

Zeitschrift:	Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association suisse des électriciens, de l'Association des entreprises électriques suisses
Herausgeber:	Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen
Band:	92 (2001)
Heft:	11
Artikel:	Planung und Betrieb von unterbrechungsfreien Stromversorgungsanlagen
Autor:	Mauchle, Peter
DOI:	https://doi.org/10.5169/seals-855716

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 15.01.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Planung und Betrieb von unterbrechungsfreien Stromversorgungsanlagen

Energieoptimierte Planung und energieoptimierter Betrieb reduzieren Energie- und Investitionskosten

Die Verbesserung der Netzqualität auf der Verbraucherseite oder auf der Seite des speisenden Netzes durch unterbrechungsfreie Stromversorgungsanlagen (USV-Anlagen) kann mit beträchtlichen Energieverlusten verbunden sein. Die über die Lebensdauer anfallenden Kosten für die Energieverluste der Anlage können

Komponenten ab. Anlagen mit Gleich- und Wechselrichter weisen bei dieser Betriebsart auf Grund der Doppelumrichtung im Gleich- und Wechselrichter grössere Verluste auf als Anlagen mit 4-Quadranten-Umrichter.

Sofern die USV-Anlage nicht ein Aktivfilter zur Kompensation des Leistungsfaktors eingebaut hat, fliessen im Falle der Doppelumrichteranlage vom Gleichrichter oder im Falle der 4-Quadranten-Umrichter von der Verbraucherlast erzeugte Oberschwingungen in das speisende Netz zurück.

Die Ausgangsspannung in dieser Betriebsart ist geregelt und Netzstörungen werden je nach Qualität der USV-Anlage unterdrückt. Bei Doppelumrichteranlagen ist durch die Entkopplung der Last vom Netz die Filterwirkung gegenüber den Netzstörungen grösser als bei 4-Quadranten-Umrichtern. Die Anlage folgt der Netzfrequenz. Sobald das Netz das in der USV-Anlage vorprogrammierte Frequenzfenster verlässt, wechselt die Anlage auf Eigenfrequenz. Bei Anlagen mit 4-Quadranten-Umrichtern heisst dies, dass auf Batteriebetrieb umgeschaltet wird. Anlagen mit Gleich- und Wechselrichter schalten bei grösseren Frequenzabweichungen, d.h. wenn ein Gleichrichterbetrieb in Folge der Frequenzabweichung nicht mehr möglich ist, auch auf Batteriebetrieb um.

- S_{nenn} maximale Dauerausgangsscheinleistung bei nichtlinearer Belastung gemäss EN 50091.

Eine USV-Anlage kann über den USV-Pfad, über den Bypass oder im Notbetrieb betrieben werden.

Betrieb über USV

In diesem Betriebsmodus fliessst die Energie im Normalbetriebszustand wie in Bild 1 (durchgezogene Pfeile) dargestellt über den USV-Pfad zum Verbraucher, d.h. abhängig vom Typ der USV-Anlage über den Gleich- und Wechselrichter bzw. über den 4-Quadranten-Umrichter und allenfalls weitere, sich in die-sem Pfad befindliche Komponenten. Die Batterien werden geladen bzw. auf der Schwebeladespannung gehalten.

Der Energieverbrauch der USV-Anlage hängt vom Wirkungsgrad dieser

Peter Mauchle, Gilbert Schnyder

die wichtigsten Informationen für die energetisch optimale Planung von USV-Anlagen gibt. Dem Betreiber dieser Anlagen wird aufgezeigt, wie sie optimal zu betreiben sind – und zwar aus dem Blickwinkel sowohl der Versorgungssicherheit als auch der Betriebskosten.

Die Komponenten einer USV-Anlage

Der prinzipielle Aufbau einer USV-Anlage ist aus Bild 1 ersichtlich.

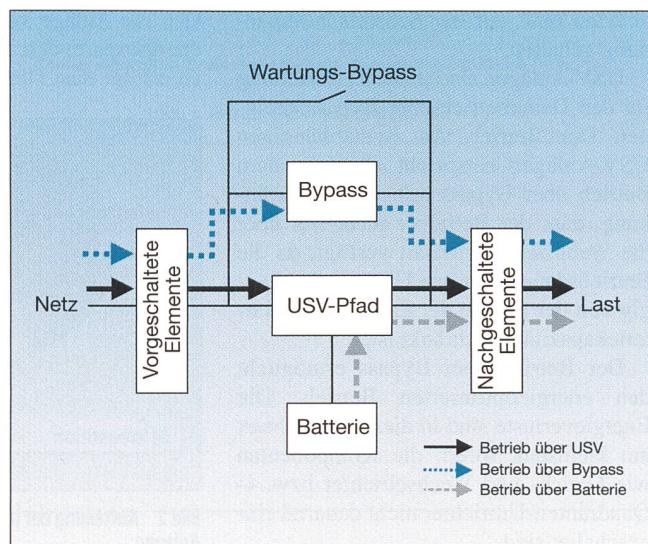
Eine USV-Anlage setzt sich zusammen aus dem USV-Pfad, dem Bypass, dem Wartungs-Bypass, dem Element zur Energiespeicherung – üblicherweise Batterien – sowie den anwendungsspezifischen vor- und nachgeschalteten Elementen wie z.B. Filter.

Eine wesentliche Grösse einer USV-Anlage ist die Leistung, welche am Ausgang der Anlage zur Verfügung steht. Um Anlagen untereinander vergleichen zu können, müssen die Leistungsangaben unabhängig vom Aufbau der Anlage angegeben werden.

Dazu gilt folgende Definition:

- P_{nenn} maximale Dauerausgangswirkleistung bei linearer ohmscher Belastung.

Bild 1 Prinzipieller Aufbau einer USV-Anlage



Anforderungen einiger Verbraucher an das Netz

Ein Grossteil der Personalcomputer, Arbeitsstationen, EDV-Netzwerke und der Geräte mit getakteten Netzgeräten überstehen einen Spannungsunterbruch von 20 ms ohne Funktionsstörung und sind auch gegenüber den anderen Netzstörungen in den in Bild 4 aufgeführten Bereichen immun. Im Gegensatz dazu führt bei Hochdruckleuchten oder teilweise bei Steuerungen mit Relais in Selbsthaltung ein Spannungsunterbruch von 20 ms dazu, dass sich das Gerät abschaltet und allenfalls erst nach einigen Minuten wieder gestartet werden kann. Bei Anlagen mit eigener Energiespeicherkapazität wie zum Beispiel bei Klima- und Kälteanlagen in einem Gebäude ist häufig ein Betriebsausfall von mehreren Minuten erlaubt. Im Gegensatz dazu gilt dies nicht für die Klimatisierung des USV-Raumes und eines allfälligen Batterieraumes, da für den Betrieb der USV-Anlage und der Batterien die für eine einwandfreie Funktion der Anlagen erforderlichen Umgebungsbedingungen gewährleistet sein müssen – besonders bei einem Netzausfall.

Betrieb über Bypass

Beim Betrieb über Bypass fliesst die Energie im Normalbetriebszustand oder bei einer Störung des USV-Pfades über den statischen Bypass zum Verbraucher (punktierter Pfeile in Bild 1), d.h. die Versorgung der Verbraucher erfolgt über die vor- oder nachgeschalteten Komponenten direkt ab dem Netz. Die Batterien werden geladen bzw. auf der Schwebeladespannung gehalten.

USV-Anlagen sind je nach Herstellung für den Dauerbetrieb über Bypass geeignet. Der Betrieb von netzabhängigen USV-Anlagen entspricht ebenfalls dem Betrieb über Bypass mit der Einschränkung, dass der Betreiber nicht frei über die Wahl der Betriebsart verfügt, da die Betriebsdauer über den USV-Pfad abhängig von der Grösse der Last und der Batteriekapazität beschränkt ist.

Der Betrieb über Bypass ermöglicht den energieoptimierten Betrieb. Die Energieverluste sind in dieser Betriebsart am kleinsten, sofern die Komponenten wie Gleich- und Wechselrichter bzw. 4-Quadranten-Umrichter nicht dauernd eingeschaltet sind.

Anlagen, die über den Bypass betrieben werden, müssen im Falle einer Netzstörung automatisch auf den Betrieb über USV umschalten, d.h. die Versorgung über den USV-Pfad oder ab Batterie muss gewährleistet werden. Bei dieser Umschaltung kann abhängig von der Art der Netzstörung und der Qualität der USV-Anlage ein Unterbruch der Spannung am Ausgang der USV-Anlage von maximal 20 ms auftreten. Zum Beispiel verursacht ein Kurzschluss auf der Netzseite einen Unterbruch, während ein Spannungseinbruch oder eine Frequenzabweichung am Eingang der USV-Anlage am Ausgang lediglich eine Beeinflussung der Spannungsform bewirken.

Die Werte für die Umschaltkriterien vom Bypass- auf den USV-Betrieb können anwendungsspezifisch definiert werden, wobei darauf zu achten ist, dass der Betrieb über den Bypass möglichst lange gefahren werden kann, die Toleranzbreite der Eingangsspannung also nicht zu eng gewählt wird.

Die automatische Rückkehr vom USV-Betrieb in den Bypass-Betrieb erfolgt erst nach einer Stabilisierungsphase der Eingangsspannung. Dadurch wird vermieden, dass in Folge instabiler Netzverhältnisse mehrmalige Umschaltungen zwischen dem USV- und dem Bypass-Betrieb stattfinden.

Notbetrieb: Betrieb bei Netzausfall und Netzstörungen

Beim Ausfall der Netzversorgung oder bei einzelnen Netzstörungen erfolgt die Versorgung der Verbraucher über die Batterien (punktiert-gestrichelte Pfeile in Bild 1). Anlagen, die vor dem Zeitpunkt des Ausfalls der Netzversorgung über den USV-Pfad betrieben werden, schalten ohne Unterbruch der Energieversorgung auf den Notbetrieb – d.h. auf die Versorgung über die Batterie – um. Befindet sich die Anlage vor dem Netzausfall im energiesparenden Betrieb über Bypass, so erfolgt eine Umschaltung in den Not-

betrieb mit einem Spannungsunterbruch von maximal 20 ms. Die effektive Dauer des Spannungsunterbruchs am Ausgang der USV-Anlage ist dabei abhängig von der Art und dem Zeitpunkt des Eintretens der Störung im versorgenden Netz.

Wartung

Bei Wartungsarbeiten an der USV-Anlage kann das System manuell auf den Wartungs-Bypass umgeschaltet werden. Die Versorgung der Verbraucher erfolgt über die vor- oder nachgeschalteten Elemente direkt ab Netz.

Energiekosten liegen in der Höhe der Investitionskosten

Die Kosten der Energieverluste werden in der Regel unterschätzt. Durch Umwandlung der Investitionskosten in jährliche Raten oder durch Kapitalisierung der Energiekosten lassen sich verlässliche Vergleiche ziehen. Typischerweise liegen die Stromkosten – über die Lebensdauer der USV-Anlage gerechnet – in der gleichen Größenordnung wie die Investitionskosten (Bild 2).

Energieoptimierte Planung und energieoptimierter Betrieb reduzieren einerseits die Stromkosten der Anlagen während der ganzen Lebensdauer und reduzieren durch die Wahl einer kleineren Anlage auch die Investitionskosten. Die Wahl der Betriebsart von USV-Anlagen in Abhängigkeit von den Qualitätsanforderungen der Verbraucher selber kann wesentlich zur Reduktion der Kosten beitragen. Schliesslich müssen auch die Entsorgungskosten der durch die USV-Anlage abgegebenen Abwärme mit einbezogen werden.

Die Last als entscheidende Planungsgrösse

Bei der Planung einer USV-Anlage ist eine frühzeitige und möglichst gute Bestimmung der Last ein entscheidender Faktor für die korrekte Wahl des Typs, des Konzepts, der Betriebsart und der Nennleistung sowie für die Bestimmung des optimalen Betriebs.

Zu hoch gewählte Nennleistungen von USV-Anlagen sind meist eine Folge von Sicherheitszuschlägen, die aus einem Mangel an Kenntnissen über die anzuschliessenden Geräte und Anlagen entstehen. Das nicht bekannte Verhalten der anzuschliessenden Geräte und Anlagen bei Netzstörungen und bei Netzausfall hat zudem wesentliche Auswirkungen auf die Wahl der Betriebsart der USV-Anlagen.

Grundsätzlich sollte das Prinzip gelten: An die USV-Anlage werden nur Ver-

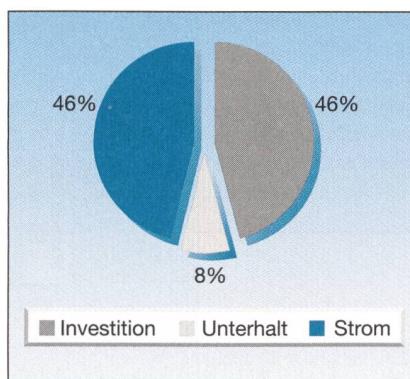


Bild 2 Aufteilung der jährlichen Kosten von USV-Anlagen

braucher angeschlossen, die bei Netzstörungen oder bei Netzausfall Fehlfunktionen verursachen oder selber beeinflusst werden. Durch Überprüfen der an die USV-Anlage anzuschliessenden Geräte kann die Last minimiert werden. Ausgabegeräte wie Drucker oder Steuerungen für Anlagen, die in der Regel bei Stromausfall nicht in Betrieb sind, sollen nach Möglichkeit nicht an die USV-Anlage angeschlossen werden.

Gut dimensionierte Anlagen weisen nicht nur tiefere Betriebskosten durch verminderter Energieverbrauch auf, sondern auf Grund der korrekt gewählten Nennleistung auch geringere Investitionskosten. Zudem hat die Nennleistung der USV-Anlage Einfluss auf die Dimensionierung der Netzversorgung und die zugehörigen Infrastrukturanlagen wie Lüftung und Klimatisierung.

Bestimmung der Last

Der Planer erhält vom Bauherrn (oder von anderen Planern) die Daten der an die USV-Anlage anzuschliessenden Verbraucher. Die Leistungen dieser Verbraucher werden zusammengezählt, um die Leistung der USV-Anlage zu bestimmen. Bei diesem Verfahren ist es entscheidend, die Gleichzeitigkeit und den Verlauf der Last zu beachten. Zudem sind die effekti-

ven Leistungen der Geräte – nicht die Nenndaten auf dem Typenschild – zu verwenden.

Die Verbraucher sind in der Regel nicht alle gleichzeitig in Betrieb. Ihre totale Leistung ist deshalb unter dem Aspekt der Gleichzeitigkeit zu betrachten, welche wiederum stark von der Art der angeschlossenen Lasten abhängt.

Angaben auf dem Typenschild eines Verbrauchers geben die maximal mögliche Leistung, z.B. beim Einschalten, an. Messungen an verschiedenen Geräten und Anlagen haben gezeigt, dass diese Angaben sehr stark über den effektiven Leistungen liegen. Deshalb lohnt es sich, von den Herstellern der angeschlossenen Geräte und Anlagen den effektiven Verbrauch im Betriebszustand und im Stand-by-Zustand nachzufragen.

Der Planer möchte die Leistung der USV-Anlage möglichst früh im Planungsprozess festlegen, damit die Anlagenkosten abgeschätzt werden können. In dieser Phase sind aber viele der angeschlossenen Anlagen noch nicht bekannt. Während des Planungsprozesses nehmen die Informationen über die angeschlossenen Anlagen laufend zu. Die USV-Anlage kann deshalb besser dimensioniert werden, wenn die Festlegung der Nennleistung möglichst spät im Planungspro-

zess erfolgt. Je mehr Informationen über Geräte und Anlagen sowie deren Netzrückwirkungen bekannt sind, um so bessere Planungsdaten sind für die Wahl des Typs der USV-Anlage und deren Betriebsart vorhanden.

Für eine stark variable Last ist ein modularer Aufbau mit einer gesteuerten Abschaltung von einzelnen Modulen in Betracht zu ziehen. Bei zeitweise abgeschalteter Last ist eine USV-Anlage vorzusehen, bei der ein Betrieb über den Bypass möglich ist.

Zusätzlich zur Leistung der Verbraucher ist auch deren Verträglichkeit gegenüber kurzzeitigen Netzstörungen abzuklären. Dies vor allem im Hinblick auf die optimale Wahl der Betriebsart einer USV-Anlage.

Die Anforderungen der über USV zu versorgenden Lasten an das versorgende Netz sind jeweils zu ermitteln. Dabei ist von Bedeutung, ob die Last einen kurzzeitigen Spannungsunterbruch bis 20 ms ohne Funktionsstörung überstehen kann. Ein Grossteil der USV-berechtigten Lasten, vor allem Geräte mit getakteten Netzteilen, verkaufen einen kurzzeitigen Unterbruch der Spannung und können über den elektronischen Bypass einer USV-Anlage versorgt werden. USV-Anlagen, die im Normalbetrieb über den By-

Checkliste zum versorgenden Netz																																																												
Teil 1: Qualität des versorgenden Netzes																																																												
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Netzspannung im Normalfall (gemäss EN 50160)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>  <p>Während 95 % der Zeit: Spannung 230 V +/- 10 % Frequenz 50 Hz +/- 1 % Während 100 % der Zeit: Spannung 230 V +/- 6 %</p> </td><td>Netzspannung im Normalfall gemäss EN 50160 erfüllt</td></tr> </tbody> </table>		Netzspannung im Normalfall (gemäss EN 50160)		 <p>Während 95 % der Zeit: Spannung 230 V +/- 10 % Frequenz 50 Hz +/- 1 % Während 100 % der Zeit: Spannung 230 V +/- 6 %</p>	Netzspannung im Normalfall gemäss EN 50160 erfüllt																																																							
Netzspannung im Normalfall (gemäss EN 50160)																																																												
 <p>Während 95 % der Zeit: Spannung 230 V +/- 10 % Frequenz 50 Hz +/- 1 % Während 100 % der Zeit: Spannung 230 V +/- 6 %</p>	Netzspannung im Normalfall gemäss EN 50160 erfüllt																																																											
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Netzstörungen</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>  <p>Art der Störung Mögliche Ursachen</p> </td><td> <p>Beurteilung Eintretenswahrscheinlichkeit; Grösse der Netzstörung</p> </td></tr> <tr> <td>  <p>Netzausfall Unwetter, Transformatoren-, Generatorausfälle</p> </td><td>Jederzeit möglich</td></tr> <tr> <td>  <p>Netzunterbruch, Netzeinbruch Unwetter, Schaltanwendungen im Netz Kurzschlüsse</p> </td><td>Jederzeit möglich</td></tr> <tr> <td>  <p>Über-, Unterspannung Über- und Unterbelastung des Netzes</p> </td><td>häufig selten nie $\Delta U =$ $\Delta U =$</td></tr> <tr> <td>  <p>Spannungsschwankungen Große Laständerungen</p> </td><td>häufig selten nie $\Delta U =$ $\Delta U =$</td></tr> <tr> <td>  <p>Frequenzschwankungen Seiten im europäischen UCTE-Netz. Möglich im Inselbetrieb (z.B. beim Einsatz von Netzersatzanlagen)</p> </td><td>Kein Inselbetrieb mit Netzersatzanlage $\rightarrow \Delta f$ ist vernachlässigbar Inselbetrieb mit Netzersatzanlage $\rightarrow \Delta f =$</td></tr> <tr> <td>  <p>Spannungsverzerrungen Oberwellen durch Gleich- und Wechselrichter Getaktete Netzteile</p> </td><td>Abhängig von anderen Verbrauchern; Spannungsklirrfaktor $K_U =$</td></tr> <tr> <td>  <p>Spannungsspitzen Blitzeinschläge, Schaltanwendungen Kurzschlüsse, Gleich und Wechselrichter</p> </td><td>Jederzeit möglich; Schnelle Transiente (IEC 1000 4-4) $U_{peak} =$ Energiereiche Transiente (IEC 1000 4-5) $U_{peak} =$</td></tr> </tbody> </table>		Netzstörungen		 <p>Art der Störung Mögliche Ursachen</p>	<p>Beurteilung Eintretenswahrscheinlichkeit; Grösse der Netzstörung</p>	 <p>Netzausfall Unwetter, Transformatoren-, Generatorausfälle</p>	Jederzeit möglich	 <p>Netzunterbruch, Netzeinbruch Unwetter, Schaltanwendungen im Netz Kurzschlüsse</p>	Jederzeit möglich	 <p>Über-, Unterspannung Über- und Unterbelastung des Netzes</p>	häufig selten nie $\Delta U =$ $\Delta U =$	 <p>Spannungsschwankungen Große Laständerungen</p>	häufig selten nie $\Delta U =$ $\Delta U =$	 <p>Frequenzschwankungen Seiten im europäischen UCTE-Netz. Möglich im Inselbetrieb (z.B. beim Einsatz von Netzersatzanlagen)</p>	Kein Inselbetrieb mit Netzersatzanlage $\rightarrow \Delta f$ ist vernachlässigbar Inselbetrieb mit Netzersatzanlage $\rightarrow \Delta f =$	 <p>Spannungsverzerrungen Oberwellen durch Gleich- und Wechselrichter Getaktete Netzteile</p>	Abhängig von anderen Verbrauchern; Spannungsklirrfaktor $K_U =$	 <p>Spannungsspitzen Blitzeinschläge, Schaltanwendungen Kurzschlüsse, Gleich und Wechselrichter</p>	Jederzeit möglich; Schnelle Transiente (IEC 1000 4-4) $U_{peak} =$ Energiereiche Transiente (IEC 1000 4-5) $U_{peak} =$																																									
Netzstörungen																																																												
 <p>Art der Störung Mögliche Ursachen</p>	<p>Beurteilung Eintretenswahrscheinlichkeit; Grösse der Netzstörung</p>																																																											
 <p>Netzausfall Unwetter, Transformatoren-, Generatorausfälle</p>	Jederzeit möglich																																																											
 <p>Netzunterbruch, Netzeinbruch Unwetter, Schaltanwendungen im Netz Kurzschlüsse</p>	Jederzeit möglich																																																											
 <p>Über-, Unterspannung Über- und Unterbelastung des Netzes</p>	häufig selten nie $\Delta U =$ $\Delta U =$																																																											
 <p>Spannungsschwankungen Große Laständerungen</p>	häufig selten nie $\Delta U =$ $\Delta U =$																																																											
 <p>Frequenzschwankungen Seiten im europäischen UCTE-Netz. Möglich im Inselbetrieb (z.B. beim Einsatz von Netzersatzanlagen)</p>	Kein Inselbetrieb mit Netzersatzanlage $\rightarrow \Delta f$ ist vernachlässigbar Inselbetrieb mit Netzersatzanlage $\rightarrow \Delta f =$																																																											
 <p>Spannungsverzerrungen Oberwellen durch Gleich- und Wechselrichter Getaktete Netzteile</p>	Abhängig von anderen Verbrauchern; Spannungsklirrfaktor $K_U =$																																																											
 <p>Spannungsspitzen Blitzeinschläge, Schaltanwendungen Kurzschlüsse, Gleich und Wechselrichter</p>	Jederzeit möglich; Schnelle Transiente (IEC 1000 4-4) $U_{peak} =$ Energiereiche Transiente (IEC 1000 4-5) $U_{peak} =$																																																											
<p>Netzkurzschlussleistung S_{KV} am Anschlusspunkt</p> <p>$S_{KV} =$</p>																																																												
<p>Checkliste zum versorgenden Netz</p> <p>Teil 2: Anforderungen des versorgenden Netzes an die Verbraucher</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="8">Minimaler Leistungsfaktor $\lambda_{min} =$</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>v</td><td>3</td><td>5</td><td>7</td><td>11</td><td>13</td><td>17</td><td>19 > 19</td></tr> <tr> <td>p_v</td><td>6 (18)*</td><td>15</td><td>10</td><td>5</td><td>4</td><td>2</td><td>1.5 1</td></tr> <tr> <td>I_v</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table> <p>Emissionsgrenzwerte für einzelne Oberschwingungsströme I_v</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>v</th><th>3</th><th>5</th><th>7</th><th>11</th><th>13</th><th>17</th><th>19</th><th>> 19</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>p_v</td><td>6 (18)*</td><td>15</td><td>10</td><td>5</td><td>4</td><td>2</td><td>1.5</td><td>1</td></tr> <tr> <td>I_v</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table> <p>$S_{KV} =$ Netzkurzschlussleistung am Anschlusspunkt $\lambda_{min} =$ Anschlussleistung der Verbraucher $I_A =$ Strombezugsgrösse bei S_A $I_v =$ Strombezugsgrösse bei S_v *) Der zwischen den Klammern gesetzte Wert gilt für den Neutralleiter</p> <p>Emissionsgrenzwert für die Gesamtheit aller Oberschwingungsströme THDiA</p> <p>$THDiA = \sqrt{\sum I_v^2} / I_A \leq 0.02 \sqrt{S_{KV} / S_A} =$</p>		Minimaler Leistungsfaktor $\lambda_{min} =$								v	3	5	7	11	13	17	19 > 19	p_v	6 (18)*	15	10	5	4	2	1.5 1	I_v								v	3	5	7	11	13	17	19	> 19	p_v	6 (18)*	15	10	5	4	2	1.5	1	I_v								
Minimaler Leistungsfaktor $\lambda_{min} =$																																																												
v	3	5	7	11	13	17	19 > 19																																																					
p_v	6 (18)*	15	10	5	4	2	1.5 1																																																					
I_v																																																												
v	3	5	7	11	13	17	19	> 19																																																				
p_v	6 (18)*	15	10	5	4	2	1.5	1																																																				
I_v																																																												

Bild 3 Checkliste zum versorgenden Netz

Bild 4 Checkliste der Verbraucher: Teil 1

pass gefahren werden, schalten bei einer netzeitigen Störung mit einem kurzzeitigen Unterbruch von maximal 20 ms auf den USV-Pfad um, womit die Versorgung der Lasten gewährleistet bleibt. Der Betrieb über den Bypass-Pfad hat eine Reduktion der Energieverluste einer USV-Anlage zur Folge.

Nichtlineare Lasten, allen voran die elektronischen Geräte, erzeugen Oberschwingungsströme. Je nach Aufbau und Betriebsart einer USV-Anlage können diese Netzrückwirkungen der Lasten reduziert werden.

Energieoptimierte Planung und energieoptimierter Betrieb

Die Wirkungsgrade von USV-Anlagen weisen je nach Typ und Hersteller grosse Streuungen auf. Der Wirkungsgrad hängt zudem von der Nennleistung, von der prozentualen Belastung (Auslastung) und der Art der Last sowie von der Betriebsart der USV-Anlage ab.

Bei Anlagen der neueren Generationen verläuft der Wirkungsgrad beim Betrieb über den USV-Pfad im Bereich von 35% bis 100% der Belastung relativ flach und auf einem hohen Wert, unter 35% nimmt er sehr schnell ab.

Als Alternative zum Dauerbetrieb über den USV-Pfad kann der Dauerbetrieb über den Bypass einer USV-Anlage in

Betracht gezogen werden. Dabei erreicht der Wirkungsgrad einer USV-Anlage im Nennlastbetrieb 97% bis 99%.

Zur Beurteilung und zum Vergleich von verschiedenen Anlagen sind vor allem die Verluste geeignet. Im Gegensatz zum Wirkungsgrad können die Verluste auch bei kleinen Belastungen und im Leerlauf verglichen werden.

Für energieoptimierte Planung und energieoptimierten Betrieb von USV-Anlagen sind die folgenden Grundsätze zu beachten:

- Die richtige Dimensionierung reduziert die Investitions- und Betriebskosten.
 - Die jährlichen Stromkosten für die Verluste sind bei manchen Anlagen in der gleichen Größenordnung wie die kapitalisierten Investitionskosten.
 - Die Auswahl des Fabrikats hat einen entscheidenden Einfluss auf die Energieverluste.
 - Die jährlichen Kosten für die Energieverluste können durch die Optimierung der Betriebsart einer USV-Anlage – d.h. wenn immer möglich Betrieb über den Bypass – reduziert werden.
 - Die Empfindlichkeit der Verbraucher bezüglich eines kurzzeitigen Spannungsunterbruchs hat einen entscheidenden Einfluss auf die Wahl der Betriebsart und damit auf die Energieverluste.

Anforderungen für einen optimalen Einsatz

USV-Systeme können unterschiedlich aufgebaut werden, sei dies als Geradeaus-, Parallel- oder modular erweiterbare Anlage. Welches Konzept für den USV-Systemaufbau optimal ist, wird durch die Verbrauchsanforderungen definiert. Abhängig davon, ob für keinen Verbraucher ein Ausfall toleriert wird, ob für einzelne oder sogar alle Verbraucher Kurzunterbrüche zulässig sind, müssen redundante USV-Anlagen, USV-Anlagen nur für einzelne Verbrauchergruppen oder keine USV-Anlagen eingesetzt werden.

Die diesbezüglichen Anforderungen an ein USV-System werden aus technischer Sicht durch das versorgende Netz und die Verbraucher bestimmt.

Versorgendes Netz

Für die elektrischen Verbraucher ist es von Interesse, wie oft und wie stark das versorgende Netz vom Normalfall abweichen kann. Dabei muss ermittelt werden, wie weit Ausfälle oder Unterbrüche in der Netzversorgung und wie weit andere Netzstörungen auftreten können.

Mit der in Bild 3 dargestellten «Checkliste zum versorgenden Netz: Teil 1» kann die Qualität des versorgenden Netzes ermittelt werden. Die Berücksichtigung der Störungsstatistiken des Netzbetreibers kann dabei hilfreich sein. Für das

versorgende Netz ist eine allfällige interne Verteilung bis zum Anschlusspunkt der USV-Anlage bzw. der Verbraucher mit zu berücksichtigen.

Als zusätzliche Angabe zum versorgenden Netz muss die Netzkurzschlussleistung (S_{kV}) am Anschlusspunkt der Verbraucher bekannt sein bzw. ist durch den Energieversorger zu bestimmen.

Durch den Einsatz von USV-Anlagen werden je nach Aufbauprinzip die Netzrückwirkungen der Verbraucher auf das versorgende Netz reduziert, d.h. von den Verbrauchern können der Leistungsfaktor λ korrigiert und die Stromober schwingungen am Anschlusspunkt reduziert werden.

In der «Checkliste zum versorgenden Netz: Teil 2» (Bild 3) sind Anforderungen des versorgenden Netzes an die Verbraucher festzuhalten. Der minimale Leistungsfaktor λ oder häufiger der $\cos \varphi$ wird vom Netzbetreiber definiert.

Die maximalen Stromober schwingungen am Anschlusspunkt sind gemäss der Empfehlung des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen (VSE-Empfehlung 2.72d-97) zu bestimmen.

Verbraucher

Die elektrischen Verbraucher reagieren unterschiedlich auf die möglichen Netzstörungen. In der in Bild 4 dargestellten «Checkliste der Verbraucher: Teil 1» werden die Anforderungen der Verbraucher an das versorgende Netz bezüglich der Netzstörungen erfasst.

Verbraucher, die über eine USV-Anlage versorgt werden sollen, werden in der Checkliste der Verbraucher erfasst. Zusätzlich zur Leistungsangabe sind Angaben über die Verträglichkeit gegenüber Netzstörungen zu machen. Im Weiteren ist anzugeben, ob ein Betriebsausfall des jeweiligen Verbrauchers erlaubt ist und wenn ja, für wie lange.

Die Verträglichkeit der Verbraucher gegenüber den Netzstörungen ist als Ja/Nein-Kriterium zu beurteilen. Dabei gelten folgende Kriterien für die Erfüllung der Verträglichkeit gegenüber den einzelnen Netzstörungen:

- Ein Spannungsunterbruch bis 20 ms muss ohne Störung der Funktion überstanden werden.
- Abweichungen von der Nennspannung bis $\pm 10\%$, der Nennfrequenz von $+4\%$ bis -6% sowie bis 8% Spannungsverzerrung müssen ohne Störung der Funktionen des Verbrauchers überstanden werden.
- Schnelle und energiereiche Transiente bis $4 \text{ kV}_{\text{peak}}$ müssen ohne nachhaltige Störung der Funktion überstanden werden, d.h. der Verbraucher kann durch die Transienten merklich gestört werden, der fehlerfreie Zustand wird jedoch nach der Störeinwirkung wieder selbstständig hergestellt.

Bei der Erfassung der Verbraucher sollen Erfahrungswerte den Werten aus den Datenblättern vorgezogen werden, da die Erfahrungswerte wesentlich zur Optimie

rung des Einsatzes der USV-Anlage beitragen.

Verbraucher verursachen Netzrückwirkungen auf das versorgende Netz. Von Interesse sind dabei der Leistungsfaktor und die Stromober schwingungen, da diese Netzrückwirkungen durch USV-Anlagen reduziert werden können.

Mit der «Checkliste der Verbraucher: Teil 2» (Bild 5) kann die Qualität der Verbraucher bezüglich der Netzrückwirkungen erfasst werden.

Von den einzelnen Verbrauchern wird unter Berücksichtigung des jeweiligen Gleichzeitigkeitsfaktors und des Leistungsfaktors die Wirk- und Blindleistung bestimmt. Aus der Summe aller Wirk- und Blindleistungen wird der Leistungsfaktor aller Verbraucher sowie die gesamte Anschlussleistung der Verbraucher S_A ermittelt. Die Erhebung der Wirk- und Blindleistung der einzelnen Verbraucher ist ein Basiskriterium für die Dimensionierung einer USV-Anlage und somit zwingend vorzunehmen.

Zur Erhebung der Oberschwingungsströme der einzelnen Verbraucher fehlen häufig die Angaben der Hersteller, daher wird die Bestimmung dieser Netzrückwirkungen der Verbraucher für die Optimierung des Einsatzes von USV-Anlagen als optionales Kriterium betrachtet. Falls der Grossteil der Verbraucher ein nicht-lineares Verhalten aufweist (z.B. Einsatz vieler Geräte mit Leistungselektronikkomponenten), ist eine Beurteilung der Qualität der Verbraucher bezüglich der

Checkliste der Verbraucher										
Teil 2: Qualität der Verbraucher										
Verbraucher	Ref.-Nr.	Leistung (VA)	GL-Faktor (Gleichzeitigkeit)	Leistungs-faktor	Leistungsbezug			Leistung der Oberschwingungserzeuger *)	Gruppe 1	Gruppe 2
					Wirkleistung (W)	Blindleistung gesamt inkl. Oberschwingungen (Var)	Keine Berücksichtigung THDi < 10% (ja/nein)	10% <= THDi <= 25% (VA)	THDi > 25% (VA)	
Total Verbraucher		$S_A =$		=				$S_{Gr.1} =$	$S_{Gr.2} =$	
										Leistung der Oberschwingungserzeuger S_{OS}
										$S_{OS} = 0.5 * S_{Gr.1} + S_{Gr.2} =$
										Oberschwingungslastanteil
										$S_{OS} / S_A =$
										*) THDi = Gesamtoberschwingungsgehalt des Stromes eines einzelnen Verbrauchers

Bild 5 Checkliste der Verbraucher: Teil 2

Unterbrechungsfreie Stromversorgungsanlagen

Stromoberschwingungen trotzdem zu empfehlen.

Die Beurteilung der Stromoberschwingungen der Verbraucher erfolgt gemäss der VSE-Empfehlung 2.72d-97.

Vergleich des versorgenden Netzes mit den Verbrauchern

Die erfassten Verbraucher müssen abhängig von den Anforderungen an das versorgende Netz kategorisiert werden. Dabei werden drei Kategorien gebildet.

Kategorie 1: Versorgung ab Netz

Die Verbraucher können direkt am Netz ohne USV-Anlage betrieben werden.

Kategorie 2: Versorgung über Bypass

Die Verbraucher werden über eine USV-Anlage versorgt. Im Normalbetrieb erfolgt die Versorgung über den Bypass. Bei einer Netzstörung wird die Versorgung mit einem Spannungsunterbruch von max. 20 ms auf den USV-Pfad umgeschaltet. Die Verbraucher überstehen diesen Spannungsunterbruch ohne Betriebsstörung und die Funktionen der Verbraucher bleiben gewährleistet.

Kategorie 3: Versorgung über USV

Die Verbraucher werden über den USV-Pfad der Anlage versorgt.

Die Zuordnung der Verbraucher in die drei Kategorien erfolgt in mehreren Schritten gemäss dem Ablauf in Bild 6.

1. Schritt der Verbraucherkategorisierung

- Verbraucher, bei denen ein Betriebsausfall erlaubt ist, werden der Kategorie 1 zugeordnet (Kriterium 1a).
- Verbraucher, bei denen kein Betriebsausfall erlaubt ist, die aber einen Spannungsunterbruch bis 20 ms ohne Betriebs- oder Funktionsstörung ertragen, werden der Kategorie 2 zugeordnet (Kriterium 1b).
- Alle anderen Verbraucher werden der Kategorie 3 zugeordnet.

2. Schritt der Verbraucherkategorisierung

- Verbraucher der Kategorie 1, bei denen die möglichen Netzstörungen des versorgenden Netzes ausserhalb der Bandbreite der verträglichen Netzstörungen liegen und die durch diese beschädigt werden können, werden der Kategorie 2 zugeordnet. Diese Änderung der Kategorisierung wird auch vorgenommen, wenn die Verbraucher durch die Netzstörungen in ihrer Funktion beeinträchtigt werden, ohne dass es zu ihrer Abschaltung kommt. Netz-

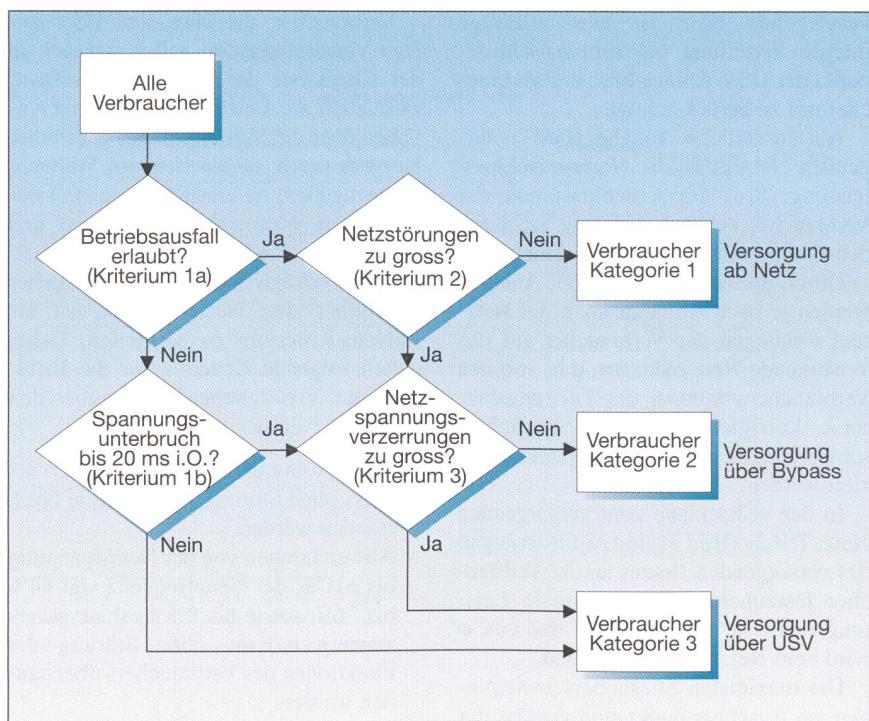


Bild 6 Ablauf der Verbraucherkategorisierung

störungen, die ausserhalb der in der Checkliste der Verbraucher aufgeführten Bandbreiten liegen, können in einem Industriennetz oder im Inselbetrieb auftreten (Kriterium 2).

3. Schritt der Verbraucherkategorisierung

- Verbraucher der Kategorie 2, bei denen die mögliche Spannungsverzerrung des versorgenden Netzes ausserhalb der Bandbreite der verträglichen Spannungsverzerrung liegt, werden der Kategorie 3 zugeordnet. Hohe Spannungsverzerrungen können in Industriennetzen auftreten.

Zur Beurteilung der Netzrückwirkungen der Verbraucher werden von den Verbrauchern pro Kategorie die Gesamtleistung S_A , der Leistungsfaktor λ und als Option der Oberschwingungslastanteil S_{OS}/S_A gemäss der «Checkliste der Verbraucher: Teil 2» in Bild 5 bestimmt.

Die Gesamtleistung S_A dient als Grösse zur Bestimmung der Leistung einer USV-Anlage.

Ist der Leistungsfaktor λ zu niedrig, d.h. ist er kleiner als der geforderte minimale Wert, so sind Massnahmen zur Verbesserung des Leistungsfaktors notwendig.

Bei einer Beurteilung des Oberschwingungslastanteils S_{OS}/S_A der Verbraucher muss dieser in Relation zum Verhältnis S_{KV}/S_A gesetzt werden. Aus der VSE-Empfehlung 2.72d-97 geht dabei hervor,

ob allenfalls Massnahmen zur Reduktion der Oberschwingungen notwendig sind oder nicht.

Falls notwendig, sind die in Tabelle I aufgeführten Massnahmen zur Reduktion der Netzrückwirkungen der Verbraucher möglich.

Bestimmung der USV-Anlage

Ausgehend von den kategorisierten Verbrauchern werden die Anforderungen an die USV-Anlage festgelegt.

Die Verbraucher der Kategorie 1 sind nicht USV-berechtigt und müssen für die Spezifikation der USV-Anlage nicht weiter berücksichtigt werden. Dadurch kann die erforderliche Leistung der USV-Anlage reduziert werden.

Die Leistung der USV-Anlage wird durch die Verbraucher der Kategorie 2 und 3 bestimmt. Abhängig von der Aufteilung der Verbraucher in die Kategorien 2 und 3 muss festgelegt werden, ob allenfalls zwei unabhängige USV-Anlagen eingesetzt werden sollen, wobei die eine über den Bypass und die andere über den USV-Pfad betrieben wird.

Ist ein Betrieb über den Bypass vorgesehen, so ist es erforderlich, dass die schnellen und energiereichen Transienten am Eingang der USV-Anlage absorbiert werden, so dass die an die USV-Anlage angeschlossenen Verbraucher auch im Bypass-Betrieb nicht durch Transiente

Verbraucher	Massnahmen, wenn Leistungsfaktor λ zu gering	Massnahmen, wenn Oberschwingungslastanteil zu hoch
Kategorie 1: Versorgung ab Netz	<ul style="list-style-type: none"> – Einsatz alternativer Verbraucher – Filter – Blindleistungskompensation 	<ul style="list-style-type: none"> – Einsatz alternativer Verbraucher – Filter
Kategorie 2: Versorgung über Bypass	<ul style="list-style-type: none"> – Einsatz alternativer Verbraucher – Ausgewählte Verbraucher der Kategorie 3 zuordnen – Filter – Blindleistungskompensation 	<ul style="list-style-type: none"> – Einsatz alternativer Verbraucher – Ausgewählte Verbraucher der Kategorie 3 zuordnen – Filter
Kategorie 3: Versorgung über USV	<ul style="list-style-type: none"> – Abschirmung durch Gleichstromkreis der USV-Anlage*) – Leistungsfaktorkorrektur durch USV-Anlage – Aktivfilterfunktion der USV-Anlage 	<ul style="list-style-type: none"> – Abschirmung durch Gleichstromkreis der USV-Anlage*) – Aktivfilterfunktion der USV-Anlage

Tabelle I Massnahmen zur Verbesserung von Leistungsfaktor und Oberschwingungsanteil für die einzelnen Verbraucherkategorien

* Die USV-Anlage selbst muss die Anforderungen des versorgenden Netzes bezüglich der Netzrückwirkungen ebenfalls erfüllen.

vom versorgenden Netz beschädigt werden können.

Anlage, die ausschliesslich Verbraucher der Kategorie 3 versorgt, geprüft werden.

Betrieb der USV-Anlage

Werden die Verbraucher der Kategorie 2 und 3 von zwei unabhängigen USV-Anlagen versorgt, so wird die USV-Anlage mit den Verbrauchern der Kategorie 2 über den Bypass und die USV-Anlage mit den Verbrauchern der Kategorie 3 über den USV-Pfad betrieben.

Der Betrieb einer USV-Anlage über den Bypass ist aus Gründen der Verlustminimierung anzustreben. Der Wirkungsgrad einer USV-Anlage liegt im Bypass-Betrieb bei 98% gegenüber etwa 94% bei einzelnen Fabrikaten im Betrieb über den USV-Pfad.

USV-Anlagen, die bei ungestörter Netzeinspeisung über den Bypass betrieben werden, müssen im Falle einer Netzstörung automatisch auf den USV-Betrieb umschalten. Die Kriterien für die Umschaltung sind dabei so zu wählen, dass möglichst lange Betrieb über Bypass gefahren werden kann. Die Rückkehr vom USV-Betrieb in den Bypass-Betrieb darf erst nach einer Stabilisierungsphase des versorgenden Netzes erfolgen.

Werden die Verbraucher der Kategorie 2 und 3 von einer gemeinsamen USV-Anlage versorgt, so wird die USV-Anlage über den USV-Pfad betrieben. Durch eine detaillierte Betrachtung der Verbraucher der Kategorie 3 bezüglich der erforderlichen Verfügbarkeit muss geklärt werden, ob allenfalls ein Bypass-Betrieb ausserhalb der offiziellen Arbeitszeiten, d.h. in der Nacht oder an den Wochenenden, möglich ist.

Die Möglichkeit des zeitweisen Bypass-Betriebes soll auch bei einer USV-

sen mit den einzelnen Varianten durchzuführen.

Die Betriebskosten sollen auch die Kosten der Energieverluste enthalten. Bei der Ermittlung der Energieverluste ist den Zeiten mit unterschiedlicher Betriebsart (Betrieb über USV-Pfad bzw. Betrieb über Bypass) und abgeschalteten Einzelsystemen Rechnung zu tragen.

Die einzelnen Varianten sind unter Berücksichtigung des Risikos von Störungen und Netzunterbrüchen für die Wahl des USV-Systems, des USV-Typs und der Betriebsarten der USV-Anlage miteinander zu vergleichen.

Referenzen

- [1] Bundesamt für Energie: Dokumentation des Projektes Parameteridentifikation und Messverfahren. Herbst 1998
- [2] Bundesamt für Energie: Energieoptimierte Planung und Betrieb von USV-Anlagen; ein Leitfaden für Planer und Betreiber. Mai 2000
- [3] Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen: Empfehlung für die Beurteilung von Netzrückwirkungen, VSE-Empfehlung 2.72d-97. 1997

Adresse der Autoren

Schnyder Ingenieure AG, 8913 Ottenbach; Peter Mauchle, Dr. Gilbert Schnyder, Tel. 01 761 11 16, gilbert.schnyder@sing.ch

Planification et exploitation des installations d'alimentation sans coupure

L'amélioration de la qualité de réseau, du côté des appareils consommateurs ou du réseau d'alimentation, au moyen d'alimentations ininteruptibles (ou alimentations sans coupure ASC) peut entraîner des pertes d'énergie considérables. Les coûts provoqués par les pertes d'énergie de l'installation durant toute sa durée de vie utile peuvent être du même ordre de grandeur que ceux de l'installation elle-même. Une planification et une exploitation optimisées en fonction des aspects énergétiques permettent de réduire les coûts d'énergie et d'investissement. Il vaut donc la peine d'optimiser les installations sur le plan énergétique.

L'Office fédéral de l'énergie a préparé, en collaboration avec l'EPF de Zurich et divers fabricants, une brochure donnant au planificateur électrique les principales informations nécessaires à la planification optimisée des installations ASC. Et l'utilisateur y trouvera la manière d'exploiter son installation de la manière optimale, tant du point de vue de la fiabilité d'alimentation que de celui des coûts d'exploitation.

IMMER EINEN SCHRITT VORAUS

USV-ANLAGEN MIT 99,99999% Verfügbarkeit



The Merlin Gerin Know How

www.mgeaupsch