



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für  
Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK  
**Bundesamt für Energie BFE**

**Überarbeiteter Bericht** 31. Oktober 2010

---

# **Energieoptimierte Planung und Betrieb von USV-Anlagen**

Ein Leitfaden für Planer und Betreiber

---

**Auftraggeber:**

Bundesamt für Energie BFE  
Forschungsprogramm Elektrizitätstechnologien & -anwendungen  
CH-3003 Bern  
[www.bfe.admin.ch](http://www.bfe.admin.ch)

**Auftragnehmer:**

Schnyder Ingenieure AG  
Bösch 23  
CH-6331 Hünenberg  
[www.schnyderingenieure.ch](http://www.schnyderingenieure.ch)

**Autoren:**

Dr. Gilbert Schnyder, Schnyder Ingenieure AG, gilbert.schnyder@sing.ch  
Peter Mauchle, Schnyder Ingenieure AG, peter.mauchle@sing.ch

**BFE-Bereichsleiter:** Dr. Michael Moser

**BFE-Programmleiter:** Roland Brüniger

**BFE-Vertrags- und Projektnummer:** 151685 / 101109

Für den Inhalt und die Schlussfolgerungen ist ausschliesslich der Autor dieses Berichts verantwortlich.

## INHALTSVERZEICHNIS

<b>Zu dieser Broschüre .....</b>	<b>1</b>
<b>1. Allgemeines.....</b>	<b>2</b>
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
<b>2. Aufbau und Nenngrößen .....</b>	<b>5</b>
2.1. Komponenten.....	5
2.2. Dynamische Energiespeicher für USV-Anlagen.....	7
2.3. Zusatzelemente.....	9
2.4. Überwachung der USV-Anlage .....	10
2.5. Verfügbarkeit.....	10
2.6. Modularer Aufbau .....	13
2.7. Netzabhängige USV-Anlagen.....	13
<b>3. Betriebsarten.....</b>	<b>15</b>
3.1. Betrieb über USV.....	15
3.2. Betrieb über Bypass.....	16
3.3. Betrieb bei Netzausfall und Netzstörungen.....	17
3.4. Wartung.....	17
3.5. Klassifizierung gemäss IEC 62040-3.....	18
<b>4. Zu versorgende Last .....</b>	<b>19</b>
4.1. Die Last: Entscheidende Planungsgrösse.....	19
4.2. Spirale der Sicherheitszuschläge.....	19
4.3. Bestimmung der Last.....	20
<b>5. Rotierende USV-Anlagen.....</b>	<b>23</b>
5.1. Dynamisches USV-System.....	23
5.2. Anwendungsbereiche.....	26
<b>6. USV – Systemaufbau.....</b>	<b>29</b>
6.1. Bautyp .....	29

---

6.2.	Verbraucheranforderungen definieren das Konzept .....	30
6.3.	Zentrale und dezentrale USV-Versorgung.....	32
6.4.	Aufbau Energieversorgungssystem mit USV und Netzersatz-Anlage .....	35
6.5.	Aufbau Energieversorgungssystem mit USV-Anlagen gemäss Tier IV für Datacenter .....	37
<b>7.</b>	<b>Energieoptimierte Planung und Betrieb .....</b>	<b>38</b>
7.1.	Wirkungsgrad und Verluste .....	38
7.2.	Dimensionierung einer redundanten Anlage .....	39
7.3.	Auswahl des Fabrikates .....	41
7.4.	Wahl der Betriebsart .....	41
<b>8.</b>	<b>Anforderungen für einen optimalen Einsatz.....</b>	<b>44</b>
8.1.	Versorgendes Netz.....	44
8.2.	Verbraucher.....	45
8.3.	Vergleich des versorgenden Netzes mit den Verbrauchern .....	46
8.4.	Bestimmung der USV-Anlage .....	50
8.5.	Betrieb der USV-Anlage.....	51
8.6.	Gewährleistung der Abschaltung von Kurzschlüssen am Ende langer Leitungen .....	51
8.7.	Entscheidungskriterien für die Bestimmung der USV-Anlage.....	52
<b>9.</b>	<b>Grundregeln der Planung.....</b>	<b>54</b>
9.1.	Lasten mit USV-Berechtigung .....	54
9.2.	Planungsinformation .....	54
9.3.	Dimensionierung der Anlage .....	55
9.4.	Wahl des Typs und der Betriebsart.....	55
9.5.	Aufbau .....	55
9.6.	Steuerung.....	56
9.7.	Wirtschaftlichkeitsrechnung und Variantenvergleich.....	56
9.8.	Konfiguration von USV-Systemen mit Zusatzelementen.....	57
9.9.	Konfiguration des Energieversorgungsnetzes .....	57
9.10.	Ersatzvarianten .....	57
<b>10.</b>	<b>Ausschreibungen: Energetische und qualitative Spezifikation .....</b>	<b>58</b>
10.1.	Angaben seitens der Planung .....	58
10.2.	Angaben seitens des Herstellers.....	59
10.3.	Musterausschreibung für USV-Anlagen.....	59
10.4.	Evaluation von USV-Anlagen mittels Betrachtung der Lebenszykluskosten.....	60
<b>11.</b>	<b>Code of Conduct für USV-Anlagen.....</b>	<b>61</b>
<b>12.</b>	<b>Weitere internationale Aktivitäten bezüglich USV-Anlagen.....</b>	<b>62</b>

## 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. Zudem soll die Broschüre als Best Practise Guide auch aufzeigen, wie die beste Anwendung einer USV-Anlage erreicht werden kann.

Inhalt der Broschüre  
- Typen  
- Konfigurationen  
- Energetische Gesichtspunkte  
- Best Practise Guide

# 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.

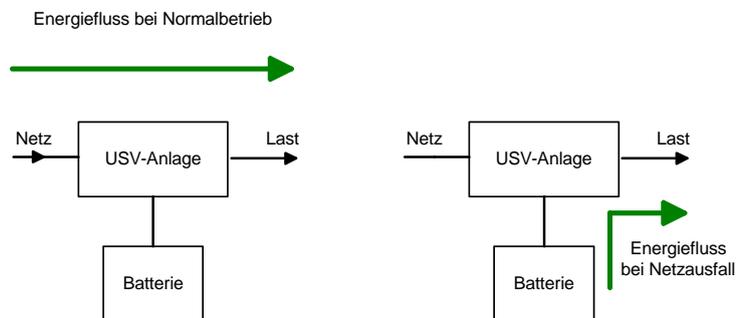
## 1.3. FUNKTION VON USV-ANLAGEN

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.

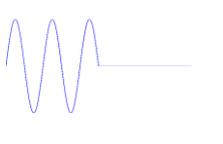
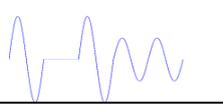
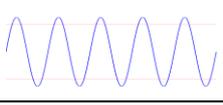
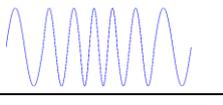
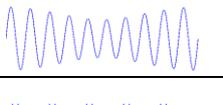
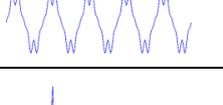
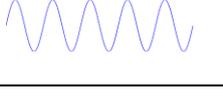
Netzstörungen		Mögliche Ursachen
	Netzausfall	Unwetter Schalthandlungen im Netz Kurzschlüsse
	Netzunterbruch, Netzeinbruch	Unwetter Schalthandlungen im Netz Kurzschlüsse
	Über- Unterspannung	Über- und Unterbelastung des Netzes
	Frequenz- schwankungen	Im europäischen Stromver- sorgungsnetz selten; mög- lich im Inselbetrieb <sup>1</sup>
	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

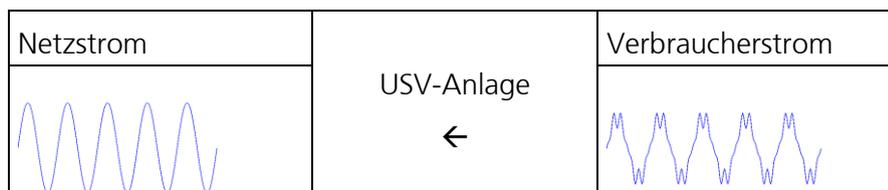


Abbildung 3:  
Stromverläufe einer USV-Anlage  
mit Aktivfilterfunktion

- 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

<sup>1</sup> 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:

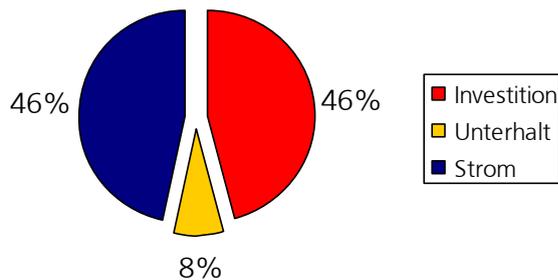
$P_{\text{Nenn}}$	maximale Dauerausgangswirkleistung bei linearer, ohmscher Belastung.
$S_{\text{Nenn}}$	maximale Dauerausgangsscheinleistung bei nichtlinearer Belastung gemäss IEC 62040-3.

### 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. Der vorliegende Leitfaden ist schwergewichtig auf die Planung und den Betrieb von statischen USV-Anlagen ausgerichtet. In den Kapiteln 2.2 und 5 werden als Alternative dazu für USV-Anlagen mit einer Leistung ab 400 kVA der Aufbau und die Funktion der rotierenden USV-Anlagen sowie der rotierenden Speicher dargestellt.

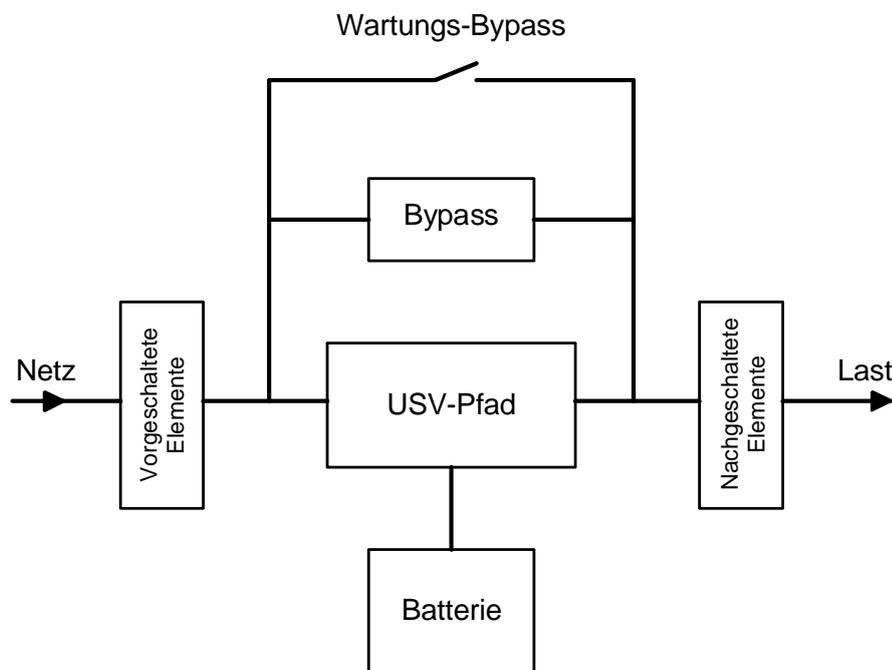


Abbildung 5:  
Prinzipieller Aufbau einer USV-Anlage

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:

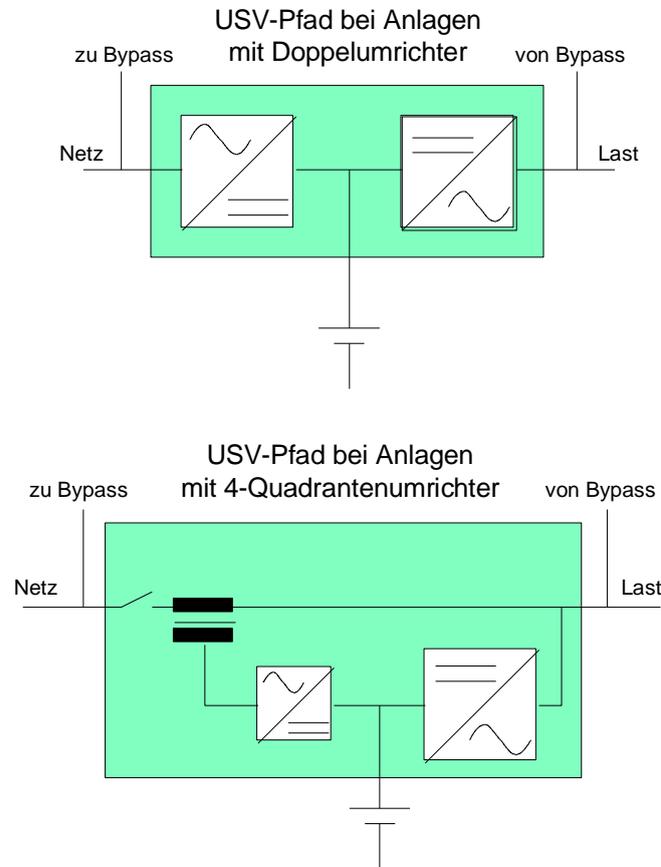
USV-Pfad

- 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:  
Prinzipielle Darstellung der Hauptkomponenten im USV-Pfad bei Anlagen mit Doppelumrichter und Anlagen mit 4-Quadrantenumrichter.

(Produktspezifische Komponenten, wie Booster zur Hochsetzung der Gleichspannung oder Bauteile zur Batteriebewirtschaftung sind in der prinzipiellen Darstellung nicht enthalten)



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.

Energiespeicher Batterien Die **Batterien** werden als Energiespeicher zur Überbrückung von Netzausfällen und als Puffer zur Abschirmung der Verbraucher vor Netzstörungen eingesetzt. Alternativ zu Batterien sind auch rotierende Energiespeicher möglich.

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. DYNAMISCHE ENERGIESPEICHER FÜR USV-ANLAGEN

Alternativ zu den Batterien als Energiespeicher für USV-Anlagen können auch dynamische Speicher eingesetzt werden.

Dynamische Speicher als Alternative zu den Batteriespeichern.

Die USV-Anlagen mit dynamischen Speichern unterscheiden sich gegenüber den konventionellen USV-Anlagen mit Batteriespeicherung im Wesentlichen darin, dass bei den dynamischen Anlagen die Energie in mechanischer Form als Rotationsenergie und bei den konventionellen Anlagen die Energie in chemischer Form in den Batterien gespeichert ist. Der Aufbau der USV-Anlagen mit dynamischen Speichern, wie in Abbildung 7 dargestellt, ist ähnlich demjenigen der konventionellen Anlagen. Anstelle der Batterieanlage wird ein dynamischer Energiespeicher eingesetzt. Der dynamische Energiespeicher ist dabei an den Gleichstromkreis zwischen dem netzseitigen Gleichrichter und dem verbraucherseitigen Wechselrichter angeschlossen.

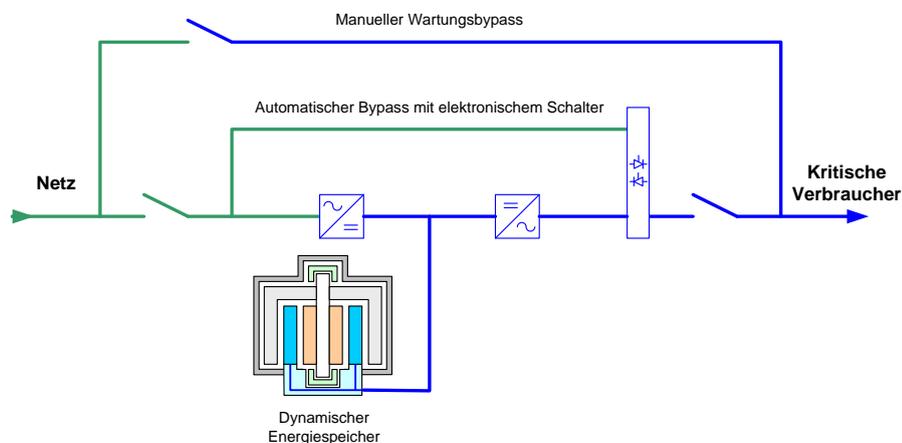


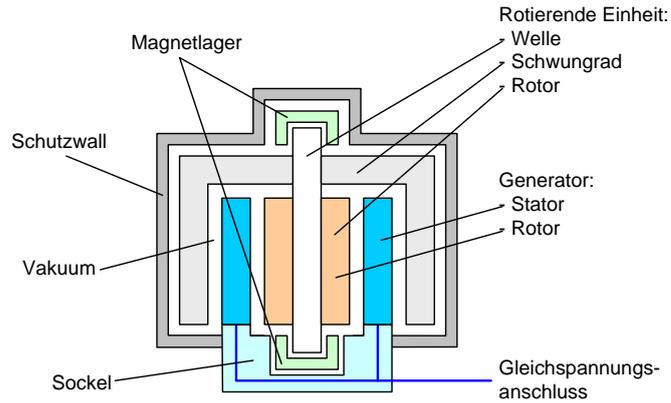
Abbildung 7:  
Prinzipieller Aufbau einer USV-Anlage mit dynamischem Speicher

Der dynamische Energiespeicher ist im Wesentlichen ein extrem schnell rotierendes Schwungrad. Bei den üblichen Realisierungen eines dynamischen Energiespeichers bilden das Schwungrad, die Welle und der Rotor eine rotierende Einheit, die ohne in Kontakt mit anderen Teilen zu geraten, von Magnetfeldern in der Schwebe gehalten wird (Abbildung 8).

Ein wartungsfreies, internes Systemvakuum im dynamischen Energiespeicher verhindert das Auftreten von Reibung. Bleibt eine Versorgung ab dem Netz aus, liefert der Generator des dynamischen Energiespeichers, bestehend aus dem Stator und dem Rotor der rotierenden Einheit, Energie an den Wechselrichter der USV-Anlage, um so eine kontinuierliche Spannungsversorgung auch während der Autonomiephase sicher zu stellen. Während der Autonomiephase wird die Energie aus dem dynamischen Energiespeicher bezogen, wodurch die rotierende Einheit abgebremst wird. Bei Netzwiederkehr, nimmt das Schwungrad üblicherweise in weni-

ger als 20 Sekunden seine ursprüngliche Drehzahl wieder auf und die Autonomiefunktion ist wieder verfügbar.

Abbildung 8:  
Prinzipieller Aufbau eines dynamischen Energiespeichers



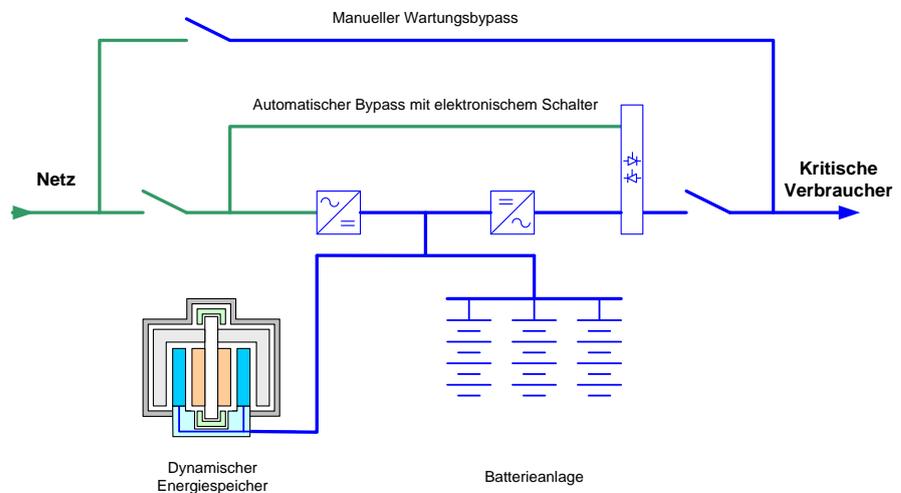
Dynamische Speicher sind ideal, wenn kurzzeitig grosse Leistungen benötigt werden.

USV-Anlagen mit dynamischen Speichern sind prinzipiell überall einsetzbar, wo auch USV-Anlagen mit Batterieanlagen eingesetzt werden können. Dynamischen Speicher werden allerdings optimal dort eingesetzt, wo kurzzeitig grosse Leistungen erforderlich sind. Im Gegensatz dazu liegt der optimale Einsatzbereich für Batterieanlagen dort, wo die Versorgung über eine längere Zeit, d.h. im Bereich von mehreren Minuten bis Stunden erforderlich ist.

Mit dynamischen Energiespeichern, die parallel zu Batterieanlagen geschaltet werden, kann die Lebensdauer der Batterien erhöht werden.

Dynamische Energiespeicher und Batterieanlagen können auch parallel an den Gleichstromkreis einer USV-Anlage angeschlossen werden (Abbildung 9). Dabei behebt der dynamische Energiespeicher Netzstörungen und übernimmt die Energieversorgung bei kurzen Spannungsausfällen. Die Batterieanlagen müssen somit nur für längere Spannungsausfälle in Anspruch genommen werden. Die Parallelschaltung eines dynamischen Energiespeichers zur Batterieanlage hilft, die Lebensdauer der Batterien zu verlängern, indem die ständige Beanspruchung der Batterien vermieden und die Anzahl der Lade- und Entladezyklen verringert wird.

Abbildung 9:  
Parallelbetrieb dynamischer Energiespeicher mit Batterieanlage



## 2.3. 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 Ausgangssaugdrossel 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 USV-Anlagen und auch von Verbrauchergeräten vermehrt direkt den Leistungsfaktor kompensieren, d.h. sie werden dem Netz einen sinusförmigen Eingangsstrom entziehen. Damit werden die Zusatzelemente zur Reduktion der Netzurückwirkungen an Bedeutung verlieren.

Der Einsatz Leistungsfaktor kompensierter Gleichrichter in den USV-Anlagen und in den Verbrauchergeräten verringert die Problematik der Netzurückwirkungen.

## 2.4. ÜBERWACHUNG DER USV-ANLAGE

Zur Überwachung und Steuerung der USV-Anlagen sind diese mit Einheiten zur lokalen Bedienung und zur Fernbedienung ausgerüstet.

Einfache Überwachungs- und Steuerungsfunktionen sind vor Ort möglich.

Die einfachste Art zur Anlagenüberwachung wird mit Warnleuchten auf der Vorderseite der USV-Anlage realisiert. Zusätzlich zur Störungsanzeige mit Warnleuchten kann dabei der Anlagenbetreiber auch mit einem akustischen Signal alarmiert werden. Zudem können über ein alphanumerisches Bedienfeld weitere Informationen über den Betriebszustand der USV-Anlage abgefragt werden oder die Steuerungsparameter geändert werden.

Betriebszustände, Sammelalarme und der Batterieladezustand können mittels potentialfreien Kontakten auf ein Alarmerfassungs- oder Gebäudeleitsystem aufgeschaltet werden.

Zur Fernüberwachung und Fernsteuerung der USV-Anlage bestehen unterschiedliche Möglichkeiten. Die bezüglich der Schnittstellen einfachste Fernüberwachung erfolgt mit der Aufschaltung von potentialfreien Kontakten auf ein Alarmerfassungssystem oder eine Unterstation eines Gebäudeleitsystems. Dabei bleibt die Erfassung der Betriebszustände und Alarme auf eine geringe Anzahl Signale beschränkt, wie z.B. Betriebszustände, Sammelalarme, Batterieladezustand usw.

Uneingeschränkte Fernbedienung der USV-Anlage über serielle Schnittstellen.

Werden detaillierte Ferndiagnosen oder Auswertungen der USV-Anlage benötigt, so muss der Informationsaustausch über eine serielle Schnittstelle erfolgen. Die Überwachung und Steuerung der USV-Anlage kann dabei in das System eines umfassenden technischen Unterhaltungsdienstes eingebunden werden.

Schnittstellen zur sicheren Abschaltung von Verbrauchern.

Über die Kommunikationsschnittstellen der USV-Anlage können Informationen zur sicheren Abschaltung von Verbrauchern ausgegeben werden, z.B. für den Fall, wenn die Autonomiezeit der USV-Anlage dem Ende entgegen geht.

## 2.5. VERFÜGBARKEIT

Hohe Verfügbarkeit der Versorgung der Verbraucher als Hauptaufgabe von USV-Anlagen

Mit USV-Anlagen soll in erster Linie eine hohe Verfügbarkeit der Versorgung der angeschlossenen Verbraucher erreicht werden. Damit dieses Ziel erreicht wird, ist eine hohe Verfügbarkeit der USV-Anlagen und der Batterien erforderlich.

Die Zeit zwischen zwei Fehlern und die Reparaturzeit bestimmen die Verfügbarkeit eines Systems

Die Verfügbarkeit eines Systems wird mit Methoden der Wahrscheinlichkeitsrechnung ermittelt. Für diese Berechnung werden die statistischen Werte MTBF (Mean Time Between Failures), d.h. die Zeit zwischen zwei Fehlern, und MTTR (Mean Time To Repair), d.h. die Reparaturzeit, beigezogen. Die Verfügbarkeit A (Availability) wird vereinfacht gemäss folgender Formel berechnet:

Formel 1:  
Allgemeine Berechnung der Verfügbarkeit A (Availability)

$$A = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$$

Die Verfügbarkeit eines Systems, d.h. die Wahrscheinlichkeit, dass das System zu einem vorgegebenen Zeitpunkt in einem funktionsfähigen Zustand anzutreffen ist, ist dabei umso grösser, je näher der Wert A bei 1.0 liegt.

Die Verfügbarkeit einer direkten Versorgung ab dem Netz ist für einzelne Anschlusspunkte sehr unterschiedlich. In einem städtischen Netz mit z.B. einer MTBF von 1000 h und einer MTTR von 0.1 h beträgt die Verfügbarkeit 99.990 %. Für USV-Anlagen heisst dies, dass die Verfügbarkeitsanforderungen sehr hoch sind, um diesbezüglich keine Verschlechterung gegenüber dem versorgenden Netz zu verursachen. Kann die Ausfallzeit des versorgenden Netzes mit dem Betrieb der USV-Anlage ab Batterie überbrückt werden, so ist die Verfügbarkeit der Versorgung der angeschlossenen Verbraucher nur noch von der USV-Anlage abhängig.

Die Verfügbarkeit einer USV-Anlage inkl. der Batterieanlage muss grösser sein als die Verfügbarkeit der Versorgung ab dem öffentlichen Netz

Der Ausfall von IT-Systemen wird zu einem grossen Anteil, d.h. ca. 20 %, durch unzureichende Spannungsversorgung verursacht. Eine Einspeisung mit hoher Verfügbarkeit bewirkt somit eine starke Verbesserung der Verfügbarkeit von IT-Systemen.

Eine zuverlässige Spannungsversorgung verbessert die Verfügbarkeit von IT-Systemen.

Der MTBF Wert von USV-Anlagen ist stark von den Umgebungsbedingungen abhängig. So ist der MTBF bei einer Umgebungstemperatur von 35 °C viel schlechter als bei 22 °C. Zudem ist auch die Höhe über Meer einer installierten USV-Anlage ein nicht zu vernachlässigender Faktor, wobei auf Meereshöhe die besten Werte erreicht werden. Der MTBF Wert ist abhängig von den einzelnen Komponenten der USV-Anlage, wie Gleichrichter, Wechselrichter, Hochsetzer, Filter, Transformatoren und der Batterieanlage. Dabei ist für die Zuverlässigkeit des Systems der Wechselrichter der massgebende Teil, denn er ist bei allen Betriebsarten, bei denen die Verbraucher ab dem USV-Pfad versorgt werden, beteiligt.

Die Verfügbarkeit einer USV-Anlage ist abhängig von den Umgebungsbedingungen. Hohe Umgebungstemperaturen reduzieren die Verfügbarkeit stark

Der Wechselrichter ist das bestimmende Element für die Verfügbarkeit von USV-Anlagen

Einen grossen Einfluss auf die Verfügbarkeit einer USV-Anlage hat die Reparaturzeit, was das folgende Rechenbeispiel für ein System mit einer MTBF von 50'000 h zeigt:

Die Reparaturzeit hat einen grossen Einfluss auf die Verfügbarkeit

- Reparaturzeit 24 h

$$A = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} = \frac{50'000}{50'000 + 24} = 0.99952$$

Formel 2:  
Berechnung der Verfügbarkeit mit langer Reparaturzeit

- Reparaturzeit 2 h

$$A = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} = \frac{50'000}{50'000 + 2} = 0.99996$$

Formel 3:  
Berechnung der Verfügbarkeit mit kurzer Reparaturzeit

Kurze Reparaturzeiten erhöhen die Verfügbarkeit von USV-Anlagen. Die vorteilhaften kurzen Reparaturzeiten können durch Vorratshaltung von Ersatzteilen, integrierten Diagnosesystemen und durch Fernwartung erreicht werden. Zudem ist auch ein funktionierendes Servicenetz des Lieferanten ein wichtiger Faktor zur Gewährleistung von minimalen Reparaturzeiten.

Kurze Reparaturzeiten können mit verschiedenen Massnahmen erreicht werden

Die kürzesten Reparaturzeiten werden jedoch erreicht, wenn der Betreiber einer USV-Anlage die Reparatur selbst ausführen kann. Dies ist bei USV-Anlagen mit steckbaren Modulen, die während dem Betrieb ausgewechselt werden können, den so genannten „Hot Swap“ fähigen Anlagen, möglich. Ist ein Reserve Modul vorhanden, so reduziert sich die Reparaturzeit auf maximal 30 Minuten und die Verfügbarkeit im Rechenbeispiel erhöht sich auf 99.999 %.

Modulare „Hot Swap“ fähige USV-Anlagen weisen sehr kurze Reparaturzeiten auf.

Der statische Bypass und auch die regelmässige Wartung erhöhen die Verfügbarkeit von USV-Anlagen

Die MTBF Werte von USV-Anlagen mit statischem Bypass sind um einiges höher als solche ohne Bypass. Mit einer regelmässigen Wartung, z.B. mittels Wartungsvertrag, kann der MTBF Wert gegenüber nicht regelmässig gewarteten Anlagen ebenfalls stark erhöht werden.

Die Parallelschaltung von redundanten USV-Einheiten erhöht die Verfügbarkeit entscheidend

Mit einer Parallelschaltung von USV-Anlagen, d.h. einer (n+1) – Konfiguration kann die Verfügbarkeit des Systems entscheidend verbessert werden. (n+1) – Konfiguration bedeutet, dass von allen parallel geschalteten USV-Anlagen eines Systems eine Anlage ausfallen kann, ohne dass die Versorgung der Verbraucher dadurch beeinträchtigt wird. Dabei ist zu beachten, dass keine feste Master-Slave Situation aufgebaut werden darf, sondern dass jede der (n+1) USV-Anlagen je nach Bedarf die übergeordnete Steuerungsfunktion übernehmen kann. Der folgende Vergleich einer Einblockanlage mit einer (2+1) – Konfiguration zeigt die Erhöhung der Verfügbarkeit durch eine redundante USV-Anlage auf. Für eine Einblockanlage mit einer MTBF von 50'000 h und einer MTTR von 12 h ergibt sich eine Verfügbarkeit des Systems von 99.976 %. Wird das USV-System mit einer (2+1) – Konfiguration mit identischen MTBF und MTTR Werten realisiert, so erhöht sich die Verfügbarkeit auf über 99.999 %. Wird die (2+1) - Anlage mit steckbaren Modulen ausgeführt, so kann zudem mittels Reservehaltung eines Moduls die Reparaturzeit stark reduziert und somit die Verfügbarkeit der USV-Anlage noch weiter erhöht werden.

Die Erhöhung der Verfügbarkeit mittels redundanten USV-Anlagen hat ihren Preis bei der Investition und auch während dem Betrieb

Diese Verbesserung der Verfügbarkeit durch eine (2+1) – Konfiguration hat allerdings ihren Preis, so müssen 3 USV-Anlagen resp. 3 USV-Module mit einer gesamten Leistung von 150 % gegenüber der Einblockanlage installiert werden. Abhängig von der Belastung werden die 3 USV-Anlagen resp. die 3 USV-Module zudem allenfalls mit einem schlechteren Wirkungsgrad betrieben als die Einblockanlage. Die Überdimensionierung der USV-Anlage kann reduziert werden, wenn z.B. anstatt einer (2+1) - Konfiguration eine (4+1) – Konfiguration realisiert wird. Dabei muss allerdings darauf geachtet werden, dass die einzelnen USV-Einheiten immer noch so gross gewählt werden, dass deren Wirkungsgrade nicht schlechter als derjenige der Einblockanlage sind.

## 2.6. 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.

modularer Aufbau

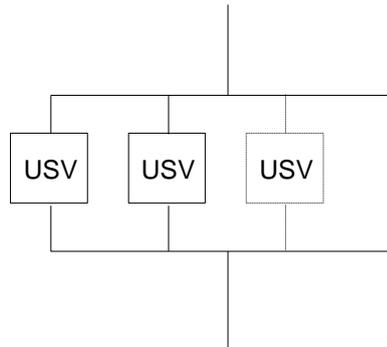


Abbildung 10:  
Modularer Aufbau  
einer USV-Anlage

Modulare USV-Anlagen können der Entwicklung des Verbrauchs angepasst werden. Es sind somit keine grossen Vorinvestitionen für Verbrauchsleistungen, die allenfalls erst nach einigen Betriebsjahren erreicht werden notwendig.

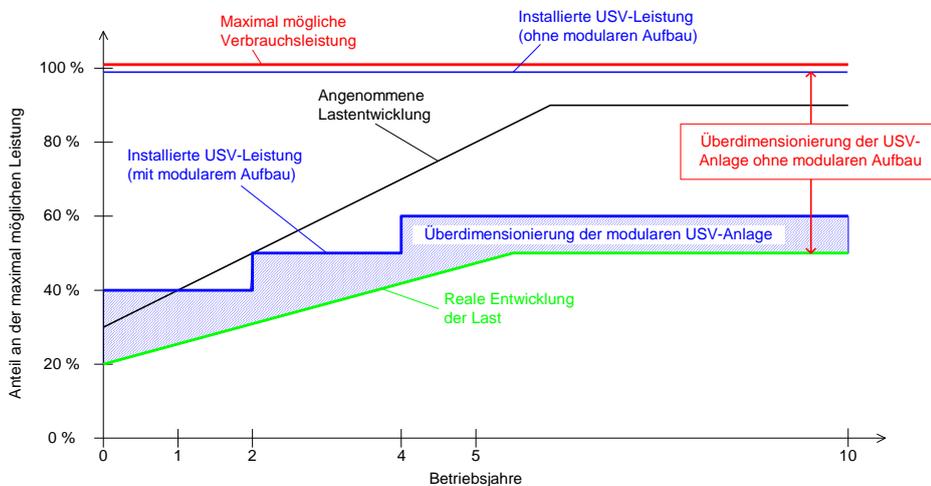


Abbildung 11:  
Die installierte Leistung  
von modularen USV-  
Anlagen folgt der Last

Modular aufgebaute USV-Anlagen haben den zusätzlichen Vorteil, dass sie bezüglich den Verlusten immer im optimalen Arbeitspunkt betrieben werden können. Abhängig von der aktuellen Last werden dabei einzelne Module von der Steuerung weg- oder zugeschaltet, so dass die USV-Anlage jeweils mit dem best möglichen Wirkungsgrad betrieben wird.

Die Steuerung von modularen USV-Anlagen sorgt bei unterschiedlichen Belastungen für einen optimalen Wirkungsgrad.

## 2.7. 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 Gleichrichter und der Wechselrichter nicht dauernd eingeschaltet sind. Bei einer Umschaltung vom Normalbetrieb auf den Notbetrieb in Folge einer Netzstörung kann je nach

Netzabhängige USV-Anlagen

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 führt 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 12, 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

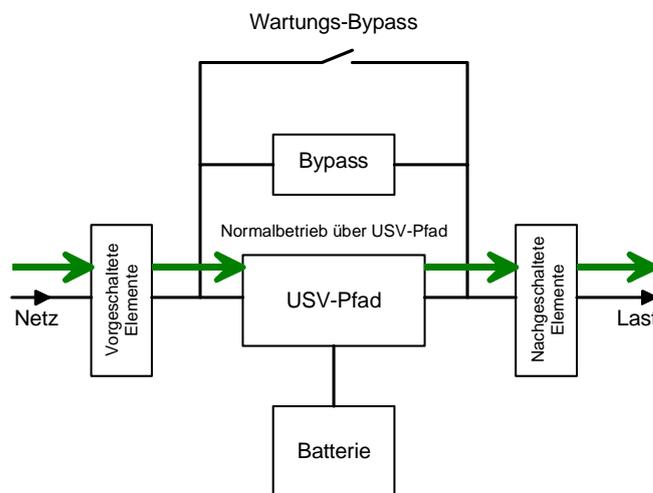


Abbildung 12:  
Energiefluss im Betrieb über den USV-Pfad  
(Prinzipielle Darstellung)

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

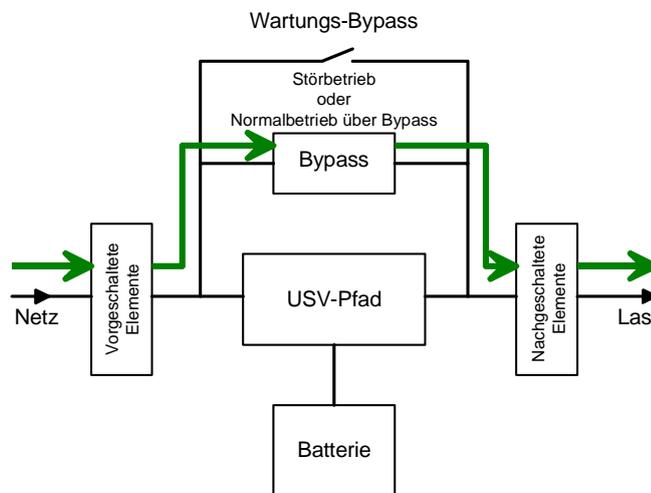
Energieoptimierter Betrieb der USV-Anlage über den Bypass

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 13:  
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.

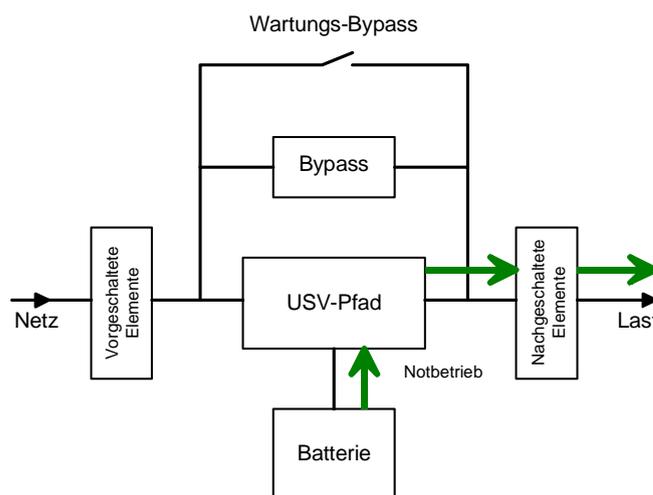


Abbildung 14:  
Energiefluss im Notbetrieb

### 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.

### 3.5. KLASSIFIZIERUNG GEMÄSS IEC 62040-3

Nach IEC 62040-3 werden die USV-Anlagen abhängig von Abhängigkeit der Ausgangsspannung von der Eingangsspannung in die Klassen VFI, VI und VFD unterteilt.

Gemäss IEC 62040-3 werden die USV-Anlagen in die drei Hauptklassen VFI, VI und VFD unterteilt. Diese drei Klassen beschreiben die unterschiedliche Abhängigkeit der Ausgangsspannung der USV-Anlage von der Eingangsspannung. Die Klassifizierung betrifft nicht nur den Aufbau der USV-Anlage, sondern auch die jeweils aktive Betriebsart, d.h. mit dem Wechsel der Betriebsart kann sich auch die Klassifizierung einer USV-Anlage temporär ändern.

#### **VFI: Voltage and Frequency Independency**

Bei VFI Anlagen ist die Ausgangsspannung unabhängig von der eingangsseitigen Spannung und Frequenz.

Die Ausgangsspannung der USV-Anlage ist bezüglich Spannung und Frequenz unabhängig von der Eingangsspannung. Die Klasse VFI kann lediglich mit einer Doppelwandler USV erreicht werden, wenn sie über den USV-Pfad betrieben wird.

#### **VI: Voltage Independency**

Bei VI Anlagen ist die Ausgangsspannung unabhängig von der eingangsseitigen Spannung.

Die Ausgangsspannung der USV-Anlage ist bezüglich Spannung unabhängig von der Eingangsspannung, da die Ausgangsspannung durch elektronische Komponenten geregelt wird. Die Frequenz der Ausgangsspannung ist hingegen abhängig von der Eingangsspannung und kann durch die USV-Anlage erst beeinflusst werden, wenn auf Betrieb ab Batterie umgeschaltet wird. Die Klasse VI betrifft die Online-USV-Anlagen oder die sogenannten Delta-Wandler-USV wenn diese über den USV-Pfad betrieben werden.

#### **VFD: Voltage and Frequency Dependency**

Bei VFD Anlagen ist die Ausgangsspannung abhängig von der eingangsseitigen Spannung und Frequenz.

Die Ausgangsspannung der USV-Anlage ist bezüglich Spannung und Frequenz von der Eingangsspannung abhängig. Eine Unabhängigkeit der Ausgangsspannung der VFD USV-Anlagen von der Eingangsspannung wird nur beim Betrieb ab Batterie erreicht. Die Klasse VFD betrifft die Offline-USV-Anlagen und sämtliche USV-Anlagen der Klasse VFI und VI, wenn diese in der Betriebsart Bypass betrieben werden.

## 4. ZU VERSORGENDE LAST

### 4.1. DIE LAST: ENTSCHEIDENDE PLANUNGSGRÖSSE

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 Last ist eine Voraussetzung für eine optimale Planung

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.

Die Kenntnis der Lastgrösse sowie das Verhalten bei Netzstörungen ist notwendig

Grundsätzlich sollte das Prinzip gelten, dass an die USV-Anlage nur Lasten bzw. Verbraucher angeschlossen werden, die bei Netzstörungen oder beim Netzausfall Fehlfunktionen verursachen oder in der Funktion beeinträchtigt 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.

Nur was notwendig an USV anschliessen

Die möglichen Verbraucher, die ab einer USV-Anlage versorgt werden sollen, können mit den jeweiligen Anforderungen an die Versorgungsqualität mit der Checkliste gemäss Anhang 2 Teil 1 erfasst werden.

Checkliste zur Erfassung der Lasten, bzw. der Verbraucher

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.

Minimierte Betriebs- und Investitionskosten sind das Resultat einer guten Planung

### 4.2. SPIRALE DER SICHERHEITZUSCHLÄGE

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

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 ver-

Kumulierte Sicherheitszuschläge sind zu vermeiden.

langt, 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

Liste der angeschlossenen Geräte und Anlagen	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.
Anfälligkeit auf Netzstörungen	Zusätzlich zur Leistung der Verbraucher ist auch deren Verträglichkeit gegenüber kurzzeitigen Netzstörungen entsprechend der Checkliste gemäss Anhang 2 Teil 1 abzuklären. Dies vor allem im Hinblick auf die optimale Wahl der Betriebsart einer USV-Anlage.
Keine Abschätzung auf der Basis von allgemeinen Kennzahlen	Bei Rechenzentren sind USV-Anlagen oft auf der Basis der Flächen der EDV-Räume dimensioniert (z.B. 500 W/m <sup>2</sup> ) 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.
Gleichzeitigkeit des Bedarfs prüfen	Die Verbraucher sind in der Regel nicht alle gleichzeitig in Betrieb. Die totale Leistung der Verbraucher ist deshalb unter dem Aspekt der Gleichzeitigkeit entsprechend der Checkliste gemäss Anhang 2 Teil 2 zu betrachten. Der Gleichzeitigkeitsfaktor hängt stark von der jeweiligen Art der angeschlossenen Lasten ab.
Angaben auf dem Typenschild sind zu verifizieren	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, bei den Herstellern der angeschlossenen Geräte und Anlagen den effektiven Verbrauch im Betriebszustand und im Stand-by-Zustand anzufragen.
Festlegen der Spezifikation einer USV-Anlagen so spät wie möglich.	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.

Die Art der Last hat einen Einfluss auf die Wahl und die Steuerung der USV-Anlage. In Abbildung 15 sind zwei grundsätzliche Möglichkeiten für die Art der Last aufgezeigt:

Verlauf des täglichen Bedarfs

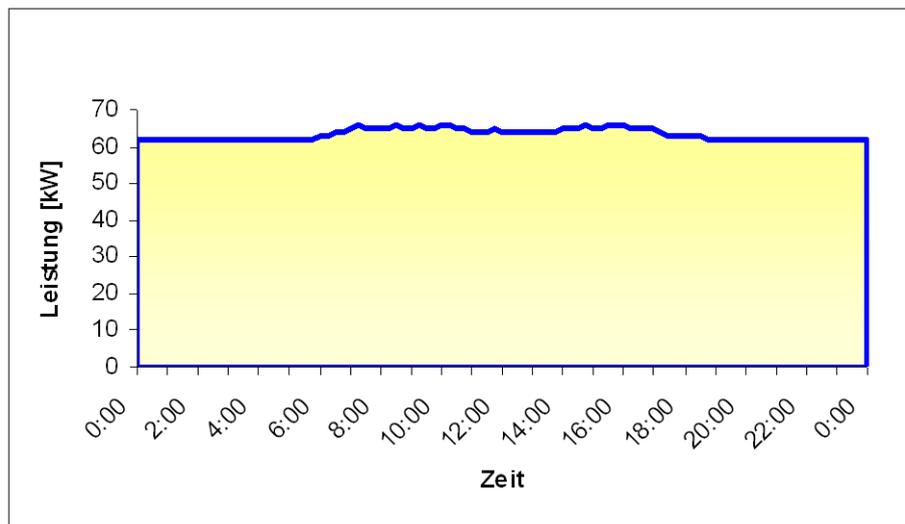
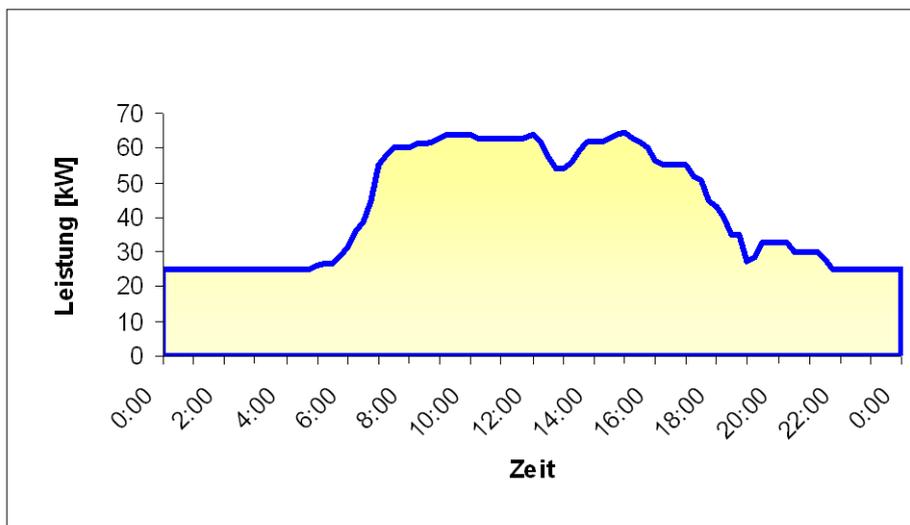


Abbildung 15:  
Typische Verläufe von USV-  
Lasten

Bandlast



variable Last

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.

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

Die Anforderungen der über USV zu versorgenden Lasten an das versorgende Netz sind jeweils zu ermitteln. Dabei ist von Bedeutung, ob die Last

Anforderungen der Last an das zu versorgende Netz

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.

Reduktion der  
Netzurückwirkungen nichtlinearer  
Verbraucher

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

## 5. ROTIERENDE USV-ANLAGEN

Als Alternative zu den statischen USV-Anlagen können ab Leistungen von 400 kVA auch rotierende USV-Anlagen eingesetzt werden. Der Einsatzbereich und der Aufbau der rotierenden USV-Anlagen werden im Folgenden beschrieben. Bei den rotierenden USV-Anlagen ist zu unterscheiden, ob die USV-Anlage gesamthaft als dynamische Anlage realisiert ist oder ob sich der dynamische Anlagenteil auf die Energiespeicherung beschränkt, wie in Kapitel 2.2 aufgezeigt.

Rotierende USV-Anlagen als Alternative zu den statischen USV-Anlagen.

### 5.1. DYNAMISCHES USV-SYSTEM

Die dieseldynamischen USV-Systeme bestehen gemäss Abbildung 16 aus den Hauptkomponenten Dieselmotor, elektromagnetische Kupplung, kombinierte Elektromaschine bestehend aus einer Synchronmaschine und einem kinetischen Modul für die Energiespeicherung. Das kinetische Modul besteht aus einer Asynchronmaschine mit einem inneren und einem äusseren Rotor. Weitere Bestandteile einer dieseldynamischen USV-Anlage sind der Leistungsschrank mit den Leistungsschaltern sowie der Steuerungsschrank.

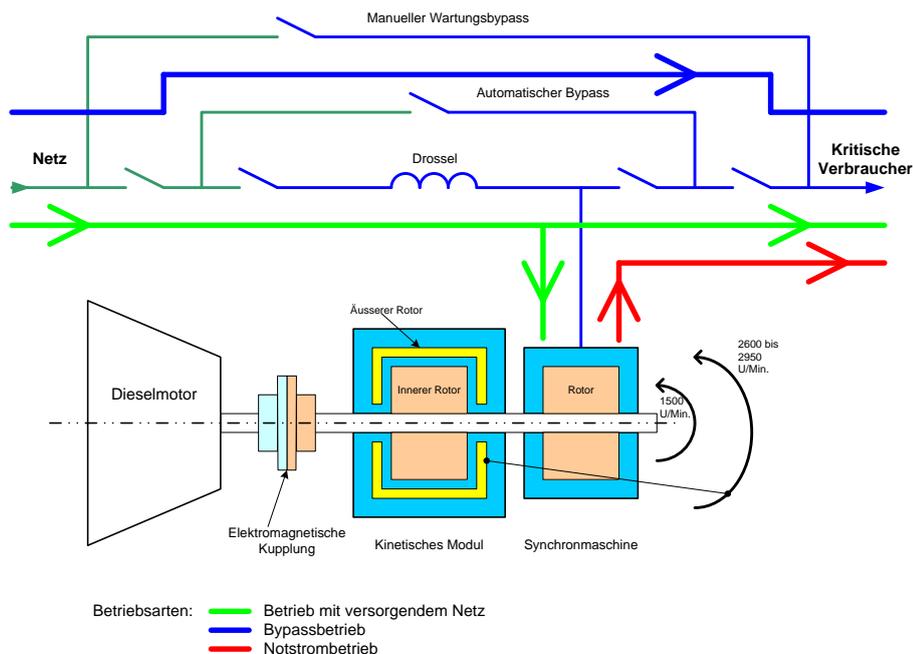


Abbildung 16:  
Prinzipieller Aufbau einer rotierenden USV-Anlage und mögliche Betriebsarten

Einfachere Ausführungen von dieseldynamischen USV-Anlagen sind anstelle des kinetischen Moduls lediglich mit einem Schwungrad ausgestattet. Dadurch verringert sich bei gleichen Abmessungen der Anlage die Kapazität zur Speicherung der Rotationsenergie.

### Normalbetrieb bei vorhandener Netzspannung

Mit einem kinetischen Modul kann mehr Energie gespeichert werden, als lediglich mit einem synchron drehenden Schwungrad mit denselben Abmessungen.

Im Normalbetrieb bei vorhandener Netzspannung speist das Netz die kritischen Verbraucher über die Netzdrosseln. Die Synchronmaschine des USV-Systems läuft im Motorbetrieb im Leerlauf mit. Die gemeinsame Welle der Synchron- und Asynchron-Maschine dreht mit der Nenndrehzahl 1500 U/min, während das kinetische Modul durch entsprechende Erregung auf eine höhere Drehzahl zwischen 2600 und 2950 U/min beschleunigt und gehalten wird. Da die Welle und das kinetische Modul gleichsinnig drehen, beträgt die relative Drehzahl des äusseren Rotors des kinetischen Moduls zur Welle max. 1450 U/min.

Kurze Netzein- oder Netzunterbrüche werden von der Schwungmasse des Systems ausgeglichen.

Während dieses Normalbetriebs, der im Allgemeinen 99,9 % der Betriebszeit ausmacht, trägt das dieseldynamische USV-System wesentlich zur Verbesserung der Spannungsversorgung der kritischen Verbraucher bei. Die Verbesserung der Netzqualität für die kritischen Verbraucher betrifft folgende Punkte:

Verbesserung der Netzqualität bezüglich:

- Spannungsein- und -unterbrüche,
- Spannungsregelung
- Blindleistungsregelung,
- transienten Vorgängen.

- Überbrückung kurzzeitiger Spannungsunterbrechungen < 50 ms
- Regelung der Ausgangsspannung innerhalb von 1 % der Nennspannung
- Blindleistungsregelung durch Über- oder Untererregung
- Ausfilterung von transienten Vorgängen mittels der Filterfunktion von Drosselspule und Synchronmaschine

Die aufgeführten Verbesserungen der Netzqualität für die kritischen Punkte werden auch mit den statischen USV-Anlagen mit Batteriespeicher erreicht.

Dynamische USV-Anlagen weisen tendenziell bessere Wirkungsgrade auf als Doppelwandler USV-Anlagen.

Da beim Normalbetrieb mit vorhandener Netzspannung die von den Verbrauchern aufgenommene Energie im Vergleich zu den statischen USV-Anlagen lediglich durch die Netzdrossel fließt, beträgt der Wirkungsgrad der dieseldynamischen USV-Systeme abhängig von der Art der Maschine zwischen 93 % und 96,4 %. Dieser Wirkungsgrad ist tendenziell höher als derjenige von Doppelwandler USV-Anlagen.

### Netzersatzbetrieb bei Netzstörungen (> 50 ms)

Im Normalbetrieb bei vorhandener Netzspannung steht der Dieselmotor still, da die Kupplung zur Hauptwelle mit der Synchronmaschine und dem kinetischen Modul geöffnet ist.

Bei einer Netzstörung > 50 ms wechselt die Synchronmaschine vom Motor- in den Generatorbetrieb.

Sobald das dieseldynamische USV-System eine Netzstörung > 50 ms erkennt, wird der netzzeitige Schalter geöffnet. Gleichzeitig wechselt die bisher im Motorbetrieb laufende Synchronmaschine in den Generatorbetrieb, während die Steuerung im kinetischen Modul die induktive Kopplung zwischen der Hauptwelle mit innerem Rotor und dem äusseren Rotor regelt. Die Versorgung der kritischen Verbraucher ist damit ohne kritische Spannungsschwankungen sichergestellt, d.h. die Spannungsschwankungen betragen weniger als 5 % und Frequenzschwankungen weniger als 1 %.

Beim Öffnen des netzseitigen Schalters wird ebenfalls gleichzeitig der Dieselmotor gestartet. Ungefähr eine Sekunde später schliesst die elektromagnetische Kupplung sukzessiv und stellt die mechanische Verbindung zwischen der Antriebswelle des Dieselmotors und der Hauptwelle der Synchronmaschine her. Nach Erreichen der Nenn Drehzahl wird die Drehzahl des Dieselmotors durch die elektronische Drehzahlregelung konstant gehalten. Der Dieselmotor liefert nun die mechanische Leistung, die der Wirkleistung der zu versorgenden Verbraucher entspricht.

Der Dieselmotor nimmt den Betrieb erst bei einer Netzstörung > 50 ms auf.

Während der Startphase wurde die für die Verbraucher benötigte Energie aus dem kinetischen Modul entnommen und dadurch die Drehzahl des äusseren Rotors reduziert. Nach der Startphase, d.h. sobald der Dieselmotor die geforderte mechanische Leistung erzeugt, wird der äussere Rotor des kinetischen Moduls allmählich wieder auf die Solldrehzahl von 2950 U/min beschleunigt.

Sobald die Netzspannung wieder im Toleranzband liegt, und unter der Voraussetzung, dass das kinetische Modul wieder seine Solldrehzahl erreicht hat, wird das Aggregat, inkl. der kritischen Last mit dem Netz synchronisiert. Ist die Netzsynchrität hergestellt, wird der netzseitige Schalter geschlossen und die elektromagnetische Kupplung geöffnet. Das dieseldynamische USV-System kehrt in den Normalbetrieb zurück. Anschliessend läuft der Dieselmotor noch einige Zeit im Leerlauf weiter, um vor dem endgültigen Stillstand abzukühlen.

Steht die Eingangsspannung der USV-Anlage wieder zur Verfügung, so wird die Last unterbrechungsfrei ans Netz geführt und der Dieselmotor nach einer Nachlaufzeit ausgeschaltet.

Die Erfahrung bei normalen Diesel-Generator-Sätzen hat gezeigt, dass der Startkreis ein Schwachpunkt einer Netzersatzanlage sein kann. Bei einem Ausfall der Starterbatterie oder des Anlassers ist ein Dieselmotorbetrieb nicht mehr möglich. Die dieseldynamischen USV-Systeme können diesen Schwachpunkt mit einer redundanten Startsequenz ausschalten. Auch im Falle, wenn der Dieselmotor nach dem Öffnen des netzseitigen Schalters nicht anläuft, schliesst die Kupplung zwischen dem Dieselmotor und der Hauptwelle. Das kinetische Modul reisst dadurch den Dieselmotor hoch und erzwingt damit das Starten. Diese forcierte Startsequenz kann gelegentlich vorkommen und schadet weder der Kupplung noch dem Dieselmotor.

Notstartsequenz für den Dieselmotor im Falle eines Versagens der Starterbatterie oder des Anlassers.

Rotierende USV-Anlagen weisen eine hohe Überlastbarkeit im Minutenbereich auf. Die Kurzschlussströme liegen bei rotierenden USV-Anlagen über dem 10-fachen Nennstrom, womit ein sicheres Abschalten von Kurzschlüssen im Verbrauchernetz unproblematisch ist.

Rotierende USV-Anlagen weisen eine hohe Überlastbarkeit und eine problemlose Kurzschlussbehandlung auf.

Zu Spitzenlastzeiten kann das Dieselaggregat auch parallel zum Netz betrieben werden, um die Bezugsleistung ab dem versorgenden Netz zu reduzieren. Diese Betriebsart kann allenfalls abhängig von den lokalen Luftreinhaltevorschriften nur beschränkt möglich sein.

Möglichkeit zum Einsatz des Dieselaggregates zur Reduktion der Bezugsleistung vom versorgenden Netz.

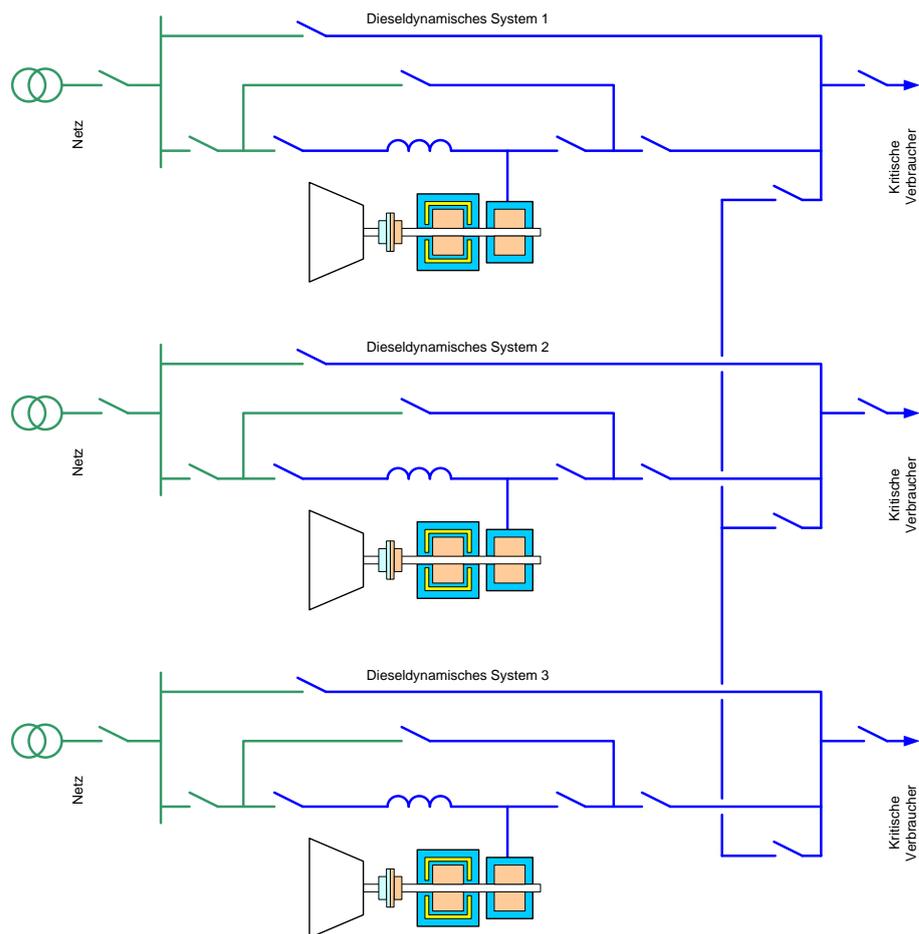
## 5.2. ANWENDUNGSBEREICHE

Die dieseldynamischen USV-Systeme können als redundante Anlagen, im Parallelbetrieb für hohe Gesamtleistungen und auch zur Versorgung von nicht kritischen Notstromverbrauchern eingesetzt werden.

### Redundante Anlagen

Die dieseldynamischen USV-Systeme lassen sich so kombinieren, dass sie eine redundante Anlage bilden, so wie in Abbildung 17 dargestellt. Bei dieser Art von Anlage kann das redundante System zu jedem Zeitpunkt eines der anderen Systeme ersetzen.

Abbildung 17: Redundante dieseldynamische USV-Systeme



## Parallelbetrieb für hohe Gesamtleistungen

Die dieseldynamischen USV-Systeme können für hohe Gesamtleistungen auch parallel betrieben werden gemäss Abbildung 18. Durch diese Anordnung kann die installierte Gesamtleistung für die kritischen Verbraucher auch das Mehrfache der Einzelleistung eines Systems betragen. Zudem kann durch ein zusätzliches USV-System auf insgesamt  $n+1$  eine Redundanz hergestellt werden, wodurch jeweils eins der effektiv erforderlichen  $n$  Systeme durch das System  $n+1$  aufgefangen werden kann.

Leistungserhöhung durch Parallelschaltung und Teilredundanz durch eine zusätzliche Anlage.

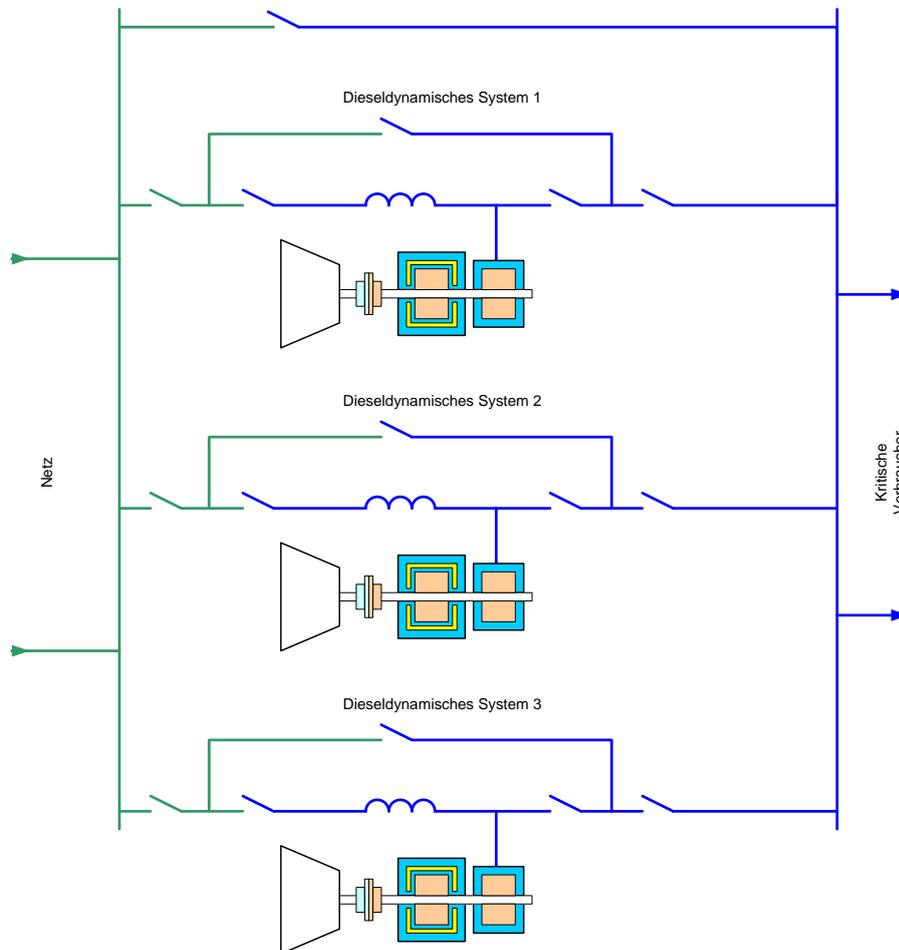


Abbildung 18: Dieseldynamische USV-Systeme im Parallelbetrieb für hohe Gesamtleistungen

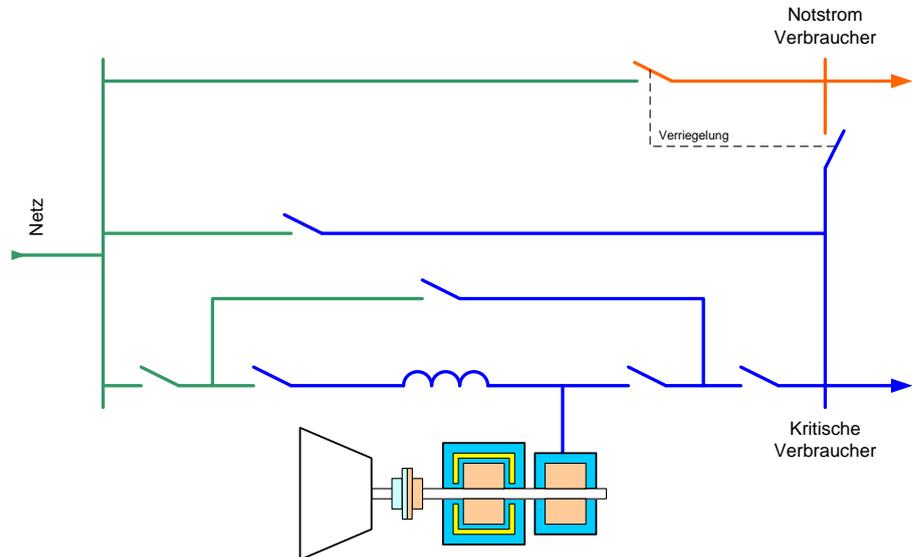
### Versorgung von kritischen Verbrauchern und Notstromverbrauchern

Einsatz der dynamischen USV-Anlage zur unterbrechungsfreien Versorgung von kritischen Verbrauchern und zur Versorgung mit Unterbruch von nicht kritischen jedoch Notstrom berechtigten Verbrauchern.

Werden die Synchronmaschine und das Dieselaggregat grösser ausgelegt, als dies lediglich zur Versorgung der kritischen Verbraucher erforderlich wäre, so können neben den kritischen Verbrauchern auch Notstromverbraucher gemäss Abbildung 19 versorgt werden. Die kritischen Verbraucher werden dabei bei einem Ausfall des Netzes nach wie vor unterbrechungsfrei versorgt. Die Notstromverbraucher, die keine kritischen Verbraucher enthalten, werden hingegen nach einer kurzzeitigen Unterbrechung wieder versorgt. Dies erspart allenfalls ein zusätzliches Notstromaggregat für die Aufrechterhaltung der Versorgung bei einem lang andauernden Netzausfall. Damit das dieseldynamische System im Vergleich zu den kritischen Verbrauchern nicht zu gross ausgelegt und somit unwirtschaftlich wird, sollt die maximale zusätzliche Notstromleistung nicht grösser als diejenige der kritischen Last sein.

Mit dieser Anwendung der dieseldynamischen USV-Systeme ist es möglich, mit einer einzigen Maschine ein vollständiges Rechenzentrum zu versorgen, d.h. die Rechner als kritische Verbraucher sowie die Infrastruktur wie die Klimaanlage und die Beleuchtung als Notstrom berechtigte Anlagen.

Abbildung 19: Dieseldynamische USV-Systeme mit kritischen Verbrauchern und Notstromverbrauchern



## 6. USV – SYSTEMAUFBAU

### 6.1. AUFBAUTYP

#### Geradeaus Anlage

- Vorteile:
- Nur eine Anlage
  - Hohe Belastung
  - hoher Wirkungsgrad
  - Investitionskosten minimal
- Nachteile:
- Ausfall der USV-Anlage hat Systemabsturz zur Folge
  - Reserveleistung reduziert die Belastung und damit den Wirkungskrag

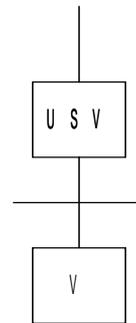


Abbildung 20:  
Geradeaus-Anlage

#### Parallelanlage

- 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

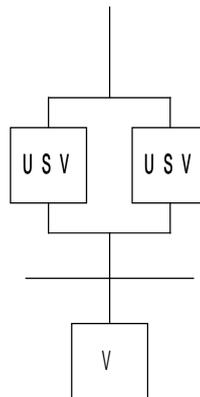


Abbildung 21:  
Parallelanlage  
(Redundanz)

#### Modulare Anlage

- Vorteile:
- Lastabhängig steuerbar und ausbaubar
  - Die installierte USV-Leistung kann nahe bei der Verbrauchleistung gehalten werden
  - Tiefe Betriebskosten
  - Ausfall eines Moduls bewirkt keinen Systemunterbruch
- Nachteile:
- Vorinvestition für die Ausbaubarkeit ist notwendig

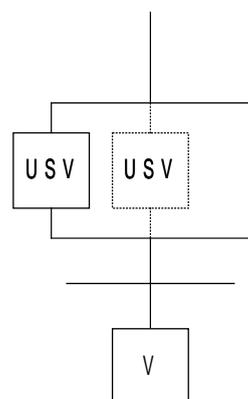


Abbildung 22:  
modularer Aufbau  
(inklusive Redundanz)

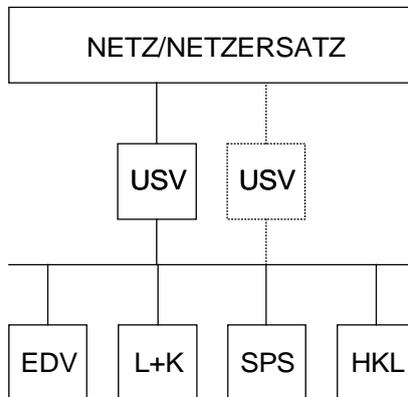
#### Beschreibung der Abkürzungen

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

## 6.2. VERBRAUCHERANFORDERUNGEN DEFINIEREN DAS KONZEPT

### Kein Ausfall für alle Verbraucher

Abbildung 23:  
Kein Ausfall für alle Verbraucher

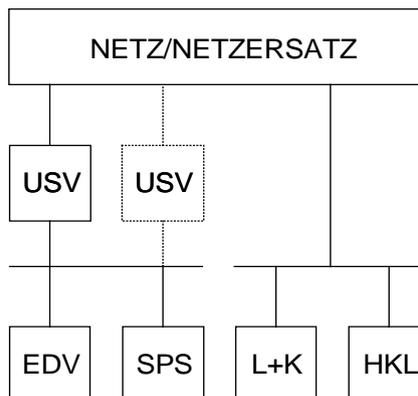


- Vorteile:
- Kein Systemausfall
  - Hohe Verfügbarkeit
  - Nur ein Versorgungsnetz

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

### Teilausfall $\leq 1$ Minute für gewisse Komponenten ohne Folgen möglich

Abbildung 24:  
Teilausfall  $\leq 1$  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)

### Beschreibung der Abkürzungen

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

## Teilausfall $\leq 1$ Minute für Teilsysteme 1 (TS1) und $\leq 20$ Millisekunden für Teilsystem 2 (TS2) 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  $\leq 20$  Millisekunden nicht ertragen.

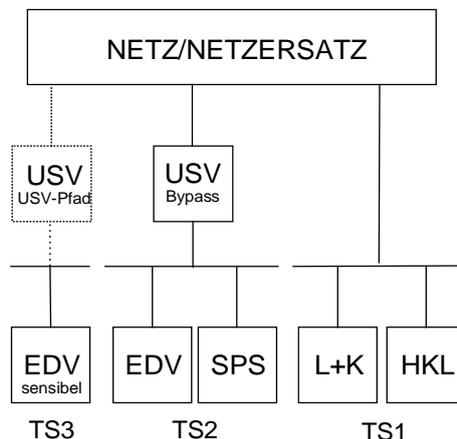


Abbildung 25:  
Teilausfall  $\leq 1$  Minute für Teilsysteme 1 und  $\leq 20$  Millisekunden für Teilsysteme 2 möglich

## Teilausfall $\leq 1$ Minute möglich

- Vorteile:
- Keine USV-Anlage notwendig
  - Nur ein Energieversorgungsnetz

Nachteile: - Risiko, dass Kurzunterbrüche, Spannungsspitzen oder Frequenzschwankungen EDV-Systemabstürze zur Folge haben

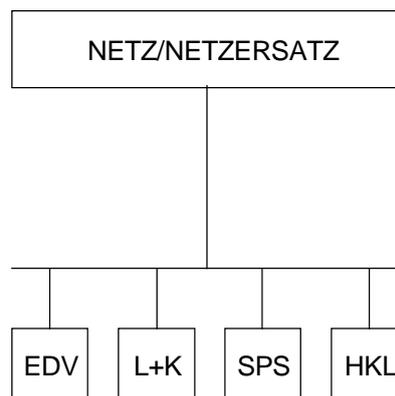


Abbildung 26:  
Teilausfall  $\leq 1$  Minute möglich

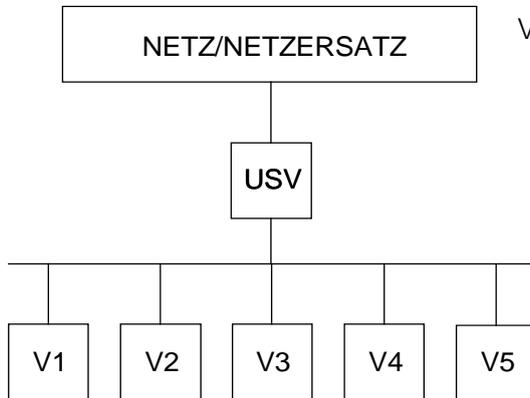
## Beschreibung der Abkürzungen

USV-Pfad	=	USV-Anlage mit Betrieb über USV-Pfad
USV-Bypass	=	USV-Anlage mit Betrieb über Bypass
EDV sensibel	=	EDV-Anlage, die einen Ausfall $\leq 20$ 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

Abbildung 27:  
Zentrale USV-Versorgung

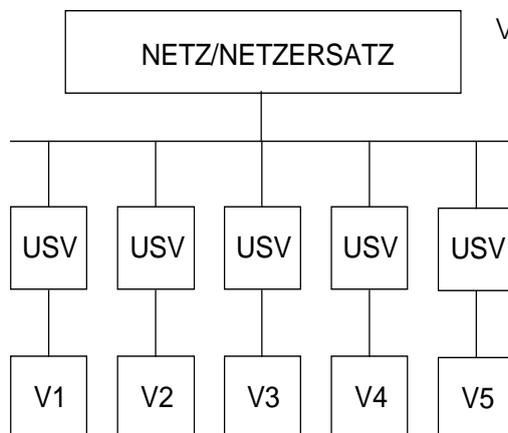


- Vorteile:
- Grosse USV-Anlage weist besseren Wirkungsgrad auf
  - Kleiner Wartungsaufwand
  - Investitionskosten einer Grossanlage sind günstiger
  - Hohe Zuverlässigkeit (MTBF)

- 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

Abbildung 28:  
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

- Nachteile:
- Hohe Investitions- und Betriebskosten
  - Grosser Wartungsaufwand
  - Mehr Teilausfälle, da mehrere kleinere Anlagen
  - Kleine USV-Anlagen oder 1-phasige USV-Anlagen haben einen schlechten Wirkungsgrad. Daher sind nicht zu kleine Einheiten zu wählen.

## Energiebilanz der zentralen und dezentralen USV-Versorgung

Mit dem folgenden Vergleich einer zentralen und einer dezentralen USV-Versorgung wird aufgezeigt, welchen Einfluss die beiden Versorgungskonzepte auf die Energiebilanz haben. Dem Rechenbeispiel werden fünf unterschiedliche Verbrauchergruppen V1 bis V5 zu Grunde gelegt. Die Leistungen der einzelnen Verbrauchergruppen und die daraus resultierenden USV-Anlagen sind in der Tabelle 1 zusammengestellt. Innerhalb jeder Verbrauchergruppe ist eine Verschachtelung der Verbraucherleistungen berücksichtigt. Die einzelnen Verbrauchergruppen weisen untereinander zusätzlich eine Verschachtelung auf, so dass ein Gleichzeitigkeitsfaktor (GL-Faktor) zwischen den Verbrauchergruppen von 0.9 berücksichtigt werden kann. Die Leistungen der gewählten USV-Anlagen entsprechen den typischen Baureihen der Hersteller.

Beispielrechnung zum Vergleich der Energiebilanz der zentralen mit der dezentralen USV-Versorgung

Verbrauchergruppe	Maximaler Verbrauch kVA	Nennleistung der dezentralen USV-Anlagen kVA
V1	55	60
V2	75	80
V3	110	120
V4	140	160
V5	150	160
<b>Total dezentral</b>	<b>530</b>	<b>580</b>
GL-Faktor zwischen den Verbrauchergruppen	0.9	<b>Nennleistung der zentralen USV-Anlage kVA</b>
<b>Total zentral</b>	<b>477</b>	<b>500</b>

Tabelle 1: Verbraucherleistungen und entsprechende Nennleistungen der USV-Anlagen

Durch die stärkere Verschachtelung der Verbraucherleistungen bei der zentralen USV-Versorgung kann die zu installierende USV-Leistung gegenüber der dezentralen USV-Versorgung reduziert werden.

Reduktion der zentralen zu installierenden USV-Leistung dank der stärkeren Verschachtelung

In den folgenden Tabellen sind die Verlustleistungen der beiden Versorgungskonzepte bei grosser, mittlerer und geringer Last zusammengestellt.

Tabelle 2:  
Verlustleistungen der dezentralen und zentralen USV-Versorgung bei grossem Verbrauch, d.h. zu Spitzenlastzeiten von ungefähr 1000 Std. pro Jahr (4 Std. an 250 Arbeitstagen)

Verbrauchergruppe	Grosser Verbrauch kVA	USV-Anlagen dezentral		
		Nennleistung kVA	Wirkungsgrad %	Verluste kW
V1	40	60	94.0	2.4
V2	75	80	94.2	4.4
V3	107	120	93.6	6.8
V4	140	160	94.0	8.4
V5	115	160	94.0	6.9
<b>Total</b>	<b>477</b>	<b>580</b>		28.9
		USV-Anlage zentral		
		Nennleistung kVA	Wirkungsgrad %	Verluste kW
		500	94.0	28.6

Tabelle 3:  
Verlustleistungen der dezentralen und zentralen USV-Versorgung bei mittlerem Verbrauch, d.h. zu den restlichen Arbeitszeiten von ungefähr 1500 Std. pro Jahr (6 Std. an 250 Arbeitstagen)

Verbrauchergruppe	Mittlerer Verbrauch kVA	USV-Anlagen dezentral		
		Nennleistung kVA	Wirkungsgrad %	Verluste kW
V1	30	60	94.0	1.8
V2	60	80	94.2	3.5
V3	50	120	92.0	4.0
V4	80	160	94.0	4.8
V5	40	160	90.0	4.0
<b>Total</b>	<b>260</b>	<b>580</b>		18.1
		USV-Anlage zentral		
		Nennleistung kVA	Wirkungsgrad %	Verluste kW
		500	94.0	15.6

Tabelle 4:  
Verlustleistungen der dezentralen und zentralen USV-Versorgung bei geringem Verbrauch, d.h. ausserhalb der Arbeitszeiten von ungefähr 6260 Std. pro Jahr

Verbrauchergruppe	Geringer Verbrauch kVA	USV-Anlagen dezentral		
		Nennleistung kVA	Wirkungsgrad %	Verluste kW
V1	25	60	93.5	1.6
V2	30	80	93.0	2.1
V3	30	120	90.0	3.0
V4	40	160	90.0	4.0
V5	30	160	87.5	3.8
<b>Total</b>	<b>155</b>	<b>580</b>		14.5
		USV-Anlage zentral		
		Nennleistung kVA	Wirkungsgrad %	Verluste kW
		500	93.0	10.9

Durch die langen Betriebszeiten mit geringem Verbrauch weist die zentrale USV-Versorgung weniger Energieverluste auf als die dezentrale

Die jährlichen Energieverluste betragen mit den getroffenen Annahmen bezüglich des Verbrauchs und den entsprechenden Betriebszeiten 147 MWh bei der dezentralen USV-Versorgung und 120 MWh bei der zentralen USV-Versorgung. Der grösste Anteil der zusätzlichen Energieverluste der dezentralen Versorgung, nämlich 23 MWh, wird in der langen Betriebszeit mit geringem Verbrauch verursacht. Der Grund dafür ist, dass die dezentralen USV-Anlagen teilweise sehr schwach belastet werden und der Wirkungsgrad somit stark abfällt, im Gegensatz zur zentralen USV-Anlage, die auch bei geringem Verbrauch zu 30 % belastet bleibt, womit der Wirkungsgrad auf einem hohen Niveau verharrt.

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

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

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

- Nachteile:
- Einbau von Filtern zur Oberschwingungsreduktion notwendig

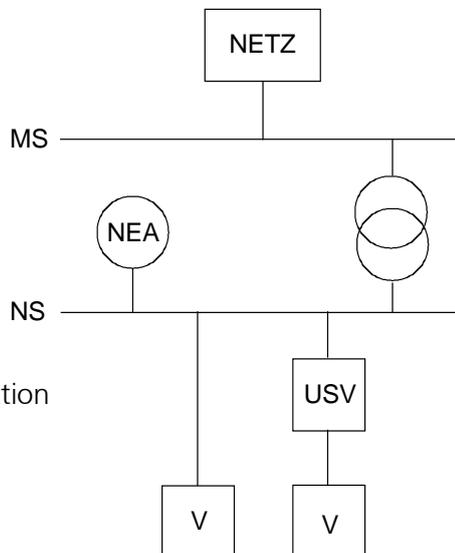


Abbildung 29:  
Netzersatzanlage speist in die Niederspannung ein; USV wird vom NS-Netz versorgt  
Anstelle der NEA kann auch eine Dieseldynamische USV eingesetzt werden, die kritische Verbraucher und nicht kritische aber Notstrom berechnigte Verbraucher versorgt (vgl. Abbildung 19).

**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-Haupt- verteilung
  - Verfügbarkeit Netzersatz ist aufgrund des Umweges über die MS-Schaltanlage sowie über den Transformator zwi- schen MS- und NS-Netz redu- ziert.

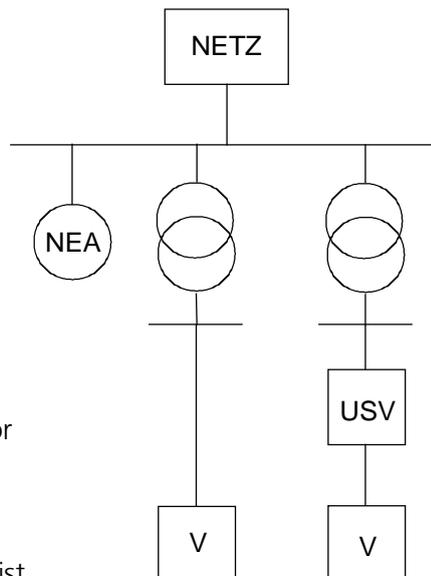
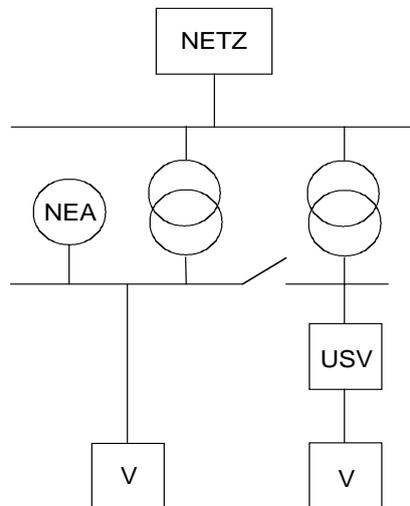


Abbildung 30:  
Netzersatzanlage speist in das Mittelspannungs-Netz ein; USV- Anlage wird über eigenen Transformator versorgt

**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.**

Abbildung 31:  
Netzersatzanlage speist in das  
Niederspannungsnetz ein; USV  
wird über separaten  
Transformator versorgt.  
Anstelle der NEA kann auch eine  
Dieseldynamische USV-Anlage  
eingesetzt werden.



- 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 beiden NS-Hauptverteilungen beim Netzausfall
  - NEA-Dimensionierung muss NetZRückwirkungen der USV-Anlage berücksichtigen
  - Steuerungen der Netzersatzanlage und der USV-Anlage müssen bei der Inbetriebsetzung aufeinander abgestimmt werden.

**Beschreibung der Abkürzungen**

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

## 6.5. AUFBAU ENERGIEVERSORGUNGS-SYSTEM MIT USV-ANLAGEN GEMÄSS TIER IV FÜR DATACENTER

Unternehmen mit einer internationalen Marktpräsenz, die eine Dienstleistung für 24 Stunden an 365 Tagen im Jahr zuverlässig erbringen müssen, um wettbewerbsfähig zu bleiben, d.h. Firmen, deren Grundlage e-Commerce, elektronische Markttransaktionen oder Finanzdienstleistungen sind sowie weltweit agierende Konzerne, die in mehreren Zeitzonen tätig sind, fordern eine Verfügbarkeit der Datacenter von mindestens 99.99%. Diese Anforderung kann mit der fehlertoleranten Infrastruktur gemäss der Klassifizierung Tier IV erfüllt werden.

Eine fehlertolerante Infrastruktur für die Energieversorgung gemäss Tier IV verfügt über redundante Systeme und mehrere Verteilungswege, die gleichzeitig aktiv das Datacenter versorgen. Die Redundanz muss dabei mindesten  $n+1$  betragen. Ebenso ist eine räumliche Trennung der Versorgungswege erforderlich und eine abwechselnde Wartung der Systeme muss möglich sein. Das gesamte System muss fehlertolerant gegenüber Einzelfehler sein, d.h. es gibt keinen „Single point of failure“ ausser bei Feuer.

Hohe Anforderungen an die Verfügbarkeit der Infrastruktur

Fehlertolerante Infrastruktur für die Energieversorgung gemäss Tier IV

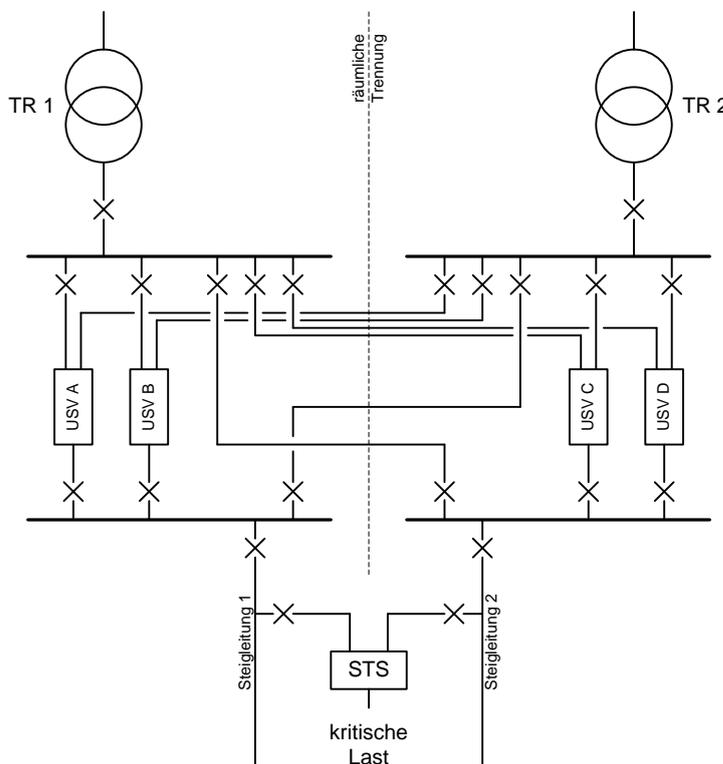


Abbildung 32:  
Fehlertolerantes USV-System  
gemäss Tier IV mit dualen  
Statischen Transfer Schalter (STS)  
zur Versorgung der kritischen  
Last  
(Typischer Aufbau)

Die hohe Verfügbarkeit gemäss Tier IV hat ihren Preis. Zur Versorgung von 100 % Last müssen 4 x 100 % USV-Leistung installiert werden. Die 4 USV-Anlagen sind dauernd in Betrieb und somit maximal zu 25 % belastet. Da die versorgte Last im Mittel ungefähr 50 % der maximalen Last betragen wird, werden die 4 USV-Anlagen, die somit im Mittel mit 12.5 % belastet sein werden, in einem Bereich mit reduziertem Wirkungsgrad von ca. 80 % betrieben.

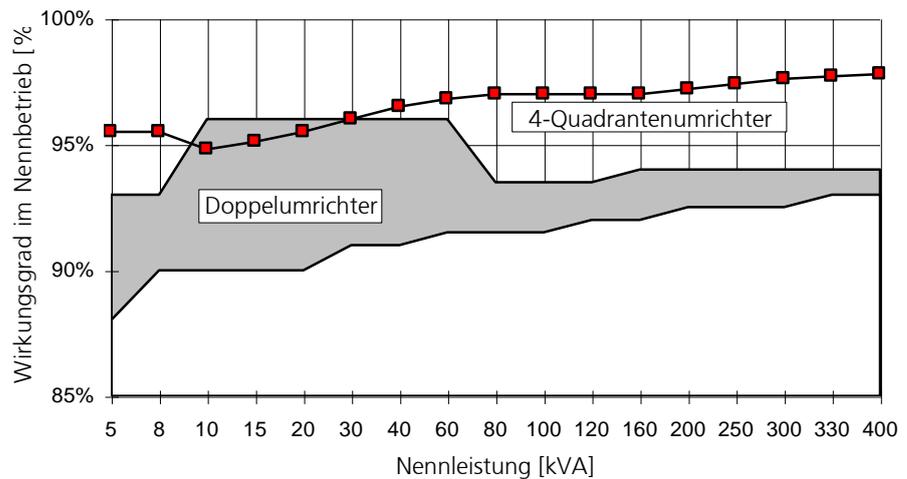
Die Verfügbarkeit gemäss Tier IV hat ihren Preis. Zusätzlich zu den hohen Investitionskosten werden die USV-Anlagen auch mit einem schlechten Wirkungsgrad betrieben.

## 7. ENERGIEOPTIMIERTE PLANUNG UND BETRIEB

### 7.1. 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 33:  
Wirkungsgrad von USV-Anlagen  
in Abhängigkeit der  
Nennleistung  
(gemäss Herstellerangaben)



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

Aus Abbildung 33 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 34).

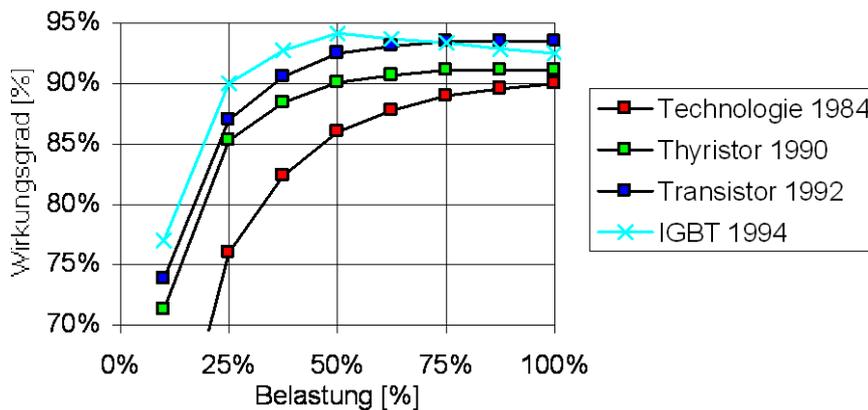


Abbildung 34:  
Wirkungsgrad von USV-Anlagen  
unterschiedlicher Technologien in  
Abhängigkeit der Belastung.  
Nennleistung der Anlage 160 kVA

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

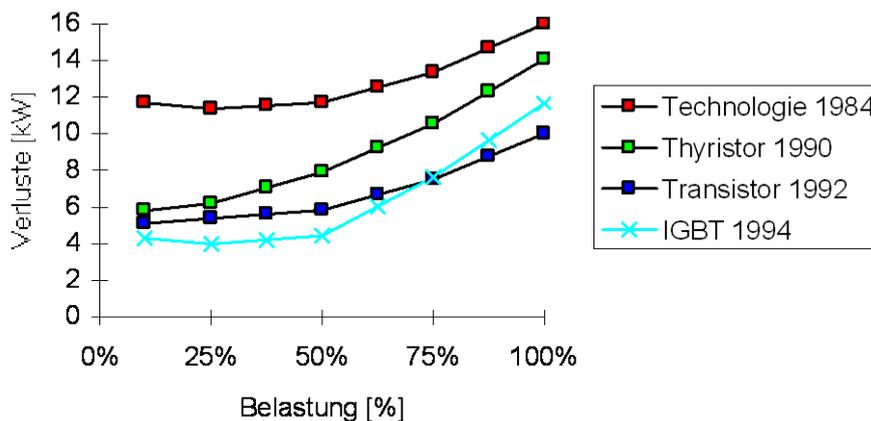


Abbildung 35:  
Verluste von USV-Anlagen  
unterschiedlicher Technologien in  
Abhängigkeit der Belastung.  
Nennleistung der Anlage 160 kVA

## 7.2. 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 der Verbraucherleistungen 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) hätten rund 18 % der totalen Kosten (Strom + Investition) vermieden werden können.

Tabelle 5: 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 x160 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
<b>Kosten:</b>		
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.<sup>2</sup>

Tabelle 6: 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.--
<b>Total Kosten</b>	<b>Fr. 38'392.--</b>	<b>Fr. 47'735.--</b>

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

**Die richtige Dimensionierung reduziert die Investitions- und Betriebskosten.**

<sup>2</sup> 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)

### 7.3. 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
<b>Kosten:</b>		
Jahresstromkosten (15Rp/kWh)	Fr. 6'405.--	Fr. 8'535.--
Investition Anlage	Fr. 95'000.--	Fr. 95'000.--

Tabelle 7: 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.--
<b>Total Kosten</b>	<b>Fr. 22'587.--</b>	<b>Fr. 25'067.--</b>

Tabelle 8: 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.

Eine weitere Reduktion der Betriebskosten ist möglich, wenn USV-Anlagen mit Eingangs-Leistungsfaktor-Korrektur eingesetzt werden. Dabei wird der von den Verbrauchern her gegebene Leistungsfaktor von z.B. 0.9 dank der USV-Anlage auf bis zu 0.99 verbessert. Der Blindleistungsbezug ab dem versorgenden Netz wird dadurch stark reduziert, so dass allfällige Kosten für den Bezug von Blindleistung wegfallen.

USV-Anlagen mit Eingangs-Leistungsfaktor-Korrektur reduzieren die Kosten für den Blindleistungsbezug.

### 7.4. 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 eines kurzzeitigen Spannungs-

Die Möglichkeiten von verschiedenen Betriebsarten einer USV-Anlage nutzen.

unterbruchs können folgende Betriebsarten der USV-Anlage in Betracht gezogen werden:

- 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. 7.3 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 9: 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 Wochen- enden	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
<b>Kosten:</b>			
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.--
<b>Total Kosten</b>	<b>Fr. 19'847.--</b>	<b>Fr. 18'361.--</b>	<b>Fr. 16'559.--</b>

Tabelle 10: 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!

## 8. ANFORDERUNGEN FÜR EINEN OPTIMALEN EINSATZ

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

### 8.1. 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  $\lambda$  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  $\lambda$  oder häufiger der  $\cos \varphi$  wird vom Netzbetreiber definiert.

Die maximalen Stromüberschwingungen am Anschlusspunkt sind gemäss der Empfehlung des Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen (VSE-Empfehlung DACHCZ, vormals 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.

## 8.2. 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 8.3.

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 DACHCZ. 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 8.3 „Vergleich des versorgenden Netzes mit den Verbrauchern“ erläutert.

## 8.3. 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.

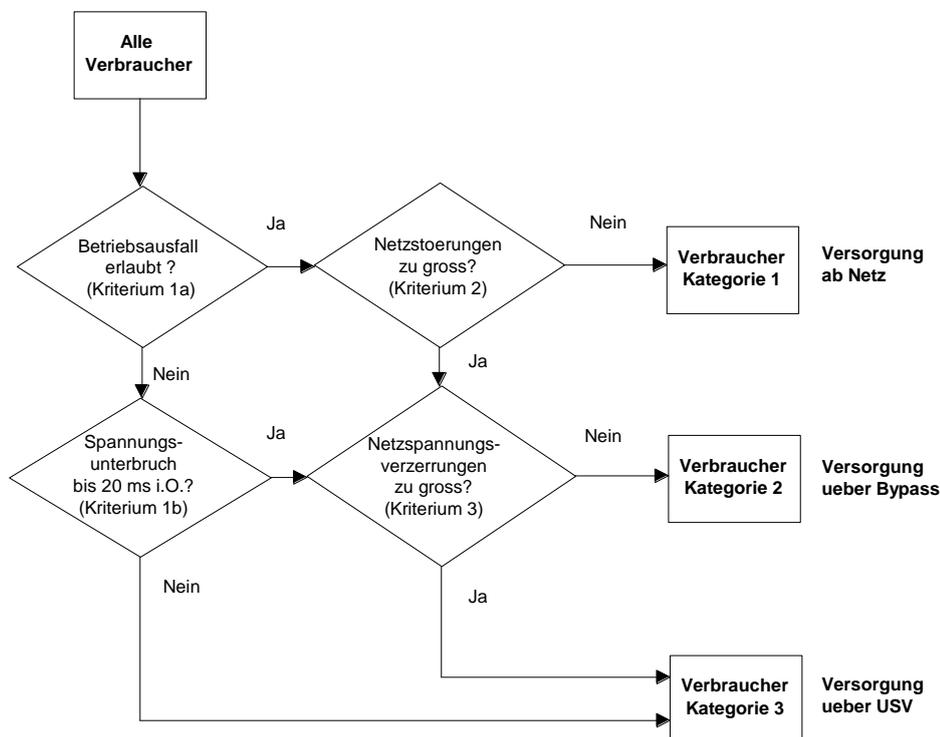


Abbildung 36:  
Ablauf der  
Verbraucher kategorisierung

## 1. Schritt der Verbraucher kategorisierung

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 Verbraucher 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 +/- 6 %	Spannungs- verzerrung bis 8 %	Schnelle Transiente bis 4 kV <sub>peak</sub>	Energiereiche Transiente bis 4 kV <sub>peak</sub>		
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 37:  
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  $\lambda$  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  $\lambda$  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:

Tabelle 11:  
Mögliche Massnahmen zur  
Reduktion von  
Netzurückwirkungen

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

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

## 8.4. BESTIMMUNG DER USV-ANLAGE

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

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

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.

## 8.5. 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.

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.

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

Betrieb über Bypass ist aus energetischen Gründen anzustreben.

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

## 8.6. GEWÄHRLEISTUNG DER ABSCHALTUNG VON KURZSCHLÜSSEN AM ENDE LANGER LEITUNGEN

Werden ab USV-Anlagen Verbraucher am Ende von langen Leitungen angeschlossen, kann das Problem auftreten, dass bei einem Kurzschluss am Ende der Leitung, der Kurzschlussstrom zu gering ist, um eine Schutzauflösung zu bewirken. Diesem Problem kann durch die Erhöhung des Leiterquerschnittes entgegengewirkt werden. Reicht die Erhöhung des Leiterquerschnittes nicht aus, so muss die Leistung der USV-Anlage erhöht werden, so dass die Abschaltung eines Kurzschlusses auch am Ende einer langen Leitung gewährleistet ist. Durch den Einsatz einer dynamischen USV-Anlage muss die Leistung nicht im selben Masse erhöht werden, wie bei einer statischen USV-Anlage, da die kurzzeitige Kurzschlussleistung einer dynamischen USV-Anlage, bedingt durch den Generator, höher ist, als bei einer statischen USV-Anlage, deren Kurzschlussstrom zum Schutz der Leistungselektronik begrenzt werden muss.

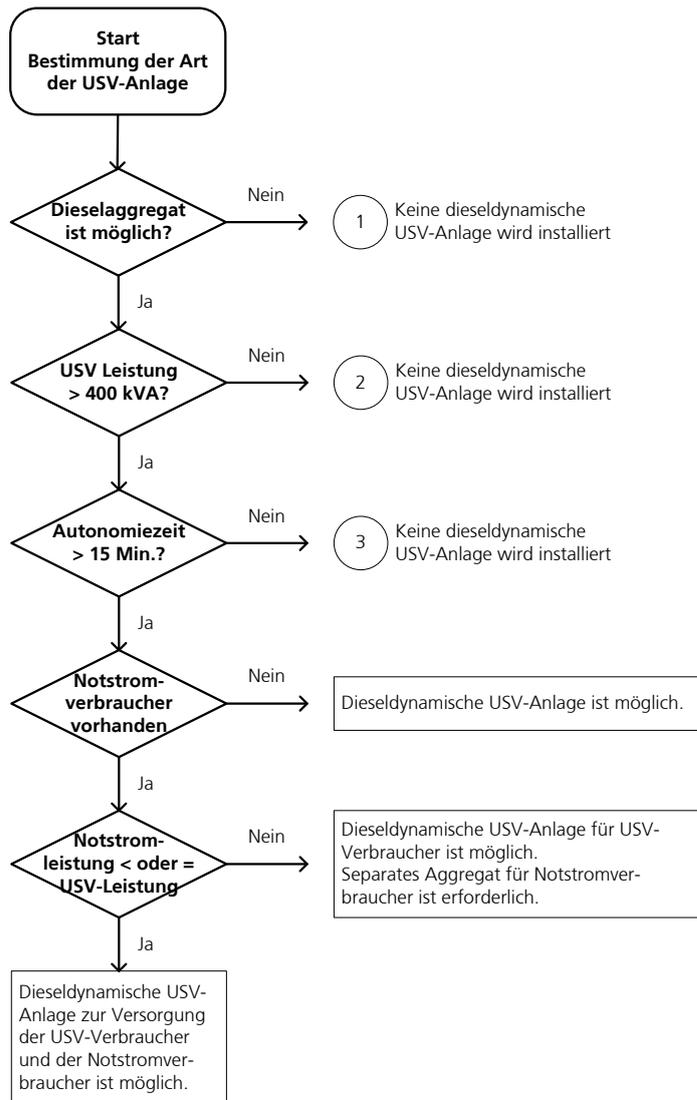
Zur Gewährleistung der Abschaltung von Kurzschlüssen am Ende langer Leitungen muss die Leistung einer USV-Anlage allenfalls erhöht werden oder eine dynamische USV-Anlage eingesetzt werden.

## 8.7. ENTSCHEIDUNGSKRITERIEN FÜR DIE BESTIMMUNG DER USV-ANLAGE

Entscheid zwischen statischer und dynamischer USV-Anlage sowie zwischen Batteriespeicher oder rotierendem Speicher.

Ist auf Grund der Kategorisierung der Verbraucher ein USV-Anlage erforderlich, so muss die Art der zu verwendenden USV-Anlage bestimmt werden. Zur Auswahl stehen statische USV-Anlagen mit Batteriespeicher, Rotierende USV-Anlagen oder statische USV-Anlagen mit rotierenden Speichern. Der Entscheid zur Wahl von rotierenden oder statischen USV-Anlagen kann auch auf die technischen Kriterien gemäss Abbildung 38 und Abbildung 39 abgestützt werden.

Abbildung 38:  
Übersicht der technischen Entscheidungskriterien für rotierende oder statische USV-Anlagen (Teil 1)



Nebst der grundsätzlichen Möglichkeit zum Einsatz von Dieselaggregaten müssen auch die in Abbildung 38 aufgezeigten technische Voraussetzungen gegeben sein, um Dieseldynamische USV-Anlagen einsetzen zu können. Sind die entsprechenden Voraussetzungen nicht gegeben, so kommen statische USV-Anlagen zum Einsatz.

Beim Einsatz von statischen USV-Anlagen stellt sich noch die Frage, ob zur Energiespeicherung Batterieanlagen oder rotierende Energiespeicher eingesetzt werden sollen.

- Dieselaggregat nicht möglich  
oder
- USV-Leistung < 400 kVA  
oder
- Autonomiezeit < 15 Min.

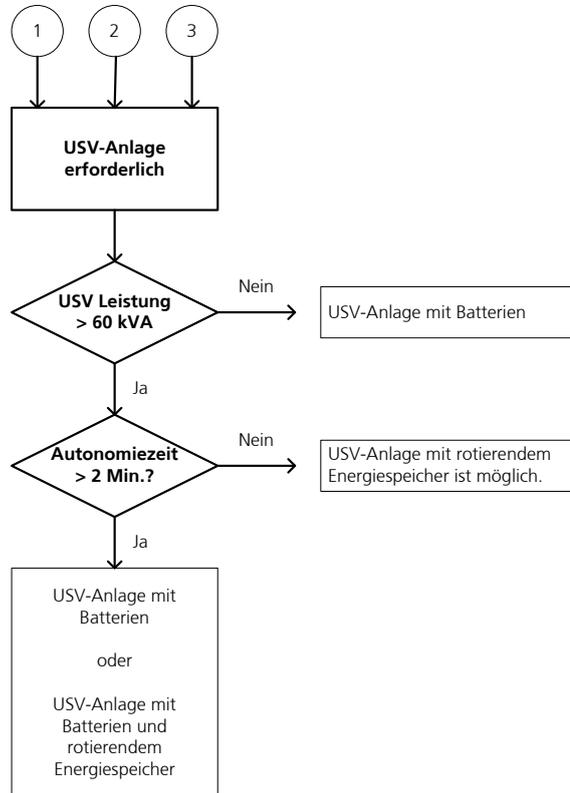


Abbildung 39:  
Übersicht der technischen  
Entscheidungskriterien  
für rotierende oder statische  
USV-Anlagen (Teil 2)

Mittels der technischen Entscheidungskriterien können mögliche Varianten für die zu realisierende USV-Anlage gefunden werden. Für die zusätzlich notwendige wirtschaftliche Beurteilung der technisch möglichen Varianten kann das Excel-Programm „Berechnung der Lebenszykluskosten von USV-Anlagen“, wie in Kapitel 10.4 aufgezeigt, eingesetzt werden.

## 9. GRUNDREGELN DER PLANUNG

Das Vorgehen für die Bestimmung des optimalen Einsatzes von USV-Anlagen ist im Kapitel 8 beschrieben. Im Folgenden werden die Grundregeln der Planung in Form einer Checkliste aufgeführt.

### 9.1. 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. 8.3).  |

### 9.2. 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 Verbrauchegeräten 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 Energiespeicher 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.  |

### 9.3. 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).

### 9.4. 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. Verbrauchernforderungen 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

### 9.5. 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

## 9.6. 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.

## 9.7. 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.

Betrachtung der Lebenszykluskosten für den Vergleich der Wirtschaftlichkeit

Für den Vergleich der Wirtschaftlichkeit von USV-Anlagen kann die im Kapitel 10.4 erläuterte Berechnung der Lebenszykluskosten verwendet werden.

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

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

## 9.8. 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

## 9.9. 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

## 9.10. 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.
- **Prüfung von alternativen Varianten:** Mittels Photovoltaikeinspeisung und Batteriestützung kann eine Gleichspannungsversorgung für elektronische Komponenten im Netzausfall die Versorgung aufrechterhalten.

Verbrauchersysteme so auswählen, dass ein minimaler Einsatz von USV-Anlagen erforderlich wird

Alternativen zu USV-Anlagen prüfen

## 10. 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.

Zudem wird eine Musterausschreibung für USV-Anlagen und ein Excel-Programm zur Evaluation von USV-Anlagen basierend auf den Lebenszykluskosten aufgezeigt.

### 10.1. 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 der Grundschwingungsblindleistung eingesetzt werden. Anforderungen des einspeisenden Netzes

## 10.2. ANGABEN SEITENS DES HERSTELLERS

- **Qualitäts-/Energiamatrix:** Mit der Qualitäts-/Energiamatrix 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

## 10.3. MUSTERAUSSCHREIBUNG FÜR USV-ANLAGEN

Basierend auf den durch den Planer ermittelten Grundlagen zur USV-Anlage kann eine funktionale Ausschreibung entsprechend dem Beispiel in Anhang 5 erstellt werden. Die offerierte Anlage muss den Anforderungen der jeweiligen Ausschreibung entsprechen und die zusätzlich geforderten Informationen müssen mit der Offerte eingereicht werden.

Musterausschreibung als  
Checkliste für USV-Anlagen

## 10.4. EVALUATION VON USV-ANLAGEN MITTELS BETRACHTUNG DER LEBENSZYKLUSKOSTEN

Excel Programm „LCC-USV-Eval“  
zur Evaluation von USV-Anlagen  
basierend auf den  
Lebenszykluskosten

Für die Evaluation von USV-Anlagen besteht ein Excel Berechnungsprogramm „LCC-USV-Eval“. Mit Hilfe dieses Berechnungsprogramms können USV-Anlagen basierend auf unterschiedlichen Offerten unter Berücksichtigung der Lebenszykluskosten evaluiert werden. Das im Folgenden beschriebene Berechnungsprogramm berücksichtigt neben den Anschaffungskosten, der Lebensdauer und dem realen Zinssatz auch sämtliche Komponenten, die für die Berechnung der Lebenszykluskosten berücksichtigt werden müssen.

Das Excel Programm „LCC-USV-Eval“ und die zugehörige Bedienungsanleitung können heruntergeladen werden unter:

[http://www.bfe.admin.ch/forschungelektrizitaet/02207/index.html?lang=de&dossier\\_id=01914](http://www.bfe.admin.ch/forschungelektrizitaet/02207/index.html?lang=de&dossier_id=01914)

Erfassung von Allgemeinen für  
alle Varianten identischen  
Rahmenbedingungen

Für die Evaluation müssen allgemeine Daten erfasst werden, die für sämtliche betrachteten Varianten identisch sind. Diese Daten sind in Anhang 6 Teil 1 ersichtlich und umfassen die Zinsen für die Kapitalkosten, Angaben zu den Hoch- und Niedertarifzeiten, die USV Lastverteilung während eines Jahres, die Wirkenergiepreise sowie die Angaben zu einer allfälligen Verrechnung der Blindenergie.

Erfassung der spezifischen Daten  
für die einzelnen Varianten

Für jede im Rahmen der Evaluation betrachtete Variante der USV-Anlage müssen die Daten gemäss Anhang 6 Teil 2 erfasst werden. Dies betrifft die Nennleistung, den Aufbau, die Wirkungsgrade, die Lebensdauer, die Investitionskosten, den Erneuerungsbedarf des Energiespeichers sowie die Betriebs und Entsorgungskosten.

Ausgabe einer  
Vergleichsübersicht und einer  
Sensitivitätsanalyse

Als Ergebnis wird der Vergleich der unterschiedlichen Varianten tabellarisch dargestellt (Anhang 6 Teil 3). Zudem kann auch eine Sensitivitätsanalyse bezüglich Änderungen im Zinssatz und im Energiepreis durchgeführt werden (Anhang 6 Teil 4).

## 11. CODE OF CONDUCT FÜR USV-ANLAGEN

Die europäischen Hersteller und Händler von USV-Anlagen haben unter der Leitung der European Commission DG JRC in Ispra einen Code of Conduct für USV-Anlagen erstellt. Mit diesem Code of Conduct für USV-Anlagen verpflichten sich die unterzeichnenden Unternehmen, die im Code of Conduct festgelegten Zielwerte bezüglich der Energieeffizienz von USV-Anlagen zu erreichen. Der jeweils aktuelle Code of Conduct für USV-Anlagen kann heruntergeladen werden unter:

<http://re.jrc.ec.europa.eu/energyefficiency/pdf/CoC%20UPS%20efficiency-v1-0a-22012008.pdf>

Im Code of Conduct für USV-Anlagen werden für die unterschiedlichen Typen für USV-Anlagen VFI, VI und VFD bei unterschiedlichen Lasten die minimalen Wirkungsgrade festgelegt die mit neuen Anlagen erreicht werden müssen. Ebenfalls werden die maximalen Verlustwerte für zusätzliche Komponenten wie Trenntransformatoren oder Filteranlagen festgelegt. Die definierten Zielwerte gelten jeweils für zwei bis vier Jahre. Danach werden neue Zielwerte festgelegt, die für die jeweils folgende Periode für Neuanlagen verbindlich sind.

Mit der Unterzeichnung des Code of Conduct für USV-Anlagen verpflichtet sich das Unternehmen zudem, jährlich Angaben zu den verkauften USV-Anlagen bezüglich der erreichten Energieeffizienz zuhanden der European Commission im Rahmen einer Selbstdeklaration einzureichen.

Code of Conduct für USV-Anlagen zur Erreichung einer hohen Energieeffizienz von USV-Anlagen

Im Code of Conduct für USV-Anlagen werden die unterschiedlichen Typen von USV-Anlagen und auch von Zusatzkomponenten berücksichtigt.

Jährliche Selbstdeklaration der erreichten Energieeffizienzwerte zuhanden der EU-Commission

## 12. WEITERE INTERNATIONALE AKTIVITÄTEN BEZÜGLICH USV-ANLAGEN

European Guide for  
Uninterruptible Power Supplies  
der CEMEP

Die CEMEP als Vertreterin der europäischen Hersteller von USV-Anlagen hat im Februar 2008 bezüglich der USV-Anlagen einen European Guide for Uninterruptible Power Supplies erstellt. Dieser in englischer Sprache verfasste Leitfaden enthält teilweise dieselben Informationen wie der vorliegende Leitfaden für Planer und Betreiber. Der Leitfaden der CEMEP enthält mehr Informationen bezüglich der Installation und dem Unterhalt von USV-Anlagen. Er geht jedoch weniger auf die Aspekte der optimierten Planung ein und enthält auch keine Angaben zu den dieseldynamischen USV-Anlagen oder den rotierenden Energiespeicher.

CEMEP erarbeitet ein Dokument  
bezüglich Energieeffizienz von  
USV-Anlagen

Zurzeit erarbeitet die CEMEP ein Dokument, das die Aspekte bezüglich der Energieeffizienz von USV-Anlagen stärker berücksichtigen soll. Der bestehende UPS Guide der CEMEP soll mit diesem Dokument ergänzt werden. Ebenfalls sollen die Aspekte der Energieeffizienz auch in die IEC Standards für USV-Anlagen sowie in das Projekt Energy Star UPS der EPA aufgenommen werden. Das Dokument der CEMEP bezüglich der Energieeffizienz soll ab Mitte November 2010 für die Diskussion in der EU-Commission zur Verfügung stehen.

Energy Star Spezifikation für  
USV-Anlagen der EPA

Die EPA (Environmental Protection Agency der USA) entwickelt eine Energy Star Spezifikation für USV-Anlagen. Diese Spezifikation, welche auch die Energieeffizienz betreffen wird, gilt für die USA, wird jedoch Einfluss auf die europäischen USV-Hersteller haben, da diese ihre Anlagen auch im amerikanischen Markt absetzen wollen.

---

## NORMEN UND EMPFEHLUNGEN FÜR USV-ANLAGEN

<b>IEC 62040-3</b>	Uninterruptible power systems (UPS) – Part 3: Method of specifying the performance and test requirements
<b>IEC 62040-1</b>	Uninterruptible power systems (UPS) – Part 1: General and safety requirements for UPS
<b>IEC 62040-2</b>	Uninterruptible power systems (UPS) – Part 2: Electromagnetic compatibility (EMC) requirements
<b>IEC 62040-4</b>	Uninterruptible power systems (UPS) – Part 4: Environmental aspect requirements and reporting
<b>EN 50160</b>	Voltage characteristics of electricity supplied by public distribution systems
<b>DACHCZ</b>	Die neuen technischen Regeln zur Beurteilung von Netzurückwirkungen (DACHCZ, Nachfolger von VSE 2.72d - 97)

## Dokumentenverzeichnis

- [1] Peter Mauchle, Schnyder Ingenieure AG: **Messverfahren "Test and Measurement Procedures to set up the Quality-/Energy-Matrix for UPS" mit Q/E-Matrix**; BFE März 2005
- [2] Dr. Gilbert Schnyder und Peter Mauchle, Schnyder Ingenieure AG: **Merkblatt „Optimierter Einsatz von USV-Anlagen“**; BFE September 2008, [www.electricity-research.ch](http://www.electricity-research.ch)
- [3] Peter Mauchle, Schnyder Ingenieure AG: **Checkliste für die Ausschreibung von USV-Anlagen**; BFE März 2005 [www.electricity-research.ch](http://www.electricity-research.ch)
- [4] Peter Mauchle, Schnyder Ingenieure AG: **Checkliste für die Ausschreibung von kleinen USV-Anlagen**; BFE März 2005, [www.electricity-research.ch](http://www.electricity-research.ch)
- [5] European Commission Directorate-General JRC: **Code of Conduct on energy Efficiency and Quality of AC Uninterruptible Power Systems (UPS)**, Version 1.0a, Ispra, 22 December 2006; Englische Originalversion und Deutsche unverbindliche Übersetzung, [www.electricity-research.ch](http://www.electricity-research.ch)
- [6] Peter Mauchle, Schnyder Ingenieure AG: **Berechnung der Lebenszykluskosten von USV-Anlagen, Software zur Evaluation von Offerten**; BFE Juli 2007, [www.electricity-research.ch](http://www.electricity-research.ch)
- [7] Peter Mauchle und Gilbert Schnyder, Schnyder Ingenieure AG: **Rotierende USV-Anlagen und dynamische Energiespeicher**, Vergleich der statischen mit rotierenden USV-Anlagen und Vergleich der dynamischen Energiespeicherung mit Batterieanlagen. BFE Januar 2010, [www.electricity-research.ch](http://www.electricity-research.ch)

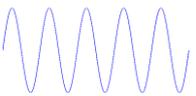
## ANHANG

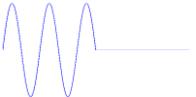
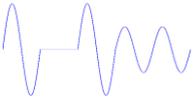
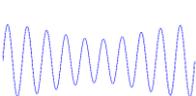
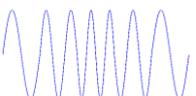
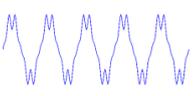
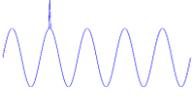
- Anhang 1: Checkliste zum versorgenden Netz
- Anhang 2: Checkliste der Verbraucher
- Anhang 3: Oberschwingungsbeurteilung (Kurzfassung)  
(VSE-Empfehlung DACHCZ, vormals 2.72d-97; Beiblatt B)
- Anhang 4: Qualitäts-/Energiematrix
- Anhang 5: Checkliste für die Ausschreibung von USV-Anlagen
- Anhang 6: Berechnung der Lebenszykluskosten von USV-Anlagen  
Software zur Evaluation von Offerten



## Anhang 1: Checkliste zum versorgenden Netz

### Teil 1: Qualität des versorgenden Netzes

Netzspannung im Normalfall (gemäss EN 50160)		
	Während 95 % der Zeit: <b>Spannung</b> 230 V +/- 10 % <b>Frequenz</b> 50 Hz +/- 1 % Während 100 % der Zeit: <b>Frequenz</b> 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
	<b>Netzausfall</b> Unwetter Transformator-, Generatorausfälle	Jederzeit möglich
	<b>Netzunterbruch, Netzeinbruch</b> Unwetter, Schalthandlungen im Netz Kursschlüsse	Jederzeit möglich
	<b>Über-, Unterspannung</b> Über- und Unterbelastung des Netzes	<input type="checkbox"/> häufig <input type="checkbox"/> U = <input type="checkbox"/> selten <input type="checkbox"/> U = <input type="checkbox"/> nie
	<b>Spannungsschwankungen</b> Grosse Laständerungen	<input type="checkbox"/> häufig <input type="checkbox"/> U = <input type="checkbox"/> selten <input type="checkbox"/> U = <input type="checkbox"/> nie
	<b>Frequenzschwankungen</b> Selten im europäischen UCTE-Netz Möglich im Inselbetrieb (z.B. beim Einsatz von Netzersatzanlagen)	<input type="checkbox"/> Kein Inselbetrieb mit Netzersatzanlage → Δ F ist vernachlässigbar <input type="checkbox"/> Inselbetrieb mit Netzersatzanlage → Δ F =
	<b>Spannungsverzerrungen</b> Oberwellen durch Gleich- und Wechselrichter Getaktete Netzteile	Abhängig von anderen Verbrauchern; Spannungsklirrfaktor $K_U =$
	<b>Spannungsspitzen</b> Blitzeinschläge, Schalthandlungen Kurzschlüsse, Gleich und Wechselrichter	Jederzeit möglich; Schnelle Transiente (IEC 61000 4-4) $U_{Peak} =$ Energiereiche Transiente (IEC 61000 4-5) $U_{Peak} =$

### Netz Kurzschlussleistung $S_{KV}$ 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 $\text{THDi}_A$

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



## Anhang 2: Checkliste der Verbraucher

### Teil 2: Qualität der Verbraucher

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

\*) THDi = Gesamtüberschwingungsgehalt des Stromes eines einzelnen Verbrauchers

## Anhang 3: Oberschwingungsbeurteilung

(Kurzfassung der VSE-Empfehlung DACHCZ, vormals 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:

<b>Niederspannung:</b>	<b><math>S_{KV} / S_A \geq 150</math></b>
<b>Mittelspannung:</b>	<b><math>S_{KV} / S_A \geq 300</math></b>

### 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:

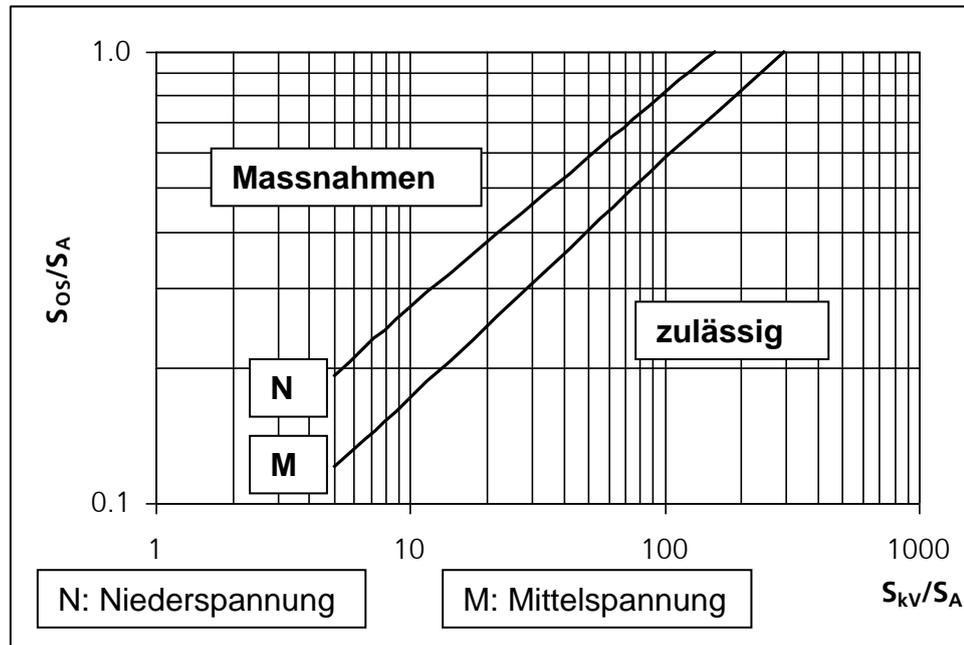
- Gruppe 1:** Hierzu gehören Stromrichter mit Pulszahlen  $\geq 12$ , Leuchtstofflampen und andere Gasentladungslampen mit induktivem Vorschaltgerät.
- Gruppe 2:** Zu dieser Gruppe gehören 6-pulsige Stromrichter, Drehstromsteller, Inverterschweissgeräte, elektronisch geregelte Wechselstrommotoren, Dimmer, 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:

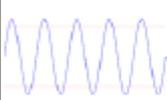
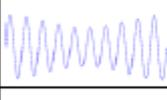
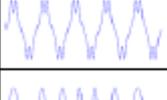


Zunächst wird im Diagramm jene Stelle markiert, die durch die zuvor ermittelten Werte für das Leistungsverhältnis  $S_{kv}/S_A$  und den Oberschwingungslastanteil  $S_{Os}/S_A$  festgelegt ist.

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-/Energienmatrix

Einsatz von USV-Anlagen Q/E-Matrix			
<b>USV - Typ:</b>	<b>Nennwirkleistung (<math>P_{Nenn}</math>):</b>	<b>kW</b>	
<b>Hersteller:</b>	<b>Nennscheinleistung (<math>S_{Nenn}</math>):</b>	<b>kVA</b>	
<b>Aufbau:</b>	<b>Maximale Leistung (<math>P_{Max\_Kap}</math>):</b>	<b>kW</b>	
<b>Klassifikations-Code:</b>	<b>bei kapazitiver Last</b>		
<b>Netzspannung im Normalfall (<math>U_{NORM}</math> gemäss EN 50160)</b>		<b>Ausgangsspannung der USV-Anlage</b>	
	Spannung 230 V +/- 10 % Frequenz 50 Hz +/- 1.0 %	Die Ausgangsspannung der USV-Anlage muss bei allen Betriebsarten innerhalb $U_{NORM}$ liegen. Die Betriebsarten sind Normalbetrieb, Bypass-Betrieb und Betrieb ab Batterie.	
<b>Netzstörungen (Eingang)</b>		<b>Störungsbehebung (Ausgang)</b>	
Art der Störung (Messverfahren) Bereich		Normalbetrieb (Betrieb über den USV-Pfad)	
		Bypass-Betrieb (Betrieb vor der Netzstörung über den Bypass)	
		$U_{NORM}$ erfüllt ?	Abweichung von $U_{NORM}$
		$U_{NORM}$ erfüllt ?	Abweichung von $U_{NORM}$
	<b>Netzausfall</b> (Kap. 2) $t_{UE} > 1$ s	ja/nein	
	<b>Netzunterbruch, Netzeinbruch</b> (Kap. 4.1, 4.4 – 4.5) $t_{UE} < 1$ s	ja/nein	
	<b>Über-, Unterspannung</b> (Kap. 3.1 – 3.3) $\Delta U_E = +/- 10$ % $\Delta U_E = +/- 25$ %	ja/nein	
	<b>Spannungsschwankungen</b> (Kap. 4.1 – 4.3) $\Delta U_E = - 30$ % $\Delta U_E = - 60$ %	ja/nein	
	<b>Spannungsverzerrungen</b> (Kap. 5) Störpegel der Klasse 3 Gemäss IEC 61000-4-13	ja/nein	
	<b>Frequenzschwankungen</b> (Kap. 3.1; 3.4 – 3.5) $\Delta f_{E sprung} = +/- 10$ % $\Delta f_{E kont} = +/- 10$ %	ja/nein	
	<b>Spannungsspitzen</b> (Kap. 6 & 7) schnelle Transiente gemäss IEC 61000-4-4	ja/nein	
	energiereiche Transiente gemäss IEC 61000-4-5	ja/nein	
<b>Legende:</b>		<b>Aufbau und Klassifikations-Code:</b>	
$U_{NORM}$	Normspannung gemäss EN 50160 (230 V +/- 10 %; 50 Hz +/- 1.0 %)	gemäss IEC 62040-3	
$P_{Nenn}$	Max. Dauerausgangswirkleistung bei linearer, ohmscher Belastung	<b>Last:</b> 100 %, lineare, ohmsche Last oder 100 % lineare Scheinlast	
$S_{Nenn}$	Max. Dauerausgangsscheinleistung bei nichtlinearer Belastung gemäss EN/IEC 62040-3	Die Messung der Spannungsspitzen erfolgt bei 100 %, linearer, Scheinlast oder bei einer Belastung von max. 16 A / Phase bei USV-Anlagen mit einer Leistung grösser als 20 kVA	
$P_{Max\_Kap}$	Max. Dauerausgangswirkleistung bei linearer, kapazitiver Belastung mit $\cos \varphi = 0.9$ cap		
QEMatrix11.doc		Seite 1	
		13. Januar 2009 / Sling / Mp	

## Einsatz von USV-Anlagen Q/E-Matrix



### Netzzrückwirkungen im Normalbetrieb am Eingang bei 230 V (Messverfahren Kapitel 8)

Normalbetrieb (Betrieb über den USV-Pfad)			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 IEC 62040-3 ( $S_{Nenn}$ )
$\lambda_{-}$	k = %		bei maximalem Ausgangsstrom (Leistungsfaktor $\lambda_{-}$ )
$\lambda_{-}$	k = %		bei 0-10 %, 50 %, 100 %, asymmetrischer, nichtlinearer Last gemäss IEC 62040-3
Bypass-Betrieb (Betrieb über den 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 IEC 62040-3 ( $S_{Nenn}$ )
$\lambda_{-}$	k = %		bei maximalem Ausgangsstrom (Leistungsfaktor $\lambda_{-}$ )
$\lambda_{-}$	k = %		bei 0-10 %, 50 %, 100 %, asymmetrischer, nichtlinearer Last gemäss IEC 62040-3

### Verluste und Wirkungsgrade im Normalbetrieb (Eingangsspannung $U_E = 230 V \pm 10\%$ ) (Messverfahren Kapitel 9)

Normalbetrieb (Betrieb über den USV-Pfad)		Verluste (in W) und Wirkungsgrade (in %) bei Betrieb über USV mit							
Leistung	linearer, ohmscher Last		nichtlinearer Last gemäss IEC 62040-3		max. Ausgangsstrom ( $\lambda_{-}$ )		asymmetrischer, nicht-linearer Last gemäss IEC 62040-3		
	W	%	W	%	W	%	W	%	
25 % Nennleistung	W	%	W	%	-----	-----	-----	-----	
50 % Nennleistung	W	%	W	%	-----	-----	W	%	
75 % Nennleistung	W	%	W	%	-----	-----	-----	-----	
100 % Nennleistung	W	%	W	%	W	%	-----	-----	
Standby-Verluste:		W bei $U_A =$ Nennspannung und $I_A = 0 A$							
Bypass-Betrieb (Betrieb über den Bypass)		Verluste (in W) und Wirkungsgrade (in %) bei Betrieb über Bypass mit							
Leistung	linearer, ohmscher Last		nichtlinearer Last gemäss IEC 62040-3		max. Ausgangsstrom ( $\lambda_{-}$ )		asymmetrischer, nicht-linearer Last gemäss IEC 62040-3		
	W	%	W	%	W	%	W	%	
50 % Nennleistung	W	%	W	%	-----	-----	W	%	
100 % Nennleistung	W	%	W	%	W	%	-----	-----	
Standby-Verluste:		W bei $U_A =$ Nennspannung und $I_A = 0 A$							

## Einsatz von USV-Anlagen Q/E-Matrix Ergänzungsblatt Speicher



Batterieanlage (kombinierbar mit Flywheel)																									
<b>Topologie</b> 	<b>Technische Daten</b> <table border="1"> <tr><td>Energiespeicherkapazität</td><td>Ah</td></tr> <tr><td>Anschlussspannung</td><td>V DC</td></tr> <tr><td>Welligkeit der Spannung</td><td>%</td></tr> <tr><td>Maximaler Ladestrom</td><td>A</td></tr> <tr><td>Min. Ladedauer von 0% bis 100 %</td><td>Min.</td></tr> <tr><td>Maximaler Entladestrom</td><td>A</td></tr> <tr><td>Minimale Autonomiedauer</td><td>Min.</td></tr> <tr><td>Dauernachladestrom</td><td>A</td></tr> <tr><td>Wirkungsgrad des Speichers</td><td>%</td></tr> <tr><td>Umgebungstemperatur von bis</td><td>°C</td></tr> <tr><td>Lärmpegel</td><td>&lt; 5 dB</td></tr> <tr><td>Anzahl Lade- und Entladezyklen</td><td></td></tr> </table>	Energiespeicherkapazität	Ah	Anschlussspannung	V DC	Welligkeit der Spannung	%	Maximaler Ladestrom	A	Min. Ladedauer von 0% bis 100 %	Min.	Maximaler Entladestrom	A	Minimale Autonomiedauer	Min.	Dauernachladestrom	A	Wirkungsgrad des Speichers	%	Umgebungstemperatur von bis	°C	Lärmpegel	< 5 dB	Anzahl Lade- und Entladezyklen	
Energiespeicherkapazität	Ah																								
Anschlussspannung	V DC																								
Welligkeit der Spannung	%																								
Maximaler Ladestrom	A																								
Min. Ladedauer von 0% bis 100 %	Min.																								
Maximaler Entladestrom	A																								
Minimale Autonomiedauer	Min.																								
Dauernachladestrom	A																								
Wirkungsgrad des Speichers	%																								
Umgebungstemperatur von bis	°C																								
Lärmpegel	< 5 dB																								
Anzahl Lade- und Entladezyklen																									

Flywheel (kombinierbar mit Batteriespeicher)																									
<b>Topologie</b> 	<b>Technische Daten</b> <table border="1"> <tr><td>Energiespeicherkapazität</td><td>Ah</td></tr> <tr><td>Anschlussspannung</td><td>V DC</td></tr> <tr><td>Welligkeit der Spannung</td><td>%</td></tr> <tr><td>Maximaler Ladestrom</td><td>A</td></tr> <tr><td>Min. Ladedauer von 0% bis 100 %</td><td>Min.</td></tr> <tr><td>Maximaler Entladestrom</td><td>A</td></tr> <tr><td>Minimale Autonomiedauer</td><td>Min.</td></tr> <tr><td>Dauernachladestrom</td><td>A</td></tr> <tr><td>Wirkungsgrad des Speichers</td><td>%</td></tr> <tr><td>Umgebungstemperatur von bis</td><td>°C</td></tr> <tr><td>Lärmpegel</td><td>dB</td></tr> <tr><td>Anzahl Lade- und Entladezyklen</td><td></td></tr> </table>	Energiespeicherkapazität	Ah	Anschlussspannung	V DC	Welligkeit der Spannung	%	Maximaler Ladestrom	A	Min. Ladedauer von 0% bis 100 %	Min.	Maximaler Entladestrom	A	Minimale Autonomiedauer	Min.	Dauernachladestrom	A	Wirkungsgrad des Speichers	%	Umgebungstemperatur von bis	°C	Lärmpegel	dB	Anzahl Lade- und Entladezyklen	
Energiespeicherkapazität	Ah																								
Anschlussspannung	V DC																								
Welligkeit der Spannung	%																								
Maximaler Ladestrom	A																								
Min. Ladedauer von 0% bis 100 %	Min.																								
Maximaler Entladestrom	A																								
Minimale Autonomiedauer	Min.																								
Dauernachladestrom	A																								
Wirkungsgrad des Speichers	%																								
Umgebungstemperatur von bis	°C																								
Lärmpegel	dB																								
Anzahl Lade- und Entladezyklen																									

Kinetisches Modul mit Synchronmaschine (zu dieseldynamischem USV-System)																									
<b>Topologie</b> 	<b>Technische Daten</b> <table border="1"> <tr><td>Energiespeicherkapazität</td><td>kWh</td></tr> <tr><td>Anschlussspannung</td><td>V AC</td></tr> <tr><td>Max. U Oberschwingungsgehalt</td><td>%</td></tr> <tr><td>Maximaler Ladestrom</td><td>A</td></tr> <tr><td>Min. Ladedauer von 0% bis 100 %</td><td>Min.</td></tr> <tr><td>Maximaler Entladestrom</td><td>A</td></tr> <tr><td>Minimale Autonomiedauer</td><td>Min.</td></tr> <tr><td>Dauernachladestrom</td><td>A</td></tr> <tr><td>Wirkungsgrad des Speichers</td><td>%</td></tr> <tr><td>Umgebungstemperatur von bis</td><td>°C</td></tr> <tr><td>Lärmpegel</td><td>dB</td></tr> <tr><td>Anzahl Lade- und Entladezyklen</td><td></td></tr> </table>	Energiespeicherkapazität	kWh	Anschlussspannung	V AC	Max. U Oberschwingungsgehalt	%	Maximaler Ladestrom	A	Min. Ladedauer von 0% bis 100 %	Min.	Maximaler Entladestrom	A	Minimale Autonomiedauer	Min.	Dauernachladestrom	A	Wirkungsgrad des Speichers	%	Umgebungstemperatur von bis	°C	Lärmpegel	dB	Anzahl Lade- und Entladezyklen	
Energiespeicherkapazität	kWh																								
Anschlussspannung	V AC																								
Max. U Oberschwingungsgehalt	%																								
Maximaler Ladestrom	A																								
Min. Ladedauer von 0% bis 100 %	Min.																								
Maximaler Entladestrom	A																								
Minimale Autonomiedauer	Min.																								
Dauernachladestrom	A																								
Wirkungsgrad des Speichers	%																								
Umgebungstemperatur von bis	°C																								
Lärmpegel	dB																								
Anzahl Lade- und Entladezyklen																									



## Anhang 5: Checkliste für die Ausschreibung von USV-Anlagen

(Beispielwerte *kursiv* eingetragen)

### USV-ANLAGE

#### NENNDATEN

- Nennleistung  $P_{\text{Nenn}}$ : *100 kW*  
 $P_{\text{Nenn}}$  = Max. Dauerausgangswirkleistung bei linearer, ohmscher Belastung
- Nennscheinleistung  $S_{\text{Nenn}}$ : *120 kVA*  
 $S_{\text{Nenn}}$  = Max. Dauerausgangsscheinleistung bei nichtlinearer Belastung gemäss IEC 62040-3
- Frequenz  $f$ : *50 Hz*
- Ausgangsspannung  $U_A$ : *3 x 400 V AC*

### AUFBAU

#### Modularer Aufbau

Die USV-Anlage ist gemäss folgender Definition modular aufgebaut:

- Modularer Aufbau mit  $(n+1)$  Modulen: *(3+1) Module*  
 Dabei muss mit  $n$  Modulen  $P_{\text{Nenn}}$  und  $S_{\text{Nenn}}$  erreicht werden.  
 Die USV-Anlage bleibt auch beim Ausfall einzelner beliebiger Module mit allenfalls reduzierter Leistung betriebsfähig.
- Für weitere Module mit gleicher Leistung ist Reserveplatz bereitzustellen: *Reserveplatz für  
2 Module*
- Die Module können während dem Betrieb der USV-Anlage ausgetauscht werden (Hot-Swap): *Ja*

#### Zusatzeinrichtungen

Die USV-Anlage ist mit folgenden Zusatzeinrichtungen auszurüsten:

- Elektronischer Bypass: *Ja*
- Wartungs-Bypass: *Ja*
- Eingangstrenntransformator: *Nein*
- Ausgangstrenntransformator: *Nein*

## BETRIEBSARTEN

Der Betrieb der USV-Anlage ist mit folgenden Betriebsarten möglich:

- **Betrieb über USV-Pfad:** *Ja*  
 Im Normalbetriebszustand fliesst die Energie vom Netz über den USV-Pfad zu den ab der USV versorgten Verbraucher. Die Batterien werden geladen, bzw. auf der Schwebeladespannung gehalten.  
 Bei Netzausfall und Netzstörungen erfolgt die Versorgung der Verbraucher ab der Batterie.
  
- **Energiesparbetrieb über elektronischen Bypass:** *Ja*  
 Im Normalbetriebszustand fliesst die Energie vom Netz über den elektronischen Bypass zu den ab der USV versorgten Verbraucher. Die Batterien werden geladen, bzw. auf der Schwebeladespannung gehalten.  
 Bei Netzausfall und Netzstörungen erfolgt innerhalb von 20 ms eine Umschaltung vom Betrieb über den elektronischen Bypass auf den Betrieb über den USV-Pfad, so dass die Verbraucher nach erfolgter Umschaltung ab der Batterie versorgt werden.
  
- **Wartung:** *Ja*  
 Für Wartungsarbeiten kann die USV-Anlage manuell auf den Wartungs-Bypass umgeschaltet werden. Dadurch wird ein Teil der USV-Anlage umgangen und kann spannungslos geschaltet werden.

## TECHNISCHE DATEN

Die USV-Anlage muss die eingangsseitigen Netzstörungen gemäss der Q/E-Matrix (Anhang 4) beheben, so dass diese am Ausgang der USV-Anlage auf Werte reduziert werden, die innerhalb der Normspannung gemäss EN 50160 liegen.

Die Netzurückwirkungen am Eingang der USV-Anlage sind für die unterschiedlichen Lasten gemäss der Q/E-Matrix anzugeben. Diese Netzurückwirkungen dürfen die Anforderungen des versorgenden Netzes an die Verbraucher (Anhang 1, Teil 2) nicht überschreiten.

Die gemessenen und garantierten Verluste und Wirkungsgrade der USV-Anlage sind für die unterschiedlichen Lasten gemäss der Q/E-Matrix anzugeben. Diese Wirkungsgrade und Verluste dürfen die folgenden Werte nicht überschreiten:

- Gesamtwirkungsgrad AC / AC bei Betrieb über den USV-Pfad und geladener Batterie mit linearer, ohmscher
  - 100 % Last > 92.5 %
  - Teillast 75 % > 92.5 %
  - Teillast 50 % > 92.5 %
  - Teillast 25 % > 90.0 %
  
- Standby-Verluste bei Betrieb über den USV-Pfad: *< 1.5 kW*  
 Die Standby-Verluste entsprechen den Verlusten der USV-Anlage, bei geladener Batterie, Nennspannung am Ausgang und einem Ausgangsstrom  $I_A = 0$  A.

- Gesamtwirkungsgrad AC / AC bei Betrieb über den elektronischen Bypass und geladener Batterie mit linearer, ohmscher
  - 100 % Last > 98.0 %
  - Teillast 50 % > 98.0 %
- Standby-Verluste bei Betrieb über den USV-Pfad: < 1.5 kW  
 Die Standby-Verluste entsprechen den Verlusten der USV-Anlage, bei geladener Batterie, Nennspannung am Ausgang und einem Ausgangsstrom  $I_A = 0$  A.

Die USV-Anlage muss folgende Überlastbarkeit erfüllen:

- Überlastbarkeit bei Betrieb über den USV-Pfad
  - während 1 Minute 150 %
  - während 10 Minuten 125 %
- Überlastbarkeit bei Betrieb über den elektronischen Bypass
  - während 1 Minute 150 %
  - während 10 Minuten 125 %

Im Weiteren gelten folgende Umgebungsbedingungen und Anforderungen für die USV-Anlage:

- Betriebstemperatur: 0 °C bis 40 °C
- Luftfeuchtigkeit: 0 % bis 95 %  
*nicht kondensierend*
- Geräuschpegel im Abstand von 1 m: < 55 dB
- Batterietest Ja
- Max. Batterieladestrom: < 5 A  
Bei gleichzeitiger 100 %-iger Belastung der USV-Anlage
- Batterieladegerät *Rippel < 5 %*
- Schutz vor Batterietiefentladung inkl. automatischer Batterieüberwachung: Ja

## ÜBERWACHUNG UND STEUERUNG

Zur Überwachung und Steuerung der USV-Anlage sind die folgenden Komponenten enthalten:

- Überwachungs- und Bedieneinheit auf der USV-Anlage: *Ja*
- Server Shut-down Funktion *Ja*
- Kommunikationsschnittstelle: *Ethernet*
  - Schnittstelle dient zur Fernabfrage und Weiterleitung von Systeminformationen, wie Statusmeldungen, Messwerte, Ereignisprotokollen usw. *Ja*
  - Schnittstelle dient zur Fernbedienung der USV-Anlage. *Ja*
- Potentialfreie Relaiskontakte: *16 Stück*  
 Relaiskontakte zur hardwaremässigen Abfrage von Statusmeldungen, wie Betriebsart, Störungen der USV-Anlage, Zustand des versorgenden Netzes, Zustand der Batterien, usw.

## BATTERIE

- Batterietyp *wartungsfreie Batterien*
- Batterieautonomiezeit *30 Min.*  
 bei  $S_{\text{Nenn}} = 120 \text{ kVA}$  und  $\cos \varphi = 0.8$
- Platzierung der Batterieanlage: *auf Gestell,  
extern USV-Schrank*
- Minimale Lebenserwartung der Batterien bei einer Umgebungstemperatur von maximal 25 °C: *5 Jahre*

## Mit dem Angebot einzureichende Dokumente

Mit dem Angebot für die USV-Anlage sind folgende technischen Daten einzureichen:

- Beschreibung der angebotenen USV-Anlage
- Datenblatt der angebotenen USV-Anlage
- Vollständig mit verbindlichen Daten ausgefüllt Q/E-Matrix
- Datenblatt zu den angebotenen Energiespeichern

## Anhang 6: Berechnung der Lebenszykluskosten von USV-Anlagen

### Teil 1: Allgemeine Eingaben

Kapitalkosten	
Kapitalzinssatz:	4.0%
Jahresteuern:	2.0%
Realzinssatz:	2.0%



Berechnung der Hoch- und Niedertarifdauern für den Strombezug	
Werktags Beginn HT-Zeit:	6.30 Uhr (Eingabe z.B. "6:30")
Werktags Ende HT-Zeit:	21.00 Uhr (Eingabe z.B. "21:00")
<b>Hochtarifdauer:</b>	<b>3'770</b> Std. pro Jahr
<b>Niedertarifdauer:</b>	<b>4'990</b> Std. pro Jahr

USV Lastverteilung pro Jahr

Zurück

Definition der Lastart	lineare Last
------------------------	--------------

Betriebsphasen	Dauer [Std.]	Leistung [kW]	Wirkenergiepreis [Rp./kWh]	Leistungsfaktor der Last cosφ
Betriebsdauer 1:	1'200	121.0	20.0	0.85
Betriebsdauer 2:	800	105.0	20.0	0.85
Betriebsdauer 3:	200	100.0	20.0	0.85
Betriebsdauer 4:	1'500	95.0	12.0	0.90
Betriebsdauer 5:	500	80.0	12.0	0.85
Betriebsdauer 6:	800	64.0	20.0	0.93
Betriebsdauer 7:	200	60.0	20.0	0.85
Betriebsdauer 8:	500	57.0	20.0	0.85
Betriebsdauer 9:	650	55.0	20.0	0.85
Betriebsdauer 10:	260	22.0	12.0	0.85
Betriebsdauer 11:	700	20.0	12.0	0.85
Betriebsdauer 12:	200	17.0	12.0	0.80
Betriebsdauer 13:	1'250	10.0	12.0	0.80
Betriebsdauer 14:				
Betriebsdauer 15:				
Betriebsdauer 16:				
Betriebsdauer 17:				
Betriebsdauer 18:				
Betriebsdauer 19:				
Betriebsdauer 20:				
<b>Summe Betriebsdauer:</b>	8'760			
<b>Jahresenergieverbrauch der Last:</b>		594'770		

Zurück

Verrechnung des Blindenergieanteils über
50%
der Wirkenergie

Preis für Blindenergie
4.5
Rp./kvarh

## Teil 2: Variante einer USV-Anlage

<b>Variante:</b>	Variante 1
<b>Hersteller / Lieferant:</b>	Unternehmen 1



<b>USV Typ:</b>	USV <sub>xyz_1</sub>
<b>USV Nennleistung gesamt:</b>	144 kW
<b>USV Nennleistung pro Modul:</b>	48 kW
<b>Anzahl Module evtl. mit Redundanz:</b>	3 von 4

**Wirkungsgrad und Verluste der USV-Anlage sowie Kompensation des Leistungsfaktors der Last**

	$\eta$ für lineare	comp. von Leistungsfaktor
- bei 100 % Last	92,0%	0,98
- bei 75 % Last	91,0%	
- bei 50 % Last	89,5%	
- bei 25 % Last	88,0%	
<b>Verlust in kW</b>		
- bei 0 % Last	0,25	pro Modul

**Lebensdauer USV-Anlage:** 10 Jahre

Energieverbrauch	
<b>Wirkenergieverbrauch der Last:</b>	594'770 kWh
<b>Wirkenergieverluste der USV-Anlage:</b>	70'487 kWh
<b>Total Wirkenergiebezug ab Versorgungsnetz:</b>	665'257 kWh
<b>Blindenenergiebezug der Last:</b>	325'343 kvarh
<b>Total Blindenergiebezug ab Versorgungsnetz:</b>	131'634 kvarh

Investitionskosten	
<b>Anschaffungskosten USV-Anlage:</b>	SFr. 45'000
<b>Anschaffungskosten Batterieanlage:</b>	SFr. 15'000
<b>Installationskosten:</b>	SFr. 5'000
<b>Total Investition:</b>	SFr. 65'000

Ersatzinvestitionen Batterieanlage		
	Kosten	nach n Jahren
1. Ersatzinvestition der Batterieanlage:	SFr. 15'000	5
2. Ersatzinvestition der Batterieanlage:	SFr. 0	
3. Ersatzinvestition der Batterieanlage:	SFr. 0	
<b>Total der Ersatzinvestitionen Batterie:</b>	SFr. 15'000	

Jährliche Kosten und Erträge der USV-Anlage	
<b>Kosten Wirkenergieverluste:</b>	SFr. 11'333
<b>Kosten Blindenergiebezug (+)</b>	
<b>Ertrag Blindenergieerduktion (-):</b>	-SFr. 1'258
<b>Resultierende Energiekosten der USV:</b>	SFr. 10'075
<b>Betrieb und Oberwachung:</b>	SFr. 500
<b>Wartung und Reparatur:</b>	SFr. 1'500
<b>Weitere Kostenanteile:</b>	SFr. 1'000
<b>Umweltkosten (Raumklimatisierung):</b>	SFr. 2'500
<b>Total der jährlichen Kosten:</b>	SFr. 16'130

Entsorgungskosten	
<b>Kosten (+) / Ertrag (-) bei Entsorgung:</b>	SFr. 3'000

Lebenszykluskosten (LCC)	
<b>LCC bezogen auf den Anschaffungszeitpunkt bei einer Lebensdauer von 10 Jahren:</b>	SFr. 225'936
<b>LCC zum Anschaffungszeitpunkt verteilt auf einzelne Jahre der Lebensdauer der USV-Anlage:</b>	SFr. 25'153

Zurück

### Teil 3: Ergebnisübersicht

Variante:	Variante 1	Variante 2	Variante 3	Variante 4	
<b>Hersteller / Lieferant:</b>	Unternehmen 1	Unternehmen 2	Unternehmen 3	Unternehmen 4	
<b>USV Typ:</b>	USV xyz_1	USV xyz_2	USV xyz_3	USV xyz_4	
<b>USV Nennleistung exkl. Redundanz [kW]:</b>	144	150	150	150	
<b>Konfiguration (Module)</b>	3 von 4	1 von 1	2 von 2	4 von 5	
<b>Lebensdauer der USV-Anlage in Jahren:</b>	10	15	10	10	
<b>Energieverbrauch</b>					
<b>Wirkenergieverbrauch der Last [kWh]:</b>	594770	594770	594770	594770	
<b>Wirkenergieverluste der USV-Anlage [kWh]:</b>	70'487	58'173	64'539	54'885	
<b>Total Wirkenergiebezug ab Versorgungsnetz [kWh]:</b>	665'257	652'943	659'309	649'655	
<b>Blindenergiebezug der Last [kvarh]:</b>	325'343	325'343	325'343	325'343	
<b>Total Blindenergiebezug ab Versorgungsnetz [kvarh]:</b>	131824	204182	0	355875	
<b>Investitionskosten</b>					
<b>Anschaffungskosten USV-Anlage:</b>	SFr. 45'000	SFr. 60'000	SFr. 48'000	SFr. 52'000	
<b>Anschaffungskosten Batterieanlage:</b>	SFr. 15'000	SFr. 15'000	SFr. 15'000	SFr. 18'000	
<b>Installationskosten:</b>	SFr. 5'000	SFr. 4'000	SFr. 5'000	SFr. 5'000	
<b>Total Investition:</b>	<b>SFr. 65'000</b>	<b>SFr. 79'000</b>	<b>SFr. 68'000</b>	<b>SFr. 75'000</b>	
<b>Ersatzinvestitionen Batterieanlage</b>					
<b>Total der Ersatzinvestitionen Batterieanlage:</b>	<b>SFr. 15'000</b>	<b>SFr. 30'000</b>	<b>SFr. 15'000</b>	<b>SFr. 18'000</b>	
<b>Jährliche Kosten</b>					
<b>Energiekosten USV-Anlage:</b>	SFr. 10'630	SFr. 8'500	SFr. 9'660	SFr. 9'388	
<b>Betrieb und Überwachung:</b>	SFr. 500	SFr. 500	SFr. 500	SFr. 500	
<b>Unterhalt und Reparatur:</b>	SFr. 1'500	SFr. 1'500	SFr. 1'500	SFr. 1'500	
<b>Weitere Kostenteile:</b>	SFr. 1'000	SFr. 1'000	SFr. 1'000	SFr. 1'000	
<b>Umweltkosten (Raumklimatisierung):</b>	SFr. 2'500	SFr. 2'500	SFr. 2'500	SFr. 2'500	
<b>Total der jährlichen Kosten:</b>	<b>SFr. 16'130</b>	<b>SFr. 14'000</b>	<b>SFr. 15'160</b>	<b>SFr. 14'888</b>	
<b>Entsorgungskosten</b>					
<b>Kosten (+) / Ertrag (-) bei Entsorgung:</b>	<b>SFr. 3'000</b>	<b>SFr. 3'000</b>	<b>SFr. 3'000</b>	<b>SFr. 3'000</b>	
<b>Lebenszykluskosten (LCC)</b>					
<b>LCC bezogen auf Anschaffungszeitpunkt:</b> bei einer Lebensdauer von	SFr. 225'936 10 Jahren	SFr. 287'013 15 Jahren	SFr. 220'221 10 Jahren	SFr. 227'499 10 Jahren	
<b>LCC zum Anschaffungszeitpunkt verteilt auf einzelne Jahre der Lebensdauer der USV-Anlage:</b>	<b>SFr. 25'153</b>	<b>SFr. 22'337</b>	<b>SFr. 24'516</b>	<b>SFr. 25'327</b>	



#BEZUG!

Zurück

### Teil 4: Sensitivitätsbetrachtung

Szenarien für die Sensitivitätsbetrachtung							
	Ausgangslage	Szenario 1	Szenario 2	Szenario 3	Szenario 4	Szenario 5	Szenario 6
<b>Realzinssatz (-50% / +50%):</b>	0%	40%	-30%	25%	25%	0%	
<b>Energiepreis (-50% / +50%):</b>	0%	0%	0%	10%	-10%	5%	

LCC der Varianten für die einzelnen Szenarien zum Anschaffungszeitpunkt verteilt auf die einzelnen Jahre der Lebensdauer der USV-Anlage							
Variante der USV-Anlage	Ausgangslage	Szenario 1	Szenario 2	Szenario 3	Szenario 4	Szenario 5	Szenario 6
Variante 1	SFr. 25'153	SFr. 25'453	SFr. 24'932	SFr. 26'402	SFr. 24'276	SFr. 25'684	
Variante 2	<b>SFr. 22'337</b>	<b>SFr. 22'704</b>	<b>SFr. 22'069</b>	<b>SFr. 23'415</b>	<b>SFr. 21'715</b>	<b>SFr. 22'762</b>	
Variante 3	SFr. 24'516	SFr. 24'830	SFr. 24'285	SFr. 25'678	SFr. 23'746	SFr. 24'999	
Variante 4	<b>SFr. 25'327</b>	<b>SFr. 25'674</b>	<b>SFr. 25'071</b>	<b>SFr. 26'482</b>	<b>SFr. 24'604</b>	<b>SFr. 25'796</b>	

**LCC zum Anschaffungszeitpunkt verteilt auf die einzelnen Jahre der Lebensdauer**



Zurück