Die USV-Fibel

oder

Wie funktioniert eine USV-Anlage

USV = Unterbrechungsfreie Stromversorgung

MTM
Mess- und Strom-
versorgungstechnik e.U.

Ing. Gerhard Muttenthaler
Rautenweg 8
A – 1220 Wien

Tel.: +43 1 2032814
Fax.: +43 1 203281415
e-mail: office@mtm.at
Web: **www.mtm.at**

Version 6 - 2022

Index

1. Einleitung zum Thema unterbrechungsfreie Stromversorgung ... 3
2. Was heißt "USV"? ... 3
3. Welche USV-Typen gibt es, und wie funktionieren sie? ... 4
3.1. OFF-Line (Standby) USV (VFD) ... 4
3.2. Line interactive (Hybrid USV) (VFI) ... 5
3.3. On-line USV (Dauerwandler / Doppelwandler (Double-Conversion) USV's) (VI) ... 7
4. Spezielle USV-Typen ... 8
5. Vergleich der verschiedenen USV ... 9
6. Worauf muss ich beim USV-Kauf achten? ... 10
7. Dimensionierung der USV (Kapazität ermitteln) ... 11
7.1. Wie hoch ist der abzusichernde Leistungsbedarf (Strombedarf)? ... 11
7.2. Scheinleistung, Nennleistung und Wirkleistung ... 11
7.3. Richtwerte: Nennscheinleistung (möglicher Verbrauch) ... 11
7.4. Was ist die erforderliche Überbrückungszeit? ... 12
7.5. Wie sensibel reagieren die jeweilige Anwendung auf Spannungs- / Stromstörungen? ... 12
8. Einsatzgebiete ... 12
9. Umgebungsbedingungen einer USV ... 13
10. Wie lange funktioniert ein Computer ohne Spannungszufuhr? ... 13
11. Apropos Batterie ... 13
12. Anschlussarten ... 14
12.1. Netz 1 phasig / Last 1 phasig (1φ / 1φ) ... 14
12.2. Netz 3 phasig / Last 1 phasig (3φ / 1φ) (nur On-Line) ... 14
12.3. Netz 3 phasig / Last 3 phasig (3φ / 3φ) (nur On-Line) ... 14
13. Welche Elemente sind zu welchem Zweck in einer USV enthalten? ... 15
13.1. Gleichrichter (Rectifier) ... 15
13.2. Akkumulator (Batterie) ... 15
13.3. Wechselrichter (Inverter) ... 16
13.4. AVR ... 16
13.5. Störspannungsschutz ... 16
13.6. Steuerelektronik ... 17
13.7. Bypass oder Umgehung ... 17
13.8. STP – Static Bypass Switch ... 17
13.9. REPO – Remote Power Off ... 18
13.10. RPA – Redundant Parallel Architektur ... 18
13.11. Modulare USV ... 18
14. Welche Spannungsformen weisen USVs auf? ... 19
14.1. Sinuswelle ... 19
14.2. Stufenwelle ... 19
14.3. Rechteckwelle ... 20
15. Welche Wellenform ist für PCs die beste? ... 20
16. Was sind die Gründe für Störungen im Elektroversorgungsnetz? ... 20
17. Wie sieht die gestörte Netzspannung aus? ... 20
18. Kommen Spannungseinsenkungen und Unterbrechungen vor? ... 21
19. Was sind Oberwellen und woher kommen sie? ... 22
20. Was sind Spannungsspitzen? ... 23
21. Schutzmaßnahmen ... 24
21.1. USV-Kleinanlagen bis 3kVA (16A) ... 24
21.2. USV-Anlagen ab 3kVA (16A) ... 24
22. USV-Klassifizierung nach IEC 62040-3 ... 25
23. Die USV-Kommunikation ... 26
24. USV im Netzwerkbetrieb ... 26
25. USV-Zukunft ... 27

1. Einleitung zum Thema unterbrechungsfreie Stromversorgung

„Bei „USV“ geht es um die andere Art der Datensicherheit. Den Störungen kommen nicht nur über das LAN- oder Inter-Net(z) sondern auch über das Energie-Netz.“

Statistisch gesehen ist knapp die Hälfte aller Rechnerausfälle und Datenverluste auf Netzspannungsprobleme zurückzuführen.

Dabei wiederum ist Unterspannung (Spannungsabfälle: wie z.B. gleichzeitiges Einschalten von mehreren Geräten) der Grund für etwa 60% aller Störungen. 30% gehen auf Überspannungen (z.B. Abschalten verbrauchsstarker Geräte), ca. 8% auf Anlagenausfall durch Hochspannungspulse (Spannungsspitzen: z.B. Kraftwerke, die nach Störfällen wieder auf volle Leistung schalten) und Transienten zurück. Mit dieser Auflistung ergeben sich die wichtigsten Anforderungen, die an eine unterbrechungsfreie Stromversorgung zu stellen sind:

- Schutz vor Spannungsverlust und Unterspannung
- Schutz vor Netzüberspannungen
- Schutz vor energiereichen Störimpulsen
- USVs können Systemcrash (Systemabsturz), Datenverlust, Betriebsstillstand, Produktionsausfall, irreparable Hardwareschäden usw. verhindern.

In der heutigen computerisierten Zeit sind Daten und Programme in Computeranlagen so wichtig, dass keine Fehler auftreten dürfen. Kein zeitgemäßer EDV-Anwender kann heute noch Datenverluste verantworten, welche durch Störungen oder Unterbrüche der Energieversorgung verursacht werden.
Die USV filtert die Netzspannung und schützt vor Spannungsspitzen und Spannungsunterbrüchen. Sie ist verantwortlich für ein einwandfreies Funktionieren der ihr angeschlossenes Gerät und lässt dem Anwender genügend Zeit, angefangene Arbeiten bei Netzausfall zu beenden, und die Geräte korrekt abzuschalten.
Selbstverständlich beschränkt sich der Gebrauch von USV nicht nur auf PC-Anwender, sondern ist überall angezeigt, wo aus Sicherheitsgründen eine stete, regelmäßige Spannungsversorgung nötig ist; wie z.B. bei Notbeleuchtungen, Alarmanlagen, Überwachungsanlagen…

Eine USV ist die Basis Ihrer Versorgungszuverlässigkeit und sicher damit indirekt die Qualität und Quantität Ihrer Produkte.

2. Was heißt "USV"?

USV ist die Abkürzung für "**U**nterbrechungsfreie **S**trom-**V**ersorgung". (Engl. "UPS" (uninterruptible power supply))

3. Welche USV-Typen gibt es, und wie funktionieren sie?

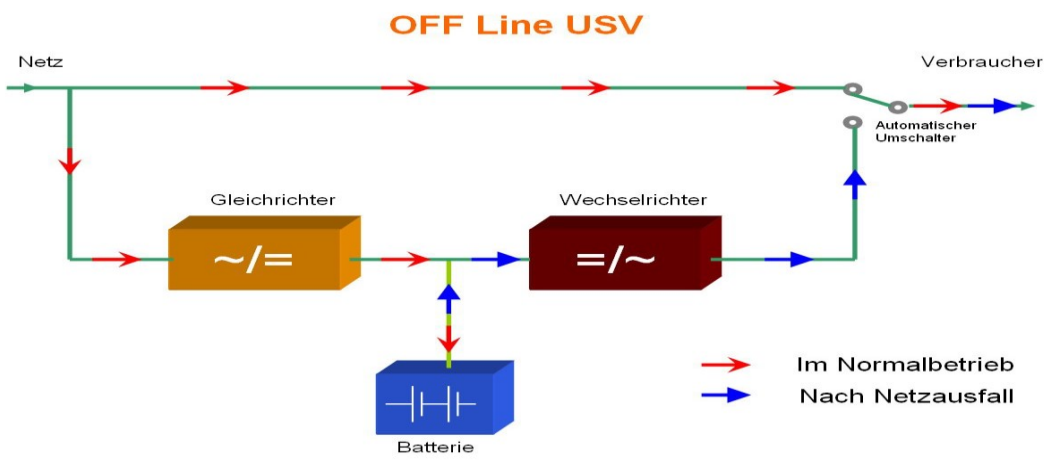
Es werden generell drei Typen unterschieden, welche in der Norm IEC 62040-3 klassifiziert sind:

3.1. OFF-Line (Standby) USV (VFD)

Schutz vor:

- Stromausfall / Netzausfall
- Spannungseinbruch / Spannungsabfall
- Spannungsstösse

- Funktionsschema:



Funktionsbeschreibung:

Im Normalfall wird der Strom durch die USV ohne Spannungswandlung an die angeschlossenen Geräte (Rechner) weitergeleitet. Treten Spannungsschwankungen oder Spannungsausfälle auf, schaltet die Offline - USV automatisch auf Batteriebetrieb um. Die Umschaltung auf Akkubetrieb erfolgt innerhalb von ca. 2 - 6 ms.

Vorteil:

- Wirkungsgrad[1] bis zu 99,6%
- Kleine, kompakte Bauweise
- Niedriger Preis ca. €60 bis €400

[1] **Erläuterung: Wirkungsgrad**

Gibt das Verhältnis der abgegebenen Nutzleistung zur aufgenommenen Leistung in Prozent an. Je mehr Umschaltungen oder Filterkreise, desto geringer wird der Wirkungsgrad.

Nachteil:

- Keine Filterwirkung gegen Oberwellen und Spannungsverzerrungen
- Keine Filterwirkung gegen Frequenzänderungen
- Kein Inselbetrieb möglich (Starten ohne Netz)
- Keine dauernde Überwachung der Batterie
- Manche LAN-Komponenten, wie z.B. HUB's vertragen die Umschaltunterbrechung nicht

Einsatzbereich:

- Bis max. 2kVA
- PCs und Peripheriegeräte
- Notlampen
- kleine TK-Anlagen

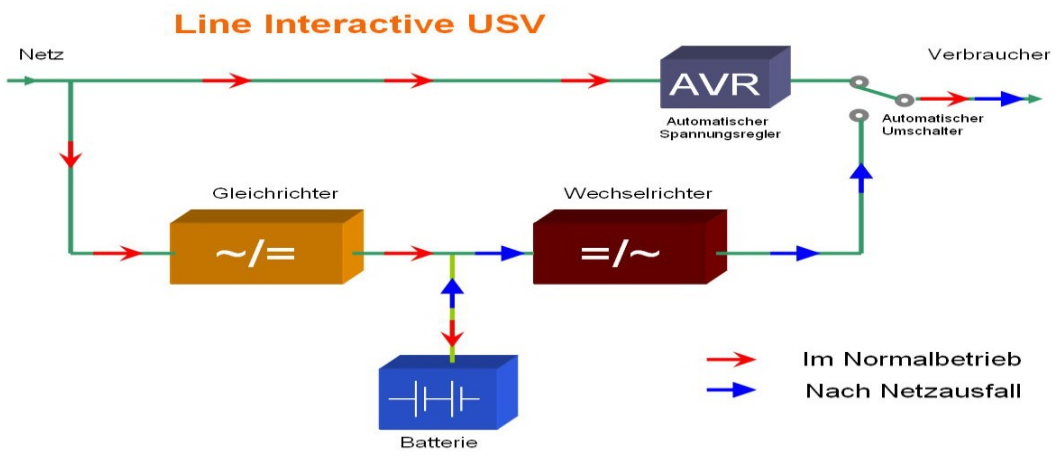
3.2. Line interactive (Hybrid USV) (VFI)

Auch, Off-line USV + AVR, Netzinteraktive-, Delta-Conversion- u. Single-Conversion USV's.

Schutz vor:

- Stromausfall / Netzausfall
- Spannungseinbruch / Spannungsabfall
- Spannungsstösse
- **Unterspannung**
- **Überspannung**

Funktionsschema:



Funktionsbeschreibung:

Bei diesem Mischverfahren zwischen Online- und Offline-Technik wird der Gleichrichter ständig zum Laden der Akkus betrieben, die Last aber normalerweise vom Netz versorgt. Über einem Mikroprozessor wird die Spannungsqualität des Netzes überwacht und im Falle von Unter-, Überspannungen oder Spannungsausfällen (Stromausfällen / Stromstörungen), die einen bestimmten Grenzwert überschreiten, springt sofort die USV ein und versorgt das angeschlossene System mit stabilisierter Spannung. Die USV ist daher aktiv/interaktiv.

Im Unterschied zur Offline-USV bietet die Line-Interaktive-USV eine stabilere Ausgangsspannung.

Vorteile:

- extrem kurze Umschaltzeit
- hoher Wirkungsgrad (ca. 98%)
- mäßige Filterleistung
- gutes Preis- / Leistungsverhältnis ca. €150 bis €800

Merkmale:

- AVR = Automatic Voltage Regulator, sorgt für konstante Ausgangsspannung
- Im Normalbetrieb wird die Netzspannung durch den Spannungskonstanthalter (AVR) geregelt. Der Wechselrichter wird erst bei Netzstörung oder -unterbruch aktiviert.

Nachteil:

- Keine Filterwirkung gegen Frequenzänderungen und Spitzen
- Kein Inselbetrieb möglich (Starten ohne Netz)
- Keine dauernde Überwachung der Batterie

Einsatzbereich:

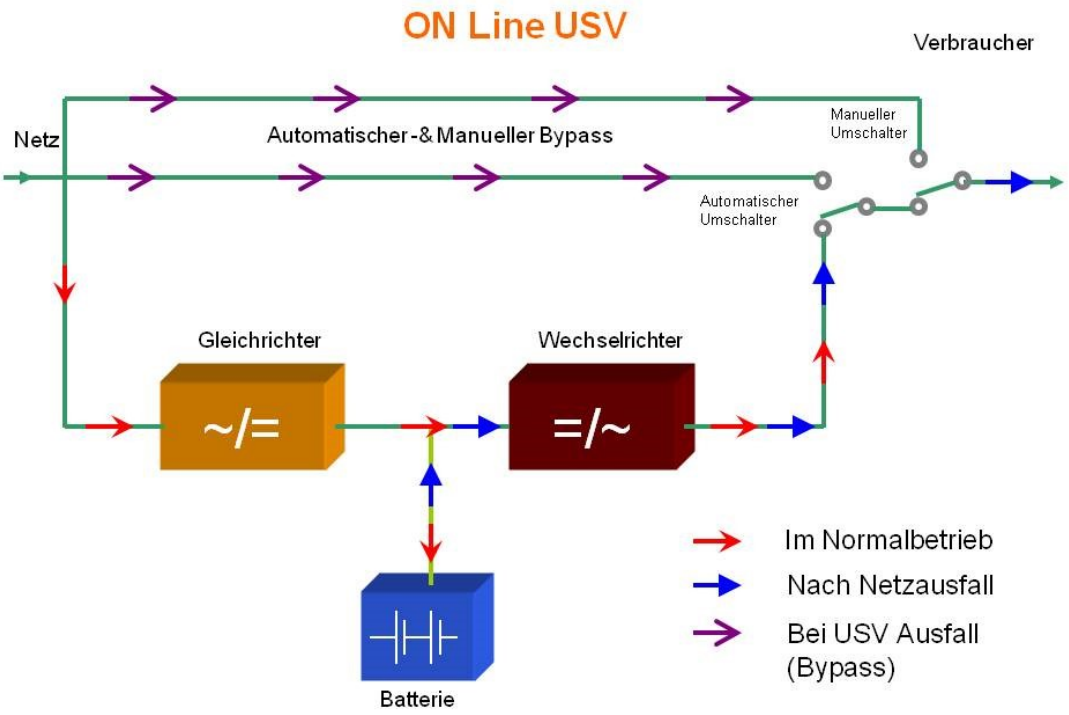
- Bis max. 4kVA
- PC's und kleine Server
- größere Telekommunikationsanlagen
- Kleinere Server-Systeme und Netzwerke

3.3. On-line USV (Dauerwandler / Doppelwandler (Double-Conversion) USV's) (VI)

Schutz vor:

- Stromausfall / Netzausfall
- Spannungseinbruch / Spannungsabfall
- Spannungsstösse
- Unterspannung
- Überspannung
- Frequenzschwankungen
- Schaltspitzen
- Harmonische Oberwellen
- Störspannungen

Funktionsschema:



Funktionsbeschreibung:

Online USVs beliefern den Stromverbraucher (PC / Server) konstant mit künstlicher Spannung. Die Netzspannung dient nur zum Laden der Akkus. Die Spannung wird durch Umwandlung von Wechsel- zu Gleichstrom und wieder zurück vollkommen regeneriert. Deshalb werden Online-USVs auch als Dauerwandler bezeichnet.

Die USV-Anlage überwacht sich selbst. Sollte jedoch ein Fehler in der Anlage erkannt werden, schaltet sie automatisch auf direkten Netzbetrieb um. Dies nennt man auch Bypass oder Umgehung. Diese Funktion kann im Servicebetrieb auch manuell aktiviert werden.

Vorteile:

- gleichbleibende Stromqualität am Ausgang gewährleistet
- keine Umschaltzeit
- lange Autonomiezeit
- Volle Filterwirkung
- Dauernde Batterieüberwachung
- Redundanzfähigkeit
- Echte Bypass-fähigkeit

Nachteile:

- Etwas teurer als Vorhergehende, nähert sich aber ständig an.
- größerer Eigenenergieverbrauch (schlechterer Wirkungsgrad ca. 92%)
- Kurzschlussstrom wird durch den Wechselrichter begrenzt.

Merkmale:

- ON-Line heißt immer Energieversorgung über Wechselrichter, gleichgültig ob eine Netzstörung oder ein Netzunterbruch besteht.
- In der Regel besteht bei Anlagen unter 10 kVA kein spezieller Service-by-pass, wird aber immer öfter angeboten.
- Bei hohen Leistungen sind 3phasige Systeme (3x230V) üblich.

Einsatzbereich:

- Ab 1kVA bis 1MVA und im Sonderfall auch weiter.
- Schutz von Risiko-Anwendungen in einer Umgebung mit häufigen Störungen im Versorgungsnetz
- Hochsensible Netzwerkserver und Datenkommunikationssysteme
- Standard in Spitäler, Banken, IT-Systemhäuser und öffentlichem Bereich

4. Spezielle USV-Typen

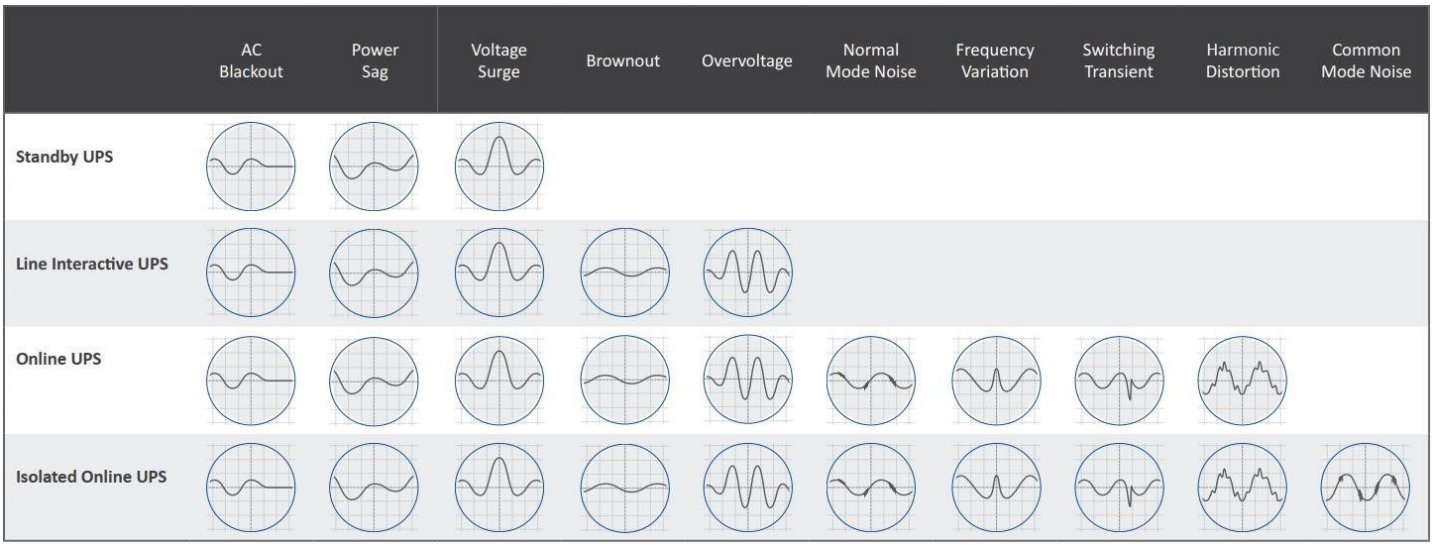
Der Vollständigkeit halber sollte man noch spezielle Sondertypen von USV nennen:

- Rotierende USV: Motor (Benzin oder Diesel) mit Generator, auch Netzersatz (z.B. Krankenhäuser)
- USV mit alternativen Energiespeicher wie Wasserstoff oder Redox.
- Rotierende USV: Dauerläufer, durch ein Schwungrad wird gespeicherte Energie zurück übertragen
- Gleichstrom USV (DC-USV): hier fehlt der Wechselrichterteil (Telekom und Industrieanwendungen)
- ZSV-Anlage: Notstromanlage für Krankenhaus OP, besondere Einrichtungen
- Notbeleuchtungsanlage: Gleichstrom und/oder Wechselstrom USV für Not- und Fluchtwegs Beleuchtung
- Spannungsrestaurator, wie z.B. OSKAR. Nimmt kurze Spannungsunterbrechungen und Einbrüche aus dem Netz. Typischer Einsatzfall sind hohe Industrieleistungen.

5. Vergleich der verschiedenen USV

	Funktion	Komplexität	Leistung	Wirkungsgrad	Preis
Offline	*	*	< 2kVA	***	< 200
Line interactive (mit AVR)	**	**	< 8kVA	**	< 2000
Online	***	**	> 1kVA	*	> 400

Im folgenden Bild ist der Vergleich der einzelnen Anlagen in Bezug auf die Verhinderung von Störungen aufgelistet.



6. Worauf muss ich beim USV-Kauf achten?

- Die USV sollte im Netzspannungsbereich von min. 200V bis max. 260V im Normalbetrieb arbeiten können.
- Die Ausgangsspannung der USV von 230 Volt darf max. um ± 5 % abweichen.
- Es muss eine Überlast- und Kurzschlusssicherung vorhanden sein
- Die notwendige Anschlussart ist zu bestimmen. 1phasig, 3/1phasig, 3/3phasig
- Die USV muss Unter- und Überspannungen ausgleichen können.
- Sie muss äußerst zuverlässig arbeiten (24h x 365Tage).
- Die USV-Leistung sollte größer sein als alle Verbraucher zusammen, die an die USV angeschlossen werden sollen; in der Regel um 25%.
- Die Autonomiezeit muss mindestens 5 - 10 Minuten bei voller Last betragen. Bitte rechnen Sie die Abschaltzeit Ihrer Geräte dazu.
- Bei Anlagen ab 1kVA muss eine sinusförmige Stromentnahme gewährleistet sein.
- Ist ein manueller Bypass vorhanden und wird einer gewünscht, bitte vor Installation abklären.
- Ist aus elektrotechnischen Gründen ein Isolationstrafo notwendig (z.B. Tunnel)
- Bei großen Anlagen sind die Aufstellgröße bzw. Fläche wichtig.
- Bauform „Stand Alone“ – alleinstehendes Gerät oder für 19“ Schrank.
- Der Geräuschpegel bei Aufstellung in einem Arbeitsraum.
- Die Abwärme bzw. Kühlung der Anlage ist für die Lebensdauer wichtig, vor allem für die Batterie. Deshalb die Möglichkeit in Betracht ziehen, einen eigenen abgeschlossenen Raum für die Batterieanlage bereit zu stellen.
- Die Verbraucher sollten so nah wie möglich bei der Anlage sein (Leitungsweg).
- Welche Kommunikation mit der USV ist die passende für meine Anwendung?
- Die USV sollte für das Arbeiten mit Software im Netzwerkbetrieb vorgesehen werden.
- Wie werden Ereignisse und Fehler gemeldet und protokoliert?
- Der Hersteller des Produktes muss eine einwandfreie Qualität garantieren und einen funktionierenden Service (eventuell Ersatz innerhalb 24 h) bieten.
- Ist ein Servicevertrag möglich.
- Neben der zu sichernden Last sind lange Akkulaufzeiten und ein elektrisch sauberes Ausgangssignal die wichtigen Eigenschaften einer USV. Die Akkulaufzeit hängt von der Kapazität der mitgelieferten Akkus ab.

7. Dimensionierung der USV (Kapazität ermitteln)

7.1. Wie hoch ist der abzusichernde Leistungsbedarf (Strombedarf)?

Auflisten aller Geräte, die mit einer USV abzusichern sind. Nicht zu vergessen sind dabei auch Bildschirme, Terminals, externe Datenspeichergeräte sowie andere kritische Peripheriegeräte. Jedes der zu schützenden Systeme gibt auf einem Typenschild die Anschlussleistung in Volt-Ampere (VA) (Scheinleistung / (S)) oder Watt (W) (Wirkleistung) an. Alle VA-Werte oder Watt-Werte von den abzusichernden Verbrauchsgeräten (PC-Netzteil, Monitor, Drucker usw.) ablesen und zusammenzählen.
Umrechnung:

VA in Watt	VA * 0.65 = Watt	Näherungswert!
Watt in VA	Watt * 1.55 = VA	Näherungswert!
VA	Volt * Ampere = Voltampere V * A = VA	

Hinweis: Kommt man z.B. nach Addition aller Komponenten auf 460 VA, wird empfohlen eine USV von z.B. 750 VA oder 1000 VA einzusetzen. Eine 500 VA USV würde eventuell knapp ausreichen, um in der Anfangsphase die Geräte bei einem Stromausfall zu überbrücken, da aber die Akkus mit fortgeschrittener Lebensdauer an Kapazität verlieren ist eine gewisse Überdimensionierung von Vorteil. Auch Stromspitzen wie sie beim Einschalten von Geräten entstehen, sollten berücksichtigt werden. Und nicht zuletzt sollte die Kapazität für eventuelle spätere System-Erweiterungen ausreichend dimensioniert werden.

7.2. Scheinleistung, Nennleistung und Wirkleistung

Unter Scheinleistung (S) (Nennleistung) versteht man 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 φ nach der Gleichung P = S * cos φ. Bei Computerlasten (Schaltnetzteile) nimmt man einen cos φ=0,65 an (siehe oben).

7.3. Richtwerte: Nennscheinleistung (möglicher Verbrauch)

Tower PC:	150VA		NetAPP	bis 500VA
Server (Anzahl HD?):	500VA		Laserdrucker:	450VA
Unix-Workstation:	400VA		Netzwerklaserdrucker:	1000VA
SlimClient	50VA		Modem	15VA
15" TFT Monitor:	40VA		Fax	130VA

21" TFT Monitor:	70VA		TK Anlage	150VA

7.4. Was ist die erforderliche Überbrückungszeit?

Die Überbrückungszeit, auch Autonomiezeit genannt, ist abhängig von der entnommenen Leistung und der Batteriekapazität. Der übliche Standard ist 5 - 10 Minuten bei Volllast der USV-Anlage. Wenn man längere Überbrückungszeiten benötigt, muss die USV bzw. die angeschlossene Batterie entsprechend größer dimensioniert werden.

Beispiel: Für einen PC mit TFT - Bildschirm ohne zusätzliche Peripheriegeräte reicht eine 500VA USV. Soll aber eine größere Überbrückungszeit gewährleistet sein kann z.B. eine 1500VA oder eine 2000 VA USV eingesetzt werden.

Man kann auch die Batteriekapazität durch zusätzliche Batterien erhöhen. Das funktioniert aber nur begrenzt, da die Gleichrichter in der USV nur bis zu einer bestimmten Leistung dimensioniert sind. Am besten sich vom Lieferanten beraten lassen.

7.5. Wie sensibel reagieren die jeweilige Anwendung auf Spannungs- / Stromstörungen?

PCs sind nicht allzu empfindlich, da die Netzteile bereits kleine Schwankungen ausgleichen können. D.h. für einen normalen PC braucht es im Normalfall keine Online USV. Eine Line Interactive USV bietet im Preis/Leistungsverhältnis den optimalen Schutz. Netzwerk Peripherie ist sensibler und sollte mit höherer Filterwirkung geschützt werden.

8. Einsatzgebiete

USV-Anlagen finden ihr Einsatzgebiet hauptsächlich in folgenden Bereichen:

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

9. Umgebungsbedingungen einer USV

Um für das individuelle Einsatzgebiet die richtige USV zu finden, ist es wichtig, vor dem Kauf die Umgebungsbedingungen zu analysieren:

- Ist die Netzspannung schwankend (nicht konstant)?
- Wird das Netz durch eigene/fremde Verbraucher beeinträchtigt?
- Welcher Verbraucher soll bei einem Netzausfall weiter versorgt werden und wie lange?
- Wo habe ich Platz für die Anlage bzw. wie kurz ist der Leitungsweg zu den Verbrauchern?
- Kann ein halbwegs kühler Platz zum Betrieb der USV bereitgestellt werden?

10. Wie lange funktioniert ein Computer ohne Spannungszufuhr?

- Ohne USV: ca. 8 - 20 Millisekunden, je nach Typ.
- Mit USV: 5 - 30 Minuten und auf Wunsch mehr. Kommt auf die Batteriekapazität an.

11. Apropos Batterie

In USV werden meistens Säure-Blei Batterien verwendet. Die Säure ist oft in Gel oder in einem Fließ gebunden, deshalb werden sie auch Blei-Gel oder AGM-Batterien genannt und sind wartungsfrei. Nur bei großen Anlagen oder sehr großer Überbrückungszeit gibt es Batterien in offener Bauform (z.B. OPzV) oder wartungsarm (z.B. OPzS).

Folgende Zustände verkürzen die Lebensdauer der Batterie (siehe auch EUROBAT):

- **Wärme**

  Allgemein gilt: umso wärmer, umso schlechter für die Batterie. Optimal ist eine Temperatur zwischen 20 und 25 Grad Celsius. Also beheize niemals Deine Batterie. Der Chemische Prozess wird beschleunigt.
  Kälte geht in den Energiehaushalt der Batterie ein. Umso tiefer die Temperatur umso weniger Energie kann die Batterie abgeben. Der Chemische Prozess wird gebremst.

- **Entladung**

  Je nach Typ der Batterie ist sie für eine gewisse Anzahl an totalen Entladungen gebaut. Teilentladungen summieren sich ebenfalls.

- **Überspannungen**

  Überspannungen sollten an der Batterie nicht vorkommen, da diese ja vom vorgeschalteten Ladegleichrichter geregelt wird. Ist dieser aber defekt, kann es zu einer Zerstörung der Batterie kommen.

- **Tiefentladung**

  Wird die Batterie unter einem Spannungspegel entladen, ist die Wiederbeladung schwierig oder unmöglich.

- **Rippel**

  Ähnlich wie bei der Überspannung ist dies abhängig vom Gleichrichter. Spannungsrippel ist wie ein kleiner Kurzschluss in der Batterie und kann diese bei längerem Vorhandensein, zerstören.

Kombinationen aus den Störeinflüsse verkürzen die Lebensdauer zusätzlich.

Lithium-Ionen-Akkus kommen wegen ihrer hohen Energiedichte, immer mehr zum Einsatz. Sind aber wesentlich teuer und wird eher bei Applikationen mit hohen Entladezahlen eingesetzt.

12. Anschlussarten

Je nach Last und Type der USV gibt es verschiedene Arten des Netzanschlusses an die USV und von der USV zur Last.

12.1. Netz 1 phasig / Last 1 phasig (1φ / 1φ)

Dies ist die typische Anschlussart von USV Anlagen bis ca. 10kVA. In Sonderfällen kann es mit der Leistung höher gehen.

Begrenzt wird das sehr oft durch die Anschlussmöglichkeit an den Hausverteiler, denn 10kVA bedeuten mindestens 50A Absicherung.

12.2. Netz 3 phasig / Last 1 phasig (3φ / 1φ) (nur On-Line)

Sehr oft sieht dies wie eine optimale Anschlussform aus, dass man die Belastung ans Hausnetz verringert und gut aufteilt. Das Problem ist aber, dass auch diese Anschlussform einen Bypass für den Störungs- oder dem Servicefall, benötigt. In diesem Fall wird die volle Last über den Bypass auf nur eine der drei Phasenleitungen geschaltet.

Also sind die Möglichkeiten für diese Anschlussarten sehr begrenzt und werden auch immer weniger eingesetzt.

12.3. Netz 3 phasig / Last 3 phasig (3φ / 3φ) (nur On-Line)

Die optimale Einschlussversion. Ist aber auch nur ab einer bestimmten Leistung sinnvoll, da man ja die Last halbwegs gleichmäßig auf die Phasen verteilen muss, was bei geringen Lasten schwierig ist.

Außerdem sind alle internen Teile dreifach ausgeführt, was natürlich einen höheren Preis nach sich zieht.

Viele USV Anlagen bieten bei 3φ /3φ die Möglichkeit die Netzfrequenz zu wechseln. Natürlich ist dann der Bypass abgeschaltet.

13. Welche Elemente sind zu welchem Zweck in einer USV enthalten?

13.1. Gleichrichter (Rectifier)

Er wandelt die Eingangsspannung von 230V / 400V 50Hz (AC) in Gleichspannung (DC) für die Akkuaufladung um. Bei On-Line Anlage versorgt er gleichzeitig die Verbraucher und muss deshalb größer dimensioniert werden.

Umso größer die Batterie bzw. Überbrückungszeit, umso leistungsstärker muss der Gleichrichter in der USV Anlage sein. Dies ist die technische Grenze für die, an der USV Anlage angeschlossene, Batteriegröße.

13.2. Akkumulator (Batterie)

Er ist der Energiespeicher der USV und ist in der Lage, bei Spannungsunterbrüchen die angeschlossenen Geräte mit Spannung zu versorgen. Die Batterien können intern, in der Anlage, oder in einem parallelen Gehäuse untergebracht werden.

Bei großen Anlagen sind die Batterien in der Nähe, frei sichtbar aufgestellt (siehe Bild). Es muss dann der Zugriff für nicht geschulte Personen durch abgesperrten Raum oder Schrank verhindert werden.

Wenn man von der Batterie spricht, dann meint man die gesamten Batterien, die an die USV geschalten sind.

- **Batteriezelle**

  Die kleinste Einheit, mit einer Zellenspannung von nominalen 2V. Die Zelle besteht dann aus den Platten (Anode und Kathode), dem Separator und dem Elektrolyt.

- **Batterieblock**

  Ein Batterieblock besteht aus ein- oder mehreren Zellen. Üblich sind 1, 2, 4 und 6 Zellen. Letztere sind dann die 12V Batterien. Geringere Zellenanzahl pro Block ist meistens, wenn kleiner Spannungen notwendig sind (z.B. 6V) oder wenn die Kapazität (Ah) so hoch ist, dass eine Zelle pro Block das sinnvolle Verhältnis von Volumen-Gewicht / Block übersteigt.

- **Batteriestrang (-string)**

  Oft ist es sinnvoll die Batterie in Stränge (Strings) zu teilen. Der Vorteil ist, die Batterie pro Strang ist kleiner und man hat den Vorteil einen einzelnen Strang zu warten, ohne unter der Gleichrichterspannung zu arbeiten bzw. die USV-Anlage abschalten zu müssen.

- **Batterie**

  Ist nun die logische Summe aus Zelle, Block Strängen. Beispiel: eine 240V besteht aus 240V/2V = 120 Zellen => 120 Zellen / 6 = 20 Blöcke.

Oft stellen sich im Zusammenhang mit Batterien folgende Fragen:

a) Kann ich auch die Autobatterie verwenden oder kann ich die USV-Batterie zum Starten des Fahrzeugs verwenden?

   Kurzzeitig ja (falls nicht anders möglich), aber nicht zu empfehlen. Denn die Starterbatterien sind für viel Strom in kurzer Zeit und für eine schnelle Nachladung gebaut. Die USV-Batterie ist für eine gleichmäßige Stromentnahme und einer langsamen Nachladung gebaut.

b) Kann ich die USV-Batterien auch für meine Solaranlage verwenden?

   Hier gilt dasselbe wie beim Punkt a. Die Solarbatterie benötigt eine oftmalige Entladung und später auch wieder Ladung. Das soll/muss täglich passieren. Eine USV-Batterie ist für ca. 300 Ladezyklen gebaut. Das wäre bei Solarbatterien viel zu wenig. Deshalb sind diese Batterien auch etwas teurer.

c) Sind auch Lithium-Ionen-Akkus (LI-ION) bei USV-Anlagen möglich?

   Inzwischen werden auch USV-Anlagen angeboten, die mit Lithium-Ionen-Akkus laufen, aber die Gleichrichter- / Wechselrichtereinheit muss dafür geeignet sein.

   Der Vorteil eines solchen oder artverwandten Batterietyps liegt auf der Hand. Wesentlich platzsparender, besserer Temperaturbereich und nahezu Ladezyklen unabhängig.

   Der Nachteil, wesentlich teurer, die Entsorgung wesentlich komplexer und die Verfügbarkeit in der Zukunft ist auch sehr begrenzt.

   Deshalb ist diese Batterie nur für bestimmte Einsatzbereiche sinnvoll.

13.3. Wechselrichter (Inverter)

Er wandelt die Gleichspannung (DC) aus den Batterien in Wechselspannung (Netzspannung) (AC) um und ist auf die maximale Last ausgelegt.

13.4. AVR

(Automatic Voltage Regulator - Automatischer Spannungsregler) (Line Interactive)

Er regelt die Ausgangsspannung der USV und hält sie in einem Bereich konstant und verhindert somit begrenzt Unter- und Überspannung.

13.5. Störspannungsschutz

Er entfernt Störspannungsspitzen, um die angeschlossenen Geräte zu schützen. Die Geräte haben jedoch keinen Blitzschutz, der extern installiert werden muss.

13.6. Steuerelektronik

Sie prüft ständig die Netzspannung und erkennt Spannungsspitzen, Spannungsschwankungen oder Spannungsausfälle und kontrolliert die Ladung der Akkumulatoren. Sie überwacht auch den Ausgang auf Überlast und meldet Probleme.

13.7. Bypass oder Umgehung

Gibt es nur bei On-Line USV. Wird von der Steuerelektronik automatisch aktiviert, wenn die Anlage eine Störung im System erkennt. Eine On-Line Anlage schaltet nicht ab, sondern geht in den Bypass Modus.

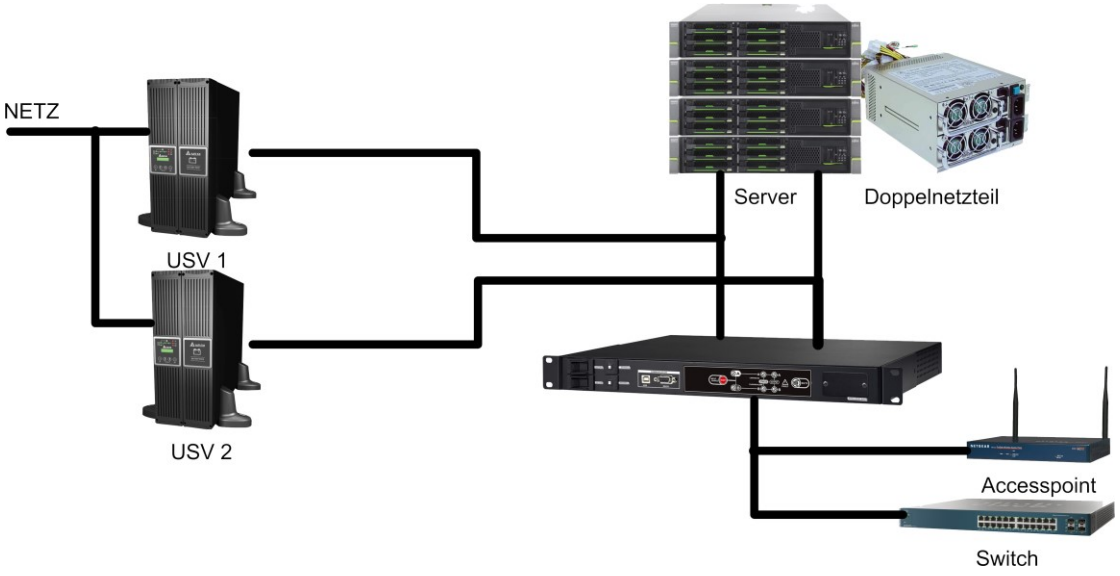
Zusätzlich gibt es den internen und externen manuellen Bypass. Der interne ist, damit die USV für Servicezwecke abgestellt werden kann. Beim Schalten von diesem Bypass reagiert die USV automatisch und schaltet den Wechselrichter aus.

Der externe manuelle Bypass ist nur dazu da, dass beim Wechseln der Anlage die Verbraucher nicht abgeschaltet werden müssen. Diesen Bypass soll nur das geschulte Servicepersonal schalten, da die Gefahr einer Zerstörung des Wechselrichters besteht.

Empfehlung: Es sollte immer eine externe manuelle Bypass Funktion vorhanden sein.

13.8. STP – Static Bypass Switch

Der STP oder „Static Bypass Switch“ (Statischer Bypass-Schalter) ist quasi der, aus der USV entnommene automatische Bypass. Er ist eine externer Halbleiterschalter, um zwischen zwei Versorgungen zu schalten.



Bei kleineren Leistungen werden diese Geräte gerne zur Erhöhung der Ausfallsicherheit bei Geräten mit nur einem Netzteil genommen.

Sollte eine Versorgung ausfallen, wird innerhalb von einigen Millisekunden auf die alternative Versorgung umgeschaltet

Bei Großanlagen wird ein solcher Halbleiterschalter gerne genommen, um zwischen USV- und Generatorbetrieb zu schalten.

Hier gibt es einige Applikationsmöglichkeiten.

13.9. REPO – Remote Power Off

Bei den heuten größeren und qualitativ besser ausgeführten Anlagen ist eine REPO (Remote Power Off) oder auch Fernausschaltmöglichkeit vorhanden.

Dies ist ein Kontakt, der über eine Not-Aus Taste ausgelöst werden kann, falls Gefahr besteht. Sehr oft besitzen die Anlagen auch einen solchen Schalter direkt an der Front.

Aber Achtung dem Auslösen des REPO ist die USV aus und die Verbraucher ohne Strom.

13.10. RPA – Redundant Parallel Architektur

Möchte man höhere Ausfallssicherheit erreichen, dann ist das parallel Schalten von On-Line USV-Anlagen von Vorteil. Man spricht auch von 1+1 oder n+1 Systemen. Also eine USV-Anlage ist immer als Notfallsicherheit vorhanden.

Bei Offline und Line-Interaktiv Anlagen ist diese Funktion nicht möglich.

13.11. Modulare USV

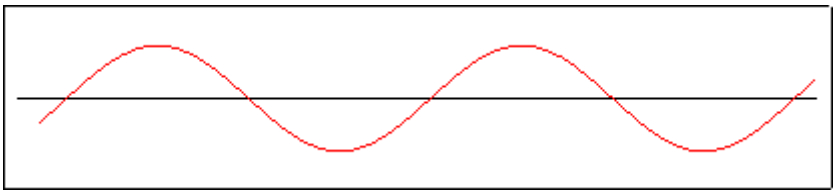
Dies ist quasi die Weiterführung der RPA-Funktion. D.h., mehrere USV-Blöcke sind in einem Gehäuse vereint und können so ein n+1 System darstellen. Ist meistens kostengünstiger als zwei oder mehr Anlagen im parallelen Betrieb.

Der Nachteil der modularen Systeme ist, wenn die Steuereinheit versagt, denn die gibt es meistens auch nur einmal. Mit der DPH von Delta gibt es auch dieses Problem nicht mehr.

Vorteil ist, dass man Module auch im Betrieb tauschen oder so auch die USV erweitern kann.

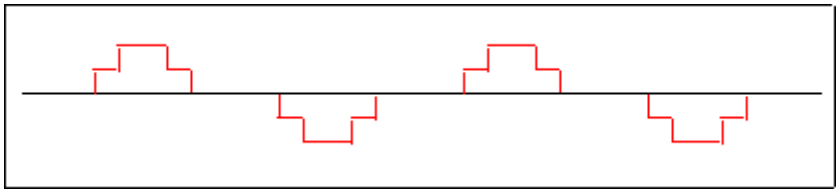
14. Welche Spannungsformen weisen USVs auf?

14.1. Sinuswelle



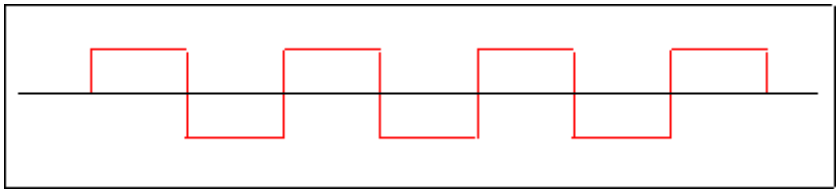
Vorteile:	Nachteile:
sie entspricht der Wellenform aus dem Netz	hohe Kosten des USV-Gerätes
sie genügt allen Ansprüchen moderns-ter Elektronik	aufwendiges USV-Gerät mit komplizier-ter Elektronik
Ausgangsspannung mit hoher Stabilität	

14.2. Stufenwelle



Vorteile:	Nachteile:
eine Wellenform zwischen Sinuswelle und Rechteckwelle	nicht ausreichende Qualität für den Ein-satz bei gewissen hochsensiblen Geräten
mittlere Kosten des USV-Gerätes	
einfacheres USV-Gerät mit weniger Elektronik	erhöhter Oberwellengehalt

14.3. Rechteckwelle



Vorteile:	Nachteile:
geringe Kosten des USV-Gerätes	nicht empfehlenswert bei Geräten mit induktiver Last (Elektromotoren, Drucker, etc.)
einfaches USV-Gerät	instabile Ausgangsspannung des USV-Gerätes, stark abhängig von den angeschlossenen Geräten
Minimum an Elektronik	hoher Oberwellengehalt

15. Welche Wellenform ist für PCs die beste?

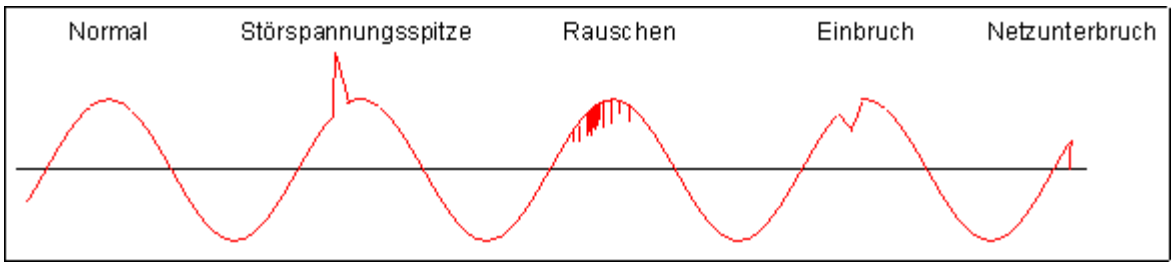
Natürlich ist die Sinuswellenform zu bevorzugen. Die Stufenwellenform ist bei kleinen Anwendungen auch möglich, aber kann im schlechtesten Fall, durch den Oberwellengehalt eine Störursache sein.

Von der Rechteckwelle ist abzuraten, wird aber auch nur bei billigen Kleinstgeräten eingesetzt.

16. Was sind die Gründe für Störungen im Elektroversorgungsnetz?

- Naturereignisse: Stürme, Blitze, Erdbeben
- Ereignisse von Menschenhand: Unfälle (z.B. Baugerät trennt Erdkabel), ungewollte und normale Stromabschaltungen
- Ereignisse im System: Überstromabschaltung, Fehlerstromabschaltung
- Oberwellen elektromagnetische und hochfrequente Störungen in der Industrie

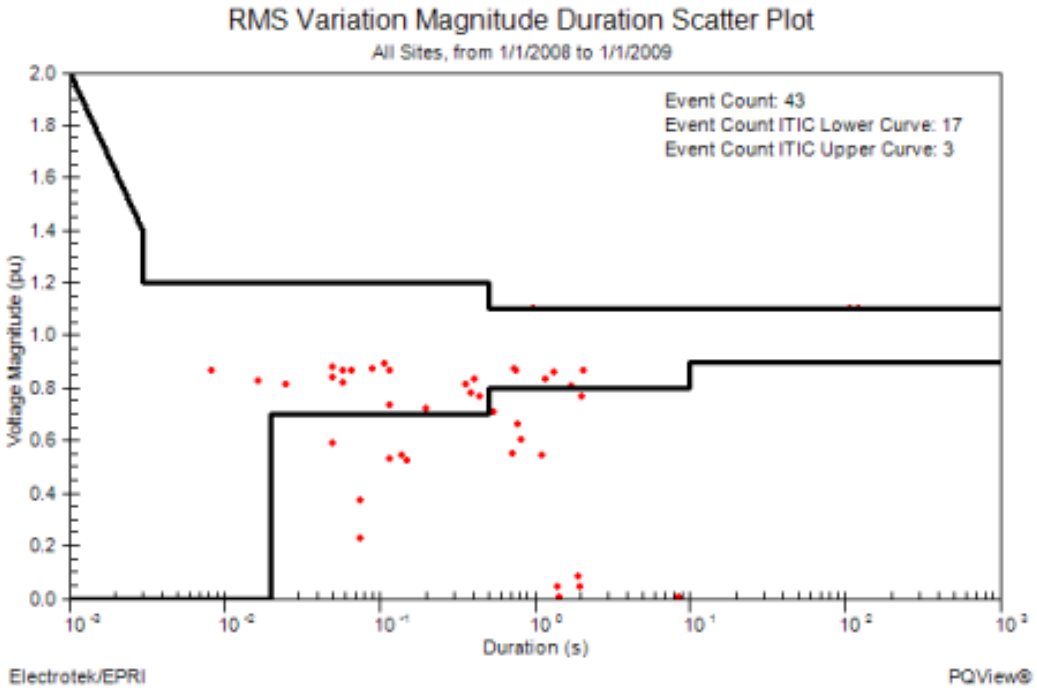
17. Wie sieht die gestörte Netzspannung aus?



18. Kommen Spannungseinsenkungen und Unterbrechungen vor?

Solche Ereignisse kommen, in den normalen Netzen, fast täglich vor. Wichtig sind die Auswirkungen auf die angeschlossenen Geräte.

Dies ist abhängig von der Tiefe (auch Höhe) und der Dauer des Spannungsereignisses.



1 CBEMA Kurve

Die oben gezeigte Kurve wurde in den 1970er Jahren von der Firma Xerox erstellt und wird auch bis heute verwendet.

Ereignisse (rote Punkte) innerhalb der Kurve sollten einem Gerät nichts anhaben und zu keiner Unterbrechung der Funktion führen. Bei Ereignissen außerhalb ist die Gefahr einer Störung groß. Natürlich, umso weiter der Punkt von der Kurve weg ist, umso wahrscheinlicher ist die Störung.

Diese Ereignisse sind der Hauptgrund zur Verwendung einer USV-Anlage.

In dem Zusammenhang noch drei Begriffserklärungen:

- Swell (Schwellung), ist eine Spannungsüberhöhung über den nominalen Grenzen (+10% Nennspannung). Also wenn die Spannung zum Beispiel mehr als 253Vrms beträgt.
- Sag oder Dip, ist eine Spannungseinsenkung unter die nominalen Grenzen (-10% Nennspannung). Also wenn die Spannung zum Beispiel weniger als 207Vrms beträgt.
- Interruption, ist eine Spannungsunterbrechung unter die nominale Grenze von 5% der Nominalspannung. Das wäre bei 230V Nominalspannung, 11,5Vrms.

19. Was sind Oberwellen und woher kommen sie?

Der Strom, der von den Kraftwerken erzeugt wird, ist ein sinusförmiger Wechselstrom mit einer Frequenz von 50Hz. So sollte er auch bei uns ankommen.

Derzeit ist es jedoch so, dass alle modernen Verbraucher (PC, Laser Drucker usw.), die am Versorgungsnetz angeschlossen sind, das Netzsignal verändern (Spannung und Strom). Diese „nicht lineare“ Verbraucher produzieren Oberwellenströme und über den Widerstand des Netzes auch Spannungen.

Die Frequenz der Ströme, auch einfach Oberwellen genannt, sind Vielfache der Grundfrequenz von 50Hz.

Man definiert den Oberwellengrad als das Verhältnis zwischen der Frequenz der Oberwelle und der Grundwellenfrequenz.

Beispiel: Die 3. Oberwelle hat eine Frequenz von 50Hz x 3 = 150Hz

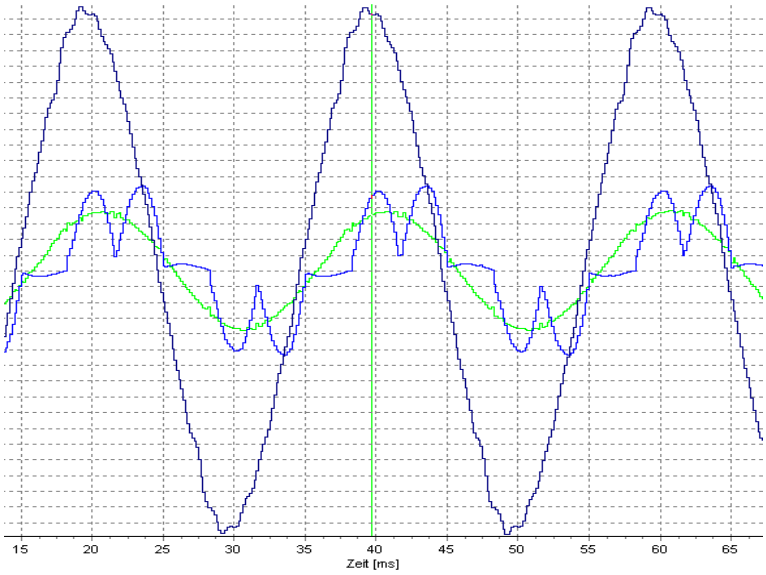
Ein Maß für die Oberwellen ist der Oberwellenfaktor oder THD (total harmonic distortion), der oft fälschlicher Weise auch Klirrfaktor genannt wird.

Der Oberwellenfaktor gibt den Anteil der Oberwellen in Bezug zur Grundwelle an und wird in Prozent angegeben. Ist der Faktor kleiner, ist er besser. In normalen Netzen sind 3 bis 5% üblich. 8% sollte als Grenze angesehen werden.

Mit Oberwellen muss man heute leben, man kann sie nicht ausschließen. Auch USV Anlagen produzieren Oberwellen, da auch sie einen nicht linearen Verbraucher darstellen.

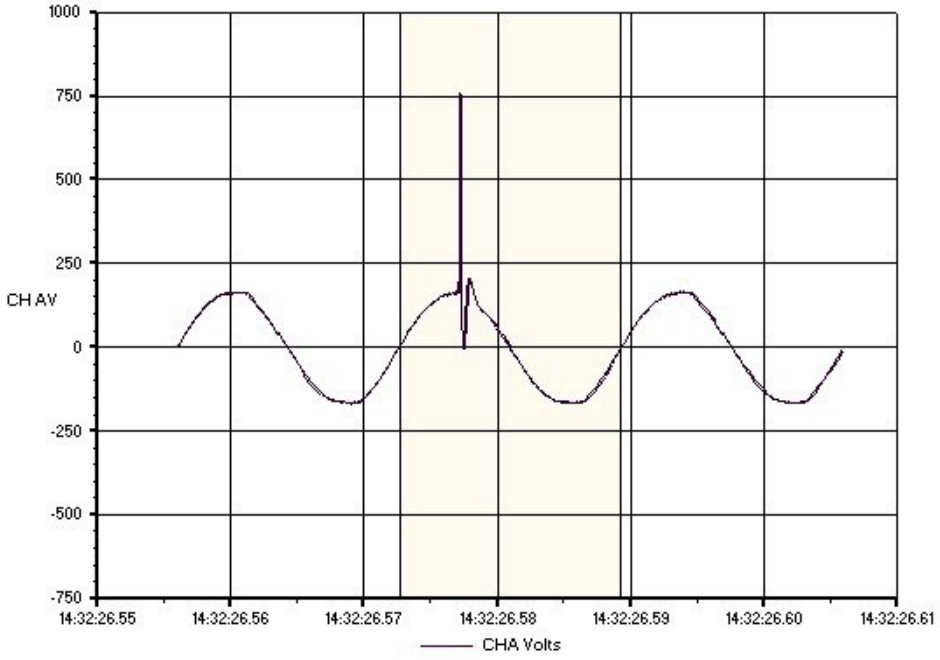
Ein zu hoher Oberwellengehalt kann zu Störungen im System führen bzw. trägt zu Alterung in Geräten bei.

Deshalb sollte auch der Ausgang der USV-Anlage nur eine geringe Oberwellenbelastung (nahe Sinus) aufweisen.



20. Was sind Spannungsspitzen?

Gerne wird Netzwerkausfällen Spannungsspitzen, auch Transiente genannt, als Ursache vermutet. Die Erfahrung zeigt jedoch, dass es sich meistens um Oberwellen oder Erdschleifen handelt.



Eine Spannungsspitze ist eine kurzzeitige Über- oder Unterspannung mit steilen Flanken.

Das Maß der Spannungsspitz ist die Spitzenamplitude und die Dauer der Amplitude (in Mikrosekunden). Voraussetzung für die Zerstörkraft einer Spannungsspitze ist die Fläche, die von der normalen Sinusschwingung abweicht. Sie ist mit dem Strom das Maß der Energie, die in der Spitze steckt. Eine Störspitze benötigt genügend Energie, um innerhalb eines Leitungsnetzes zum Verbraucher vorzudringen (Impedanzen und Wellenwiderstand der Leitung).

Hohe Spannungen zerstören Halbleiter und Kondensatoren und beeinflussen Regelkreise.

Die Herkunft solcher Spitzen ist klassisch der Blitz, Laständerungen oder Schaltvorgänge, Kommudierungseinbrüche und Gerätefehler.

○

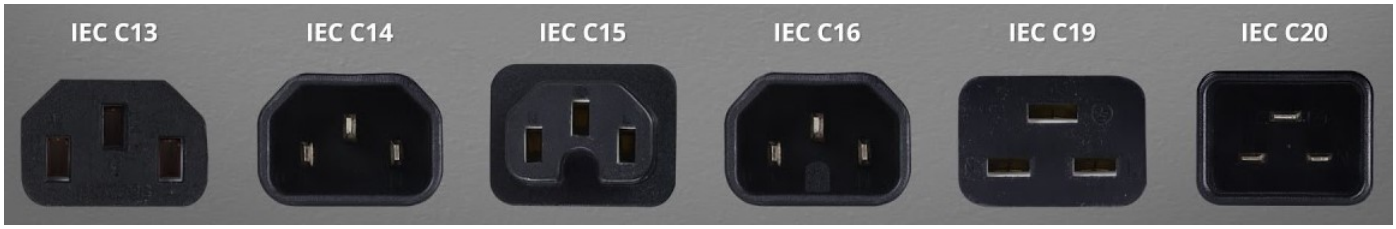
21. Schutzmaßnahmen

Ein viel diskutiertes Thema, dass immer wieder Fragen offenlässt. Denn eine USV kann man ja bei Stromausfall wie eine Inselversorgung ansehen.

Zuerst muss man die USV-Anlagen nach der Leistung trennen.

21.1. USV-Kleinanlagen bis 3kVA (16A)

Diese Anlagen sind meistens an der Schuko-Steckdose angeschlossen, die ja bis 16A spezifiziert ist. Sichtbar ist dies, ob die USV einen IEC 20 Eingang oder einen IEC C14 Eingang für 10A.



Jedoch gibt es aus Gründen der Leistungsaufteilung immer wieder das Problem, dass die Steckdose geringer abgesichert ist. Also muss man bei diesen Anlagen darauf achten, dass man an der richtigen Steckdose ansteckt, sonst kann es rasch zu Unterbrechungen durch LS-Schalter Abfall kommen.

Ausgangsseitig haben die Kleinanlagen C13 oder sogar C19 Steckdosen. Die USV-Anlage sollte so gebaut sein, dass an den jeweiligen Ausgang nicht mehr an Strom entnehmbar ist. Kleinere LS am Ausgang (z.B. in Steckdosenleisten) sind natürlich zulässig und eventuell auch wünschenswert.

Aufpassen muss man bei diesen Anlagen auf den Fehlerstromschutzschalter (FI). Der ist, bedingt durch die Steckdose, auf 30mA Auslösestrom spezifiziert. Hier sollte man eventuell zu Allstromfähigen B-Typen greifen.

Nach der USV-Anlage ist kein FI möglich, denn das würde gegen die Selektivität sprechen.

21.2. USV-Anlagen ab 3kVA (16A)

Diese Anlagen sind immer direkt am Unterverteiler fest verdrahtet. Egal ob es sich um 1-phasige oder 3-phasige Geräte handelt. Im Sonderfall (eher selten) kann man natürlich auch mit geeignet große Stecksystem arbeiten, was aber eine Verlustleistung und andere Gefahrenpotentiale in sich birgt.

Eingangsseitig besteht der Schutz immer aus einem genügend dimensionierten Leistungsschalter, welcher meistens um ca. 25% bis 50% über des Nennstroms liegen sollte.

Beispiel: Anlage ist 3-phasig mit 30kVA Ausgangsleistung. Was an Strom 30000/230/3 = 43,48A pro Phase ergibt.

Was hier nicht bedacht wurde, ist der Wirkungsgrad der Anlage und der Strom, um eine entladene Batterie wieder zu laden. Also würde man im Beispiel mindestens auf 63A, aber wenn möglich eher auf 80A gehen. Natürlich unter der Bedingung der Volllast.

Empfohlen ist, die Vorgaben des Herstellers zu beachten.

Am Ausgang kann man dann im Verteilerschrank die Leistungen über LS aufteilen.

Wenn man die USV bewegen kann (auf Rollen), dann unbedingt einen FI mit mindesten 100mA vorsehen. Bei großen, fix verankerten Anlagen ist kein FI notwendig. Hier reicht Schutz Nullung und eventuell Isolationsüberwachung.

Sekundär seitig kann man dann die Schutzmaßnahme mit 30mA Fehlerstromschutzschalter aufnehmen. Hier empfiehlt es sich mit FI/LS zu arbeiten.

Achtung: keine USV über 3kVA mit integrierten Steckdosen verwenden. Probleme der Selektivität und des Schutzverhaltens.

22. USV-Klassifizierung nach IEC 62040-3

Stand-by, Line-Interactive und Online - das waren wie beschrieben bislang die Zauberworte, die einer unterbrechungsfreien Stromversorgung (USV) ihre primären Eigenschaften beimaßen. Mit fortschreitender technischer Entwicklung erwies sich diese Klassifizierung jedoch als nicht mehr differenziert und präzise genug.

Die Hersteller versuchten daher in den letzten Jahren, mit der Erfindung neuer Begriffe und Klassifizierungen gegenzusteuern. Was dabei herauskam, war allerdings lediglich ein schier unüberblickbares Chaos.

Das International Engineering Consortium (IEC) schob dem Wildwuchs der Begriffe letztes Jahr mit der Norm IEC 62040-3 einen Riegel vor und schuf ein Klassifizierungsschema, in dem auch künftige USV-Technologien ihren eindeutigen Platz finden. Mittlerweile beginnen die Hersteller auch, die neuen Auszeichnungen bei ihren Produktangeboten anzuwenden.

Noch sind die USV-Klassifikationen nach IEC 62040-3 den Interessenten von USV-Systemen nicht wirklich geläufig. Immerhin, die Hersteller haben inzwischen angefangen, sie und die damit verbundene IEC-USV-Norm auf breiter Basis einzuführen.

Die meisten tun dies allerdings bislang in der Light-Version, die nur die erste von insgesamt drei Stufen der Norm berücksichtigt. Sie behandelt die Abhängigkeit des USV-Ausgangs vom Eingang, also dem Netzstrom. In dieser Stufe gibt es drei Kategorien, die weitgeh- end der alten Klassifizierung mit Stand-by, Line-Interactive und Online/Double-Conversion entsprechen.

Die zweite und dritte Stufe der IEC-Norm definieren zum einen die Spannungskurvenform, zum anderen die dynamischen Toleranzkurven des USV-Ausgangs. Die ebenfalls jeweils

drei Werte dieser Stufen dienen zur genaueren Klassifizierung der USV, wofür sich die Hersteller in der Vergangenheit eben oft eigene und willkürliche Beschreibungen haben einfallen lassen. Aus ehemals drei Argumenten zur Beschreibung der Eigenschaften einer USV sind also jetzt insgesamt neun geworden, verteilt auf drei Stufen.

23. Die USV-Kommunikation

Damit einen Versorgungsausfall nicht unentdeckt bleibt, haben die USV-Anlagen die Möglichkeit über verschiedene Schnittstellen, den aktuellen Zustand oder einen Fehler zu melden. Eine darauffolgende Aktion kann das geregelte Abschalten der Systeme sein.

Die Kommunikation erfolgt traditionell über eine serielle Schnittstelle (RS232 oder USB). An den Computern ist dann eine Software installiert, die im Hintergrund auf Aktivitäten der USV wartet und dann auch Systemspezifische Aktionen setzen kann (z.B. herunterfahren).

Beliebt ist die Netzwerk Version mit SNMP-Protokoll. Da diese Schnittstelle meistens nur optional vorhanden ist, wird die Hardware dann SNMP-Option oder SNMP Karte genannt.

Hierbei können mehrere Geräte gleichzeitig, mittels Ethernets auf die Informationen der USV zurückgreifen. Die USV kann ihrerseits wichtige Informationen mittels Traps im Netzwerk bekannt machen.

Eine weitere Kommunikationsmöglichkeit ist Modbus. Diese wird vorwiegend in der Industrie eingesetzt.

Als besonders sicher wird die Kommunikation mittels Relaiskontakte angesehen. Kleine und kostengünstige Anlagen bieten diese Kommunikationsform nicht mehr an.

24. USV im Netzwerkbetrieb

Mehr und mehr Leute arbeiten in einem lokalen Netzwerk und keiner kümmert sich um den Hauptcomputer. Dieser muss bei Netzausfall vollautomatisch die Dateien schließen und geordnet abschalten, damit keine Daten verloren gehen. Dies besorgt eine spezielle Software (Shutdown - Programm), welche zusammen mit der dafür vorgesehenen USV verwendet werden kann.

Die Kommunikation erfolgt über den sogenannten SNMP-Adapter. Dies ist eine Platine, die in die USV integriert wird und mindestens einen Ethernet Anschluss hat. Damit ist es möglich, Daten und Information der USV über das Netzwerk abzufragen und gibt der USV die Möglichkeit aktiv, Probleme ins Netzwerk zu melden.

25. USV-Zukunft

Wie viele Untersuchungen belegen, wird die Notwendigkeit von USV-Anlagen mit langen Überbrückungszeiten immer wichtiger. Der Energiebedarf steigt schneller als die Produktion. Dadurch kann es zukünftig zu vermehrten Versorgungsunterbrechungen kommen, die dann durch USV-Anlagen als Netzersatz abgefangen werden können.

An neuen Formen von USV-Anlagen mit Unterstützung erneuerbaren Energien wird mit Hochdruck gearbeitet. Hervorzuheben sind Anlagen mit Wasserstoff als Energiespeicher.

Bedingt durch Änderungen in Fördergesetzen, wird die Kombination aus Photovoltaik im Inselbetrieb und USV immer interessanter.