

Unterbrechungsfreie Spannungsversorgung (USV)



Thema-Schwerpunkte

- Die Aufgaben einer USV
- Was muss eine USV leisten können
- Klassifizierung von USV-Anlagen
- Der Aufbau einer USV
- Klassen der USV
- Überbrückungszeit
- Berechnungen, Scheinleistung, Nennleistung und Wirkleistung
- Häufigsten Einsatzgebiete
- Anschaffungskosten
- Zusammenfassung

Die Aufgaben einer USV

- Schutz gegen lokale Spannungsausfälle
- Schutz gegen lokale Spannungsausfälle und Störungen
- Sicherheit für empfindliche Verbraucher („critical load“)
- Systemverfügbarkeit nahe 100%

Beispiel

- 99,9 % im Jahr Verfügbarkeit –
≈ 520 min ohne Energie
- 5 Spannungsausfälle kosteten einem deutschen Unternehmen ≈ 62.000 €
 - 1 Spannungsausfall öffentliches Netz, 15 min
 - 2 innerbetriebliche Schwankungen, ca. 5 s
 - 1 unkontrollierter Spannungsausfall, 5 min
 - 1 Blitzschlag, 10 min
- 99,99 % bedeutet 52 min ohne Energie
 - kann kein Anbieter gewährleisten
- 99,999 % bedeutet 5 min ohne Energie
 - kann keine USV gewährleisten
→ verschiedene Technologien

Wovor soll eine USV schützen?

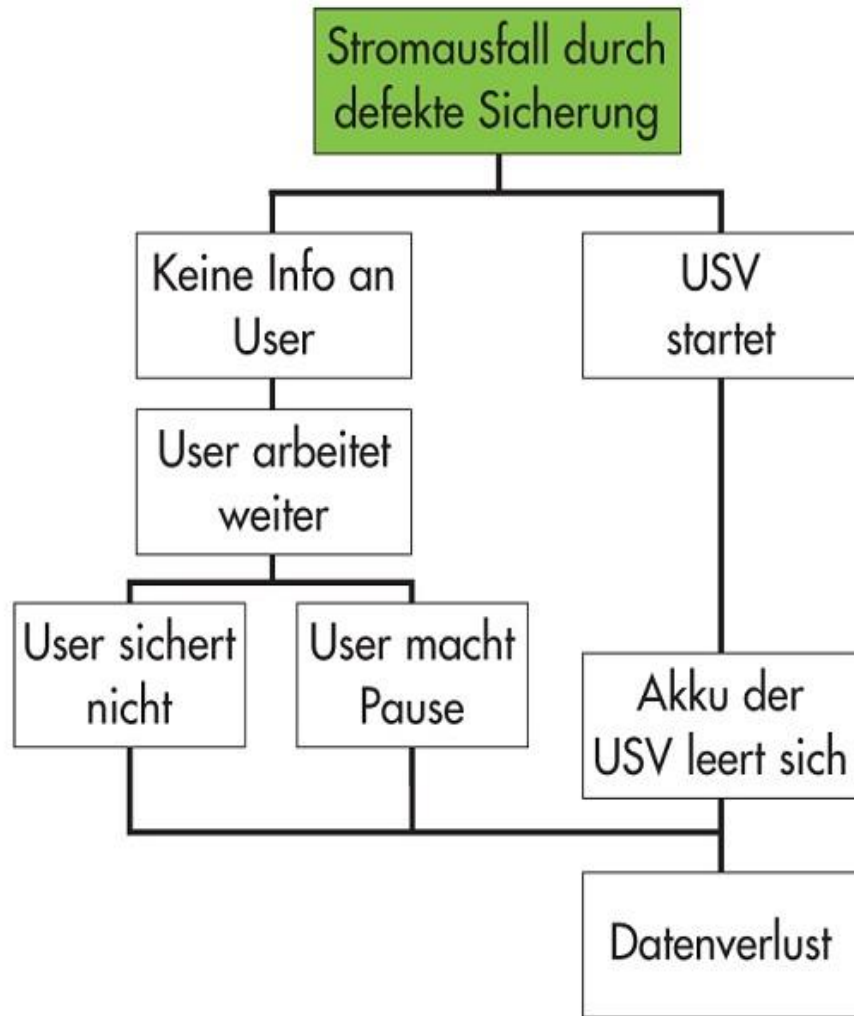
Störungstyp	Dauer	Definition
Netzausfälle - Power Failure	> 10 ms	Ein Netzausfall wird als Nullspannungsbedingung definiert, dies kann auf ein Netzspannungsfehler zurückführen.
Spannungsschwankungen - Power Sag	< 16 ms	Spannungsschwankungen sind Einbrüche, die kurzzeitig unter dem Normalwert liegen. Sie können beim Einschalten großer Anlagen oder Starkstromleitungen auftreten.
Spannungsspitzen - Switching Transient	4 ms ... 16 ms	Sie werden häufig durch eine statische Entladung verursacht. Spannungsspitzen werden auch oft als Schaltspitzen bezeichnet.
Spannungsstöße - Power Surge	< 4 ms	Diese treten bei plötzlichen und kurzzeitigen Spannungsspitzen auf. Normalerweise kann dies auf einen Blitzeinschlag in der näheren Umgebung zurück geführt werden.
Unterspannungen - Under Voltage	Fortlfd.	Die Spannung fällt unter den zulässigen Grenzwert (für einige Sekunden oder sogar dauerhaft).
Überspannung - Over Voltage	Fortlfd.	Wenn zum Beispiel große elektrische Anlagen aktiviert werden, kann der Normalbetrieb auf über 100% steigen, dies wird als Überspannung bezeichnet.
Frequenzschwankungen - Frequency Variation	Sporad.	Hierbei weicht die Frequenz von der normalerweise konstanten Netzfrequenz ab.
Spannungsverzerrungen - Line Noise	Period.	Eine Spannungsverzerrung wird auch als eine elektrische Störspannung bezeichnet, dies hat einen negativen Einfluss auf die Schaltungen in elektrischen Systemen.
Spannungsoberschwingungen - Harmonic Distortion	Fortlfd.	Dabei wird die normale Wellenform der Spannung verzerrt und damit verändert Gründe dafür können zum Beispiel einfache Leuchtstoffröhren sein, die dies in die Netzleitung übertragen.

Was muss eine USV leisten können?

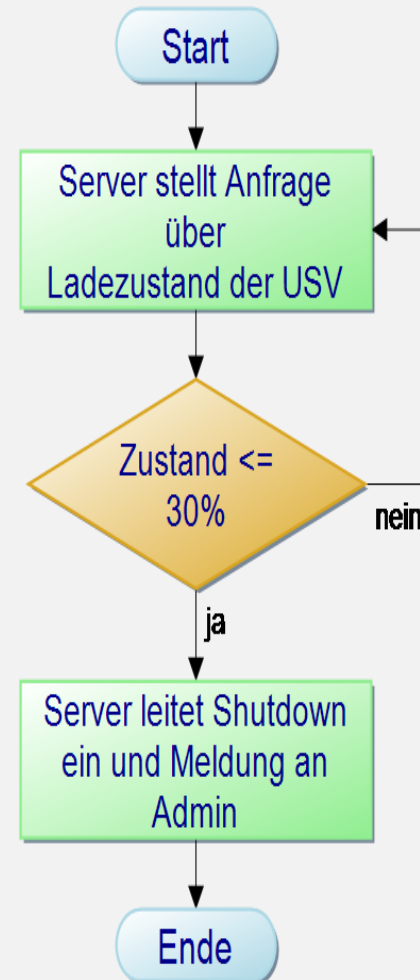
- vor Netzunterbrechungen und Spannungsschwankungen schützen
- eine störfreie und stabile Spannung liefern, auch im Normalbetrieb.
- die Akkumulatoren korrekt laden können
- vor Überlast durch angeschlossene Geräte geschützt sein
- bei Netzunterbrechung akustisch und optisch warnen
- die Akkumulatoren vor Selbstentladung schützen und ungenügende Akkumulatorladung anzeigen

Problem „Stromausfall“

ETA-BEISPIEL: PROBLEMEREIGNIS „STROMAUSFALL“



Abfrage der USV-Anlage

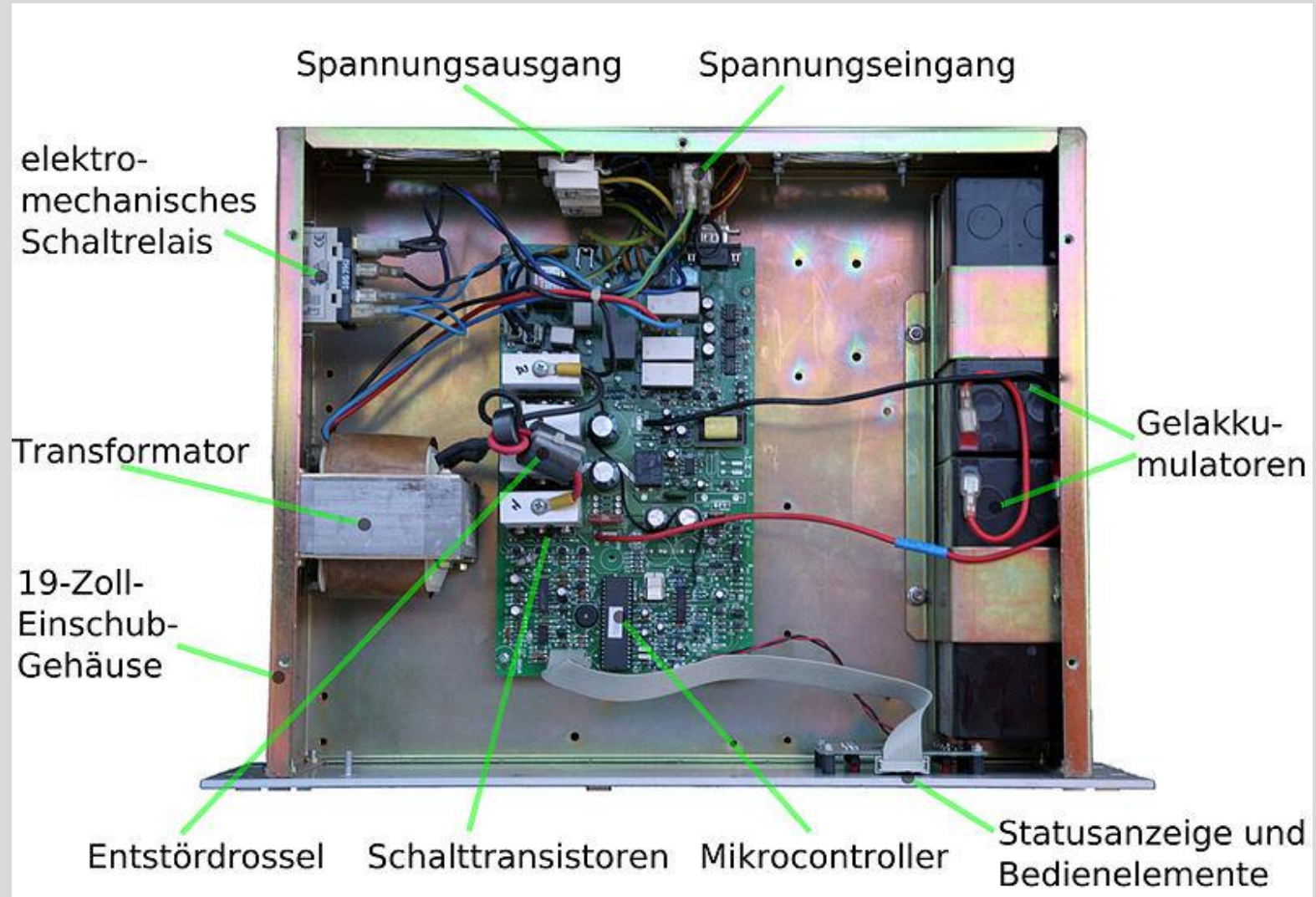


[Logdatei wird geschrieben
Inhalt: Grund für das
Herunterfahren des Servers]

Der Aufbau einer USV

- USV besteht aus Akkumulatoren
- bei Einzelplatz-USV aus Blei-Vlies-Batterien (AGM, Absorbent Glass Mat) oder Blei-Gel-Batterien
- bei Leistungs-USV'en aus Bleiakkumulatoren Stromrichtern und einer elektronischen Regelung
- als Energiespeicher werden auch NiCd-Akkus, in seltenen Fällen Li-Ionen-Batterien eingesetzt

Der Aufbau einer USV



Europäische Richtlinien EN 50091-3 (IEC 62040-3) zur Klassifizierung von USV-Anlagen

- 1. Stufe:
 - Welche Störung wird aufgefangen?
 - 3 Klassen: VFI, VI, VFD
- 2. Stufe:
 - Welche Abweichung vom idealen Sinus hat die Ausgangsspannung?
- 3. Stufe:
 - Wie sieht die dynamische Toleranzkurve der Ausgangsspannung aus?

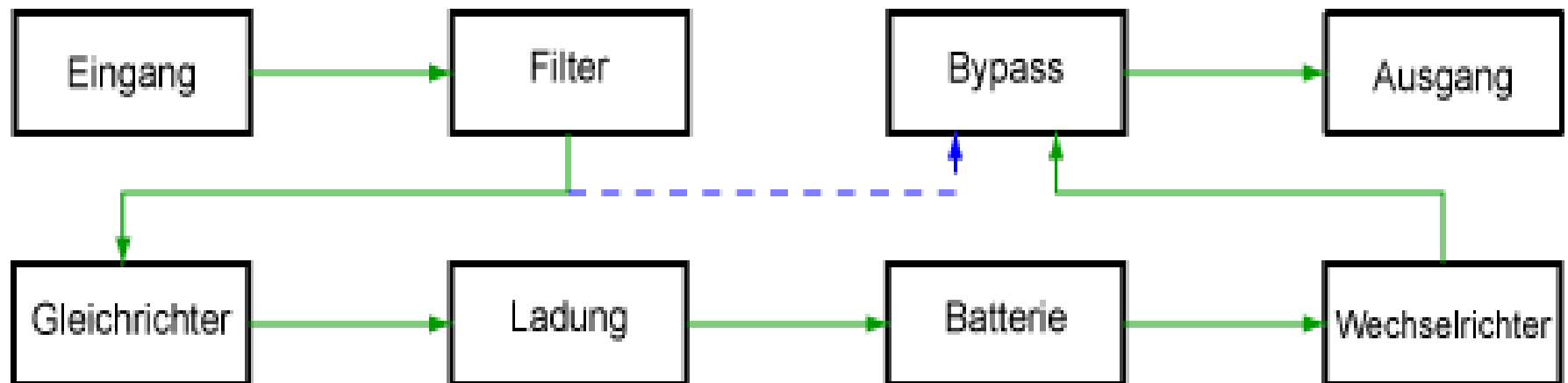
Europäische Richtlinien EN 50091-3 (IEC 62040-3) zur Klassifizierung von USV-Anlagen (**Stufe1**)



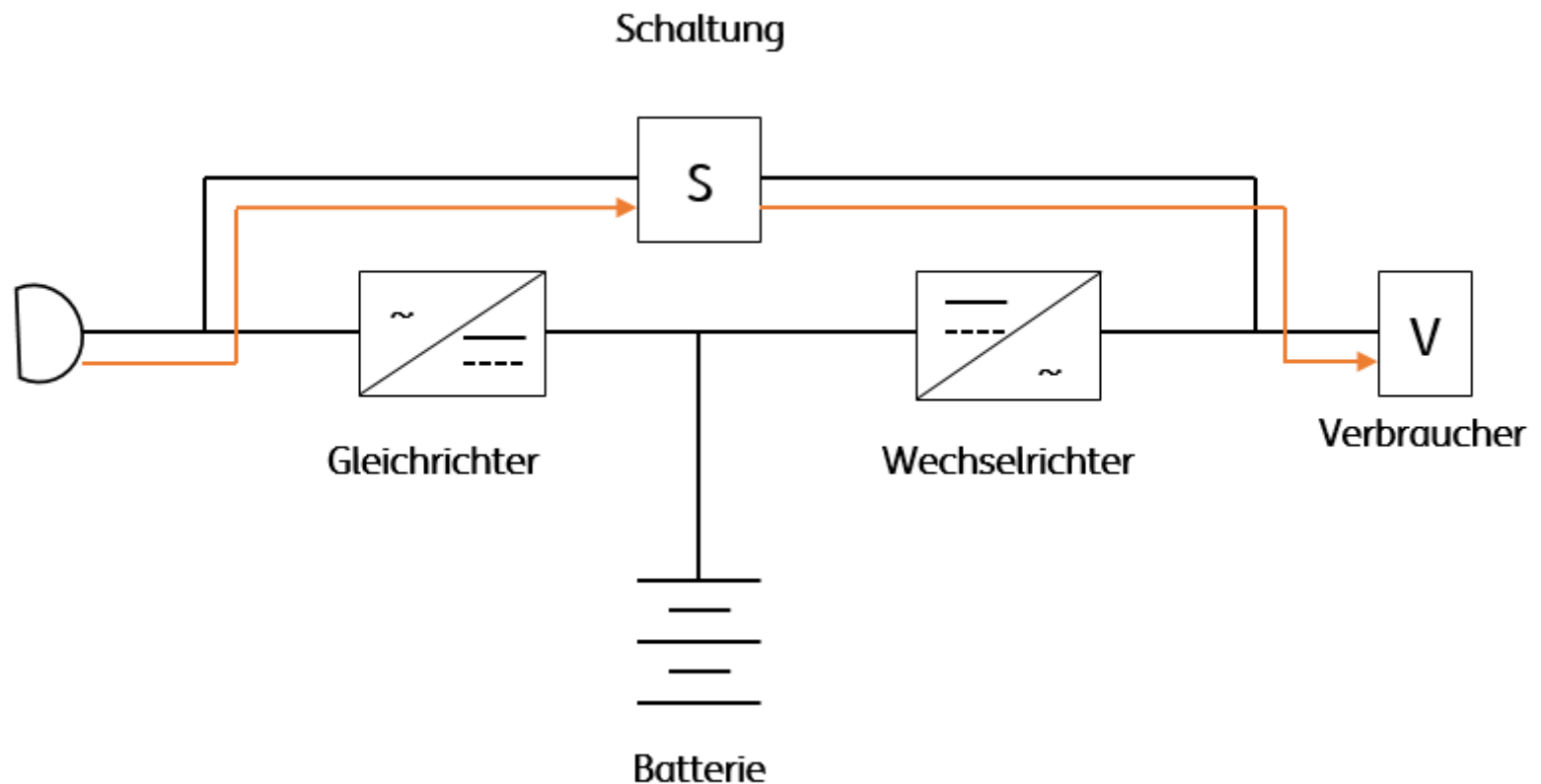
Vergleichstabelle (aufgefangene Störungen)	
Neue Definitionen	Alte Definitionen
Klasse 1 - VFI: (Voltage and Frequency Independent from mains supply) USV- Ausgangsfrequenz unabhängig von Netz-, Spannungs- und Frequenzänderungen innerhalb der Grenzen nach IEC 61000-2-2 (Klasse 1)	<ul style="list-style-type: none"> •On-line •Double conversion •Dauerwandler
Klasse 2 - VI: (Voltage Independent from mains supply) USV- Ausgangsfrequenz abhängig von der Netzfrequenz, Spannung stabilisiert (elektronisch/passiv) innerhalb der Grenzwerte für Normalbetrieb (Klasse 2) SX/SY	<ul style="list-style-type: none"> •Single Conversion •Line - Interactive •Aktiver Mitlaufbetrieb
Klasse 3 - VFD: (Voltage and Frequency Dependent from mains supply) USV- Ausgangsfrequenz abhängig von Spannungs- und Frequenzänderungen des Netzes (Klasse 3) SX/SY	<ul style="list-style-type: none"> •Off-line •Stand-by •Backup-Betrieb

Online/Dauerwandler-USV (Klasse 1 - VFI)

- die **zwei unten** beschriebenen USV-Techniken haben einen gravierenden Nachteil: **Die Last wird erst bei Netzausfall aus der Batterie gespeist**
- Dauerwandler- bzw. Online-USVs gelten als echte Stromgeneratoren
- ständige Erzeugung einer eigenen Netzspannung
- Ausgangsspannung verfügt über bessere Eigenschaften als der Strom aus der Steckdose
- Einsatz in hochsensiblen Bereichen in der Computer- und Kommunikationstechnik



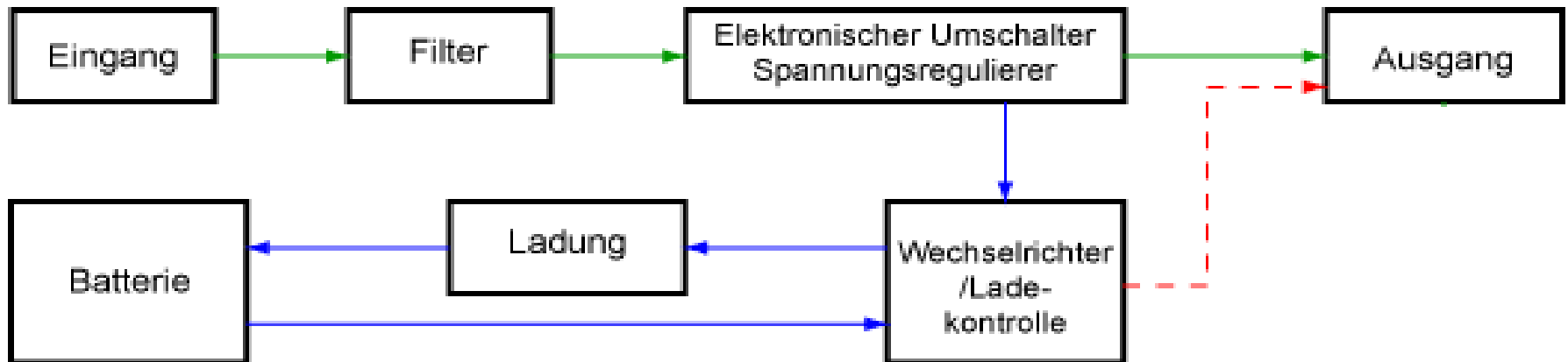
Schematischer Aufbau einer Online USV



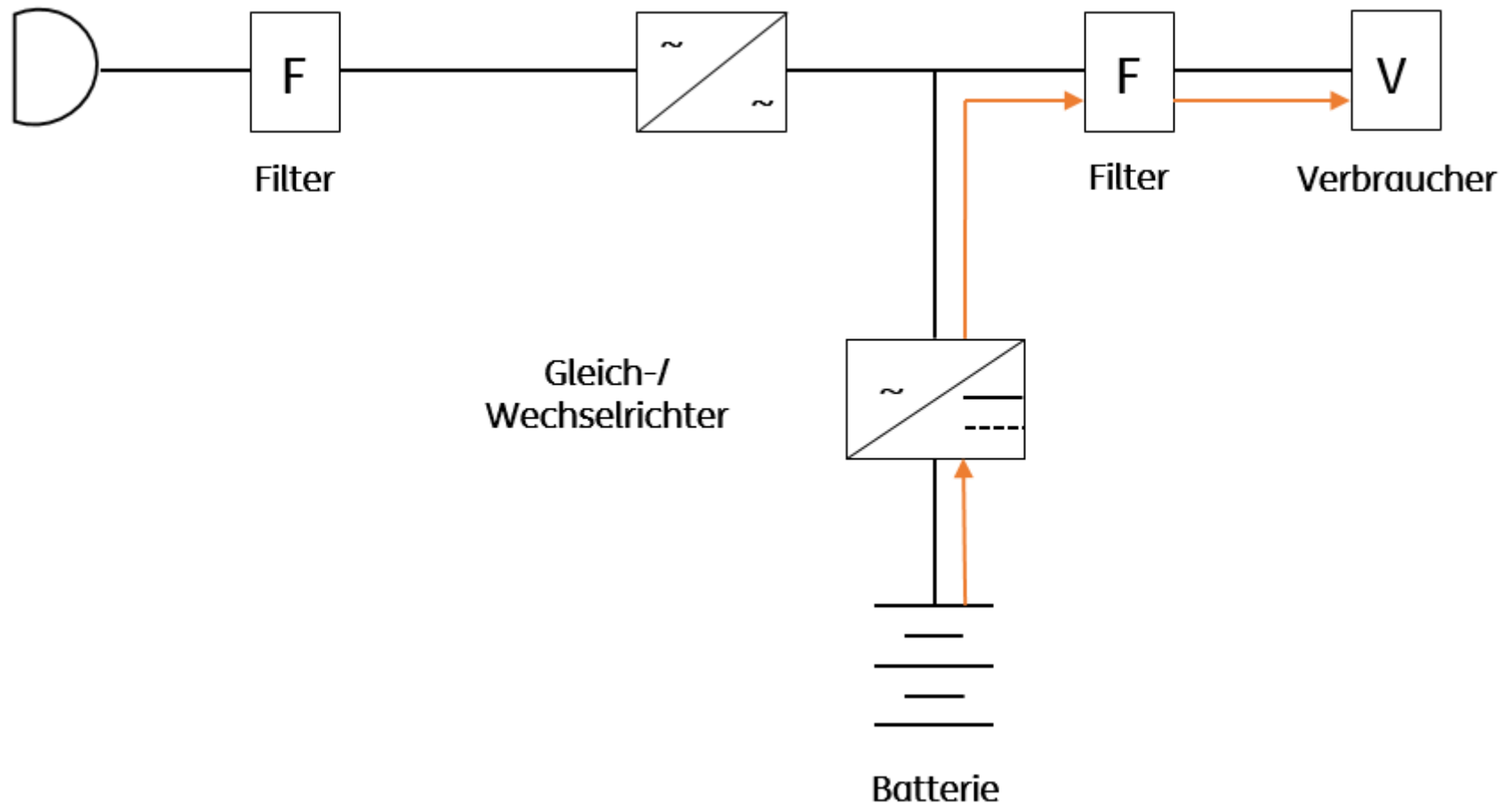
Netzinteraktive USV (Klasse 2 - VI)

- netzinteraktive USVs funktionieren ähnlich wie Standby-USV's
- schützen **vor Netzausfall, kurzzeitigen Spannungsspitzen und können durch Filter Spannungsschwankungen ständig regeln**
- Umschaltzeit von Netzbetrieb auf Batteriebetrieb
2 bis 4 ms
- Einsatz in Gegenden, wo viele Spannungsschwankungen vorkommen
- Absicherung von einzelne Computer, größere TK-Anlagen und Netzwerken

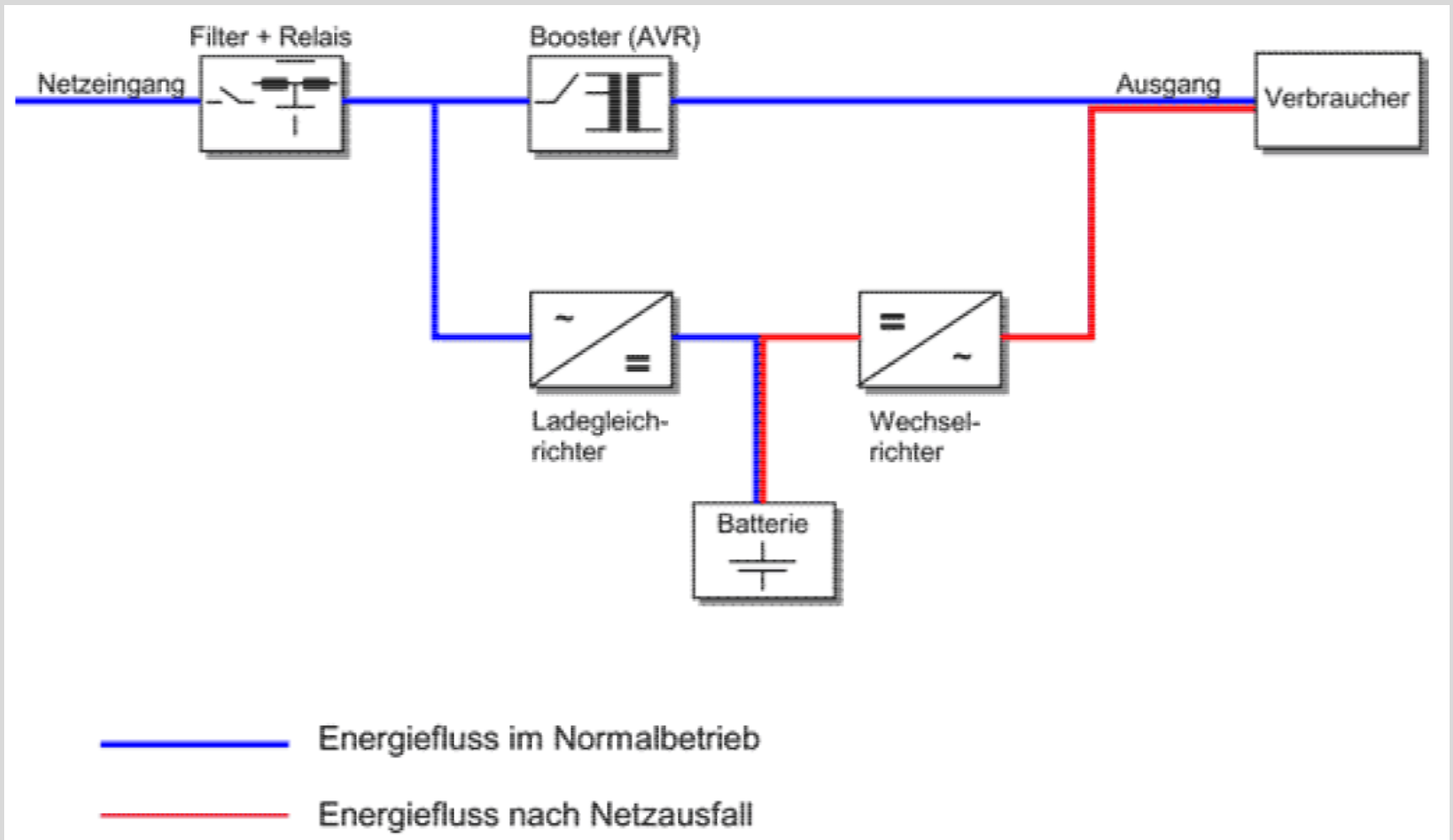
Netzinteraktive USV



Schematischer Aufbau der netzinteraktive USV

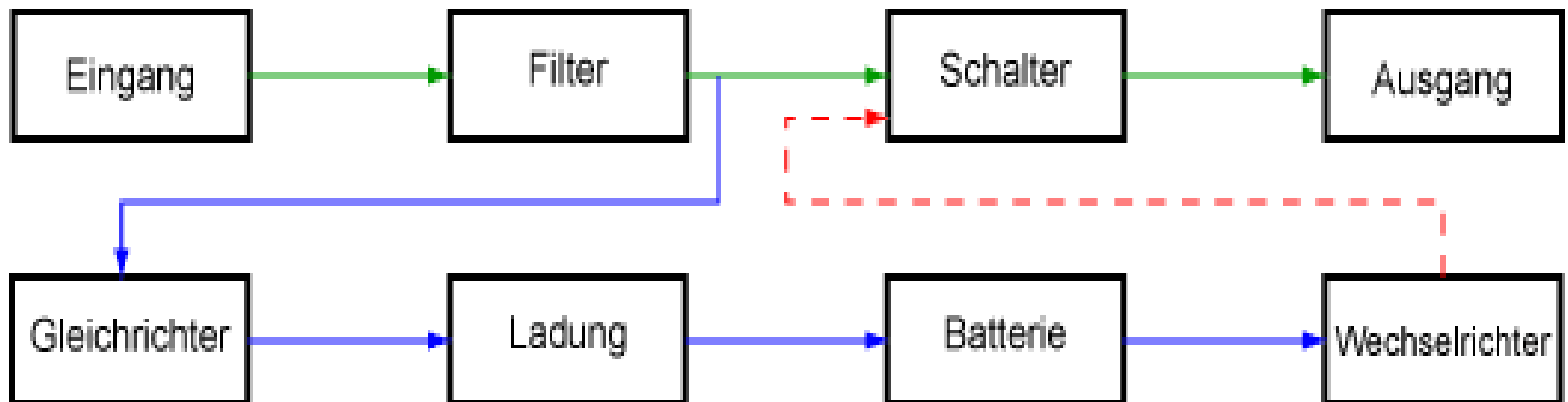


Netzinteraktive USV

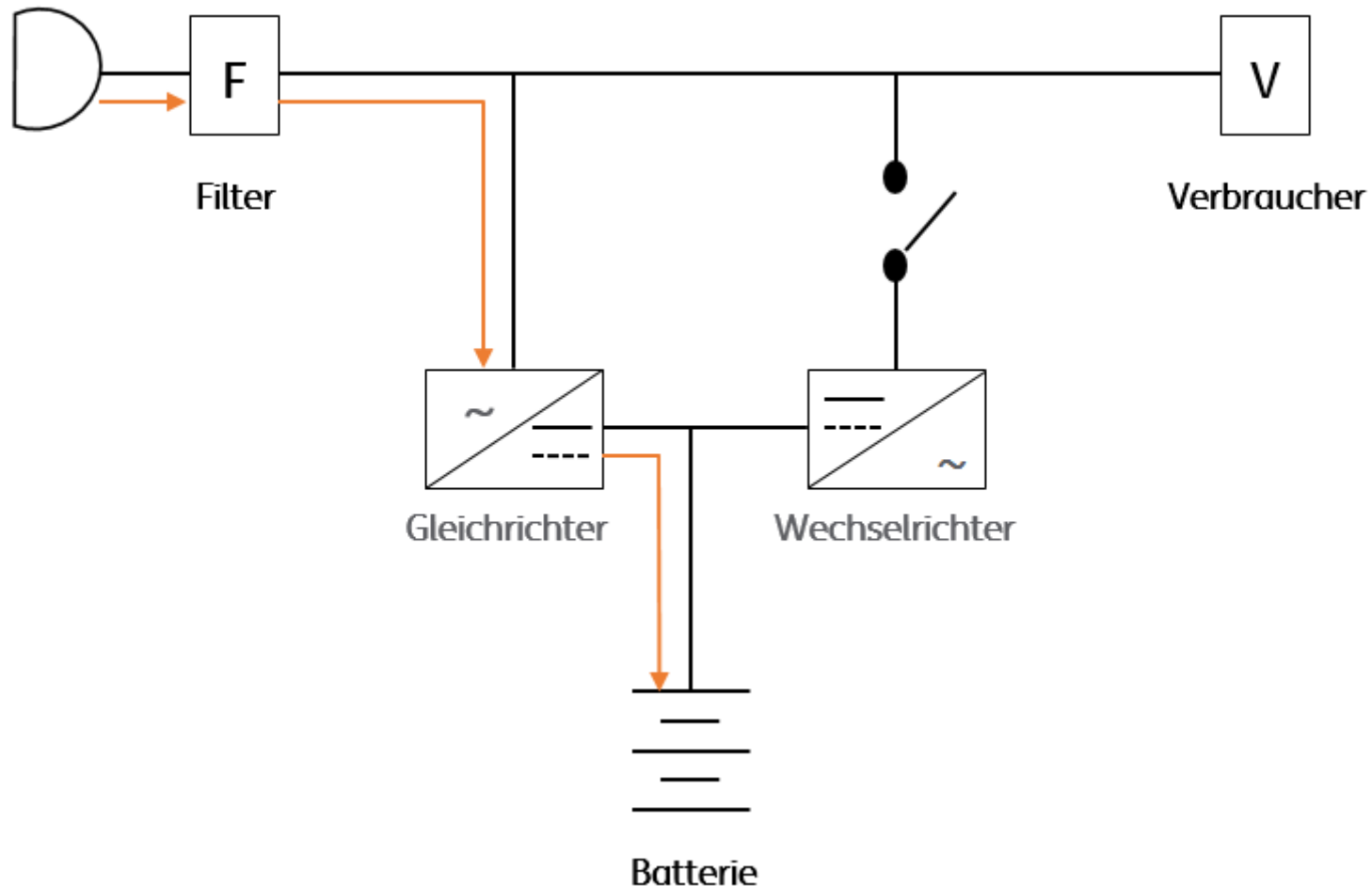


Standby/Offline-USV (Klasse 3 - VFD)

- Einfachste und preiswerteste USV
- Schützen **nur gegen Netzausfälle**
- Umschaltdauer zwischen Netzbetrieb auf Batteriebetrieb von 4 bis 10 Millisekunden
- Schalten automatisch bei Über(?) - oder Unterspannung auf Batterie-Betrieb um
- Geeignet für kleine TK-Anlagen und einzelne Computer mit Peripherie



Schematischer Aufbau der Offline-USV



Eigenschaften im Überblick (Stufe 1)

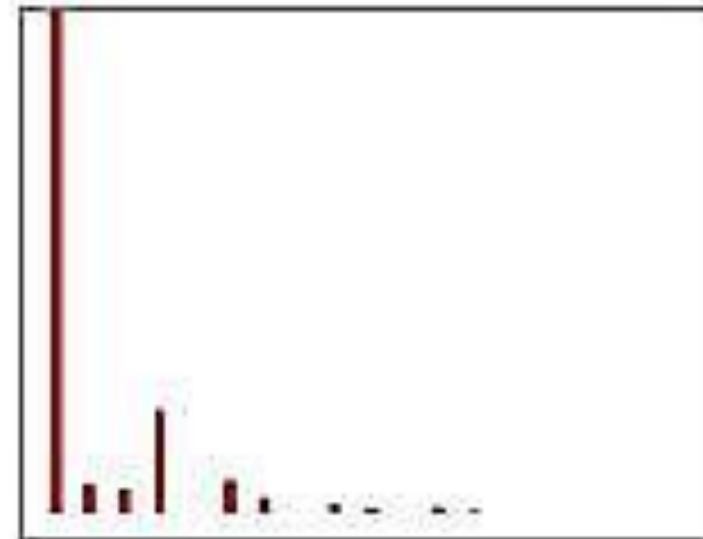
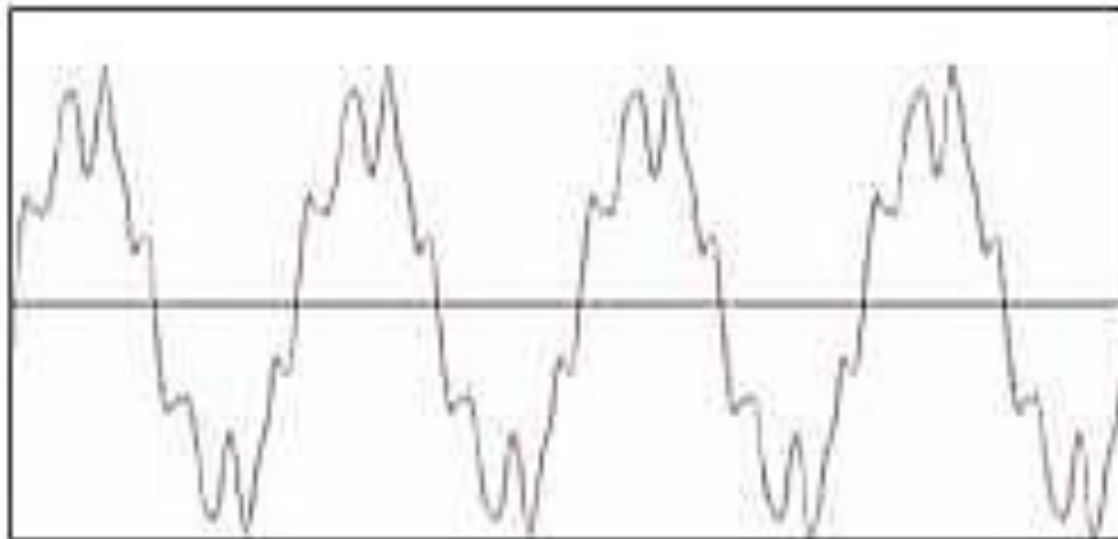
USV-Klasse	Klasse 1 - VFI	Klasse 2 - VI	Klasse 3 - VFD
Leistung	ab 500 VA	bis 5 kVA	bis 1 kVA
Wirkungsgrad	90%	95 – 98 %	95 %
Preis	hoch	mittel	niedrig
Anwendung	Server und Datenkom- munikation, Krankenhäuser, Kernkraftwerke u. ä.	einzelne Computer, TK-Anlagen und Netzwerke	Kleinst-Verbraucher, einzelne Computer
Schutz vor	umfassender Schutz durch ständige Erzeugung einer Sinusspannung	Netzausfall, filtern von Spannungs- schwankungen und – spitzen	Netzausfall
Umschaltdauer		2 bis 4 ms	4 bis 10 ms

Schutzfunktionen - Klassen

Störung	VFI	VI	VFD
Netzausfälle - Power Failure	X	X	X
Spannungsschwankungen – Power Sag	X	X	O
Spannungsspitzen - Switching Transient	X	X	O
Spannungsstöße - Power Surge	X	X	O
Unterspannungen - Under Voltage	X	X	O
Überspannung - Over Voltage	X	X	O
Frequenzschwankungen - Frequency Variation	X	O	O
Spannungsverzerrungen - Line Noise	X	O	O
Spannungsoberschwingungen - Harmonic Distortion	X	O	O

Europäische Richtlinien EN 50091-3 (IEC 62040-3) zur Klassifizierung von USV-Anlagen (**Stufe2**)

- Form der Spannungskurve am Ausgang – Abweichung vom idealen Sinus
- Unterscheidung in Normalbetrieb (1. Buchstabe) und Batteriebetrieb (2. Buchstabe)
 - „SS“ Klasse 1; Verzerrungsfaktor $< 0,08$, ideal!
 - „SX“ Klasse 2; Verzerrungsfaktor $< 0,08$ nur bei linearer Referenzlast
 - „SY“ Klasse 3; keine Garantie für Ausgangskurve, auch Rechteck, Trapez und Dreieck



Europäische Richtlinien EN 50091-3 (IEC 62040-3) zur Klassifizierung von USV-Anlagen (**Stufe 3**)



- dynamisches Verhalten der Toleranzkurve (bei Änderung der Belastung)
 - „nnn“; 1...3; 1- bester Wert!!!
 - Erste Ziffer: Verhalten bei Änderung der Betriebsart (Netzbetrieb/Batteriebetrieb, Unterbrechung)
 - Zweite Ziffer: Verhalten bei Lastsprüngen mit linearer Last
 - Dritte Ziffer: Verhalten bei Lastsprüngen mit nichtlinearer Last

Abhängigkeiten

Die drei Stufen der IEC-Norm sind nicht völlig losgelöst voneinander zu betrachten. So wird eine USV, die in Stufe 1 als VFD zu bewerten ist, bei Stufe 3 prinzipbedingt niemals "111" erreichen, da zumindest das Umschalten von Netz- auf Batteriebetrieb eine gewisse Zeit in Anspruch nimmt.

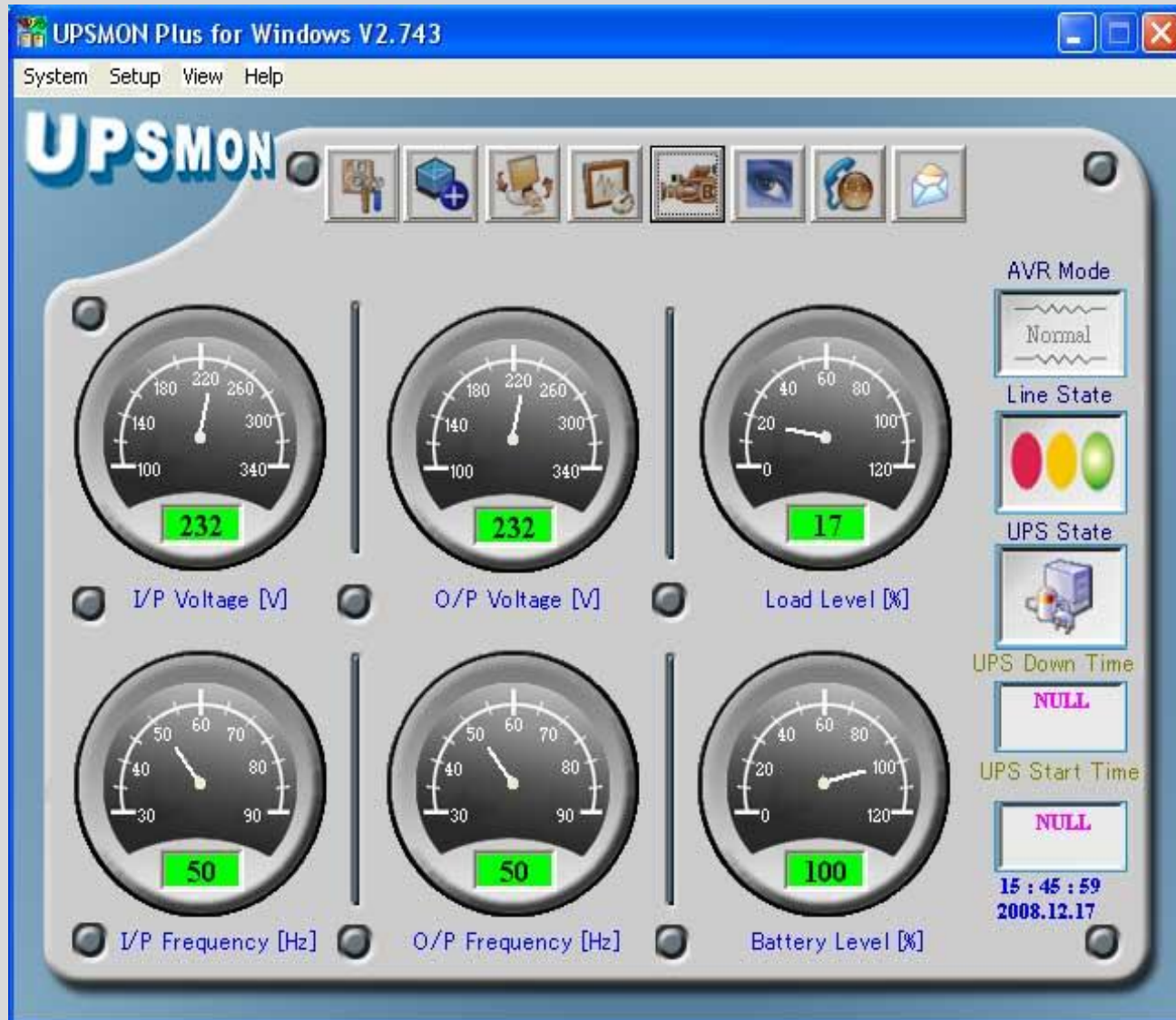
Da VFD-Geräte meist auch relativ preiswert konstruiert sind, erreichen sie in Stufe 3 in der Regel sogar nur eine "333". Auch etwas aufwändigere USVs vom VI-Typ erreichen in der Praxis nie die Bestnote in Stufe 3. Typisch sind diese Modelle als "122" spezifiziert. Nur der VFI-Klasse bleibt somit die Einhaltung der strengen Toleranzen in Stufe drei mit "111" vorbehalten.

Aber VFI bedeutet deswegen noch lange nicht, dass die Geräte auch die Spitzennote in Stufe 3 erreichen. Deswegen gilt es besonders hier, also bei den klassischen Online-USVs, auf die Werte der Stufe 3 zu achten.

Verwaltung der USV

- Moderne USVs bieten heute neben der RS232-Schnittstelle auch eine USB-Schnittstelle
- mit der zur USV gehörenden Software ist über diese Schnittstellen
 - die Verwaltung und Beobachtung der USV möglich
 - das geregelte Herunterfahren der angeschlossenen Verbraucher möglich
(z. B. bevor die USV bei Stromausfall wegen leerer Batterien komplett abschaltet)
- zusätzlich warnen USVs durch optische (Display-Meldungen) und akustische Zeichen

Beispiel einer USV- Softwaresteuerung (Monitor)



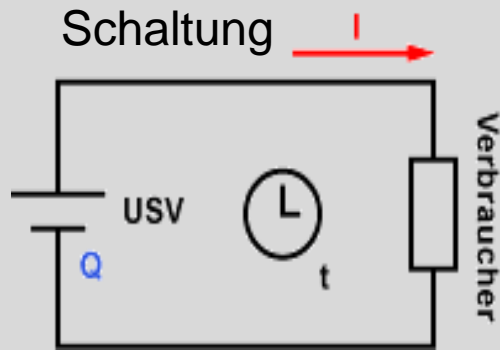
Überbrückungszeit

- Überbrückungszeit, auch Autonomiezeit genannt, ist abhängig von der entnommenen Leistung und der Batteriekapazität bei Vollast der USV Anlage
(werden längere Überbrückungszeiten benötigt, muss die USV mit mehr Leistung geplant werden)
- Beispiel: PC mit TFT - Bildschirm ohne zusätzliche Peripheriegeräte reicht eine 500 VA USV, soll eine größere Überbrückungszeit gewährleistet sein kann z. B. eine 1.500 VA oder eine 2.000 VA USV eingesetzt werden
- man kann auch die Batteriekapazität durch zusätzliche Batterien erhöhen (funktioniert aber nur begrenzt, da die Gleichrichter in der USV nur bis zu einer bestimmten Leistung dimensioniert sind)

Laufzeit/Überbrückungszeit von USV/Akku berechnen

(Schritt 1)

Lösungsansatz:



Gegeben?

$$Q = 1,5 \text{ mAh}$$
$$I = 0,5 \text{ mA}$$

Gesucht?

$$t = ? \text{ Stunden}$$

Formel

$$t = \frac{Q}{I}$$

(Schritt 2)

Rechenweg:

$$t = \frac{Q}{I}$$

$$t = \frac{1,5 \text{ mAh}}{0,5 \text{ mA}}$$

$$t = 3 \text{ h}$$

(Schritt 3) Das Ergebnis:

Der Akku hält 3 h.

Wie hoch ist der abzusichernde Leistungsbedarf (Kapazität ermitteln)?

- Auflisten aller Geräte, die mit einer USV abzusichern sind
- jedes der zu schützenden Systeme gibt auf einem Typenschild die Anschlussleistung in Volt-Ampere (VA) (Scheinleistung / (S)) oder Watt (W) (Wirkleistung) an
- Umrechnung:

VA in Watt $VA * 0.65 = \text{Watt}$ Näherungswert!

Watt in VA $\text{Watt} * 1.55 = VA$ Näherungswert!

VA Volt * Ampère = Voltampère
 $V * A = VA$

- Anschließend alle Werte Summieren

Wichtig in Bezug auf unsere Berechnung!

- Nach Addition aller Komponenten ergibt sich z. B. 460 VA
Empfehlung USV von z. B. 750 VA oder 1000 VA einzusetzen.
500 VA USV ergibt keine Reserve bei Alterung und führt oft zu Unterladung der Akkus.
- Berücksichtigung von Spannungsspitzen wie z. B. Einschalten von Verbrauchern
- Berücksichtigung von späteren Systemerweiterungen

Scheinleistung, Nennleistung und Wirkleistung

- **Scheinleistung (S)** - (Nennleistung) ist die Dauerleistung des in einer USV integrierten Wechselrichters und wird in Voltampere (VA) angegeben
- die tatsächliche **Wirkleistung (P)** ermittelt man gemeinsam mit dem Leistungsfaktor $\cos \varphi$ nach der Gleichung $P = S * \cos \varphi$ (bei Computerlasten (Schaltnetzteile) nimmt man einen $\cos \varphi = 0,65$ an)
- Richtwerte: Nennscheinleistung (möglicher Verbrauch) siehe nachfolgende Tabelle (Beispiele):

Beispiele für Scheinleistung

Tower PC:	300 VA
Unix-Workstation:	400 VA
Pentium Server:	500 VA
17" CRT Monitor:	150 VA
21" CRT Monitor:	220 VA
17" TFT Monitor:	40 VA
19" TFT Monitor:	70 VA
Laserdrucker:	450 VA
Netzwerk-laserdrucker:	1000 VA
Modem:	30 VA
Fax:	130 VA

Einsatzgebiete

- PC
- Server
- LAN-Knoten
- Telefonanlagen (Telecom-Systeme)
- Steuerungen
- Klimaanlage
- Notstromversorgungen (z. B. Notbeleuchtungen)
- Alarmanlagen
- Überwachungsanlagen
- Kassensysteme
- Automationsanlagen der Industrie
- Zutrittskontrollsysteme

Anschaffungskosten

Klasse 3 Gerät

- **APC BE325 (5 kg)**
Hochleistungs- Überspannungsschutz mit
zusätzlicher Batteriepufferung

Preis 53,95 €

- Leistung: 325 VA / 185 Watt
- 4 Schutzkontakt Steckdosen mit Überspannungsschutz,
davon 2 batteriegepuffert
- Überspannungsschutz für Telefon, Fax, Modem und DSL
- bis zu 4 Minuten Laufzeit
- optische und akustische Zustandsanzeige
- Im laufenden Betrieb austauschbare Akkus
- 2 Jahre Garantie auf Gerät und Akku



Anschaffungskosten

Klasse 2 Gerät

- **BASIC P (18 kg)**

Preis 336,90 €

- 1250 VA / 825 W, Line-Interaktive-Technologie
- 20 / 8 Minuten bei 50 / 100 % Last
- Geräuschlos
- Hot-Swap-Batterie
- Intelligentes Batteriemanagement, Selbsttest und Schnell-Ladefunktion
- Klarschriftdisplay und Alarmfunktion
- 2 Jahre Garantie inkl. Batterien und 24 Stunden Vorab-Austausch



Anschaffungskosten

Klasse 1 Gerät

**Modell XANTO S 10000 3/110000VA/7000W,
24 Minuten (50% Last),
Doppelwandler-Technik (200 kg)**

Preis 6.113,90 €

- 10.000 VA / 7.000 W, Doppelwandler-Technologie,
- VFI-SS-111, 24/11 Minuten bei 50/100 % Last
- 3-phasiger Eingang / 1-phasiger Ausgang
- Skalierbare Überbrückungszeit mit zusätzlichen Batteriepaketen
- Intelligentes Batteriemanagement, Selbsttest und Schnell-Ladefunktion
- Automatischer Bypass bei Überlast, z. B. beim Einschalten großer Lasten
- Hot-Standby-fähig, Steigerung der Betriebssicherheit bei Versorgung redundanter Netzteile
- RS-232-Schnittstelle
- Slot für optionalen SNMP-Adapter / Netzwerkmanagementkarte, AS400- oder Relaiskarte
- Inklusive Shutdown-, Management- und Monitoringsoftware „DataWatch“ für alle Betriebssysteme (WIN, LINUX, UNIX, MAC etc.)
- 2 Jahre Garantie inkl. Batterien und 24 Stunden Vorab-Austausch



Zusammenfassung

- Eine USV schützt einen elektronischen Verbraucher vor Stromversorgungsstörungen, die die empfindliche Elektronik eines Gerätes zerstören können.
- Eine USV sorgt bei Stromausfall für eine bestimmte Zeitspanne für Strom, und initialisiert z.B. bei einem Computer, dass dieser nach dieser Zeitspanne sauber heruntergefahren wird.

Lernerfolgskontrolle

- Ermitteln Sie die Scheinleistung der Geräte, die auf Ihrem Arbeitsplatz stehen und dimensionieren Sie eine USV, die für eine Zeit von 30 min die erforderliche Elektroenergie bereitstellt und dabei maximal bis auf 50 % entladen wird!
- Sie haben eine Netzfrequenz von 50 Hz. Wie lange dauert eine Halbwelle? Wieviel Prozent davon sind eine Umschaltdauer von 10 ms?
- Erläutern sie die 3 Klassen von USV!
- Was bedeutet der Begriff USV in der Computertechnik und was heißt er ausgeschrieben?
- Nennen Sie mindestens 4 Probleme vor denen eine USV schützen soll!
- Erläutern Sie kurz den Aufbau einer USV!
- Nennen sie die Stufen der Europäischen Richtlinien EN 50091-3 (IEC 62040-3) zur Klassifizierung von USV-Anlagen!
- Was bedeuten die Abkürzungen der 3 Klassen VFI, VI, VFD?
- Erläutern Sie den Unterschied zwischen den 2 in Blockschaltbildern dargestellten USV-Anlagen!
- Nennen Sie mindestens ein Einsatzgebiet für jede der 3 Klassen der USV!
- Nennen Sie mindestens 5 Parameter für eine USV!
- Nennen sie mindestens 4 Faktoren, die bei der Dimensionierung einer USV berücksichtigt werden müssen!
- Was verstehen Sie unter Überbrückungszeit?
- Was verstehen Sie unter einem Sekundärelement?
- Warum dürfen in USV keine Primärelemente eingesetzt werden?
- Was verstehen Sie unter einer Batterie in Bezug auf eine USV?
- Sie haben Zellen mit 2 V Zellspannung und 20 Ah Kapazität. Sie brauchen aber eine Betriebsspannung auf der Gleichspannungsseite von 48 V und eine Kapazität von 80 Ah. Was müssen Sie tun?
- Wie sind die verbrauchten Sekundärzellen einer USV zu entsorgen?
- Vor welchen Faktoren schützen die einzelnen USV-Klasse?

Fragen

- Was bedeutet „Hot-Standby-fähig“?
- Was ist ein „SNMP-Adapter“?

Aufgabe:

Bei einem Stromausfall soll eine USV den Raum für 20 min mit Energie versorgen. Die Leistung der Geräte, die über die USV versorgt werden, beträgt 4.200 Watt, Spannung 230 Volt

Diese Modelle stehen zur Auswahl:

- 1) Modell: A; Akkukapazität: 40 Ah; Akkuspannung: 12 Volt
- 2) Modell: B; Akkukapazität: 80 Ah; Akkuspannung: 12 Volt
- 3) Modell: C; Akkukapazität: 50 Ah; Akkuspannung: 24 Volt
- 4) Modell: D; Akkukapazität: 150 Ah; Akkuspannung: 12 Volt
- 5) Modell: E; Akkukapazität: 200 Ah; Akkuspannung: 24 Volt
- 6) Modell: F; Akkukapazität: 240 Ah; Akkuspannung: 24 Volt

Erforderlich ist der Lösungsweg, die Berechnung und die Auswahl der(s) entsprechenden(s) Modelle(s)!

Die Ursache der Stromschwankungen

