



HOCHEFFIZIENZ-BETRIEBSARTEN

Kurzbeschreibung

Zu den weltweit am stärksten diskutierten Themen zählt heute der rasante Anstieg bei Preis und Nachfrage der Energieversorgung. Hinzu kommt das zunehmende Bewusstsein für die Auswirkungen auf die Umwelt und die endliche Verfügbarkeit fossiler Brennstoffe. Damit wuchs das natürliche Interesse an Energieeinsparung und der stark geförderten Nutzung innovativer erneuerbaren Energien. Best Practices in Sachen Energieeinsparung und die Entwicklung und Förderung von energieeffizienten Standards, Prozessen und Technologien sind mehr denn je gefragt. Maximale Betriebszeit ist für viele weltweit führende Unternehmen von höchster Bedeutung. Daher ist das Vorhandensein einer USV eine unverzichtbare Voraussetzung für eine zuverlässige Infrastruktur zur Stromversorgung, mit der sich ein maximaler Schutz der Last und gleichzeitig ein Höchstmaß an Einsparungen erzielen lassen. Die heute branchenweit am häufigsten eingesetzte USV-Topologie ist die Doppelwandlertechnologie. Darüber hinaus haben die meisten USV-Anbieter ECO-Betriebsarten eingeführt, mit denen sich die USV-Effizienz weiter steigern lässt. In diesem Whitepaper werden wir analysieren, welche Nachteile die ECO-Betriebsarten haben können. Außerdem werden wir uns damit befassen, was es bei der Nutzung dieser Betriebsart zu berücksichtigen gilt. Dann werden wir die Praxisergebnisse erläutern, die mit der Trinergy™ USV erzielt wurden. Schließlich präsentieren wir die jüngsten Verbesserungen, die mit der Einführung von Liebert® Trinergy™ Cube erzielt wurden. Dieses System bietet noch mehr Vorteile, als sie bisher schon mit Trinergy verfügbar waren. Mit der Liebert Trinergy Cube USV stehen dem Markt neue Möglichkeiten zur Effizienzsteigerung zur Verfügung. Sie hat sich bereits jetzt als die Premium-USV-Lösung für Rechenzentren erwiesen, die auf die niedrigstmögliche Energienutzungseffizienz (PUE) bei gleichzeitig maximaler Verfügbarkeit setzen.

Einleitung

USV-Systeme versorgen elektronische Systeme wie Computernetzwerke und Server, Gebäudemanagement- und Sicherheitssysteme mit sauberem Strom. Gleichzeitig schützt die USV auch vor Stromausfällen, die zum Betriebsstillstand, zum Datenverlust – und damit von Produktivität und Gewinn für Unternehmen führen können. Als die Energieeffizienz einer USV wird das Verhältnis zwischen der Leistung, die in die USV eingespeist wird, und der Leistung angesehen, die am Ausgang der USV zur Stromversorgung der Last verfügbar ist. Bei jedem Stromfluss durch die internen Komponenten einer USV wird ein bestimmter Teil der Energie als Wärme abgegeben, was zu Energieverlusten führt. Zusätzliche Energie wird auch verbraucht, wenn die Klimaanlage arbeitet, um die ideale Umgebungstemperatur für die Anlage zu gewährleisten. Ein bestimmter Teil der Energieverluste ist einfach unvermeidlich. Doch es leuchtet ein, dass die Senkung des USV-Energieverbrauchs und die damit verbundene Erhöhung ihrer Effizienz einen erheblichen Beitrag zur Senkung der Energieverschwendung und zu maximalen Einsparungen bei den laufenden Gesamtkosten auf der Energierechnung leistet. **Die Einsparungen, die 24 Stunden am Tag, 365 Tage im Jahr und über einen Zeitraum von fünf Jahren erzielt werden, würde nicht nur den Kaufpreis einer USV ausgleichen,** sondern auch einen aktiven Beitrag zur Verringerung der CO₂- und anderer Emissionen leisten, die zur globalen Erwärmung führen. Gleichzeitig werden damit die geringsten ökologischen Auswirkungen der gewählten Stromversorgungsschutzlösung gewährleistet.

Die heute am häufigsten eingesetzte USV-Topologie zur sicheren Stromversorgung von Rechenzentren ist der Doppelwandler-Modus. Er gewährleistet einen spannungs- und frequenzunabhängigen (Voltage and Frequency Independent, VFI) Betriebsmodus, bei dem der Last jederzeit ein Höchstmaß an Stromversorgungsqualität zur Verfügung steht. Weil es bei dieser Topologie zwei Wandlerstufen gibt, verbraucht sie aber auch die meiste Energie.

Doch selbst unter den Doppelwandler-USVs gibt es große Unterschiede in Bezug auf die Doppelwandlereffizienz. Während ältere USVs mit einem Wirkungsgrad von 93 % arbeiten, erzielen moderne hocheffiziente Doppelwandler-USVs Werte von über 96 %. Zur weiteren Steigerung der Effizienz haben die meisten USV-Hersteller Betriebsarten mit hoher Energieeffizienz eingeführt, z. B. einen ECO-Modus. Doch die meisten dieser Betriebsarten sind nach wie vor eher Werbeversprechen, als dass sie konkret zur Effizienzverbesserung des Rechenzentrums beitragen.

ECO-Modus und seine Wirksamkeit

Für jedes elektronische Gerät könnten eigene Spezifikationen gelten, wobei als wichtigste Empfehlung für IT-Ausrüstung die CBEMA-Kurve angesehen werden kann (Abb. 1). Die ITI-Kurve (oder CBEMA-Kurve) beschreibt eine AC-Eingangsspannungs-Hüllkurve, die in der Regel von den meisten Produkten der IT-Elektronik (ITE) toleriert wird (d. h. ohne Funktionsunterbrechung).

Elektronische Geräte sollten in der Lage sein, unter den in der Kurve gezeigten Bedingungen normal zu funktionieren. Der statische Bereich beschreibt eine RMS-Spannung, die entweder konstant ist oder nur sehr langsam schwankt. Die Schwankungen betragen dabei +/-10 % der Nennspannung. Alle Spannungen in diesem Bereich können für einen unbestimmten Zeitraum vorliegen und sind eine Funktion der normalen

Belastungen und Verluste im Verteilungssystem. Elektronische Geräte sollten auch in der Lage sein, für nicht mehr als 20 ms vorübergehend ohne Spannung zu arbeiten.

Da diese Arten von elektronischen Geräten keine perfekte Stromversorgungsqualität benötigen, nutzt der ECO-Modus das Stromnetz, sofern dieses eine gute Qualität aufweist, indem er die USV zum Bypass umschaltet und die Last über die Bypass-Leitung direkt mit dem Netzstrom versorgt.

Liegt die Stromversorgungsqualität des Eingangs innerhalb der Toleranzen, kann die USV ihren Wirkungsgrad maximieren, indem sie die Last über den statischen Bypass-Schalter versorgt.

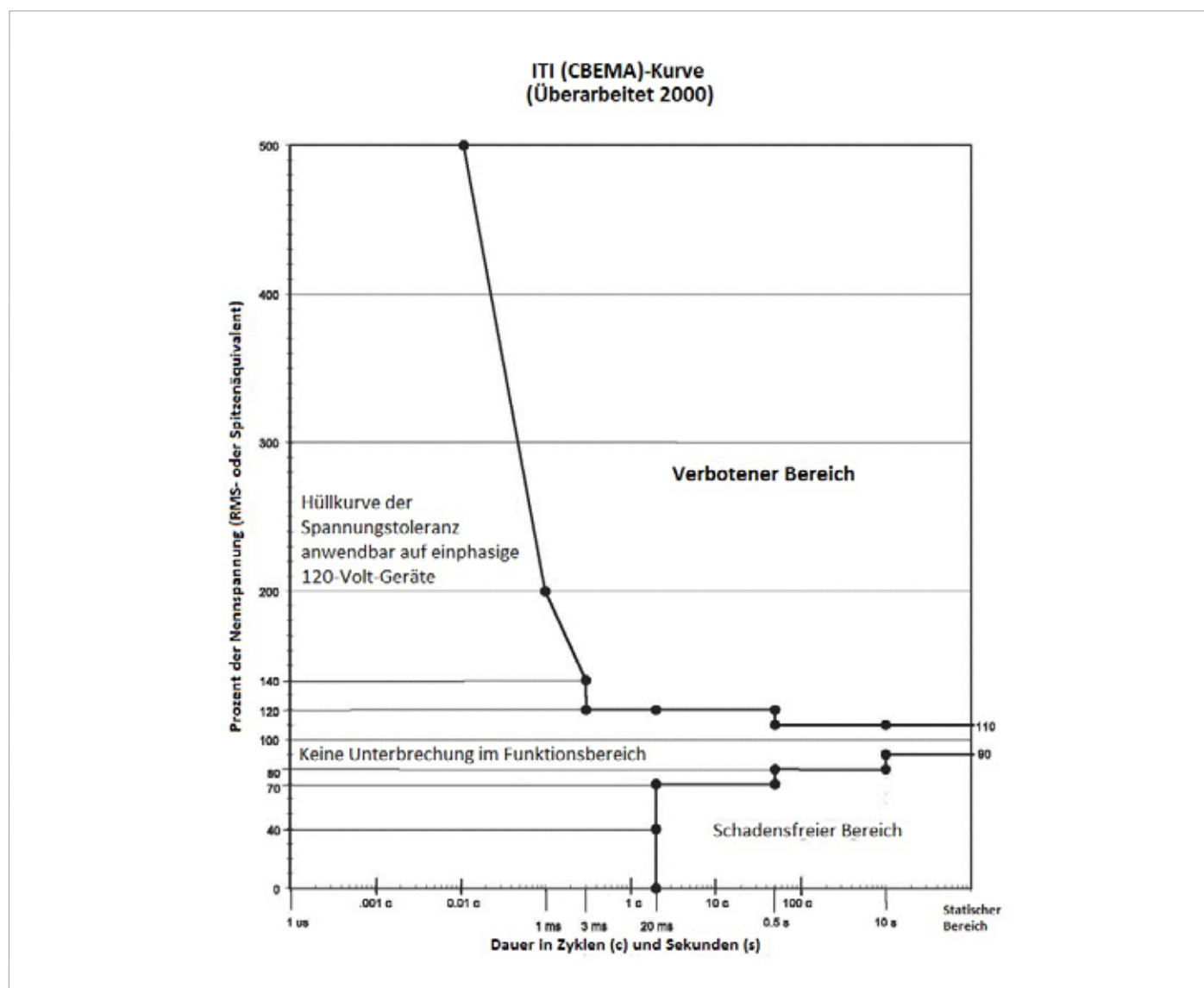


Abbildung 1: CBEMA-Kurve

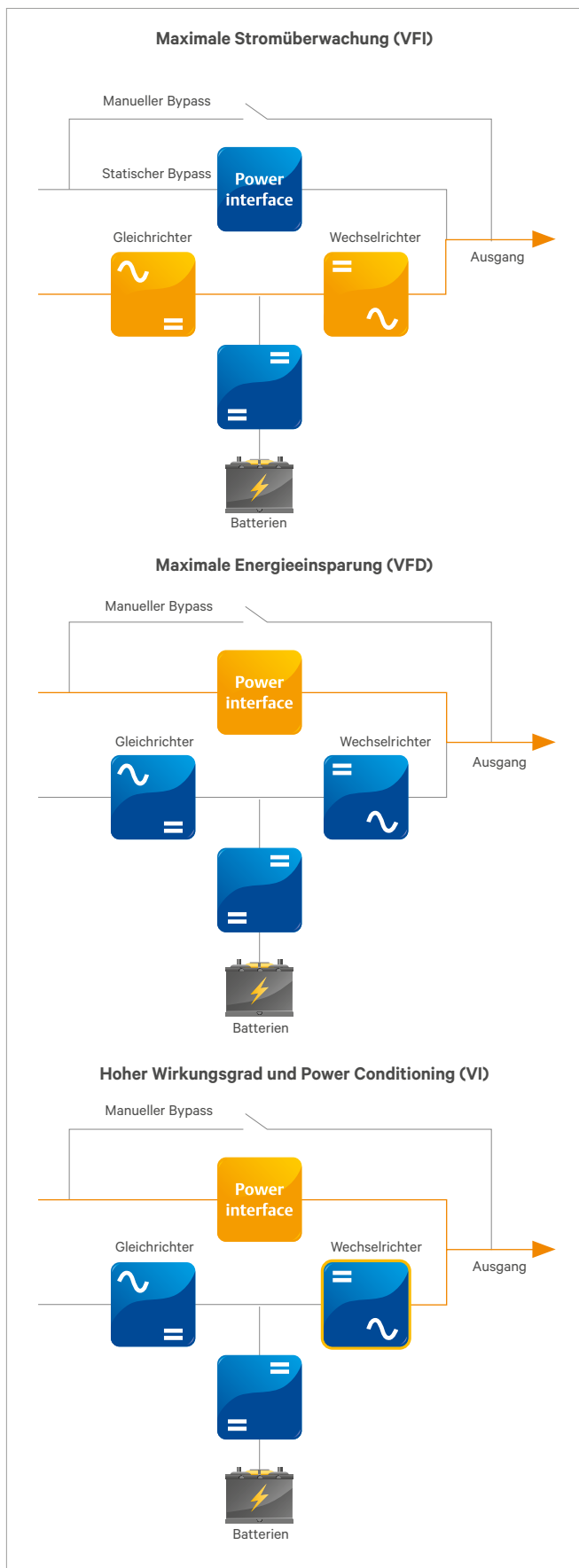


Abbildung 2: Betriebsarten von Liebert® Trinergy™ Cube laut USV-Norm 62040-3

Moderne Steuerungstechniken und Leistungserfassung erlauben den Wechsel zum Doppelwandler-Modus, sobald die Stromqualität außerhalb der Toleranzen liegt oder es zu einem Netzausfall kommt. Als Referenz werden hier in Abb. 2 die drei verschiedenen Betriebsarten laut USV-Norm 62040-3 gezeigt.

Wenn einerseits die Zuverlässigkeit der USV durch den Betrieb im ECO-Modus überhaupt nicht beeinträchtigt wird, kann der ECO-Modus andererseits sogar ihre Zuverlässigkeit erhöhen, da einige im Wechselrichter und im Gleichrichter vorhandenen Komponenten weniger beansprucht werden. Dies kann zu einer Verringerung der Stromversorgungsqualität für die Last führen, und in dieser Betriebsart erfolgt kein Power Conditioning durch die USV.

Als erste Größe muss hier die Umschaltzeit berücksichtigt werden. Ältere USVs benötigen unter den schlechtestmöglichen Bedingungen 10 ms für die Umschaltung, und für ein paar Zyklen kann ihr Ausgang eine Spannungsinstabilität aufweisen. Dann ist die Last für die Dauer von wenigen Mikrosekunden bis zu ein paar Millisekunden nicht gegen Störungen geschützt. Während die Lasten zu Stromausfällen von dieser Dauer kompatibel sind (wie in der CBEMA-Kurve gezeigt), muss ein Schutz gegen Überspannung für Störungen von 0,1 ms oder mehr berücksichtigt werden. Um die Last auch vor solchen Störungen zu schützen, sollte eine zusätzliche passive Filterung auf der Bypass-Leitung in Betracht gezogen werden.

Weitere Überlegungen sind in Bezug auf die Oberwellen und den niedrigen Leistungsfaktor (Power Factor, PF) erforderlich, die in der Regel im Stromnetz vorhanden sind oder von der Last stammen.

Bei der Installation einer USV oder jeglicher Geräte, besonders für große Installationen, müssen Sie sicherstellen, dass die Oberwellen und der PF des Geräts innerhalb der vom Netzanbieter festgelegten Grenzen liegen. Der Eingangsleistungsfaktor einer modernen USV mit einem IGBT-Gleichrichter liegt bis zu 20% Auslastung bei 0,99, während die Oberwellen geringfügig über 5 % liegen können. Wenn die USV im Doppelwandler-Modus betrieben wird, sind der PF und der THDi, die wieder zurück ins Netz gespeist werden, lediglich die des Gleichrichters der USV. Sie müssen zu denen hinzugefügt werden, die durch andere Anlagen erzeugt werden, die direkt an das Netz angeschlossen sind, z. B. Kompressoren, Kältemaschinen und so weiter.

Gleichzeitig hätte dies bei einem Netz mit einem hohen Maß an Spannungsverzerrungen keinerlei Einfluss auf die Last, da die USV beim Betrieb im Doppelwandler-Modus für eine Art von Trennung zwischen der Last und dem Netz sorgt.

Nehmen wir nun an, dass die USV im ECO-Modus betrieben wird. Dann sind die PF- und Oberwellenwerte (THDi), die wir berücksichtigen müssen, nicht mehr die der USV, sondern wir müssen die Oberwellen und den PF der nachgeschalteten

Last berücksichtigen, da es jetzt eine direkte Verbindung zwischen der Last und dem Netz gibt. Ausgehend von der Tatsache, dass die meisten Server eine doppelte Stromversorgung haben, kann die Last auf den Netzteilen (Power Supply Unit, PSU) während des normalen Betriebs nie mehr als 50 % betragen. Außerdem laufen Server nicht mit 100 % ihrer Kapazität, somit arbeitet das Netzteil ziemlich oft zwischen 10 und 40 % seiner Kapazität. Wie aus der nachstehenden Tabelle 1 ersichtlich wird, landen wir möglicherweise bei PF-Werten im Bereich von 0,77 bis 0,98 und Oberwellen im Bereich zwischen 20 % und 7 %. Diese Werte sind viel schlechter als das, was am Eingang des USV-Gleichrichters passiert, wo wir weiter PF-Werte von 0,98 und einen THDi-Wert von unter 8 % bis zu 10 % Last haben.

Dies bedeutet, dass wir beim Betrieb über die Bypass-Leitung auch sicherstellen müssen, dass zusätzliche Anlagen zur Reduzierung von Oberwellen und zur Kompensierung des PF des PSU vorhanden sein müssen. Das gleiche gilt, wenn wir über die Versorgung mechanischer Lasten über die Bypass-Leitung nachdenken. Erreicht werden kann dies durch die Installation eines aktiven Filters oder von Kompensationsanlagen. Die Umschaltzeit in Verbindung mit der fehlenden passiven und aktiven Filterung beim Betrieb im ECO-Modus sind die wichtigsten Gründe, warum die ECO-Betriebsart nach wie vor ein Werbeversprechen ist statt eine konkrete Möglichkeit zur Effizienzsteigerung der USV.

Zur Überwindung der Nachteile, die beim Betrieb im ECO-Modus auftreten können, gibt es eine Reihe von Maßnahmen, mit denen sich der ordnungsgemäße Lastschutz gewährleisten lässt (Abb. 3). Diese sind:

- Passive Filterung (Power Interface) beim Betrieb über die Bypass-Leitung
- Aktive Filterung für das Power Conditioning von Last und Versorgungsnetz, um jederzeit eine hochwertige Versorgung zu gewährleisten
- Geringe Umschaltzeit (patentierte Schnellumschaltung von ≤ 2 ms) und eine umfassende Koordinierung mit nachgeschalteten Anlagen wie STS und Transformator.

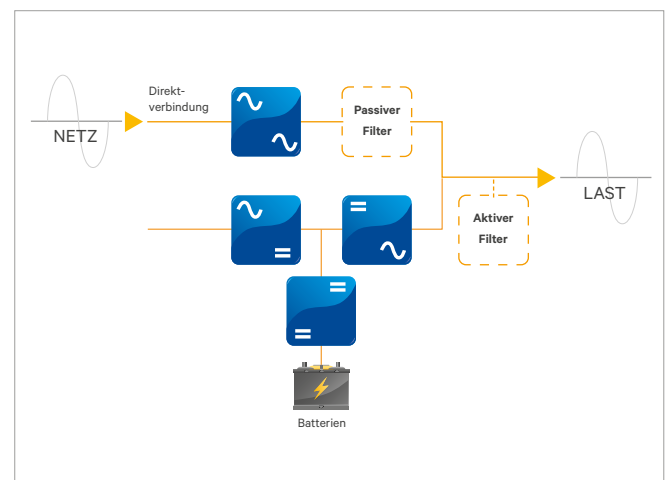


Abbildung 3: Integrierte passive und aktive Kompensation bei Betrieb von Trinegy™ im VFD- und VI-Modus.

I _{RMS} A	PF	I _{THD} (%)	Last (%)	Last- anteil	Eingang Watt	Externer Lüfter (W)*	DC-Anschlussspannung (V) DC-Laststrom (A)		Ausgang Watt	Wirkungs- grad %
							12 V	12 Vsb		
0,68	0,86	20,31	10%	Niedrig	134	1,32	12,22/9,92	11,9/0,1	122	91,50%
1,21	0,93	13,42	20%	Leicht	259	2,04	12,21/19,83	11,89/0,2	244	94,26%
2,82	0,98	7,72	50%	Typisch	635	9,96	12,21/49,57	11,86/0,5	611	96,24%
5,59	0,99	5,27	100%	Voll	1274	9,96	12,19/99,13	11,84/0,99	1220	95,79%

I _{RMS} A	PF	I _{THD} (%)	Last (%)	Last- anteil	Eingang Watt	Externer Lüfter (W)**	DC-Anschlussspannung (V) DC-Laststrom (A)			Ausgang Watt	Wirkungs- grad %
							12 V	0 Vsb	3,3 V		
0,76	0,77	13,83	10%	Niedrig	135	23,40	12/9,28	0/0	3,3/0,5	113	83,88%
1,21	0,90	12,78	20%	Leicht	249	23,40	12/18,51	0/0	3,3/0,99	225	90,52%
2,71	0,96	8,00	50%	Typisch	597	23,40	11,99/46,22	0/0	3,29/2,5	562	94,28%
5,27	0,99	4,38	100%	Voll	1196	23,40	11,98/90,51	0/0	3,27/4,98	1101	92,01%

Tab. 1 - Ein Beispiel für die typischsten nicht-linearen Serverlasten mit niedrigen PF-Werten und hoher Netzrückwirkung bis zu 20 % THDi (Quelle: <http://www.plugloadolutions.com/80PlusPowerSupplies.aspx>).

Power Interface von Trinergy™ und Liebert® Trinergy™ Cube

Zu den wichtigsten Unterschieden zwischen dem Betrieb von Anlagen im ECO-Modus (oder ähnlichen Betriebsarten) und den USVs Trinergy und Liebert Trinergy Cube besteht darin, dass Trinergy und Liebert Trinergy Cube im VI- und VFD-Modus die Last über ein Power Interface versorgen, das zugleich für den Lastschutz beim Betrieb über die Bypass-Leitung sorgt.

Die Power Interfaces von Trinergy und Liebert Trinergy Cube bestehen aus einem statischen Bypass-Umschalter mit einer vorgeschalteten Drossel und einem Überspannungsableiter (Transient Voltage Surge Suppressor, TVSS).

Der statische Bypass-Schalter ist ein auf die Nennleistung ausgelegtes, sehr schnelles, kontaktlos schaltendes Element. Er erlaubt den Transfer der Last im Dauerbetrieb. Wenn Trinergy und Liebert Trinergy Cube im VFD- oder VI-Modus betrieben werden, wirken im Fall von Störungen in der Netzversorgung die Drosseln auf der statischen Bypass-Leitung mit den Kondensatoren im Filter am Wechselrichteranschluss zusammen, um einen effektiven passiven Filter (LC) bereitzustellen.

Im Fall einer hohen Energiespitze am Eingang sorgt die USV auch für Lastschutz – dank der Integration von TVSS (Differentialmodus) und HF-Kondensatoren (Gleichtaktmodus).

Die Trinergy- und Liebert Trinergy Cube-Anlagen haben die Stoßspannungsprüfung mit folgenden Werten erfolgreich bestanden:

- 1,2/50 μ s
- 8/20 μ s

Andererseits wird die Last bei temporären Spitzen von längerer Dauer (im Bereich von einigen hundert Mikrosekunden bis zu einigen Millisekunden) durch den TVSS und LC-Filter geschützt. Vorübergehende Störungen mit einer Länge von mehr als ein paar Millisekunden – wodurch die USV auf den Betrieb im Doppelwandler-Modus umgeschaltet wird – werden durch den Umrichter während der vorübergehenden Parallelschaltung der Reserveleitung mit dem Umrichter kompensiert. Jede Störung, die länger als 100 Mikrosekunden dauert, bewirkt die sofortige Aktivierung des Wechselrichters. Die Aktivierungszeit des Wechselrichters beträgt bei Synchronisierung weniger als 0,5 ms. Das System stellt sicher, dass der Wechselrichter stabil ist und einwandfrei funktioniert, bevor die Last wieder zum Wechselrichter zurückgeschaltet wird.

Als Beispiel wird in Abb. 4 die Dämpfung gezeigt, die durch den Power Interface-Filter von Trinergy vor einer Störung mit temporär schwankender Eingangsspannung bewirkt wird.

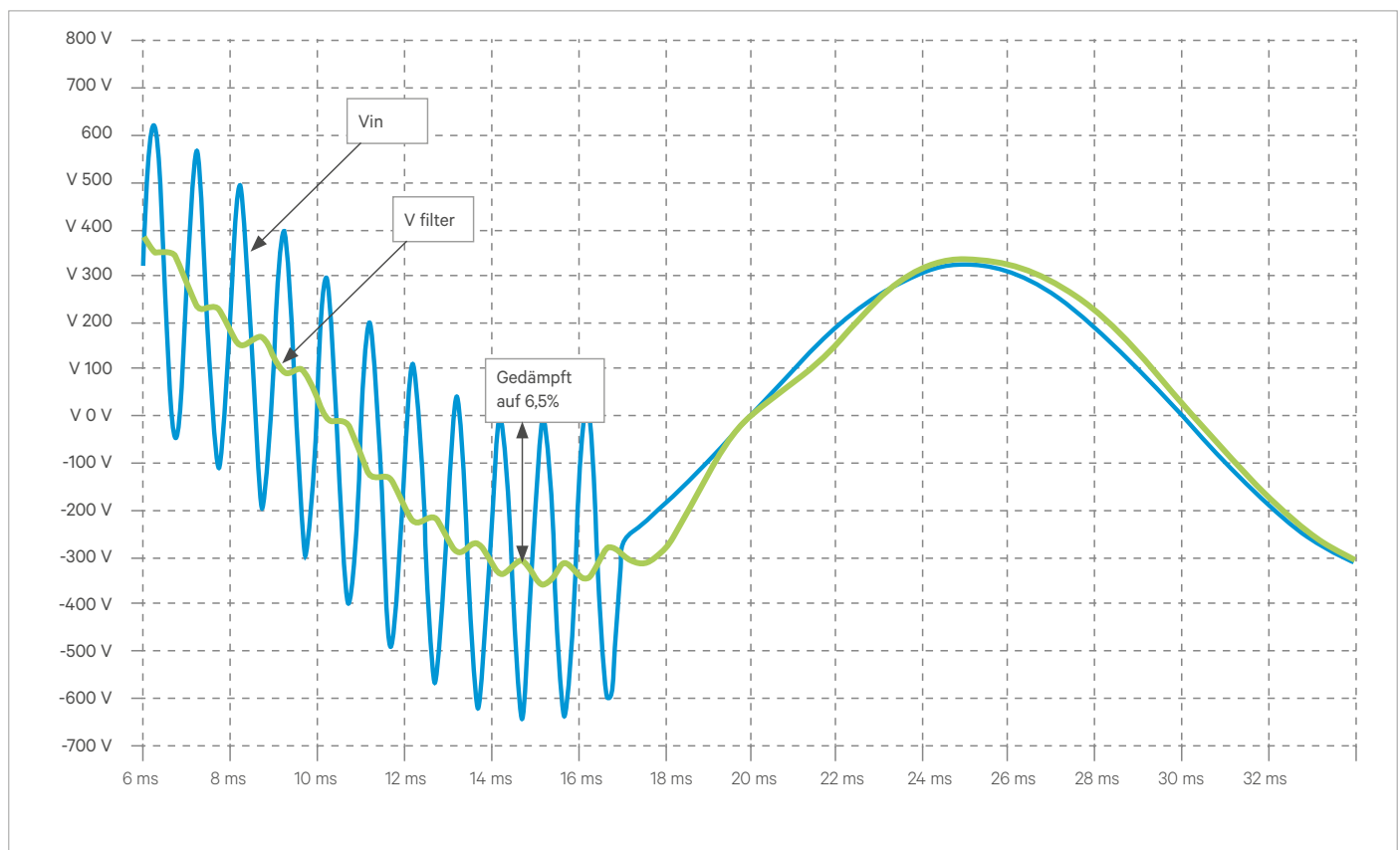


Abbildung 4: Dämpfung durch das Power Interface von Trinergy und Liebert Trinergy Cube als Reaktion auf eine Störung mit temporär schwankender Eingangsspannung.

Betriebsmodi von Trinergy™ und Liebert® Trinergy™ Cube

Die Umschaltzeit zwischen den verschiedenen Betriebsarten (Tab. 2) beträgt nun lediglich ≤ 2 ms (patentierte Schnellumschaltung). Das liegt deutlich innerhalb der Grenzen, die durch die ITIC CBEMA-Kurve vorgegeben sind.

Maximale Stromüberwachung (VFI)

Ermöglicht die optimale Stromversorgung der Last, wenn das System erkennt, dass die elektrische Umgebung konditioniert werden muss. Wenn es zu einer Verschlechterung der Netzwerkbedingungen kommt und die überwachten Parameter außerhalb der Toleranzen liegen, ermöglicht der Modus „Maximale Stromüberwachung“ die vollständige Konditionierung und Versorgung der Last über den Doppelwandler-Modus bei einem Wirkungsgrad von mehr als 96,5 %.

Hoher Wirkungsgrad und Power Conditioning (VI)

Ermöglicht dem System eine ausreichende Konditionierung der Energieversorgung, ohne dass in die Betriebsart „Maximale Stromüberwachung“ umgeschaltet werden muss. Wenn eine Blindlast oder nicht-lineare Last an die USV angeschlossen ist und Oberwellen oder Blindstrom vorhanden sind, können Trinergy und Liebert Trinergy Cube das durch den Betrieb als aktiver Filter kompensieren und verbrauchen nur die Energie, die zur Kompensierung der Netzstörungen erforderlich ist. Dadurch wird der höchste Wirkungsgrad ermöglicht, was in einer Effizienz zwischen 98 % und 99 % resultiert.

Maximale Energieeinsparung (VFD)

Erkennt, wenn die an die Anlage gelieferte Netzenergie eine ideale Qualität aufweist und daher nur begrenzter Konditionierungsbedarf besteht. Bei stabilen Netzbedingungen wird der Modus „Maximale Energieeinsparung“ ausgewählt, wodurch die Energie durch die Power Interface-Leitung fließen kann und ein Wirkungsgrad von bis zu 99,5 % erreicht wird. Die Power Interface-Leitung bewirkt eine passive Filterung zur Last, um zu gewährleisten, dass die Last auch bei der Versorgung durch die Bypass-Leitung geschützt bleibt.

Zyklische Redundanz

Neben den oben beschriebenen Betriebsarten gewährleisten Trinergy und Liebert Trinergy Cube auch bei Teillast bis hin zu sehr niedrigen Lastprozentansätzen – bis minimal 10 % – durch „Zyklische Redundanz“ maximale Effizienz. Unter Ausnutzung ihrer modularen Architektur definiert die Anlage die zur Versorgung der Last notwendige Anzahl von Modulen, und die restlichen Module werden in einen speziellen „Schlafmodus“ versetzt (Abb. 5). Mit dieser Technik arbeiten die sich in Betrieb befindenden Module mit einer höheren prozentualen Auslastung, wodurch die Effizienz der gesamten Anlage verbessert wird. Es muss angemerkt werden, dass die schlafenden Module nicht vollständig abgeschaltet sind. Vielmehr bleibt ihre Wechselrichtersteuerung aktiv und synchronisiert. Außerdem bleibt der DC-Bus aufgeladen, um bei einem Lastanstieg sofort starten zu können. Selbst in diesem Zustand beträgt die Zeit, die zur Aktivierung eines Moduls benötigt wird, während die Einheit schläft, ≤ 2 ms. Es muss erwähnt werden, dass die schlafenden Module rotiert werden, um dieselbe Alterung für alle Module im System zu gewährleisten.

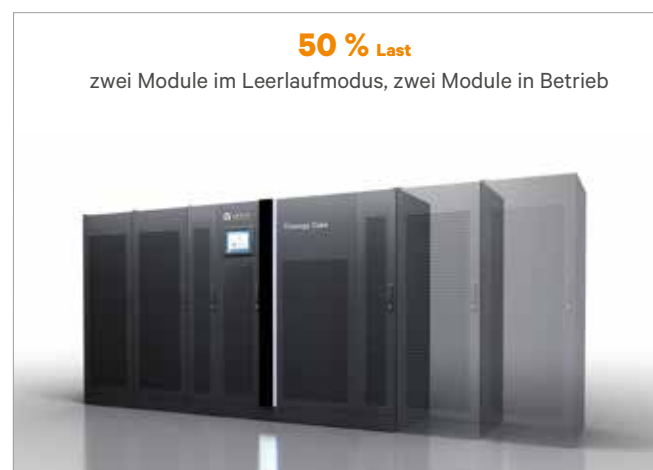


Abbildung 5: Beispiel für zyklische Redundanz bei der Liebert Trinergy Cube bei 50 % Last in einer 1,6-MVA-Anlage.

Tab. 2. Betriebsmodi von Trinergy und Liebert Trinergy Cube

Algorithmus von Trinergy™ und Liebert® Trinergy™ Cube

Die Aktivierung der drei verschiedenen Betriebsarten von Trinergy™ Cube beruht auf der Echtzeit-Leistungserfassung der Hauptparameter in Bezug auf die Eingangsnetzbedingungen und die Ausgangslastqualität (Fig. 6).

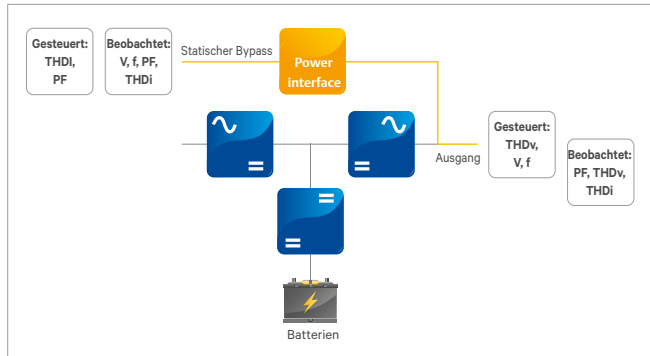


Abbildung 6: Liebert Trinergy Cube – Algorithmus und Echtzeit-Leistungserfassung der wichtigsten Eingabe- und Ausgabeparameter

Die elektrischen Bedingungen in Bezug auf die Last und das Netz werden kontinuierlich überwacht, wodurch jederzeit ein optimaler Stromversorgungsschutz der Last mit höchster Effizienz möglich wird. Gleichzeitig wird eine ausgezeichnete Konditionierung der Last zusammen mit einem Eingangs-PF von 0,99 sowohl auf der Netzseite als auch auf der Bypass-Leitung und ein THDi von weniger als 3 % sichergestellt.

Falls die beobachteten oben genannten Variablen außerhalb der zulässigen Bereiche liegen, aktiviert die USV einen anderen Funktionsmodus. Dabei geht sie nach den Algorithmus-Einstellungen (Fig. 7) vor. Die Einstellungen können auf Anfrage von einem Servicetechniker angepasst werden.

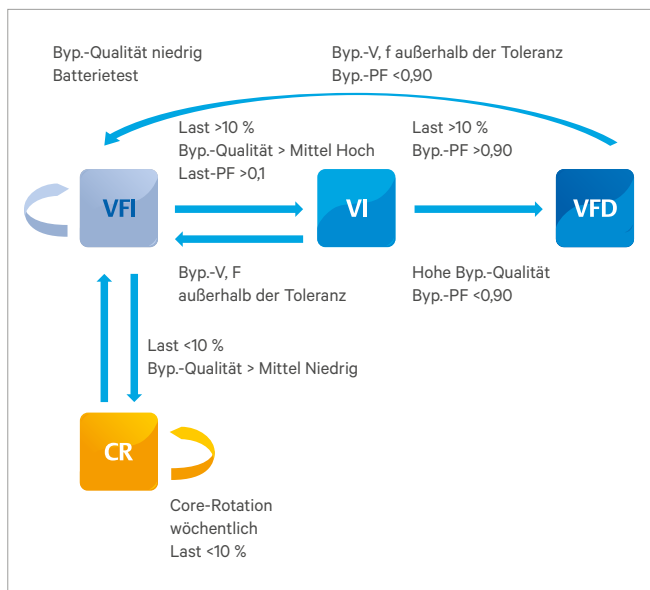


Abbildung 7: Trinergy und Liebert Trinergy Cube – Schwellenwerte und Einstellungen des internen Algorithmus

Die nachstehende Tab. 3 bietet eine Zusammenfassung der wichtigsten Unterschiede zwischen Trinergy und anderer USVs mit ECO-Modus oder einer ähnlichen Betriebsart.

Trinergy und Liebert Trinergy Cube	ECO-Modus	Trinergy und Liebert Trinergy Cube – Vorteile
Passive Filterung in VFD	Nur statischer Bypass in VFD	Lastschutz auch in VFD
Aktive Filterung in VI	Kein VI-Modus	Kompensiert Oberwellen und PF und reduziert den Blindstrom zum vorgelagerten Netz
Netz- und Lastüberwachung	Nur Netzüberwachung	Arbeitet entsprechend der Laständerung und verschiedenen Lasttypen
Gleichrichter AUS im VI- und VFD-Modus	Gleichrichter EIN in VFD ohne Last	Keine Absorbierung von kVA _r vom Gleichrichter wie beim ECO -Modus
Steuerung von PF und Oberwellen an sowohl Gleichrichter als auch Bypass-Eingang	Steuerung von PF und Oberwellen nur am Gleichrichter-eingang bei Betrieb in VFI	Algorithmus von Trinergy und Trinergy Cube bietet höhere Effizienz und sorgt gleichzeitig für Power Conditioning

Tab. 3 – Wichtigste Unterschiede zwischen Trinergy und anderer USVs mit ECO-Modus oder einer ähnlichen Betriebsart

Praxisergebnisse der Liebert Trinergy Cube

Dank Vertiv™ LIFE™-Services – unser Überwachungssystem zur Ferndiagnose – konnten wir über einen längeren Zeitraum eine hohe Anzahl von Trinergy-Anlagen überwachen, die in Europa, dem Nahen Osten und Afrika installiert sind. In der folgenden Tabelle (Tab. 4) ist die durchschnittliche Verweildauer in den verschiedenen Betriebsarten dargestellt. Grundlage der Erfassung bildet die Basis unserer installierten Systeme mit einer Gesamtleistung von mehreren hundert Megawatt. Wie aus Tab. 4 und Abb. 8 zu entnehmen ist, wurde die meiste Zeit im VI-Modus verbracht, wobei die USVs auch eine erhebliche Zeitdauer in den Modi VFI und CR verbrachten. Diese Kombination resultierte in einer Betriebseffizienz von 97,3 %.

MODUS	VFI + CR	VFI	VI	Durchschn.
Effizienz (%)	95,5%	99,0%	97,8%	97,3%
Betriebsdauer (%)	27%	11%	62%	

Tab. 4 – Durchschnittliche Betriebsdauer und Effizienz in den verschiedenen Trinergy-Betriebsmodi

Dieses Ergebnis unterstreicht die Bedeutung des VI-Modus im Vergleich zu den ECO-Betriebsarten. Der Großteil der Zeit wird in diesem Modus gearbeitet. Das spiegelt die ständige Notwendigkeit für das Power Conditioning der Last und der aus dem Netz stammenden Störungen wider. Tatsächlich gewährleistet Trinergy™ nicht nur die höchstmögliche Effizienz, sondern hält den PF auf nahezu 1 und beschränkt die Oberwellen in der Installation auf ein Mindestmaß.

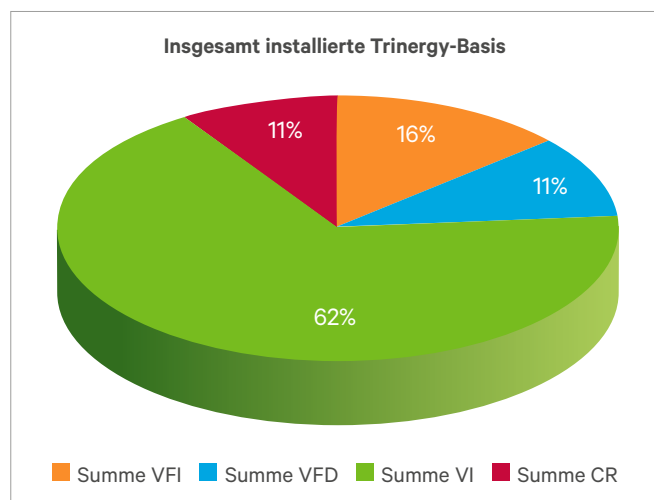


Abbildung 8: Durchschnittlich in den verschiedenen Trinergy-Betriebsmodi verbrachte Betriebszeit laut Tab. 5.

Liebert® Trinergy™ Cube – Effizienzverbesserungen

Dank Einführung einer dreistufigen Umrichter-Topologie für den Gleichrichter und Wechselrichter, der Verwendung der neuesten IGBT-Generation und von verlustarmen Drosseln erzielt die Liebert Trinergy Cube noch bessere Effizienzergebnisse im Doppelwandler-Modus: gegenüber der vorhergehenden Trinergy eine Steigerung um etwa 1 %. Damit kann Liebert Trinergy Cube im Doppelwandler-Modus einen Wirkungsgrad bis zu 97 % erreichen.

Möglich wurde dies dank kontinuierlicher Forschung im Customer Experience Center in Castel Guelfo in der Nähe von Bologna, Italien. Hier werden Komponenten höchster Qualität entwickelt, mit denen sich die niedrigstmöglichen Verluste und ein Höchstmaß an Zuverlässigkeit erzielen lassen. Eine weitere wichtige Verbesserung ist mit dem gründlichen Studium der Belüftung und dem Einsatz von hocheffizienten DC-Lüftern verbunden. Ihre Drehzahlregelung erfolgt vollständig in Abhängigkeit von den Temperaturkomponenten, die zur maximale Effizienz bei Betrieb im Teillastbereich beitragen.

Die Effizienzsteigerung im Doppelwandler-Modus aufgrund des aktuellen Wechselrichter-Designs auf Basis der NPC2 Topologie bewirkt unmittelbar auch eine Steigerung der Effizienz im VI-Modus, in dem der Wechselrichter voll eingeschaltet ist, Netzstörungen kompensiert werden und ein optimales Power Conditioning für die Last gewährleistet ist.

Der Einsatz der zyklischen Redundanz wurde nun auch auf den VI-Modus ausgedehnt. Damit wird gewährleistet, dass immer die niedrigste Anzahl von Leistungswandlern voll aktiv sind. So wird ein Minimum an Energie verbraucht und kontinuierlich die höchste Effizienz erzielt – durch Power Conditioning für die Last zu jeder Zeit. Durch die Kombination der drei Betriebsarten und maximaler Effizienz, die mit der Leistungswandler-Topologie der Liebert Trinergy Cube erreicht wird, erzielt die Anlage eine höhere durchschnittliche Betriebseffizienz, wie aus der nachstehenden Tabelle 5 hervorgeht.

MODUS	VFI + CR	VFI	VI	Durchschn.
Effizienz (%)	96,8%	99,5%	98,9%	98,4%
Betriebsdauer (%)	27%	11%	62%	

Tab. 5 – Durchschnittliche Betriebseffizienz von Liebert Trinergy Cube laut durchschnittlicher Betriebszeit aus Tab. 5

Patentierete Schnellumschaltung

Die nahtlose Aktivierung der Funktionsmodi von Liebert Trinergy Cube sorgt für maximale Effizienz ohne Beeinträchtigung der Stromversorgungsqualität und Verfügbarkeit.

Die Erfahrungen, die in den sechs Jahren seit der ersten Installation von Trinergy gesammelt wurden, führten zur Entwicklung einer verbesserten Technik zur Aktivierung der verschiedenen Betriebsarten, die durch die Patente PCT/IB,2013/058549 und PCT/IB2013/058548 geschützt ist.

Die adaptive Schnellumschaltung gewährleistet unter verschiedenen Bedingungen die schnellste Reaktionszeit (≤ 2 ms):

- Netzausfall (Spannungsschwankungen, Netzausfälle bei hoher/niedriger Impedanz)
- Laststörung (Kurzschluss nach USV-System)
- Art der angeschlossenen Last (PDU-Transformator).

Die Anlage ist in der Lage, zwischen den verschiedenen Störungsarten zu unterscheiden und schnell zu reagieren. Dabei wird die Kompatibilität mit nachgeschalteten Geräten wie Servern, Transformatoren, STS oder mechanischen Verbrauchern sichergestellt.

Fazit

Die Betriebsart „ECO-Modus“ wird nur sehr begrenzt für Lastarten angewendet, die fast ausschliesslich Widerstandslasten sind. Denn dieser Modus kann keinerlei Oberwellen- oder Leistungsfaktorkompensation durchführen. Zur Gewährleistung eines ordnungsgemäßen Lastschutzes sollte eine USV, die im ECO-Modus betrieben wird, immer über zusätzliche passive und aktive Filterung verfügen. Die Umschaltzeit ist auch eine der wichtigen Fragen, denn sie muss mit den nachgeschalteten Lasten, STS, Transformatoren und Servern kompatibel sein. Sie alle müssen vollständig aufeinander abgestimmt sein, wodurch der ECO-Modus für die meisten Installationen fast nicht anwendbar ist.

Im Gegensatz dazu sorgt die Technologie bei Trinergy™ und Liebert® Trinergy™ Cube für das richtige Maß an Lastschutz und Power Conditioning für die Last und das Netz. Damit ist das die ideale Lösung für den Schutz von Rechenzentren, denn die Technologie trägt zur Senkung der PUE auf ein Mindestmaß bei. Für die bisherige Trinergy wurde in Feldinstallationen eine durchschnittliche Betriebseffizienz von über 97 % erzielt. Mit der Einführung von Liebert Trinergy Cube lässt sich dieser Wert nun auf bis zu 98,5 % steigern. Der Einsatz dieser Technologie als Ersatz für die vorhandenen Anlagen kann sich bereits nach wenigen Jahren amortisieren. Denn bei einer 1-MW-Last kann die Entscheidung für eine effizientere USV zu Einsparungen von ungefähr 12.000 Euro pro Prozent Effizienzunterschied führen. Mit Liebert Trinergy Cube lässt sich gegenüber den vorhandenen Anlagen problemlos eine um sechs Prozentpunkte höhere Effizienz erzielen. Im Hinblick auf die Wärmeabgabe bedeutet das eine Reduzierung um mehr als 60 %.

Tatsächlich läuft die USV, wie aus der obigen Tabelle 5 hervorgeht, den Großteil der Zeit im VI-Modus. Das unterstreicht die Notwendigkeit einer USV, die automatisch zwischen allen drei möglichen Betriebsmodi laut USV-Norm 62040-3 wählen kann. Denn das ist eine Möglichkeit, die USV-Betriebseffizienz zu verbessern und die Gesamtbetriebskosten zu senken, während gleichzeitig ein Höchstmaß an Verfügbarkeit und Stromversorgungsschutz für moderne IT-Lasten aufrechterhalten wird.

Vor diesem Hintergrund ist Liebert Trinergy Cube die optimale Lösung, um dem Interesse an Energieeinsparung, der Nutzung innovativer erneuerbaren Energien, Best Practices in Sachen Energieeinsparung und der Entwicklung von Normen zur Energieeffizienz gerecht zu werden. Das Gerät zeichnet sich durch dauerhafte Verfügbarkeit, höchste Betriebseffizienz, geringere Installationsfläche und intelligentes Kapazitätsmanagement aus. Es wurde speziell für den IT-Bereich entwickelt und eröffnet bei wachsenden geschäftlichen Anforderungen entsprechende Erweiterungsmöglichkeiten bis zu 27 MW.

Glossar

USV = Unterbrechungsfreie Stromversorgung

VFI = Voltage and Frequency Independent (spannungs- und frequenzunabhängig) (laut USV-Norm 62040-3)

VI = Voltage Independent (spannungsunabhängig) (laut USV-Norm 62040-3)

VFD = Voltage and Frequency Dependent (spannungs- und frequenzabhängig) (laut USV-Norm 62040-3)

PF = Power Factor (Leistungsfaktor)

THDi = Total Harmonic Distortion (Gesamtklirrfaktor) des Stroms

PSU = Power Supply Unit (Netzteil)

TVSS = Transient Voltage Surge Suppressor (Überspannungsableiter)

PDU = Power Distribution Unit (Stromverteilungseinheit)

ROI = Return Of Investment (Amortisationszeit)

TCO = Total Cost of Ownership (Gesamtbetriebskosten)

