

# Schutz der Leistung und USV-Topologie

Die Qualität der Leistung (PQ) ist eine bedeutende Herausforderung für alle, die für die Verwaltung elektrischer Netzwerke und Datenzentren verantwortlich sind.

Die weit verbreitete Verwendung und zunehmende Abhängigkeit von elektronischen Geräten - wie Geräten für die Informationstechnologie und Leistungselektronik einschließlich programmierbarer Logik-Controller (PLC) sowie Energieeffizienz-Beleuchtung - führten zu einem kompletten Wandel in der Art elektrischer Verbraucher. Diese Verbraucher sind sowohl die Hauptursache - als auch die häufigste Ursache - für Probleme mit der Qualität der Leistung. Alle diese Verbraucher verursachen durch ihre nicht lineare Struktur Störungen in der Wellenform der Spannung.

Parallel zu den technologischen Fortschritten hat sich die Organisation der Weltwirtschaft in Richtung Globalisierung entwickelt, und die Profitmargen vieler Aktivitäten haben jetzt die Tendenz zu sinken.

Die erhöhte Empfindlichkeit der Mehrzahl aller Prozesse (in Industrie, im Dienstleistungssektor und sogar in Wohnanlagen) auf Störungen der Leistungsqualität bedeutet, dass die Verfügbarkeit elektrischer Stromversorgung von hoher Qualität ein entscheidender Faktor ist, wenn es um die Entwicklung wettbewerbsfähiger Vorteile in jedem Marktsektor geht.

Es ist allgemein bekannt, dass missionskritische Einrichtungen im Dauerbetrieb laufen müssen, und dass natürlich jeder Spannungsausfall die Geschäftstätigkeit unterbrechen und zu erheblichen finanziellen Einbußen führen kann.

Obwohl die heutigen Datenzentren mit einem hohen inhärenten Redundanzniveau ausgestattet sind, um Stillstandszeiten zu minimieren, ist auch hier die Qualität der Stromversorgung mindestens ebenso wichtig wie die missionskritischen Anwendungen selbst.

Um eine kontinuierliche Stromversorgung von hoher Qualität zu erreichen, müssen zunächst die Art der Störungen und ihre Ursachen analysiert werden.

## Was beeinträchtigt die Qualität der Stromversorgung?

Die häufigsten allgemeinen Störungen und Beeinträchtigungen der Stromqualität sind:

- Unterspannung oder Ausfälle wegen Netzausfällen,
- kurze Spannungsschwankungen durch Anschluss hoher Belastungen oder aufgrund von Fehlern im Netz,
- Verzerrung der Ströme und Spannungen aufgrund nicht linearer Belastungen im System oder in den Systemen anderer Einrichtungen usw.
- Flicker aufgrund zeitweiliger starker Belastungen,
- Asymmetrien im Stromversorgungssystem.

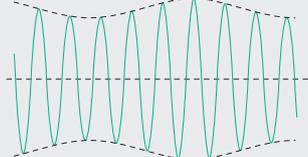
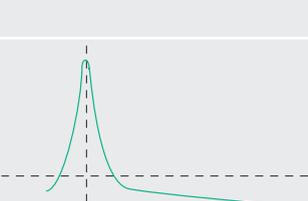
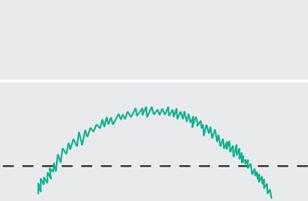
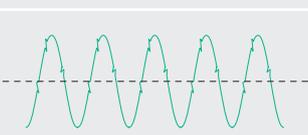
## Gewährleistung der Stromqualität: mit der USV-Anlage

Die moderne Technologie bietet für die Gewährleistung der Stromqualität verschiedenen Lösungen an: statische USV-Systeme sind zweifellos die vielseitigsten und am häufigsten eingesetzten Systeme und lassen sich auf eine große Bandbreite verschiedener Leistungen einstellen.

Zur Klassifizierung der unterschiedlichen statischen USV-Anlagen, die heute auf dem Markt erhältlich sind, wurde die Produktnorm EN 62040-3 entwickelt. Hierbei werden je nach interner Schaltung drei große Topologien unterschieden:

- VFD „offline“  
Spannungs- und frequenzabhängig – Die Verbraucher werden im Normalbetrieb über das Hauptnetz versorgt. Bei einem Leistungsabfall wird die Last automatisch auf eine integrierte Batterie umgeschaltet, um eine unterbrechungsfreie Stromversorgung sicherzustellen.
- VI „interaktive Leitung“  
Spannungsunabhängig – Die Last wird über das Hauptnetz mit Strom versorgt und durch einen automatischen Spannungsregler (Automatic Voltage Regulator, AVR) gegen Unter- oder Überspannungen geschützt. Bei einem Stromausfall wird die Last sofort von der Batterie mit Strom versorgt.
- VFI „Online-Doppelwandlung“  
Spannungs- und frequenzunabhängig – Dies ist der einzige USV-Betriebsmodus, der einen vollständigen Schutz der Last gegen alle Qualitätsprobleme des Versorgungsnetzes bietet. Der Strom wird zweimal umgewandelt (von Wechselstrom in Gleichstrom durch einen Gleichrichter und dann von Gleichstrom in Wechselstrom durch einen Wechselrichter), um Spannung hoher Qualität, stabiler Frequenz und frei von Netzstörungen bereitzustellen. Bei einem Stromausfall wird die Last ausschließlich von der Batterie mit Strom versorgt. Der integrierte Bypass versorgt die Anlagen bei Unregelmäßigkeiten in der Ausgangsspannung des Wechselrichters.

# Schutz der Leistung und USV-Topologie

Störtyp	Signalform	Mögliche Ursachen	Konsequenz	USV-Topologie		
				VFD	VI	VFI
Spannungsunterbrechung		Hauptsächlich auf Öffnen und automatisches erneutes Schließen von Schutzeinrichtungen zurückzuführen, um einen fehlerhaften Netzwerkabchnitt außer Betrieb zu setzen. Hauptursachen sind Fehler in der Isolierung, Blitzschlag und Übersschlag eines Isolators.	Auslösung der Schutzeinrichtungen, Informationsverlust und Störung von Datenverarbeitungsgeräten.	•	•	•
Spannungsabfälle/ Spannungseinbrüche		Fehler bei der Übertragung im Verteilungsnetzwerk, oder in der Installation des Verbrauchers. Einschalten der Verbraucher.	Störung von IT-Geräten, Sicherheitssystemen oder Beleuchtung. Datenverlust. Systemabschaltung.	•	•	•
Spannungsschwankungen		Sender (Funk), defekte Geräte, ineffektive Erdung, Nähe zu EMI/RFI-Quellen.	Die meisten Folgen sind bei Unterspannungen häufig. Systemstopps, Datenverluste. Die sichtbare Folge sind Flicker der Beleuchtung und Anzeigen.	•	•	•
Unterspannung		Erhöhung des Verbrauchs, Spannungsreduktion, um den Verbrauch zu senken.	Systemstopps, Datenverluste, Ausfall empfindlicher Geräte	-	•	•
Spannungsspitzen		Atmosphärische Überspannungen durch Blitze; Transiente, Überspannungen entstehen durch Isolierungsfehler zwischen Phase und Erdung oder einen Defekt des Neutralleiters; Umschaltung, Überspannungen entstehen durch die Öffnung von Schutzeinrichtungen durch aktivierte Kondensatorreihen oder durch Schwankungen induktiver Ströme.	Datenverluste, Flicker der Beleuchtung und Anzeigen, Ausfall oder Beschädigung empfindlicher Geräte.	-	•	•
Überspannungsspitzen/ Transiente		Beleuchtung, ESD, Umschaltung von Leitungen oder Kondensatoren zur Korrektur des Leistungsfaktors, Beheben von Fehlern bei Verbrauchern.	Zerstörung elektronischer Komponenten, Fehler bei der Datenverarbeitung oder Datenverluste.	-	-	•
Oberschwingungsverzerrung		Moderne Quellen wie alle nicht linearen Verbraucher wie Leistungselektronikgeräte einschließlich ASDs, in einen anderen Modus umgeschaltete Stromversorgungen, Geräte zur Datenverarbeitung, Beleuchtung mit hoher Effizienz.	Erhöhte Wahrscheinlichkeit für das Auftreten von Resonanzen, Neutralleiter-Überlastung in 3-Phasensystemen, Überhitzung aller Kabel und Geräte, Effizienzverlust bei elektrischen Maschinen, elektromagnetische Interferenzen mit Kommunikationssystemen, Fehler bei Messungen mit Durchschnittsmessgeräten, falsches Auslösen von Wärmeschutzeinrichtungen.	-	-	•
Geräuschpegel		Sender (Funk), defekte Geräte, ineffektive Erdung, Nähe zu EMI/RFI-Quellen.	Störungen an empfindlichen Elektronikgeräten, in der Regel nicht destruktiv. Kann Datenverluste und Fehler in der Datenverarbeitung verursachen.	-	-	•
Frequenzschwankung		Instabiler Betrieb des Generators, instabile Frequenz des Stromversorgungssystems des Verbrauchers.	Systemstopps, Datenverluste.	-	-	•
Störimpulse		Schnelles Umschalten der Leistungskomponenten (Dioden, SCR-Thyristoren usw.), schnelle Abweichung in den Lastströmen (Schweißgeräte, Elektromotoren, Laser, Kondensatorreihen usw.).	Systemstopps, Datenverluste.	-	-	•

# Lösungen zur Gewährleistung der Verfügbarkeit der Stromversorgung und flexibler Performance

Verschiedene Konfigurationen ermöglichen Architekturen, die den dringendsten Anforderungen nach Verfügbarkeit, Flexibilität und Energieeinsparungen nachkommen und sorgen für Folgendes:

## Einfacher Betrieb

Angesichts der Wichtigkeit der Verbraucher, die von USV-Einheiten versorgt werden, sind Betriebsunterbrechungen zu Wartungszwecken zunehmend unmöglicher. So werden verschiedene Konfigurationen angeboten, die sich genau dieser Betriebsanforderung anpassen.

## Leistungszunahme

Der Ausbau der versorgten Anwendungen im Laufe der Zeit erfordert oft die Möglichkeit einer Erweiterung der USV. Die angebotenen Konfigurationen stellen sich dieser Anforderung und sorgen dafür, dass sich Ihre Investitionen in diese Geräte lohnen.

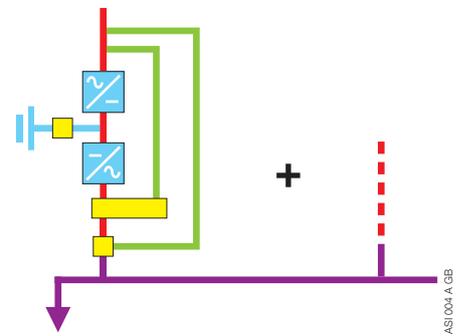
## Mehr Verfügbarkeit

So erlaubt die Parallelschaltung einer zusätzlichen (redundanten) USV-Einheit entsprechend den Leistungsanforderungen der Verbraucher bei einem Ausfall einer USV die kontinuierliche Weiterversorgung, ohne dass man dazu auf einen Bypass zurückgreifen müsste.

## Einzel-USV

### Eine skalierbare Lösung

Diese Architektur wird durch einen integrierten automatischen Bypass gesichert, der ein erstes Redundanzniveau im Netz darstellt. Dieser Wartungsbypass macht es möglich, dass Wartungsmaßnahmen ohne Ausschalten der Verbraucher ausgeführt werden können. Dies bietet sich auch als erste Investition an und ermöglicht dann eine Erweiterung entsprechend Ihren Anforderungen hin zu einer parallelen, modularen Architektur zur Erhöhung der Leistung oder Verfügbarkeit (Redundanz).



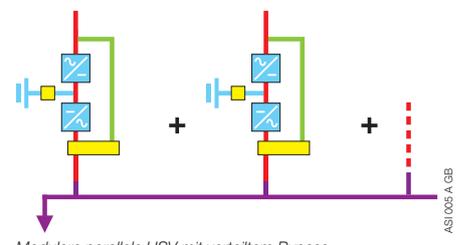
Einzelgerät mit Bypass oder redundanter 1+1 Konfiguration

## Parallele USV-Systeme

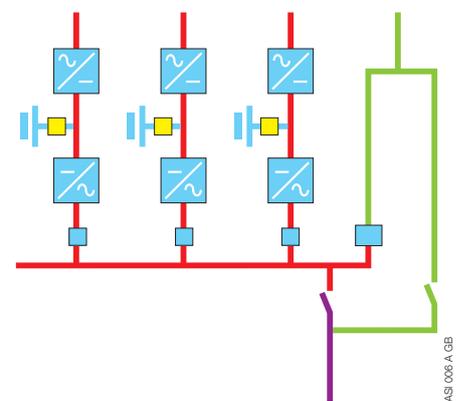
### Reibungslose Erweiterbarkeit

Die einfachste Lösung zur Gewährleistung der Verfügbarkeit der Stromversorgung und der Flexibilität im Falle von unplanmäßigen Installationserweiterungen besteht in der Parallelkonfiguration der USV-Einheiten, die jeweils einen eigenen Bypass besitzen. Diese Konfiguration gestattet eine Steigerung der Leistung und eignet sich für die Redundanz N+1. Die Erweiterungen können auch durchgeführt werden, während die Last vom System versorgt wird.

Für eine höhere Agilität sind USV-Systeme mit Parallelschaltung auch mit zentralisiertem Bypass an der Hilfs-Stromquelle verfügbar: in dieser Konfiguration ist der statische Bypass parallel zu den USV-Modulen geschaltet und kann je nach den spezifischen Bedingungen vor Ort entsprechend dimensioniert werden (Kurzschlussfähigkeit, Selektivität usw.).



Modulare parallele USV mit verteiltem Bypass



Modulare parallele USV mit zentralem Bypass

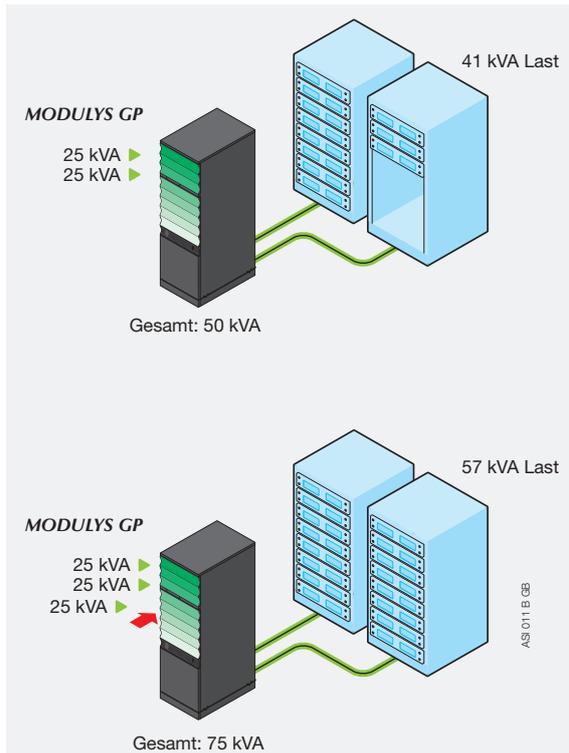
# Lösungen zur Gewährleistung der Verfügbarkeit der Stromversorgung und flexibler Performance

## Vertikales und horizontales modulares System

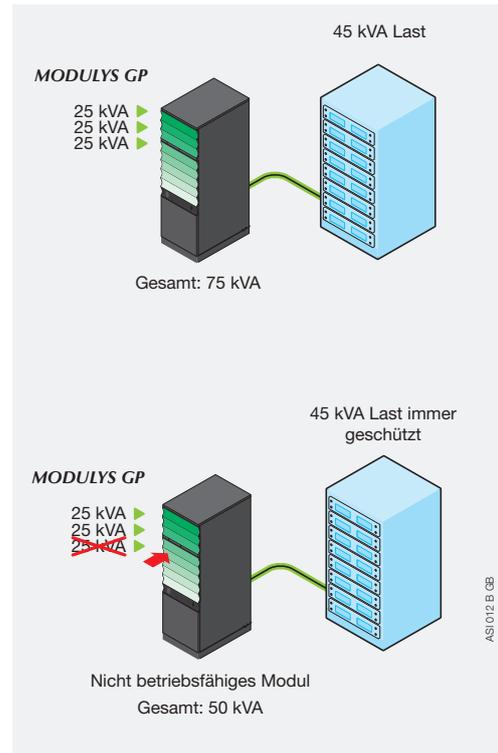
### Flexibel und vollkommen modular

Ein völlig neues USV-Konzept, das sich sämtlichen Erweiterungen anpasst. Ermöglicht die Erhöhung der Leistung durch eine schrittweise Installation von Modulen.

Die Erhöhung der Verfügbarkeit (Redundanz) erfolgt einfach durch Hinzufügen einzelner Module bis zu einer Anzahl, bei der die Leistungsanforderungen der Verbraucher erfüllt werden. Alle Module sind einsteckbar (Plug-in). Der Ausbau oder Einbau der Module erfolgt während des Betriebs (Hot Swap), ohne dass dies einen Einfluss auf den allgemeinen Betrieb der Installation hat.



Erweiterbare Konfiguration



Erweiterbare redundante Konfiguration

# Lösungen zur Gewährleistung der Verfügbarkeit der Stromversorgung und der Energiespar-Leistung

## Green Power 2.0

### Energieeinsparung: hoher Wirkungsgrad ohne Kompromisse.

- Bietet den höchsten Wirkungsgrad auf dem Markt mit VFI-Doppelwandlungsmodus, dem einzigen USV-Betriebsmodus, der eine Gesamtlastabsicherung gegen alle Hauptnetzqualitätsprobleme sicherstellt.
- Der ultra-hohe Wirkungsgrad wurde von einer international zertifizierten Organisation geprüft und bestätigt
- Der ultra-hohe Wirkungsgrad wurde für eine große Anzahl verschiedener Betriebsbedingungen mit verschiedenen Lasten und Spannungen bestätigt.
- Der äußerst hohe Wirkungsgrad im VFI-Modus wurde durch eine innovative Topologie (3-Stufen-Technologie) für alle USV-Serien von Green Power 2.0 entwickelt.

### Volle Nennleistung: kW=kVA

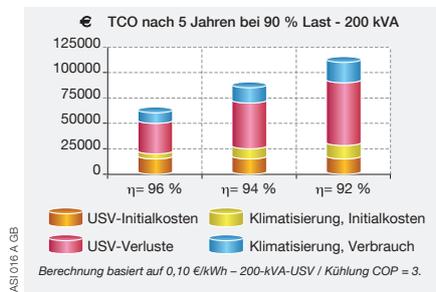
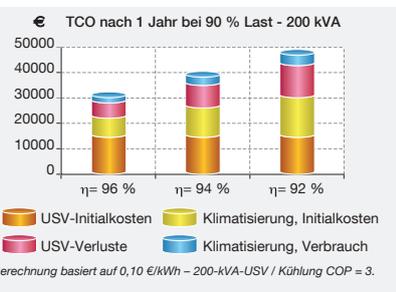
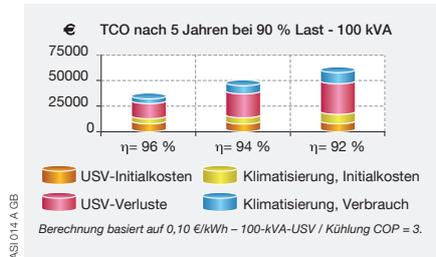
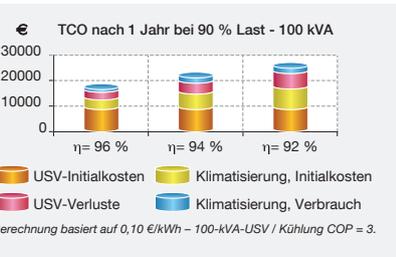
- Keine Leistungsminderung bei der Versorgung der jüngsten Generation von Servern (kapazitiver oder Leistungsfaktor Eins).
- Volle Leistung, gemäß IEC 62040: kW=kVA (Design mit Leistungsfaktor Eins) bedeutet, dass im Vergleich zu herkömmlichen USV-Systemen 25 % mehr Wirkleistung zur Verfügung steht.

- Die USV ist auch geeignet für kapazitative Leistungsfaktorlasten bis 0,9 ohne Scheinleistungsminderung.

### Bedeutende Kosteneinsparungen (TCO)

- Maximale Energieeinsparung dank einer Effizienz von 96 % in echtem Doppelwandlungsmodus: 50 % Einsparung durch weniger Energieverluste im Vergleich zu herkömmlichen USV-Modellen bedeutet eine deutliche Senkung der Energiekostenrechnung.
- Die USV amortisiert sich selbst durch Energieeinsparungen.
- Der Energy Saver-Modus für globale Effizienzverbesserung bei Parallelsystemen.
- kW=kVA bedeutet maximale verfügbare Leistung bei gleicher USV-Dimensionierung und daher mit weniger €/kW.
- Durch IGBT-Hochleistungsgleichrichter (Stromquelle und Verteilung) Kostenoptimierung bei vorgeschalteter Infrastruktur.

## Vorteile

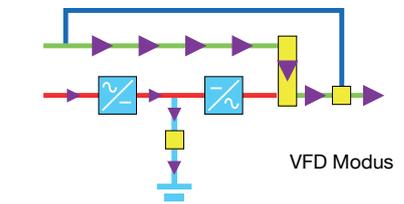


# Lösungen zur Gewährleistung der Verfügbarkeit der Stromversorgung und der Energiespar-Leistung

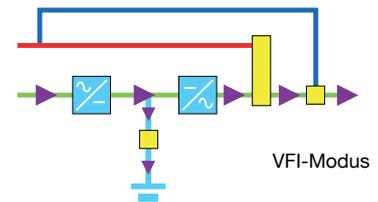
## Fast EcoMode

Optional erhältlich für die DELPHYS GP Serie ist der Fast EcoMode, ein schneller automatischer Betriebsmodus, der den Wirkungsgrad je nach Qualität der Eingangsspannung optimiert (Spannung, Frequenz, Oberschwingungsverzerrung). Wenn sich die Eingangsspannung innerhalb der Toleranzen befindet (der Wert ist einstellbar), dann wird die Last vom Bypass versorgt (VFD Modus), und der erzielte Wirkungsgrad beträgt 99 %. Liegt die Spannung außerhalb der Toleranzen, überträgt das System die Last sofort auf den Online-Modus, bis die normale Bedingung wieder hergestellt ist.

Die Batterien werden beim Pufferungsladen permanent überwacht, sodass regelmäßige Neustarts des Gleichrichters vermieden werden und die Batterielebensdauer maximiert wird.



Netzspannung innerhalb der Toleranz  $\uparrow$  2 ms  $\downarrow$  Netzspannung außerhalb der Toleranz

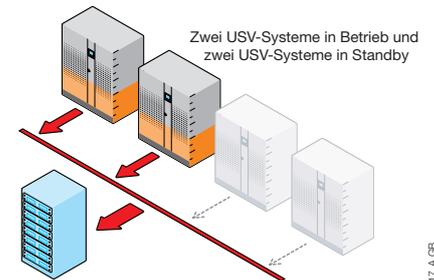
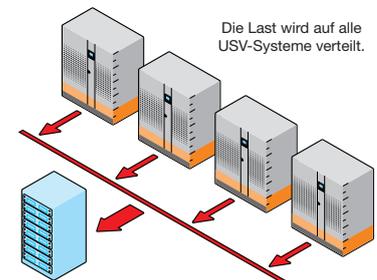
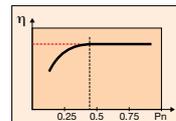
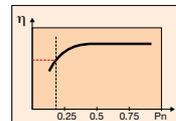


VFI-Modus

ASI 018 C GB

## Energy Saver-Modus

- Diese Funktion optimiert den Wirkungsgrad ( $\eta$ ) Ihrer parallel betriebenen USV im Teillastbetrieb.
- Es sind nur die USV-Module in Betrieb, die zur Bereitstellung der erforderlichen Leistung notwendig sind.
- Die Redundanz wird durch den Betrieb eines redundanten USV-Moduls gewährleistet.
- Bei einer Erhöhung der durch die Verbraucher genutzten Leistung werden sofort weitere Module zugeschaltet, um dem gestiegenen Bedarf gerecht zu werden.
- Diese Art von Betrieb ist optimal auf Verbraucher abgestimmt, deren Leistung häufig schwankt.
- Energy Saver ermöglicht die Beibehaltung eines erhöhten Wirkungsgrads des gesamten Systems.



ASI 017 A GB

# USV-Technologien

## Transformator-basierte und transformatorlose Technologien

Die beiden gängigsten USV-Technologien auf dem Markt sind:

- das System mit Transformatoren; dies ist besonders nützlich, wenn die Primär- und Sekundärquelle von verschiedenen Hauptnetzen mit verschiedenen Neutralsystemen kommen,
- ohne Transformator; dies hat den Vorteil der hohen Effizienz kombiniert mit einem geringen Stellplatzbedarf.

Diese beiden Technologien haben sowohl Vor- als auch Nachteile. Die Herausforderung besteht im richtigen Kompromiss, der alle Bedingungen vor Ort wie die Bedingungen für die Konstruktion und die Stellfläche, das Neutralsystem, den Wirkungsgrad, die Kurzschlussfähigkeit usw. berücksichtigt. SOCOMEC stellt sich auf jeden Kunden individuell mit der passenden Technologie für dessen Anforderungen ein.

### „Sauberer“ Gleichrichter mit IGBT-Transistoren

Diese Technologie beseitigt sämtliche Störungen aus dem vorgeschalteten Netz (Stromquelle und Verteilung).

- Diese Gleichrichter-Technologie garantiert eine Stromaufnahme mit äußerst geringem Klirrfaktor: THDI < 2,5 %.

### Gleichrichter mit konstanter Leistung

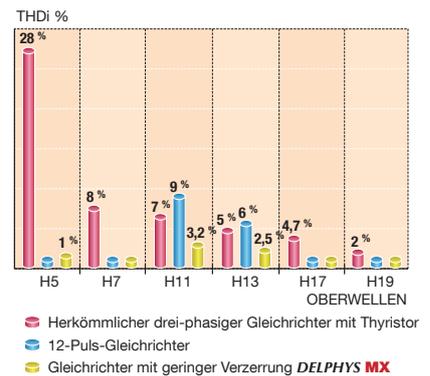
- Die Leistung des IGBT-Gleichrichters ist unabhängig von etwaigen Frequenzschwankungen des Generators.
- Leistungsfaktor und THDI am Eingang des Gleichrichters bleiben konstant, unabhängig vom Ladezustand der Batterie (Niveau der Gleichspannung) und der Belastung an der USV.

### Wirtschaftlicher IGBT-Gleichrichter

- Der vorgeschaltete Leistungsfaktor des Gleichrichters beträgt 0,99 und reduziert die verwendete kVA im Vergleich mit herkömmlicher Technologie um 30 %. Die Senkung des Stroms am Eingang führt zu Einsparungen bei der Dimensionierung von Stromquellen, Kabeln und Schutzeinrichtungen.
- Leistungen des Gleichrichters:
  - geringe Netzurückwirkungen, THDI,
  - schrittweiser und zeitlich verzögerter Neustart,
  - Möglichkeit eines zeitlich verzögerten Aufladens der Batterie bei Betrieb über Generator.
- Hierdurch reduziert sich auch der Energiebedarf sowie die Aufstellfläche eines vorgeschalteten Generators.

DELPHYS MX garantiert eine vollständige Kompatibilität mit Ihrem Niederspannungssystem und insbesondere mit Ihren Generatoren:

- sinusförmiger Strom am Eingang des Gleichrichters, THDI: < 4,5 % ohne Filter,
- erhöhter Leistungsfaktor vor dem Gleichrichter: 0,93 ohne Filter, weniger Stromaufnahme und somit auch geringere Dimensionierung von Kabeln und Schutzgeräten,
- progressives und sequenzielles Einschalten der Gleichrichter bei Parallelschaltung, was ein Umschalten auf die Generatoren vereinfacht,
- eine verzögerte Batterieladefunktion bei Generatorbetrieb zur Senkung des Stromverbrauchs.



AS1008 A GB

## SVM, digitale Steuerung (Space Vector Modulation)

Die digitale Space Vector Modulation (SVM) bietet Ihnen mit dem abgangsseitig nach dem Wechselrichter eingebauten Trenntransformator folgende Vorteile:

- eine ideale sinusförmige Ausgangsspannung mit THDV < 2 % bei linearen Lasten und < 3 % bei nicht linearen Lasten,
- eine präzise Ausgangsspannung auch beim Betrieb von Lasten, die zwischen den Phasen völlig ungleichmäßig sind,
- eine sofortige Ansprechzeit auf bedeutende Lastabweichungen ohne Abweichung von der Ausgangsspannung ( $\pm 2\%$  in weniger als 5 ms),
- das sehr hohe Kurzschlussvermögen bis

zu 4 In (Ph/N) erlaubt eine ausgangsseitige Selektivität,

- eine komplette galvanische Trennung zwischen Gleichstromkreis und Lastausgang.
- SVM, die neuesten Hochleistungsbauelemente und IGBT-Leistungsbrücken ermöglichen die Versorgung von:
- nicht linearen Lasten mit einem Crestfaktor bis 3,
  - Wirkleistung ohne Leistungsabfall bei Lasten mit einem induktiven Leistungsfaktor und bis zu 0,9 kapazitiv.

# Statische Umschaltssysteme (STS) zur Implementierung hochverfügbarer Architekturen

## Statische Transfersysteme (STS)

Statische Transfersysteme (STS) sind intelligente Einheiten für die Lastumschaltung auf eine Alternativquelle, sobald die Primärquelle außerhalb der Toleranz ist. Dies gewährleistet eine „hohe Verfügbarkeit“ der Stromversorgung für empfindliche oder kritische Installationen. Aufgabe eines STS ist:

- die Sicherung der Redundanz der Stromversorgung kritischer Installationen mittels zweier unabhängiger Stromversorgungsquellen,
- die Erhöhung der Zuverlässigkeit der Stromversorgung für sensible Installationen,
- die Unterstützung der Entwicklung und Erweiterung von Installationen, welche eine hochverfügbare Stromversorgung garantieren,
- die Verbesserung der Gesamtflexibilität vor Ort, um eine einfache und sichere Wartung bzw. den Austausch der Quelle zu erlauben.

STS-Systeme sind mit der zuverlässigen und bewährten SCR-Technologie ausgestattet. Diese elektronischen Schalter gestatten eine schnelle, vollkommen sichere, automatische oder manuelle Umschaltung, ohne dass der Betrieb der versorgten Systeme unterbrochen wird.

Die Verwendung hochwertiger Komponenten, fehlertolerante Architekturen, die Fähigkeit, Fehler zu lokalisieren, Fehler zu verwalten und Lasten mit hohen Anlaufströmen zu versorgen, sind nur einige der Eigenschaften, welche ein STS-System zur idealen Lösung zum Erreichen der maximalen Stromverfügbarkeit machen.

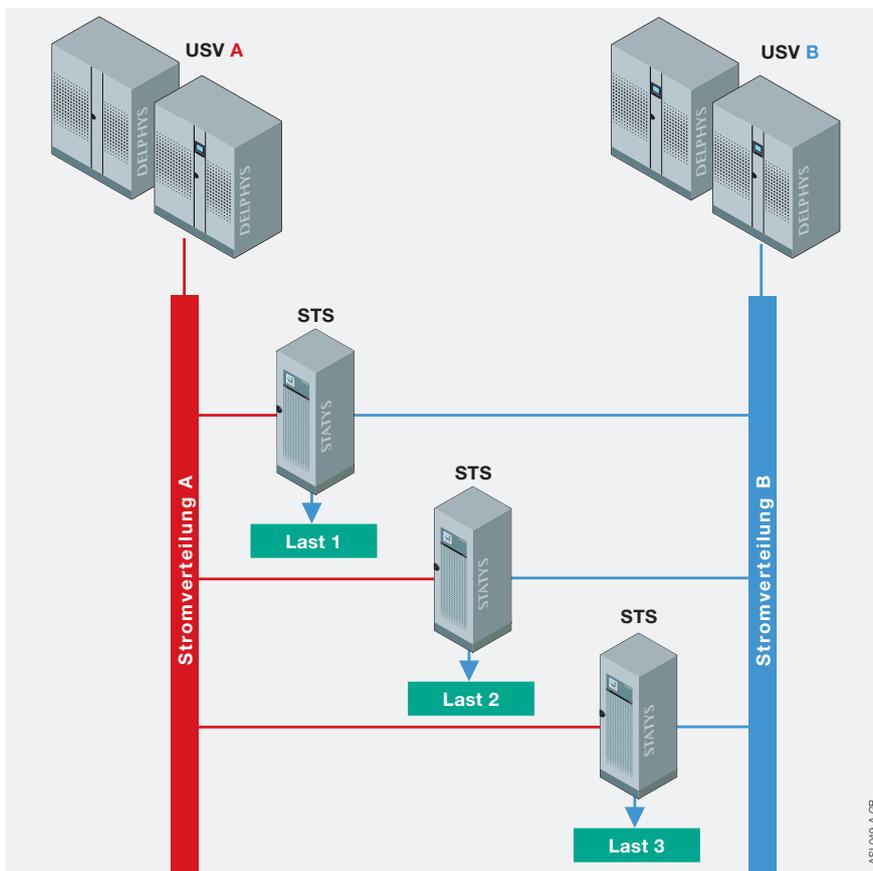
STS bietet auch Schutz gegen:

- Ausfall der Hauptstromquelle,
- versehentliches Auslösen vorgeschalteter Schutzeinrichtungen,
- gegenseitige Störungen durch fehlerhafte Geräte (Kurzschluss) bei Versorgung aus der gleichen Stromquelle,
- betriebsbedingte Fehler (Stromkreisöffnung) in der Versorgungskette.

## Statische Transfersysteme: einige Nutzungsbeispiele

In der Regel sorgt STS für Redundanz zwischen 2 unabhängigen USV-Anlagen. Jedes STS ist gemäß der Last (oder Lasten) dimensioniert, die es schützt. Das STS sollte möglichst nah bei der Last installiert werden, um die Redundanz der

vorgeschalteten Verteilung und eine möglichst kurze Länge der einzelnen Schwachstelle (d. h. des Leiters zwischen STS und Last) zu gewährleisten. Die Verwendung von mehreren STS kann auch für eine elektrische Trennung der Verbraucher sorgen.



# Statische Transfersysteme (STS)

## Statische Transfersysteme: einige Nutzungsbeispiele

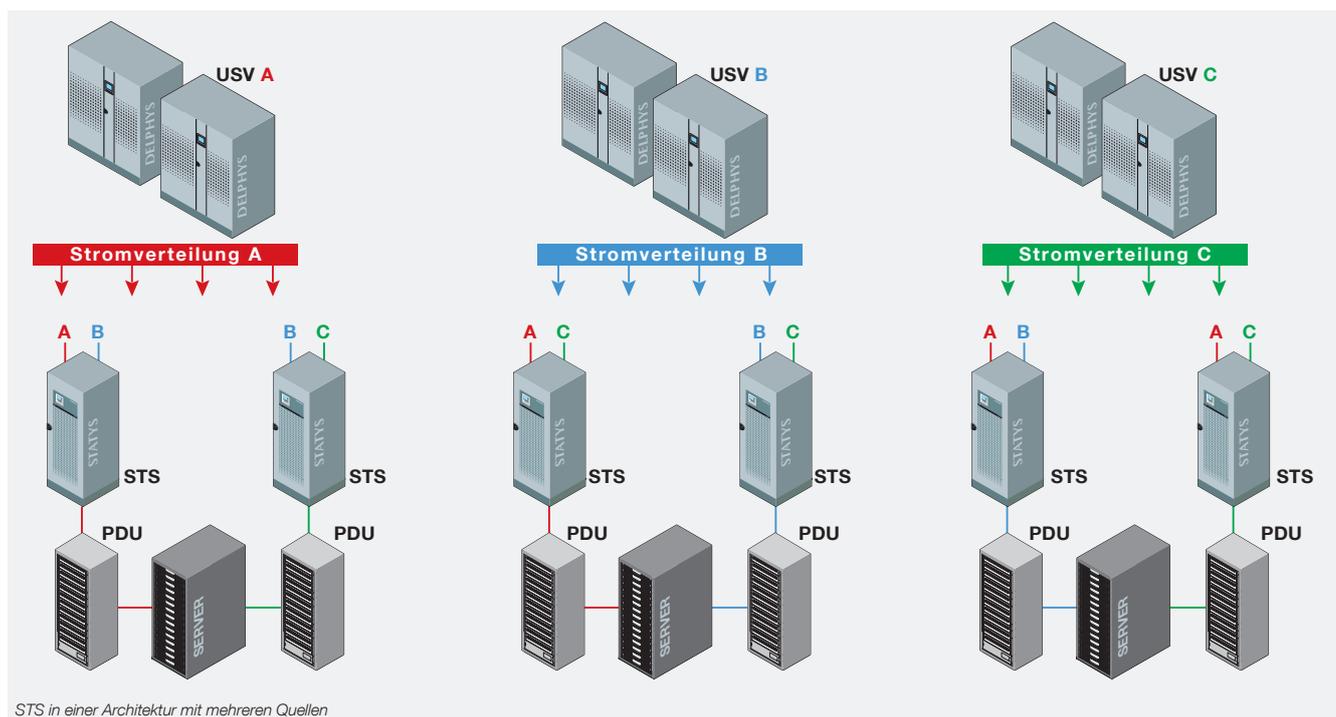
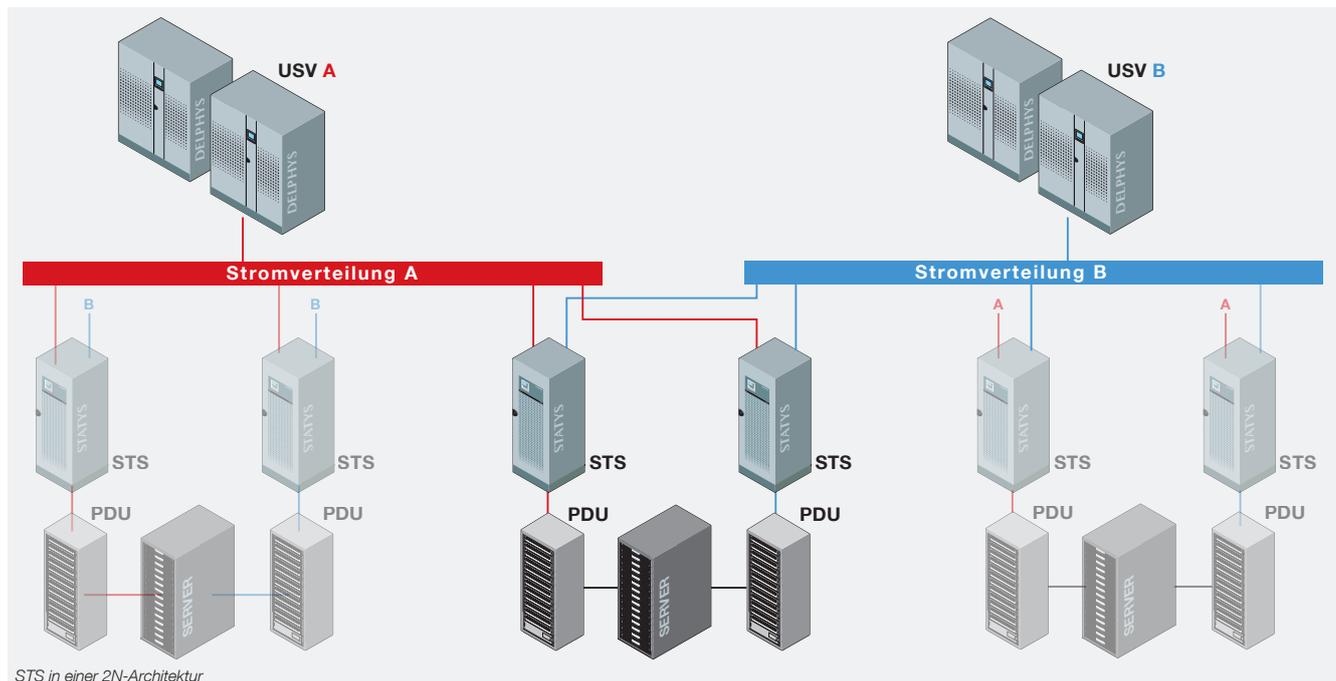
Statische Transfersysteme gewährleisten eine hohe Verfügbarkeit der Geschäftstätigkeit und sorgen für schnelle und einfache Wartungen vor Ort.

Die Architektur „2N+STS“ gewährleistet, dass der Verbraucher ständig mit Strom hoher Qualität an jedem Eingang versorgt wird, selbst wenn die Stromverteilung aufgrund eines kritischen Fehlers oder einer langfristigen Wartung ausfällt (z. B. Austausch der Quelle

oder Fehler in der elektrischen Infrastruktur).

Die Kombination einer Architektur mit mehreren Quellen und STS mit Anschluss des Verbrauchers an zwei unabhängige Quellen gewährleistet eine kontinuierliche Stromversorgung, selbst wenn eine Quelle ausfällt. Die kritische Einrichtung profitiert deshalb von einer sehr hohen Fehlertoleranz.

In beiden Beispielen kann STS zentralisiert werden (eine hohe STS-Bemessung für jede Schaltanlage der Stromverteilung) oder verteilt werden (in der Nähe jedes Server-Raums, jeder Reihe oder Racks usw.). Welche Lösung die richtige ist, hängt von der zu schützenden Installation und von der erwarteten Verfügbarkeit oder der geforderten Stufe der Wartungsfreundlichkeit ab.



# Backup-Speicherung

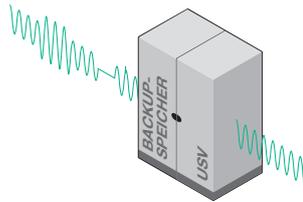
## Wofür ist Backup-Energie wichtig?

Ein wichtiges Schlüsselement in einer USV-Anlage ist die Energiespeicherstufe; sie muss in der Lage sein, den Verbraucher bei einem Ausfall der Stromversorgung sofort mit Strom zu versorgen.

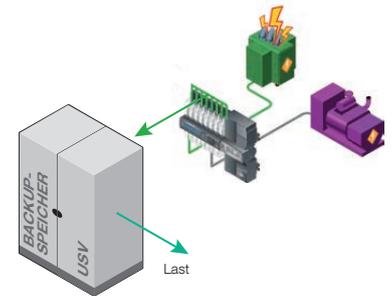
Auswahl und Dimensionierung des Energiespeichersystems basieren auf verschiedenen Faktoren wie Lasteigenschaften, Qualität des Stromversorgungsnetzes, elektrische Infrastruktur der USV-Installation und Umwelteigenschaften des Technikraums.

## Energiespeicher sind bei USV-Anlagen aus zwei Gründen essentiell:

**Stromqualität:** zur Unterstützung der USV-Anlage, wenn die Werte des Hauptnetzes unter die maximal zulässigen USV-Werte fallen, während das Hauptnetz nicht verfügbar ist, oder bis die Last kontrolliert abgeschaltet ist.



**Strombrücke:** um dem der USV vorgeschalteten System Zeit zu geben, zwischen Hauptnetz und Backup-Stromversorgungssystem umzuschalten, das in der Regel ein Generator ist.



## Leistung und Energie

Wenn die Hauptnetzversorgung nicht verfügbar ist, versorgt das Speichersystem die USV mit der erforderlichen Energie. Je nach Art der spezifischen Anwendung erfolgt dies auf zwei mögliche Arten:

- „Leistungstyp“-Anwendungen - die USV wird begrenzte Zeit mit großen Energiemengen

versorgt, bsp. bei Strombrücken-Anwendungen oder bei Anwendungen, bei denen die Hauptversorgung durch Mikrounterbrechungen beeinträchtigt ist. Für „Leistungstyp“-Anwendungen optimierte Backup-Speichersysteme können mit hoher Energie entladen und schnell wieder

aufgeladen werden; in der Regel funktionieren sie unter zyklischen Betriebsbedingungen gut (häufiges Laden/Entladen).

- „Energietyp“-Anwendungen - die USV wird für längere Zeit mit Energie versorgt, bsp. wenn das Hauptnetz länger als eine Minute nicht verfügbar ist.

## Dimensionierung und Gesamtbetriebskosten

Bei der richtigen Wahl des Energiespeichersystems sind verschiedene Faktoren zu berücksichtigen, um die Gesamtbetriebskosten optimieren und die beste technische Lösung finden zu können. Folgende Faktoren sind bei der Verwendung von Backup-Speichertechnologien zu berücksichtigen:

- Einkaufskosten im Vergleich zum Budget.
- Abmessungen und Gewicht.
- Erwartete Lebensdauer der Geräte und Anzahl der Lade-/Entladezyklen.
- Umgebungsbedingungen.

- Eigenschaften des Versorgungsnetzes (Frequenz/Häufigkeit der Nicht-Verfügbarkeit usw.).
- Sicherheitsanforderungen im Technikraum.
- Anforderungen an die Wartung.

## EBS (Expert Battery System): Schutz der Investition für Ihr Batteriesystem

Expert Battery System (EBS) ist ein System, das das Batterieladegerät verwaltet. Die Regelung in Abhängigkeit von der Betriebstemperatur erhöht die Lebensdauer der Batterie und senkt die Betriebskosten wie folgt:

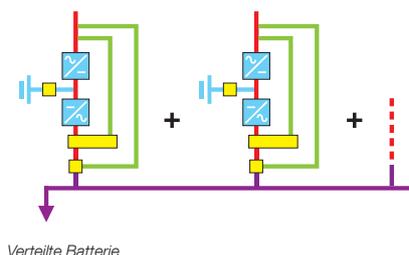
- sie übernimmt die Ladung entsprechend einem Algorithmus, der sich an die Umgebungsbedingungen und den Batteriezustand anpasst,

- sie verhindert Überladungseffekte durch ständige Schwebespannung, welche die Korrosion und Austrocknung der Batterie verursacht,
- sie trennt die Batterie vom Gleichstromkreis (Funktion eines unabhängigen Ladegerätes). Ein vorzeitiger Verschleiß aufgrund der Restwelligkeit durch die Gleichrichterbrücke wird vermieden.

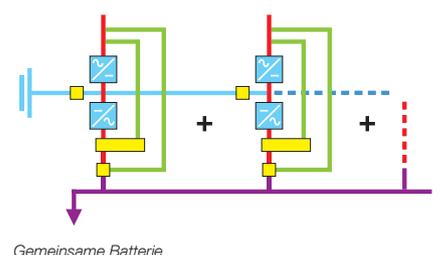
SOCOMEc testete Batterien von verschiedenen Anbietern und wertete jahrelange Erfahrungen aus der eigenen Praxis aus. Die Ergebnisse zeigen, dass EBS die Lebensdauer der Batterie im Vergleich zu herkömmlichen Batteriemanagementsystemen um 30 % steigern kann.

## Gemeinsame Batterie: Optimierung der Batteriegröße bei parallel geschalteten Systemen

Da DELPHYS GP über eine verteilte Batterieanordnung verfügt, können Batteriegrößen damit optimiert werden. Dadurch verringern sich die Standfläche, das Gewicht der benötigten Akkus, das Akkuüberwachungssystem, die Menge der benötigten Verdrahtung und des Bleis. Diese Lösung ermöglicht in Verbindung mit einem entsprechenden Anschlussdesign (Sicherungen und Kopplungsschalter) die Erhöhung der Verfügbarkeit des Batteriesatzes und der USV-Anlagen bei internen Störungen.



Verteilte Batterie



Gemeinsame Batterie

# Verschiedene Backup-Speicher für USV-Systeme

Die Batterie ist ein elektrochemisches Energiespeichersystem, das eine Potenzialdifferenz erzeugt, die für die Zirkulation eines elektrischen Stroms in einem Stromkreis verantwortlich ist, die so lange dauert, wie Energie vorhanden ist.

Batterien werden in zwei Kategorien unterteilt:

- Primär: Batterien, die - wenn sie einmal entladen sind - nicht mehr aufgeladen und nicht in ihren Ursprungszustand zurückgeführt werden können (nicht wiederaufladbare Batterien)
- Sekundär: Diese als Akkumulatoren bekannten Batterien können aufgeladen und in ihren Ursprungszustand zurück geführt werden. Sie werden mit einem Batterieladegerät aufgeladen, das geeignete technische Eigenschaften für die Ladung der spezifischen Batterie mit der entsprechenden Technologie haben sollte.

## Batterieparameter und Definitionen

- Kapazität (C): der mittlere Strom, ausgedrückt in Ah, den die Batterie bei einer kompletten Entladung, die über eine bestimmte Zeit durchgeführt wird, liefert. Beispiel: C zeigt den von der Batterie gelieferten Strom bei einer Entladedauer von 1 Stunde an, C/5 zeigt den Strom bei einer Entladung von 5 Stunden an, und C/10 zeigt den Strom bei einer Entladung über 10 Stunden an etc.
- Die Nenn-Kapazität hängt von der Batterie-Technologie ab: die Nenn-Kapazität von Bleisäurebatterien beispielsweise beträgt C/10, während die von Nickel-Cadmium-Batterien C/5 beträgt.
- Energiedichte: die Menge der pro Volumeneinheit oder Gewicht gespeicherten Energie, ausgedrückt in Ah/kg oder Wh/kg.

- Tiefe der Entladung (DoD): Die Fraktion der Kapazität (oder der Energie), die von der Batterie während der Entladephase entladen wird. Sie wird als % der Kapazität ausgedrückt und mit folgender Formel berechnet:

$$\text{DoD} = \frac{\text{Entladene Kapazität}}{\text{Nenn-Kapazität}}$$

- Status der Ladung (SoC): die Fraktion der Kapazität (oder der Energie), die noch in der Batterie verbleibt. Ausgedrückt als % der Kapazität, wird sie mit folgender Formel berechnet:

$$\text{SoC} = \frac{\text{Rest-Kapazität}}{\text{Nenn-Kapazität}} = 1 - \text{DoD}$$

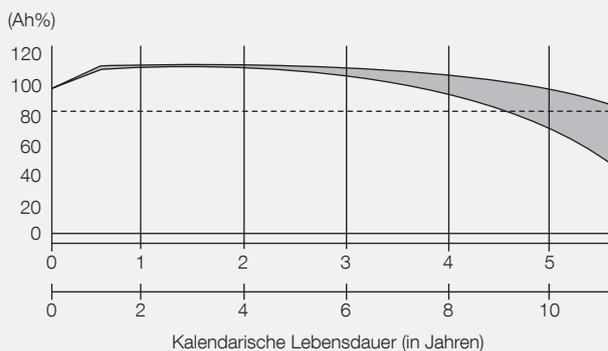
$$\text{DoD} + \text{SoC} = 100\%$$

- Kalendarische Lebensdauer: die Zeit, nach der die regelmäßig aufgeladene und bei kontrollierter Temperatur gelagerte Batterie ihre ursprüngliche Nenn-Kapazität auf 80 % reduziert. In der Regel sprechen Batterie-Hersteller von "zu erwartender Lebensdauer", da dies nur eine Schätzung ist, die durch Laborversuche ermittelt wurde. Die Batterie-Lebensdauer ist ein wichtiger Parameter für den Vergleich verschiedener Batterie-Technologien.
- Zyklus-Lebensdauer: die Anzahl der Lade- und Entladezyklen bei kontrollierter Temperatur, die eine Batterie aushalten kann, bevor die Nenn-Kapazität auf 80 % des ursprünglichen Werts reduziert wird. Die Zyklus-Lebensdauer reagiert sehr empfindlich auf die Temperatur und die Tiefe der Entladung, und zwar in dem

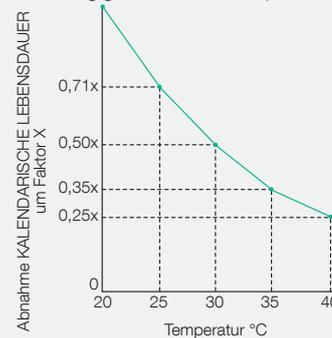
Maße, das bei einem spezifischen DoD-Wert deklariert ist.

- Tatsächliche Lebensdauer: die Batterie-Lebensdauer in echten Nutzungsbedingungen. Sie hängt von der kalendarischen Lebensdauer, der Zyklus-Lebensdauer, der Umgebungstemperatur und der Art der Ladung und Entladung ab.
- Selbstentladung: der Prozentsatz der Lade-Kapazität, der verloren geht, wenn die Batterie nicht genutzt wird (z. B. bei Lagerung in einem Lagerhaus). Der Parameter hängt vom Batterietyp und auch in großem Maße von der Temperatur ab (bei Temperaturanstieg erhöht sich der Prozentsatz der Selbstentladung).
- Interne Impedanz: besteht aus einem induktiven, einem kapazitiven und einem resistiven Teil. Sie verhindert den Stromfluss und erhöht die Wärmezeugung in der Entladungsphase. Der wichtigste Teil der zu überwachenden Impedanz ist der resistive Teil, da er den „Gesundheitszustand“ der Batterie sowie mögliche aktuelle Verschlechterungen anzeigt. Der interne Widerstand wird von verschiedenen Faktoren beeinflusst, am meisten von der Temperatur. Die typischen Impedanzwerte ändern sich mit der Batterietechnologie und der Batteriekapazität.

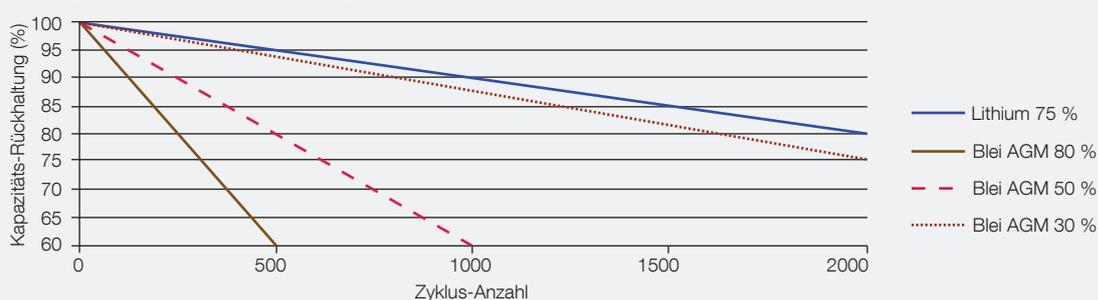
Kalendarische Bleibatterie-Lebensdauer Pufferung bei 20 °C



Kalendarische Lebensdauer einer Bleibatterie in Abhängigkeit von der Temperatur (Eurobat)



Gemäßigtes Klima, Lebenszyklus, Vergleich



## Bleisäurebatterie (LA)

Bleisäurebatterien sind die häufigsten Batterietypen für stationäre Anwendungen. Gemäß der Eurobat-Klassifizierung beträgt die zu erwartende Lebensdauer 3 bis 12 Jahre. Die Zyklus-Lebensdauer ist in der Regel nicht gut, selbst wenn bestimmte Batterien dieses Typs gute Leistungen in zyklischen Anwendungen aufweisen. Bleisäurebatterien bieten zu geringen Kosten eine ausgereifte und durch ausreichende Forschungsergebnisse belegte Technologie. Es sind viele Typen von Bleisäurebatterien auf dem Markt, in belüfteten und in geschlossenen Gehäuseversionen (die so genannten Ventil-geregelten Bleisäurebatterien, VRLA, die weniger Wartungen benötigen). VRLA-Batterien können AGM-Typen (absorbiertes Glasmaterial, wobei der Elektrolyt in Fiberglas absorbiert wird) oder GEL-Typen sein (hier wird der Elektrolyt in Gelform bei höheren Temperaturumgebungen und in spezifischen Anwendungen eingesetzt). Ein Nachteil von Bleisäurebatterien ist der erhebliche Kapazitätsabfall bei Entladungen mit hoher Energie. Beispiel: wird eine Batterie in einer Stunde entladen, dann sind nur 50-70 % der Nenn-Kapazität verfügbar. Andere Nachteile sind die geringe Energiedichte (Blei hat ein sehr schweres spezifisches Gewicht) und die Verwendung von Blei an sich, das als gefährliches Material verboten oder in spezifischen Umgebungen und Anwendungen eingeschränkt ist. Die Vorteile sind das günstige Kosten-/Leistungs-Verhältnis, das einfache Recyceln und eine einfache Lade-Technologie.

## Nickel-Cadmium-Batterie (NiCd)

Im Vergleich mit Bleisäurebatterien haben NiCd-Batterien eine höhere Leistungsdichte, eine etwas größere Energiedichte und eine höhere Anzahl von Zyklen. NiCd-Batterien sind relativ robust und die einzigen Batterien, die bei niedrigen Temperaturen im Bereich von -20 °C bis -40 °C gut funktionieren, und ihre Lebenserwartung ist auch bei hohen Temperaturen immer noch gut, weshalb sie in Ländern mit warmen Klimazonen und bei Anwendungen mit hohen Temperaturen maßgeblich eingesetzt werden. Große Batteriesysteme mit belüfteten NiCd-Batterien funktionieren ähnlich wie Bleisäurebatterien. NiCd-Batterien sind in der Regel belüftet, weshalb sie vertikal und mit guter Belüftung positioniert werden müssen; außerdem können sie beim Laden nicht transportiert werden (der Elektrolyt wird separat versendet).

## Lithium-Ionen-Batterie (Li-Ionen-Batterie)

Li-Ionen-Batterien haben eine hohe gravimetrische Energiedichte, weshalb die Lösung bei Li-Ionen-Batterien leichter ist und weniger Stellfläche benötigt im Vergleich mit LA- oder NiCd-Batterien. Für Li-Ionen-Batterien ist die kalendrische Lebensdauer (über 10 Jahre) und die Zyklus-Lebensdauer (Tausende Zyklen) sehr gut, auch bei hohen Temperaturen. Angenommen, der Rundtrip-Wirkungsgrad ist hoch ohne Überdimensionierung für kurze Backup-Zeiten (typisch für USV-Anwendungen), lässt sich erkennen, dass die Li-Ionen-Technologie verschiedene technische Vorteile bietet. Die meisten Elektrolyte aus Metalloxiden sind thermisch instabil und zerfallen bei erhöhten Temperaturen; dabei setzen sie

Sauerstoff frei, der zu thermischem Durchgehen führen kann. Zur Minimierung des Risikos werden in Reihe geschaltete Li-Ionen-Batterien, die Spannung erzielen, die mit dem USV-Bereich kompatibel ist, mit einer Überwachungseinheit ausgestattet, um eine Überladung und Überentladung zu vermeiden. Ferner wird ein Spannungsausgleichstromkreis installiert, der die Aufgabe hat, das Spannungsniveau jeder einzelnen Zelle zu überwachen und Spannungsabweichungen unter den Zellen zu verhindern.

## Superkondensatoren / Ultrakondensatoren

Es gibt eine Reihe verschiedener Technologien, die unter der Bezeichnung „Superkondensatoren“ oder „Ultrakondensatoren“ zusammen gefasst werden. Die 2 Haupttechnologien sind:

- Symmetrische elektrische Doppelschicht-Kondensatoren (Symmetrische EDLC), bei denen Aktivkohle für beide Elektroden verwendet wird. Der Lademechanismus ist rein elektrostatisch: es bewegt sich keine Ladung über die Elektrode/Elektrolytoberfläche.
- Asymmetrische elektrische Doppelschicht-Kondensatoren (Asymmetrische EDLC), bei denen eine Batterieelektrode für eine der Elektroden verwendet wird. Die Batterieelektrode hat eine große Kapazität im Vergleich zu einer Kohlenelektrode, so dass sich die Spannung bei der Ladung nicht wesentlich ändert. Dies erlaubt eine höhere Gesamtzellenspannung.

Superkondensatoren liefern schnelle Energiepakete bei Spitzenauslastungszeiten und können die Energie auch schnell wieder speichern; ihr extrem niedriger interner Widerstand erlaubt eine sehr schnelle Entladung und Aufladung mit unschlagbar hohem Rundtrip-Wirkungsgrad. Zusätzlich dazu verwenden sie in der Regel keine gefährlichen Materialien und haben eine sehr geringe Selbstentladung, weshalb sie im Puffermodus nur wenig Strom verbrauchen (dies bedeutet einen geringeren Energieverbrauch für die USV) und lange Zeiten funktionsfähig bleiben, auch wenn sie dabei nicht aufgeladen werden.

## Lithium-Ion-Kondensatoren (LIC)

Dieser Kondensator ist ein Hybrid zwischen einer Batterie und einem Kondensator (asymmetrische EDLC). Der Lithium-Ion-Kondensator besitzt eine Aktivkohlenkathode (daher gibt es kein Sicherheitsrisiko durch thermisches Durchgehen<sup>(1)</sup>), eine Anode mit Li-gedopter Kohle und einem Elektrolyt, der wie in einer Batterie Li-Salz enthält. Diese Hybridkonstruktion führt zu einem Kondensator, der die besten Leistungseigenschaften der Batterien und Kondensatoren erbringt. Die Hybridbatteriekonstruktion bietet viele Vorteile. Dazu gehören eine hohe Energiedichte und eine hohe Spannung, ein Vorteil bei einer Reihenschaltung, es werden bis zu 1/3 weniger LIC-Zellen benötigt im Vergleich mit einem konventionellen EDLC-Kondensator. Ein weiterer Vorteil ist die sehr geringe Selbstentladungsstufe: der LIC kann 3 Monate lang 95 % seiner Ladung halten. Da im Puffermodus so wenig Energie benötigt wird, hat auch die USV einen geringeren Energieverbrauch, und der LIC kann lange Zeit ohne Wiederaufladung funktionieren.

Die LIC-Technologie hat auch die weiteren Vorteile der höheren Sicherheitsstufe (kein Sicherheitsrisiko durch thermisches Durchgehen), eine hohe Leistungsdichte und eine schnelle Ladung und Entladung. Sie ist auch zuverlässiger bei hohen Zyklen (die geschätzte Lebensdauer beträgt 1 Million Lade-/Entladezyklen) und der Widerstand gegen einen breiten Temperaturbereich (-20 °C bis 70 °C) machen diese Technologie zur Nummer Eins für schwierige Betriebsbedingungen.

## Schwungrad

Schwungräder speichern Energie in Form eines Moments in einer sich drehenden Masse. Bei einem Elektromotor dreht der Rotor bei hoher Geschwindigkeit, um das Schwungrad aufzuladen. Bei der Entladung arbeitet der Motor wie ein Generator und wandelt die Drehenergie in Elektrizität um. Die im Schwungrad gespeicherte Energie hängt von der Masse und der Geschwindigkeit ab gemäß folgender Gleichung:

$$E = \frac{1}{2} J \omega^2$$

J ist das Trägheitsmoment und  $\omega$  ist die Winkel-Geschwindigkeit. Da die Energie einen quadratischen Anteil mit Winkel-Geschwindigkeit hat, ist es sehr wichtig, dass das Schwungrad mit sehr hoher Geschwindigkeit (über 30.000 U/min) läuft; aus diesem Grund benutzen moderne Schwungräder zur Vermeidung von Reibungsverlusten Magnetkraft und drehen unter einem abgedichteten Vakuum. Das Schwungrad ist durch eine hohe Temperatur nicht eingeschränkt (keine Reduzierung der kalendrischen Lebensdauer), gibt beim Laden keinen Wasserstoff ab (wie im Fall der Bleisäurebatterien), kann in sehr kurzer Zeit wieder aufgeladen werden, hat einen hohen Zyklusbereich ohne gleichzeitige Reduzierung der zu erwartenden Lebensdauer, verwendet keine gefährlichen Materialien und kann bei geringer Stellfläche installiert werden. Die Ausgangsleistung von Schwungrädern wird in Hunderten von kW gemessen und ist deshalb ideal für den Einsatz in USV-Anlagen mit hoher Leistung.

## Energiespeicher mit komprimierter Luft (CAES)

Beim Energiespeicher mit komprimierter Luft wird die elektrische Leistung zum Komprimieren von Luft und für die Speicherung in einer spezifischen Struktur genutzt. Wird Leistung erforderlich, kann die komprimierte Luft sofort in Elektrizität umgewandelt werden; dazu wird diese durch einen Rollexpander geleitet, der wiederum einen elektrischen Generator antreibt. Diese typische Anwendung ist ideal für Strombrücken (für die Umschaltung der Hauptnetzversorgung auf Generatorleistung), aber nicht geeignet bei häufigen Mikrounterbrechungen. CAES-Systeme können parallel geschaltet werden, um die Backup-Zeit oder die Redundanz zu erhöhen. CAES kann auch in rauen Umgebungen eingesetzt werden; ihre lange Lebensdauer wird durch die Temperatur nicht beeinflusst. Wenn das System voll geladen ist, benötigt es keinen nennenswerten Energieverbrauch, so dass der Gesamtwirkungsgrad einer traditionellen, mit Batterien arbeitenden USV-Anlage erhöht wird.

<sup>(1)</sup> Thermisches Durchgehen: eine Situation unter abnormalen Bedingungen, bei der eine Batterie Wärme in höherem Maß erzeugt, als sie abgeben kann. Thermisches Durchgehen kann die Kunststoff-Komponenten der Batterien zum Schmelzen bringen, Gas in die Umluft entlassen sowie Rauch und Säure produzieren, die zu einer Beschädigung umliegender Geräte führen.