

Hinweise zur Ausführung von Ersatzstromversorgungsanlagen in öffentlichen Gebäuden

(Ersatzstrom 2006)

lfd. Nr. 96

Aufgestellt und herausgegeben vom Arbeitskreis
Maschinen- und Elektrotechnik staatlicher
und kommunaler Verwaltungen (AMEV)
Berlin 2006

Geschäftsstelle des AMEV im Bundesministerium für Verkehr,
Bau- und Stadtentwicklung [BMVBS], Ref. B 12
10117 Berlin, Telefon 0049 – 30 - 2008 77 22
Telefax: 0049 - 30 - 2008 1973, e-mail: amev@bmvbs.bund.de

Der Inhalt dieser Broschüre darf nur nach vorheriger Zustimmung
der AMEV-Geschäftsstelle auszugsweise vervielfältigt werden.
Die Bedingungen für die elektronische Nutzung der AMEV-Empfehlungen
sind zu beachten (siehe www.amev-online.de)

Kostenlose Informationen über Neuerscheinungen
erhalten Sie bei der Geschäftsstelle des AMEV.
amev@bmvbs.bund.de
www.amev-online.de

0.1 Inhaltsverzeichnis

0.1	Inhaltsverzeichnis	2
0.2	Vorwort	5
1.	Einführung.....	7
1.1	Einsatz von Ersatzstromversorgungsanlagen aus baurechtlichen Gründen	7
1.2	Einsatz von Ersatzstromversorgungsanlagen auf Grund besonderer Anforderungen	8
1.3	Einsatz von Ersatzstromversorgungsanlagen aus wirtschaftlichen Gründen	8
1.4	Leistungsnachweis für Ersatzstromversorgungsanlagen	9
2.	Ersatzstromversorgungsanlagen mit Hubkolbenverbrennungsmotoren und Turbinen	10
2.1	Allgemeines zur Auslegung von Stromerzeugungsaggregaten abhängig von der Netzkonzeption	10
2.1.1	Zentrale oder dezentrale Anordnung der Aggregate	10
2.1.2	Mittel- oder Niederspannung	11
2.1.3	Mehrere Parallelaggregate oder ein Aggregat	12
2.1.3.1	Mehrere Aggregate decken zusammen die geforderte Gesamtlast ab....	12
2.1.3.2.	Mehrere Aggregate dienen der gemeinsamen Versorgung von Einrichtungen für Sicherheits- und sonstige Zwecke.....	12
2.1.3.3	Hinweise für die Auslegung bei mehreren Aggregaten	13
2.1.4	Notversorgung bei Ausfall/Reparatur der Ersatzstromversorgungsanlage.....	13
2.2	Auslegung	13
2.3	Aufstellung	15
2.4	Zusatzeinrichtungen	16
2.4.1	Kühlung.....	16
2.4.1.1	Wasserkühlung	16
2.4.1.2	Luftkühlung	17
2.4.2	Vorschmierung / Ölfilter / Vorwärmung	17
2.4.3	Tankanlagen	18
2.4.4	Anlasseinrichtungen	19
2.4.5	Abgasanlagen	20
2.4.6	Schalldämmung.....	21
2.5	Antriebe für Ersatzstromversorgungsanlagen.....	22
2.5.1	Dieselmotoren.....	22
2.5.2	Gasmotoren	24
2.6	Betrieb des Stromerzeugungsaggregates	26
2.6.1	Möglichkeiten des Einsatzes	26

2.6.2	Möglichkeiten der Verbindung mit dem Verbrauchernetz und/oder VNB-Netz.....	27
2.6.2.1	Automatischer Anlauf.....	27
2.6.2.2	Anlaufsynchrosation zweier oder mehrerer Aggregate.....	27
2.6.2.3	Überlappungssynchronisation.....	27
2.6.2.4	Kurzparallelbetrieb mit dem VNB-Netz.....	28
2.6.2.5	Langzeitparallelbetrieb mit dem VNB-Netz.....	28
2.6.2.6	Wichtiger Hinweis zur Synchronisierereinrichtung.....	29
2.7	Erhaltung des Betriebszustandes.....	29
2.7.1	Wiederkehrende Prüfungen.....	29
2.7.2	Wartung.....	30
2.7.3	Instandsetzung.....	31
2.7.4	Ferndiagnose.....	32
2.8	Einsatzgebiete für BHKW-Anlagen.....	33
2.8.1	Allgemein.....	33
2.8.2	Forderungen an BHKW-Anlagen.....	34
2.8.3	BHKW mit Erzeugung von Absorptionskälte.....	34
2.8.4	BHKW's im Energiemix zur Stromerzeugung.....	34
2.8.5	Ein oder mehrere BHKW-Module.....	35
2.8.6	BHKW als Ersatzstrom-/Sicherheitsstromquelle.....	36
2.8.7	Gesamtkosten und Rentabilität.....	37
3.	Ersatzstromversorgungsanlagen mit Batterie.....	39
3.1	Allgemein.....	39
3.2	Batterietypen.....	39
3.2.1	Geschlossene Bleibatterien.....	39
3.2.2	Verschlossene Bleibatterien.....	40
3.2.3	Geschlossene Nickel-Cadmiumbatterien.....	41
3.2.4	Gasdichte Nickel-Cadmiumbatterien.....	41
3.3	Auswahl von Batterieanlagen.....	42
3.3.1	Allgemein.....	42
3.3.2	Auswahl nach Anwendungsbereich.....	44
3.3.3	Auswahl des Batterietypes.....	44
3.3.3.1	Bleibatterien.....	45
3.3.3.2	Erfahrungswerte für die Brauchbarkeitsdauer von Bleibatterien.....	46
3.3.3.3	Nickel-Cadmiumbatterien.....	47
3.4	Auslegen der Batterieanlage.....	48
3.5	Ladeeinrichtung und Überwachung.....	48
3.6	Aufstellungsbedingungen.....	49
3.6.1	Räumliche Anordnung.....	49
3.6.2	Be- und Entlüftung.....	50
3.7	Wartung.....	51
4.	Ersatzstromversorgungsanlagen in Sonderausführung.....	52

4.1	Allgemein	52
4.2	Auslegung	52
4.3	Aufstellungsbedingungen	53
5.	Notwendigkeit von USV-Anlagen.....	55
5.1	Statische und dynamische USV-Anlagen	55
5.2	USV-Anlagen in Verbindung mit einer anderen Ersatzstromversorgungsanlage.....	57
5.3	Zentrale oder dezentrale Anordnung von USV-Anlagen	58
5.4	Leistungsnachweis für USV-Anlagen.....	58
5.5	Mögliche Systeme von USV-Anlagen	59
5.6	Netzumschaltung bei Wartung und Störung der USV-Anlage	60
6.	Statische USV-Anlagen	61
6.1	Auslegung	61
6.2	Betrieb statischer Anlagen.....	62
6.2.1	Im Netzparallelbetrieb.....	62
6.2.2	Im Durchlaufbetrieb (Dauerbetrieb).....	63
6.2.3	Im Mitlaufbetrieb	64
6.2.4	Im Anlaufbetrieb.....	65
7.	Dynamische USV-Anlagen.....	67
7.1	Allgemein	67
7.2	Auslegung.....	67
7.2.1	Rotierende elektrische Maschinen mit Schwungrad.....	68
7.2.1.1	Mit systemgebundener Drehzahl.....	68
7.2.1.2	Mit systemfreier Drehzahl	69
7.2.2	Rotierende elektrische Maschinen mit Batterie	70
7.2.3	Rotierende elektrische Maschinen mit Schwungrad und Batterie	71
8.	USV-Systeme für Langzeitüberbrückung	72
8.1	Schnellbereitschaftsanlage.....	72
8.2	Sofortbereitschaftsanlage.....	73
8.3	Sofortbereitschaftsanlage im Parallelbetrieb.....	74
8.4	Hybride Systeme	75
8.4.1	Im Durchlaufbetrieb (Dauerbetrieb).....	75
8.4.2	Im Parallelbetrieb	76
9.	Aufstellungsbedingungen für USV-Anlagen	77
10.	Erhaltung des Betriebszustandes von USV-Anlagen	79
10.1	Wiederkehrende Prüfungen.....	79
10.2	Wartung.....	79
10.3	Instandsetzung	80
10.4	Ferndiagnose	80
11.	Hinweise auf Vorschriften, Richtlinien, Bestimmungen und Normen (Stand 2006)	82
	Mitarbeiter:	85

Vorwort

Die Planungshilfe „Hinweise zur Ausführung von Ersatzstromversorgungsanlagen in öffentlichen Gebäuden (Ersatzstrom 98)“ des Arbeitskreises Maschinen- und Elektrotechnik staatlicher und kommunaler Verwaltungen (AMEV) hat sich in den öffentlichen Verwaltungen bewährt. Der AMEV hat daher im Zuge der Digitalisierung der Broschüre lediglich eine redaktionelle Durchsicht vorgenommen.

Die vorliegende Neuauflage „Ersatzstrom 2006“ bleibt in ihrem Aufbau und Inhalt weitgehend unverändert gegenüber der „Ersatzstrom 98“.

Die Normen DIN VDE 0107 für Starkstromanlagen in Krankenhäusern und DIN VDE 0108 für Starkstromanlagen und Sicherheitsstromversorgung in baulichen Anlagen für Menschenansammlungen sind zurückgezogen worden. Daher musste die Planungshilfe vor allem hinsichtlich dieser Normen überarbeitet werden.

Bei der Erstellung der Nachfolgedokumente (im wesentlichen DIN VDE 0100-710 für medizinisch genutzte Bereiche, DIN VDE 0100-718 für bauliche Anlagen für Menschenansammlungen, DIN VDE 0108-100 für Sicherheitsbeleuchtungsanlagen) wurden die einschlägigen Regelungen des Baurechts und des Arbeitsschutzes nicht erneut aufgeführt. Die neuen Normen geben dem Planer damit weniger konkrete Vorgaben an die Hand.

In dieser Broschüre werden die Ausführungen gemäß der DIN VDE 0107 und 0108, die sich als sinnvoll erwiesen haben, weiterhin als Empfehlung beibehalten.

Dipl.-Ing. Jürgen Hardkop
Vorsitzender des AMEV

Dipl.-Ing. Hans-Edzard Janssen
Obmann

1. Einführung

1.1 Einsatz von Ersatzstromversorgungsanlagen aus baurechtlichen Gründen

Die Einordnung eines Bauwerks in eine bestimmte Anlagenkategorie erfolgt grundsätzlich durch die Bauaufsicht im Rahmen der Baugenehmigung. Oft ergibt sich dies bereits im Vorfeld durch eine eindeutige Zuordnung der Anlage (siehe hierzu beispielsweise Punkt 710.1 „Anwendungsbereich“ und Punkt 710.2 „Begriffe“ in DIN VDE 0100-710, entsprechend in der DIN VDE 0100-718 und VDE 0108-100). Im Einzelfall kann die Bauaufsicht eine bauliche Anlage einer bestimmten Anlagenkategorie verbindlich zuordnen. Daraus folgt, dass für den Einsatz einer Ersatzstromversorgungsanlage in diesen Fällen immer die baurechtliche Einordnung einer baulichen Anlage geklärt sein muss. Aus der DIN VDE kann grundsätzlich nicht die Notwendigkeit einer Ersatzstromversorgungsanlage abgeleitet werden, sondern immer nur die Art der Ausführung.

Welche Ausführung im Einzelfall zulässig bzw. erforderlich ist, ergibt sich für medizinisch genutzte Bereiche aus DIN VDE 0100-710 und für bauliche Anlagen für Menschenansammlungen aus DIN VDE 0100-718, allgemein aus den Erfordernissen der zu versorgenden Einrichtungen unter Berücksichtigung der Technischen Anschlussbedingungen (TAB) des örtlichen Verteilungsnetzbetreibers (VNB). Eine Ersatzstromversorgungsanlage ist nicht immer erforderlich; es ist auch eine andere Lösung mit einem besonders gesicherten Netz möglich.

Wenn nur eine Ersatzstromquelle für Sicherheitszwecke (Verbraucher aus baurechtlichen Gründen) vorhanden ist, darf diese nicht für andere Zwecke verwendet werden.

Bei mehr als einer Ersatzstromquelle ist der Anschluss von Verbrauchern für andere Zwecke zulässig, wenn bei Ausfall einer Ersatzstromquelle die verbleibende Leistung für das Anfahren und den Betrieb der Sicherheitseinrichtung ausreicht.

1.2 Einsatz von Ersatzstromversorgungsanlagen auf Grund besonderer Anforderungen

Besondere Anforderungen an die Stromversorgung können u. a. bei folgenden baulichen Anlagen gestellt werden:

- Flugsicherung;
- Ausweich- und Hilfskrankenhäuser;
- Großschutzräume als Mehrzweckbauten;
- Anlagen, die der Wahrnehmung von Verteidigungsaufgaben dienen;
- Anlagen, die der Wahrnehmung von Aufgaben zum Schutz der Bevölkerung in Spannungszeiten dienen;
- Straßentunnel;
- EDV-Anlagen;
- sonstige Anlagen, bei denen aus Gründen der Sicherheit ein längerer Stromausfall nicht hingenommen werden kann.

Die DIN VDE 0100-710 und DIN VDE 0100-718 gelten für diese Bereiche aus sich selbst heraus nicht, jedoch gilt DIN VDE 0100-551 und, soweit Sicherheitszwecke berührt sind, DIN VDE 0100-560.

Bei der Planung von vorgenannten Anlagen sollte die DIN VDE 0100-718 trotzdem angewandt werden. Dadurch ist ein klares Versorgungskonzept vorgegeben.

Im Einzelfall muss der Einsatz einer Ersatzstromversorgungsanlage begründet werden.

1.3 Einsatz von Ersatzstromversorgungsanlagen aus wirtschaftlichen Gründen

Ein Stromausfall ist bei der heutigen Abhängigkeit von elektrischen Geräten immer störend, so dass für den Einsatz von Ersatzstromversorgungsanlagen darüber hinaus zusätzliche Gründe vorliegen müssen.

Dies können zum einen **besondere Verbraucher** sein, wie

- Institute und Forschungseinrichtungen, in denen aufwendige Langzeitversuche laufen;
- EDV-Anlagen;
- in Einzelfällen versicherte Gebäude, bei denen durch die Einhaltung von bestimmten Versicherungsbedingungen (Richtlinien des Verbandes der Sachversicherer) die Versicherungsprämie reduziert wird oder die Versicherung überhaupt erst möglich ist.

Die Begründung kann auch oder zusätzlich in einer **störanfälligen VNB-Stromversorgung** (VNB: Verteilungsnetzbetreiber) liegen, z. B.

- lange Stich-Freileitung;
- häufige Ausfälle aufgrund vorliegender Statistiken, z. B. in Gebieten mit häufigem Blitzeinschlag.

Hierbei ist immer zu überprüfen, ob durch kostengünstigere Maßnahmen, z. B. Einspeisungsmöglichkeit dieses Bereiches über ein fahrbares Aggregat oder Änderung der VNB-Versorgung, der gleiche Zweck erreicht werden kann.

Wird eine Ersatzstromversorgungsanlage aus wirtschaftlichen Gründen vorgesehen, so ist eine besonders detaillierte Begründung erforderlich.

1.4 Leistungsnachweis für Ersatzstromversorgungsanlagen

Ein wesentlicher Teil der Leistung des Auftragnehmers sind die in DIN VDE 0100-710 Pkt. 710.6 bzw. in DIN VDE 0100-718 Pkt. 718.61 bzw. in der DIN ISO 8528-6 vorgeschriebenen Erprüfungen und die Lieferung der Pläne, Unterlagen und Betriebsanleitungen (DIN VDE 0100-718 Pkt. 718.514.5, DIN EN 50171/50172).

Da die Lastzuschaltung und das dynamische Verhalten am Aufstellungsort zum Zeitpunkt der Abnahme wegen fehlender Verbraucher oder aus betrieblichen Gründen kaum nachzuweisen ist, wird für große Anlagen empfohlen, diese Prüfung auf dem Prüfstand des Aggregateherstellers durchzuführen und mittels schreibender Geräte zu dokumentieren.

Die Ersatzstromversorgungsanlage muss im Augenblick der Umschaltung die ausgeschriebene Leistung (ggf. eine Stufe) als Rechteckstoß bei $\cos \varphi = 0,8$ induktiv aufnehmen können. Über jede einzelne der dort aufgeführten Prüfungen ist ein Prüfprotokoll anzufertigen, soweit es den ausgeschriebenen Lieferumfang der Ersatzstromanlage betrifft. Einige Prüfungen können nur mit dem Netz im endgültigen Ausbauzustand erfolgen, dies erfordert deshalb eine rechtzeitige Abstimmung. Sollten Prüfprotokolle über einzelne der geforderten Prüfungen fehlen, darf die Anlage nicht abgenommen werden.

Dies gilt entsprechend für Pläne und Unterlagen, die das gesamte Netz umfassen müssen.

Auf die Aufzählung der erforderlichen Unterlagen wurde hier bewusst verzichtet, weil eine evtl. Änderung der DIN VDE - Bestimmungen dann nicht erfasst würde.

2. Ersatzstromversorgungsanlagen mit Hubkolbenverbrennungsmotoren und Turbinen

2.1 Allgemeines zur Auslegung von Stromerzeugungsaggregaten abhängig von der Netzkonzeption

Die Ersatzstromversorgungsanlage muss in das elektrische Versorgungsnetz der baulichen Anlage eingebunden werden. Damit ergeben sich Abhängigkeiten, wobei Kosteneinsparungen auf der einen Seite Kostenerhöhungen auf der anderen Seite verursachen können.

Im Zusammenhang mit der Planung sind folgende Punkte abzuklären:

- Zentrale oder dezentrale Ersatzstromversorgung;
- Mittel- oder Niederspannung;
- Einzelaggregate oder mehrere parallele Aggregate;
- Notversorgung bei Ausfall/Reparatur der Originalanlage.

2.1.1 Zentrale oder dezentrale Anordnung der Aggregate

Ein zentrales Stromerzeugungsaggregat wird im Normalfall immer **kostengünstiger** sein als mehrere dezentrale Aggregate, insbesondere weil

- ein Aggregat für den vollen Leistungsbedarf immer weniger kostet als mehrere Aggregate mit entsprechender Teilleistung, insbesondere auch bezogen auf die baulichen Kosten
- durch das größere Verbrauchernetz der Gleichzeitigkeitsfaktor geringer ist, so dass ein Zentralaggregat nicht für die Summe der Teilleistungen ausgelegt werden muss
- der Schallschutz und der Immissionsschutz wesentlich leichter herzustellen sind.

Bei einem zentralen Aggregat wird das zugehörige Verbrauchernetz gegenüber dezentralen Aggregaten im Normalfall **teurer** sein, weil

- die Leistung über größere Entfernungen transportiert werden muss;
- nach DIN VDE 0100-710 (Pkt. 710.520.1) bzw. DIN VDE 0100-718 (Pkt. 718.521.4) die Kabel der Sicherheitsstromversorgung im Erdreich auf getrennten Trassen geführt werden müssen und in allen anderen Fällen bei äußerer Brandeinwirkung mind. 90 min funktionsfähig bleiben müssen;
- diese Kabel nur der Sicherheitsstromversorgung dienen und damit leistungsmäßig zusätzlich zu verlegen sind;
- die Umschalteneinrichtungen in allen Gebäudehauptverteilern trotzdem benötigt werden.

In der Regel gilt, dass dezentral aufgestellte Aggregate teurer sind als zentral installierte, aber eine höhere Versorgungssicherheit bieten, wenn sie ausreichend gewartet werden. Bei einem Ausfall ist immer nur ein Teil des Netzes betroffen.

2.1.2 Mittel- oder Niederspannung

Die Mittelspannung hat folgende Vorteile:

- Größere Leistungen lassen sich besser über längere Strecken transportieren;
- bei Schutzmaßnahme „Schutz durch Abschaltung“ im TN-S-Netz ist der erforderliche Kurzschlussstrom wesentlich leichter zu erreichen.

Die Mittelspannung hat folgende Nachteile:

- Die Schaltanlagen sind teurer;
- es ist ein wesentlich aufwendigerer Schutz erforderlich;
- es sind auch im Netz der Sicherheitsstromversorgung (zusätzliche) Transformatoren mit den zugehörigen Schaltanlagen und entsprechendem Schutz erforderlich;
- es sind mehr Geräte und Materialien erforderlich;
- höhere Qualifikation des Schaltpersonals erforderlich.

Allgemein ist eine Mittelspannungsversorgung nur dann wirtschaftlich, wenn hohe Leistungen über größere Entfernungen zu transportieren sind.

Hinweis bei Mittelspannungsgeneratoren und Vakuumleistungsschaltern

Vakuumschalter schalten auch im Bereich des Nennstromes je nach Schalt Augenblick sofort, d.h. nicht erst im Nulldurchgang. Dies kann zu sehr hohen Werten von di/dt und somit zu hohen Spannungen führen, die zu Schäden am Generator führen können.

Es ist deshalb zwingend erforderlich, Überspannungsableiter vorzusehen. Dies gilt auch für Niederspannungsgeneratoren mit Blocktransformatoren. BHKW-Anlagen sind wegen der hohen Schalzhäufigkeit besonders gefährdet.

Hinweis bei Niederspannungsgeneratoren

Hierfür gilt jetzt immer das Harmonisierungsdokument (HD) 384.5.551 SI, veröffentlicht in DIN VDE 0100-551 Ausgabe August 1997.

Insbesondere wird verwiesen auf

- die Forderung, im TN-S-System den Neutralleiter der Verbraucheranlage mit umzuschalten. Dies erfordert einen vierpoligen Netzkupplerschalter.
- die Forderung, bei nicht ausreichendem Abschaltstrom *residual current protective devices (RCD)* einzusetzen.

2.1.3 Mehrere Parallelaggregate oder ein Aggregat

2.1.3.1 Mehrere Aggregate decken zusammen die geforderte Gesamtlast ab

Gegenüber einem Einzelaggregat ist diese Lösung bei vorgegebener Gesamtlast teurer und erheblich unsicherer, weil

- der Umfang der zugehörigen Schaltanlagen überproportional zunimmt;
- die zugehörige Steuerung darüber hinaus noch größer wird und sich damit auch die Störanfälligkeit stark erhöht;
- grundsätzlich mehrere Aggregate erheblich störanfälliger sind als ein Aggregat.

Diese Lösung sollte nur gewählt werden, wenn die Leistung nicht mit einem Aggregat aus baulichen oder Herstellergründen abgedeckt werden kann. Bei Ausfall eines Aggregates ist durch automatischen Lastabwurf sicherzustellen, dass die verbleibenden Aggregate nicht überlastet werden.

2.1.3.2 Mehrere Aggregate dienen der gemeinsamen Versorgung von Einrichtungen für Sicherheits- und sonstige Zwecke

Bei der gemeinsamen Versorgung von Einrichtungen für Sicherheits- und sonstige Zwecke müssen mindestens 2 Ersatzstromquellen vorgesehen werden.

Gemäß DIN VDE 0100-560 Ausgabe Juli 1995 ist nur bei mehreren Aggregaten eine gemeinsame Versorgung von Einrichtungen für Sicherheits- und sonstige Zwecke zulässig (siehe Pkt. 1.1). Dabei muss sichergestellt sein, dass bei Ausfall einer Ersatzstromquelle die verbleibende Leistung für das Anfahren und den Betrieb der Sicherheitseinrichtung ausreicht. Dies erfordert im allgemeinen die automatische Abschaltung von Verbrauchern, die keinen Sicherheitszwecken dienen (DIN VDE 0100-560 Pkt. 562.5).

2.1.3.3 Hinweise für die Auslegung bei mehreren Aggregaten

Bei Anforderungen nach DIN VDE 0100-710/DIN VDE 0100-718 ist für die Aggregate eine Anlaufsynchrosation notwendig.

Weiterhin sind Wirklast- und Blindlastregler für die gleichmäßige Lastverteilung zwingend erforderlich, damit ein Aggregat nicht durch Rück- oder zu hohe Blindleistung abgeworfen wird.

2.1.4 Notversorgung bei Ausfall/Reparatur der Ersatzstromversorgungsanlage

Sind Ersatzstromversorgungsanlagen aus baurechtlichen oder sonstigen zwingenden Sicherheitsanforderungen installiert worden, müssen notstromberechtigte Verbraucher auch während Wartungs- und Reparaturarbeiten der Anlage versorgt werden können. Bei der Planung ist daher eine Einspeisemöglichkeit vorzusehen, durch die mobile Aggregate die Versorgung während Ausfallzeiten übernehmen können.

Alternativ kann, insbesondere bei größerem Leistungsbedarf, statt eigentlich benötigter n Aggregate die Zahl $n+1$ installiert werden, so dass auch bei Ausfall eines Aggregats durch Wartung die erforderliche Gesamtleistung zur Verfügung steht.

2.2 Auslegung

Eine Einflussnahme auf die Einzelkomponenten der Ersatzstromversorgungsanlage sollte nicht vorgenommen werden, damit die Verantwortung für die Funktion des Gesamtaggregate nicht beim Ausschreibenden liegt. Für einen Leistungsfaktor $\cos \varphi > 0,8$ des Verbrauchernetzes muss die Motorleistung entsprechend erhöht werden, damit die Aggregatenennleistung abgegeben werden kann.

Eine Vorgabe der Leistung des Triebwerkes (Motor) ist nicht sinnvoll.

Dagegen ist die Angabe der Verbraucherleistung in kVA in Verbindung mit einer Auflistung der kritischen Verbraucher (Aufzüge, Sprinklerpumpen, Kompressoren, Lüftungsanlagen, USV-Anlagen und Wechselrichter) mit Anlaufolge, Anlaufströmen und Anlauf- $\cos \varphi$ erforderlich.

Die Leistung der Hilfseinrichtungen gemäß DIN ISO 8528-1 muss vom Bieter abgefragt werden.

So kann zum Beispiel bei einer geforderten Aggregatenennleistung (Aggregatenennleistung = Verbraucherleistung + Hilfsaggregateleistung) und vielen Verbrauchern mit hoher Blindlast bzw. Laststößen eine größere Generatorleistung notwendig werden.

Auf die Forderung eines bestimmten Wirkungsgrades sollte wegen der geringen Betriebszeiten und aus Gründen der Wettbewerbsverzerrung verzichtet werden.

Aggregate für Anwendungsbereich 1 nach DIN 6280-13 (DIN VDE 0100-710)

Wenn die Nennspannung über eine Zeitspanne von mehr als 0,5 s um mehr als 10% unterschritten wird:

Nach einer Umschaltzeit von max. 15 s sind 80% der gesamten Verbraucherleistung in max. 2 Stufen und nach weiteren 5 s 100% der gesamten Verbraucherleistung zur Verfügung zu stellen.

Sollten die Aggregateangaben bei Planung der NHV nicht vorliegen, so sind die Zuschaltstufen so vorzusehen, dass ein Umklemmen der Verbraucher relativ einfach möglich ist. Vorgeschlagen wird:

Erste Zuschaltstufe $\geq 50\%$

Zweite Zuschaltstufe 40%

Aggregate für Anwendungsbereich 2 nach DIN 6280-13 (DIN VDE 0100-718)

Wenn die Nennspannung über eine Zeitspanne von mehr als 0,5 s um mehr als 15% unterschritten wird:

Nach einer Umschaltzeit von max. 15s sind 100% der Verbraucherleistung der notwendigen Sicherheitseinrichtungen zur Verfügung zu stellen

Auch bei Anlagen, die nicht der DIN VDE 0100-710 und DIN VDE 0100-718 unterliegen, muss angegeben werden, welche Verbraucher in den einzelnen Stufen nach Start zugeschaltet werden und welche größten Lastwechsel während des Betriebes zu erwarten sind.

Je nach Aggregategröße stellt sich im Kurzschlussfall ein mehr oder minder hoher Kurzschlussstrom ein, der zum selektiven Ansprechen des jeweils eingesetzten Leitungsschutzes (Sicherungen, Leitungsschutzschalter) ausreichen muss.

Ein Abgleich mit dem Gebäudenetz ist hier zwingend erforderlich.

Der Planer der Elektroinstallation muss zuerst die Verbindungsleitungen und den Leitungsschutz für die Kurzschlussströme bei Aggregatebetrieb berechnen.

Dieser Wert ist mit dem Planer des Aggregates abzustimmen und gegebenenfalls die Konzeption des Netzes zu ändern, um eine wirtschaftliche Gesamtlösung zu erreichen.

Im Rahmen der Ausschreibung sind Klemmenkurzschlussströme und Dauer (z.B. $3x I_N$ bis $5x I_N$ bei 2,5 s bis 5 s) abzufragen.

Danach ist zu prüfen, ob bei VNB - Versorgung die Selektivität des Netzes und die Kurzschlussfestigkeit der Anlage gegeben sind.

Vor der Ausschreibung des Aggregates muss ein Abgleich mit der Netzplanung erfolgen.

Ersatzstromversorgungsanlagen mit Hubkolbenverbrennungsmotoren sollten grundsätzlich mit kurzschlussfesten Kupplungen ausgestattet werden. Sie müssen mindestens das 6-fache Nennmoment ohne dauerhafte Verformung übertragen können.

Da bei einem praktischen Nachweis der Kurzschlussfestigkeit der Kupplung eine Vorschädigung eintritt, ist ein rechnerischer Nachweis ausreichend.

2.3 Aufstellung

Die Unterbringung der Ersatzstromversorgungsanlagen mit Hubkolbenverbrennungsmotoren ist grundsätzlich mit den Planern von Netz und Gebäude abzustimmen.

Es ist zu prüfen, ob eine Aufstellung im Lastschwerpunkt möglich ist.

Die Aufstellung in einem separaten Gebäude sollte angestrebt werden. Eine Aufstellung im Gebäude ist aufgrund der notwendigen Schallschutzmaßnahmen sowie der Luft- und Abgasführungen immer mit relativ hohen Kosten verbunden.

Beim Einbau der Aggregate innerhalb von Gebäuden ist ein möglichst ebenerdiger Zugang zu schaffen.

Dies ermöglicht auch bei ortsfester Aufstellung einen einfachen Transport. Hohe Kosten für einen Aufbau der Anlage vor Ort entfallen. Der Zugang ist so zu bemessen, dass mit geeigneten Transportmitteln (Gabelstapler, Hubwagen) das Aggregat als ganze Einheit (bei kleineren Anlagen) oder in Transporteinheiten (bei großen Anlagen) eingebracht werden kann.

Bei einer Unterbringung in Untergeschossen ist ein entsprechend großer Zugang für Transportgeräte vorzusehen.

Geplante Aufzugsanlagen in Gebäuden sind eventuell für einen derartigen Transport zu dimensionieren (Überprüfung der Kosten).

Gegebenenfalls sind im Bauwerk leicht herstellbare Öffnungen vorzusehen.

Gemäß der EltBau VO muss der Aufstellungsraum frostfrei sein oder beheizt werden können. Um die Start- und Steuerfähigkeit des Aggregates sicherzustellen, sollte die Umgebungstemperatur, wie in der DIN 6280-13 Pkt. 7 beschrieben, mindestens +5°C betragen. Sollte eine höhere Starttemperatur erforderlich sein, so ist sie vom Hersteller des Hubkolbenverbrennungsmotors vorzugeben

Die erforderliche Raumhöhe ist abhängig von Aggregateleistung und Bauform. Sie ist bei der Gebäudeplanung vorzugeben.

Verladbare Anlagen sind aufgrund der Fertigmontage im Werk und ihrer schnellen Austauschbarkeit von Vorteil.

Eine Unterbringung der Aggregate in Containern oder Fertigteilgebäuden ist immer preiswerter als die Unterbringung in gemauerten Räumen. Hier sind Bebauungspläne und architektonische Forderungen zu berücksichtigen. Es empfiehlt sich, den Aufstellungsraum mit einer akkumulatorbetriebenen Handleuchte mit fest installierter Ladestation auszurüsten.

2.4 Zusatzeinrichtungen

2.4.1 Kühlung

Bei Hubkolbenverbrennungsmotoren werden folgende Kühlungsarten angewendet:

- Wasserkühlung
- Luftkühlung

2.4.1.1 Wasserkühlung

Bei Motoren mit Wasserkühlung unterscheidet man wiederum in

- Wabenkühler mit Luftrückkühlung;
- Wärmetauscher zur Wärmerückgewinnung (z.B. beim BHKW);
- Rohwasserkühlung über verschiedenartige Wärmetauscher (Ausnahmefälle).

Für die Bemessung der Kühlanlage ist die abzuführende Wärmemenge zu ermitteln.

Die Verwendung von Grundwasser oder Stadtwasser zur direkten Kühlung ist unter dem Gesichtspunkt des sparsamen Umganges mit Trinkwasser zu vermeiden.

Sollte die Kühlung mit Rohwasser unumgänglich sein, sind folgende Punkte vorab zu klären:

- Entnahmemöglichkeiten aus Ortsnetzen, Wasserläufen, Seen oder Brunnen;
- Wasserbeschaffenheit, z.B. Härte, Salz, Gas- Feststoffgehalt, Temperatur und mögliche Entnahmemengen;
- Sicherheit der Wasserversorgung;
- Entnahme- und Einleitbedingungen der Wasserwirtschaftsbehörden.

Die am häufigsten eingesetzte Kühlungsart bei Ersatzstromversorgungsanlagen ist der Wabenkühler mit Luftrückkühlung.

Bei Aggregaten bis ca. 1.000 kVA kann der Wabenkühler vor dem Motor angeordnet werden.

Der Ventilator wird dann direkt vom Motor angetrieben.

Bei größeren Aggregaten wird der Wabenkühler separat aufgestellt.

Der oder die Ventilatoren werden dann durch Elektromotoren angetrieben. Die Regelung der Kühlwassertemperatur im Motorkreislauf hat so zu erfolgen, dass über den gesamten Belastungsbereich die für den Motor günstigste Betriebstemperatur eingehalten wird.

Geschlossenen Kühlwassersystemen werden in der Regel Frostschutzmittel beigefügt.

Diese Frostschutzmittel können umweltgefährdend sein. Je nach Wassergefährdungsklasse sind im Hinblick auf die Wasserschutzverordnungen Vorkehrungen zu treffen, die verhindern, dass austretendes Kühlwasser unkontrolliert in die Umwelt gelangt.

2.4.1.2 Luftkühlung

Luftgekühlte Motoren werden z.Z. nur für Leistungen bis ca. 300 kVA angeboten. Für die Bemessung der Lüftungsanlage ist die abzuführende Wärmemenge zu ermitteln.

2.4.2 Vorschmierung, Ölfilter, Vorwärmung

Eine Vorschmierung wird bei Hubkolbenverbrennungsmotoren erst bei größeren Leistungen ab ca. 800 kVA oder bei Aggregaten für Sonderanwendungen vorgesehen.

Man unterscheidet bei der Vorschmierung in

- Startvorschmierung;
- Intervallvorschmierung;
- Dauervorschmierung.

Motoren kleinerer und mittlerer Größe haben meistens keine Startvorschmierung.

Die Art der Vorschmierung wird immer vom Motorenhersteller vorgegeben. Bei Aggregaten für Dauerbetrieb sind grundsätzlich umschaltbare Doppelkraftstoff- und Doppelölfilter vorzusehen, damit ein Austausch während des Betriebes möglich ist.

Hubkolbenverbrennungsmotoren von Ersatzstromversorgungsanlagen sind, um Kaltstartauswirkungen zu vermeiden, mit Vorwärmeinrichtungen auszurüsten.

Die Art und Größe der Vorwärmeinrichtung sollte vom Motorenhersteller in Abhängigkeit des Motortyps und der vom Auftraggeber geforderten Aufschaltleistung vorgegeben werden.

2.4.3 Tankanlagen

Es ist darauf zu achten, dass der Errichter der Tankanlage die Zulassung nach § 19 I WHG (Wasserhaushaltsgesetz des Bundes) hat. Ohne diese Zulassung erfolgt keine Inbetriebnahme.

Gemäß den Forderungen der DIN 6280-13 Absatz 7.3 ist der Kraftstoffbetriebsbehälter (Servicebehälter) so hoch anzuordnen, dass sich seine Unterkante mindestens 0,5 m über der Einspritzpumpe des Hubkolbenverbrennungsmotors befindet, so dass ein freier Zulauf des Kraftstoffes gewährleistet ist.

Doppelwandige Kraftstoffbetriebsbehälter sind nicht zulässig, weil die Kraftstoffentnahme nur über den Domdeckel erfolgen kann und damit ein Abriss des Kraftstoffflusses möglich ist.

Deshalb sind Kraftstoffbetriebsbehälter (Servicebehälter) nur einwandig mit Auslauf unten und Auffangwanne auszuführen.

Reicht der Kraftstoffbetriebsbehälter für die notwendige Bevorratung nicht aus, so sind zusätzlich ein oder mehrere Vorratsbehälter zu installieren.

Die Kapazität der Tankanlage ist bei Anwendungsbereich 1 (DIN VDE 0100-710) für mindestens 24-stündigen und bei Anwendungsbereich 2 (DIN VDE 0100-718) für mindestens 8-stündigen Betrieb bei Nennleistung der Ersatzstromversorgungsanlage unter Berücksichtigung des Probebetriebes auszulegen.

Der Kraftstoffbetriebsbehälter bei Ersatzstromversorgungsanlagen nach DIN VDE 0100-710, DIN VDE 0100-718 und nach DIN 6280-13 muss einen Mindestinhalt für zwei Betriebsstunden bei Nennleistung haben.

Eine Störmeldung des Kraftstoffvorrates im Kraftstoffbetriebsbehälter muss dann erfolgen, wenn der Mindestinhalt von zwei Betriebsstunden unterschritten wird. Bei Sonderanlagen (z. B. Flugbefeuerung) ist eine Abstimmung mit dem Nutzer unerlässlich, um die besonderen Anforderungen aus dem jeweiligen Betrieb umsetzen zu können.

Für die Nachfüllung des Kraftstoffbetriebsbehälters ist eine automatische Nachfülleinrichtung vorzusehen.

Für die Anfahrbefüllung ist zusätzlich eine Handförderpumpe erforderlich. Zur Überfüll- und Leckageüberwachung sind geeignete Schutzeinrichtungen zu installieren.

Bei der Planung einer Ersatzstromversorgungsanlage sollte mit dem zuständigen Hauptzollamt geklärt werden, ob die Anlage mit steuerbegünstigten Mineralölen (Heizöl EL) betrieben werden darf und welche Forderungen bezüglich der Verbrauchsmessung zu erfüllen sind.

2.4.4 Anlasseinrichtungen

Bei den Anlasseinrichtungen für Dieselmotoren wird unterschieden in

- Anlasser mit Elektromotor;
- Anlasser mit Druckluftmotor;
- Druckluftanlassung über die Zylinder.

Dieselmotoren mit einer Antriebsleistung bis ca. 2.000 kW werden überwiegend mit einem elektrischen Anlasser gestartet.

Batterien für elektrische Anlasseinrichtungen sind für mind. 3 Starts mit je 10 s Dauer und je 5 s Pause auszulegen.

Anstelle des elektrischen Anlassers kann jedoch auch ein Druckluftmotor eingesetzt werden.

Bei Motoren mit einer Antriebsleistung über 700 kW kann die Druckluft auch direkt in die Zylinder eingeblasen werden.

Mit diesem Anlaufsystem erreicht man eine kürzere Hochlaufzeit des Aggregates.

Die Druckluftanlage ist so groß auszulegen, dass mindestens 10 aufeinander folgende Starts möglich sind.

2.4.5 Abgasanlagen

Im Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG) und in der Technischen Anleitung zur Reinhaltung der Luft (TA-Luft) sind für die genehmigungs- und nicht genehmigungsbedürftigen Anlagen die zulässigen Abgasemissionswerte für Hubkolbenverbrennungsmotoren und Gasturbinen vorgeschrieben.

Auch bei nichtgenehmigungsbedürftigen Ersatzstromversorgungsanlagen, die nur dem Noteinsatz dienen, können von der Baugenehmigungsbehörde oder den Umweltämtern weitergehende verschärfte Abgasemissionswerte gefordert werden, wenn sie als Stand der Technik anzusehen sind. Das gilt besonders für den Einsatz von Rußfiltern und Katalysatoren.

Alle Abgasnachbehandlungsanlagen sind so auszulegen, dass durch sie die Einsatzbereitschaft der Ersatzstromversorgungsanlage nicht gefährdet wird. Bei der Planung der Abgasanlage für Hubkolbenverbrennungsmotoren und Turbinen ist darauf zu achten, dass unter Berücksichtigung der umliegenden Bebauung das Abgas gefahr- und belästigungsfrei abgeführt wird. Das gilt besonders für Anlagen, die im Dauerbetrieb laufen, z. B. beim BHKW. Eine Abstimmung mit der Genehmigungsbehörde sollte in jedem Fall vorher erfolgen.

Als Orientierungshilfe kann bei Ersatzstromversorgungsanlagen bis ca. 500 kVA die VDI 3781 Blatt 4 angewendet werden. Bei Aggregaten mit größerer Leistung und/oder beim BHKW muss der Standort vom Abgasaustritt vorher mit der Genehmigungsbehörde abgestimmt werden.

Bei der Dimensionierung des Abgasrohres ist der zulässige Abgasgegen- druck der Antriebsmaschine zu berücksichtigen.

Für die Auslegung der Abgasschalldämpfer gelten die Vorgaben aus der technischen Anleitung zum Schutz gegen Lärm (TA-Lärm) oder der behördlichen Genehmigung.

Die Auswahl der Materialien für die Abgasleitung, Schalldämpfer und Kompensatoren hat nach statischen (ggf. statischer Nachweis) und wärmetechnischen Gesichtspunkten unter Beachtung der Arbeitsschutz- und Brandschutzvorschriften zu erfolgen. Bei der Einrichtung von Abgasschornsteinen ist die DIN 4133 zu beachten.

2.4.6 Schalldämmung

Die Schalldämmung ist grundsätzlich nach dem Bundesimmissionschutzgesetz (BImSchG) und der Technischen Anleitung zum Schutz gegen Lärm (TA-Lärm) auszulegen.

Für Sondergebiete sind weitergehende behördliche Forderungen zu beachten.

Vom Errichter der Anlage ist der Schalleistungspegel bei Nennleistung des Aggregates in dB (A) anzugeben.

Hierzu sind durch den Planer Unterlagen zu erstellen (Bebauung am Aufstellungsort; Geländebeschreibung; eventuelle Anforderungen, die über die TA-Lärm hinausgehen (Sondergebiete); Beachtung bzw. Verhinderung von Resonanzfrequenzen usw.), die seitens des Bieters eine Beurteilung hinsichtlich der zu ergreifenden Schallschutzmaßnahmen ermöglichen. Gegebenenfalls ist ein Gutachten durch einen Sachverständigen anzufertigen.

Die Anordnung der Ersatzstromversorgungsanlage auf einem gemeinsamen Grundrahmen in Verbindung mit Federelementen zum Fundament stellt eine in der Regel ausreichende Lösung hinsichtlich der Vermeidung von Körperschallübertragungen dar.

Hierbei wird eine Körperschalldämmung der Schwingungen bis zu 90% erreicht.

Wird der Motor und Generator zusätzlich elastisch auf den gemeinsamen Grundrahmen gelagert, kann Körperschalldämmung bis zu 98% erreicht werden.

Nur in besonderen Fällen sind zusätzlich getrennte Fundamente erforderlich (z. B. Gebäude mit physikalischen Messeinrichtungen). Die Schwingungsentkopplungen des Aggregates, der Luft-, Abgas- und Kraftstoffleitungen sind zu berücksichtigen.

Schalldämmungen des Aufstellungsraumes und dessen Umgebung sind kostengünstiger bauseits unter Beachtung der TA-Lärm zu planen und auszuführen.

2.5 Antriebe für Ersatzstromversorgungsanlagen

Als Antriebsaggregat können Hubkolbenverbrennungsmotoren oder Turbinen eingesetzt werden.

Die Antriebsart wird jedoch weitgehend vom Verwendungszweck und den daraus resultierenden Vorschriften bestimmt. Im allgemeinen werden für Ersatzstromversorgungsanlagen Dieselmotoren eingesetzt.

Andere Kraftmaschinen, wie Gasmotoren oder Turbinen, dürfen nur dann verwendet werden, wenn mit ihnen die Vorgaben der jeweils anzuwendenden Vorschriften erfüllt werden können.

Für Ersatzstromversorgungsanlagen, die nach den Vorschriften der DIN VDE 0100-710 und DIN VDE 0100-718 zu errichten sind, dürfen z. B. keine Ottomotoren eingesetzt werden.

Antriebe für Ersatzstromversorgungsanlagen sind so zu bemessen, dass alle angeschlossenen Verbraucher zuzüglich der für den Betrieb der Anlage erforderlichen Hilfsantriebe versorgt werden können.

2.5.1 Dieselmotoren

Am häufigsten werden für Ersatzstromversorgungsanlagen Viertakt Dieselmotoren eingesetzt. In besonderen Fällen, z. B. bei ganz kleinen oder sehr großen Leistungen, eignen sich auch Zweitakt Dieselmotoren.

Die Erfahrung hat gezeigt, dass mit dem Dieselmotor als Kraftmaschine die Vorgaben der DIN VDE 0100-710 und DIN VDE 0100-718 bei richtiger Leistungsbeurteilung problemlos eingehalten werden können. Das gilt besonders hinsichtlich des Betriebsverhaltens für Spannungs- und Frequenzkonstanz bei den Lastaufschaltungen. Außerdem kann mit einem Dieselantrieb eine ausreichende Dauerkurzschlussleistung gewährleistet werden.

Allgemein gilt für die Leistungsauslegung und die Normbezugsbedingungen von Hubkolben-Verbrennungsmotoren die DIN ISO 3046 -1.

Für Stromerzeugungsaggregate mit Hubkolbenverbrennungsmotoren gelten die DIN ISO 8528 Teil 1 bis 7 und 9 sowie die DIN 6280 Teil 10 und 12, für solche nach DIN VDE 0100-710 und 0100-718 zusätzlich die DIN 6280-13. In diesen Normen sind alle Vorgaben enthalten, die bei der Auslegung eines Dieselmotors von Bedeutung sind.

Wichtige Kriterien bei der Leistungsermittlung eines Dieselmotors sind die

- Betriebsart
 - Siehe DIN VDE 0100-710 u.
DIN VDE 0100-718,
DIN 6280-13, DIN ISO 8528 Teil 1, 2, 4
 - 1. Nach DIN ISO 8528-1
Aggregate - Dauerleistung ohne zeitliche Begrenzung (COP)
 - 2. Nach DIN 6280-13
Begrenzter Dauerbetrieb bis ca. 1000 Betriebsstunden im Jahr
Nach DIN ISO 8528-1
Variable Aggregate - Dauerleistung (PRP)
Die variable Aggregate - Dauerleistung ist die maximale Leistung, die während einer variablen Leistungsfolge bei unbegrenzter Betriebsstundenzahl pro Jahr zur Verfügung steht
- Betriebsart
 - Nach DIN ISO 8528
Zeitlich begrenzte Aggregateleistung (LTP)
Die zeitlich begrenzte Aggregateleistung ist die maximale Leistung, die ein Stromerzeugungsaggregat innerhalb von 500 Betriebsstunden pro Jahr abgeben kann, wobei das Aggregat 300 Betriebsstunden dauernd betrieben werden kann
- Normbezugsbedingung gemäß DIN ISO 3046-1 oder DIN ISO 8528-1
- Lastzuschaltung
 - Volllastzuschaltung = 100%
 - Stufenzuschaltung gemäß DIN 6280-13
- Betriebsgrenzwerte
 - siehe DIN 6280-13, sowie die DIN ISO 8528 Teil 2, 3 und 5, die bei den einzelnen Laststufen bzw. Lastwechsel einzuhalten sind.

Nach dem derzeitigen Entwicklungsstand im Dieselmotorenbau unterscheidet man Dieselmotoren mit direkter bzw. indirekter Einspritzung (z. B. Vorkammermotoren).

Ein weiteres Unterscheidungsmerkmal bildet die Anordnung der Zylinder. Sie werden in einer Reihe (Reihenmotor) oder in V-Form (V-Motor) angeordnet.

Bei Maschinen in V-Ausführung erhält man auch bei größeren Leistungen kleine Maschinenabmessungen.

Die Dieselmotorenhersteller haben kaum noch Saugmotoren im Programm. Es werden überwiegend aufgeladene Motoren angeboten. Vorteile der Aufladung sind die Leistungssteigerung und der niedrige spezifische Kraftstoffverbrauch bei Teillast.

Aufgeladene Motoren können nur - je nach Grad der Aufladung - in Stufen belastet werden. Für die Beurteilung der Lastzuschaltung muss bei der Angebotsabgabe der mittlere effektive Kolbendruck abgefragt werden. Je höher der mittlere effektive Kolbendruck ist, umso geringer ist die mögliche Lastzuschaltung. Siehe hierzu DIN ISO 8528-5 Bild 6 und 7.

Die Lastzuschaltung von 80 bzw. 100% in einer Stufe kann bei Saugmotoren und aufgeladenen Motoren nur durch Überdimensionierung des Antriebsaggregates oder durch den Einsatz von Schwungmassen erreicht werden. Durch die Möglichkeit einer mehrstufigen Lastaufschaltung können Kosten beim Antriebsaggregat sowie beim Generator eingespart werden. Hierbei sind jedoch die Mehrkosten, die bei der Errichtung der Schaltanlage entstehen, gegenüberzustellen.

2.5.2 Gasmotoren

Gasmotoren werden vorzugsweise bei Stromerzeugungsanlagen als Antrieb verwendet, wenn die Anlage der Kraft-Wärme-Kopplung (BHKW) dienen soll.

Besondere Anforderungen hinsichtlich der Verwendung von Gasmotoren für die Sicherheitsstromversorgung sind in der DIN 6280-14 und unter Pkt. 2.8.6 dieser Broschüre beschrieben.

Bei Ersatzstromversorgungsanlagen, die nach den Vorschriften der DIN VDE 0100-710 und DIN VDE 0100-718 erstellt werden müssen, muss sichergestellt sein, dass der Antrieb alle Anforderungen, im besonderen hinsichtlich der Umschaltzeit, des Betriebsverhaltens, der Spannungs- und Frequenzkonstanz, der Aufschaltleistung und der Dauerkurzschlussleistung, erfüllt. Darüber hinaus muss die Energiebevorratung mindestens für die in der DIN VDE 0100-710 und DIN VDE 0100-718 vorgeschriebenen Zeit gesichert sein.

Die Motoren können mit

- Erdgas,
- alternativen Gasen,
- Klärgas,
- Biogas oder
- Deponiegas

betrieben werden.

Werden alternative Gase als Energieträger eingesetzt, sollte vorrangig geklärt werden, wie viel Gas und in welcher Zusammensetzung zur Verfügung steht.

Das Klär-, Bio- oder Deponiegas muss in jedem Fall vorher gereinigt, aufbereitet und in Behältern zwischengelagert werden. Die Kosten für derartige Anlagen sind für die Wirtschaftlichkeitsberechnung nicht unerheblich. Da in den meisten Fällen für einen durchgängigen Betrieb nicht ausreichend alternatives Gas zur Verfügung steht, sind die Motoren so auszulegen, dass sie ersatzweise auch mit Erdgas betrieben werden können.

Auch beim Einsatz von Erdgas ist die Aufbereitung hinsichtlich des Gasdruckes erforderlich. Bei der Verwendung von alternativen Gasen muss davon ausgegangen werden, dass auf Grund der niedrigen Heizwerte die Motorleistung um ca. 30 bis 50% niedriger liegt als bei Erdgas- oder Dieselmotorbetrieb.

Wegen der aggressiven Bestandteile in alternativen Gasen muss mit höherem Verschleiß bei den Motoren gerechnet werden.

Weiterhin ist zu überprüfen, ob mit dem zur Verfügung stehenden Gas die von der TA-Luft vorgegebenen Abgaswerte eingehalten werden können.

2.6 Betrieb des Stromerzeugungsaggregates

2.6.1 Möglichkeiten des Einsatzes

Ersatzstromaggregate können wie folgt eingesetzt werden:

- Als normales Aggregat, das bei Ausfall des VNB-Netzes die Gesamt- oder Teilversorgung des Verbrauchernetzes übernimmt. Bei Wiederkehr des VNB-Netzes werden die Verbraucher automatisch auf dieses Netz zurückgeschaltet.
- Mit der Zusatzfunktion Parallelbetrieb mit dem VNB-Netz. Die Möglichkeit, Lastspitzen abzufahren, muss mit dem zuständigen Versorgungsunternehmen geklärt werden.
- Für die Gesamtversorgung über einen längeren Zeitraum (Inselbetrieb), wobei als Sonderform die Auslegung für eine garantierte störungsfreie Laufzeit erforderlich werden kann. Ist dies bereits in der Planungsphase bekannt, so ist eine redundante Auslegung (benötigte Anzahl plus eine Einheit) in Erwägung zu ziehen bzw. bei einer garantierten Laufzeit mind. erforderlich, falls nicht weitere Reserven notwendig werden. Hierbei ist auch die Kraftstoffversorgung - ein größerer Tank oder Organisation des Nachschubs - zu berücksichtigen.

Anlagen mit einer Feuerungswärmeleistung von 1,0 MW und mehr, die für den Dauerbetrieb vorgesehen sind, sind nach der 4. Bundesimmisionschutzverordnung (4. BImSchV) genehmigungsbedürftig; das gilt auch für alle Anlagen mit Verbrennungsmotoren für alternative Gase (Deponie-, Klär- und Biogas) und Gasturbinen

2.6.2 Möglichkeiten der Verbindung mit dem Verbrauchernetz und/oder VNB-Netz

2.6.2.1 Automatischer Anlauf

Automatischer Anlauf ist grundsätzlich immer dann erforderlich, wenn bestimmte (kurze) Zeiten zwischen Ausfall der Allgemeinversorgung und Aufnahme der Sicherheitsstromversorgung zwingend vorgeschrieben sind. Dies ist bei allen Anlagen nach DIN VDE 0100-710/DIN VDE 0100-718 sowie bei den Anlagen für Sicherheitszwecke der Fall.

2.6.2.2 Anlaufsynchrosation zweier oder mehrerer Aggregate

Die Anlaufsynchrosation ist ein physikalischer Vorgang, bei dem durch elektrische Verbindung der betreffenden Generatoren im Stillstand beim gemeinsamen Hochlaufen Synchronismus erzwungen wird.

Die Anlaufsynchrosation ist bei mehr als einem Aggregat die sicherste Methode, die zulässige Unterbrechungszeit von 15 s gem. DIN VDE 0100-710/DIN VDE 0100-718 einzuhalten. Ein automatischer Wirklastabgleich sollte dabei unbedingt integriert werden.

2.6.2.3 Überlappungssynchronisation

Sicherheitsstromquellen nach DIN VDE 0100-710 und 0100-718 sollten grundsätzlich mit einer Kurzzeitsynchronisierereinrichtung (Überlappungssynchronisation) versehen werden, die einen zeitlich begrenzten Parallelbetrieb mit dem Netz ermöglicht. Nur diese Einrichtung gestattet einen Probebetrieb des Stromerzeugungsaggregates ohne Störung sensibler technischer Verbraucher.

Anmerkung:

Als Probebetrieb ist hier nicht die wiederkehrende Prüfung für Anlagen, die der DIN VDE 0100-710 und DIN VDE 0100-718 unterliegen, gemeint (siehe 2.7).

2.6.2.4 Kurzparallelbetrieb mit dem VNB-Netz

Dieser dient dazu, das Aggregat zu belasten

- bei den Abnahmeprüfungen mit Volllast;
- beim monatlichen Probelauf (min. 50% nach DIN VDE 0100-710 bzw. DIN VDE 0100-718).

Der große Vorteil ist, dass die Leistung des Aggregates stufenlos eingestellt werden kann. Hierbei spielt es keine Rolle, auf welcher Spannungsebene diese Einspeisung erfolgt. Die Verbindung zum VNB muss für die Aggregateleistung ausgelegt sein, was bei einer Anlage nach DIN VDE 0100-710/DIN VDE 0100-718 immer der Fall sein muss.

Außerdem kann der Kurzparallelbetrieb nach Netzwiederkehr erfolgen, um die Spannungsunterbrechung der Verbraucher bei der Rückschaltung zu vermeiden (Rücksynchronisierung).

Der Parallelbetrieb muss vom VNB genehmigt werden; der VNB kann und wird besondere Schutzrichtungen und den Test aller Umschaltorgane vorschreiben. Anforderungen, die für Anlagen mit Kurzzeitparallelbetrieb eingehalten werden müssen, sind in der „Richtlinie für Planung, Errichtung und Betrieb von Anlagen mit Notstromaggregaten“ des Verbands der Netzbetreiber e.V. beim VDEW aufgeführt. Die Technischen Anschaltbedingungen des VNB sind zu beachten.

2.6.2.5 Langzeitparallelbetrieb mit dem VNB-Netz

Langzeitparallelbetrieb, d. h. Parallelbetrieb weder als Probelauf noch als Prüfung des Aggregates ist möglich bei

- Blockheizkraftwerk
- Betrieb als Grundlastmaschine
- Stützung des VNB-Netzes z. B. bei einmaligen Veranstaltungen.
- Ansteuerung durch das VNB, zur Lastspitzenreduzierung des VNB

Die eigene Erzeugung von elektrischer Energie ist in allen anderen Fällen immer teurer als der Energiebezug vom Versorgungsunternehmen (VU).

Der Parallelbetrieb muss vom VU genehmigt werden. Die Genehmigung zum Abfahren der Leistungsspitzen wird oft verweigert, d. h. es wird eine max. jährlich zulässige Zeitdauer für den Probetrieb vorgeschrieben. Hierbei muss auch berücksichtigt werden, dass für das VU-Personal zusätzliche Gefahren durch die Rückspannung auftreten können. Die Richtlinie „Eigenerzeugungsanlagen am Niederspannungsnetz“ des Verbands der Netzbetreiber (VDN) ist zu beachten.

2.6.2.6 Wichtiger Hinweis zur Synchronisierereinrichtung

Die Funktion des Synchronisierens bedingt, dass bestehende Verriegelungen aufgehoben werden. Ob diese Funktion einwandfrei ist, hängt damit ausschließlich vom richtigen Zeitpunkt des Schaltens ab. Dies bedeutet aber, dass ein Fehler, der sich im asynchronen Schalten des entsprechenden Schalters äußert, im Nachhinein nicht mehr juristisch einwandfrei dem Schalter oder der Synchronisierereinrichtung zuzuordnen ist. Durch derartige Fehler können aber erhebliche Schäden entstehen.

Es empfiehlt sich deshalb, dass die Synchronisierereinrichtung und die durch diese zu schaltenden Schalter zum Lieferumfang der gleichen Firma gehören.

2.7 Erhaltung des Betriebszustandes

2.7.1 Wiederkehrende Prüfungen

Stromerzeugungsanlagen mit Hubkolbenverbrennungsmotor müssen, wenn kein regelmäßiger Lastbetrieb stattfindet, einmal im Monat mit Last betrieben werden, bis der Motor die Betriebstemperaturen im Beharrungszustand erreicht hat.

Für Anlagen, die der DIN VDE 0100-710 und DIN VDE 0100-718 unterliegen, gilt: Funktionstest, bis die Nennbetriebstemperatur erreicht ist, mindestens jedoch eine Stunde: monatlich. Der Funktionstest ist mit mindestens 50% der Nennleistung der Stromquelle für Sicherheitszwecke durchzuführen. Zum Nachweis der Probetriebszeiten ist gemäß § 3 Abs. 1 AVBEItV ein Betriebsstundenzähler einzubauen.

Die Belastung des Aggregates sollte im Normalfall mit den ersatzstromberechtigten Verbrauchern möglich sein. Wenn die Last nicht ausreicht, sind andere Verbraucher oder transportable Widerstände zuzuschalten.

Beabsichtigte Probeläufe sind den angeschlossenen Verbrauchern rechtzeitig anzukündigen. Der Umfang der Abschaltungen ist mit ihnen abzustimmen. Die Umschalteneinrichtungen müssen mit dem monatlichen Lastprobelauf wie bei einem Ernstfall durch Abschaltung der VNB- Einspeisung geprüft werden (siehe DIN 6280-13 Pkt. 10.2.1c).

Weiterhin ist jährlich zu überprüfen, ob die Leistung des Stromerzeugungsaggregates für die Versorgung der angeschlossenen Verbraucher noch ausreicht.

Während des Probelaufes sollten alle wesentlichen Funktionen der Anlage überprüft werden:

- Start- und Anlaufverhalten;
- Schalt-, Regel- und Hilfseinrichtungen;
- Abstellfunktionen;
- Betriebsverhalten bei Lastaufschaltung.

Hierbei sind folgende Messergebnisse zu protokollieren:

- Vorschmierung
- Temperaturen
- Öldruck
- Kühlung
- Batterie
- Regelverhalten
- Strom
- Spannung
- Frequenz.

Über die regelmäßigen Prüfungen sind Prüfbücher zu führen, die eine Kontrolle über mindestens zwei Jahre gestatten. In diesen Betriebskontrollbüchern sind auch alle anderen Maßnahmen und Vorkommnisse wie Ölwechsel, Reinigen bzw. Auswechseln der Kraftstoff-, Öl- und Luftfilter, sowie Wartungs- und Instandsetzungsarbeiten einzutragen.

Für den Betrieb, die Überwachung und die Probelaufe der Anlage sollte der Betreiber eigenes Personal vom Hersteller einweisen lassen.

Im Aufstellungsraum des Aggregates sind Betriebsanleitungen und Anweisungen in Kurzform auszuhängen, aus denen erkennbar ist, welche Maßnahmen bei Störungen zu ergreifen sind.

2.7.2 **Wartung**

Wartungsarbeiten an einer Stromerzeugungsanlage dürfen nur von Personen mit einschlägiger fachlicher Ausbildung durchgeführt werden.

Wenn die Wartung in Eigenregie erfolgen soll, muss das Personal durch den Hersteller geschult werden.

Sollte für die Wartung kein geeignetes Personal zur Verfügung stehen, ist ein Wartungsvertrag mit einer Fachfirma abzuschließen.

Es ist erforderlich, für die Gewährleistungszeit die Wartung vom Lieferanten der Anlage durchführen zu lassen, sonst verringert sich gem. VOB/B die Verjährungsfrist für Mängelansprüche auf 2 Jahre.

Auf die Broschüre „Wartung“ und das Vertragsmuster „Instandhaltung“ des AMEV wird hingewiesen.

2.7.3 Instandsetzung

Instandsetzungsarbeiten an Stromerzeugungsanlagen unterliegen immer besonderer Dringlichkeit.

Um die Reparaturzeiten zu verkürzen, ist es jedoch nicht ratsam, sich als Betreiber einer Anlage selbst ein Ersatzteillager anzulegen. Ausgenommen davon sind natürlich kleinere Verschleißteile wie Dichtungen, Filter usw. Der Anlagenhersteller sollte vertraglich verpflichtet werden, bestimmte Ersatzteile für den Motor sowie auch für die Schaltautomatik vorzuhalten. Es kann davon ausgegangen werden, dass die Hersteller in der Lage sind, Ersatzteile innerhalb von 24 Stunden bereitzustellen.

Unabhängig von den Wartungen müssen an Ersatzstromversorgungsanlagen - das betrifft besonders das Antriebsaggregat - Hauptuntersuchungen durchgeführt werden.

Die Fristen für die Hauptuntersuchungen werden von den Herstellern der Aggregate vorgegeben und richten sich hauptsächlich nach der Laufzeit.

Da bei Ersatzstromversorgungsanlagen die erforderlichen Betriebsstunden oft nicht erreicht werden, sind bei diesen Anlagen die Hauptuntersuchungen nach den zeitlichen Vorgaben der Hersteller auszuführen.

Hauptuntersuchungen können nur von fachkundigem Personal, d.h. in der Regel nur vom Aggregatehersteller, durchgeführt werden.

Je nach Umfang der Arbeiten ist vorher mit den Verbrauchern abzuklären, ob für die Reparaturzeit bzw. Hauptuntersuchung, die mehrere Tage dauern kann, ein Ersatzaggregat beschafft werden muss.

Nach jeder Reparatur oder Hauptuntersuchung eines Aggregates ist die Stromerzeugungsanlage in Anwesenheit der Instandsetzungsfirma einem Lastprobelauf und einer Funktionsprüfung zu unterziehen.

Auf die Broschüre und das Vertragsmuster „Instandhaltung“ des AMEV wird hingewiesen.

2.7.4 Ferndiagnose

Die Einsatzbereitschaft von Ersatzstromversorgungsanlagen muss gemäß DIN VDE 0100-710 und DIN VDE 0100-718 sowie der DIN 6280-13 während der betrieblich erforderlichen Zeit an zentraler Stelle **ständig** überwacht werden.

Es sind folgende Betriebs- und Störungsmeldungen weiterzuleiten:

- Aggregat betriebsbereit – Automatikstellung;
- Aggregat in Betrieb - Verbraucher werden vom Stromerzeugungsaggregat versorgt;
- Aggregat in Betrieb - Verbraucher werden vom allgemeinen Netz versorgt;
- Aggregat gestört.

Betreiber von Ersatzstromversorgungsanlagen, die über eine Gebäudeleittechnik (GLT) verfügen, können sich darüber hinaus weitere notwendige Betriebszustände, Messwerte, Schalterstellungen und Einzelstörungen der Anlage dorthin übertragen. Das Personal einer Leitzentrale wird damit in die Lage versetzt, bei auftretenden Störungen und kritischen Betriebszuständen sofort Maßnahmen einzuleiten, um die Betriebssicherheit der Ersatzstromversorgungsanlage aufrecht zu erhalten.

Unabhängig von der GLT müssen im Aggregaterraum alle Betriebsanzeigen, Störmeldungen und Funktionstasten nochmals vorhanden sein, um die Anlage auch vor Ort steuern zu können.

Bei Ersatzstromversorgungsanlagen mit komplexen Steuerungsaufgaben, z. B. bei mehreren parallel laufenden Aggregaten, Blockheizkraftwerken oder Grundlastaggregaten, kann die Überwachung, Steuerung und Regelung über einen Rechner erfolgen. Entsprechende Programme werden von den Firmen angeboten. Sie müssen jedoch anlagenspezifisch ergänzt werden.

Folgende Aufgaben kann der Rechner übernehmen:

- Datenerfassung und Speicherung;
- Betriebs- und Fehleranzeigen;
- Prozessoptimierung mit Überwachung und Anpassung;
- Leistungsüberwachung und Regelung;
- Fernbedienung der Anlage;
- Wirtschaftlichkeitsauswertung.

Durch die visuellen Darstellungen auf dem Bildschirm in Form von Blindschaltbildern, Statusanzeigen, Tabellen und grafischen Abbildungen kann das Bedienungspersonal die Anlagen optimal überwachen und steuern.

2.8 Einsatzgebiete für BHKW-Anlagen

2.8.1 Allgemein

Ist eine Ersatzstromversorgungsanlage geplant, ist immer zu prüfen, ob im Hinblick auf ein Gesamtenergiekonzept ein BHKW wirtschaftlich ist.

Die Bedeutung der Blockheizkraftwerke (BHKW) ist in den letzten Jahren ständig gestiegen. Rationelle, umweltschonende Energieverwendung und die Reduzierung der Kohlendioxid- (CO₂) Emission stehen vor allem im Zusammenhang mit dem „Treibhauseffekt“ zunehmend im Mittelpunkt des öffentlichen Interesses. Erdgas weist hierbei die günstigste Bilanz auf. Bei seiner Verbrennung entstehen 40 bis 50% weniger CO₂ als bei Kohle sowie etwa 25% weniger CO₂ als bei leichtem Heizöl, bezogen auf den gleichen Energiegehalt.

Die grundsätzlichen Vorteile der gekoppelten Erzeugung von Wärme und Strom im Vergleich zur getrennten Erzeugung sind inzwischen unbestritten. Die Kraft-Wärme-Kopplung mit Gesamtnutzungsgraden von 80 bis 90% stellt ein energie- und volkswirtschaftlich hochinteressantes und erwünschtes Instrumentarium zur Umweltentlastung dar.

Eine Investition wird in der Regel als wirtschaftlich vertretbar angesehen, wenn die Amortisationszeit 7 Jahre, im begründeten Einzelfall 10 Jahre, nicht überschreitet.

Bei den Einsatzgebieten von BHKW sind fünf etwa gleich große Anwendungsbereiche zu erkennen:

- Deponien und Kläranlagen;
- Öffentliche Einrichtungen, z. B. Hallen-/Schwimmbäder;
- Krankenhäuser;
- Verwaltungsgebäude;
- Sonstige (z.B. Wohnsiedlungen).

Gerade durch die günstige Struktur ihres Wärme-, Strom- und Kältebedarfs sind Krankenhäuser, Kliniken und krankenhausähnliche Einrichtungen für den Einsatz von BHKW besonders geeignet. Hier würde nicht nur ein Beitrag zur rationellen und umweltschonenden Energieverwendung erbracht, sondern es könnte auch mittel- bis langfristig ein Element zur Kostendämpfung im Gesundheitswesen bei Ausschöpfung der Möglichkeiten genutzt werden.

2.8.2 Forderungen an BHKW-Anlagen

Für einen sinnvollen Einsatz eines BHKW ergeben sich folgende Anforderungen:

- Die anfallende Wärme sollte ganzjährig genutzt werden können. Ein Betrieb ohne Wärmenutzung kann nur in Ausnahmefällen rentabel sein.
- BHKW und Verbraucher sollten im Temperaturniveau übereinstimmen. Abweichungen ziehen höheren apparativen Aufwand und höhere Betriebskosten mit sich.
- Der Brennstoff sollte langfristig zu kostengünstigen Konditionen verfügbar sein.
- Für überschüssigen Strom und überschüssige Wärme müssen hohe Erlöse (Eigennutzung/Verkauf) erzielbar sein.

2.8.3 BHKW mit Erzeugung von Absorptionskälte

Eine zusätzlich interessante Variante ist die Nutzung der Wärme in einer Absorptionskältemaschine (AKM). Dabei wird sie als Antriebsenergie zur Kälteerzeugung eingesetzt. Diese Antriebswärme lässt sich in idealer Weise als Abwärme aus BHKW-Anlagen bereitstellen.

Die Kombination von BHKW-Anlagen mit Absorptionskältemaschinen kann sehr vorteilhaft sein, und zwar unter umweltseitigen, technischen, energetischen und wirtschaftlichen Aspekten. Eine solche Anlagenkonfiguration bedeutet eine äußerst flexible und bedarfsgerechte Auskopplung von Wärme und/oder Kälte und damit eine optimale Auslastung der BHKW-Anlage.

Zudem werden in Absorptionskältemaschinen keine Fluorchlorkohlenwasserstoffe (FCKW) eingesetzt. Da ein vollständiger Verzicht von FCKW in den kommenden Jahren angestrebt wird, sind solche Anlagen eine sehr gute Alternative zur Kälteerzeugung.

2.8.4 BHKWs im Energiemix zur Stromerzeugung

Die Einsatzenergien zur Stromerzeugung zeigen, dass die vorherrschenden Brennstoffe für BHKW, also Erdgas und Heizöl, bei VNBs nur zur Spitzlastabdeckung und zu Reservezwecken verwendet werden.

Die spezifisch teuren Anlagen für die Stromerzeugung (Dampf für Turbine/ Generator) werden mit auf dem Weltmarkt zu beziehenden günstigen Brennstoffen (Steinkohle/Schweröl/Leichtöl) zur Grund- und Mittellaststrombereitstellung eingesetzt.

Die spezifisch billigeren Anlagen wie die BHKW werden mit teuren Brennstoffen (Gas, Heizöl El) zur Stromspitzenlastbereitstellung betrieben. Bei der Anwendung von BHKW wird aber nur Wärme mit dem „Abfall“ Strom (ca. 30%) erzeugt.

Eine Wirtschaftlichkeit kann deshalb auch aus dieser Sicht nur dann beim Einsatz im Energiemix erreicht werden, wenn

- ein Ertrag aus der Wärme erzielt werden kann (Eigennutzung/Verkauf),
- der erzeugte Strom überwiegend selbst genutzt wird und
- der Einsatz als Ersatzstrom-/Sicherheitsstromquelle möglich ist (siehe 2.8.6).

Die Auslastung des BHKWs muss möglichst vollständig, d.h. ganzjährig, erfolgen.

Bei dieser Investition muss der Zukauf vom Verteilungsnetzbetreiber (Leistungs- und Arbeitspreis) gegenübergestellt werden.

2.8.5 Ein oder mehrere BHKW-Module

Die Frage, ob ein oder mehrere BHKW-Module erforderlich sind, richtet sich nach dem Bedarf der/des Nutzer/s an

- Wärme,
- Kälte,
- Stromverbrauch und dem
- Einsatz als Ersatzstrom-/Sicherheitsstromquelle (siehe 2.8.6).

Erst wenn der Wärme-, Kälte- und Strombedarf über den Zeitraum eines Jahres bekannt ist, kann entschieden werden, wieviele BHKW-Module eingesetzt werden.

Nicht außer acht lassen darf man hierbei den Strombedarf. Wird z. B. weniger Wärme oder Kälte benötigt als das BHKW erzeugen kann, werden einzelne Module abgeschaltet. Das elektrische Leistungsmaximum kann gerade zu diesem Zeitpunkt auftreten und muss an den Verteilungsnetzbetreiber teuer bezahlt werden.

Das BHKW deckt dann nur den Arbeitspreis ab.

Es ist somit von großer Bedeutung, dass die Grundlast (Mindestwert im Jahr) von Wärme, Kälte und Strom über das gesamte Jahr ermittelt und erst dann entschieden wird, ob diese Grundlast von einem oder mehreren BHKW-Modulen erzeugt wird.

Ferner sollte ein weiteres Modul zur Grundlastabdeckung als Reserve für Ausfälle, Wartungs- und Instandsetzungsarbeiten bereitstehen, da sonst Zusatzverträge mit den Versorgungsunternehmen abgeschlossen werden müssen, um die fehlende Leistung abdecken zu können. Es ist in der Regel kostengünstiger, das BHKW um ein weiteres BHKW-Modul zu ergänzen als die zusätzlich benötigte Leistung vom Versorgungsunternehmen in Anspruch zu nehmen.

2.8.6 BHKW als Ersatzstrom-/Sicherheitsstromquelle

Für den Betrieb von BHKWs als Ersatzstromversorgungsanlagen werden vorzugsweise Hubkolbenverbrennungsmotoren (Otto-Gasmotore, Diesel-Gas-Motore und Diesel-Motore) verwendet.

Soll ein BHKW als Ersatzstromversorgungsanlage nach DIN VDE 0100-710 oder DIN VDE 0100-718 betrieben werden, so ist die DIN 6280-14 Pkt. 16 anzuwenden.

Bei der Versorgung der Anlage mit Dieseldieselkraftstoff ist die Mindestbevorratung nach Pkt. 2.4.3 sicherzustellen.

Ob durch eine öffentliche Gasversorgung für ein BHKW die gleiche Versorgungssicherheit erreicht wird wie mit einer Vorortlagerung von Dieseldieselkraftstoff für ein Stromerzeugungsaggregat, ist in der DIN 6280-14 Pkt. 16 geregelt. Es bedarf jedoch einer ernsthaften Prüfung.

Zum Beispiel sollten untersucht werden:

- Liefergarantie des Versorgungsunternehmens (VU);
- Abhängigkeit des Transports;
- Vorkehrungen der Feuerwehr im Brandfalle.

Varianten der sicheren Versorgung sind

- das Vorsehen von umschaltbaren Kraftmaschinen (Betrieb sowohl mit Gas als auch mit Dieseldieselöl),
- Bevorratung von Flüssiggas,
- unabhängiger Gashausanschluss.

Die Forderung nach luftgekühlten Kraftmaschinen oder wassergekühlten mit Luftrückkühlung muss durch den Einbau eines Notkühlers erfüllt werden. Bei Einsatz des BHKW als Ersatzstrom-/Sicherheitsstromquelle muss der Notkühler die Rückkühlung dann übernehmen, wenn die angefallene Wärme nicht anders genutzt werden kann.

Bei der Auslegung des BHKW ist zu berücksichtigen, dass mindestens ein Modul für die Ersatzstrom-/Sicherheitsstromversorgung mehr installiert wird als leistungsmäßig benötigt wird (redundante Auslegung).

Es ist deshalb sinnvoller, mehrere kleine Module zu installieren als ein großes Modul.

Auf die besonderen Forderungen hinsichtlich der Verfügbarkeit wird hingewiesen (DIN 6280-13 Pkt. 15).

Not-Abschaltung

Zum Schutz der Anlage sollte eine Not-Abschaltung vorgesehen werden. Diese soll auslösen, wenn der Generatorschalter den Generator bei einer Maschinenstörung nicht abschaltet bzw. nicht allpolig vom Netz trennt.

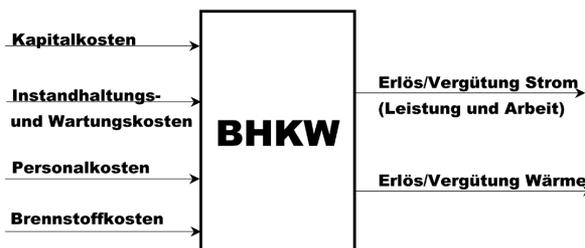
Sollte nach einer einstellbaren Zeit von ca. 10 bis 15 Sekunden keine Rückmeldung des Generatorleistungsschalters an die Motorsteuerung erfolgen, so muss der komplette Maschinensatz durch den übergeordneten Leistungstrenner oder Leistungsschalter allpolig vom Netz getrennt werden.

Diese Maßnahme ist notwendig zur Vermeidung von Schäden am Maschinensatz, ggf. auch an Inventar und Gebäude.

2.8.7 Gesamtkosten und Rentabilität

Um die Gesamtkosten und die Rentabilität abschätzen zu können, müssen folgende Fragen vor einer Entscheidung für ein BHKW beantwortet werden:

- Wo kann das BHKW errichtet werden?
- Wie sind die Voraussetzungen für die Einbindung von Wärme/Kälte und Strom?
- Wie kann die Brennstoffversorgung geregelt werden?
- Wie erfolgt die Reserve- und Spitzenlastabdeckung für Wärme?
- Wie erfolgt die Reserve- und Grundlastabdeckung für Strom?
- Wie erfolgt die Wartung und Instandhaltung?
- Steht eigenes qualifiziertes Personal zur Verfügung?



Prinzipschema

Um in BHKW-Anlagen steuerbegünstigte Mineralöle (Erdgas, Heizöl EL oder Flüssiggas) einsetzen zu können, ist durch die Art der baulichen Ausführung und während des Betriebes sicherzustellen, dass von diesen Anlagen der lt. § 25 Abs. 3a MinöStG geforderte Ausnutzungsgrad (Wirkungsgrad) von im Jahresdurchschnitt mindestens 70% des Energiegehaltes des verwendeten Mineralöles erreicht wird. Durch Einbau von Messeinrichtungen muss eine entsprechende Nachweisführung ermöglicht werden.

Rechtzeitig vor Inbetriebnahme der Anlage ist durch den zukünftigen Betreiber (Nutzer) eine förmliche Einzelerlaubnis zur Verwendung steuerbegünstigter Mineralöle beim zuständigen Hauptzollamt zu beantragen. Dem Hauptzollamt sind alle erforderlichen Unterlagen zur Anlagenbeschreibung, zum Umfang der Messgeräteausstattung und zur Nachweisführung (Erfassung, Auswertung und Protokollierung der Messwerte) vorzulegen mit dem Ziel, den Überwachungsaufwand der Ämter oder zentrale Stelle über die Anlagen auf ein Minimum beschränken zu können.

Die Investitionskosten für eine separate Ersatzstromversorgungsanlage entfallen.

BHKW-Anlagen werden heute im allgemeinen so ausgelegt, dass mindestens ein redundantes Modul für den Wärmebedarf vorhanden ist. Dies bewirkt, dass Reservebezugsverträge für Strom in der Regel nicht abgeschlossen werden müssen.

Bei der Planung ist immer zu prüfen, dass mindestens ein redundantes BHKW-Modul zum Abdecken der Stromgrundlast vorhanden ist.

3. Ersatzstromversorgungsanlagen mit Batterie

3.1 Allgemein

Werden Batterieanlagen als Ersatzstromquelle zur Sicherstellung der Versorgung notwendiger Sicherheitseinrichtungen gemäß DIN VDE 0100-710 und DIN VDE 0100-718 eingesetzt, so ist die DIN VDE 0510-2 (Batterien und Batterieanlagen/stationäre Batterien) für den Bau, die Aufstellung und Unterbringung sowie den Betrieb und die Prüfung zu beachten.

Die Batterie besteht aus einer oder mehreren elektrisch miteinander verbundenen Zellen. Die Zelle ist die kleinste Einheit einer Batterie. Eine Batterie kann aufladbar oder nicht aufladbar sein.

Als Akkumulator (Sekundärbatterie) wird eine Batterie bezeichnet, die zugeführte elektrische Energie als chemische Energie speichern (Ladung) und bei Bedarf als elektrische Energie abgeben kann (Entladung).

Die Notwendigkeit für den Einsatz von Batterien als Ersatzstromquelle ist dann gegeben, wenn eine Batterieanlage die kostengünstigste Lösung darstellt, z. B. für Verbraucher nach DIN VDE 0100-710, für die eine Spannungsunterbrechung von $\leq 0,5$ s vorgeschrieben ist, oder für Verbraucher nach DIN VDE 0108-100.

Als Ersatzstromquelle werden Batterien ohne und mit Umrichter eingesetzt, wobei die komplette Anlage einschließlich der Ladeeinrichtung als System zu betrachten ist.

3.2 Batterietypen

Für ortsfeste Stromversorgungen stehen im wesentlichen nachfolgende Batterietypen zur Verfügung.

3.2.1 Geschlossene Bleibatterien

Für geschlossene Bleibatterien mit flüssigem Elektrolyt (verdünnte Schwefelsäure) und z.B. positiven Großoberflächenplatten (GroE), Röhrenplatten (OPzS) und Gitterplatten (OGi) gelten folgende wesentliche Kriterien:

- Der Elektrolyt nimmt an der elektrochemischen Reaktion aktiv teil und verändert seine Konzentration entsprechend dem Ladezustand. Der Ladezustand ist deshalb aus der Konzentration des Elektrolyten ableitbar, vorausgesetzt es hat ein Ausgleich der Säureschichtung mit unterschiedlicher Konzentration, die beim zyklischen Lade-/Entladebetrieb auftritt, stattgefunden. Bei tiefen Temperaturen und entladener Batterie (geringe Säurekonzentration) kann das Elektrolyt einfrieren.
- Tiefentladungen, besonders mit geringen Stromstärken, sind schädlich für die Batterie und reduzieren die Lebensdauer.

- Das Potential der negativen Elektrode liegt tiefer als das Gleichgewichtspotential für Wasserstoffentwicklung. Die Entwicklung von Wasserstoff kann deshalb nicht verhindert werden und führt zur Selbstentladung von 2 bis 5% pro Monat.

3.2.2 Verschlossene Bleibatterien

Bei verschlossenen Bleibatterien (Kürzel: GiV) ist die verdünnte Schwefelsäure als Elektrolyt in Gel festgelegt oder in Vlies absorbiert. Wesentliche Kriterien sind:

- Bei der verschlossenen Bleibatterie ist die Gasentwicklung zwar gering, aber nicht völlig unterbunden. Die verschlossene Bleibatterie muss deshalb mit einem Ventil ausgerüstet sein, das sich auch unter normalen Betriebsbedingungen von Zeit zu Zeit öffnet und Gas austreten lässt. Die Batterie gilt als bedingt wartungsfrei bzw. wird für wartungsfreien Betrieb über die Brauchbarkeitsdauer geliefert.
- Da der Elektrolyt nicht zugänglich ist, kann die Elektrolytdichte nicht ermittelt werden. Eine Beurteilung der Batterie ist nur über elektrische Messwerte möglich, und zwar in Verbindung mit einer rechnergesteuerten Messeinrichtung.
- Den Vorteilen der bedingten Wartungsfreiheit, geringen Raumbedarfes, hoher Kurzzeitbelastbarkeit und geringen Belüftungserfordernissen stehen auch Nachteile gegenüber. Verschlossene Batterien sind sehr empfindlich gegenüber ungünstigen Betriebsbedingungen, die den Wasserverlust erhöhen, so dass bei hohen Temperaturen die Gefahr vorzeitigen Austrocknens besteht. Entsprechendes ist bei der Ladung und Überwachung zu berücksichtigen mit unter Umständen erhöhtem Aufwand.
- Die Lebensdauer ist gegenüber vergleichbaren Batterien geschlossener Bauart grundsätzlich kürzer.

Vorteil:

- Tiefentladefestigkeit

3.2.3 Geschlossene Nickel-Cadmiumbatterien

Für Nickel-Cadmiumbatterien mit Kalilauge als Elektrolyten und z.B. Taschenplatten, Sinterplatten oder Faserstrukturplatten als Elektroden gelten im wesentlichen folgende Kriterien:

- Die Kalilauge nimmt an der elektrochemischen Reaktion nicht teil und verändert ihre Konzentration nicht. Entgegen der Bleibatterie ist deshalb der Ladezustand der Batterie aus der Konzentration des Elektrolyten nicht ableitbar.

- Bei Temperaturen unter dem Gefrierpunkt gibt es keine Probleme, da sich die Konzentration der Lauge nicht verändert.
- Durch die Möglichkeit einer engen Abstandsordnung der Elektroden werden geringe Innenwiderstände und damit hohe Strombelastbarkeiten erreicht (enger Abstand möglich, da bei Nickel, das als Träger und Stromleiter dient, Korrosion auch in der positiven Elektrode nicht auftritt).
- Gegenüber Bleibatterien sind Nickel-Cadmiumbatterien unempfindlich gegen Tiefentladungen und können in diesem Zustand auch gelagert werden.
- Besonders bei erhöhter Betriebstemperatur entsteht im Elektrolyten Kaliumkarbonat, wodurch sich die Leitfähigkeit verringert und in gewissen Zeitabständen Elektrolytwechsel erforderlich wird (Karbonatbildung durch CO_2 in der Luft bzw. durch Oxidation von als Leithilfe eingesetztem Graphit).
- In regelmäßigen Zeitabständen sind Ausgleichs- und Entladungen erforderlich, da sonst die Kapazität auf 80 bis 90% ihres Nennwertes absinkt, was nur durch Überdimensionierung der Batterie (um etwa 30%) kompensiert werden kann. Außerdem wird bei erhöhten Temperaturen ($> 40^\circ\text{C}$) die volle Kapazität nicht erreicht.

3.2.4 Gasdichte Nickel-Cadmiumbatterien

Für gasdichte Nickel-Cadmiumbatterien gelten im wesentlichen folgende Kriterien:

- Die Batterien sind nur mit kleinen Kapazitäten bis ca. 15Ah lieferbar
- Durch den gasdichten Verschluss treten unter normalen Betriebsbedingungen weder Gase noch Flüssigkeitsnebel aus.
Ein gasdichter Verschluss ist möglich, da beim Laden der Batterie der an der positiven Elektrode entwickelte Sauerstoff an der negativen Elektrode wieder reduziert wird.
- Da das Potential der Cadmiumelektrode höher als das Wasserstoffpotential liegt, wird bei Einhaltung der Behandlungsvorschriften (z.B. Ladespannung) kein Wasserstoff entwickelt.
Im Extremfall, z.B. hohe Temperaturen oder zu starke Überladung öffnet bei zu starkem Gasanfall ein Sicherheitsventil. Damit wird jedoch die Zelle für den weiteren Einsatz unbrauchbar.
- Die Batterie kann in jeder Lage betrieben werden.

3.3 Auswahl von Batterieanlagen

3.3.1 Allgemein

Grundlage für die Batterieauswahl sind Kriterien hinsichtlich Anwendungsbereich, Überbrückungszeit, Brauchbarkeitsdauer, Umgebungstemperatur, Zyklenzahl, Lade- und Entladestromstärke, Wartungsaufwand, Raumbedarf und Raumbelüftung. Außerdem sind die Anschaffungskosten und die Recyclingfähigkeiten mit zu betrachten.

- Die Kapazität einer Batterie ist die unter den jeweiligen Bedingungen entnehmbare Elektrizitätsmenge. Sie ist abhängig vom Entladestrom, der Entladeschlussspannung und der Temperatur.
- Die Brauchbarkeitsdauer von Batterien wird im allgemeinen bis zu dem Zeitpunkt definiert, bei dem die Kapazität der Batterie trotz ständigen Wiederaufladens und/oder bei Erhaltungsladung unter 80% des Nennwertes abgesunken ist.

Kennzeichnung und Anwendung von Blei- und Nickel-Cadmium-Akkumulatoren

Kennzeichen für Batterietyp	Erläuterung	Norm
Blei-Akkumulatoren		
GroE	Ortsfeste Batterie mit positiven Großoberflächenplatten im Engenbau	DIN 40 738
OPzS	Ortsfeste Batterie mit positiven Panzerplatten und Spezialseparation	DIN 40 736 Teil 1 und Teil 2 DIN 40 737 Teil 3
OPzV-Zellen		DIN 40 742
OPzV-Block		DIN 40 744
OGi	Ortsfeste Batterie mit positiven Gitterplatten	DIN 40 734 / DIN 40 739
OGi-Block		DIN 40 739
OGiV-Block		DIN 40 741 Teil 1 oder vergleichbar
GiV ²⁾	Batterie mit Gitterplatten, Verschlussene Ausführung	DIN 43 534
Nickel-Cadmium-Akkumulatoren		
T (KPM)	Zellen mit Taschenplatten in Stahlgefäßen	DIN 40 771 Teil 1 bis 3 (IEC 623)
TP (KPM...P)	Zellen mit Taschenplatten in Kunststoffgefäßen (Kurzzeichen...P)	DIN 40 771 Teil 1 bis 3 (IEC 623)
DTN...K	Zellen mit Taschenplatten für Normalentladung im Kunststoff-Doppelgefäß	DIN 40 751
TS (KPH)	Zellen mit Taschenplatten in Stahlgefäßen für Hochstromentladung (Startströme)	DIN 40 771 Teil 1 bis Teil 3 (IEC 623)
TSP (KPH...P)	Zellen mit Taschenplatten in Kunststoffgefäßen (Kurzzeichen...P) für Hochstromentladung (Startströme)	DIN 40 771 Teil 1 bis Teil 3 (IEC 623)
GSZ ²⁾	Gasdichte Zellen mit Sinterelektroden	DIN IEC 60285
GSP	Gasdichte Zellen mit Sinterelektroden	DIN IEC 60285
¹⁾ Erhaltungsladestrom ²⁾ Gerätebatterie X Dieser Batterietyp ist für die angegebene Anwendung geeignet		³⁾ Stand der Technik – Dieser Batterietyp ist aufgrund der Maße, der Le

Bleibatterien erreichen in etwa unter Normalbedingungen (20 bis 25 °C) je nach Bauart eine Brauchbarkeitsdauer bis zu 18 Jahren, Nickel-Cadmium-batterien bis zu 15 Jahren, wobei mit dem Beginn der Verschleißausfälle (Praxiserfahrungen) nach einem Zeitabschnitt von 0,6 x Brauchbarkeitsdauer zu rechnen ist.

Höhere Betriebstemperaturen verkürzen die Brauchbarkeitsdauer etwa um den Faktor 2 je 10 °C Temperaturerhöhung.

Die nachfolgende Tabelle gibt einen Überblick zur Batterieauswahl.

Akkumulatoren in Anlagen für Sicherheitszwecke

Kapazitätsbereich Ah	Erhaltungslade- spannung V/Zelle ± 1 %	Operations- leuchten	medizinische Geräte	Anlass- batterien	Einzel- batterien	Gruppen- batterien	Zentral- batterien	Gefahrmelde- anlagen
-------------------------	----------------------------------------------	-------------------------	------------------------	----------------------	----------------------	-----------------------	-----------------------	-------------------------

Akkumulatoren

15 - 2.600	2,23	X	X	X	–	X	X	X
40 - 12.000	2,23	X	X	X	–	X	X	X
200 - 300	2,23	X ³⁾	X ³⁾	–	–	X ³⁾	X ³⁾	X ³⁾
50 - 300	2,23	X ³⁾	X ³⁾	–	–	X ³⁾	X ³⁾	X ³⁾
200 - 3.500	2,23	X	X	X	–	X	X	X
12,5 - 200	2,23	X	X	X	–	X	X	X
20 - 250	2,23	X ³⁾	X ³⁾	X ³⁾	–	X ³⁾	X ³⁾	X ³⁾
1 - 20	2,30	–	–	–	X	X	–	X

Nickel-Cadmium-Akkumulatoren

10 - 1.250	1,40	X	X	X	–	–	X	X
10 - 1.250	1,40	X	X	X	–	–	X	X
4,5 - 12	1,40	–	–	–	X	X	–	X
14 - 650	1,40	X	X	X	–	–	–	X
14 - 650	1,40	X	X	X	–	–	–	X
0,5 - 15	0,3 - 0,5/10 ¹⁾	–	–	–	X	X	–	X
0,5 - 15	0,3 - 0,5/10 ¹⁾	–	–	–	X	X	–	X

der Leistungsdaten oder des Kapazitätsbereiches für die angegebene Anwendung nicht geeignet

3.3.2 Auswahl nach Anwendungsbereich

Für Anlagen, die der DIN VDE 0100-710 unterliegen, sind Anforderungen an batteriegestützte zentrale Sicherheits-Stromversorgungs-Systeme in der Beratung (Entwurf der VDE 0558-507).

Kraftfahrzeug - Starterbatterien sind nicht zulässig (DIN VDE 0100-710 Pkt. 710.562).

In Anlehnung an die zum 01.10.2005 zurückgezogene VDE 0108-1 werden für Ersatzstromquellen unterschieden

- Einzelbatterieanlagen
Einzelbatterieanlagen mit Batterien wartungsfreier (verschlossener) Bauart, die lageunabhängig betrieben werden können und im allgemeinen eine, höchstens jedoch zwei Sicherheits- oder Rettungszeichenleuchten oder eine sonstige Sicherheitseinrichtung versorgen. Die Brauchbarkeitsdauer muss mindestens 3 Jahre betragen, unter Berücksichtigung der Temperatur am Einbaort
- Gruppenbatterieanlagen
Gruppenbatterieanlagen mit Batterien geschlossener oder verschlossener Bauart, die mindestens 3 Jahre wartungsfrei sind und notwendige Sicherheitseinrichtungen bis zu einer Anschlussleistung von 300 Watt bei 3 Stunden bzw. 900 Watt bei 1 Stunde Nennbetriebsdauer oder max. 20 Sicherheitsleuchten versorgen. Gruppenbatterien gelten als Zentralbatterien im Sinne der Verordnung über den Bau von Betriebsräumen für elektrische Anlagen (EltBau VO)
- Zentralbatterieanlagen
Zentralbatterieanlagen mit ortsfesten Batterien, die mindestens die notwendigen Sicherheitseinrichtungen ohne Leistungsbegrenzung versorgen.

3.3.3 Auswahl des Batterietyps

Für den Einsatz von Bleibatterien sprechen im allgemeinen ökonomische Gesichtspunkte und grundsätzlich geringer Wartungsaufwand. Hierbei ist der Einsatz von geschlossenen und verschlossenen Batterien zu betrachten.

3.3.3.1 Bleibatterien

- Geschlossene Bleibatterien
Geschlossene Bleibatterien sind im allgemeinen aus Gründen der längeren Brauchbarkeitsdauer und guten Wartungsmöglichkeit bei größeren Anlagen (ab ca. 80 kVA) einzusetzen.
Das günstigste Preis - Leistungs - Verhältnis liegt bei Batterien mit einer Lebensdauer von 12 bis 15 Jahren. Diese wird von OGi- und OPzS Batterien erreicht.
Für Kapazitätsbereiche bis 250 Ah empfehlen sich OGi- und OPzS-Block-Batterien.
Die OGi-Batterie hat einen geringeren Innenwiderstand als die OPzS Batterie und ist als Universalbatterie für Kurzzeit- und Langzeitentladung anzusehen.
Die OPzS Batterie ist nicht für Langzeitentladung geeignet.
Ab 250 Ah bieten sich OPzS- Einzelzellen an. Es können auch OGi- Einzelzellen eingesetzt werden, die üblicherweise bei gleicher Lebensdauer etwas teurer sind, jedoch den Vorteil haben, dass sie zusätzlich hochstromentladbar sind.
GroE-Batterien scheiden als Ersatzstromversorgung üblicherweise vom Preis her aus. Sie haben eine Lebensdauer von 15 bis 20 Jahren und sind besonders hochstrombelastbar. GroE-Batterien werden überwiegend in Kraftwerken eingesetzt, obwohl auch dort vermehrt OGi-Einzelzellen zur Anwendung kommen.
Die allgemeinen Anforderungen und Prüfungen für geschlossene Batterien sind in der DIN EN 60896-1 genormt.
- Verschlussene Bleibatterien
Verschlussene Bleibatterien werden überwiegend bei kleinen Anlagen bis ca. 80 kVA als Energiespeicher verwendet.
Die allgemeinen Anforderungen und Prüfungen für verschlossene Batterien sind in der DIN EN 60896-2 genormt.

3.3.3.2 Erfahrungswerte für die Brauchbarkeitsdauer von Bleibatterien

(aufgestellt vom ZVEI-Fachverband Batterien, Stand 03/2003)

OPzS-Zellen	DIN 40736	15 Jahre
OPzS-Blockbatterien	DIN 40737	13 Jahre
GroE-Zellen	DIN 40738	18 Jahre
OGi-Zellen	DIN 40734	14 Jahre
OGi-Blockbatterien	DIN 40739	12 Jahre
OGiV-Blockbatterien	DIN 40741, T1	12 Jahre
OPzV-Zellen	DIN 40742	14 Jahre
OPzV-Blockbatterien	DIN 40744	13 Jahre

Diese Erfahrungswerte basieren auf der Einhaltung nachstehender Bedingungen

- Betriebsart Bereitschaftsparallelbetrieb.
- Entladung einmal pro Monat.
- Entladetiefe max. 80% C_{Nenn} .
- Erhaltungsladungsspannung batteriebauartabhängig, nach Herstellerangaben.
- Betriebstemperatur $20 \pm 2^\circ\text{C}$
- überlagerter Wechselstrom sollte bei geschlossenen Batterien beim Erhaltungsladen $2\text{A}/100\text{ Ah } C_{10}$ und bei verschlossenen Batterien $1\text{A}/100\text{ Ah } C_{10}$ bei Frequenzen $> 30\text{ Hz}$ nicht überschreiten
- Einhaltung der Vorgaben in den Inbetriebsetzungs- und Gebrauchsanweisungen.

3.3.3.3 Nickel-Cadmiumbatterien

- Geschlossene Nickel-Cadmiumbatterien
Geschlossene Nickel-Cadmiumbatterien werden im allgemeinen nur noch eingesetzt, wenn sehr hohe Entladeströme auftreten oder wenn der Einsatz bei sehr tiefen Umgebungstemperaturen erfolgen soll.
Der Preis von Nickel-Cadmiumbatterien liegt erheblich über dem von Bleibatterien. Der hohe Anschaffungspreis kann allerdings unter Umständen kompensiert werden, wenn bei hohen Belastungen kleine Kapazitäten benötigt werden.
Zu den hohen Anschaffungskosten gegenüber Bleibatterien entstehen auch erheblich höhere Entsorgungskosten.
Geschlossene Nickel-Cadmium-Batterien sollen den Anforderungen der DIN EN 60623 entsprechen.
- Gasdichte Nickel-Cadmiumbatterien
Gasdichte Nickel-Cadmiumbatterien sind auf Grund der geringen verfügbaren Kapazität nur als Stromversorgungen für Gefahrenmeldeanlagen, Gruppenbatterieanlagen kleiner Leistung und in besonderen Fällen zur Stützung der Versorgungsspannung von Steuerungen einzusetzen.
Anwendungsbereich sind Einzelbatterieanlagen, für die eine wartungsfreie, verschlossene Bauart und lageunabhängiger Betrieb vorgeschrieben sind.
Gasdichte Nickel-Cadmium-Batterien sollen der DIN EN 60285 (zylindrische Einzelzellen) bzw. der DIN EN 60622 (prismatische Einzelzellen) entsprechen.

3.4 Auslegen der Batterieanlage

Allgemeine Anforderungen an zentrale Stromversorgungssysteme für eine unabhängige Energieversorgung von notwendigen Sicherheitseinrichtungen finden sich in der DIN EN 50171 (VDE 0558-508) „Zentrale Stromversorgungssysteme“.

Stromquellen für Sicherheitszwecke nach DIN VDE 0100-710 müssen eine Versorgung von mindestens 24 Stunden sicherstellen können. Die Betriebsdauer kann bis auf drei Stunden verringert werden, wenn die medizinischen Anforderungen erfüllt, die Verwendung des Bereichs für die Behandlung/Untersuchung sichergestellt und jegliche Evakuierung des Gebäudes komplett innerhalb von drei Stunden realisiert sind.

Für Sicherheitsstromversorgungen nach DIN VDE 0100-718 ist die Nennbetriebsdauer der Tabelle A.1 dieser Norm zu entnehmen.

3.5 Ladeeinrichtung und Überwachung

Die Batterieladeeinrichtung richtet sich hinsichtlich Auslegung und Ausführung nach dem Einsatzzweck der Batterieanlage. Es muss sich um eine spannungs- und stromgeregelte Ladeeinrichtung handeln, die den einwandfreien Ladezustand der Batterie durch selbsttätiges Laden und Erhaltungsladen sicherstellt. Die Anforderungen der EN 60146-1-1 und EN 50272-2 sind einzuhalten.

Im allgemeinen werden ortsfest eingesetzte Batterien im Bereitschaftsparallelbetrieb zusammen mit dem Ladegleichrichter und Verbraucher betrieben. Auch wenn die DIN VDE 0107/0108 nicht mehr gelten, haben sich folgende Anforderungen aus diesen Normen bewährt:

In medizinischen Einrichtungen sollte nach einer Ladedauer von 6 Stunden die vorgeschriebene Entnahme wieder möglich sein.

Die Ladeeinrichtung für Einzelbatterieanlagen sollte in anderen Einrichtungen so ausgeführt werden, dass 90% der Strommenge (Ah) innerhalb von 20 Stunden zugeführt werden kann.

Die Ladeeinrichtung für Gruppen- und Zentralbatterieanlagen sollte so ausgeführt werden, dass 90% der Strommenge innerhalb von 10 Stunden (Arbeitsstätten: 20 Stunden) zugeführt werden kann. Bei Anlagen mit Bereitschaftsparallelbetrieb sollte ein Gleichrichtergerät mit I-U-Kennlinie verwendet werden, dessen Nennstrom mindestens 110% der vorgesehenen Gleichstromentnahme beträgt.

Zur Überwachung der Batterieanlage sind Betriebsanzeige- und Überwachungseinrichtungen vorzusehen, um die Verfügbarkeit sicherzustellen und dauerhafte Schäden an den Batterien zu vermeiden. Es ist nicht nur die Batterie auf z. B. Tiefentladung, Überladung und lose Anschlussklemmen zu überwachen, sondern ebenso auch die Ladeeinrichtung auf einwandfreie Funktion.

Eine Temperaturkompensation der Erhaltungsladung ist nur erforderlich, wenn die Temperatur im Monatsmittel außerhalb des Bereiches +10 °C bis 30 °C liegt.

3.6 Aufstellungsbedingungen

3.6.1 Räumliche Anordnung

Gem. EltBau VO § 3 müssen Zentralbatterien und Gruppenbatterien in geschlossenen elektrischen Betriebsräumen untergebracht werden.

Für Batterieanlagen, die nicht der DIN VDE 0100-710 bzw. DIN VDE 0100-718 unterliegen, und wenn die EltBau VO nach Landesrecht nicht eingeführt ist, gelten in jedem Fall die Normen der Reihe DIN VDE 0510.

Batterien über 60 Volt bis 120 Volt Nennspannung sind gem. DIN VDE 0510-2 (5.1) in elektrischen Betriebsstätten aufzustellen.

Batterien über 120 Volt Nennspannung erfordern die Aufstellung in einer abgeschlossenen elektrischen Betriebsstätte.

Als elektrische Betriebsstätten bzw. abgeschlossene elektrische Betriebsstätten gelten gemäß DIN VDE 0510-2 (10)

- besondere Räume für Batterien innerhalb von Gebäuden;
- besondere abgetrennte Betriebsbereiche in elektrischen Betriebsstätten;
- Schränke oder Behälter innerhalb oder außerhalb von Gebäuden;
- Batteriefächer in Geräten (Kombi-Schränke).

Die Batterien sollen für Service- und Wartungszwecke gut zugänglich sein. Der Austausch einzelner Batterien muss einfach und problemlos möglich sein.

3.6.2 Be- und Entlüftung

Während des Ladevorgangs von Batterieanlagen entstehen durch die Elektrolyse stets Gase, die aus allen Zell- und Batteriearten austreten. Bei den Gasen handelt es sich um Sauerstoff und Wasserstoff.

Übersteigt die Wasserstoffkonzentration einen Wert von 4%_{Vol} Wasserstoff in Luft, kann eine explosive Mischung entstehen. Durch natürliche (vorzugsweise) oder technische Belüftung der Batterieräume oder -schränke ist daher sicherzustellen, dass die Wasserstoffkonzentration unterhalb der Schwelle von 4%_{Vol} gehalten wird.

Gemäß DIN VDE 0510-2 ist der notwendige Luftvolumenstrom nach folgender Gleichung zu berechnen:

$$Q = 0,05 \cdot n \cdot I_{\text{float/boost}} \cdot f_g \cdot f_s \cdot C_N \cdot 10^{-3} \text{ [m}^3/\text{h]}$$

mit	n:	Anzahl der Zellen
	I_{float} :	Erhaltungsladestrom im voll geladenen Zustand mit einer festgelegten Erhaltungsladespannung bei 20 °C [mA/Ah]
	I_{boost} :	Starkladestrom im voll geladenen Zustand mit einer festgelegten Starkladespannung bei 20 °C [mA/Ah]
	f_g :	Gasemissionsfaktor: Anteil des Stroms, der im voll geladenen Zustand die Wasserstoffbildung verursacht
	f_s :	Sicherheitsfaktor: Zur Berücksichtigung von fehlerhaften Zellen in einem Batteriestrang und von gealterten Batterien
	C_N :	Kapazität [Ah]

Vorzugswerte für I_{float} und I_{boost} finden sich zusammen mit weiteren unterstützenden Daten in Tabelle 1 der DIN VDE 0510-2.

Die Mindestgröße von Zu- und Abluftöffnungen berechnet sich nach der Formel:

$$A = 28 \cdot Q$$

mit	A:	Freier Öffnungsquerschnitt [cm ²]
	Q:	Frischluf-Volumenstrom [m ³ /h]

Um günstige Bedingungen für einen Luftaustausch zu erzielen, müssen die Öffnungen für Zuluft und Abluft an gegenüberliegenden Wänden oder, wenn sich die Öffnungen in derselben Wand befinden, mit einem Trennabstand von mindestens 2 m angebracht sein.

Sofern der Luftvolumenstrom Q durch technische Lüftung erzeugt wird, muss das Ladegerät mit dem Lüftungssystem gekoppelt sein. Im Störfall ist ein Alarm auszulösen. Die Luft, die aus dem Batterieraum herausgeführt wird, muss in die Umgebungsluft außerhalb des Gebäudes entlüftet werden.

Da im Nahbereich von Batterien die Verdünnung explosiver Gase nicht immer sichergestellt ist, muss durch eine Luftstrecke ein Sicherheitsabstand eingehalten werden, in dem keine funkenbildenden oder glühenden Betriebsmittel vorhanden sein dürfen. Hinweise für die Berechnung des Sicherheitsabstands finden sich in DIN VDE 0510-2.

3.7 Wartung

Zur Sicherstellung des bestimmungsgemäßen Betriebszustands sind Batterien entsprechend den Herstellerangaben regelmäßig zu warten.

Es wird unterschieden in Betriebsbereitschaftsprüfungen und Kapazitätsprüfungen.

Betriebsbereitschaftsprüfungen sind je nach Verwendungszweck der Batterie in Zeiträumen von täglich bis 1/4jährlich durchzuführen. Störfallsimulationen alle 1 bis 2 Jahre.

Nach DIN VDE 0100-710 und 0100-718 werden Kapazitätsprüfungen vorgeschrieben.

Zu den Prüfungen an den Batterien gehören die Feststellung von Elektrolytstand, Elektrolytdichte, Karbonatgehalt (nur bei NiCd-Batterien), Batteriespannung und Einzel- oder Blockbatteriespannungen.

Batterien sind zu erneuern, wenn 2/3 der erforderlichen Nennbetriebsdauer unterschritten werden.

4. Ersatzstromversorgungsanlagen in Sonderausführung

4.1 Allgemein

Für besondere Anwendungsfälle von Ersatzstromversorgungsanlagen, die nicht der DIN VDE 0100-710 und DIN VDE 0100-718 unterliegen, können dynamische Anlagen, bestehend aus einer Batterieanlage, einem Gleichstrommotor und einem Synchrongenerator, zum Einsatz kommen.

Dabei treibt der batteriegespeiste Gleichstrommotor über eine elastische Kupplung den Drehstromgenerator an. Es sind auch andere Bauformen (z. B. Einankerumformer) möglich.

Derartige Anlagen können wirtschaftlich jedoch nur bis zu Leistungen von ca. 120 kVA und Versorgungszeiten bis ca. 5 Stunden betrieben werden. Die Leistungsbegrenzung bzw. die Länge der Versorgungszeit resultiert aus der erforderlichen Größe der Batterie und dem damit verbundenen Raumbedarf.

Als besondere Vorteile bei diesen Anlagen gegenüber solchen mit Hubkolbenverbrennungsmotoren sind die Umweltfreundlichkeit, die geringen Anforderungen an den Aufstellungsraum und der niedrige Wartungsaufwand hervorzuheben.

4.2 Auslegung

Wie bei Ersatzstromversorgungsanlagen mit Hubkolbenverbrennungsmotoren sollte auch hier keine Einflussnahme auf die Einzelkomponenten erfolgen. Der Bieter garantiert auch hier nur für die Gesamtfunktion der Anlage, wenn die Auswahl der Einzelkomponenten von ihm vorgenommen wurde.

Die Angabe der erforderlichen Verbraucherleistung in kVA einschließlich des Leistungsfaktors sowie eine Auflistung der kritischen Verbraucher (z. B. Motoren, USV-Anlagen, Wechselrichter) ist für die Dimensionierung der Anlage notwendig.

Aufgrund der Bauart der Anlage ist die Lastübernahme wesentlich schneller möglich als bei Hubkolbenverbrennungsmotoren.

Die Größe der Batterie hängt von der notwendigen Versorgungszeit ab.

Auch für diese Ersatzstromversorgungsanlagen gilt die Forderung, 100% Schiefelast vom Phasenstrang.

Je nach Aggregatgröße stellt sich im Kurzschlussfall ein mehr oder minder hoher Kurzschlussstrom ein, der zum selektiven Ansprechen des jeweils eingesetzten Leitungsschutzes ausreichen muss. Die Absprache mit dem Netzwerplaner ist zwingend erforderlich.

Die Planung der Elektroinstallation muss auch hier erst für die Kurzschlussströme bei Aggregatbetrieb erfolgen und danach die entsprechende Anpassung an das Netz vorgenommen werden.

Ist eine Kupplung zwischen Gleichstrommotor und Generator vorhanden, muss diese kurzschlussfest sein.

4.3 Aufstellungsbedingungen

Aufgrund der kompakten Bauform dieser Ersatzstromversorgungsanlagen ist der Platzbedarf sehr gering im Vergleich zu Anlagen gleicher Leistung mit Hubkolbenverbrennungsmotor.

Bei Verwendung von eigenbelüfteten Motoren und Generatoren gibt es keinerlei Anforderungen an den Aufstellungsort. Sie können z.B. im NHV-Raum oder sonstigen Nebenräumen stehen.

Die Belüftung der Batterieanlage ist unter Punkt 3.6.2 beschrieben.

Aufgrund der Modultechnik der Ersatzstromversorgungsanlage ist der Transport innerhalb von Gebäuden ohne besondere Öffnungen möglich (es reichen Türöffnungen, die den Transport von Standardschränken ermöglichen).

Hinsichtlich der Körperschallübertragung sind keine besonderen Maßnahmen erforderlich.

Die Werte nach dem BImSchG und der TA - Lärm werden weit unterschritten. Bezüglich der Raumtemperatur ist zu gewährleisten, dass +5°C nicht unterschritten werden (Abfall der Batteriekapazität).

Die Ersatzstromversorgungsanlage besteht aus den Komponenten Umformersatz, Steuerschrank und Batterieanlage.

Die drei Teile bilden eine Einheit, die durch Aneinanderreihen von Normschränken eine kompakte Bauform ergibt.

Die senkrechte Anordnung des Umformersatzes wirkt sich dabei besonders platzsparend aus.

Der Gleichstrom-Nebenschlussmotor eignet sich besonders für hohe Anforderungen an das dynamische Verhalten (hohe Laststöße, hohe Anlaufströme) und liefert aufgrund seines großen Drehzahlstellbereiches bis zur Entladung der Batterie eine konstante Drehzahl.

Der Drehstrom-Synchron-Generator garantiert hohe Zuverlässigkeit und Ansprechempfindlichkeit im dynamischen Verhalten, was durch die Selbstregelung auch bei unterschiedlichen Lastverhältnissen immer eine konstante Ausgangsspannung gewährleistet.

Hinsichtlich der Wartungsfreiheit ist ein bürstenloser Generator zu empfehlen. Der Steuerschrank enthält alle erforderlichen Überwachungs-, Schalt- und Regelfunktionen.

Das Ladeteil soll nach einer IU - Kennlinie gemäß DIN 41773 arbeiten. Bezüglich der Netzüberwachung wird auf Punkt 2.2 verwiesen.

Die Umschaltzeit beträgt je nach Systemgröße 1 bis 1,5 s. Dabei kann die Anlage mit beliebig vielen Zuschaltgruppen ausgerüstet werden.

Zur Auslegung und Auswahl der Batterieanlage wird auf Punkt 3 verwiesen. Derartige Anlagen können im Stand-by-Betrieb arbeiten und garantieren so eine geringe Beanspruchung von Verschleißteilen.

Der hohe Grad der Wartungsfreiheit dieser Anlagen sollte durch Überwachungseinrichtungen der Bürsten des Gleichstrommotors, der Batterie und der Laufzeit erreicht werden.

Ebenso vorteilhaft ist, die vorgeschriebenen wiederkehrenden Prüfungen durch ein integriertes Prüfprogramm ablaufen zu lassen und deren Ergebnisse durch einen eingebauten Schreiber zu dokumentieren bzw. in einer vorhandenen zentralen Gebäudeleittechnik zu verarbeiten.

5. Notwendigkeit von USV-Anlagen

Eine unterbrechungsfreie Stromversorgung im Sinne der DIN 6280-12 ist die unterbrechungsfreie Weiterversorgung der Verbraucher bei Störung der üblichen Stromversorgung.

Als unterbrechungsfreie Stromversorgung gilt auch eine Weiterversorgung der Verbraucher nach einer Kurzunterbrechung (z.B. bei Schaltvorgängen), soweit dies für die Verbraucher zulässig ist.

Der Einsatz einer USV-Anlage ist immer dann unerlässlich, wenn ein Ausfall des Versorgungsnetzes Leben und Gesundheit von Menschen direkt gefährden würde und Ersatzstromversorgungsanlagen mit längerer Unterbrechungszeit nicht genügen, oder die Betriebssicherheit und Verfügbarkeit von kritischen Anlagen, z. B. Großrechner, Prozesssteuerungen, bei der Flugsicherung, im Bereich der Nachrichtentechnik (Rettungsdienste), in der medizinischen Technik und im Straßentunnelbau (RABT) gewährleistet werden muss.

Es ist im Einzelfall zu prüfen, ob der Einsatz einer USV-Anlage notwendig ist.

5.1 Statische und dynamische USV-Anlagen

Obwohl beide Anlagensysteme hinsichtlich der Versorgungssicherheit als gleichwertig betrachtet werden dürfen, gibt es doch einige systembedingte Unterschiede.

Diese Unterschiede gilt es vor der Auswahl der jeweiligen USV-Anlage entsprechend der zum Einsatz kommenden Verbraucher zu bewerten und bei der weiteren Planung zu berücksichtigen.

Gegenüberstellung statischer und dynamischer USV-Anlagen

	Statische USV-Anlagen	Dynamische USV-Anlagen mit Hubkolbenverbrennungsmotor	Dynamische USV-Anlagen mit E-Motor
mögliche Überbrückungszeit	10...30 Minuten wirtschaftlicher Bereich	Kurzzeitüberbrückung z.B. mit Schwungmasse. Langzeitüberbrückung z.B. mit Hubkolbenverbrennungsmotor	10...30 Minuten wirtschaftlicher Bereich
Erweiterungsmöglichkeit	einfach erweiterbar	In der Regel nur um ein Mehrfaches von der bereits vorhandenen Anlage möglich. Hoher technischer Aufwand.	einfach erweiterbar
Verschleiß Wartung	gering	hoch (z.B. Lagerwechsel)	mittel
Bedienung Kontrolle	gering	hoch	gering
Anforderung an den Aufstellplatz	gering	hoch	gering
Geräusche	gering	hoch, besondere Maßnahmen sind erforderlich	gering
Abgase	keine	hoch, besondere Maßnahmen sind erforderlich	keine
Kurzschluss- und Überlastbedingungen	ca. 150 % eingepprägter Kurzschlussstrom Lastspiel gut	gut	gut

Die Auswahl des Systems ist nach technischen und wirtschaftlichen Gesichtspunkten vorzunehmen.

Zweckmäßigerweise sollten erst einmal grundlegende Einsatzkriterien zusammengestellt werden:

- Gesetzliche Auflagen;
- Nutzerforderung;
- Zulässigkeit einer Kurzzeitunterbrechung;
- problematische Verbrauchergruppen (z.B. motorische Verbraucher, geordnet nach Größe der Nennleistungen, Anzahl der Leistungsgruppen und Staffelung);
- erforderliche Überbrückungszeit der Anlage bei Netzausfall;
- Kurzschlussstrom und Selektivität;
- maximal zulässige Netzrückwirkung durch die USV-Anlage;
- Wartungsaufwand.

5.2 USV-Anlagen in Verbindung mit einer anderen Ersatzstromversorgungsanlage

Ist eine Ersatzstromversorgungsanlage geplant oder vorhanden, sollte die USV-Anlage nur für eine Überbrückungszeit von 5 Minuten ausgelegt werden. Kürzere Zeiten als 5 Minuten verringern die Baugröße der Batterie nicht.

Bei derartigen Anlagen ist in Abhängigkeit von der Kraftstoffversorgung eine unbegrenzte Betriebszeit möglich.

Es ist zu prüfen, welche Zeit bei Ausfall der Ersatzstromversorgungsanlage benötigt wird, um die an der USV-Anlage angeschlossenen Verbraucher in einen sicheren Betriebszustand zu überführen. In diesem Fall ist die Batterie entsprechend größer auszulegen.

Die Zustandsmeldungen für Netz, USV-Anlage und Ersatzstromversorgungsanlage sind an geeigneter Stelle anzuzeigen, damit bei Störungen notwendige Maßnahmen eingeleitet werden können.

5.3 Zentrale oder dezentrale Anordnung von USV-Anlagen

Konkrete Aussagen können erst nach sorgfältiger Prüfung des speziellen Anwendungsfalles getroffen werden:

- Räumliche Zuordnungsmöglichkeiten zwischen der USV-Anlage und den Verbrauchern;
- sichere Leitungstrasse zwischen USV-Anlage und Verbrauchern;
- Platzbedarf bei dezentraler Anordnung;
- Anforderungen an den Aufstellungsort;
- Einsatz einer USV-Anlage mit Hubkolbenverbrennungsmotor;
- Anzahl von Batterien bei dezentraler Aufstellung.

5.4 Leistungsnachweis für USV-Anlagen

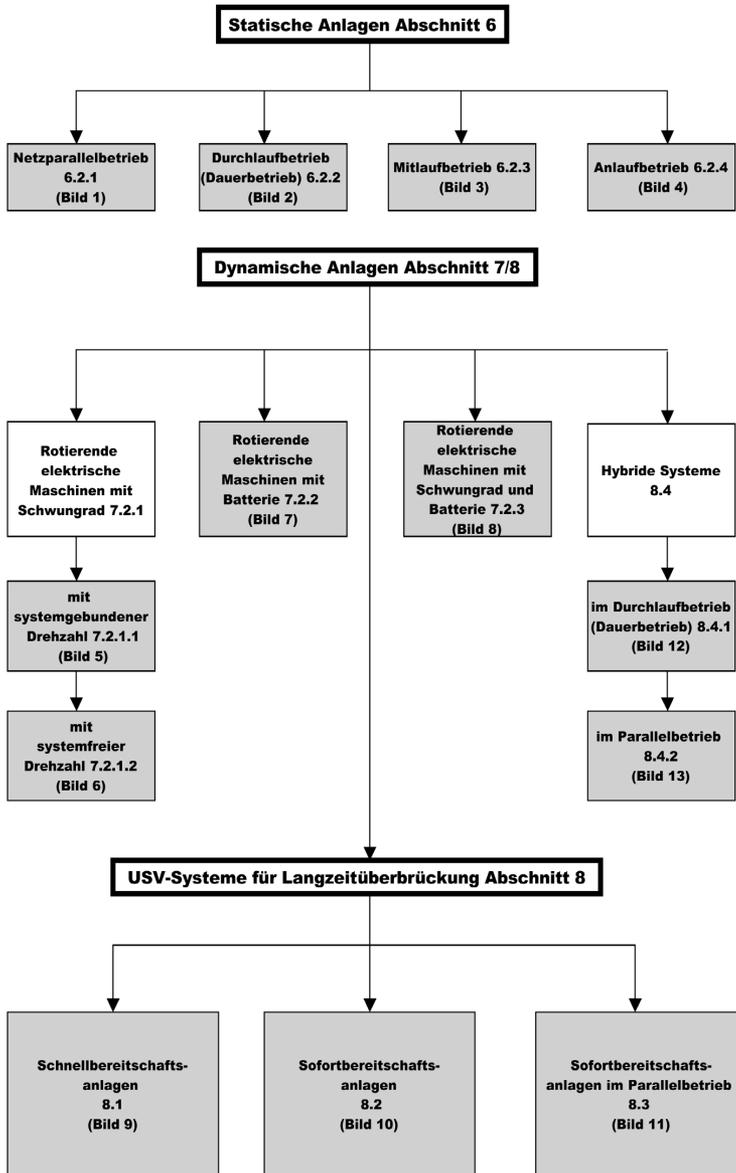
Der Leistungsnachweis ist vom Anlagenhersteller zu erbringen und zu dokumentieren. Die Leistungsdaten sind am Bauteil auf dem Typenschild anzubringen.

Zwischen Hersteller und Anwender ist eine notwendige Werksabnahme zu vereinbaren. Bei großen Anlagen sind auch Stückprüfungen möglich. Die abschließende Prüfung mit Inbetriebnahme der Gesamtanlage ist am Aufstellungsort mit dem Zusammenspiel aller Anlagenkomponenten unter Betriebsbedingungen und realistischen Störungen durchzuführen und zu protokollieren.

Mit dem Abnahmeprotokoll und Abnahmedatum beginnt die Verjährungsfrist für Mängelansprüche.

Die Prüfungen sind nach DIN VDE 0558 und DIN EN 62040 durchzuführen.

5.5 Mögliche Systeme von USV-Anlagen



5.6 Netzschnittung bei Wartung und Störung der USV-Anlage

USV-Anlagen müssen in jedem Fall mit einer separaten Umschalteinrichtung ausgestattet werden.

Für die Wartung ist eine manuelle oder manuell ausgelöste Umschaltung ausreichend. Die Versorgung der Verbraucher unter Umgehung der USV direkt aus dem Netz sollte an geeigneter Stelle signalisiert werden, um ein Trennen des Bypasses nicht zu vergessen.

Bei Störungen müssen die Verbraucher automatisch auf das Netz umgeschaltet werden, sofern die Verbraucher im Normalfall nicht vom Netz versorgt werden. Dies ist nur möglich bei gleicher Phasenlage, Spannung und Frequenz am Wechselstromein- und -ausgang. Je nach Anforderung der Verbraucher erfolgt die Umschaltung mit oder ohne Unterbrechung.

Empfohlen wird, ohne Unterbrechung umzuschalten.

6. Statische USV-Anlagen

6.1 Auslegung

Eine Einflussnahme auf die Einzelkomponenten der USV-Anlage sollte nicht vorgenommen werden, damit die Verantwortung für die Funktion der gesamten Anlage nicht beim Ausschreibenden liegt.

Die Anforderungen an die USV-Anlage werden durch die angeschlossenen Verbraucher vorgegeben:

- Bemessungsspannung
- zulässige statische Spannungstoleranz
- zulässige Unsymmetrie bei 3-phasiger Ausgangsspannung (Betrag/Winkel)
- zulässige dynamische Spannungstoleranz (Laständerung, $\cos \phi$, Ausregelzeit)
- zulässiger Oberschwingungsgehalt bei linearer, symmetrischer Last
- Bemessungsfrequenz
- zulässige statische Frequenztoleranz
- zulässige dynamische Frequenztoleranz (Laständerung, $\cos \phi$, Ausregelzeit)
- Laststrombereich kurzzeitig
- Maximale Unsymmetrie des Laststromes
- Leistungsfaktor der Last
- Funkstörgrad
- Oberschwingungsgehalt des Laststromes
- Scheitelfaktor des Laststromes

Aufgrund der räumlichen Gegebenheiten am Aufstellungsort können z.B. zusätzliche Angaben über maximale Verlustwärmeabgabe und Geräuschpegel notwendig sein.

Der von der Anlage zu liefernde Kurzschlussstrom muss ohne Zuhilfenahme des Netzes zum selektiven Ansprechen des jeweils eingesetzten Leitungsschutzes (Sicherung, Leitungsschutzschalter) ausreichen.

Hierbei müssen Gleichströme und Oberwellen beachtet werden. Siehe DIN VDE 0100-551, HD 384.5.551.S1 Pkt. 551.4.3

6.2 Betrieb statischer Anlagen

6.2.1 Im Netzparallelbetrieb

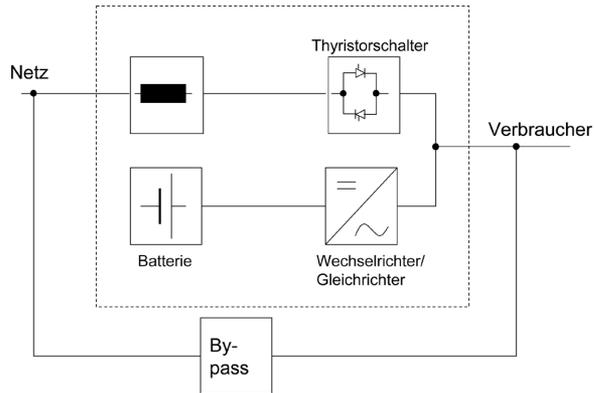


Bild 1

Es werden immer häufiger sogenannte „Line interactive“ USV-Anlagen vor allem im unteren und mittleren Leistungsbereich (kleiner 100kVA) angeboten. Dabei wird der Verbraucher im Normalfall vom Netz gespeist. Parallel dazu muss die Ausgangsspannung über den Wechselrichter geregelt werden, so dass diese Betriebsart auch als „aktiver Mitlaufbetrieb oder Bereitschaftsbetrieb“ bezeichnet wird.

Diese Anlage versorgt die Verbraucher unterbrechungslos.

6.2.2 Im Durchlaufbetrieb (Dauerbetrieb)

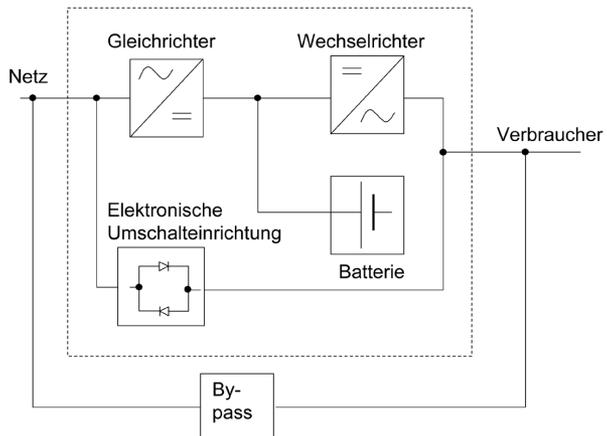


Bild 2

Im störungsfreien Betrieb werden die Verbraucher aus dem Netz über den Gleichrichter und Wechselrichter versorgt.

Bei Störung (Netzausfall) erfolgt die Versorgung über die Batterie.

Bei Ausfall der USV-Anlage werden über die elektronische Umschalteneinrichtung (EUE) die Verbraucher unterbrechungslos auf das Netz umgeschaltet.

6.2.3 Im Mitlaufbetrieb

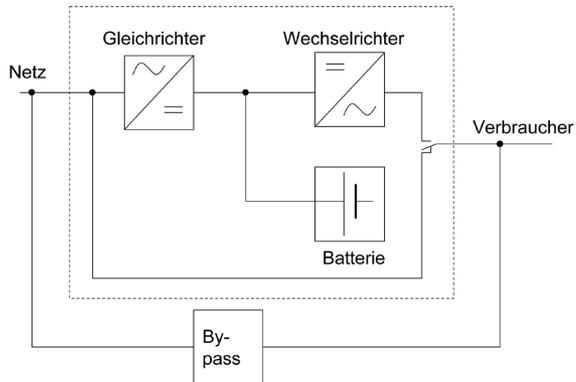


Bild 3

Der Wechselrichter (WR) ist eingeschaltet und der Verbraucher wird über die Umgehung direkt aus dem Netz gespeist. Bei Netzausfall oder Spannungs- und Frequenzabweichungen werden die Verbraucher mit einer Unterbrechung vom Netz auf den im Leerlauf mitlaufenden WR geschaltet. Typische Anwendung für diese Art ist die Krankenhaus-Sicherheitsstromversorgung mit einer Umschaltzeit bis zu 500 ms.

6.2.4 Im Anlaufbetrieb

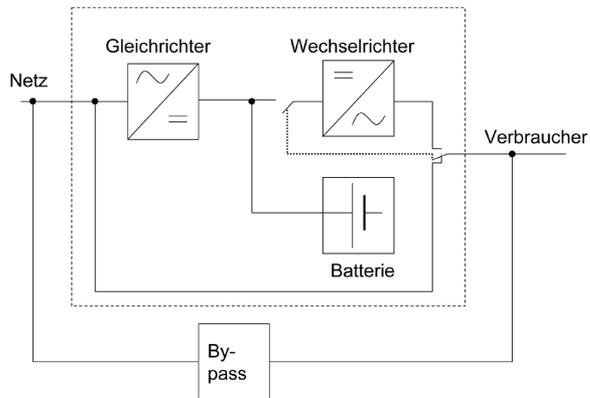


Bild 4

Hierbei wird der Verbraucher ebenfalls über die Umgehung aus dem Netz versorgt. Erst bei Veränderung der Netzversorgung wird der Wechselrichter (WR) automatisch gestartet, und nach einer größeren Spannungslücke als beim Mitlaufbetrieb werden die Verbraucher über den WR gespeist. Der Gleichrichter muss nur für die Ladung und Erhaltungsladung der Batterie ausgelegt sein.

Eigenschaften von statischen USV-Ausführungen (ohne Parallelbetrieb und ohne redundante USV)

	Netzparallel- betrieb	Durchlauf- betrieb (Dauerbetrieb)	Mitlauf- betrieb	Anlauf- betrieb
Verbraucher	am Wechselrichter/Netz	am Wechselrichter (WR)	am Netz	am Netz
Normal- betrieb	WR in Betrieb	WR in Betrieb	WR im Leerlauf	WR – Aus
Netzstörung	WR in Betrieb	WR in Betrieb	WR wird belastet	WR – Ein
WRStörung	WR – Aus	Umschaltung auf Netz	WR – Aus	WR – Aus
Versor- gung der Verbraucher (bei Netz- störung)	Spannungsabweichung	keine Spannungslücke	Spannungs- lücke (ca. 20 - 100 ms)	Spannungs- lücke (ca. 100 - 500 ms)
Nachteile	unterschiedlich hohe Spannungs- abweichung, zusätz- liche Netzdrossel, WR-Verluste durch Blindstrom, keine Redundanz	Wechselrichterverluste	Spannungs- lücke	Spannungs- lücke
Vorteile	Kein Gleichrichter erforderlich, geringe Netzurückwirkungen	keine Spannungslücke. Redundanz des Netzes. Permanente Lastkon- trolle. Entkopplung vom Netz.	geringere Verluste als bei (Bild 1 + 2)	geringere Verluste als bei (Bild 3)
	Bild 1	Bild 2	Bild 3	Bild 4

7. Dynamische USV-Anlagen

7.1 Allgemein

Dynamische Anlagen bestehen aus rotierenden elektrischen Maschinen mit Zusatzschwungrad und/oder Batterie.

Derartige Anlagen können in Verbindung mit einem Hubkolbenverbrennungsmotor für unbegrenzte Überbrückungszeiten und hohe Leistungen eingesetzt werden.

Diese Anlagen haben den Vorteil, dass sie keine Rückwirkungen durch Oberwellen auf das speisende Netz ausüben.

Sie werden allerdings aus Kostengründen nur noch in Einzelfällen gebaut, da sie bei schlechtem Wirkungsgrad einen verhältnismäßig hohen Energieverbrauch haben, durch mechanischen Verschleiß spürbare Wartungskosten verursachen und der Raumbedarf durch die Anlagengröße hoch ist. Zur Information über bestehende Anlagen verbleiben die folgenden Beschreibungen aber in der Broschüre.

7.2 Auslegung

Wie bei den statischen USV-Anlagen sollte auch hier keine Einflussnahme auf die Einzelkomponenten erfolgen. Der Bieter garantiert nur für die Gesamtfunktion der Anlage, wenn die Auswahl der Einzelkomponenten von ihm vorgenommen wird. Die Angabe der Verbraucherleistung in kVA einschließlich des Leistungsfaktors ist für die Dimensionierung der Anlage notwendig (siehe Pkt. 2.2 und 6.1).

Eine Absprache mit dem Netzplaner ist hier zwingend erforderlich.

Die Planung der Elektroinstallation muss auch hier erst für die Kurzschlussströme bei Aggregatebetrieb erfolgen und danach die Anpassung an das Netz vorgenommen werden.

7.2.1 Rotierende elektrische Maschinen mit Schwungrad

7.2.1.1 Mit systemgebundener Drehzahl

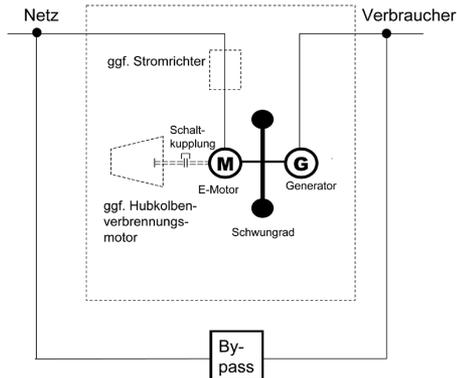


Bild 5

Im störungsfreien Betrieb treibt der E-Motor den Synchrongenerator an.
Bei Netzstörung liefert das Schwungrad kurzzeitig die Antriebsleistung für den Synchrongenerator.
Die Verbraucher sind galvanisch vom Netz getrennt.
Derartige Anlagen werden als Spannungsstabilisator eingesetzt.

Diese Anlage versorgt die Verbraucher unterbrechungslos.

7.2.1.2 Mit systemfreier Drehzahl

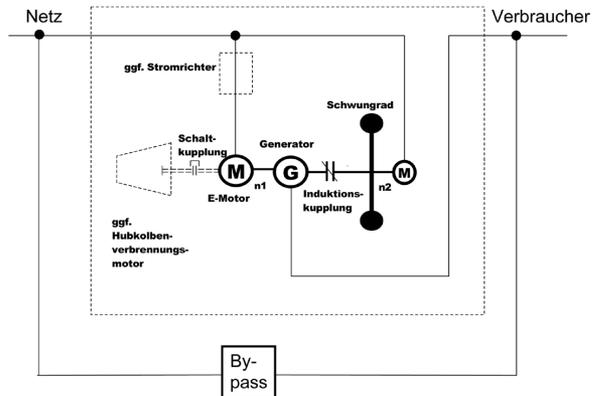


Bild 6

Im störungsfreien Betrieb treibt der E-Motor den Synchrongenerator an.

Bei Netzstörung liefert das Schwungrad mit eigenem E-Motor und gesteuerter Induktionskuppplung kurzzeitig die Antriebsleistung für den Generator. Die Speicherdrehzahl ist größer als die Systemdrehzahl ($n_2 > n_1$).

Diese Anlage versorgt die Verbraucher unterbrechungslos.

7.2.2 Rotierende elektrische Maschinen mit Batterie

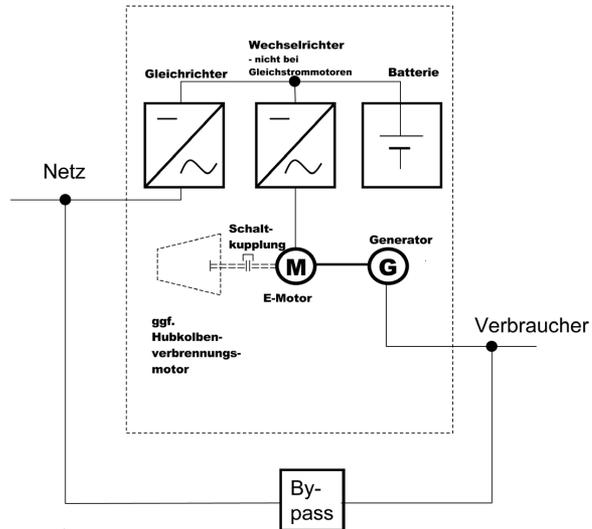


Bild 7

Im störungsfreien Betrieb treibt die USV-Anlage den E-Motor und der wiederum den Synchrongenerator an.

Bei Netzstörung übernimmt die Batterie unterbrechungsfrei die Weiterversorgung der Verbraucher. Die Überbrückungszeit ist abhängig von der Batteriekapazität.

7.2.3 Rotierende elektrische Maschinen mit Schwungrad und Batterie

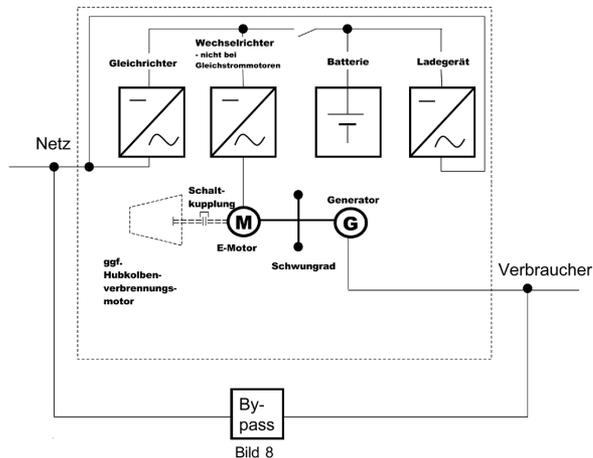


Bild 8

Im störungsfreien Betrieb wird der E-Motor über eine Gleich- Wechselrichterkombination aus dem Netz versorgt. Dieser treibt das Schwungrad und den Synchrongenerator an.

Bei Netzstörung liefert das Schwungrad die Antriebsleistung für den Synchrongenerator bis zur Versorgung des Systems aus der Batterie. Hierfür sind nur kleine Schwunmassen nötig.

Diese Anlage versorgt die Verbraucher unterbrechungslos.

8. USV-Systeme für Langzeitüberbrückung

8.1 Schnellbereitschaftsanlage

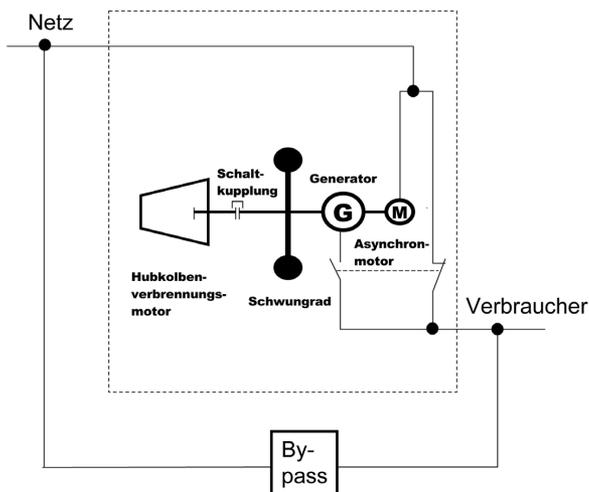


Bild 9

Der Asynchronmotor treibt den Synchrongenerator an und hält das Schwungrad auf Drehzahl. Die Verbraucher sind an das Netz angeschlossen.

Bei Netzausfall übernimmt das Schwungrad kurzzeitig die Antriebsleistung für den Generator, und durch Zuschalten der Kupplung erfolgt das Hochreißen des Hubkolbenverbrennungsmotors. Die Verbraucher werden vom Netz auf den Synchrongenerator umgeschaltet. Die Umschaltzeit, die gleich der Unterbrechungszeit ist, liegt bei ca. 0,3 Sekunden.

8.2 Sofortbereitschaftsanlage

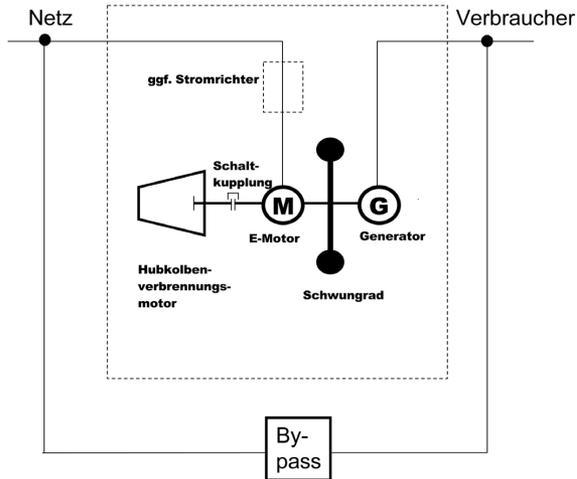


Bild 10

Im störungsfreien Betrieb treibt der E-Motor den Synchrongenerator an. Die Verbraucher sind am Synchrongenerator angeschlossen und somit galvanisch vom Netz getrennt.

Bei Netzstörung liefert das Schwungrad kurzzeitig die Antriebsleistung für den Synchrongenerator und das Hochreißen des Hubkolbenverbrennungsmotors.

Die Verbraucher werden unterbrechungsfrei weiter versorgt.

8.3 Sofortbereitschaftsanlage im Parallelbetrieb

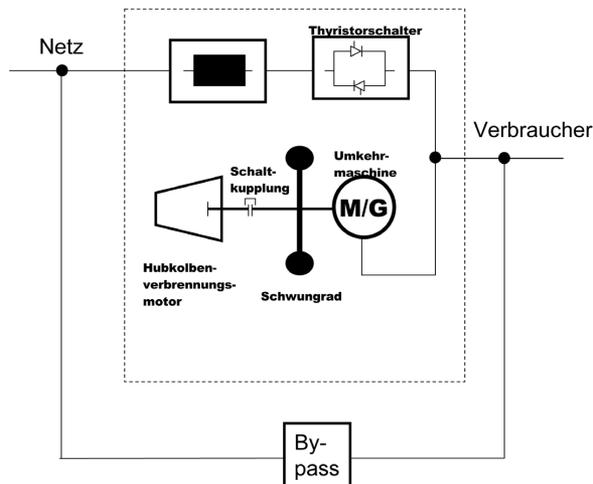


Bild 11

Die Umkehrmaschine läuft bei vorhandenem Netz als Motor und hält das Schwungrad auf Drehzahl. Die Verbraucher sind über die Drossel am Netz angeschlossen.

Bei Netzstörung liefert das Schwungrad kurzzeitig die Antriebsleistung für den Synchrongenerator und das Hochreißen des Hubkolbenverbrennungsmotors.

Diese Anlage versorgt die Verbraucher unterbrechungslos.

8.4 Hybride Systeme

8.4.1 Im Durchlaufbetrieb (Dauerbetrieb)

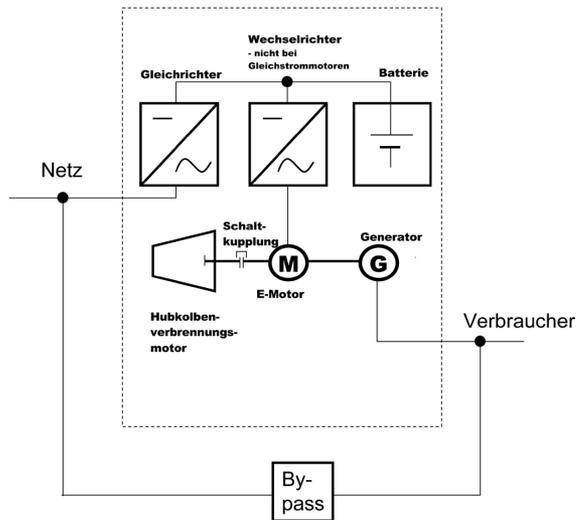


Bild 12

Der Wechselrichter speist den E-Motor, der den Synchrongenerator antreibt. Die Verbraucher sind am Synchrongenerator angeschlossen und somit galvanisch vom Netz getrennt.

Bei Netzstörung übernimmt die Batterie die Versorgung des E-Motors. Die Batterie wird für die Überbrückungszeit von 5 Minuten ausgelegt. Der Hubkolbenverbrennungsmotor wird normal gestartet und nach Erreichen der Nenn Drehzahl an den E-Motor angekuppelt.

Diese Anlage versorgt die Verbraucher unterbrechungslos.

8.4.2 Im Parallelbetrieb

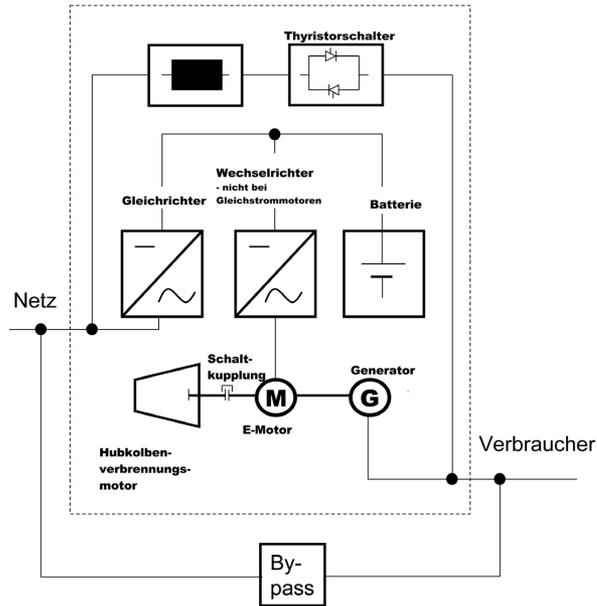


Bild 13

Der Wechselrichter speist den E-Motor und dieser treibt den Synchrongenerator an. Die Verbraucher sind über die Drossel am Netz angeschlossen.

Bei Netzstörung öffnet der Thyristorschalter; die Verbraucher werden vom Netz getrennt. Die Batterie übernimmt die Versorgung des E-Motors. Die Batterie wird für die Überbrückungszeit von 5 Minuten ausgelegt.

Der Hubkolbenverbrennungsmotor wird normal gestartet und nach Erreichen der Nenndrehzahl an den E-Motor angekuppelt.

Diese Anlage versorgt die Verbraucher unterbrechungslos.

9. Aufstellungsbedingungen für USV-Anlagen

Die Raumgröße richtet sich nach der zur Aufstellung kommenden USV-Anlage.

USV-Typ	Abb. Bild	System	Maße	Einheit	Leistung			
					50 kVA	120 kVA	220 kVA	500 kVA
Statische Anlage	1	Aggregat	Länge	mm	900	2100	2800	3400
	2		Breite	mm	700	700	900	1100
	3		Höhe	mm	1700	1700	1900	1900
	4		Gewicht	kg	800	1200	3200	7000
		Raum	Länge	mm	1500	2500	3000	5000
			Breite	mm	2200	2200	2200	4000
			Höhe	mm	2300	2300	2300	2300
		Batterie-raum ¹⁾	Länge	mm	4000	4000	5000	10000
			Breite	mm	2000	3000	3000	3000
			Höhe	mm	2200	2200	2200	2200
			Luftbedarf ²⁾	m ³ /h	600	1500	2700	6000
USV-Typ	Abb. Bild	System	Maße	Einheit	Leistung			
					120 kVA	250 kVA	500 kVA	
Dyna-mische Anlage	9	Aggregat mit Vorbau-kühler	Länge	mm	4200	5500	7300	
	11		Breite	mm	1400	1500	1600	
			Höhe	mm	1900	2200	2500	
			Gewicht	kg	4800	6000	11000	
		Raum	Länge	mm	7500	8500	11000	
			Breite	mm	4400	5000	5000	
			Höhe	mm	3500	3500	4000	
			Luftbedarf ²⁾	m ³ /h	6000	9000	27000	

¹⁾ Bei Einsatz von geschlossenen Batterien mit einer Überbrückungszeit von 10 Minuten. Bei Verwendung von verschlossenen Batterien können sich Gewicht und Aufstellungsfläche der Batterie um ca. 30 % verringern.

²⁾ Maximal auszutauschendes Luftvolumen bei einer Zulufttemperatur bis 30 °C.

USV-Typ	Abb. Bild	System	Maße	Einheit	Leistung		
					120 kVA	250 kVA	500 kVA
Dynamische Anlage	10 ³⁾	Aggregat mit Vorbaukühler	Länge	mm	5800	6600	8900
			Breite	mm	1800	2100	2100
			Höhe	mm	2100	2400	2800
			Gewicht	kg	8400	16000	26500
		Raum	Länge	mm	9000	10000	12000
			Breite	mm	4400	5000	6000
			Höhe	mm	3500	3500	4000
			Luftbedarf ²⁾	m ³ /h	6000	9000	27000
USV-Typ	Abb. Bild	System	Maße	Einheit	Leistung		
					120 kVA	250 kVA	500 kVA
Hybride Anlage	12 13	Aggregat mit Vorbaukühler	Länge	mm	3600	4000	5200
			Breite	mm	1400	1500	1500
			Höhe	mm	1900	2100	2400
			Gewicht	kg	4200	6000	10000
		Raum	Länge	mm	6000	6000	8000
			Breite	mm	6000	7000	7000
			Höhe	mm	3500	3500	4000
			Luftbedarf ²⁾	m ³ /h	6000	9000	27000

²⁾ Maximal auszutauschendes Luftvolumen bei einer Zulufttemperatur bis 30 °C.

³⁾ Auslegung für einen max. Frequenzeinbruch von 1 %.

⁴⁾ Maximal auszutauschendes Luftvolumen bei einer Zulufttemperatur bis 30 °C im Dieselbetrieb.

Ist ein Batterieraum erforderlich, ist dieser entsprechend der DIN VDE 0510-2 herzurichten (siehe Pkt. 3.6).

Für die Leistungs- und Steuerungselektronik darf eine Umgebungstemperatur von + 40°C nicht überschritten werden.

Kompaktanlagen können z.B. im NHV- oder Büroraum aufgestellt werden. Hinsichtlich der zulässigen Raumtemperatur sind die Arbeitsstättenrichtlinien zu beachten. Zum Transport reichen hier normale Türöffnungen. Die Belastbarkeit des Bodens ist zu beachten.

10. Erhaltung des Betriebszustandes von USV-Anlagen

10.1 Wiederkehrende Prüfungen

Prüfungen an den USV-Anlagen sind nur durch fachkundiges Personal durchzuführen. Die Herstellerangaben sind zu berücksichtigen. Beabsichtigte Prüfungen sind den Verbrauchern rechtzeitig anzukündigen. Der Umfang einer Abschaltung ist mit ihnen abzustimmen. Die Prüfung der Funktionsfähigkeit sollte gezielt wie bei einem Ernstfall durch Abschalten der VNB-Einspeisung geprüft werden.

Regelmäßig ist zu prüfen, ob die Leistung der USV-Anlage für die Versorgung der angeschlossenen Verbraucher noch ausreicht. Eine Überprüfung der vorgegebenen Spannungs-, Frequenz- und Zeitparameter ist notwendig.

Bei USV-Anlagen mit Batterieversorgung sind die Batterieprüfungen nach der DIN EN 60896 vorzunehmen.

Bei USV-Anlagen mit Hubkolbenverbrennungsmotor ist auch Pkt. 2.7.1 zu beachten.

10.2 Wartung

Wartungsarbeiten an einer Stromerzeugungsanlage dürfen nur von Personen mit einschlägiger fachlicher Ausbildung durchgeführt werden. Wenn die Wartung in Eigenregie erfolgen soll, muss das Personal im Herstellerwerk geschult werden.

Sollte für die Wartung kein geeignetes Personal zur Verfügung stehen, ist ein Wartungsvertrag mit einer Fachfirma abzuschließen.

Es ist erforderlich, für die Gewährleistungszeit die Wartung vom Lieferanten der Anlage durchführen zu lassen, sonst verringert sich gem. VOB/B die Verjährungsfrist für Mängelansprüche auf 2 Jahre.

Auf die Broschüre „Wartung“ und das Vertragsmuster „Instandhaltung“ des AMEV wird hingewiesen.

10.3 Instandsetzung

Instandsetzungsarbeiten an USV-Anlagen unterliegen immer besonderer Dringlichkeit.

Es ist zu empfehlen, die Instandsetzung vom Anlagenhersteller durchführen zu lassen. Ausgenommen davon sind kleinere Verschleißteile.

Der Anlagenhersteller sollte vertraglich verpflichtet werden, bestimmte Ersatzteile vorzuhalten bzw. innerhalb von 24 Stunden bereitzustellen. Bei USV-Anlagen mit Hubkolbenverbrennungsmotoren muss bei diesen nach den Herstellerangaben eine Hauptuntersuchung durchgeführt werden. Je nach Umfang der Arbeiten ist mit dem Nutzer die Ausfallzeit abzustimmen und unter Umständen ein Ersatzaggregat zu beschaffen.

Nach jeder Reparatur oder Hauptuntersuchung einer Anlage ist die USV-Anlage in Anwesenheit der Instandsetzungsfirma einer Funktionsprüfung mit Abnahmebestätigung zu unterziehen.

Auf die Broschüre und das Vertragswerk „Instandhaltung“ des AMEV wird hingewiesen.

Bei Anlagen mit Hubkolbenverbrennungsmotor siehe auch Pkt. 2.7.3.

10.4 Ferndiagnose

Der Zustand und die Einsatzbereitschaft von USV-Anlagen sind ständig an zentraler Stelle (GLT) zu überwachen.

Es sind folgende Betriebs- und Störmeldungen weiterzuleiten:

- USV-Anlage und Batterieanlage in Betrieb;
- Hubkolbenverbrennungsmotor in Automatikstellung;
- Allgemeines Netz vorhanden;
- Netzausfall;
- Betriebsmeldung Hubkolbenverbrennungsmotor;
- Sammelstörmeldung USV-Anlage bzw. wichtige Einzelstörmeldungen.

Betreiber, die über eine Gebäudeleittechnik verfügen, können sich darüber hinaus weitere notwendige Informationen, z.B. Messwerte, oder Einzelstörungen der Anlage dorthin übertragen.

Alle Betriebsanzeigen, Störmeldungen und Funktionsarten müssen auch vor Ort an der Anlage vorhanden sein, um steuern zu können (siehe auch Pkt. 2.7.4).

Die Raumgröße richtet sich nach der zur Aufstellung kommenden USV-Anlage.

11. Hinweise auf Vorschriften, Richtlinien, Bestimmungen und Normen (Stand 2006)

Kurzbezeichnung	Datum	Bezeichnung / Titel
Gesetze und Verordnungen		
BImSchG	26.09.2002	Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge - Bundes-Immissionsschutzgesetz
TA Luft	24.07.2002	Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft
TA Lärm	26.08.1998	Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm
WHG	19.08.2002	Wasserhaushaltsgesetz, hierzu ergänzende Vorschriften der Länder und Kommunen
LBO		Landesbauordnung
EltBauVO		Verordnung über den Bau von Betriebsräumen für elektrische Anlagen
MLAR		Muster-Leitungsanlagenrichtlinie
Technische Regeln		
DIN 6280-12	1996 – 06	Unterbrechungsfreie Stromversorgung: Dynamische USV-Anlagen mit und ohne Hubkolben-Verbrennungsmotor
DIN 6280-13	1994 – 12	Stromerzeugungsaggregate mit Hubkolben-Verbrennungsmotoren für Sicherheitsstromversorgung in Krankenhäusern und in baulichen Anlagen für Menschenansammlungen
DIN 6280-14	1997 – 08	Stromerzeugungsaggregate mit Hubkolben-Verbrennungsmotoren: Blockheizkraftwerke (BHKW) mit Hubkolben-Verbrennungsmotoren
DIN EN 50171 (VDE 0558-508)	2001 – 11	Zentrale Stromversorgungssysteme
DIN EN 50172 (VDE 0108-100)	2005 – 01	Sicherheitsbeleuchtungsanlagen
E VDE 0108-100	2005 – 10	

Kurzbezeichnung	Datum	Bezeichnung / Titel
DIN EN 50272-2 (VDE 0510-2)	2001 – 12	Sicherheitsanforderungen an Batterien und Batterieanlagen: Stationäre Batterien
DIN EN 50091-2 (VDE 0558-520)	1996 – 05	Unterbrechungsfreie Stromversorgungssysteme (USV)
DIN EN 60896-11	2003 – 07	Ortsfeste Blei-Akkumulatoren: Geschlossene Batterien
DIN EN 60896-21	2004 – 12	Ortsfeste Blei-Akkumulatoren: Verschlussene Bauarten
DIN EN 62040-3 (VDE 0558-530)	2002 – 02	Unterbrechungsfreie Stromversorgungssysteme; Teil 3: Methoden zum Festlegen der Leistungs- und Prüfungsanforderungen
DIN ISO 8528	1997 – 11	Stromerzeugungsaggregate mit Hubkolben-Verbrennungsmotoren
VDE 0100-710	2002 – 11	Errichten von Niederspannungsanlagen; Anforderungen für Betriebsstätten, Räume und Anlagen besonderer Art: Medizinisch genutzte Bereiche
VDE 0100-718	2005 – 10	Errichten von Niederspannungsanlagen; Anforderungen für Betriebsstätten, Räume und Anlagen besonderer Art: Bauliche Anlagen für Menschenansammlungen
Richtlinien		
RABT		Richtlinie für die Ausstattung und den Betrieb von Straßentunneln
VDI 3781 Blatt 4	1980 – 11	Bestimmung der Schornsteinhöhe
AMEV Instandhaltung 2006		Vertragsmuster für Instandhaltung (Wartung, Inspektion, Instandsetzung) von technischen Anlagen und Einrichtungen in öffentlichen Gebäuden
AMEV Wartung 2006		Wartung, Inspektion und damit verbundene kleine Instandsetzungsarbeiten von technischen Anlagen und Einrichtungen in öffentlichen Gebäuden
TAB		Technische Anschlussbedingungen der Verteilungsnetzbetreiber

Kurzbezeichnung	Datum	Bezeichnung / Titel
VDN/VDEW	2005 – 09	Richtlinie „Eigenerzeugungsanlagen am Niederspannungsnetz“ des Verbands der Netzbetreiber (VDN) www.vdn-berlin.de
VDN/VDEW	2005 – 12	Richtlinie für Planung, Errichtung und Betrieb von Anlagen mit Notstromaggregaten des Verbands der Netzbetreiber (VDN) www.vdn-berlin.de
BBK		Notstromversorgung in Bundesbehörden, Leitfaden des Bundesamts für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (BBK), www.bbk.bund.de

Mitarbeiter der Fassung 1998:

Ernst Zschäbitz (Obmann)	Bundesministerium für Raumordnung, Bauwesen und Städtebau; Bonn
Hans-Werner Beier	Senatsverwaltung für Bauen, Wohnen und Verkehr; Berlin
Gernot Denschlag	Hochbauamt Mannheim
Hartmut Dobinsky	Bundesanstalt für Wasserbau; Hamburg
Heinz-Werner Fröhner	OFD Koblenz, Landesvermögens- und Bauabteilung Mainz
Gerd Patra	Senatsverwaltung für Bauen, Wohnen und Verkehr; Berlin
Reinhard Pawletta	Staatsbauamt Idar-Oberstein

Mitarbeiter der Überarbeitung 2006

Hans-Edzard Janssen (Obmann)	Bau- und Liegenschaftsbetrieb NRW, Niederlassung Recklinghausen
Karl Hoffelder	Stadt Mannheim Fachbereich Hochbau
Dr. Georg Printz	Gebäudemanagement Schleswig-Holstein, Hauptniederlassung Kiel
Willi Schugardt	Gebäudemanagement Schleswig-Holstein

NOTIZEN

A series of 20 horizontal dotted lines for taking notes.

Bestellungen unter:

amev@elch-graphics.de · Fax (030) 44 03 33 99

Satz, Druck und Vertrieb:

Elch Graphics · Digitale- und Printmedien GmbH & Co. KG
Immanuelkirchstraße 3/4 · 10405 Berlin

**Hinweise zur Ausführung von
Ersatzstromversorgungsanlagen
in öffentlichen Gebäuden**

(Ersatzstrom 2006)

A M E V
