

[zurück](#)

USV (Unterbrechungsfreie Stromversorgung)

Eine **USV (Uninterruptible Power Supply)** ist ein Gerät, das bei Ausfall oder Störung der Netzstromversorgung sofort und unterbrechungsfrei elektrische Energie aus Batterien bereitstellt. Sie schützt angeschlossene Systeme vor Datenverlust, Hardware-Schäden oder Ausfällen.

Aufgaben einer USV

- Überbrückung bei Stromausfall (Notstromversorgung für Minuten bis Stunden)
- Schutz vor Spannungsschwankungen (Spikes, Brownouts, Überspannung)
- Filterung von Netzstörungen (Frequenzschwankungen, Rauschen)
- Geordnete Abschaltung von Servern/Clients durch Management-Software

Typen von USVs

Offline/Standby-USV

- Normalbetrieb: Netzstrom geht direkt an die Verbraucher
- Bei Stromausfall: Schaltet auf Batterie um (Umschaltzeit 2-10 ms)
- Geeignet für PCs, kleinere Systeme
- + günstig, - einfache Schutzfunktion

Line-Interactive-USV

- Netzspannung läuft über AVR (Automatic Voltage Regulator)
- Kann Spannungsschwankungen ohne Batterieeinsatz ausgleichen
- Umschaltzeit 2-4 ms
- Geeignet für Serverräume kleiner bis mittlerer Größe

Online-USV (Doppelwandler)

- Netzstrom → Gleichstrom → Wechselstrom (permanent)
- Keine Umschaltzeit, da Verbraucher immer an Inverter hängen
- Höchste Qualität (komplett gefiltert)
- Ideal für Rechenzentren, kritische Systeme
- + höchste Sicherheit, - teuer, hoher Energiebedarf

Visualisierung: USV-Typen

Vergleich USV-Typen		
Offline/Standby	Line-Interactive	Online (Doppelwandler)
Netz — Verbraucher Batterie nur im Notfall aktiv Umschaltzeit nötig	Netz — AVR — — Verbraucher Batterie bei Ausfall Umschaltzeit sehr kurz	Netz — Gleichrichter — — Batterie — Inverter Verbraucher ständig an Inverter (keine Unterbrechung)

Störungsarten im Stromnetz

- Blackout – kompletter Ausfall
- Brownout – Spannungsabfall
- Überspannung – z. B. durch Blitzeinschläge
- Spannungsspitzen – kurze Peaks
- Frequenzschwankungen – Netz nicht stabil bei 50 Hz
- Rauschen / Störsignale – elektromagnetische Einflüsse

Komponenten einer USV

- Batterie/Akku (Blei-Gel oder Lithium-Ionen)
- Wechselrichter/Inverter (DC → AC)
- Ladegerät (Netzstrom → Akku)
- Bypass-Schalter (für Wartung oder Überlast)
- Steuerung & Management (Monitoring, SNMP, USB/Netzwerk)

Kapazität & Dimensionierung

- Leistung: in **VA (Voltampere)** angegeben
- Faustregel: Last der Geräte × Sicherheitsfaktor (1,2–1,5)
- Autonomiezeit: abhängig von Batteriegröße und Last
 - Büro-PC: wenige Minuten reichen
 - Server: 10–30 Minuten üblich
 - Rechenzentren: mehrere Stunden, oft in Kombination mit Notstromaggregat

Vergleichstabelle USV-Typen

Typ	Vorteile	Nachteile
Offline	günstig, einfache Bauweise	Umschaltzeit, wenig Schutz
Line-Interactive	Spannungsausgleich, Preis/Leistung	nicht 100% störungsfrei
Online	höchste Sicherheit, keine Umschaltzeit	teuer, höherer Eigenverbrauch

Praxisbeispiele

- Heimarbeitsplatz: Offline-USV für PC und Router → reicht für geordnetes Herunterfahren
- Kleine Firma: Line-Interactive für Server, Switches und Firewall
- Rechenzentrum: Online-USVs + Dieselgenerator für unterbrechungsfreien Betrieb

Wartung & Stolperfallen

- Regelmäßige Batterietests durchführen
- Akkutauch alle 3-5 Jahre (Blei) / 8-10 Jahre (Li-Ion)
- Ausreichende Luftzirkulation sicherstellen (Wärmeentwicklung)
- Keine Überlastung (VA-Grenze beachten)
- Monitoring einrichten (rechtzeitig Alarm bei schwachen Batterien)

Merksätze für die Prüfung

- Offline = billig, Line-Interactive = Allrounder, Online = Premium
- VA ≠ Watt (Leistungsfaktor beachten, meist 0,6-0,8)
- USV schützt vor Ausfall UND Spannungsschwankungen
- Redundanz und regelmäßige Tests sind entscheidend für hohe Verfügbarkeit

Berechnungen & Dimensionierung (mit Beispielen)

1) Grundformeln

Wirkleistung (W)	$= U * I * \cos\varphi$
Scheinleistung (VA)	$= U * I$
Leistungsfaktor (PF)	$= \cos\varphi$ (bei IT-Lasten i.d.R. 0,6...0,95)
Beziehung W ↔ VA	$= W = VA * PF \Leftrightarrow VA = W / PF$
Sicherheitszuschlag	$= 20\% \dots 50\%$ (typisch 30% → Faktor 1,3)
Benötigte USV-Größe (VA)	$= \text{Summe_W} / PF_{\text{gesamt}} * \text{Zuschlag}$
Batterie-Energie (Wh)	$= U_{\text{batt}} (V) * Ah * (\# \text{ Strings})$
Nutzbarer Anteil (Blei)	$= 60\% \dots 80\%$ (hochstrombedingte Verluste, Temperatur, Alterung)
USV-Wirkungsgrad η	$= 0,8 \dots 0,95$ (Online meist 0,9±, Line-Interactive 0,9±)
Autonomie grob (h)	$\approx (Wh_{\text{batt}} * \text{Nutzbar} * \eta) / W_{\text{Last}}$
Konservativ:	Nutzbar=0,7 und $\eta=0,85 \Rightarrow$ Faktor ~0,6
$\Rightarrow t(h) \approx$	$(Wh_{\text{batt}} * 0,6) / W_{\text{Last}}$

HINWEIS:

- Herstellerlaufzeitdiagramme sind genauer (Peukert-Effekt, Entladekurven).
- PF-Annäherung: Ohne PFC $\sim 0,6$; mit aktiver PFC $\sim 0,95$.
- Für kurze Überbrückungszeiten (5–15 min) reichen meist interne Batterien.
- Für längere Zeiten externe Battery-Packs oder Generator einplanen.

2) Vorgehen Schritt für Schritt

- **a)** Lasten erfassen: Nennleistung in Watt (W) und ggf. PF pro Gerät
- **b)** Summe W bilden. Optional VA pro Gerät: $VA_{\text{Gerät}} = W_{\text{Gerät}} / PF_{\text{Gerät}}$
- **c)** konservativ dimensionieren:
 - Methode 1 (einfach): $VA = \text{Summe}(W) / 0,9 \text{ (oder / kleinster PF)} \times 1,3$
 - Methode 2 (genau): $VA = (\sum W_{\text{Gerät}} / PF_{\text{Gerät}}) \times 1,3$
- **d)** USV-Typ wählen (Line-Interactive vs. Online) je nach Schutzbedarf
- **e)** Ziel-Autonomie festlegen (z. B. 10, 15, 30 min)
- **f)** Batteriekapazität prüfen/auswählen: $t \approx (Wh_{\text{batt}} * 0,6) / W_{\text{last}}$
- **g)** Reserve für Alterung/Temperatur berücksichtigen (+10...20% Wh)
- **h)** Optional Redundanz (N+1) und Generator-Kopplung bewerten

3) Rechenbeispiel (kleiner Server-Stack)

Gegeben:

- Server (PFC): 350 W, $PF=0,90$
- Switch: 50 W, $PF=0,60$
- NAS (PFC): 60 W, $PF=0,95$
- Zielautonomie: ≥ 15 min

3.1 Summe Last:

- $\Sigma W = 350 + 50 + 60 = \mathbf{460\ W}$

3.2 Scheinleistung konservativ:

- Methode 1 (einfach, $PF_{\text{gesamt}} \approx 0,9$): $VA_{\text{basis}} = 460\ W / 0,9 = \mathbf{511\ VA}$

Mit Zuschlag 30%: $VA = 511 * 1,3 \approx \mathbf{664\ VA}$

- Methode 2 (genauer, je Gerät):

```
VA_server = 350/0,90 ≈ 389 VA
VA_switch = 50/0,60 ≈ 83 VA
VA_nas     = 60/0,95 ≈ 63 VA
ΣVA_basis = 389 + 83 + 63 = 535 VA
Mit Zuschlag 30%: VA = 535 * 1,3 ≈ 696 VA
```

⇒ **Auswahl:** Eine **1000 VA** Line-Interactive oder Online-USV bietet Reserve (Einschaltströme, Alterung)

3.3 Autonomieabschätzung mit typischer 24 V / 9 Ah Batterie (2×12V/9Ah):

- $Wh_{batt} = 24 \text{ V} * 9 \text{ Ah} = \mathbf{216 \text{ Wh}}$
- Nutzbar * η konservativ $\approx 0,6 \Rightarrow$ nutzbare $Wh \approx 216 * 0,6 = \mathbf{130 \text{ Wh}}$
- $t = 130 \text{ Wh} / 460 \text{ W} = \mathbf{0,283 \text{ h} \approx 17 \text{ min}}$
- **Ergebnis:** Ziel $\geq 15 \text{ min}$ wird erreicht

3.4 Wenn $\geq 30 \text{ min}$ gefordert:

- Benötigte nutzbare $Wh \approx 0,5 \text{ h} * 460 \text{ W} = \mathbf{230 \text{ Wh}}$
- Mit Faktor 0,6 rückwärts: $Wh_{batt} \approx 230 / 0,6 \approx \mathbf{383 \text{ Wh}}$
- Bei 24 V ergibt sich $Ah \approx 383 / 24 \approx \mathbf{16 \text{ Ah}}$
- \Rightarrow z. B. **24 V / 18-20 Ah** (intern + externes Battery-Pack) einplanen

4) Redundanz (N+1) kurz erklärt

- Zwei USVs parallel (über ATS/STS oder Dual-Netzteile):
1. **Jede** USV sollte die **volle kritische Last** alleine tragen können

oder mindestens >60–70% je nach Verteilung und ATS-Strategie

- Getrennte Strompfade (USV A \rightarrow PDU A, USV B \rightarrow PDU B)
- Wartung & Batterietausch ohne Downtime möglich

5) Generator-Kopplung

- USV überbrückt Hochlaufzeit des Generators (typ. 10–60 s)
- Generatorleistung $\geq 1,2 \dots 1,5 \times$ USV-Nennleistung (Transienten, THD)
- AVR/regelbare Drehzahl am Generator verbessert Spannungsqualität
- Frequenz- und Spannungsstabilität prüfen (50 Hz \pm , 230 V $\pm 10\%$)

6) Schnellformeln (Cheatsheet)

- 1) VA grob : $VA \approx (\sum W / 0,9) * 1,3$ (mit PFC)
 $VA \approx (\sum W / 0,6) * 1,3$ (ohne PFC/konservativ)
- 2) Autonomie (min) : $t_{min} \approx ((U * Ah * \#Strings) * 0,6) / W * 60$
- 3) Batterien hochskalieren:
gewünschte $Wh_{batt} \approx (W * t_{min}/60) / 0,6$
benötigte Ah $\approx Wh_{batt} / U$
(U=24 V, 36 V, 48 V je nach USV)

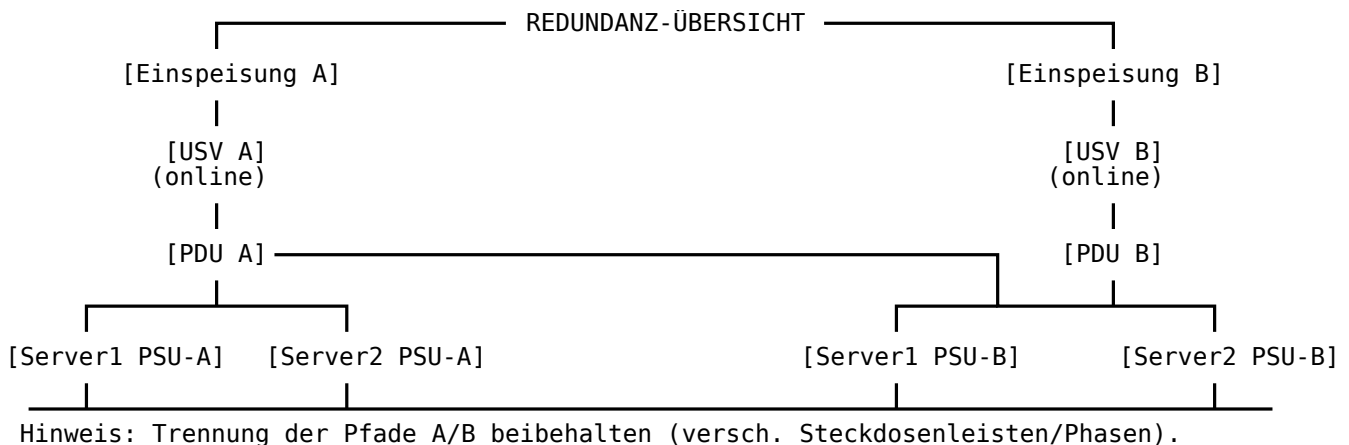
7) Typische Praxiswerte

- Line-Interactive 1000 VA: $2 \times 12 \text{ V} / 9 \text{ Ah} \rightarrow \sim 10\text{--}20 \text{ min @ } 400\text{--}600 \text{ W}$
- Online 1500 VA (1,5 kVA): 36–48 V Batteriespannung, externe Packs $\rightarrow 30\text{--}60+ \text{ min}$
- Batterietauschkzyklen: Blei 3–5 Jahre, Li-Ion 8–10 Jahre (temperaturabhängig)
- Dimensionierung lieber eine Stufe größer (Lüfterlast, Alterungsreserve)

Beispiel 2: Rack mit Dual-PSUs (Redundanz N+1)

Ziel: Jedes Gerät hat zwei Netzteile (PSU A/B). Last wird auf zwei getrennte USV-Pfade (Pfad A und Pfad B) verteilt. Bei Ausfall einer USV muss die verbleibende USV die **gesamte kritische Last** tragen können.

a) Topologie



b) Stückliste (Beispiel)

- 2x USV online, **je** $\geq 1500 \text{ VA}$ (1,5 kVA) **oder** passend zur Last (siehe c)
- 2x Rack-PDU (C13/C19 gemischt), je eine an USV A bzw. USV B
- 2x getrennte Einspeisungen/Leitungen (möglichst unterschiedliche Phasen)
- Option: 1x ATS/STS (Automatic/Static Transfer Switch) **pro** Single-PSU-Gerät
- Patch-/Kabelsatz: C13/C14/C19/C20 nach Bedarf, farblich getrennt (A=rot, B=blau)
- SNMP-Karten/Netzwerkkarten für beide USVs, Management via NUT/apcupsd/Hersteller-Tools

c) Dimensionierung & Checks

Gegeben:

- Kritische Last (P_{crit}) = 900 W
- Leistungsfaktor gesamt $\text{PF} \approx 0,9$ (PFC-Geräte)
- Ziel-Autonomie $t \geq 15 \text{ min}$

c.1 USV-Leistung je Pfad (N+1):

- Redundanzregel: Eine USV muss **\$900 W\$** alleine versorgen können.
- $\$VA_{\$needs} \$ = W / PF = 900 / 0,9 = \$ \mathbf{\$1000 VA\$}$
- Zuschlag 30%: $\$1000 * 1,3 = \$ \mathbf{\$1300 VA\$}$
- **Ergo:** Wähle $\geq \mathbf{1500 VA\%}$ pro USV (Reserve für Einschaltstrom/Alterung).

c.2 Normalbetrieb (Lastverteilung):

- Balanced Split: je Pfad $\approx 50\% \rightarrow \approx 450 W$ pro USV
- Beide USVs laufen im effizienten Teillastbereich (leiser/kühler)

c.3 Fehlerfall (USV A fällt aus):

- USV B muss **\$900 W\$** tragen \rightarrow innerhalb der 1500 VA-USV inkl. Zuschlag ✓

c.4 Autonomieabschätzung pro USV:

- Beispielbatterie USV: $36 V / 12 Ah (3 \times 12 V/12 Ah) \Rightarrow Wh_{batt} \approx 432 Wh$
- Nutzbar * η konservativ $\approx 0,6 \rightarrow$ nutzbar $\approx 432 * 0,6 = \$ \mathbf{\$259 Wh\$}$
- **Fehlerfall** (volle Last auf 1 USV): $t \approx 259 Wh / 900 W = \$ \mathbf{\$0,288 h \approx 17 min\$}$
- Ziel $t \geq 15 min$ wird **im Worst-Case** erreicht
- Für $t \geq 30 min \rightarrow$ externe Battery-Packs, z. B. $\$Wh_{\$batt-needed} \$ \approx (900 W * 0,5 h) / 0,6 \approx \$ \mathbf{\$750 Wh\$}$

c.5 Derating/Reserve:

- Umgebungstemp. 20–25 °C anstreben (Batterielebensdauer!).
- Reserve für Alterung/Temperatur +10...20% einplanen.
- Kurzzeitige Peaks (Boot/Sync) berücksichtigen (Spezifikationen „Überlastfähigkeit“).

d) Single-PSU-Geräte einbinden

- Pro Single-PSU-Gerät **ATS/STS** nutzen:
 1. Primär an PDU A, Sekundär an PDU B
 2. Transferzeit <10 ms (typ. 4–8 ms), mit USV-Puffer i. d. R. problemlos
- Alternativ: umziehen auf Dual-PSU-Hardware (empfohlen für kritische Systeme)

e) Betrieb & Monitoring

- USV-SNMP in Zabbix/Prometheus/Grafana integrieren (Ladezustand, Runtime, Alarme)
- Regelmäßige Last- und Batterietests (monatlich/vierteljährlich), jährlicher „Full Discharge“-Test wenn vom Hersteller freigegeben
- Geordnete Abschaltung: NUT/apcupsd-Master an USV A **und** B anbinden; Shutdown-Policy:
 1. **AUSFALL 1 Pfad:** weiterlaufen
 2. **Batterie kritisch beider Pfade:** geordneter Shutdown (Prioritäten/Sequenzen)

f) Schnell-Checkliste (Go-Live)

1. [] Lastplan dokumentiert (W, PF, Einschaltströme)
2. [] Pfadtrennung physisch/farbcodiert

3. ☐ Jede USV kann ΣW_{crit} **allein** tragen
4. ☐ ATS/STS für Single-PSU-Geräte getestet
5. ☐ Autonomie im Fehlerfall \geq Ziel (Messung!)
6. ☐ Alarmer/Benachrichtigungen aktiv (Mail/Chat/Webhook)
7. ☐ Wartungsfenster & Batterietauschzyklus definiert

Kalkulations-Vorlage (zum Ausfüllen)

Hinweis: PF = Leistungsfaktor (typisch: mit PFC $\approx 0,9$; ohne PFC $\approx 0,6$).

Empfohlener Zuschlag: 30% (1,3). Autonomie grob: $t(h) \approx (Wh_{batt} * 0,6) / W_{last}$.

A) Lasten erfassen

Gerät	W (Watt)	PF (0,6-0,95)	VA = W/PF	Bemerkung
Beispielgerät 1				
Beispielgerät 2				
Beispielgerät 3				
Summe	ΣW	—	ΣVA	

B) USV-Dimensionierung

Methode	Rechnung	Ergebnis
1 (einfach)	$VA_{einfach} = (\Sigma W / 0,9) * 1,3 \mid \mid 2 \text{ (genau)} \mid VA_{genau} = (\Sigma (W_i / PF_i)) * 1,3$	
Empfehlung	nimm die größere der beiden	$USV \geq \dots VA$

C) Autonomie-Abschätzung

Parameter	Wert
Ziel-Autonomie (min)	
Last $\$W_{last}\$$ ($\$W\$$)	$\$ = \Sigma W \$$
Batterie-Spannung U ($\$V\$$)	24 / 36 / 48
Kapazität Ah	
$\$Wh_{batt}\$$ $\$ = U * Ah * \$ \#Strings$	
$t(h) \approx (Wh_{batt} * 0,6) / W_{last}$	$= \dots h \approx \dots \text{min}$

D) Redundanz (optional)

Punkt	OK/Anmerkung
Jede USV kann ΣW_{crit} alleine tragen	
Pfadtrennung (PDU A/B, Farbcodes)	
ATS/STS für Single-PSU-Geräte	
Shutdown-Policy (NUT/apcupsd) definiert	

From:

<http://wiki.nctl.de/dokuwiki/> - ☐ **Veni. Vidi. sudo rm -rf / vici.**

Permanent link:

<http://wiki.nctl.de/dokuwiki/doku.php?id=it-themen:allgemein:usv&rev=1758721208>

Last update: **24.09.2025 15:40**

