

Ersatzstromanlagen für die Landwirtschaft III

Michael Brenndörfer

Ersatzstromanlagen in der Landwirtschaft III 1.0 Seite 253

Ersatzstromanlagen für die Landwirtschaft III

Juli 2003

Dipl.-Ing. Michael Brenndörfer, Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (KTBL), Bartningstr. 49, 64289 Darmstadt, Tel: 06151/7001140, Email m.brenndoerfer@ktbl.de

Inhalt	Seite
1. Einleitung	255
2. Technischer Aufbau	256
2.1 Generator	256
2.2 Antrieb	261
2.3 Kontroll-, Anschluss- und Starteinrichtung	265
3. Aufstellung der Ersatzstromanlage	267
3.1 Aufstellungsart	267
3.2 Aufstellungsort	268
3.3 Schallschutz	269
3.4 Kraftstoffbevorratung	270
3.5 Wartung und Pflege	271
4. Anschlussbestimmungen	272
5. Auswahlkriterien für landwirtschaftlichen Einsatz	274
5.1 Schutzbedürftige Verbraucher und Leistungsbemessung	274
5.2 Hinweise für die technische Auswahl	275
5.3 Notwendige Warneinrichtung	276
6. Anschaffungspreise	277
7. Literatur	279

1 Einleitung

Elektrische Energie ist aus einem landwirtschaftlichen Betrieb nicht mehr wegzudenken. Die Verteilungsnetzbetreiber (VNB) – früher wurden diese Elektrizitäts-Versorgungsunternehmen (EVU) genannt - als Bereitsteller dieser Energie sind in der Lage; eine konstante und kontinuierliche Stromversorgung zu gewährleisten. Doch ganz auszuschließen sind gelegentliche Stromausfälle nicht; sei es durch notwendige Reparatur- und Wartungsarbeiten, bei denen die Unterbrechungsdauer im allgemeinen vorher angekündigt wird, sei es durch höhere Gewalt oder Störungen und Fehler im Netz des landwirtschaftlichen Betriebes selbst. Durchschnittlich entfallen 0,5-1,5 Stromunterbrechungen pro Jahr auf jeden Verbraucher. Die Liberalisierung der Stromversorgung bewirkt möglicherweise einen Anstieg der Ausfälle.

Die meisten Unterbrechungen sind aber so kurz, dass sie keine nachteiligen Auswirkungen haben und oft auch gar nicht bemerkt werden. Schäden durch Stromausfall an Sachwerten, Vorräten, Pflanzenkulturen und Tieren in einem landwirtschaftlichen Betrieb können aber ganz beträchtlich werden; im Einzelfall sind sie sogar existenzbedrohend.

Besonders gefährdet sind spezialisierte Viehhaltungsbetriebe (Lüftung,

Klimatisierung, Melken, Füttern, Brutmaschinen), Betriebe mit Fischzucht, Pflanzenzucht und Gartenbaubetriebe mit Unterglasanlagen. Jeder landwirtschaftliche Betriebsleiter tut gut daran, für seinen Betrieb einmal zu überdenken, inwieweit die Qualität und der Gesamtwert von Kühl- und Gefriergut auf dem Spiel stehen, inwieweit automatisierte Arbeitsvorgänge beim Melken und Füttern überhaupt noch von Hand erledigt werden können und inwieweit und wie schnell ein Ausfall von Heizung, Lüftung und Beleuchtung Pflanzen- und Tierbestände sogar total vernichten kann.

Schäden werden nur in bestimmten, vom VNB verursachten Fällen ersetzt. Demnach obliegt es den landwirtschaftlichen und gartenbaulichen Betrieben; die gefährdeten Betriebszweige besitzen, selbst für eine entsprechende Risikosicherung zu sorgen. Eine bewährte Form der Risikosicherung sind Ersatzstromanlagen. In bestimmten Fällen fordern Sachversicherer sogar das Vorhandensein von Ersatzstromaggregaten, wenn sie die Versicherung übernehmen oder sie gewähren reduzierte Versicherungsprämien.

Im allgemeinen dient die Ersatzstromversorgung nur zur Bereitstellung eines gewissen Mindestbedarfs an Strom. In dem Sonderfall einer vollautomatisch, innerhalb von Sekunden betriebsbereiten Ersatzstromanlage spricht man von der "Notstromanlage", doch dies ist im landwirtschaftlichen Bereich im allgemeinen nicht erforderlich.

2 Technischer Aufbau

Jede Ersatzstromanlage besteht aus dem Generator, dem Antriebsmotor oder Zapfwellen(ZW)-Anschluss, den Schalt- und Kontrolleinrichtungen und einer Einrichtung zum Aufstellen (ortsfest, beweglich oder Fahrwerk). Auf dem Markt sind Ersatzstromanlagen von weniger als 1 kW Leistung bis zu mehreren 100 kW Leistung. Für die Landwirtschaft kommen aber im allgemeinen nur Leistungen zwischen 5 und 80 kW in Betracht, in Ausnahmefällen 100 kW und mehr.

2.1 Generator

Der Generator erzeugt den elektrischen Strom. Die Verbundnetze sind seit etwa 1992 international auf 400 Volt Drehstrom und hieraus ableitbar auf 230 Volt Wechselstrom mit der Frequenz 50 Hz (Hertz) ausgelegt. Für untergeordnete Zwecke - Beleuchtung, kleine Heizgeräte, kleine Universalmotoren - werden aber auch Gleichstromgeneratoren mit den Spannungen 6, 12, 24 oder 36 Volt angeboten. Für landwirtschaftliche Betriebe sind diese Generatoren im allgemeinen ungeeignet.

Für die Landwirtschaft kommen praktisch nur Generatoren mit 400 Volt Drehstrom in

Betracht. 400 Volt Drehstrom entsteht durch Verkettung von 3mal 230 Volt Wechselstrom, daher kann ein Drehstromgenerator jederzeit auch 230 Volt Wechselstrom liefern, wobei auf gleichmäßige Phasenauslastung zu achten ist. Die auch in der Landwirtschaft vermehrt eingesetzten elektronischen Kontrolle, Regel- und EDV-Einrichtungen reagieren zum Teil empfindlich - mit Ausfall oder Fehlschaltungen - auf Spannungs- und Frequenzabweichungen, daher soll die Spannung unabhängig von der Belastung max. $\pm 5\%$ vom Nennwert und die Frequenz (gleichbedeutend mit Drehzahlabweichungen max. $3,0\%$ vom Sollwert) abweichen. Spannungsrückgänge um 10% oder mehr können Relais beeinflussen und Motorschutzschalter auslösen, deshalb ist Spannungskonstanz sehr wichtig. Andererseits sind für das elektrische Netz Spannungsschwankungen von $+10\%$ zulässig. Jedes elektronische Gerät wie auch Computer müssen diese zulässigen Netzschwankungen verkraften können. Hierauf sollte beim Kauf derartiger Geräte besonders geachtet werden.

Auf Grund der verwendeten Frequenz von 50 Hz gibt es wie bei Elektromotoren auch bestimmte synchrone Drehzahlen in Abhängigkeit von der Polzahl der Maschinen. Von praktischem Interesse sind nur die drei synchronen Drehzahlen:

- 3 000 U/min mit den entsprechenden Polzahlen 2
- 1 500 U/min mit den entsprechenden Polzahlen 4
- 1 000 U/min mit den entsprechenden Polzahlen 6

Mit sinkender Drehzahl oder steigender Polzahl nehmen Ausmaße und damit das Eigengewicht sowie der Anschaffungspreis zu, dagegen das Betriebsgeräusch und die mechanische Belastung ab. Da Ersatzstromanlagen bestimmungsgemäß nur geringe Stunden zum Einsatz kommen, spielen Geräusche und Lebensdauer nur eine untergeordnete Rolle.

Die Leistung eines Generators wird in kVA (Kilo-Volt-Ampere) angegeben, dem Produkt aus Spannung U (in V) und Stromstärke I (in A) bei Nenndrehzahl. Genau genommen ist dies die Scheinleistung, die sich aus der Wirkleistung (angegeben in kW) und der phasenverschobenen Blindleistung zusammensetzt.

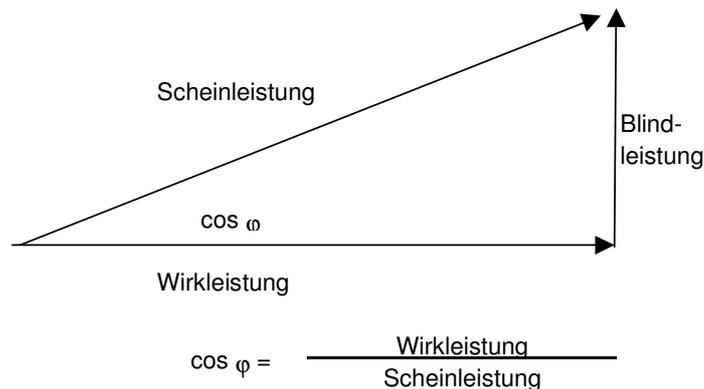


Abbildung 1: Grafische Darstellung der Beziehung zwischen Scheinleistung, Wirkleistung, Blindleistung und $\cos \varphi$

Das Verhältnis von Wirkleistung zur insgesamt aufgenommenen Leistung, der Scheinleistung, ist der Leistungsfaktor $\cos \varphi$ (Formelzeichen $\cos \varphi$). Je näher $\cos \varphi$ an 1 herankommt, desto kleiner wird die Blindleistung. Bei induktiven Verbrauchern wie z.B. Motoren und Leuchtstofflampen kann man von einer Größenordnung $\cos \varphi = 0,8$; bei ohmschen Verbrauchern (z. B. Glühlampen) $\cos \varphi = 1$ ausgehen.

Im allgemeinen wird mit dem Wert $\cos \varphi = 0,8$ gerechnet; d. h. von der auf dem Typenschild angegebenen Scheinleistung in kVA verbleiben nur etwa 80 % als Wirkleistung in kW für den Verbraucher.

Faustzahl Ein Ersatzstromaggregat mit 10 kVA kann Stromverbraucher mit etwa 8 kW versorgen.

Als Drehstrom- oder Wechselstrom-Generator kommen die verschiedensten Bautypen zur Anwendung. Überwiegend sind es sogenannte Synchrongeneratoren, entweder fremderregte Maschinen mit außenliegenden Polen und Schleifringen sowie auch selbsterregende bürstenlose Maschinen mit außen- und innenliegenden Polen oder mit Verbundregelung. Fremderregt heißt, dass eine fremde Stromquelle, im allgemeinen Strom des VNB; vorhanden sein muss, um eine Spannung aufzubauen. Selbsterregende Generatoren erreichen dies von sich aus. Die Wahl besonderer Synchrongeneratoren mit weiteren Regelungsarten hat auch patentrechtliche Gründe und ist zum Teil mit der Forderung begründet, auftretende Spannungsschwankungen beim Generator durch die unterschiedliche Belastung des Verbrauchers in kürzester Zeit (unter 0,5 s) auf das Toleranzband von 1,5 % auszuregulieren. Die mittlere Spannungskonstanz liegt bei $\pm 2,5 \%$.

Häufig werden auch selbsterregende Asynchrongeneratoren verwendet. Asynchrongeneratoren sind grundsätzlich baugleich mit Asynchronmotoren mit

einfachem Käfigläufer. Zum Betrieb benötigen sie ein taktgebendes Wechselstromnetz, das den zur Magnetisierung notwendigen Erregerstrom als Blindstrom liefert. Bei übersynchronem Antrieb wird Wirkleistung in ein angeschlossenes Netz eingespeist, aus dem die Blindleistung entnommen wird. Ist kein Netz für den erforderlichen Erregerstrom verfügbar; liefern zur Ständerwicklung parallel geschaltete Kondensatorpakete den benötigten Erregerstrom als Blindstrom. Damit kann ein selbständiges Drehstromnetz geschaffen werden, in dem auch Verbraucher mit Blindstrombedarf (Motoren, Leuchtstofflampen, Geräte mit Kondensatoren) betrieben werden können.

Synchrongeneratoren wie Asynchrongeneratoren haben ihre Vorteile. Synchrongeneratoren sind wegen der schwierigen Wärmeabfuhr praktisch immer innenbelüftet, d.h. sie haben nur die Schutzart JP-23, sind nur schwierig auf JP-44 zu bringen, und sind somit als ZW-Aggregate nicht zulässig. (Für diese Einsatzart bitte die Schutzart JP-44 garantieren lassen!). Synchrongeneratoren haben hohe Spannungskonstanz von üblich $\pm 1,5\%$ und gute Eignung zum Betrieb von großen Elektromotoren, die beim Anfahren ja kurzzeitig einen mehrfachen Anlaufstrom erfordern. Da Notstromaggregate hohe ungenutzte Standzeiten aufweisen, können Schleifringe, Bürsten und elektronische Regelelemente Anlass zu Störungen bieten. Synchrongeneratoren können allerdings auch schleifringlos gebaut werden.

Asynchrongeneratoren sind, da sie keine Ankerwicklungen und keine komplizierten Regelorgane haben, grundsätzlich einfacher im Aufbau, wartungsfrei und meist auch kurzschlussfest. Sie haben auch üblicherweise die für 3-Punkt-Geräte erforderliche Schutzart JP-44 (Kühlrippen außen und Außenbelüftung zur Wärmeabfuhr). Da die Erregung über Kondensatoren erfolgt, ist die Spannungskonstanz meist geringer als die von Synchrongeneratoren sowie auch die Eignung für "induktive" Verbraucher [Motore, Leuchtstofflampen). Asynchrongeneratoren sind daher ideal für "ohmsche" Verbraucher wie Licht: Heizung und für kleinere Motoren.

Generatoren sind kurzzeitig hoch überbelastbar, in Abhängigkeit von der Generatorenbauart bis zum zwei- oder dreifachen der Nennleistung. Dieser jeweilige Wert ist wichtig für die Stoßlastunempfindlichkeit, besonders beim Anlaufenlassen von Motoren im Ersatzstromnetz. Motoren ergeben nämlich hohe Anlaufströme. Bei schweren und unter Last anlaufenden Motoren [Stern - Dreieck) müssen dann während des Anlaufens andere Verbraucher unter Umständen kurzzeitig ausgeschaltet werden. Grundsätzlich sollte aber, um zu große Spannungsabfälle beim Einschalten von Verbrauchern zu vermeiden, der Generator nicht zu klein bemessen sein. In diesem Zusammenhang ist auch die Isolationsklasse der Generatoren wichtig, d. h. die Temperaturfestigkeit der Wicklungen. Verluste äußern sich nämlich durch Erwärmung, besonders auch bei Stoßbelastung: Je höher die

Isolationsklasse, um so höhere Temperaturen können ohne Schaden verkraftet werden. Die Isolationsklasse wird in großen Buchstaben angegeben und entspricht folgenden Grenztemperaturen der Wicklungen:

Wicklungen mit Isolierung

nach Klasse	Y	A	E	B	F	H
Grenz-Übertemperatur [°C)	45	64	75	80	104	125

Man sollte nur Generatoren einsetzen, die das VDE-Prüfzeichen tragen. Sie erfüllen damit auch gleichzeitig die Funkschutzvorschrift, die dem Funkentstörgrad N entsprechen muss. Ein ebenfalls wichtiger Punkt, auf den beim Kauf zu achten ist, ist die Schutzart gegen Berühren und Eindringen von Fremdkörpern und Wasser.

Nach DIN VDE 01000 müssen ortsbewegliche, also 3-Punkt-Generatoren (Maschinen) mindestens in der Schutzart IP 44 ausgeführt werden; Klemmkästen sogar in IP 54. ZU beachten sind hierbei auch die jeweils gültigen Arbeitsunterlage "Ersatzstromerzeuger" der Landwirtschaftlichen Berufsgenossenschaft (LBG).

Nur wenn der Generator bestimmungsmäßig ausschließlich in einem trockenen, staubfreien, abgeschlossenen Betriebsraum betrieben wird, könnten geringere Schutzarten ausreichen. Für ZW-Generatoren muss dies jedoch ausgeschlossen werden. Festinstallierte Zapfwellengeneratoren ohne die 3-Punkt-Kupplungspunkte können sehr wohl die Schutzart IP-23 besitzen.

Verschiedentlich wird den Generatoren die Schutzart IP 44 vom Hersteller oder Händler zugesprochen, ohne dass sie diese tatsächlich haben; insbesondere bei ausländischen Herstellern. Je nach Verwendungsart bitte die Schutzart vom Lieferanten garantieren lassen und auf das Produkthaftungsgesetz verweisen. IP-44 bedeutet normalerweise Außenbelüftung.

Die Landwirtschaftliche Berufsgenossenschaft fordert gemäß DIN VDE 0100 als Schutzmaßnahme bei Generatoren für gefährliche Körperströme:

[1] Ortsfeste Generatoren sind mit der zu versorgenden Betriebsanlage fest verbunden. Als Schutzmaßnahme gegen indirektes Berühren ist entsprechend DIN VDE 0100 ausschließlich die Schutzmaßnahme Fehlerstromschutzschaltung mit einem max. Nennfehlerstrom von 0,5 A zugelassen. Es wird empfohlen, Fehlerstromschutzschalter mit einem max. Nennfehlerstrom von 0,03 A zu verwenden, da dadurch ein zusätzlicher Schutz gegen direktes Berühren erreicht wird. Die Anlage ist als TT-Netz zu betreiben. Der Sternpunkt des Generators ist in den Potentialausgleich der Anlage einzubeziehen.

[2] Ortsveränderlich einsetzbare Generatoren (z. B. mit Zapfwellenantrieb) sind mit elektrischen Betriebsmitteln und auch evtl. der Betriebsanlage über Steckvorrichtung verbunden. Auch hier ist ausschließlich die Schutzmaßnahme Fehlerstromschutzschaltung und zwar mit einem max. Nennfehlerstrom von 0,03 A anzuwenden. Dazu muss der Sternpunkt geerdet sein. Bei der Versorgung von

einzelnen Verbrauchern erfolgt die Erdung über einen Erdspeiß oder den direkten Anschluss an geerdete Bauteile [z. B. metallische Wasserleitungen). Bei 0,03 A Nennfehlerstrom darf der Erdungswiderstand 800 Ohm nicht überschreiten. Dieser Wert ist mit einem ca. 0,8 m tief eingeschlagenen Staberder sicher zu erreichen. Zum Lieferumfang gehört daher eine geeignete Erdungsausrüstung.

(3) Tragbare Kleinstromerzeuger für den Einsatz im Gartenbau und bei der Landschaftspflege sind in der Regel in der Schutzmaßnahme Schutztrennung ausgeführt. Hierbei darf der Sternpunkt (Neutralleiter N) keine Verbindung mit dem Schutzleiter (PE) haben. Die Schutzleiter der angeschlossenen Betriebsmittel müssen jedoch untereinander verbunden sein. Die Geräte sind nur zur Versorgung einzelner, beweglich angeschlossener und möglichst schutzisolierter Betriebsmittel (z. B. Heckenscheren) zu verwenden:

Tabelle 1: Schutzarten für elektrische Generatoren nach DIN 40050 und IEC-Publikationen 144

IP-Schutzart gegen Fremdkörper, Berührung und Eindringen von Wasser (DIN 40050) Darstellung IPX1X2 (X1erste Zahl X2zweite Zahl) Beispiel IP 44	
X1 – erste Zahl: Schutz gegen Fremdkörper und Berührung	X2 – zweite Zahl Schutz gegen Wasser
0 ungeschützt	0 ungeschützt
1 Schutz gegen zufällige großflächige Berührung mit der Hand. Schutz gegen Fremdkörper > 50 mm	1 Schutz gegen Tropfwasser
2 Schutz gegen Berührung mit den Fingern. Schutz gegen mittelgroße Fremdkörper > 12 mm	2 Schutz gegen Tropfwasser aus der Senkrechten oder schräg bis 15 Grad
3 Fremdkörper >2,5 mm	3 Sprühwasser schräg bis 15 Grad zur Senkrechten
4 Schutz gegen Berührung mit Werkzeugen, Draht o.ä > 1 mm. Schutz gegen kornförmige Körper > 1 mm	4 Sprühwasser gegen Spritzwasser aus allen Richtungen
5 vollständiger Schutz gegen Berühren. Staubgeschützt	5 Schutz gegen Strahlwasser aus allen Richtungen

2.2 Antrieb

Als Antrieb des Generators dient entweder ein:

- mit dem Generator gekoppelter Verbrennungsmotor (Benzin-, Diesel-, Gasmotor-, Flüssiggas) oder
- ein Traktor; der den Generator über eine Zapfwelle antreibt.

Zweitakt-Benzinmotoren werden nur noch selten in kleine tragbare, etwa bis 5 kVA

starke, Aggregate eingebaut. Diese Motoren sind zwar leichter und billiger in der Erstanschaffung, nachteilig ist jedoch der höhere spezifische Kraftstoffverbrauch und die niedrigere Lebensdauer. Ein Einsatz ist dort vorteilhaft, wo eine relativ kleine elektrische Leistung an oft wechselnden Einsatzorten bei einer geringen zeitlichen Nutzung benötigt wird, z. B. zum Antreiben von elektrischen Werkzeugen und Geräten außerhalb von festen Gebäuden.

Luftgekühlte Viertakt-Benzinmotoren werden üblicherweise in Aggregate niederer bis mittlere Leistung eingebaut. Die obere Leistungsgrenze liegt bei etwa 30 kVA.

Viertakt-Dieselmotoren sind die am häufigsten verwendeten Antriebsmotoren, sie werden im gesamten Leistungsbereich angeboten.

Zur Frage der Wahl zwischen Benzin- oder Dieselmotor als Antriebsmaschine ist folgendes zu sagen: Benzinmotoren sind leichter und damit auch billiger. Im Durchschnitt sind Aggregate mit Benzinmotor 30 % (kleine Leistung) bis 10 % (hohe Motorleistung) billiger als Dieselaggregate. Dieselmotoren sind im allgemeinen langlebiger und sparsamer im Kraftstoffverbrauch, doch ist dies bei der geringen Einsatzdauer im allgemeinen nur von untergeordneter Bedeutung: Wichtig ist aber die Kraftstofflagerung. Benzin zählt zu den besonders feuergefährlichen Kraftstoffen. Daher müssen bei stationärer Ausführung hohe gesetzliche Auflagen bezüglich Explosionsschutz, Störungen der Kraftstoffanlage, Lüftung, Beleuchtung usw. berücksichtigt werden. Dieseldieselkraftstoff ist dagegen in eine geringere Gefahrenklasse eingeordnet. Außerdem dürfen ortsfeste Dieselmotoren für Antrieb von Heizungen und Generatoren heute mit Heizöl betrieben werden. Näheres dazu im Abschnitt Kraftstoffbevorratung. Wenn die Antriebsmotoren direkt mit den Generatoren gekoppelt sind, kommen für den praktischen Gebrauch in der Landwirtschaft auch nur die zwei Motordrehzahlen 1 500 und 3 000 U/min in Betracht. Die Drehzahl 3 000 bietet den Vorteil des geringeren Leistungsgewichtes, damit geringere Abmessungen und geringere Investitionen. Die Geräuschentwicklung ist im allgemeinen geringfügig höher, doch können auf Wunsch fast alle Aggregate mit Lärmschutzkapseln versehen werden. Der optimale spezifische Kraftstoffverbrauch in g je kWh unterscheidet sich bei den beiden Drehzahlen kaum. Manche Motorfabrikate können bei der auf 3 000 U/min gesteigerten Drehzahl bis zu 20 % Kraftstoff mehr verbrauchen. Im Betrieb wird die Motordrehzahl unabhängig von der Belastung durch einen Drehzahlfeinregler konstant gehalten.

Bei der Motor-Kühlung ist folgendes beachtenswert:

- Vorteile der Luftkühlung: keine Wasserbeschaffung, keine Einfrieren, Wegfall von Wasserpumpe, Kühler und Thermostat und dadurch geringere Wartung,

- Vorteile der Wasserkühlung: geräuscharmer Lauf, geringe Verschmutzungsgefahr bei stark staubhaltiger Luft, einfachere Aufstellung in geschlossenen Räumen. Bei fester Installation sind Zuluftführung, Abluftführung, Abgasführung und Schalldämpfung zu beachten:

Auf dem Markt sind inzwischen auch ölgekühlte Industriemotoren, für die keine Frostgefahr besteht.

Anstelle von angebauten Benzin- oder Dieselmotoren können Generatoren auch durch die Zapfwelle von vorhandenen Traktoren angetrieben werden. Die Zapfwellennendrehzahl - zu fordern ist eine Nenndrehzahl = Normdrehzahl von 540 U/min oder 1 000 U/min - muss dann mittels eines vor den Generator geschalteten Getriebes [Zahnrad- oder Keilriementrieb) auf die entsprechende Generatordrehzahl von 1 500 oder 3 000 U/min gebracht werden. Es gibt aber auch Zapfwellengeneratoren, die für 500 U/min vorgesehen sind. Prinzipiell kann mit dem Traktor jede gewünschte Zapfwellendrehzahl über den Traktormotor eingestellt und über den Traktorregler auch in etwa konstant gehalten werden. Notwendig sind jedoch ein möglichst auch von Traktor gut sichtbares Frequenzkontrollgerät und eine Handgaseinrichtung am Traktor. Vorteile von Zapfwellenaggregaten sind vor allem der niedrige Anschaffungspreis, der im allgemeinen ca. 50 % von Dieselaggregaten beträgt und der geringe Wartungsaufwand. Für längeren aufsichtslosen Betrieb ist in einem solchen Fall der Einsatz von Dieselwächtern am Traktor sinnvoll, wie sie auch für den Einsatz an Beregnungsmaschinen gefordert werden [Überwachung von Kühlwassertemperatur, Öldruck; Kraftstoff). Nachteilig ist die manuelle Drehzahleinstellung und Grobregelung und dass der Traktor während der Einsatzzeit für andere Arbeiten blockiert ist. Zapfwellengeneratoren werden bis über 100 kVA angeboten.

Verschiedentlich werden hinsichtlich der Verwendung von Traktoren zum Antrieb von Ersatzstromaggregaten Bedenken geäußert - besonders vom Gartenbau - wegen angeblich zu großer Drehzahlschwankungen, die dann Rückwirkungen auf die Spannung und Frequenz haben und damit Schädigung elektronischer Steuerungseinrichtungen in Haus und Hof verursachen können. Diese Bedenken scheinen aber unbegründet, insbesondere bei genügender Leistungsreserve der Traktor. Als Erfahrungswert gilt, dass sich die von einer Drehzahlschwankung beeinflusste Frequenz nicht mehr als $\pm 3\%$ ändern darf.

Bei kompletten Ersatzstromaggregaten ist der Antriebsmotor in der Leistung zum Generator vom Hersteller bereits richtig zugeordnet. Bei Zapfwellengeneratoren muss der Landwirt den Traktor richtig der in kVA angegebenen Scheinleistung des Generators zuordnen. Der Traktor muss daher so gewählt werden, dass er bei der erforderlichen Zapfwellendrehzahl (540, 750, oder 1 000 min) die Scheinleistung des Generators mit noch einer gewissen Leistungsreserve abdecken kann: Da die

Traktor-Zapfwellennormdrehzahl im allgemeinen nicht bei der Nenndrehzahl des Traktormotors erreicht wird, entspricht die hierbei erreichte Traktor-Motorleistung auch nicht der Traktor-Nennleistung. Sie ist niedriger und von Traktortyp zu Traktortyp verschieden.

Aus dem Motorleistungsdiagramm [beispielsweise von OECD-geprüften Traktoren; lässt sich für jeden Motor die jeweils bei der erforderlichen Zapfwellendrehzahl erreichbare Motorleistung ablesen. Sie sinkt teilweise bis unter 80 % der Nennleistung ab, jedoch nur in grober Annäherung linear mit der Drehzahlreduzierung. Zusätzliche Getriebeverluste von durchschnittlich $\eta = 0,9$ müssen bei der Traktorzuordnung auch noch berücksichtigt werden.

Die erforderliche Traktorleistung kann damit etwa wie folgt bestimmt werden:

$$\text{erforderliche Traktorleistung (kW)} \geq \text{Generatorleistung (kVA)} \times \frac{1}{\eta} \times \frac{\text{Motor-nenndrehzahl (1/min)}}{\text{Motordrehzahl bei erforderlicher Zapfwellendrehzahl (1/min)}}$$

Die notwendige Traktorleistung in PS erhält man durch Multiplikation mit 1,36 (1 kW = 1,36 PS).

Faustzahl: Die Motorleistung des Traktors (in kW) soll etwa 2mal so hoch sein wie die erforderliche Generatorleistung (in kVA).

Der Kraftstoffverbrauch der Antriebsmotoren in g/kWh ist in engen Grenzen konstant, der Gesamtverbrauch in l/h somit fast nur abhängig von der Generator-nennleistung (genaugenommen von der jeweiligen Auslastung des Aggregates) oder genauso von der elektrischen Abgabeleistung.

Antriebsmotor und Generator oder bei Zapfwellengeräten Getriebe und Generator werden im allgemeinen auf einen Rahmen montiert oder sie werden sogar direkt miteinander verschraubt. Kleinere Aggregate bis etwa 6 kVA werden überwiegend in ein Rohrgestell eingebaut. Besonders bei Aggregaten, deren Antriebsmotor ~eine niedrige Zylinderzahl hat; müssen die freien Massenkräfte und -momente durch eine elastische Verbindung zum Untergrund (Schwingmetall) aufgefangen werden. Hierdurch kann auch eine Schallfortleitung über den Rahmen verhindert werden. Die noch vor Jahren neu auf dem Markt angebotenen hydraulischen Zapfwellenaggregate, wobei der Generator der Aggregate durch einen hydraulischen Zahnradmotor angetrieben wurde sind nicht mehr von Bedeutung..

2.3 Kontroll-, Anschluss- und Starteinrichtung

Alle Ersatzstromaggregate sind mit elektrischen Anschlusskästen ausgestattet. Diese sind entweder direkt am Aggregat montiert oder bei ortsfesten Aggregaten auch neben dem Gerät an der Raumwand befestigt. Die Anschlusskästen enthalten die Kontrollinstrumente sowie elektrische Steck- oder Anschlussdosen. Die Instrumenten- oder Steckdosenbestückung kann seitens des Herstellers sehr verschiedenartig gestaltet werden, macht sich dann natürlich im Preis bemerkbar ~und sollte deswegen schon aus Kostengründen sorgfältig gewählt werden.

Zur Mindestbestückung (Standardanschlusskasten) sollten gehören: Amperemeter zur Stromstärkenüberwachung, Voltmeter zur Spannungsüberwachung mit Umschalter bei Drehstrom zur wahlweisen Spannungsmessung zwischen Phase und Phase sowie Phase und Null, Frequenzmeßgerät im Messbereich 45-55 Hz, elektrischer Betriebsstundenzähler, Sicherungen als Überlastungs- und Kurzschlussschutz, Ladekontrolle für Starterbatterie; mindestens eine wassergeschützte 5-polige CEE-Steckdose für Drehstrom und eine Schuko Steckdose für Wechselstrom, Störanzeige bei automatischer Starteinrichtung.

Bei Drehstrom ist je ein Amperemeter in jeder Phase wünschenswert. Im Schaltkasten kann auch eine Motorüberwachung untergebracht werden mit selbsttätiger Stillsetzung des Motors im Fehlerfalle (Öldruck-, Temperatur- und Generatorüberwachung), die dann allerdings mit einer optischen oder akustischen Fernanzeige versehen sein müsste.

Bei vielen kleinen und mittleren Ersatzstromaggregaten ist der Schaltkasten in der Grundausstattung jedoch leider mit keinerlei Messinstrumenten versehen.

Die Inbetriebnahme von Ersatzstromaggregaten mit eigenem Motor kann auf dreierlei Arten erfolgen:

- Handstart mit Kurbel oder Zugseil,
- Handstart mit elektrischem Anlasser (Elektrostart),
- vollautomatischer Start.

In den meisten Fällen kann eine einfache Starteinrichtung später auf Wunsch zur vollautomatischen Starteinrichtung erweitert werden.

Beim Handstart muss nach Erkennen einer Stromunterbrechung der Antriebsmotor des Aggregates durch Handkurbel oder Startseil (Reversierstarter) in Betrieb gesetzt werden. Diese Startart ist immer ausreichend, wenn kurzzeitige Stromunterbrechungen noch keine Schäden verursachen und außerdem eine kundige Bedienungsperson ständig in erreichbarer Nähe ist. Auftretende Netzstörungen

müssen dieser Bedienungsperson über eine Warneinrichtung gemeldet werden. Bei Handstart muss auch die notwendige elektrische Umsehaltvorrichtung von Hand umgeschaltet werden.

Der Anlasserstart wird wie beim Kraftfahrzeug mit einem Zündschlüssel ausgelöst. Die Starterbatterie ist in diesem Falle ein Bestandteil des Ersatzstromaggregates und muss ständig gewartet werden. Mit dem Zündschlüssel wird das Aggregat auch wieder abgestellt. Dieser Elektrostart kann auch aus der Ferne aus einem anderen Raum her erfolgen [Büro; Wohnraum), dies kann sinnvoll sein, wenn das Ersatzstromaggregat außerhalb der häufig benutzten Verbraucher- und Betriebsräume untergebracht ist. Für den Fernstart benötigt man bis zur Einschaltstelle hin verlängerte Zuleitungen sowie am Aggregat ein Schaltrelais zum Einschalten einschl. elektrischer Trenn- und Umschaltung mit Rückmeldung (Zusatzkosten über 500 €).

Zapfwellenaggregate werden nach der Kopplung mit dem Traktor wie üblich durch dessen Start in Betrieb gesetzt, können also auch zu den Aggregaten mit Elektrostart gezählt werden. Auch hier ist selbstverständlich eine Netztrennung und Umschaltung von Hand erforderlich.

Ein vollautomatischer Start des Ersatzstromaggregates ist in der Landwirtschaft im allgemeinen nicht erforderlich, es sei denn, der Stromausfall darf nur auf kürzeste Zeit (Minuten) begrenzt sein, evtl. bei vollklimatisierten Hähnchenstallungen sowie zur Steuerung und Regelung von Gewächshäusern. Die vollautomatische Ersatzstromsteuerung übernimmt im einzelnen folgende Überwachungs-, Steuer- und Meldevorgänge:

- Die Überwachung des ganzen Netzes sowie einzelner Phasen auf Spannungsausfall.
- Einschalten des Antriebsmotors, dabei Ansprechen der Kaltstartvorrichtung während des Anlaufvorganges.
- Überwachung des Antriebsmotors auf einwandfreien Lauf. Die verschiedenen möglichen Störungen wie Öldruckmangel, erhöhte Temperatur, Keilriemenriss, Startfehler werden sofort optisch oder akustisch angezeigt. Ein bis drei selbständige Startwiederholungen bei Fehlstart sind üblich.
- Nach Erreichen der Generatornennspannung - oft schon nach weniger als 30 Sekunden - Übernahme der Last mit Umschaltung der Verbraucher von Netz- auf Notstrom durch Betätigung des vorgeschriebenen Trennschalters, der eine lebensgefährdende materialschädigende Rückspeisung ins öffentliche Versorgungsnetz ausschließt.
- Die Überwachung der Generatorspannung und des Generatorstroms (Schutz vor etwaiger Überlastung).

Die Zurückschaltung der Verbraucher von Not- auf Netzstrom nach Beendigung des Stromausfalles und Ausschalten des Antriebmotors.

Eine vollautomatische Netzautomatik mit allen Zusatzeinrichtungen kann den Gesamt-Aggregatpreis auf mehr als das Doppelte des Preises für ein Handstartaggregat ansteigen lassen und ist wartungsaufwendig.

3 Aufstellung der Ersatzstromanlage

3.1 Aufstellungsart

Jede Ersatzstromanlage kann grundsätzlich ortsfest (stationär) oder beweglich (transportabel) oder fahrbar aufgestellt werden. Der ortsfeste Einsatz, vor allem die Unterbringung des Generators in einem trockenen, staubfreien Raum, trägt entscheidend zur ständigen, Betriebsbereitschaft und zur Verlängerung der Lebensdauer des Ersatzstromaggregates bei. Selbstverständlich kann auch ein Zapfwellengerät ortsfest eingebaut werden

Ortsveränderlicher Einsatz kommt dann in Betracht, wenn das Ersatzstromaggregat wechselweise mehrere Betriebe versorgen soll, was natürlich nur bedingt möglich ist, oder wenn es in einem Betrieb nacheinander, z. B. das Wohn- und Wirtschaftsgebäude, versorgen soll. Letzteres ist dann unvermeidbar, wenn - aus welchen Gründen auch immer - die Generatorleistung entweder für den gleichzeitigen Ersatzstrombedarf in Haus und Hof nicht ausreicht, oder wenn die entsprechende Installation im Betrieb unverhältnismäßig teuer wäre. Bewegliche Ersatzstromanlagen können auch bei Bedarf für die Maschinenreparatur z. B. auf dem Felde eingesetzt werden (z. B. Antrieb von Bohrmaschinen oder Schweißgeräten).

Ideal als bewegliche Ersatzstromaggregate sind Zapfwellengeräte mit 3-Punkt-Aufhängung; weil sie ohne Schwierigkeiten mit dem Traktor umgesetzt werden können. Tragbare Geräte mit eigenem Antriebsmotor werden aus Gewichtsründen fast nur mit Benzinmotor und 3 000 U/min ausgerüstet und reichen bis etwa 10 kVA, sie können von zwei Personen über kurze Transportstrecken noch bewegt werden (Aggregatgewicht bis ca. 180 kg). Größere Geräte müssen dann mit eigenem Fahrwerk versehen werden. Bis 50 kVA wird im allgemeinen ein Einachsahrgestell mit höhenverstellbarer Anhängung verwendet. Bei Fahrt auf öffentlichen Straßen müssen dann die StVO und StVZO beachtet werden.

Bei beweglicher Aufstellung gelten im Prinzip die gleichen Anforderungen an den Aufstellungsort wie bei ortsfester Aufstellung. Die Verbindung mit den Verbrauchern kann über fest installierte Trenneinrichtung und beweglichen Verbindungskabel zum Aggregat erfolgen, einzelne Geräte können aber auch direkt in die Steckdose der Ersatzstromaggregate gekuppelt werden.

3.2 Aufstellungsort

Ortsfeste Ersatzstromanlagen sollten in einem gesonderten Raum untergebracht werden, der in der Nähe der wichtigsten Verbraucher oder am betrieblichen Verteiler liegen sollte. Bei der Auswahl des Standorts ist aber auch der Lärm des Antriebsmotors zu beachten: Bei Traktorantrieb muss der Traktor in den Raum gefahren werden oder davor stehen können, z. B. bei ZW-Führung durch die Wand: Günstig zur Lösung der verschiedenen Probleme (Be- und Entlüftung, Lärmschutz, Abgasführung, Geruchsbelästigung, Zugänglichkeit) ist ein gesonderter Anbau. Im Winter kann solch ein Raum aber unter Umständen zu kalt werden. Man sollte anstreben, dass die Raumtemperatur nicht unter 5 °C sinkt. Für Temperaturen unter 15 °C kann eventuell schon eine gesonderte Kaltsteinrichtung sinnvoll sein. Für die Aufstellung des Aggregates ist ein ausreichend großer ebener, trockener, staubgeschützter und verschließbarer Raum auszuwählen. Decken und Wände sollten feuerbeständig sein. Mindestens eine genügend große Tür sollte vorhanden sein, nach außen aufgehen und feuerbeständig sein. Der Fußbodenbelag sollte öl- und kraftstofffest sein. Eine Türschwelle ist sinnvoll. Ein Bodenablauf sollte vermieden werden. Bei Antrieb durch Benzinmotor sind auch alle Bodenkanäle problematisch. Transportwege und Ölablassbehälter für Ölwechsel sind von vornherein mit einzuplanen.

Verbrennungsmotoren brauchen Verbrennungsluft, die zugeführt werden muss, andererseits wird nur etwa ein Drittel des Kraftstoffes in mechanische Leistung zum Antrieb des Generators umgesetzt, die restlichen zwei Drittel gehen über Kühlung, Abstrahlung und Abgas verloren und müssen schadlos abgeführt werden: Auch die Generatorverluste müssen als Wärme abgeleitet werden. Dies sind beachtliche Wärmemengen.

Bei großen; gut belüfteten Räumen und mittleren Leistungen kann die Verbrennungsluft direkt aus dem Raum angesaugt werden. Bei hohem Staubanfall ist zu der motoreigenen Nass-Luftfilterung eine zusätzliche Filterung sinnvoll. Ansaugen von erwärmter Raumluft ist ungünstig, weil dadurch die Leistung des Aggregates absinkt. Darüber hinaus wird reine Durchgangsluft benötigt zur Abführung der Strahlungs- und Kühlwärme. Bis zu mittleren Aggregatleistungen genügen hierzu einfache Raumzu- und -abluftöffnungen, die lediglich gegen das Eindringen von Tieren und Fremdkörpern durch Jalousien oder enge Maschengitter geschützt sein müssen. besonders bei Benzinbetrieb ist auf gute Raumentlüftung zur Abführung von möglichen Benzindämpfen Wert zu legen, man rechnet hier mit mindestens dem zehnfachen stündlichen Luftwechsel für den Aufstellungsraum schon bei Aggregatstillstand. Bei Betrieb wird eine stündliche Luftmenge von mindestens 50 m³/kVA benötigt. Die Zuluftöffnungen sollten möglichst in Bodennähe angeordnet sein und in der Wand; die der Hauptwindrichtung zugekehrt ist. Die mindestens gleichgroße Abluftöffnung muss in Deckennähe in der gegenüberliegenden Wand liegen.

Insbesondere bei kleinen Räumen sind Zwangsbelüftungsmaßnahmen durch gesonderte Zu- und Abluftventilatoren vorzusehen, die automatisch mit dem Aggregat ein- und ausgeschaltet werden. Für größere Aggregate werden Zu- und Abluftkanäle oder zumindest Abluftkanäle direkt zum Motor gelegt; ausgerüstet mit Vogelschutzgitter und magnetbetätigter Zuluftjalousie und Abluftflutterjalousie sowie elastischen Zwischenstücken. Auf diese Weise ist sichergestellt, dass im Raum kein Wärmestau entstehen kann. Man bekommt einen Begriff über die abzuführende Lüftungswärmemenge, wenn man bedenkt, dass diese bei einem 25 kVA-Aggregat etwa dem Wärmebedarf eines Einfamilienhauses entspricht.

Aufgrund von Erfahrungswerten werden bei einer mittleren Luftgeschwindigkeit von 3;5 m/s folgende Zuluftmengen und Zuluftquerschnitte für luftgekühlte Antriebsmotoren und Generatoren gefordert:

Generatorleistung	(kVA)	10	20	30	50
Zuluftmenge für Motor und Generator	(m ³ /min)	20	40	55	85
Mindest-Lüftungsöffnung	(m ³)	0;15	0,30	0,40	0,60

Zur Ableitung der Motorabgase über möglichst isolierte Rohrleitungen ins Freie ist auf kürzeste Rohrführung zu achten und eine geringe Anzahl von Krümmern: Bei langer Rohrführung (ab etwa 20 m) ist ein zusätzliches Sauggebläse in die Leitung zu schalten. Zur Verbindung des Abgasrohres mit dem Auspuff dient zweckmäßigerweise ein flexibler, rostfreier Metallschlauch, um Motorschwingungen von der Leitung fernzuhalten. Das Rohrende ist gegen Eindringen von Wasser, Fremdkörpern und kleinen Tieren zu schützen. Die Austrittsöffnung ist so zu legen, dass die Nachbarschaft nicht belästigt wird. Abgas und Abluft dürfen nicht in einer gemeinsamen Leitung ins Freie geführt werden.

Auch ortsfeste Zapfwellenaggregate können in einfachen, trockenen, witterungsgeschützten, kleinen Räumen untergebracht werden. Für die Zapfwellenverbindung zwischen Traktor und Getriebe des Generators eignet sich am besten ein Mauerdurchbruch; Klappen und Türen sind auch möglich. Für den Antriebstraktor sollte jedoch ein fester Standplatz vorhanden sein. Eine annähernd waagerechte Lage der Gelenkwelle ist anzustreben. Bewegliche zapfwellengetriebene Aggregate können z.B. in einem Maschinenschuppen untergebracht werden.

3.3 Schallschutz

Schallschutzmaßnahmen sind bei Ersatzstromanlagen in jedem Fall mit zu beachten. Hierzu gehören:

- Dämpfung der Auspuffgeräusch,
- Verhinderung von Körperschallübertragung,
- Dämpfung des Motorengeräusches.

Die Auspuffschalldämpfer ordnet man zweckmäßig schon innerhalb des Gebäudes an. In bewohnten Gebieten reicht die Wirkung der üblichen Auspuffschalldämpfer häufig nicht aus, dann kann man Schalldämmgruben, oft mehrere hintereinander bauen, die eine sehr wirksame Dämpfung ergeben. Die Übertragung von Körperschall lässt sich durch Zwischenschalten schwingungsdämpfenden Materials - sogenanntes Schwingmetall - zwischen Sockel und Grundrahmen weitgehend reduzieren. Dies ist besonders wichtig, wenn der Aufstellungsraum an Wohnräume grenzen sollte. Weitere Maßnahmen zur Schalldämpfung sind dann noch die vollständige Auskleidung des Aufstellungsraumes mit Schalldämmplatten sowie Dämpfen des Maschinengeräusches und des mit der Abluft austretenden Schalls durch Dämmstrecken. Sowohl für die stationäre wie auch für fahrbare Ersatzstromanlagen gibt es fertige Schallschutzhauben, mit denen sich eine Geräuschkämpfung bis ca. 50 dB(A) erreichen lässt. Für mittlere Aggregatleistungen [25 kVA) kostet eine Schallschutzhaube zur Dämpfung bis auf etwa 70 dB(A) aber etwa bis ca. 8 000 €, eine solche bis zur Dämpfung auf 50 dB(A) bis etwa 14 000 €. Immer mehr Motoraggregate können auf Wunsch auch mit speziellen auf eine maximale Geräuschkämpfung konstruierte Motoren ausgestattet werden.

3.4 Kraftstoffbevorratung

Die notwendigen Kraftstoffbehälter befinden sich bei den beweglichen Aggregaten auf diesen selbst aufgesetzt. Der Tankinhalt reicht meist nur für eine Betriebsdauer von wenigen Stunden, für eine längere Notsituation ist dies jedoch nicht ausreichend. Für ortsfeste Anlagen wird der Kraftstoffbehälter in der Regel als Stand-, oder Wandbehälter installiert: Dieser sogenannte "Tagesbehälter" sollte nicht zu knapp bemessen sein, er reicht meistens nur für 10 bis 15 Stunden. Besser wäre ein Fassungsvermögen für einen kontinuierlichen 24-Stundenlauf. Dies bereitet jedoch bei größeren Anlagen Schwierigkeiten. Darüber hinaus ist vor allem für einzeln liegende Gehöfte ein Kraftstoffvorrat anzulegen, der so bemessen sein sollte, dass bei größeren Ausfallzeiten auch ein längerer Betrieb möglich ist. Dieser Vorrat ist dann in einem anderen Raum unterzubringen; er kann auch mit für andere Verbraucher dienen. Die einschlägigen Sicherheitsbestimmungen - auch Heiz- und Öltankrichtlinien - sowie die Verordnung über brennbare Flüssigkeiten (VbF) müssen dabei aber beachtet werden. Sie sind Länderverordnungen und betreffen auch die Kraftstofflagerung.

Für Benzin sind vor allem bei ortsfesten Anlagen schärfere Sicherheitsmaßnahmen zu beachten, da es einer höheren Gefahrenklasse angehört als Diesel- oder Heizöl.

Beispielsweise darf Benzin auch nicht bei laufendem Stromaggregat nachgefüllt werden. In einer Garage dürfen höchstens 20 l Benzin, in einem besonderen absperrbaren Raum bis zu 200 l gelagert werden.

Heizöl kann als Kraftstoff eingesetzt werden, wenn der Motor als "ortsfest" anerkannt ist. Das ist dann der Fall, wenn er mit dem Untergrund fest und dauerhaft verbunden ist. Ein Altschlepper wird teilweise von den Zollbehörden als "ortsfest" anerkannt, wenn er bei abmontierten Rädern auf Böcke gesetzt wird. Für einen zwar ortsfest montierten Zapfwellengenerator gilt diese Vergünstigung nicht, solange der Antriebsschlepper beweglich bleibt. Bei Heizölbetrieb ist es üblich, einen gemeinsamen Heizöltank für die Wohnraumheizung und das Ersatzstromaggregat zu verwenden, nur muss auch eine entsprechende feste Leitung sowie eine ausreichend starke Kraftstoffförderpumpe den notwendigen Zuführungsdruck gewährleisten, und die gesamte Leitung muss leckölsicher verlegt werden.

3.5 Wartung und Pflege

Ersatzstromgeräte werden nur selten benutzt. Es hat sich gezeigt, dass zahlreiche Geräte nach langem Stillstand nicht mehr sicher funktionieren. Deshalb ist die Wartung und Pflege der Aggregate unter Beachtung der Herstellerangaben besonders wichtig. Zapfwellengetriebene Geräte~ sollten mindestens 2mal im Jahr überprüft werden. Ersatzstromaggregate mit eigenem Motor, ob mit Hand-, Batterie- oder Automatikstart, sollten regelmäßig (mindestens einmal im Monat) probelaufen [etwa 34 min lang), damit bei Spannungsausfall eine einwandfreie Funktion gewährleistet ist. Bei diesem Probelauf soll das Aggregat wirklich Leistung an Verbraucher abgeben. Bis zu 15 Stunden im Monat dürfen Ersatzstromanlagen betrieben werden, aber lediglich zur Wartung und Funktionsprüfung. Sonst dürfen sie nur bei Ausfall der öffentlichen Stromversorgung zur eigenen Elektrizitätserzeugung eingeschaltet werden.

Die meisten Generatoren erfordern nur eine geringe Wartung. Aber sofern sie mit Schleifringen und Bürsten und empfindlichen elektronischen Reglern versehen sind, können hier beim Stillstand Kontakte korrodieren. Auch die Kühlrippen sollten ab zu gereinigt werden, um eine Überhitzung zu vermeiden: .

Bei Aggregaten mit eigenem Motor erfordert dieser die größte Aufmerksamkeit. Hier muss der Schmierölstand, Kühlwasserstand (bei wassergekühlten Aggregaten), der Keilriemenzustand, die Schmieröl-, Kraftstoff- und Luftfilter laufend kontrolliert werden und selbstverständlich nach den entsprechenden Betriebsstunden gemäß Wartungsplan auch erneuert werden. Ein Schwachpunkt aller Stationärgeräte mit Elektrostarten sind die Startbatterien. Wenn sie nicht ständig mit einem automatischen Ladegerät verbunden sind; so sind sie meistens dann zu schwach

oder gar leer, wenn sie dringend gebraucht werden. Deshalb sollten auch hier ständig Starthilfekabel in greifbarer Nähe aufbewahrt werden. Wenn ständig ein Traktor oder Pkw als "Starthilfe" zur Verfügung steht kann man unter Umständen auf die empfindliche Starterbatterie verzichten.

Zapfwellenaggregate benötigen relativ wenig Wartung. Hier muss dafür gesorgt werden, dass der Schmierölstand im Übersetzungsgetriebe ausreichend hoch ist. Einer gelegentlichen Kontrolle sollten auch die elektrischen Einrichtungen unterzogen werden. Diese Arbeiten sollten aber vom Elektrofachmann ausgeführt werden.

4. Anschlussbestimmungen

Alle ortsfesten Notstromanlagen sowie auch die beweglichen, soweit sie fest angeschlossene Verbraucher über Netztrenneinrichtungen im Einsatzfalle versorgen sollen, unterliegen den "Technischen Anschlussbedingungen für Starkstromanlagen mit Nennspannungen bis 1 000 Volt" (TAB) des zuständigen VNB. Ziemlich einheitlich heißt es dort:

"Anlagen zur Ersatzstromerzeugung bedürfen wegen der mit ihrem Betrieb verbundenen besonderen Gefahren durch mögliche Rückspannungen einer dem Einzelfall angepassten ausdrücklichen Genehmigung durch das VNB. Die technische Ausführung ihres Anschlusses ist in allen Einzelheiten mit dem VNB abzustimmen. Ein Rückspeisen in das VNB-Netz und Parallelfahren mit dem VNB-Netz oder eine Potentialanhebung des Neutralleiters [N] bzw. des PEN-Leiters des VNBNetzes sind mit Sicherheit auszuschließen. Bei der Umschaltung der Kundenanlage vom VNB-Netz auf den Ersatzstromerzeuger muss deshalb eine zwangsläufige allpolige Trennung sowohl der Außenleiter als auch des Nulleiters bzw. des Mittelleiters vom EVU-Netz erfolgen. Im übrigen unterliegen Anlagen zur Ersatzstromerzeugung ebenfalls den vorstehenden technischen Anschlussbedingungen".

Des weiteren muss die VDEW-Richtlinie für Planung, Errichtung und Betrieb von Anlagen mit Notstromanlagen (letzte Ausgabe 2001) befolgt werden.

Es muss auch sichergestellt sein, dass nach dem Umschalten auf den Ersatzstromerzeuger eine für den Versorgungsbetrieb geeignete, vom VNB-Netz unabhängige Schutzmaßnahme die Anlage gegen das Auftreten zu hoher Berührungsspannungen schützt.

Über den örtlichen Elektriker ist also vom zuständigen VNB vorher eine Genehmigung einzuholen, wenn in eine vorhandene Versorgung (mit Netzanschluss) eingespeist werden soll.

Eine vorherige Absprache und Genehmigung durch das VNB ist nicht erforderlich:

- für Zapfwellengeneratoren, solange sie unabhängig vom Netz, z. B. auf dem Feld für Pumpen oder ähnliches eingesetzt werden. Wenn der Stromerzeuger an die Haus- und Betriebsversorgung angeschlossen werden soll, sind die vorstehenden Bestimmungen zu beachten,
- für bewegliche Kleinaggregate, die nur zur direkten Versorgung einzelner Geräte über bewegliche Anschlussleitungen (direkt über die Gerätesteckdose des Aggregates - Schuko, CEE) vorgesehen sind. Diese Geräte mit Kabelstecker haben keine Verbindung mit der festen Hausinstallation und dadurch natürlich auch nicht mit dem Verteilungsnetz. Bei ihrem Betrieb ist aber VDE 0100 zu beachten. Eine Information des VNB empfiehlt sich auch in diesem Falle:

Die erforderlichen elektrischen Anschluss- und Montagearbeiten dürfen nur von einem eingetragenen Elektroinstallateur vorgenommen werden. Dieser muss alle jeweils gültigen Bestimmungen und Vorschriften berücksichtigen.

Gemäß TAB müssen die ersatzstromberechtigten Verbraucher über ein separates Zuleitungsnetz mit konsequenter Trennung bis zur Hauptverteilung verfügen. Bei Neubauten sollte man hierauf gleich bei der Planung hinwirken. In der Hauptverteilung müssen die ersatzstromberechtigten Verbraucher auf einer separaten Sammelschiene zusammengefasst werden. Auf die Sammelschiene wird entweder vom Netz eingespeist oder bei Netzausfall nach entsprechender Umschaltung vom Ersatzstromaggregat. In den Technischen Anschlussbedingungen (TAB) ist festgelegt, dass ein Trennschalter hinter dem Zähler eingebaut werden muss. Normalerweise verwendet man hierzu vierpolige Umschalter mit den drei Schalterstellungen:

N Netzstrom
0 aus (stromlos)
E Ersatzstrom.

Die Schalter-"0"-Stellung ist erforderlich, damit die ersatzstromberechtigten Verbraucher sowohl vom Netz als auch von der Ersatzstromanlage getrennt werden können.

Es können aber auch gekuppelte Leistungsschalter oder verriegelte Hauptschütze zur Trennung verwendet werden. Mit dem manuellen oder automatisch betätigten Trennschalter werden die Gefahren des Rückspeisens von Notstrom in das EVU-Netz vermieden. Es unterbleiben schädigende Rückwirkungen auf die Einrichtungen des EVU oder auf die der benachbarten Stromkunden sowie eine Lebensgefährdung der bei einer Stromstörung an den Leitungen des EVU arbeitenden Monteure.

In den Abbildungen xx und xx wird schematisch die Wirkung der Trennvorrichtung: dargestellt und dass man durchaus auch mehrere Betriebe mit einem beweglichen Ersatzstromaggregat fachgerecht versorgen kann.

Zu achten ist auf jeden Fall auf die Personenschutzmaßnahme und die sichere Verbindung mit den Schutzeinrichtungen des ersatzstromberechtigten Netzteiltes. Überall dort, wo keine öffentliche Netzversorgung möglich oder vorhanden ist, kann elektrische Energie durch eine Eigenstromanlage erzeugt werden. Diese Anlagen unterliegen natürlich nicht der Genehmigungspflicht des EVU. Soll aber mit einer vorhandenen Ersatzstromanlage im eigenen Betrieb teilweise Spitzenstrom abgedeckt werden, so muss dies gemäß den "Allgemeinen Versorgungsbedingungen" mit dem VNB abgeklärt werden, denn aufgrund des bestehenden Stromlieferungsvertrages ist der Abnehmer verpflichtet; seinen Bedarf an Elektrizität aus dem Verteilernetz des VNB zu decken.

5. Auswahlkriterien für landwirtschaftlichen Einsatz

5.1 Schutzbedürftige Verbraucher und Leistungsbemessung

Eine Ersatzstromversorgung, also Stromversorgung für alle E-Verbraucher, Anschlusswert des Gesamtbetriebes wie beim VNB, ist in der Landwirtschaft im allgemeinen nicht erforderlich.

Zur Ermittlung des Notstrombedarfes eines Betriebes muss der Betriebsleiter entscheiden, welche Anlagenteile dringend zu versorgen sind. Man kann hier für einen Betrieb auch verschiedene Dringlichkeitsstufen festlegen. Grundsätzlich sollen nicht alle Verbraucher mit Ersatzstrom abgesichert sein, sondern nur solche, die unbedingt und gleichzeitig in Betrieb sein müssen, um im Notfall Schäden zu verhüten. Der Gleichzeitigkeitsfaktor lässt sich durchaus mit etwas Kompromissbereitschaft und mittels einem Ablaufplan eingrenzen; zumal man mit Notsituationen nur einige Tage im Jahr rechnen muss. Beispielsweise könnte man:

- bei einem Hochsilo mit Obenentnahme und Lukenband notfalls auch noch von Hand entnehmen,
- Entmistung gegebenenfalls von Hand durchführen,
- Fütterungs- und Entmistungsanlagen nacheinander einschalten,
- während des kraftaufwendigen Mischvorganges von Futter und dessen Verteilen mit Hilfe von Pumparbeit die vorhandenen Stallventilatoren weitgehend herunterregeln,
- Milchkühlanlagen zur gleichzeitigen Brauchwasserbereitung umrüsten, um so Energie und auch elektrische Leistung zur Heißwasserbereitung einzusparen,
- den Kältekompressor für die Milchkühlung morgens und abends kurzzeitig

abstellen, wenn die Entnahmefräse für den Hochsilo und die Futterverteilschnecke eingeschaltet wird,

- beim Melken und Füttern im Notfall die Lüftung ausschalten, - im Haushalt das Geschirr von Hand spülen,
- Wasser anstelle über leistungsfressende Durchlauferhitzer auch mit kleiner Leistung oder über Holz-/Kohle-/Gas-Feuerung erwärmen,
- Lüftungsventilatoren gegebenenfalls mit halber Leistung fahren.

Dringend ersatzstrombedürftig sind im allgemeinen Anlagen zum Melken, für die Siloentnahme [Untenentnahme) und zur Lüftung und Klimatisierung, teilweise gilt das auch für Heiz- und Kühlgeräte und die EDV-Anlage.

Am zweckmäßigsten ermittelt man für seinen Betrieb den Ersatzstrombedarf über eine eigens zusammengestellte Tabelle. Der Anschlusswert in kW der gleichzeitig zu betreibenden Verbraucher wird mit dem sogenannten "Generatorbemessungszuschlag" von 1,6 (als Sicherheitszuschlag für Motoranlauf) multipliziert, und man erhält so die notwendige Leistung des Notstromaggregates in kVA. Als untere Abgrenzung der notwendigen Notstromleistung kann man das 2,5- bis 3fache des stärksten Stromverbrauchers (Motors) wählen, der im Notfall anlaufen muss, den sollte man dann auch zuerst einschalten: Bei Antriebsmotoren mit sogenanntem "Schweranlauf ohne Stern-Dreieck-Schalter muss die Generatorleistung sogar etwa 4- bis 6mal so groß sein wie die des Motors, der "gegen Last" hochgefahren werden muss.

Als grober Überschlag kann auch die nachfolgende Aufstellung gelten:

- Der Haushalt benötigt ca. 3,5 bis 5 kVA
- 30 Milchkühe benötigen ca. 10 kVA, oder 300 W/Kuh
- 30 Milchkühe mit elektrischer Silofräse benötigen ca. 15 kVA
- 300 Mastschweine benötigen ca. 10 kVA; oder 30 W/Schwein
- 70 Zuchtschweine mit Ferkeln benötigen ca. 10 kVA oder 120 W/Sau
- 10 000 Legehennen benötigen ca. 10 kVA oder 1 W/Huhn
- 20 000 Masthähnchen benötigen ca. 10 kVA, oder 0.5 W/Hähnchen
- 1 000 m² Hochglasfläche benötigen ca. 10 bis 12 kVA

5.2 Hinweise für die technische Auswahl

Zu empfehlen sind Drehstromaggregate. Auf reine Wechselstromanlagen sollte man verzichten.

Bürstenlose Generatoren sind zu bevorzugen, möglichst auch solche ohne elektronische Regler, da lange ungenutzte Standzeiten.

- Frequenzkonstanz $\pm 3,5$ % erwünscht.
- Spannungskonstanz nicht schlechter als ± 2 % erwünscht.
- Hohe Stoßbelastung muss aufgefangen werden können, mindestens 2-, besser 3fache kurzzeitige Nennlast. Dazu gehört auch etwa Isolierklasse F.
- Schutzklasse des Generators mindestens IP 44, Vorschrift für ortsbewegliche Generatoren.
- VDE-Zeichen.
- Für gleichmäßige Phasenauslastung im Betrieb sorgen.

Zapfwellengeräten, wenn möglich den Vorzug geben. Hier entfällt weitgehend die laufende Wartung und Pflege. und sie sind weitaus preiswerter:

- Bei Eigenmotorantrieb sollte man Dieselaggregaten den Vorzug geben, da sie bei Stationärbetrieb mit Heizöl betrieben werden können und größere Treibstoffvorratsmengen vorhanden sind. Benzinlagerung ist gefährvoller und umständlicher und nur sehr begrenzt zugelassen.
- Bei Eigenmotorantrieb kann gegebenenfalls auf die Anlasserbatterie als häufige Störquelle verzichtet werden, wenn andere Batterien auf dem Betrieb sind und nicht unbedingt eine Vollautomatik erforderlich ist.
- In den meisten Fällen ist Handstart ausreichend, dazu gehört aber eine zuverlässige Warnanlage:
- Ein Aggregat für zwei Betriebe ist nur bedingt geeignet, da meistens beide Betriebe zur gleichen Zeit die Notsituation haben. Beim Füttern, Entmisten und Melken ist eine Terminverschiebung und damit Einsatz für zwei Betrieb möglich. Der mehrbetriebliche Einsatz scheidet wegen der erforderlichen Lüftung in der Schweine- und Geflügelhaltung dagegen im allgemeinen aus.

5.3 Notwendige Warneinrichtung

Das Einschalten der Ersatzstromanlagen von Hand bedingt, dass der Stromausfall rechtzeitig bemerkt wird, auch bei Feldarbeit und nachts! Das heißt, für jedes von Hand zu startende Ersatzstromaggregat ist eine Warnanlage unerlässlich. Ob sie ebenfalls zur erhöhten Sicherheit vorhanden sein soll bei einer vollautomatischen Notstromversorgung, muss der Anlagenbesitzer entscheiden. Das Warngerät kann eine lautstarke Hupe, Starktonglocke und bei Bedarf eine weithin sichtbare Lampe - z. B. gelbes Rundumlicht auf dem Dach [Feldarbeit) - sein. Auch Funksignale können eingesetzt werden. In jedem Fall sollte die Warnanlage eine Person

alarmieren, die in der Lage ist, die Notstromanlage einzuschalten.

Im einzelnen muss eine Warneinrichtung fast immer auf die Anforderungen des Betriebes maßgeschneidert sein. Wenn man schon eine Warnanlage installiert, dann kann man sie auch gleich etwas erweitern, so dass sie nicht nur den Ausfall der Spannung oder einzelner Phasen anzeigt, sondern sie kann dann zugleich verschieden wichtige Geräte überwachen, wie Lüftung, Stalltemperatur, automatische Fütterung, Wasserversorgung, Heizung u. a. mehr.

Die Überwachungseinrichtung wird aus einer Batterie mit Energie versorgt. Diese Batterie muss regelmäßig gewartet und die Betriebsspannung regelmäßig überprüft werden. Ein fest installierter Gleichrichter sorgt entsprechend dem von Zeit zu Zeit gegebenen Steuerimpuls eines Spannungswächters für den stets optimalen Ladungszustand der NickellCadmium- oder Bleibatterie. Diese bedarf außerdem regelmäßiger Wartung wie jede andere Batterie.

6. Anschaffungspreise

Das Typenangebot der Ersatzstromaggregate ist sehr groß. Dementsprechend variieren auch die Anschaffungspreise. Sie sind von mehreren Faktoren abhängig: Leistung des Aggregates, Art des Antriebsmotors. Umfang der Instrumentenbestückung, Art des Anbieter (Fachhandel, Baumärkte) usw. In Tabelle 1 sind die spezifischen Anschaffungspreise für die drei Antriebsarten Benzinmotor, Dieselmotor, Traktor in Abhängigkeit von der Leistung dargestellt. Die jeweilige Bandbreite verdeutlicht die Preisstreuung und auch die unterschiedliche Grundausstattung.

Tabelle 2: Preise von Ersatzstromaggregaten

Aggregatleistung in kVA	Benzinaggregate		Dieselaggregate		Zapfwellenaggregate	
	in €	€/kVA	€	€/kVA	€	€/kVA
2,5 - 3	1.000 - 2.000	600				
5	1.800 - 3.500	500	2.000 - 6.000	800	2.000 - 3.000	500
7,5	1.800 - 4.000	450	3.500 - 7.000	700		
10	2.500 - 5.000	400	4.000 - 9.000	650	2.000 - 3.500	300
20	6.000 - 8.000	350	5.000 - 12.000	450	2.500 - 4.500	175
30	7.000 - 9.000	260	6.500 - 12.000	350	3.000 - 5.000	140
50			8.000 - 15.000	275	4.000 - 7.000	90
80			8.000 - 20.000	200	5.000 - 10.000	90

Im Durchschnitt sind Benzinaggregate etwa 60 %, leistungsfähige Dieselaggregate 100 % teurer als die Zapfwellengeräte. Bei den Zapfwellengeräten sind solche mit Synchrongenerator bis zu 34 % teurer. Diese Preise gelten aber nur für das Grundaggregat, jede Zusatzausstattung oder Ergänzung der Anlage ist mit Mehrkosten verbunden. Diese sind bei der Auswahl und Auslegung der Ersatzstromanlage genauestens zu überlegen. Der Gesamtanschaffungspreis kann z. B. bei einer vollautomatischen Ersatzstromanlage den Preis des Grundaggregates um 100 % übersteigen. Es ist daher vorteilhaft, sich im gegebenen Fall erst einen detaillierten Kostenvoranschlag geben zu lassen. Das gilt auch für die typischen Zusatzausrüstungen, die natürlich von Hersteller zu Hersteller stark schwanken können. Diese können den Gesamtpreis leicht um über 1000 € höher werden lassen.

Neuerdings ist auf dem Stromerzeugermarkt ein richtiger Preiskampf im Gange, insbesondere bei Geräten, die über Baumärkte vertrieben werden. Angeblich sollen auf dieser Schiene ca. 90 000 Geräte jährlich verkauft werden, wobei die durchschnittlichen Verkaufspreise bei knapp über 500,- € liegen. Vorsicht ist bei diesen Geräten geboten, vor allem bei den Leistungsangaben. Hier wird oftmals schlicht übertrieben.

Für die Anschaffung von Ersatzstromaggregaten werden keine besonderen finanziellen Beihilfen aus Bundes- oder Landesmitteln gewährt. Es wird allgemein die Meinung vertreten, da landwirtschaftliche und gartenbauliche Betriebe, die durch Stromausfall in irgendeiner Form gefährdet sind, dieses Risiko selbst abdecken müssen, sei es durch Versicherungen, sei es durch Ersatzstromanlagen. Bei Schäden kann auch nicht der sogenannte Katastrophenfond zum Ausgleich mit herangezogen werden. Ersatzstromanlagen können jedoch im Rahmen der allgemeinen technischen Investitionen, nach dem "Einzelbetrieblichen Förderprogramm", in solchen Betrieben berücksichtigt werden, die die Förderschwelle erreichen oder als Übergangsbetriebe eine begrenzte Förderungsmöglichkeit aufweisen. Ganz neue Marktstrategien zielen auf die Vermietung von Geräten ab.

Die Frage nach einer Wirtschaftlichkeit von Ersatzstromanlagen kann im Prinzip, wie bei Versicherung auch, nicht gestellt werden. Die Anschaffungskosten und die jährlichen Betriebskosten können nur unter den Versicherungsausgaben eingestuft werden. An jährlichen Kosten dürften durchschnittlich mit etwa 8 - 10 % der Anschaffungskosten zu rechnen sein.

Hersteller von Stromaggregate (kein Anspruch auf Vollständigkeit)

AKO Aggregate Servicegesellschaft	64579	Gernsheim
Endress Elektrogerätebau GmbH	72658	Bempfinger
Geko Metallwarenfabrik Gemmingen	75046	Gemmingen
Genetech	10709	Berlin
Honda Deutschland GmbH	63069	Offenbach
Mase Generatoren SpA	I-47023	Cesena
Pramac Lifter GmbH	70736	Fellbach
Mic Industrie NV	B-9160	Lokeren
Suzuki Motor Deutschland	64646	Heppenheim
Sparky Manufakturing & Trading GmbH	10117	Berlin
Tippköter GmbH	48231	Warendorf
W.F.M. Srl	I-41037	Mirandola
WAM GmbH	68804	Altflußheim
Yamaha Motor Deutschland GmbH	41460	Neuss

7. Literatur

Brenndörfer, M., E. Dohne: Notstromanlagen für die Landwirtschaft II, RKL, 1992

N.N.: Ersatzstromversorgung in Landwirtschaft und Gartenbau. AEL-Merkblatt Nr. 10, 1985

VDEW: Notstromaggregate - Richtlinie für Planung, Errichtung und Betrieb von Anlagen mit Notstromaggregaten. 4. Auflage 2001

N.N.: Einrichtungen zur Störungsmeidung in Landwirtschaft und Gartenbau. AEL-Merkblatt Nr. 16, 1985