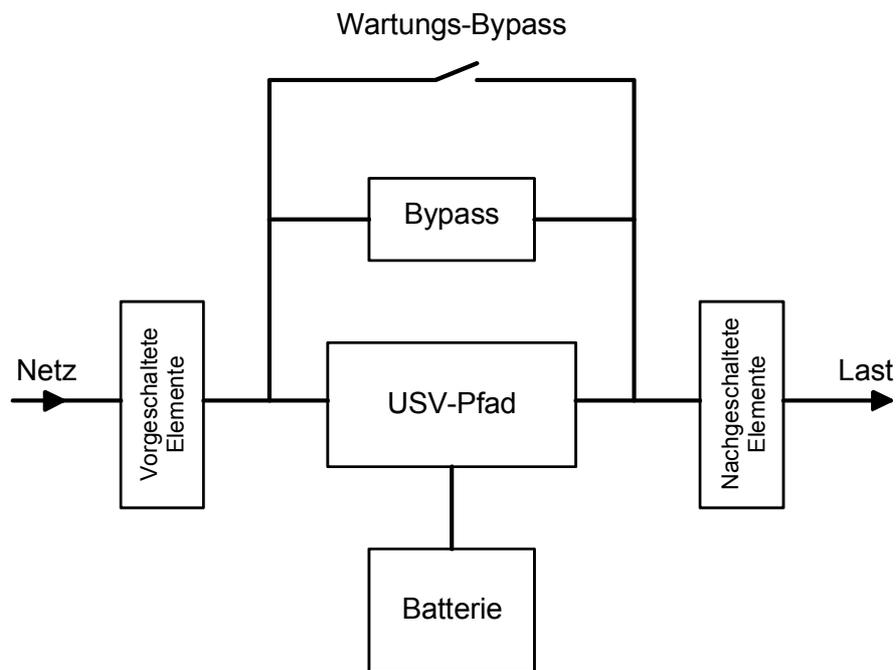


Abbildung 5:
Prinzipieller Aufbau einer USV-Anlage

Eine USV-Anlage setzt sich zusammen aus dem USV-Pfad, dem Bypass, dem Wartungs-Bypass, dem Element zur Energiespeicherung, üblicherweise Batterien, sowie den anwendungsspezifischen vor- und nachgeschalteten Elementen wie z.B. Filter.

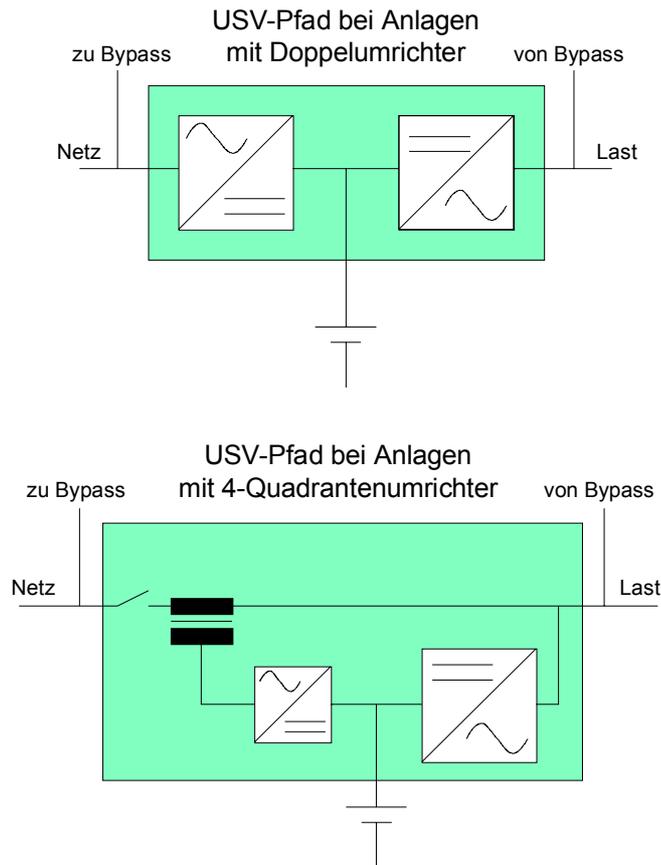
Komponenten von USV-Anlagen

Der **USV-Pfad** kann abhängig vom Typ der USV-Anlage folgende Komponenten enthalten:

USV-Pfad

- Gleichrichter, Hochsetzer (Booster), Wechselrichter bei Anlagen mit *Doppelumrichter* oder
- Kombinierte Gleich-/Wechselrichter (Gleichrichter über einen Transformator in Serie zum Versorgungsnetz geschaltet), sogenannter 4-Quadrantenregler mit 2-Weg-Aktivfilter bei Anlagen mit *4-Quadrantenumrichter* sowie
- Netz- und/oder lastseitige Transformatoren, z.B. zur Trennung des Potentials und zur Reduktion der Oberschwingungen und
- Filter zur Reduktion der Oberschwingungen und zum Schutz vor transienten Spannungsspitzen

Abbildung 6:
Hauptkomponenten im
USV-Pfad
bei Anlagen mit
Doppelumrichter
und Anlagen mit 4-
Quadrantenumrichter



Bypass Der **Bypass** enthält folgende Komponenten:

- Elektronischer Schalter für die Umgehung des USV-Pfades bei einer Störung einzelner Komponenten oder für einen verlustarmen Betrieb und
- Optional oder als Standardausrüstung Filter zum Schutz vor transienten Spannungsspitzen

Wartungs-Bypass Der **Wartungs-Bypass** dient zur Umgehung der USV-Anlage bei Wartungen. Dieses Element wird als Handumschalter realisiert.

Batterien Die **Batterien** werden als Energiespeicher zur Überbrückung von Netzausfällen und als Puffer zur Abschirmung der Verbraucher vor Netzstörungen eingesetzt.

Zusatzelemente wie Filter, Transformatoren usw.

Als **vor- resp. nachgeschaltete Elemente** werden abhängig von der jeweiligen Anwendung folgende zusätzlichen Komponenten eingesetzt:

- Passivfilter zur Reduktion von einzelnen Oberschwingungen oder
- Aktivfilter zur Reduktion der Oberschwingungen und zur Korrektur des Leistungsfaktors

2.2. ZUSATZELEMENTE

Zur Erhöhung der Personensicherheit kann auf der Primärseite der USV-Anlage ein Trenntransformator zwischen Einspeisung und USV-Anlage geschaltet werden. Der Trenntransformator bewirkt eine galvanische Trennung des Batterieteils vom Netz. Durch die Verwendung zunehmend höherer Spannungen beim Anschlusspunkt des Batterieteils dürfen die Batterien trotz Trenntransformator bei laufender USV-Anlage nicht berührt werden, womit der Trenntransformator an Bedeutung verloren hat. Die Impedanz des Transformators reduziert zudem die Oberschwingungsanteile. Der Einsatz von wartungsfreien Batterien erübrigt den Einsatz dieser Potentialtrennung.

Erhöhung der Personensicherheit durch Potentialtrennung.

Der Trenntransformator reduziert den Wirkungsgrad um ca. 2 - 5 % je nach Belastung.

Bei USV-Anlagen ohne eingebautes Aktivfilter und Nennleistungen grösser 40 kVA können zur Unterdrückung der 5. und 7. Oberschwingungen, verursacht durch die 6-pulsige Gleichrichtung des Drehstromes, zwei parallelgeschaltete, phasenverschobene 6-pulsige Gleichrichter (12-pulsige Gleichrichtung) eingesetzt werden. Die Phasenverschiebung erfolgt mit Hilfe des Eingangstransformators, der auf der Sekundärseite je eine Wicklung in Dreieck- und eine Wicklung in Sternschaltung aufweist. Des Weiteren muss auf der Sekundärseite der beiden Gleichrichter eine zusätzliche Ausgangsaugdrossel zum Stromausgleich eingebaut werden.

12-pulsige Gleichrichtung zur Reduktion der Oberschwingungen 5. und 7. Ordnung

Die 12-pulsige Schaltung reduziert den Wirkungsgrad der USV-Anlage um ca. 1 %.

LC-Netzfilter auf der Primärseite dienen der Dämpfung der durch die Gleichrichtung erzeugten Oberschwingungen. Je nach Ausführung der USV-Anlage mit 6/12-pulsigem Gleichrichter und der Leistung der USV-Anlage müssen zur Einhaltung der Netzurückwirkungen gemäss der Empfehlung Nr. 2.72d-97 des Verband schweizerischer Elektrizitätsunternehmen (VSE) für die Beurteilung von Netzurückwirkungen zusätzliche Netzfilter eingebaut werden, welche die erzeugten Oberschwingungen absaugen.

Filter

LC-Netzfilter bewirken eine geringe Verminderung des Wirkungsgrades der USV-Anlage (< 1 %).

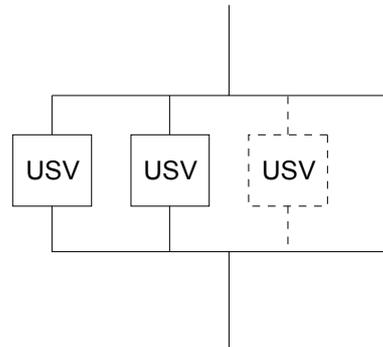
Zukünftig werden die Gleichrichter von Verbrauchergeräten vermehrt direkt den Leistungsfaktor kompensieren, d.h. sie werden dem Netz einen sinusförmigen Eingangsstrom entziehen. Damit werden die Zusatzelemente zur Reduktion der von den Verbrauchern erzeugten Stromoberschwingungen an Bedeutung verlieren.

Der Einsatz Leistungsfaktor kompensierter Gleichrichter in Verbrauchergeräten reduziert die Problematik der Netzurückwirkungen.

2.3. AUSBAUFÄHIGKEIT

modularer Aufbau USV-Anlagen sind in der Regel modular aufbaubar, so dass Erweiterungen mit einer redundanten Anlage oder mit zusätzlichen Anlagen für einen Leistungsausbau möglich sind.

Abbildung 7:
Modularer Aufbau
einer USV-Anlage



2.4. NETZABHÄNGIGE USV-ANLAGEN

Netzabhängige USV-Anlagen Bei netzabhängigen USV-Anlagen fließt die Energie im Normalbetrieb über die vorgeschalteten Elemente und den Bypass mit dem statischen Schalter zum Verbraucher. Netzabhängige USV-Anlagen weisen entsprechend kleine Energieverluste auf, sofern der Gleich- und Wechselrichter nicht dauernd eingeschaltet sind. Bei einer Umschaltung vom Normalbetrieb auf den Notbetrieb in Folge einer Netzstörung kann je nach Störung ein Spannungsunterbruch am Ausgang der USV-Anlage von maximal 20 ms auftreten.

Kostengünstige Anlage aber kein Dauerbetrieb über den USV-Pfad möglich.

Da netzabhängige USV-Anlagen lediglich für den Normalbetrieb über den statischen Schalter und den Notbetrieb über den USV-Pfad ausgelegt sind, ist der Gleichrichter nur für einen Teil der Nennleistung der USV-Anlage bemessen, da er lediglich für die Batterieladung und zur Haltung der Schwebeladespannung benötigt wird. Diese Reduktion des Gleichrichters führen zu kleineren Dimensionen der Anlage und damit zu einer kostengünstigeren Bauweise. Ein Dauerbetrieb über den USV-Pfad mit Nennleistung ist bei netzabhängigen USV-Anlagen nicht möglich, d.h. die Dauer des Betriebes über den USV-Pfad ist abhängig von der Größe der Last und der Batteriekapazität.

3. BETRIEBSARTEN

3.1. BETRIEB ÜBER USV

Beim Betrieb über USV fliesst die Energie im Normalbetriebszustand, gemäss Abbildung 8, über den USV-Pfad zum Verbraucher, d.h. abhängig vom Typ der USV-Anlage über den Gleich- und Wechselrichter bzw. über den 4-Quadrantenrichter und allenfalls weitere, sich in diesem Pfad befindliche Komponenten. Die Batterien werden geladen, bzw. auf der Schwebeladespannung gehalten.

Betrieb der Anlage über den USV-Pfad

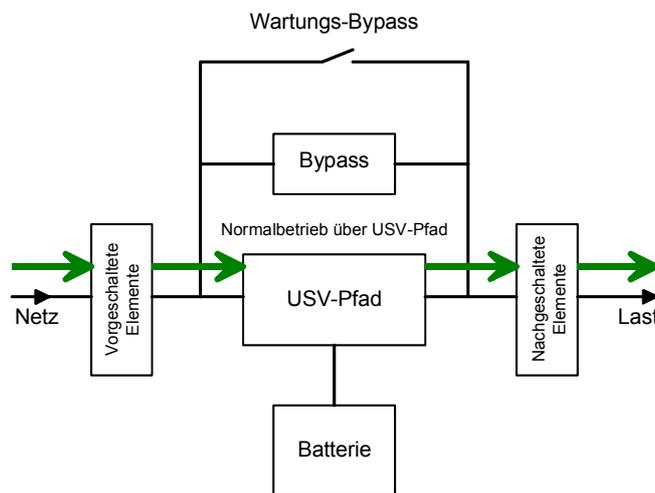


Abbildung 8:
Energiefluss im Betrieb über
den USV-Pfad
(Prinzipielle Darstellung)

Der Energieverbrauch der USV-Anlage hängt vom Wirkungsgrad dieser Komponenten ab. Anlagen mit Gleich- und Wechselrichter weisen bei dieser Betriebsart, aufgrund der Doppelumrichtung im Gleich- und Wechselrichter, grössere Verluste auf als Anlagen mit 4-Quadrantenrichter.

Der Energieverbrauch ist abhängig vom Typ der USV-Anlage

Sofern die USV-Anlagen nicht ein Aktivfilter zur Kompensation des Leistungsfaktors eingebaut haben, fließen im Falle der Doppelumrichteranlagen vom Gleichrichter oder im Falle der 4-Quadrantenrichter von der Verbraucherlast erzeugte Oberschwingungen in das speisende Netz zurück.

Die Netzurückwirkungen müssen beachtet werden

Die Ausgangsspannung in dieser Betriebsart ist geregelt und Netzstörungen werden je nach Qualität der USV-Anlage unterdrückt. Bei Doppelumrichteranlagen ist durch die Entkopplung der Last vom Netz die Filterwirkung gegenüber den Netzstörungen grösser als bei 4-Quadrantenrichter. Die Anlage folgt der Netzfrequenz. Sobald das Netz das in der USV-Anlage vorprogrammierte Frequenzfenster verlässt, wechselt die Anlage auf Eigenfrequenz. Bei Anlagen mit 4-Quadrantenrichtern heisst dies, dass auf Batteriebetrieb umgeschaltet wird. Anlagen mit Gleich- und

Filtern von Netzstörungen

Wechselrichter schalten bei grösseren Frequenzabweichungen, d.h. wenn ein Gleichrichterbetrieb in Folge der Frequenzabweichung nicht mehr möglich ist, auch auf Batteriebetrieb um.

3.2. BETRIEB ÜBER BYPASS

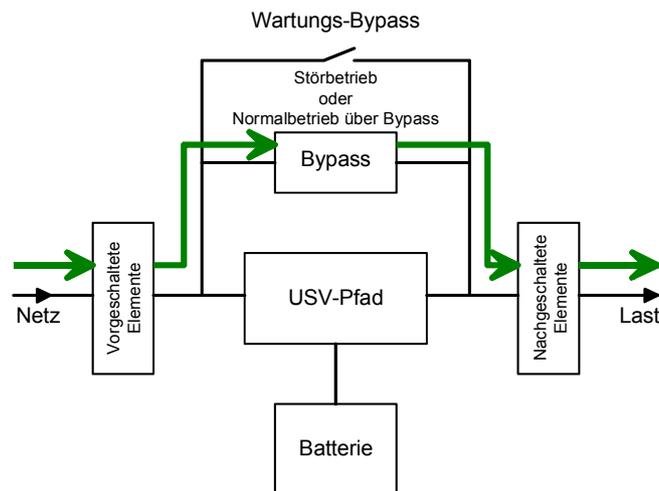
Energieoptimierter Betrieb der USV-Anlage über den Bypass

Beim Betrieb über Bypass fliesst die Energie im Normalbetriebszustand oder bei einer Störung des USV-Pfades über den statischen Bypass zum Verbraucher, d.h. die Versorgung der Verbraucher erfolgt über die vor- oder nachgeschalteten Komponenten direkt ab dem Netz. Die Batterien werden geladen, bzw. auf der Schwebeladespannung gehalten.

USV-Anlagen müssen für den Dauerbetrieb über Bypass speziell konfiguriert sein

USV-Anlagen sind je nach Herstellung für den Dauerbetrieb über Bypass geeignet. Der Betrieb von netzabhängigen USV-Anlagen entspricht ebenfalls dem Betrieb über Bypass mit der Einschränkung, dass der Betreiber nicht frei über die Wahl der Betriebsart verfügt, da die Betriebsdauer über den USV-Pfad abhängig von der Grösse der Last und der Batteriekapazität beschränkt ist.

Abbildung 9:
Energiefluss über den Bypass
der USV-Anlage
(Prinzipielle Darstellung)



Minimaler Eigenverbrauch der USV-Anlage

Der Betrieb über Bypass ermöglicht den energieoptimierten Betrieb. Die Energieverluste sind in dieser Betriebsart am kleinsten, sofern die Komponenten, wie Gleich- und Wechselrichter bzw. 4-Quadrantenumrichter, nicht dauernd eingeschaltet sind.

Bei einer Netzstörung muss die USV-Anlage automatisch auf den USV-Pfad umschalten

USV-Anlagen, die über den Bypass betrieben werden, müssen im Falle einer Netzstörung automatisch auf den Betrieb über USV umschalten, d.h. die Versorgung über den USV-Pfad oder ab Batterie muss gewährleistet werden.

Ein Unterbruch der Versorgung ist abhängig von der Art der Netzstörung und der Qualität der Anlage

Bei der Umschaltung auf den Betrieb über USV kann abhängig von der Art der Netzstörung und der Qualität der USV-Anlage ein Unterbruch der Spannung am Ausgang der USV-Anlage von maximal 20 ms auftreten. Zum Beispiel verursacht ein Kurzschluss auf der Netzseite einen Unterbruch während ein Spannungseinbruch oder eine Frequenzabweichung am Eingang der USV-Anlage am Ausgang lediglich eine Beeinflussung der Spannungsform aber keinen Unterbruch bewirken.

Die Werte für die Umschaltkriterien vom Bypass- auf den USV-Betrieb können anwendungsspezifisch definiert werden. Es ist dabei darauf zu achten, dass der Betrieb über den Bypass möglichst lange gefahren werden kann, d.h. die Toleranzbreite der Eingangsspannung darf nicht zu eng gewählt werden.

Die Umschaltkriterien vom Bypass in den Betrieb über USV sind anwendungsspezifisch wählbar

Die automatische Rückkehr vom USV-Betrieb in den Bypass-Betrieb erfolgt erst nach einer Stabilisierungsphase der Eingangsspannung. Dadurch wird vermieden, dass in Folge instabiler Netzverhältnisse mehrmalige Umschaltungen zwischen dem USV- und dem Bypass-Betrieb stattfinden.

Die automatische Rückkehr in den Betrieb über Bypass erfolgt nach einer Stabilisierungsphase.

3.3. BETRIEB BEI NETZAUSFALL UND NETZSTÖRUNGEN

Beim Ausfall der Netzversorgung oder bei einzelnen Netzstörungen erfolgt die Versorgung der Verbraucher ab den Batterien. Anlagen, die vor dem Zeitpunkt des Ausfalls der Netzversorgung über den USV-Pfad betrieben werden, schalten ohne Unterbruch der Energieversorgung auf den Notbetrieb, d.h. auf die Versorgung ab Batterie um. Befindet sich die USV-Anlage vor dem Netzausfall im energiesparenden Betrieb über Bypass, so erfolgt eine Umschaltung in den Notbetrieb mit einem Spannungsunterbruch von maximal 20 ms. Die effektive Dauer des Spannungsunterbruchs am Ausgang der USV-Anlage ist dabei abhängig von der Art und dem Eintretenszeitpunkt der Störung im versorgenden Netz.

Bei einem Netzausfall oder bei einzelnen Netzstörungen erfolgt die Versorgung der Verbraucher ab den Batterien.

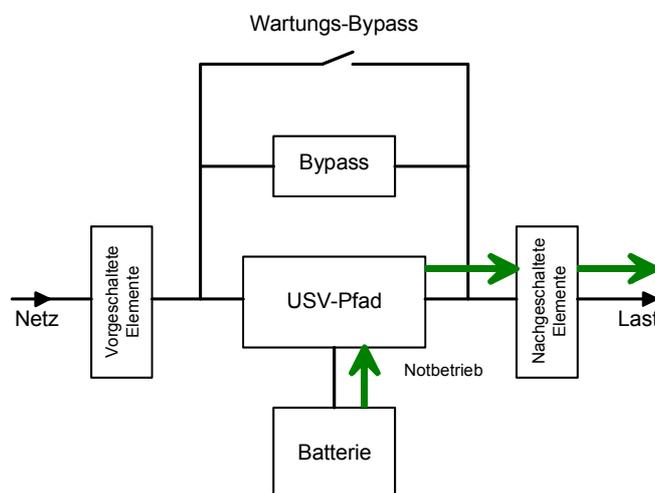


Abbildung 10:
Energiefluss im Notbetrieb

3.4. WARTUNG

Bei Wartungsarbeiten an der USV-Anlage kann das System manuell auf den Wartungs-Bypass umgeschaltet werden. Die Versorgung der Verbraucher erfolgt über die vor- oder nachgeschalteten Elemente direkt ab dem Netz.

Für Wartungsarbeiten kann mit dem Wartungs-Bypass ein Teil der USV-Anlage umgangen und spannungslos geschaltet werden.

4. ZU VERSORGENDE LAST

4.1. DIE LAST: ENTSCHEIDENDE PLANUNGSGRÖSSE

Die Kenntnis der Last ist Voraussetzung für eine optimale Planung

Im Planungsprozess einer USV-Anlage ist eine frühzeitige und möglichst gute Bestimmung der Last der USV-Anlage ein entscheidender Faktor für die korrekte Wahl des Typs, des Konzepts, der Betriebsart und der Nennleistung sowie für den optimalen Betrieb.

Die Kenntnis der Lastgrösse sowie das Verhalten bei Netzstörungen ist notwendig

Zu hoch gewählte Nennleistungen von USV-Anlagen sind meist eine Folge von Sicherheitszuschlägen, die aus einem Mangel an Kenntnissen über die anzuschliessenden Geräte und Anlagen entstehen. Das nicht bekannte Verhalten der anzuschliessenden Geräte und Anlagen bei Netzstörungen und beim Netzausfall hat zudem wesentliche Auswirkungen auf die Wahl der Betriebsart der USV-Anlagen.

Nur was notwendig an USV anschliessen

Grundsätzlich sollte das Prinzip gelten: An die USV-Anlage werden nur Lasten bzw. Verbraucher angeschlossen, die bei Netzstörungen oder beim Netzausfall Fehlfunktionen verursachen oder selber beeinflusst werden. Durch Überprüfen der an die USV-Anlage anzuschliessenden Geräte kann die Last minimiert werden. Ausgabegeräte wie Drucker oder Steuerungen für Anlagen, die in der Regel im Stromausfall nicht im Betrieb sind, sollen nach Möglichkeit nicht an die USV-Anlage angeschlossen werden.

Minimierte Betriebs- und Investitionskosten sind das Resultat einer guten Planung

Gut dimensionierte Anlagen haben nicht nur tiefere Betriebskosten durch verminderten Energieverbrauch, sondern aufgrund der korrekt gewählten Nennleistung auch geringere Investitionskosten. Zudem hat die Nennleistung der USV-Anlage Einfluss auf die Dimensionierung der Netzversorgung und die zugehörigen Infrastrukturanlagen wie Lüftung und Klimatisierung.

4.2. SPIRALE DER SICHERHEITZUSCHLÄGE

Die Sicherheitszuschläge der an einer Anlage beteiligten Planer und Lieferanten summieren und multiplizieren sich – ein Beispiel:

Kumulierte Sicherheitszuschläge sind zu vermeiden.

Für ein Dienstleistungsgebäude, z.B. eine Bank, wird eine USV-Anlage für sämtliche Steuerungen der Heizung-Lüftung-Klima-Anlagen (HLK) geplant. Der HLK-Planer schätzt die Leistung aller Steuerungen auf 75 kVA. Der Elektroplaner erhöht diesen Wert um einen Sicherheitszuschlag von 10%, damit im Bedarfsfall Reserven vorhanden sind (83 kVA). Der Kunde verlangt, dass die Anlagen nur bis max. 80 % belastet werden können. Das heisst für den Planer, dass die Anlage auf mindestens 104 kVA dimensioniert werden muss. Der Hersteller offeriert seine nächst grössere Anlage von 120 kVA. Zudem muss die Anlage aufgrund der geforderten hohen Verfügbarkeit redundant ausgelegt sein. Somit werden schlussendlich zwei

parallele Anlagen zu je 120 kVA ausgewählt. Hat nun aber schon der HLK-Planer in die angegebene Anschlussleistung 10% Reserven eingeplant, so beträgt die tatsächliche Last im gesamten 68 kVA, die sich zu je 34 kVA auf die beiden redundanten USV-Anlagen aufteilen. In diesem Bereich haben die Anlagen einen sehr schlechten Wirkungsgrad. Durch Koordination der am Planungsprozess Beteiligten ist eine derartige Kumulation von Sicherheitszuschlägen zu vermeiden.

4.3. BESTIMMUNG DER LAST

Der Planer erhält vom Bauherrn (oder anderen Planern) die Daten der an die USV-Anlage anzuschliessenden Verbraucher. Die Leistungen dieser Verbraucher werden zusammengezählt, um die Leistung der USV-Anlage zu bestimmen. Bei diesem Verfahren ist es entscheidend, die Gleichzeitigkeit und den Verlauf der Last zu beachten. Zudem sind die effektiven Leistungen - nicht die Nenndaten auf dem Typenschild - der Geräte zu verwenden.

Liste der angeschlossenen Geräte und Anlagen

Zusätzlich zur Leistung der Verbraucher ist auch deren Verträglichkeit gegenüber kurzzeitigen Netzstörungen abzuklären. Dies vor allem im Hinblick auf die optimale Wahl der Betriebsart einer USV-Anlage.

Anfälligkeit auf Netzstörungen

Bei Rechenzentren sind USV-Anlagen oft auf der Basis der Flächen der EDV-Räume dimensioniert (z.B. 500 W/m²) worden. Die Praxis zeigt, dass diese Abschätzung sehr unsicher ist und zu grosse Reserven resultieren können. Wenn die Last nach diesen Flächenangaben berechnet werden muss, ist es sinnvoll, den Einsatz von modular erweiterbaren Anlagen vorzusehen.

Keine Abschätzung auf der Basis von allgemeinen Kennzahlen

Die Verbraucher sind in der Regel nicht alle gleichzeitig in Betrieb. Die totale Leistung der Verbraucher ist deshalb unter dem Aspekt der Gleichzeitigkeit zu betrachten. Diese hängt stark von der Art der angeschlossenen Lasten ab.

Gleichzeitigkeit des Bedarfs prüfen

Angaben auf dem Typenschild geben die maximal mögliche Leistung, z.B. beim Einschalten eines Gerätes oder Verbrauchers an. Messungen an verschiedenen Geräten und Anlagen haben gezeigt, dass diese Angaben sehr stark über den effektiven Leistungen liegen. Deshalb lohnt es sich, von den Herstellern der angeschlossenen Geräte und Anlagen den effektiven Verbrauch im Betriebszustand und im Stand-by-Zustand anzufragen.

Angaben auf dem Typenschild sind zu verifizieren

Der Planer möchte die Leistung der USV-Anlage möglichst früh im Planungsprozess festlegen, damit die Anlagekosten abgeschätzt werden können. In dieser Phase sind aber viele der angeschlossenen Anlagen noch nicht bekannt. Während des Planungsprozesses nehmen die Informationen über die angeschlossenen Anlagen laufend zu. Die USV-Anlage kann deshalb besser dimensioniert werden, wenn die Festlegung der Nennleistung möglichst spät im Planungsprozess erfolgt. Je mehr Informationen über Geräte und Anlagen sowie deren Netzurückwirkungen bekannt sind, umso bessere Planungsdaten sind für die Wahl des Typs der USV-Anlage und deren Betriebsart vorhanden.

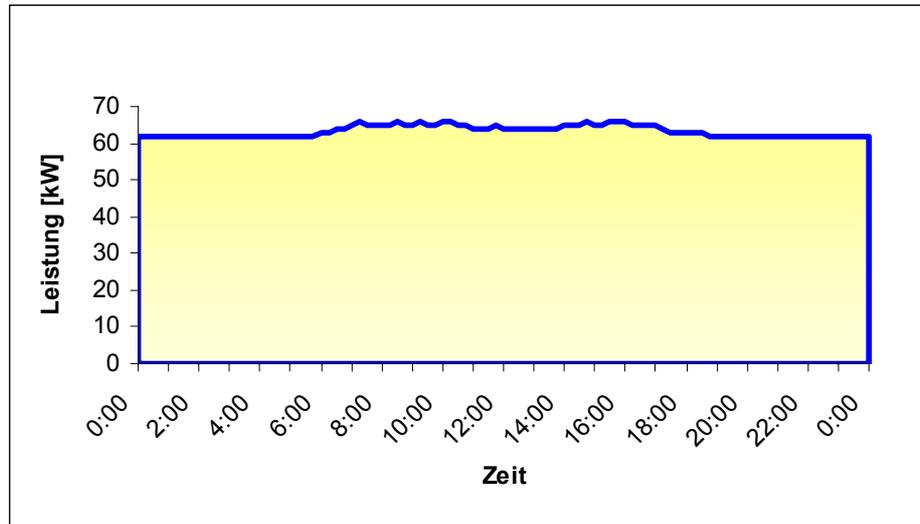
Festlegen der Spezifikation einer USV-Anlagen so spät wie möglich.

Verlauf des täglichen Bedarfs

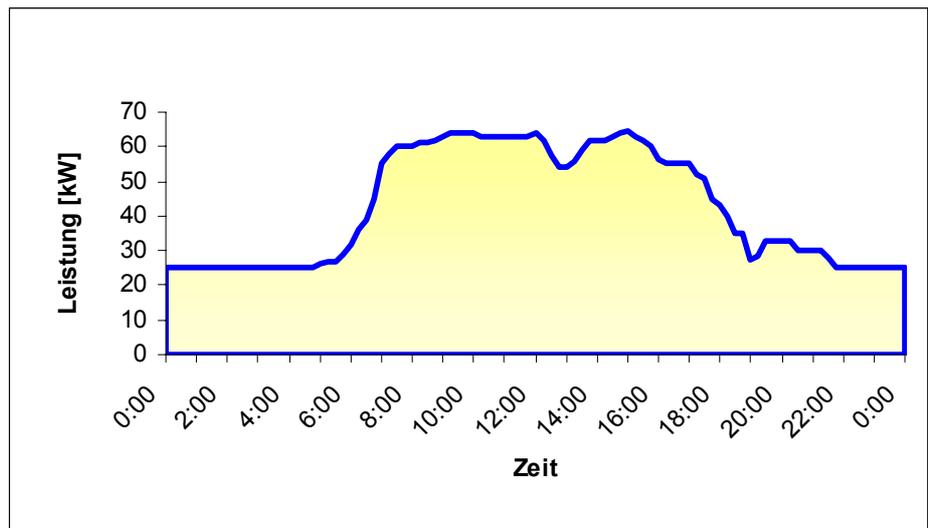
Die Art der Last hat einen Einfluss auf die Wahl und die Steuerung der USV-Anlage. In Abbildung 11 sind zwei grundsätzliche Möglichkeiten für die Art der Last aufgezeigt:

Abbildung 11:
Typische Verläufe von USV-Lasten

Bandlast



variable Last



Modularer Aufbau sowie gesteuertes Zu- und Abschalten oder Betrieb über Bypass

Für eine stark variable Last ist ein modularer Aufbau mit einer gesteuerten Abschaltung von einzelnen Modulen in Betracht zu ziehen. Bei zeitweise abgeschalteter Last ist eine USV-Anlage, bei der ein Betrieb über den Bypass möglich ist, vorzusehen.

Anforderungen der Last an das zu versorgende Netz

Die Anforderungen der über USV zu versorgenden Lasten an das versorgende Netz sind jeweils zu ermitteln. Dabei ist von Bedeutung, ob die Last einen kurzzeitigen Spannungsunterbruch bis 20 ms ohne Funktionsstörung überstehen kann oder nicht. Ein Grossteil der USV-berechtigten Lasten, vor allem Geräte mit getakteten Netzteilen verkraften einen kurzzeitigen Unterbruch der Spannung und können über den elektronischen Bypass einer USV-Anlage versorgt werden. USV-Anlagen, die im Normalbetrieb über den Bypass gefahren werden, schalten bei einer netzseitigen Störung mit einem kurzzeitigen Unterbruch von maximal 20 ms auf den USV-Pfad um,

womit die Versorgung der Lasten gewährleistet bleibt. Der Betrieb über den Bypass-Pfad hat eine Reduktion der Energieverluste einer USV-Anlage zur Folge.

Nichtlineare Lasten, allen voran die elektronischen Geräte erzeugen Oberschwingungsströme. Je nach Aufbau und Betriebsart einer USV-Anlage können diese Netzurückwirkungen der Lasten reduziert werden.

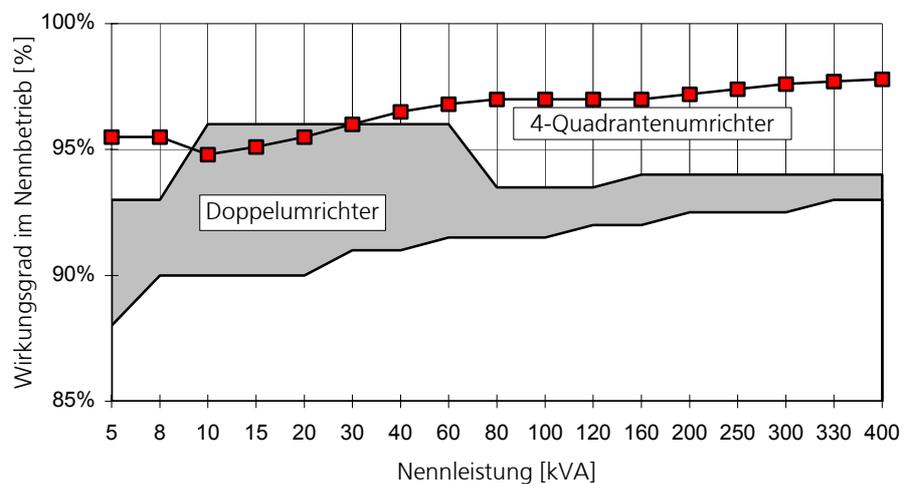
Reduktion der
Netzurückwirkungen
nichtlinearer Verbraucher

5. ENERGIEOPTIMIERTE PLANUNG UND BETRIEB

5.1. WIRKUNGSGRAD UND VERLUSTE

Die Wirkungsgrade von USV-Anlagen weisen je nach Typ und Hersteller grosse Streuungen auf. Der Wirkungsgrad hängt zudem von der Nennleistung, von der Auslastung, d.h. von der prozentualen Belastung und der Art der Last sowie von der Betriebsart der Anlage ab.

Abbildung 12:
Wirkungsgrad von USV-Anlagen
in Abhängigkeit der
Nennleistung
(gemäss Herstellerangaben)



Unterschiedliche
Wirkungsgrade bei Betrieb ...
... über USV je Produkt
... über Bypass

Aus Abbildung 12 geht hervor, dass im Betrieb über den USV-Pfad die 4-Quadrantenumrichter-Anlagen einen besseren Wirkungsgrad aufweisen als die Doppelumrichter-Anlagen. Als Alternative zum Dauerbetrieb über den USV-Pfad kann der Dauerbetrieb über den Bypass einer USV-Anlage in Betracht gezogen werden. Beim Betrieb über den Bypass beträgt der Wirkungsgrad einer USV-Anlage im Nennlastbetrieb 97 bis 99 %.

Der Wirkungsgrad von USV-Anlagen hängt stark von der Belastung ab. Bei USV-Anlagen der neueren Generationen verläuft der Wirkungsgrad beim Betrieb über den USV-Pfad im Bereich von 35 bis 100 % der Belastung relativ flach und auf einem hohen Wert. Unter 35 % Belastung nimmt der Wirkungsgrad sehr schnell ab (Abbildung 13).

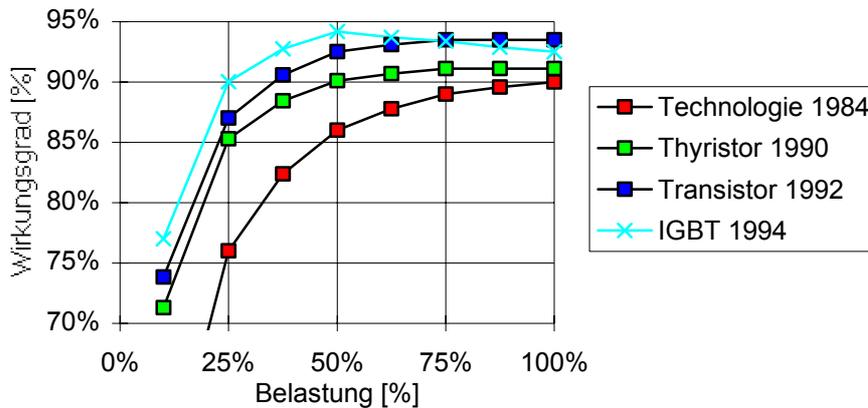


Abbildung 13:
Wirkungsgrad von USV-Anlagen unterschiedlicher Technologien in Abhängigkeit der Belastung. Nennleistung der Anlage 160 kVA

Zur Beurteilung und zum Vergleich von verschiedenen Anlagen sind vor allem die Verluste geeignet. Im Gegensatz zum Wirkungsgrad können die Verluste auch bei kleinen Belastungen und im Leerlauf verglichen werden.

Verluste sind für den Vergleich von USV-Anlagen besser geeignet als die Wirkungsgrade.

Abbildung 14 zeigt, dass in den letzten 15 Jahren gerade bei den Verlusten im Teilbereich enorme Fortschritte gemacht wurden.

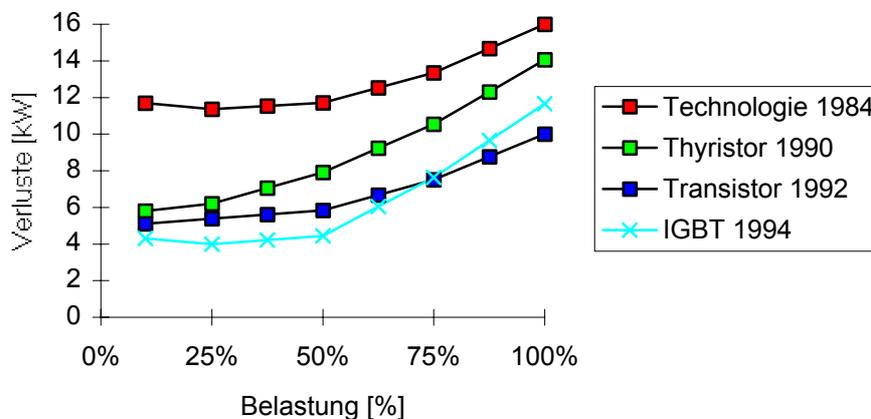


Abbildung 14:
Verluste von USV-Anlagen unterschiedlicher Technologien in Abhängigkeit der Belastung. Nennleistung der Anlage 160 kVA

5.2. DIMENSIONIERUNG EINER REDUNDANTEN ANLAGE

Das folgende Beispiel zeigt den Einfluss der korrekten Dimensionierung auf die Investitions-, Energie- und Unterhaltskosten einer redundanten Anlage. Bei der Planung wurde mit einer Gesamtwirkleistung der angeschlossenen Verbraucher von 120 kW gerechnet. Unter Berücksichtigung einer Reserve von 20 % und eines Leistungsfaktors von 0.9 wurde eine Anlagenleistung von 2x160 kVA gewählt.

Eine korrekte Dimensionierung reduziert die Kosten.

Nach der Inbetriebnahme der Anlage stellte es sich heraus, dass die Last nur 75 kW beträgt. Durch eine bessere Dimensionierung (2x100 kVA) hät-

ten rund 18 % der totalen Kosten (Strom + Investition) vermieden werden können.

Tabelle 1: Resultate der Wirtschaftlichkeitsrechnung.
Annahmen: Wirkleistung der Verbraucher 75 kW;
Tagesverlauf konstant;
Leistungsfaktor 0.9

	Optimale Auslegung	Realisierte Variante
Nennleistung der Anlage	2 x 100 kVA	2 x 160 kVA
Relative Belastung	42 %	26 %
Wirkungsgrad bei rel. Belastung	91 %	90 %
Totale Verlustleistung	7.4 kW	8.3 kW
Jährl. Energieverluste USV	64'800 kWh	72'700 kWh
Kosten:		
Jahresstromkosten (15 Rp/kWh)	Fr. 9'720.--	Fr. 10'905.--
Investition Anlage	Fr. 170'000.--	Fr. 220'000.--

Wirtschaftlichkeitsberechnung für den Vergleich der beiden Varianten

Für einen Vergleich der Varianten sind die Jahreskosten unter Berücksichtigung der Zinsen und der Inflation mit einer Wirtschaftlichkeitsberechnung zu ermitteln. Dabei sollen auch die jährlichen Unterhaltskosten einbezogen werden (z.B. 2 % der Investitionskosten).

Für diesen Vergleich werden die Investitionen in gleich grosse jährliche Beträge, sogenannte Annuitäten, umgerechnet. Diese enthalten die Zinskosten des eingebrachten Kapitals und die anteiligen Amortisationskosten. Die Stromkosten unterliegen während der Nutzungsdauer der Anlage einer Steigerung. Als Hilfsmittel zur Berücksichtigung dieser Veränderung bieten sich Mittelwertfaktoren an. Mit diesem Faktor werden die mittleren Stromkosten errechnet. Neben den Kapitalkosten und den Stromkosten sind die Wartungskosten Teil der jährlichen Gesamtkosten. Sie sind wie die Stromkosten, über die Nutzungsdauer betrachtet keineswegs konstant. Die wirtschaftlichste Anlage ist diejenige, die das kleinste Total der jährlichen Kapital-, Betriebs- und Stromkosten aufweist.²

Tabelle 2: Vergleich der Kosten bei optimaler Auslegung und der realisierten Variante.
Annahmen: Zinssatz 6 %;
Inflation 2 %;
Energiekostensteigerung 3 %;
Wartungskostensteigerung 3 %;
Nutzungsdauer 10 Jahre.

Jahreskosten	Optimale Auslegung	Realisierte Variante
Investition (Annuität)	Fr. 23'120.--	Fr. 29'920.--
Mittlere Energiekosten	Fr. 11'314.--	Fr. 12'693.--
Mittlere Wartungskosten	Fr. 3'958.--	Fr. 5'122.--
Total Kosten	Fr. 38'392.--	Fr. 47'735.--

Die optimale Auslegung reduziert die jährlichen Kosten in diesem Beispiel um rund Fr. 9'000.-.

Die richtige Dimensionierung reduziert die Investitions- und Betriebskosten.

² Ein praktischer Leitfaden zur Wirtschaftlichkeitsberechnung ist die Broschüre "RAVEL zahlt sich aus". Zu beziehen bei der Eidg. Drucksachen- und Materialzentrale, Bern (Best. Nr. 724.397.42.0/D)

5.3. AUSWAHL DES FABRIKATES

Im folgenden Beispiel werden die Stromkosten für zwei im Markt angebotene USV-Anlagen verglichen. Beides sind Doppelumrichteranlagen von 100 kVA Nennleistung.

Ein Vergleich der technischen Daten lohnt sich.

	Anlage mit bestem Wirkungsgrad	Anlage mit schlechtestem Wirkungsgrad
Nennleistung	100 kVA	100 kVA
Relative Belastung	77 %	77 %
Wirkungsgrad	93.5 %	91.5 %
Verlustleistung	4.87 kW	6.50 kW
Jährl. Energieverluste USV	42'700 kWh	56'900 kWh
Kosten:		
Jahresstromkosten (15Rp/kWh)	Fr. 6'405.--	Fr. 8'535.--
Investition Anlage	Fr. 95'000.--	Fr. 95'000.--

Tabelle 3: Vergleich von zwei USV-Anlagen. Annahmen: Wirkleistung der Verbraucher 70 kW; Tagesverlauf konstant; Leistungsfaktor 0.9

Jahreskosten	Anlage mit bestem Wirkungsgrad	Anlage mit schlechtestem Wirkungsgrad
Investition	Fr. 12'920.--	Fr. 12'920.--
Mittlere Energiekosten	Fr. 7'455.--	Fr. 9'935.--
Mittlere Wartungskosten	Fr. 2'212.--	Fr. 2'212.--
Total Kosten	Fr. 22'587.--	Fr. 25'067.--

Tabelle 4: Vergleich der Kosten bei Anlagen mit verschiedenen Wirkungsgraden. Annahmen: Zinssatz 6 %; Inflation 2 %; Energiekostensteigerung 3 %; Wartungskostensteigerung 3 %; Nutzungsdauer 10 Jahre.

Die jährlichen Stromkosten für die Verluste sind bei manchen Anlagen in der gleichen Grössenordnung wie die kapitalisierten Investitionskosten.

Die Auswahl des Fabrikats hat einen entscheidenden Einfluss auf die Energieverluste.

5.4. WAHL DER BETRIEBSART

USV-Anlagen können über den USV-Pfad oder über den Bypass betrieben werden. Beim Betrieb über den Bypass wird bei einer Störung des speisenden Netzes innerhalb von 20 ms vom Betrieb über den Bypass auf den USV-Pfad oder den USV-Notbetrieb umgeschaltet. In Abhängigkeit von der Empfindlichkeit der Verbraucher bezüglich einem kurzzeitigen Spannungsunterbruch können folgende Betriebsarten der USV-Anlage in Betracht gezogen werden:

Die Möglichkeiten von verschiedenen Betriebsarten einer USV-Anlage nutzen.

- Dauerbetrieb über den USV-Pfad
- Betrieb über den USV-Pfad während der Arbeitszeit. Ausserhalb der Arbeitszeit, d.h. in der Nacht und an den Wochenenden über den Bypass.
- Dauerbetrieb über den Bypass.

Tageszeitabhängiger Verlauf der angeschlossenen Lasten abklären.

Im Folgenden werden die Stromkosten der Anlage mit dem besten Wirkungsgrad aus Kap. 5.3 bei verschiedenen Betriebsarten verglichen. Dabei wird davon ausgegangen, dass ab der USV-Anlage zur Hauptsache ein EDV-Netz, bestehend aus zentralen und dezentralen Geräten, versorgt wird. Während dem Tag, d.h. während der Arbeitszeit, wenn alle Geräte im Einsatz stehen, ist der Verbrauch hoch. In der arbeitsfreien Zeit, d.h. während der Nacht und an den Wochenenden ist der Verbrauch niedrig, da lediglich noch die zentralen Geräte des EDV-Netzes und weitere notstromberechtigte Verbraucher ab der USV-Anlage versorgt werden.

Tabelle 5: Vergleich von verschiedenen Betriebsarten.
Annahmen:
Hoher Verbrauch während 10 h/Tag an 250 Tagen im Jahr:
Wirkleistung der Verbraucher 70 kW; Leistungsfaktor 0.9;
Niedriger Verbrauch in der restlichen Zeit des Jahres:
Wirkleistung der Verbraucher 30 kW; Leistungsfaktor 0.9;

	Betrieb dauernd über USV-Pfad	Betrieb über Bypass während der Nacht und an den Wochenenden	Betrieb dauernd über Bypass
Nennleistung	100 kVA	100 kVA	100 kVA
<i>Hoher Verbrauch</i>			
Relative Belastung	77 %	77 %	77 %
Wirkungsgrad	93.5 %	93.5 %	98 %
Verlustleistung	4.87 kW	4.87 kW	1.43 kW
Dauer	2'500 h	2'500 h	2'500 h
Energieverluste USV-Anlage	12'175 kWh	12'175 kWh	3'575 kWh
<i>Niedriger Verbrauch</i>			
Relative Belastung	33 %	33 %	33 %
Wirkungsgrad	91 %	97 %	97 %
Verlustleistung	2.97 kW	0.93 kW	0.93 kW
Dauer	6'260 h	6'260 h	6'260 h
Energieverluste USV-Anlage	18'592 kWh	5'822 kWh	5'822 kWh
Jährl. Energieverluste USV-Anlage	30'767 kWh	17'997 kWh	9'397 kWh
Kosten:			
Stromkosten während der Arbeitszeit (18 Rp/kWh)	Fr. 2'192.--	Fr. 2'192.--	Fr. 644.--
Stromkosten ausserhalb der Arbeitszeit (10 Rp/kWh)	Fr. 1'859.--	Fr. 582.--	Fr. 582.--
Jahresstromkosten	Fr. 4'051.--	Fr. 2'774.--	Fr. 1'226.--

Jahreskosten	Betrieb dauernd über USV-Pfad	Betrieb über Bypass während der Nacht und an den Wochen- enden	Betrieb dauernd über Bypass
Investition	Fr. 12'920.--	Fr. 12'920.--	Fr. 12'920.--
Mittlere Energie- kosten	Fr. 4'715.--	Fr. 3'229.--	Fr. 1'427.--
Mittlere Wartungs- kosten	Fr. 2'212.--	Fr. 2'212.--	Fr. 2'212.--
Total Kosten	Fr. 19'847.--	Fr. 18'361.--	Fr. 16'559.--

Tabelle 6: Vergleich der Kosten einer Anlage bei verschiedenen Betriebsarten. Annahmen: Zinssatz 6 %; Inflation 2 %; Energiekostensteigerung 3 %; Wartungskostensteigerung 3 %; Nutzungsdauer 10 Jahre.

Abhängig von der Betriebsart können die jährlichen Kosten um ca. 7 – 16 % reduziert werden.

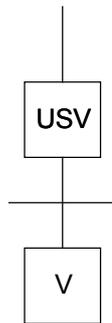
Die jährlichen Kosten für die Energieverluste können durch die Optimierung der Betriebsart einer USV-Anlage reduziert werden.

Die Empfindlichkeit der Verbraucher bezüglich eines kurzzeitigen Spannungsunterbruches hat einen entscheidenden Einfluss auf die Wahl der Betriebsart und damit auf die Energieverluste!

6. USV – SYSTEMAUFBAU

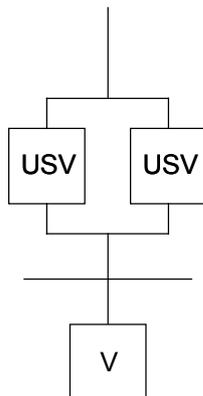
6.1. AUFBAUTYP

Abbildung 15:
Geradeaus-Anlage



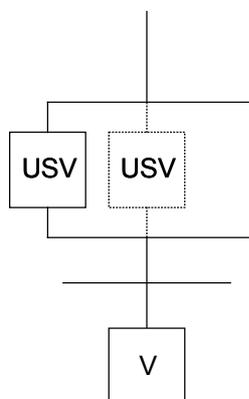
- Vorteile:
- Nur eine Anlage
 - Hohe Belastung hoher Wirkungsgrad
 - Investitionskosten minimal
- Nachteile:
- Ausfall der USV-Anlage hat Systemabsturz zur Folge

Abbildung 16:
Parallelanlage
(Redundanz)



- Vorteile:
- Hohe Zuverlässigkeit (MTBF)
 - Ausfall einer Anlage bewirkt keinen Systemausfall
- Nachteile:
- Zwei Anlagen
 - Hohe Investitions- und Betriebskosten
 - Hohe Energieverluste, wenn dauernd beide Anlagen in Betrieb sind

Abbildung 17:
modularer Aufbau
(inklusive Redundanz)



- Vorteile:
- Lastabhängig steuerbar und ausbaubar
 - Tiefe Betriebskosten
 - Ausfall eines Moduls bewirkt keinen Systemunterbruch
- Nachteile:
- Vorinvestitionen sind notwendig

Beschreibung der Abkürzungen

MTBF = Mean Time Between Failures (mittlere Zeit zwischen Ausfällen)

6.2. VERBRAUCHERANFORDERUNGEN DEFINIEREN DAS KONZEPT

Kein Ausfall für alle Verbraucher

- Vorteile:
- Kein Systemausfall
 - Hohe Verfügbarkeit
 - Nur ein Versorgungsnetz

- Nachteile:
- Grosse USV-Leistung
 - Hohe Verluste
 - Hoher Kostenaufwand für Investitionen und Betrieb

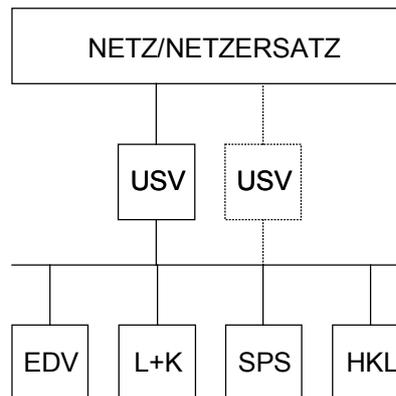


Abbildung 18:
Kein Ausfall für alle
Verbraucher

Teilausfall ≤ 1 Minute für gewisse Komponenten ohne Folgen möglich

- Vorteile:
- Optimierung USV-Einsatz für Teilsysteme
 - Hohe Verfügbarkeit für Rechner- und Steuerungssysteme

- Nachteile:
- 2 Energieversorgungsnetze sind notwendig (baulich nicht zu komplex)

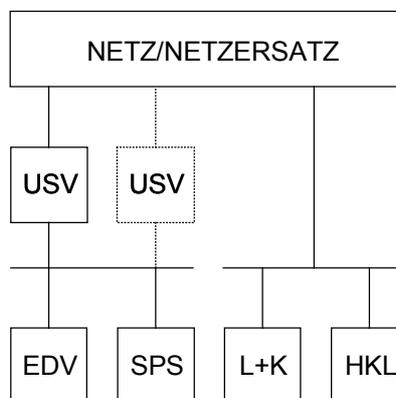


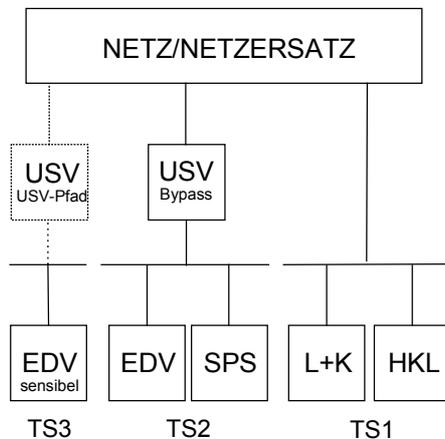
Abbildung 19:
Teilausfall ≤ 1 Minute für
gewisse Komponenten ohne
Folgen möglich

Beschreibung der Abkürzungen

- | | | |
|-----|---|--|
| EDV | = | Elektronische Datenverarbeitung Rechnersysteme |
| L+K | = | Apparate, Licht und Kraft |
| SPS | = | Speicherprogrammierbare Steuerungen |
| HKL | = | Anlagen für Heizung, Klima, Lüftung |

Teilausfall ≤ 1 Minute für Teilsysteme 1 (TS1) und ≤ 20 Millisekunden für Teilsystem 2 (TS2) möglich

Abbildung 20:
Teilausfall ≤ 1 Minute für
Teilsysteme 1 und ≤ 20
Millisekunden für Teilsysteme 2
möglich

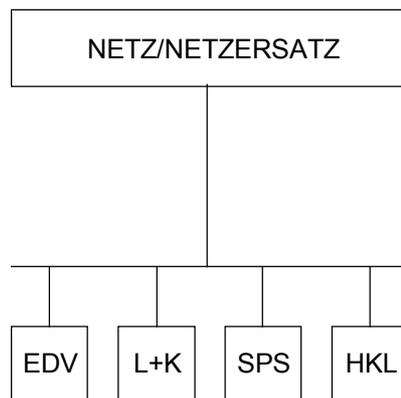


- Vorteile:
- Optimaler Einsatz von Anlagen
 - Tiefere Verluste bei Teilsystem 2 als bei Teilsystem 3
 - Hohe Verfügbarkeit für Rechner- und Steuersysteme
- Nachteile:
- 2 evtl. 3 Energieversorgungsnetze
 - Evtl. verschiedene USV-Systeme
 - Höhere Investitionskosten, da evtl. verschiedene USV-Systeme

Bemerkung: Das Teilsystem 3 ist nur erforderlich, wenn sehr sensible Verbraucher vorhanden sind, die einen Teilausfall ≤ 20 Millisekunden nicht ertragen.

Teilausfall ≤ 1 Minute möglich

Abbildung 21:
Teilausfall ≤ 1 Minute möglich



- Vorteile:
- Keine USV-Anlage notwendig
 - Nur ein Energieversorgungsnetz
- Nachteile:
- Risiko, dass Kurzunterbrüche, Spannungsspitzen oder Frequenzschwankungen EDV-Systemabstürze zur Folge haben

Beschreibung der Abkürzungen

- USV-Pfad = USV-Anlage mit Betrieb über USV-Pfad
- USV-Bypass = USV-Anlage mit Betrieb über Bypass
- EDV sensibel = EDV-Anlage, die einen Ausfall ≤ 20 Millisekunden nicht verkraftet
- TS 1,2,3 = Teilsysteme 1,2,3
- V, V1..V5 = Verbraucher, Verbraucher 1 .. 5
- EMV = Elektromagnetische Verträglichkeit

6.3. ZENTRALE UND DEZENTRALE USV-VERSORGUNG

Zentrale USV-Versorgung

- Vorteile:
- Grosse USV-Anlage weist besseren Wirkungsgrad auf
 - Kleiner Wartungsaufwand
 - Investitionskosten einer Grossanlage sind günstiger
 - Hohe Zuverlässigkeit (MTBF)

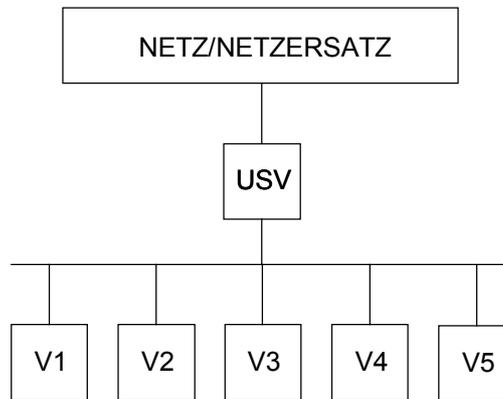


Abbildung 22:
Zentrale USV-Versorgung

- Nachteile:
- USV-Netz parallel zur Normalnetzversorgung nicht USV-berechtigter Verbraucher
 - Nichtlineare Verbraucher erzeugen Oberwellen (EMV-Probleme)
 - Der am meisten kritische Verbraucher definiert den Typ und die Betriebsart der USV-Anlage
 - USV-Ausfall produziert totalen Systemausfall

Dezentrale USV-Versorgung

- Vorteile:
- Ersatz von USV gestaffelt möglich
 - Kein separates USV-Netz
 - Weniger EMV-Probleme
 - Betrieb der USV-Anlagen je nach Anforderung gemischt über USV-Pfad und über Bypass möglich
 - USV-Ausfall hat nur Teilsystemausfall zur Folge

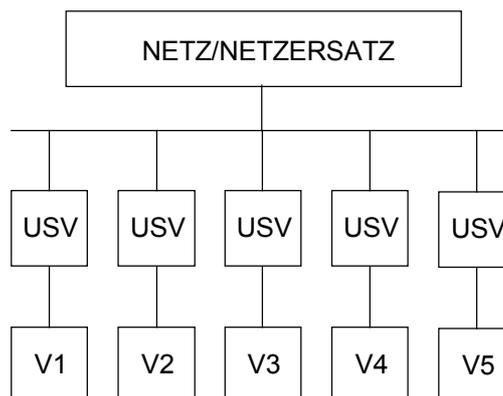


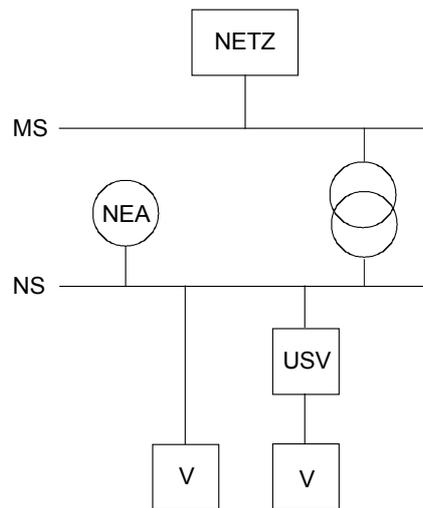
Abbildung 23:
Dezentrale USV-Versorgung

- Nachteile:
- Hohe Investitions- und Betriebskosten
 - Nichtlineare Verbraucher erzeugen Oberwellen (EMV-Probleme)
 - Grosser Wartungsaufwand
 - Mehr Teilausfälle, da mehrere kleinere Anlagen

6.4. AUFBAU ENERGIEVERSORGUNGS-SYSTEM MIT USV UND NETZERSATZ-ANLAGE

Netzersatzanlage (NEA) speist in das Niederspannungsnetz ein; USV wird vom Niederspannungsnetz versorgt

Abbildung 24:
Netzersatzanlage speist in die Niederspannung ein; USV wird vom NS-Netz versorgt

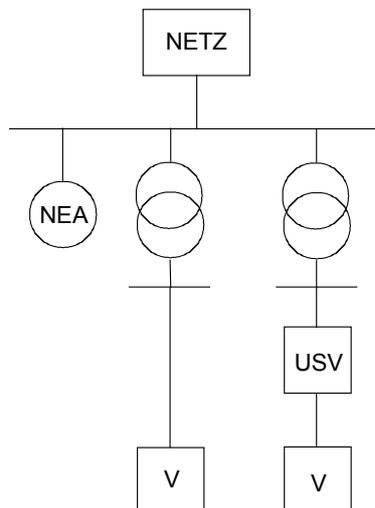


- Vorteile:
- Nur eine NS-Hauptverteilungs-Sammelschiene notwendig
 - NEA-Einspeisung in NS-Netz liefert hohe Verfügbarkeit.

- Nachteile:
- Einbau von Filtern zur Oberschwingungsreduktion nötig

Netzersatzanlage speist in das Mittelspannungs-Netz ein; USV-Anlage wird über eigenen Transformator versorgt

Abbildung 25:
Netzersatzanlage speist in das Mittelspannungs-Netz ein; USV-Anlage wird über eigenen Transformator versorgt



- Vorteile:
- Kein OS-Filter notwendig, da der Transformator dämpfend wirkt

- Netzersatzanlage muss wegen der reduzierten OS-Be- lastung nicht überdi- mensioniert werden.

- Nachteile:
- Zusätzlicher Transformator
 - Aufteilung der NS-Hauptverteilung
 - Verfügbarkeit Netzersatz ist aufgrund des Umweges über die MS-Schaltanlage sowie über den Transformator zwi- schen MS- und NS-Netz reduziert.

**Netzersatzanlage speist in das NS-Netz ein;
USV wird im Normalfall über eigenen Transformator versorgt
und bei Netzausfall erfolgt die Parallelschaltung zur Netzer-
satzanlage direkt über die NS-Sammelschiene.**

Vorteile: - Kein Einbau von OS-
Filtern zur Reduktion
der Oberschwingungen
am Netzeinspeisepunkt
notwendig

- Hohe Verfügbarkeit im
Netzersatz-Bedarfsfall
(Einspeisung in NS-
Ebene)

Nachteile: - zusätzlicher Schalter
zur Kopplung der bei-
den NS-Hauptvertei-
lungen beim Netzaus-
fall

- NEA-Dimensionierung muss Netzurückwirkungen der USV-
Anlage berücksichtigen
- Steuerungen der
Netzersatzanlage und der USV-Anlage müssen bei der In-
betriebsetzung aufeinander abgestimmt werden.

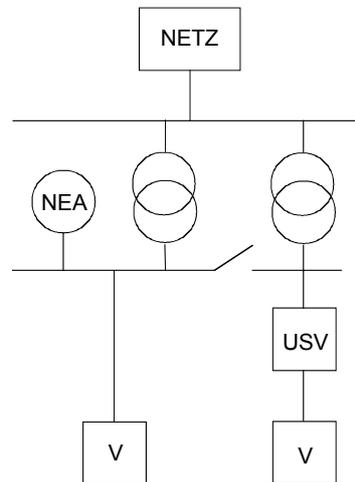


Abbildung 26:
Netzersatzanlage speist in das
Niederspannungsnetz ein; USV
wird über separaten
Transformator versorgt

Beschreibung der Abkürzungen

MS	=	Mittelspannung
NS	=	Niederspannung
NEA	=	Netzersatzanlage
OS	=	Oberschwingung

7. ANFORDERUNGEN FÜR EINEN OPTIMALEN EINSATZ

Die Anforderung an die USV-Anlage wird aus technischer Sicht durch das versorgende Netz und die Verbraucher bestimmt.

7.1. VERSORGENDES NETZ

Netzqualität Für die elektrischen Verbraucher ist es von Interesse, wie oft und wie stark das versorgende Netz vom Normalfall abweichen kann. Dabei muss ermittelt werden, wie weit Ausfälle oder Unterbrüche in der Netzversorgung und wie weit andere Netzstörungen auftreten können.

Checkliste zum versorgenden Netz

Mit der „Checkliste zum versorgenden Netz“ (Anhang 1, Teil 1) kann die Qualität des versorgenden Netzes ermittelt werden. Die Berücksichtigung der Störungsstatistiken des Netzbetreibers kann dabei hilfreich sein. Für das versorgende Netz ist eine allfällige interne Verteilung bis zum Anschlusspunkt der USV-Anlage, resp. der Verbraucher mit zu berücksichtigen.

Als zusätzliche Angabe zum versorgenden Netz muss die Netzkurzschlussleistung SKV am Anschlusspunkt der Verbraucher bekannt sein, bzw. ist durch den Energieversorger zu bestimmen.

Anforderungen des versorgenden Netzes an die Verbraucher

Durch den Einsatz von USV-Anlagen werden je nach Aufbauprinzip die Netzurückwirkungen der Verbraucher auf das versorgende Netz reduziert, d.h. von den Verbrauchern können der Leistungsfaktor λ korrigiert und die Stromüberschwingungen am Anschlusspunkt reduziert werden.

In der „Checkliste zum versorgenden Netz“ (Anhang 1, Teil 2) sind Anforderungen des versorgenden Netzes an die Verbraucher festzuhalten. Der minimale Leistungsfaktor λ oder häufiger der $\cos \varphi$ wird vom Netzbetreiber definiert.

Die maximalen Stromüberschwingungen am Anschlusspunkt sind gemäss der Empfehlung des Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen (VSE-Empfehlung 2.72d-97) zu bestimmen. Die Herleitung der Emissionsgrenzwerte für die einzelnen Oberschwingungsströme I_v und für die Gesamtheit aller Oberschwingungsströme $THDi_A$ kann gemäss Anhang 1 erfolgen. Die Berechnung der Emissionsgrenzwerte der Stromüberschwingungen kann erst erfolgen, nachdem die Anschlussleistung der Verbraucher SA ermittelt wurde (Anhang 2, Teil 2).

Hinweis: Ist die Netzkurzschlussleistung SKV am Anschlusspunkt viel grösser als die Anschlussleistung der Verbraucher SA ($SKV / SA \geq 150$ beim

Niederspannungsnetz), so ist keine Überprüfung der Stromüberschwingungen notwendig.

7.2. VERBRAUCHER

Die elektrischen Verbraucher reagieren unterschiedlich auf die möglichen Netzstörungen. In der „Checkliste der Verbraucher“ (Anhang 2, Teil 1) sollen die Anforderungen der Verbraucher an das versorgende Netz bezüglich den Netzstörungen erfasst werden.

Verbraucher, die ab einer USV-Anlage versorgt werden sollen, werden in der Checkliste der Verbraucher erfasst. Zusätzlich zur Leistungsangabe sind Angaben über die Verträglichkeit gegenüber Netzstörungen zu machen. Im weiteren ist anzugeben, ob ein Betriebsausfall des jeweiligen Verbrauchers erlaubt ist und wenn ja, für wie lange.

Die Verträglichkeit der Verbraucher gegenüber den Netzstörungen ist als Ja/Nein-Kriterium zu beurteilen. Dabei gelten folgende Kriterien für die Erfüllung der Verträglichkeit gegenüber den einzelnen Netzstörungen:

- Ein Spannungsunterbruch bis 20 ms muss ohne Störung der Funktion überstanden werden.
- Abweichungen von der Nennspannung bis $\pm 10\%$, der Nennfrequenz bis $\pm 4\%$ sowie bis 8 % Spannungsverzerrung müssen ohne Störung der Funktionen des Verbrauchers überstanden werden.
- Schnelle und energiereiche Transiente bis $4 \text{ kV}_{\text{peak}}$ müssen ohne nachhaltige Störung der Funktion überstanden werden, d.h. der Verbraucher kann durch die Transienten bemerkbar gestört werden, der fehlerfreie Zustand wird jedoch nach der Störeinwirkung wieder selbständig hergestellt.

Die Auswertung der Anforderungen der Verbraucher an das versorgende Netz zusammen mit der Qualität des versorgenden Netzes führt zur Kategorisierung der Verbraucher gemäss der Beschreibung in Kapitel 7.3.

Bei der Erfassung der Verbraucher sollen Erfahrungswerte, den Werten aus den Datenblättern vorgezogen werden, da die Erfahrungswerte wesentlich zur Optimierung des Einsatzes der USV-Anlage beitragen.

Im folgenden werden einige Beispiele zu den Anforderungen der Verbraucher aufgeführt.

Ein Grossteil der Personalcomputer, Arbeitsstationen, EDV-Netzwerke und der Geräte mit getakteten Netzgeräten überstehen einen Spannungsunterbruch von 20 ms ohne Funktionsstörung und sind auch gegenüber den anderen Netzstörungen in den oben aufgeführten Bereichen immun. Im Gegensatz dazu führt bei Hochdruckleuchten oder teilweise bei Steuerungen mit Relais in Selbsthaltung ein Spannungsunterbruch von 20 ms dazu, dass sich das Gerät abschaltet und allenfalls erst nach einigen Minuten wieder gestartet werden kann.

Bei Anlagen mit eigener Energiespeicherkapazität, wie z.B. bei Klima- und Kälteanlagen in einem Gebäude ist häufig ein Betriebsausfall von mehre-

Anforderungen der Verbraucher an das versorgende Netz

USV-berechtigte Verbraucher erfassen.....

..... und kategorisieren.

ren Minuten erlaubt. Im Gegensatz dazu gilt dies nicht für die Klimatisierung des USV- und eines allfälligen Batterieraumes, da für den Betrieb der USV-Anlage und der Batterien die für eine einwandfreie Funktion der Anlagen erforderlichen Umgebungsbedingungen gewährleistet sein müssen und dies besonders bei einem Netzausfall.

Qualität der Verbraucher

Mit der Qualität der Verbraucher wird erfasst, welche Netzurückwirkungen die Verbraucher ins versorgende Netz einspeisen. Von Interesse sind dabei der Leistungsfaktor und die Stromüberschwingungen, da diese Netzurückwirkungen durch USV-Anlagen reduziert werden können.

Mit der „Checkliste der Verbraucher“ (Anhang 2, Teil 2) kann diese Qualität der Verbraucher erfasst werden.

Für die Bestimmung der USV-Leistung sind der Gleichzeitigkeitsfaktor und der Leistungsfaktor zu berücksichtigen.

Von den einzelnen Verbrauchern wird unter Berücksichtigung des jeweiligen Gleichzeitigkeitsfaktors und des Leistungsfaktors die Wirk- und Blindleistung bestimmt. Aus der Summe aller Wirk- und Blindleistungen wird der Leistungsfaktor aller Verbraucher sowie die gesamte Anschlussleistung der Verbraucher S_A ermittelt. **Die Erhebung der Wirk- und Blindleistung der einzelnen Verbraucher ist ein Basiskriterium für die Dimensionierung einer USV-Anlage und somit zwingend vorzunehmen.**

Oberschwingungsströme als optionales Kriterium, ausser wenn der Grossteil der Verbraucher ein nichtlineares Verhalten aufweist.

Zur Erhebung der Oberschwingungsströme der einzelnen Verbraucher fehlen häufig die Angaben der Hersteller, daher wird die Bestimmung dieser Netzurückwirkungen der Verbraucher für die Optimierung des Einsatzes von USV-Anlagen als optionales Kriterium betrachtet. Falls der Grossteil der Verbraucher ein nichtlineares Verhalten aufweist (z.B.: Einsatz vieler Geräte mit Leistungselektronikkomponenten), ist eine Beurteilung der Qualität der Verbraucher bezüglich den Stromüberschwingungen trotzdem zu empfehlen.

Die Beurteilung der Stromüberschwingungen der Verbraucher erfolgt gemäss der VSE-Empfehlung 2.72d-97. Das Vorgehen zur Ermittlung des dazu notwendigen Oberschwingungslastanteil aller Verbraucher ist im Beiblatt B der VSE-Empfehlung (Anhang 3) beschrieben.

Die Beurteilung der Stromüberschwingungen aller Verbraucher ist abhängig vom versorgenden Netz und wird im Kapitel 7.3 „Vergleich des versorgenden Netzes mit den Verbrauchern“ erläutert.

7.3. VERGLEICH DES VERSORGENDEN NETZES MIT DEN VERBRAUCHERN

Kategorisierung der Verbraucher

Die erfassten Verbraucher müssen abhängig von den Anforderungen an das versorgende Netz kategorisiert werden. Dabei werden drei Kategorien gebildet.

Kategorie 1: **Versorgung ab Netz**

Die Verbraucher können direkt am Netz ohne USV-Anlage betrieben werden.

Verbraucher direkt am Netz

Kategorie 2: **Versorgung über Bypass**

Die Verbraucher werden über eine USV-Anlage versorgt. Im Normalbetrieb erfolgt die Versorgung über den Bypass. Bei einer Netzstörung wird die Versorgung mit einem Spannungsunterbruch von max. 20 ms auf den USV-Pfad umgeschaltet. Die Verbraucher überstehen diesen Spannungsunterbruch ohne Betriebsstörung und die Funktionen der Verbraucher bleiben gewährleistet.

Verbraucher verkraften einen Spannungsunterbruch von max. 20 ms.

Kategorie 3: **Versorgung über USV**

Die Verbraucher werden über den USV-Pfad der Anlage versorgt.

Verbraucher verkraften keinen Unterbruch.

Die Zuordnung der Verbraucher in die drei Kategorien erfolgt in mehreren Schritten gemäss folgendem Ablauf.

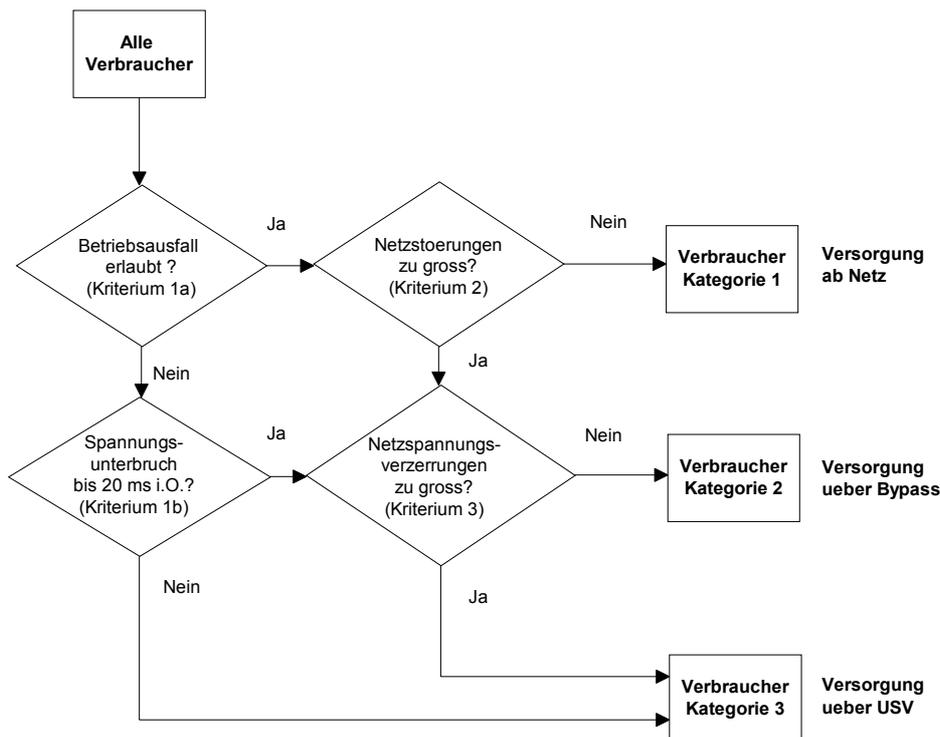


Abbildung 27:
Ablauf der
Verbraucher kategorisierung

1. Schritt der Verbraucherkategorisierung

Verbraucher, bei denen ein Betriebsausfall erlaubt ist, werden der Kategorie 1 zugeordnet (Kriterium 1a).

Verbraucher, bei denen kein Betriebsausfall erlaubt ist, die aber einen Spannungsunterbruch bis 20 ms ohne Betriebs- oder Funktionsstörung ertragen, werden der Kategorie 2 zugeordnet (Kriterium 1b).

Alle anderen Verbraucher werden der Kategorie 3 zugeordnet.

Grobeinteilung in die drei Kategorien

Detailabklärungen bezüglich
der Verträglichkeit einzelner
Netzstörungen

2. Schritt der Verbraucherkategorisierung

Verbraucher der Kategorie 1, bei denen die möglichen Netzstörungen des versorgenden Netzes ausserhalb der Bandbreite der verträglichen Netzstörungen liegen und durch diese beschädigt werden können, werden der Kategorie 2 zugeordnet. Diese Änderung der Kategorisierung wird auch vorgenommen, wenn die Verbraucher durch die Netzstörungen in ihrer Funktion beeinträchtigt werden, ohne dass es zu einer Abschaltung des jeweiligen Verbrauchers kommt. Netzstörungen, die ausserhalb den in der Checkliste der Verbrauchten aufgeführten Bandbreiten liegen, können in einem Industrienetz oder im Inselbetrieb auftreten (Kriterium 2).

Abklärungen bezüglich der
Verträglichkeit von
Spannungsverzerrungen

3. Schritt der Verbraucherkategorisierung

Verbraucher der Kategorie 2, bei denen die mögliche Spannungsverzerrung des versorgenden Netzes ausserhalb der Bandbreite der verträglichen Spannungsverzerrung liegt, werden der Kategorie 3 zugeordnet. Hohe Spannungsverzerrungen können in Industrienetzen auftreten.

Kategorisierung der
Verbraucher eines
Bürogebäudes

Beispiel zur Verbraucherkategorisierung

Als Beispiel werden im Folgenden die Verbraucher eines Bürogebäudes kategorisiert. Ausgehend von der Versorgung ab einem städtischen Mittelspannungsnetz kann die Kategorisierung basierend auf den Anforderungen der Verbraucher an das versorgende Netz vorgenommen werden. Bezüglich der Versorgungssicherheit wird davon ausgegangen, dass bei einem Netzausfall nach 10 Minuten die Versorgung wieder gewährleistet ist, sei dies durch die Netzwiederkehr oder durch eine Gebäude eigene Notstromanlage.

Auf Leistungsangaben der Verbraucher werden beim Beispiel verzichtet, da die Kategorisierung unabhängig von der Verbraucherleistung erfolgt. Die aufgeführten Verbraucher im Beispiel beinhalten gesamte Verbrauchergruppen, bei einer konkreten Anwendung der Checkliste sollen die Verbraucher jedoch möglichst detailliert erfasst werden.

Aus der Verbraucherkategorisierung im Beispiel (untenstehende Checkliste) geht hervor, dass sämtliche Verbraucher der Kategorie 1 (Versorgung ab Netz) oder der Kategorie 2 (Versorgung über Bypass) zugeordnet werden können. Somit können sämtliche Verbraucher, welche an die USV-Anlage angeschlossen werden, im Normalbetrieb über den Bypass versorgt werden. Die Steuerung der USV-Anlage muss bei einem allfälligen Inselbetrieb mit Versorgung ab der Notstromanlage auf Betrieb über den USV-Pfad umschalten, da die Qualität des versorgenden Netzes beim Inselbetrieb mit der Notstromanlage nicht derjenigen entspricht, welche für die Verbraucherkategorisierung berücksichtigt wurde.

Teil 1: Anforderung der Verbraucher an das versorgende Netz

Verbraucher	Ref.-Nr.	Leistung (VA)	Verträgliche Netzstörungen der Verbraucher (Ja/Nein-Kriterium)						Betriebsausfall Erlaubt ja / nein Dauer in Minuten	Verbraucher Kategorie ? (1, 2 od. 3)
			Spannungs- unterbruch bis 20 ms ?	Spannungs- schwankung bis +/- 10 %	Frequenz- schwankung bis +4 / -6 %	Spannungs- verzerrung bis 8 %	Schnelle Transiente bis 4 kV _{peak}	Energierreiche Transiente bis 4 kV _{peak}		
Beleuchtung			teilw.	ja	ja	ja	ja	ja	ja, 10 Min.	1
Notbeleuchtung			ja	ja	ja	ja	ja	ja	nein	2
Kälteanlagen			ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja, 15 Min.	1
Kälteanlagensteuerung			ja	ja	ja	ja	ja	ja	nein	2
Klimaanlagen Gebäude			ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja, 15 Min.	1
Klimaanlagensteuerung			ja	ja	ja	ja	ja	ja	nein	2
Klimaanlage USV- und Batterieraum			ja	ja	ja	ja	ja	ja	nein	2
Personalcomputer			ja	ja	ja	ja	ja	ja	nein	2
EDV-Netzwerk inkl. Server und Arbeitsstationen			ja	ja	ja	ja	ja	ja	nein	2

Abbildung 28:
Checkliste der Verbraucher mit
Beispielen zur
Verbraucher kategorisierung

Beurteilung der Netzzrückwirkungen der Verbraucher

Zur Beurteilung der Netzzrückwirkungen der Verbraucher werden von den Verbrauchern pro Kategorie die Gesamtleistung S_A , der Leistungsfaktor λ und als Option der Oberschwingungslastanteil S_{OS} / S_A bestimmt (Anhang 2, Teil 2).

Die Gesamtleistung S_A dient als Grösse zur Bestimmung der Leistung einer USV-Anlage.

Ist der Leistungsfaktor λ zu niedrig, d.h. ist er kleiner als der geforderte minimale Wert, so sind Massnahmen zur Verbesserung des Leistungsfaktors notwendig.

Bei einer Beurteilung des Oberschwingungslastanteil S_{OS} / S_A der Verbraucher muss dieser in Relation zum Verhältnis S_{KV} / S_A gesetzt werden. Aus dem Diagramm im Anhang 3 geht dabei hervor, ob allenfalls Massnahmen zur Reduktion der Oberschwingungen notwendig sind oder nicht.

Netzzrückwirkungen der
Verbraucher pro Kategorie

Falls notwendig, sind folgende Massnahmen zur Reduktion der Netzurückwirkungen der Verbraucher möglich:

Mögliche Massnahmen zur Reduktion von Netzurückwirkungen

Verbraucher	Massnahmen wenn	
	Leistungsfaktor λ zu gering	Oberschwingungslastanteil zu hoch
Kategorie 1: Versorgung ab Netz	<ul style="list-style-type: none"> - Einsatz alternativer Verbraucher - Filter - Blindleistungskompensation 	<ul style="list-style-type: none"> - Einsatz alternativer Verbraucher - Filter
Kategorie 2: Versorgung über Bypass	<ul style="list-style-type: none"> - Einsatz alternativer Verbraucher - Ausgewählte Verbraucher der Kategorie 3 zuordnen - Filter - Blindleistungskompensation 	<ul style="list-style-type: none"> - Einsatz alternativer Verbraucher - Ausgewählte Verbraucher der Kategorie 3 zuordnen - Filter
Kategorie 3: Versorgung über USV	<ul style="list-style-type: none"> - Abschirmung durch Gleichstromkreis der USV-Anlage *) - Leistungsfaktorkorrektur durch USV-Anlage - Aktivfilterfunktion der USV-Anlage 	<ul style="list-style-type: none"> - Abschirmung durch Gleichstromkreis der USV-Anlage *) - Aktivfilterfunktion der USV-Anlage

*) Die USV-Anlage selbst muss die Anforderungen des versorgenden Netzes bezüglich der Netzurückwirkungen ebenfalls erfüllen.

7.4. BESTIMMUNG DER USV-ANLAGE

Die Kategorisierung der Verbraucher bestimmt die Anforderungen an die USV-Anlage

Ausgehend von den kategorisierten Verbrauchern werden die Anforderungen an die USV-Anlagen festgelegt.

Die Verbraucher der Kategorie 1 sind nicht USV-berechtigt und müssen für die Spezifikation der USV-Anlage nicht weiter berücksichtigt werden. Durch das Ausscheiden der Verbraucher der Kategorie 1 kann die erforderliche Leistung der USV-Anlage reduziert werden.

Die Leistung der USV-Anlage wird durch die Verbraucher der Kategorie 2 und 3 bestimmt. Abhängig von der Aufteilung der Verbraucher in die Kategorien 2 und 3 muss festgelegt werden, ob allenfalls zwei unabhängige USV-Anlagen eingesetzt werden sollen, wobei die eine über den Bypass und die andere über den USV-Pfad betrieben wird.

Ist ein Betrieb über den Bypass vorgesehen, so ist es erforderlich, dass die schnellen und energiereichen Transienten am Eingang der USV-Anlage absorbiert werden, so dass die an die USV-Anlage angeschlossenen Verbraucher auch im Bypass-Betrieb nicht durch Transiente vom versorgenden Netz beschädigt werden können.

7.5. BETRIEB DER USV-ANLAGE

Werden die Verbraucher der Kategorie 2 und 3 ab zwei unabhängigen USV-Anlagen versorgt, so wird die USV-Anlage mit den Verbrauchern der Kategorie 2 über den Bypass und die USV-Anlage mit den Verbrauchern der Kategorie 3 über den USV-Pfad betrieben.

Der Betrieb einer USV-Anlage über den Bypass ist aus Gründen der Verlustminimierung anzustreben. Der Wirkungsgrad einer USV-Anlage liegt im Bypass-Betrieb bei 98 % gegenüber ca. 94 % bei einzelnen Fabrikaten im Betrieb über den USV-Pfad.

Betrieb über Bypass ist aus energetischen Gründen anzustreben.

USV-Anlagen, die bei ungestörter Netzeinspeisung über den Bypass betrieben werden, müssen im Falle einer Netzstörung automatisch auf den USV-Betrieb umschalten. Die Kriterien für die Umschaltung sind dabei so zu wählen, dass möglichst lange Betrieb über Bypass gefahren werden kann. Die Rückkehr vom USV-Betrieb in den Bypass-Betrieb darf erst nach einer Stabilisierungsphase des versorgenden Netzes erfolgen.

Werden die Verbraucher der Kategorie 2 und 3 ab einer gemeinsamen USV-Anlage versorgt, so wird die USV-Anlage über den USV-Pfad betrieben. Durch eine detaillierte Betrachtung der Verbraucher der Kategorie 3 bezüglich der erforderlichen Verfügbarkeit muss geklärt werden, ob allenfalls ein Bypass-Betrieb ausserhalb der offiziellen Arbeitszeiten, d.h. in der Nacht oder an den Wochenenden möglich ist.

Verbraucher der Kategorie 3 ausserhalb der offiziellen Arbeitszeiten über Bypass versorgen.

Die Möglichkeit des zeitweisen Bypass-Betriebes soll auch bei einer USV-Anlage, die ausschliesslich Verbraucher der Kategorie 3 versorgt, geprüft werden.

8. GRUNDREGELN DER PLANUNG

Das Vorgehen für die Bestimmung des optimalen Einsatzes von USV-Anlagen ist im Kapitel 7 beschrieben. Im folgenden werden die Grundregeln der Planung in Form einer Checkliste aufgeführt.

8.1. LASTEN MIT USV-BERECHTIGUNG

Netzqualität und Anforderungen des Netzes	- Netzqualität und Anforderungen des versorgenden Netzes an die Verbraucher festhalten (Anhang 1)
Leistung der Verbraucher	- Leistungen der Verbraucher bestimmen und festhalten (Anhang 2).
Notwendigkeit einer USV-Anlage	- Verbraucher bezüglich Notwendigkeit einer USV-Versorgung überprüfen.
Verträglichkeit von Netzstörungen	- Verträglichkeit der Verbraucher gegenüber Netzstörungen abklären und festhalten (Anhang 2).
Konsequenzen der Netzstörungen	- Konsequenzen von Netzstörungen oder Netzunterbrüchen für den Betrieb abklären: Personengefährdung sowie Produktionsausfälle und Sachschäden mit Kostenfolgen.
Verbraucherkategorisierung	- Verbraucherkategorisierung durchführen (Kap. 7.3).

8.2. PLANUNGSINFORMATION

USV-Leistung dem Planungsstand nachführen	- Die Kenntnis über die zu erwartende Gesamtlast ist während der Planung eines Projektes laufend zu aktualisieren und in die Ermittlung der benötigten USV-Leistung einfließen zu lassen. Die Dimensionierung der USV-Anlage ist daher möglichst spät durchzuführen.
Daten der neuesten Geräte verwenden	- Der Einsatz von energiesparenden Technologien bei den Verbrauchergeräten ist zu berücksichtigen. Bei der Bestimmung der Leistung sind daher Daten der neuesten Gerätegeneration zu verwenden.
Abschaltbarkeit der Verbraucher prüfen	- Die Abschaltbarkeit der Verbraucher gibt Zusatzinformationen über die tatsächliche notwendig Leistung einer USV-Anlage
Betriebsart der USV-Anlage auf die Verbraucher abstimmen	- Die Verbraucherkategorisierung bestimmt die Betriebsart einer USV-Anlage.
Lastmanagement zur Reduktion der USV-Leistung	- Die gewünschte Kapazität der Batterien der USV-Anlage ist zu minimieren (reduziert Investitions-, Wartungs- und Entsorgungskosten). Dazu muss abgeklärt werden, in welcher Zeit laufende Prozesse geordnet abgeschaltet werden können. Der Einsatz einer Netzersatzanlage reduziert die notwendige Batteriekapazität ebenfalls.
Filter helfen bei der Kompensation der Grundschwingungsblindleistung	- Filter einer USV-Anlage können zur Kompensierung von Grundschwingungsblindleistung verwendet werden.

8.3. DIMENSIONIERUNG DER ANLAGE

- Festlegung der zu erwartenden USV-Belastung ohne jede Leistungsreserven. Auf Leistungsreserven verzichten
- Die durch einen allfälligen Ausbau des Betriebes zu erwartenden zusätzlichen Leistung sind separat zu erheben. Ausbaustufen separat erheben
- Bei der Bestimmung der Belastung ist mit dem effektiven Verbrauch der angeschlossenen Geräte und nicht mit der Typenschildleistung zu rechnen. Effektiver Verbrauch der Geräte berücksichtigen
- Der Gleichzeitigkeitsfaktor, der das parallele Aufschalten aller vorhandenen Geräte ausdrückt, ist besonders genau zu eruieren. Gleichzeitigkeit berücksichtigen
- Bestimmung der Tagesgangkurven der Belastung der USV-Anlage. Zeitlicher Verlauf der einzelnen Verbraucher
- Bestimmung der linearen/nichtlinearen Charakteristik der Verbraucher. Art der Last
Der Scheitel- oder Crestfaktor des Stromes bildet das Mass der Nichtlinearität einer Last (Scheitelfaktor = Scheitelwert/Effektivwert).

8.4. WAHL DES TYPUS UND DER BETRIEBSART

Die wichtigsten Vor- und Nachteile der Typen von USV-Anlagen sind im Kapitel 2 zusammengestellt. Bei allen Technologien sind in den letzten Jahren grosse Fortschritte sowohl in Bezug auf die Zuverlässigkeit und Qualität der Ausgangsspannung, als auch der Energieverluste gemacht worden. Daraus ergeben sich folgende Richtlinien für den Planer:

- Möglichst die von den Verbrauchern geforderte Qualität an die USV-Versorgung gemäss Anhang 2 Teil 1 „Anforderung an das versorgende Netz“ vorgeben. Verbraucheranforderungen berücksichtigen
- Hersteller verpflichten, die vorgegebenen Bedingungen mit der angebotenen Anlage zu erfüllen. Deklaration mit der Qualitäts-/Energiematrix (Anhang 4). Q/E-Matrix vom Hersteller ausfüllen lassen

8.5. AUFBAU

- **Geradeausanlage:** Die Geradeausanlagen ist das im Leistungsbereich bis ca. 500 kVA am häufigsten verwendete System. Geradeausanlagen werden am häufigsten eingesetzt
- **Parallelanlage:** Parallelanlagen werden eingesetzt zur Erhöhung der Versorgungssicherheit bei Verbrauchern mit sehr hohen Verfügbarkeitsanforderungen (bereits ab 10 kVA) oder bei Leistungen, die oberhalb von Leistungskategorien von Einzelanlagen liegen. Parallelanlagen zur Erhöhung der Versorgungssicherheit oder Leistungserhöhung
- **Modularer Aufbau:** Modular aufgebaute Anlagen gelangen zum Einsatz in Leistungsbereichen, die von einer einzelnen USV-Anlage nicht mehr abgedeckt werden können oder in Anwendungen, bei denen der Tagesgang die teilweise Abschaltung der Anlage erlaubt. Modulare Anlagen ermöglichen einen bedarfsgerechten Einsatz

8.6. STEUERUNG

Den Einsatz lastabhängig optimieren

- **Lastabhängige Zu- und Abschaltung von Einzelsystemen in der Anlage:** Sofern der Tagesgangverlauf der USV-Last aufzeigt, dass Parallelanlagen, bzw. Teilsysteme von modular aufgebauten Anlagen abschaltbar sind, ist dies aus energetischen Gründen anzustreben. Beim Einsatz einer Anlage mit lastabhängiger Steuerung gibt sich die Möglichkeit des gezielten und optimierten Einsatzes von redundanten Anlagen.

Die Kategorisierung der Verbraucher ist die Voraussetzung für einen verbraucherabhängig optimierten Betrieb

- **Verbraucherabhängige Wahl der Betriebsart von USV-Anlage:** Werden die Verbraucher der Kategorie 2 (Spannungsunterbruch bis 20 ms verkraftbar) und 3 (kein Spannungsunterbruch verkraftbar) ab zwei unabhängigen USV-Anlagen versorgt, so wird die USV-Anlage mit den Verbrauchern der Kategorie 2 über den Bypass und die USV-Anlage mit den Verbrauchern der Kategorie 3 über den USV-Pfad betrieben. Werden die Verbraucher der Kategorie 2 und 3 ab einer gemeinsamen USV-Anlage versorgt, so wird die USV-Anlage über den USV-Pfad betrieben. Durch eine detaillierte Betrachtung der Verbraucher der Kategorie 3 bezüglich der erforderlichen Verfügbarkeit muss geklärt werden, ob allenfalls ein Bypass-Betrieb ausserhalb der offiziellen Arbeitszeiten, d.h. in der Nacht oder an den Wochenenden möglich ist. Die Möglichkeit des zeitweisen Bypass-Betriebes soll auch bei einer USV-Anlage, die ausschliesslich Verbraucher der Kategorie 3 versorgt, geprüft werden.

8.7. WIRTSCHAFTLICHKEITSRECHNUNG UND VARIANTENVERGLEICH

Verluste der USV-Anlagen und der verschiedenen Betriebsarten kapitalisieren

- **Gegenüberstellung der Investitions- und Betriebskosten, Kapitalisierung der Verluste:** Unter Berücksichtigung der Netzkonfigurationen und der Lastverhältnisse ist es sinnvoll, die Verluste zu kapitalisieren und somit ein weiteres Kriterium für die Auswahl der USV-Anlage zu erhalten. Bei der Ermittlung der Energieverluste ist den Zeiten mit unterschiedlicher Betriebsart (Betrieb über USV-Pfad resp. Betrieb über Bypass) und abgeschalteten Einzelsystemen Rechnung zu tragen.

Vergleich der USV-Anlagen und Betriebsarten bezüglich des Risikos von Störungen und Netzunterbrüchen

- **Risikoanalysen und Variantenvergleich:** Unter Berücksichtigung des Risikos von Störungen und Netzunterbrüchen sind mögliche Varianten für die Wahl des USV-Systems, des USV-Typs und der Betriebsarten der USV-Anlage miteinander zu vergleichen.

8.8. KONFIGURATION VON USV-SYSTEMEN MIT ZUSATZELEMENTEN

- **Einbau von Zusatzelementen:** Die Ausrüstung von USV-Anlagen mit Potentialtrennungstransformatoren, 12-pulsigen Gleichrichtern und Filteranlagen erhöht die Personensicherheit und reduziert die Netzurückwirkungen. Die Zusatzeinrichtungen haben höhere Verluste der Anlage zur Folge, reduzieren aber die durch Oberschwingungsblindleistung verursachten Verluste auf dem versorgenden Netz. Zusatzelemente für spezielle Anwendungen

8.9. KONFIGURATION DES ENERGIEVERSORGUNGSNETZES

- **Normalnetz, Notnetz, USV-Netz:** Das Energieversorgungsnetz ist derart zu konzipieren, dass der Einsatz von USV-Anlagen und der dazugehörigen Batterieelementen minimal wird. Keine Mängel im Energieversorgungsnetz mit dem Einsatz von USV-Anlagen beheben

8.10. ERSATZVARIANTEN

- **Spezielle Konzipierung der Verbrauchersysteme:** Die Anforderungen an die Konfiguration und Auslegung der Verbrauchersysteme wie Rechner usw. sind so zu legen, dass ein minimaler Einsatz von USV-Anlagen erforderlich wird. Geräte, die einen Spannungsunterbruch bis 20 ms verkraften können, sind zu bevorzugen, um die USV-Anlage im energiesparenden Betrieb über den Bypass fahren zu können. Verbrauchersysteme so auswählen, dass ein minimaler Einsatz von USV-Anlagen erforderlich wird
- **Prüfung von alternativen Varianten:** Mittels Photovoltaikeinspeisung und Batteriestützung kann eine Gleichspannungsversorgung für elektronische Komponenten im Netzausfall die Versorgung aufrecht erhalten. Alternativen zu USV-Anlagen prüfen

9. AUSSCHREIBUNGEN: ENERGETISCHE UND QUALITATIVE SPEZIFIKATION

Energetische Spezifikation als Teil der Ausschreibung

Neben den allgemeinen und besonderen Bestimmungen für die Submission und die Ausführung von USV-Anlagen und den eigentlichen technischen Spezifikationen soll das Pflichtenheft auch die nachfolgend dargestellten energetischen Spezifikationen beinhalten. Die Spezifikationen stammen einerseits von der Planung und der Bauherrschaft – als Teil des Pflichtenheftes – und andererseits vom ausführenden Unternehmer oder Anlagenhersteller als Teil der Offerte.

9.1. ANGABEN SEITENS DER PLANUNG

Welche Qualität der USV-Versorgung ist erforderlich

- **Geforderte Qualität der USV-Versorgung hinsichtlich Frequenz- und Spannungsstabilität sowie tolerierten Kurzunterbrechungen:** Aufgrund dieser Angaben kann der Hersteller entscheiden, welcher Typ von USV-Anlage und welche Betriebsart, resp. Betriebsartenumschaltungen für den vorliegenden Fall geeignet sind.

Lastverlauf

- **Tagesgangverlauf der USV-Last:** Die Angabe des Tagesgangverlaufs gibt Auskunft, welche Schwankungen in der Last zu erwarten sind, und ob die Möglichkeit besteht, die USV-Anlage teilweise auszuschalten (z.B. automatische Nacht- und Wochenendabschaltung vorsehen).

Besondere Anforderungen der Verbraucher

- **Art der Last (linear/nichtlinear):** Die Art der Last - linear oder nicht-linear - eventuell mit Angabe des Crestfaktors, gibt dem Hersteller Informationen zur Überprüfung der Dimensionierung und zur Auslegung der USV-Anlage.

Beschaffungsetappen angeben

- **Ausbaukapazität und Reserven:** Angaben über einen zukünftigen Ausbau geben dem Hersteller Information zur Konfigurierung der USV-Anlage. Zur Auswahl stehen Geradeausanlagen, Parallelanlagen oder modular aufgebaute Anlagen.

Installationsort

- **Raumkonditionen und Aufstellungsbedingungen:** Angaben zum Standort der USV-Anlage erlauben zusätzliche energetische Verbesserungen. Beispiel: Die USV-Anlage wird auf einen belüfteten Hohlboden und die Batterien in einem separaten Raum aufgestellt. Dadurch kann eine effiziente Lüftung mit optimierten Temperaturen und Volumenströmen realisiert werden

- **Einbindung der USV-Anlage in die Energieversorgung:** Der Hersteller hat die Auflage, unzulässige Oberschwingungen mittels Filter oder mit der Aktivfilterfunktion der USV-Anlage zu eliminieren. Die Filter resp. die Aktivfilterfunktion können auch zur Kompensation von der Grundschwingungsblindleistung eingesetzt werden. Anforderungen des einspeisenden Netzes

9.2. ANGABEN SEITENS DES HERSTELLERS

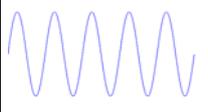
- **Qualitäts-/Energiematrix:** Mit der Qualitäts-/Energiematrix gibt der Lieferant verbindliche Werte bezüglich der Störungsbehebung am Ausgang, der Netzurückwirkungen am Eingang und der Verluste, resp. Wirkungsgrade im Normalbetrieb der USV-Anlage an (Anhang 4). Bei der Beurteilung sind der Systemaufbau und die Kundenoptionen zu berücksichtigen, weil diese die Qualität und die Verluste der gesamten Anlage beeinflussen. Q/E-Matrix
- **Typ der einzusetzenden USV-Anlage, eventuell Varianten:** Der Hersteller bestimmt aufgrund der Spezifikation des Pflichtenheftes den Typ der einzusetzenden Anlage. Geeigneter Typ
- **Aufbau der eingesetzten Anlage:** Der Hersteller schlägt aufgrund der spezifizierten erwarteten USV-Last vor, ob eine modular aufgebaute und erweiterbare Anlage lieferbar und sinnvoll ist. Aufbau
- **Betriebsweise der USV-Anlage:** Der Hersteller definiert, ob die USV-Anlage dem Lastprofil folgen kann, d.h. teilweise oder ganz abschaltbar ist oder im Dauerbetrieb gefahren werden muss (z.B. automatische Nacht-, oder Wochenendabschaltung). Zudem gibt er an, ob die Anlage dauernd oder zeitweise (z.B. ausserhalb der offiziellen Arbeitszeiten) über den Bypass betrieben werden kann. Möglichkeiten der verschiedenen Betriebsarten
- **Angabe zu notwendigem Einbau von Filtern:** Mit dem Einbau von Filtern kann der Oberschwingungsgehalt, allenfalls verursacht durch die USV-Anlage, verkleinert werden. Damit sind die Zusatzverluste durch die Oberschwingungsblindleistungen im Energieversorgungsnetz reduzierbar. Moderne USV-Anlagen weisen zunehmend eine Aktivfilterfunktion auf, so dass der Einbau von zusätzlichen Filtern nicht mehr notwendig ist. Besondere Massnahmen zur Einhaltung der Anforderung des einspeisenden Netzes

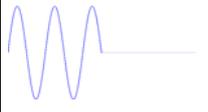
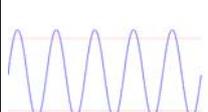
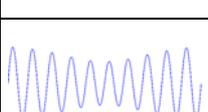
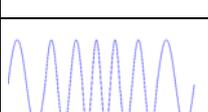
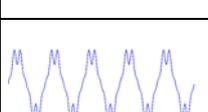
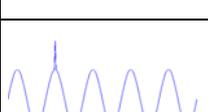
ANHANG

- Anhang 1: Checkliste zum versorgenden Netz
- Anhang 2: Checkliste der Verbraucher
- Anhang 3: Oberschwingungsbeurteilung (Kurzfassung)
(VSE-Empfehlung 2.72d-97; Beiblatt B)
- Anhang 4: Qualitäts-/Energiamatrix

Anhang 1: Checkliste zum versorgenden Netz

Teil 1: Qualität des versorgenden Netzes

Netzspannung im Normalfall (gemäss EN 50160)		
	Während 95 % der Zeit: Spannung 230 V +/- 10 % Frequenz 50 Hz +/- 1 % Während 100 % der Zeit: Frequenz 50 Hz + 4 /- 6 %	<input type="checkbox"/> Netzspannung im Normalfall gemäss EN 50160 erfüllt

Netzstörungen		
	Art der Störung Mögliche Ursachen	Beurteilung Eintretenswahrscheinlichkeit; Grösse der Netzstörung
	Netzausfall Unwetter Transformator-, Generatorausfälle	Jederzeit möglich
	Netzunterbruch, Netzeinbruch Unwetter, Schalthandlungen im Netz Kurzschlüsse	Jederzeit möglich
	Über-, Unterspannung Über- und Unterbelastung des Netzes	<input type="checkbox"/> häufig $\Delta U =$ <input type="checkbox"/> selten $\Delta U =$ <input type="checkbox"/> nie
	Spannungsschwankungen Grosse Laständerungen	<input type="checkbox"/> häufig $\Delta U =$ <input type="checkbox"/> selten $\Delta U =$ <input type="checkbox"/> nie
	Frequenzschwankungen Selten im europäischen UCTE-Netz Möglich im Inselbetrieb (z.B. beim Einsatz von Netzersatzanlagen)	<input type="checkbox"/> Kein Inselbetrieb mit Netzersatzanlage $\rightarrow \Delta F$ ist vernachlässigbar <input type="checkbox"/> Inselbetrieb mit Netzersatzanlage $\rightarrow \Delta F =$
	Spannungsverzerrungen Oberwellen durch Gleich- und Wechselrichter Getaktete Netzteile	Abhängig von anderen Verbrauchern; Spannungsklirrfaktor $K_U =$
	Spannungsspitzen Blitzeinschläge, Schalthandlungen Kurzschlüsse, Gleich und Wechselrichter	Jederzeit möglich; Schnelle Transiente (IEC 1000 4-4) $U_{Peak} =$ Energiereiche Transiente (IEC 1000 4-5) $U_{Peak} =$

Netzkurzschlussleistung S_{KV} am Anschlusspunkt

$S_{KV} =$

Anhang 1: Checkliste zum versorgenden Netz

Teil 2: Anforderungen des versorgenden Netzes an die Verbraucher

Minimaler Leistungsfaktor $\lambda_{\min} =$

Emissionsgrenzwerte für einzelne Oberschwingungsströme I_v

v	3	5	7	11	13	17	19	> 19
p_v	6 (18)*	15	10	5	4	2	1.5	1
I_v								
$I_v / I_A = p_v / 1000 * \text{sqr} (S_{kV} / S_A)$				S_{kV} = Netzkurzschlussleistung am Anschlusspunkt = S_A = Anschlussleistung der Verbraucher = I_A = Strombezugsgrösse bei S_A = *) Der zwischen den Klammern gesetzte Wert gilt für den Neutralleiter				

Emissionsgrenzwert für die Gesamtheit aller Oberschwingungsströme THDi_A

$$\text{THDi}_A = \text{sqr}(\sum_{v=2}^{40} I_v^2) / I_A \leq 0.02 * \text{sqr} (S_{kV} / S_A) =$$

Anhang 2: Checkliste der Verbraucher

Teil 2: Qualität der Verbraucher

Verbraucher	Ref.-Nr.	Leistung (VA)	GL-Faktor (Gleichzeitigkeit)	Leistungsbezug			Leistung der Oberschwingungserzeuger *)		
				Leistungs- faktor λ	Wirkleistung (W)	Blindleistung gesamt inkl. Oberschwing- ungen (Var)	Keine Berücksichtigung THDi < 105% (ja/nein)	Gruppe 1 10% <= THDi <= 25% (VA)	Gruppe 2 THDi > 25% (VA)
Total Verbraucher		S_A =		λ =				S_{Gr.1} =	S_{Gr.2} =
							Leistung der Oberschwingungserzeuger S_{Os}		
							S_{Os} = 0.5 * S_{Gr.1} + S_{Gr.2} =		
							Oberschwingungslastanteil		
							S_{Os} / S_A =		

*) THDi = Gesamtüberschwingungsgehalt des Stromes eines einzelnen Verbrauchers

Anhang 3: Oberschwingungsbeurteilung

(Kurzfassung der VSE-Empfehlung 2.72d-97; Beiblatt B)

Nachdem die Daten der Kundenanlage erfasst worden sind, erfolgt die Beurteilung in drei Schritten:

1. Leistungsverhältnis S_{KV} / S_A (Schritt 1)

Eine weitergehende Anschlussbeurteilung kann entfallen, wenn das Verhältnis Kurzschlussleistung am Verknüpfungspunkt S_{KV} zu Anschlussleistung der Kundenanlage S_A der zutreffenden Bedingung genügt:

Niederspannung:	$S_{KV} / S_A \geq 150$
Mittelspannung:	$S_{KV} / S_A \geq 300$

2. Oberschwingungslastanteil S_{OS} / S_A (Schritt 2)

Die Oberschwingungslast S_{OS} der Kundenanlage umfasst neben den neu anzuschliessenden Oberschwingungserzeugern auch die bereits vorhandenen. Die Einteilung geschieht in zwei Gruppen, entsprechend dem Oberschwingungsgehalt des Stromes:

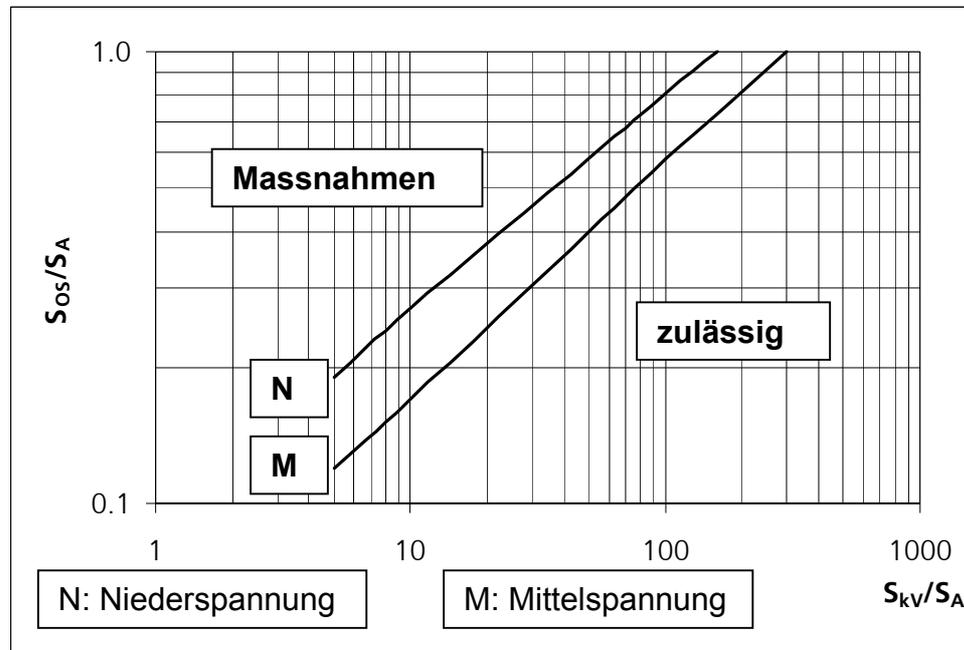
- Gruppe 1:** Hierzu gehören Stromrichter mit Pulszahlen ≥ 12 , Leuchtstofflampen und andere Gasentladungslampen mit induktivem Vorschaltgerät.
- Gruppe 2:** Zu dieser Gruppe gehören 6-pulsige Stromrichter, Drehstromsteller, Inverterschweißgeräte, elektronisch geregelte Wechselstrommotoren, Dimmer, TV-Geräte, Computer einschliesslich Peripheriegeräte, Kompaktleuchtstofflampen mit elektronischem Vorschaltgerät und Geräte der Unterhaltungselektronik.

Die Leistungen aller Oberschwingungserzeuger sind unter Berücksichtigung der zu erwartenden Gleichzeitigkeit je Gruppe zu $S_{Gr.1}$ bzw. $S_{Gr.2}$ zusammenzufassen. Bei der Summenbildung wird zwischen Leistungsangaben in kW und kVA nicht unterschieden. Den wirksamen Oberschwingungslastanteil erhält man schliesslich aus:

$$S_{OS}/S_A = (0.5 \cdot S_{Gr.1} + S_{Gr.2}) / S_A$$

3. Bewertung des Oberschwingungslastanteils S_{OS} / S_A (Schritt 3)

Die Bewertung der Kundenanlage hinsichtlich Oberschwingungen erfolgt mit Hilfe des folgenden Diagramms:



Zunächst wird im Diagramm jene Stelle markiert, die durch die zuvor ermittelten Werte für das Leistungsverhältnis S_{kv} / S_A und den Oberschwingungslastanteil S_{OS} / S_A festgelegt ist.

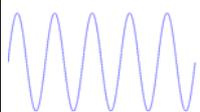
Für die anschliessende Bewertung ist die Lage dieser Stelle in bezug auf die zutreffende Kurve massgebend. Je nachdem in welcher Spannungsebene sich der Verknüpfungspunkt befindet, kommt entweder die Kurve für die Niederspannung oder jene für die Mittelspannung zur Anwendung:

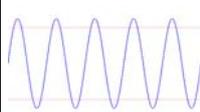
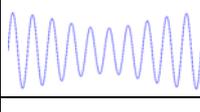
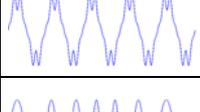
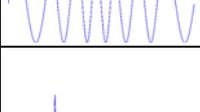
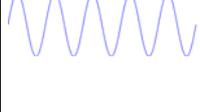
- Wenn die markierte Stelle im Bereich unterhalb der Kurve liegt, sind keine Massnahmen erforderlich. Das Gerät oder die Anlage kann in der geplanten Form angeschlossen werden.
- Befindet sich hingegen die markierte Stelle im Bereich oberhalb der Kurve, dann sind Massnahmen zur Begrenzung der Oberschwingungen notwendig.

Anhang 4: Qualitäts-/Energiamatrix

USV - Typ:	Nennwirkleistung (P_{Nenn}):
Hersteller:	Nennscheinleistung (S_{Nenn}):

Netzspannung im Normalfall (U_{NORM} gemäss EN 50160)

	Spannung Frequenz	230 V +/- 10 % 50 Hz +/- 1.0 %
---	----------------------	-----------------------------------

	Netzstörungen (Eingang) Art der Störung (Messverfahren) Bereich	Störungsbehebung (Ausgang)			
		Normalbetrieb über USV		Normalbetrieb über Bypass (vor der Netzstörung)	
		U_{NORM} erfüllt ?	Abweichung von U_{NORM}	U_{NORM} erfüllt ?	Abweichung von U_{NORM}
	Netzausfall (Kap. 2) $t_{\text{UE}} > 1 \text{ s}$	ja/nein		ja/nein	
	Netzunterbruch, Netzeinbruch (Kap. 4.1, 4.5 – 4.7) $t_{\text{UE}} < 1 \text{ s}$	ja/nein		ja/nein	
	Über-, Unterspannung (Kap. 3.1 – 3.4) $\Delta U_E = +/- 10 \%$ $\Delta U_E = +/- 25 \%$	ja/nein		ja/nein	
	Spannungsschwankungen (Kap. 4.1 – 4.4) $\Delta U_E = - 30 \%$ $\Delta U_E = - 60 \%$	ja/nein		ja/nein	
	Spannungsverzerrungen (Kap. 5) Störpegel der Klasse 3 Gemäss IEC 61000-4-13	ja/nein		ja/nein	
	Frequenzschwankungen (Kap. 3.1; 3.5 – 3.7) $\Delta f_{\text{ESprung}} = +/- 10 \%$ $\Delta f_{\text{Ekont}} = +/- 10 \%$	ja/nein		ja/nein	
	Spannungsspitzen (Kap. 6) schnelle Transiente gemäss IEC 1000-4-4	ja/nein		ja/nein	
	energiereiche Transiente gemäss IEC 1000-4-5	ja/nein		ja/nein	

Legende:

U_{NORM}	Normspannung gemäss EN 50160 (230 V +/- 10 %; 50 Hz +/- 1.0 %)
P_{Nenn}	Max. Dauerausgangswirkleistung bei linearer, ohmscher Belastung
S_{Nenn}	Max. Dauerausgangsscheinleistung bei nichtlinearer Belastung gemäss EN 50091

Last:

50 %, lineare, ohmsche Last
Die Messung der Spannungsspitzen erfolgt bei 50 %, linearer, ohmscher Last oder bei einer Belastung von max. 16 A / Phase bei USV-Anlagen mit einer Leistung grösser als 20 kVA

Netzurückwirkungen im Normalbetrieb am Eingang bei 230 V (Messverfahren Kap. 7)

Betrieb über USV			Lasten am Ausgang
Leistungsfaktor	Klirrfaktor des Eingangsstromes	Stromspektrum Referenznummer	
$\lambda =$	$k =$ %		bei 100 % linearer, ohmscher Last (P_{Nenn})
$\lambda =$	$k =$ %		bei 100 % nichtlinearer Last gemäss EN 50091 (S_{Nenn})
$\lambda =$	$k =$ %		bei maximalem Ausgangsstrom (Leistungsfaktor $\lambda =$)
$\lambda =$	$k =$ %		bei 0-10 %, 50 %, 100 %, asymmetrischer, nichtlinearer Last gemäss EN 50091
Betrieb über Bypass			Lasten am Ausgang
Leistungsfaktor	Klirrfaktor des Eingangsstromes	Stromspektrum Referenznummer	
$\lambda =$	$k =$ %		bei 100 % linearer, ohmscher Last (P_{Nenn})
$\lambda =$	$k =$ %		bei 100 % nichtlinearer Last gemäss EN 50091 (S_{Nenn})
$\lambda =$	$k =$ %		bei maximalem Ausgangsstrom (Leistungsfaktor $\lambda =$)
$\lambda =$	$k =$ %		bei 0-10 %, 50 %, 100 %, asymmetrischer, nichtlinearer Last gemäss EN 50091

Verluste und Wirkungsgrade im Normalbetrieb (Eingangsspannung $U_E = 230 \text{ V} \pm 10 \%$) (Messverfahren Kap. 8)

Betrieb über USV								
Leistung	Verluste (in W) und Wirkungsgrade (in %) bei Betrieb über USV mit							
	linearer, ohmscher Last		nichtlinearer Last gemäss EN 50091		max. Ausgangsstrom ($\lambda =$)		asymmetrischer, nicht-linearer Last gemäss EN 50091	
50 % Nennleistung	W	%	W	%	-----	-----	W	%
75 % Nennleistung	W	%	W	%	-----	-----	-----	-----
100 % Nennleistung	W	%	W	%	W	%	-----	-----
Standby-Verluste: W bei $U_A = 230 \text{ V}$ und $I_A = 0 \text{ A}$								
Betrieb über Bypass								
Leistung	Verluste (in W) und Wirkungsgrade (in %) bei Betrieb über Bypass mit							
	linearer, ohmscher Last		nichtlinearer Last gemäss EN 50091		max. Ausgangsstrom ($\lambda =$)		asymmetrischer, nicht-linearer Last gemäss EN 50091	
50 % Nennleistung	W	%	W	%	-----	-----	W	%
75 % Nennleistung	W	%	W	%	-----	-----	-----	-----
100 % Nennleistung	W	%	W	%	W	%	-----	-----
Standby-Verluste: W bei $U_A = 230 \text{ V}$ und $I_A = 0 \text{ A}$								