

Notstromfunktionalität



Zuverlässige Stromversorgung rund um die Uhr

Die Notstromfunktionalität der
modual.ch Batteriespeicher

Whitepaper

August 2025

modual AG

Seewenstrasse 13
6440 Brunnen
CH

041 244 05 50
office@modual.ch

Management Summary

In Zeiten wachsender Unsicherheit rund um Energieversorgung und Netzstabilität gewinnen **Notstromfunktionen, Inselbetrieb** und umfassender **Blackout-Schutz** zunehmend an Bedeutung – sowohl für Privathaushalte als auch für Unternehmen. Eine funktionierende Notstromversorgung ist entscheidend, um kritische Systeme bei Netzausfall am Laufen zu halten. Im Inselbetrieb kann ein Energiesystem sogar völlig autark agieren, unabhängig vom öffentlichen Stromnetz. Und im Falle eines großflächigen Blackouts sorgt eine geeignete Speicherlösung dafür, dass Licht, Wärme, Kommunikation und Sicherheitssysteme weiterhin zuverlässig funktionieren.

Die **Batteriespeicherlösungen der Modual AG** bieten hier eine ideale Antwort: Sie sind nicht nur auf höchste Zuverlässigkeit und Effizienz ausgelegt, sondern lassen sich flexibel für den Netzersatzbetrieb als Backup bei Blackout-Szenarien konfigurieren. Dank intelligenter Steuerungstechnik und robuster Architektur ermöglichen sie eine unterbrechungsfreie Stromversorgung – massgeschneidert für die individuellen Anforderungen jedes Kunden.

Table of Contents

Management Summary	02
Einleitung	04
Konzepte für Notstrom	05
Terminologie	06
Übliche Hausinstallationen	07
Komplette oder Partielle Integration Notstrom	08
Einbezug der Erzeugungskapazitäten	09
Technische Anforderungen Batteriesystem und Batteriewechselrichter	13
Inselnetzerkennung	13
Inselfähigkeit	13
Sichere Trennung vom öffentlichen Stromnetz	14
Notstrom-Typisierung und Umschalt-Zeit	15
Überbrückungszeit: Anforderungen an Kapazität und Leistung	17
Technische Anforderungen and die Hausinstallation	18

Einleitung

Ein plötzlicher Stromausfall kann weitreichende Folgen haben – von der Unterbrechung der Internetverbindung bis hin zum kompletten Ausfall von Heizsystemen, Sicherheitsanlagen oder medizinischen Geräten. Angesichts zunehmender Wetterextreme oder überlasteter Stromnetze wird die Versorgungssicherheit selbst in Industrieländern nicht mehr als selbstverständlich angesehen.

In der typischen Hausinstallation ist der Strombezug vollständig vom öffentlichen Netz abhängig. Fällt dieses Netz aus, steht ohne zusätzliche Technik im gesamten Gebäude kein Strom mehr zur Verfügung – unabhängig davon, ob eine PV-Anlage am Dach installiert ist oder nicht. Selbst produzierter Solarstrom kann ohne Speicher mit Notstromfunktion in einem solchen Fall nicht genutzt werden.

Die modual AG bietet sich hierbei als idealer Partner an. Wir entwickeln und bauen Energiespeicherlösungen sowohl für den Privatbereich als auch für industrielle Anwendungen und haben uns dabei auf die Nutzung von Second-Life-Batterien spezialisiert. Dabei gehört die Integration von



Batteriespeichersystemen mit Notstrom- und Inselbetriebsfunktion zum Tagesgeschäft.

Unsere Batteriesysteme werden mit entsprechenden Wechselrichtern kombiniert, womit das System schliesslich Netzausfälle automatisch erkennt und innerhalb von Sekundenbruchteilen auf eine unabhängige Versorgung umschaltet. In Kombination mit einer Photovoltaikanlage kann so selbst bei längerem Stromausfall ein autarker Betrieb aufrechterhalten werden.

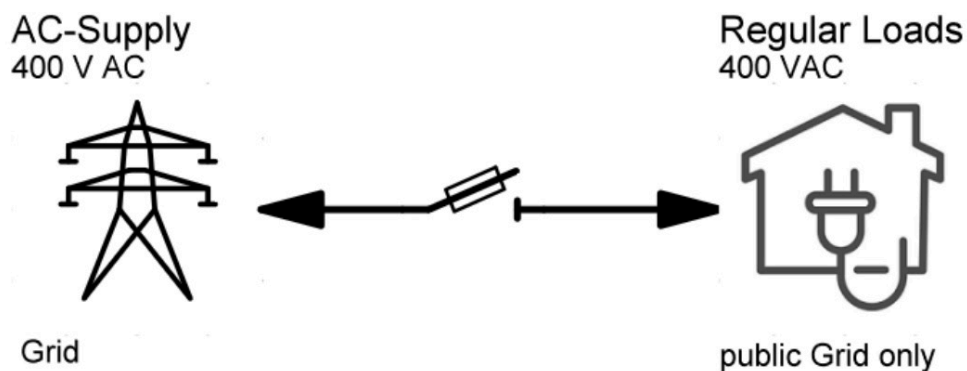
Damit die Gerätschaften in der Liegenschaft aber auch tatsächlich von diesen Funktionen profitieren können, muss das Speichersystem entsprechend in die bestehende Hausinstallation integriert oder diese erweitert werden. Die Details und Hintergründe hierzu werden in diesem Dokument behandelt.

Konzepte für Notstrom

Dieses Kapitel zeigt die typischen Hausinstallation Topologien auf. Grundelemente bilden hierbei die Symbole für das öffentliche Netz (Strommast), den Übergabepunkt zum Hausanschluss mit Absicherung sowie die Verbraucher im und ums Haus in Symbolsprache.

Die Sachverhalte werden zweckmässig vereinfacht, wobei die einfach gezeichneten Leiter üblicherweise die drei Phasen, Neutralleiter und Erdung eines 400 V-Netzes symbolisieren.

Hausinstallationen sind zudem immer spezifisch. Im individuellen Anwendungsfall kann der Hauselektriker am besten Auskunft geben, mit welchem Aufwand die Ertüchtigung zu schaffen ist.



Terminologie

Umgangssprachlich werden die Begriffe Notstrom, Backup, Netzersatz und Inselnetz oft synonym verwendet. Sie beschreiben jedoch alle das gleiche grundlegende Konzept: die Bereitstellung von Strom unabhängig vom öffentlichen Netz.

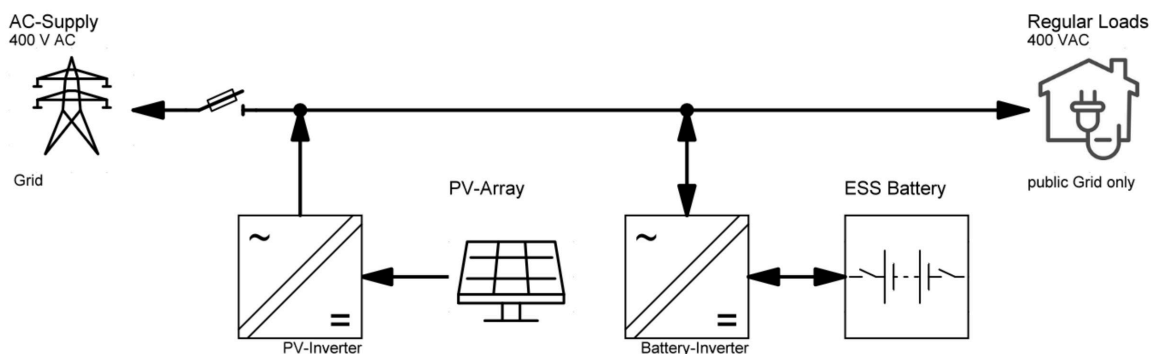
Im technischen Sinne erfordert dies die Schaffung einer vom öffentlichen Netz unabhängigen Netzinsel (Inselnetz). Die Stromversorgung dieses Inselnetzes übernimmt eine sogenannte Netzersatzanlage, beispielsweise ein Generator oder eine Batterie mit Wechselrichter, die das öffentliche Netz dabei ersetzt. Inselnetze finden nicht nur in Notfällen Anwendung, sondern können auch regulär betrieben werden, beispielsweise auf einer Almhütte oder in einem Wohnmobil.

Übliche Hausinstallationen

Mit der Installation von Batteriesystemen entsteht oft die Erwartung, dass bei einem Netzausfall die Liegenschaft vom installierten Batteriesystem betrieben werden kann. Dies ist aber nicht automatisch der Fall, denn dafür müssen bestimmte Voraussetzungen sowohl an das Batteriesystem als auch an der Hausinstallation erfüllt werden.

Oft werden nämlich erst PV-Anlagen und vielleicht später Batteriesysteme parallel zur Hausinstallation angeschlossen. So lässt sich zum Beispiel der Eigenverbrauch durch Zwischenspeicherung des PV-Stromes erhöhen oder kostspielige Lastspitzen am Netzanschlusspunkt ausgleichen.

Ist in einer solchen Konfiguration allerdings das Netz gestört, so sind alle daran angeschlossenen Quellen und Verbraucher sofort wirkungslos - sie dürfen nicht in das fehlerhafte Netz einspeisen. Daher ist in einem solchen Fehlerfall trotz eigener Batterie und Solaranlage kein Strom im Haus.

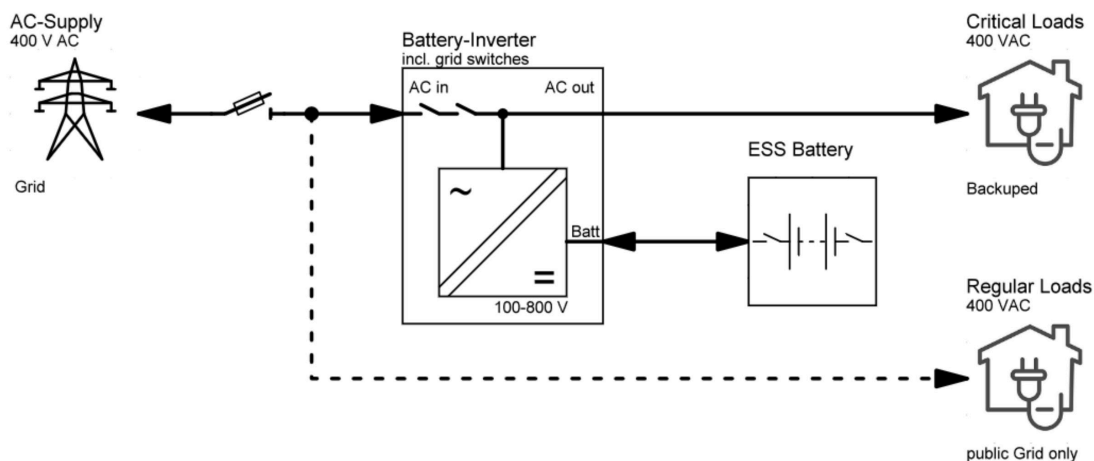


Komplette oder Partielle Integration für Notstrom

Für Privathaushalte ist es grundsätzlich möglich, gleich die komplette elektrische Installation "hinter" ein Backup-fähiges Batteriesystem anzuschliessen, um im Falle eines Netzausfalls keine Einschränkungen zu erfahren.

Unabhängig von Erzeugungskapazitäten (nicht eingezeichnet), trennt sich bei einem Netzfehler die Einrichtung vom Netz und speist die "kritischen Lasten" am Ausgang mehr oder weniger unterbrechungsfrei weiter.

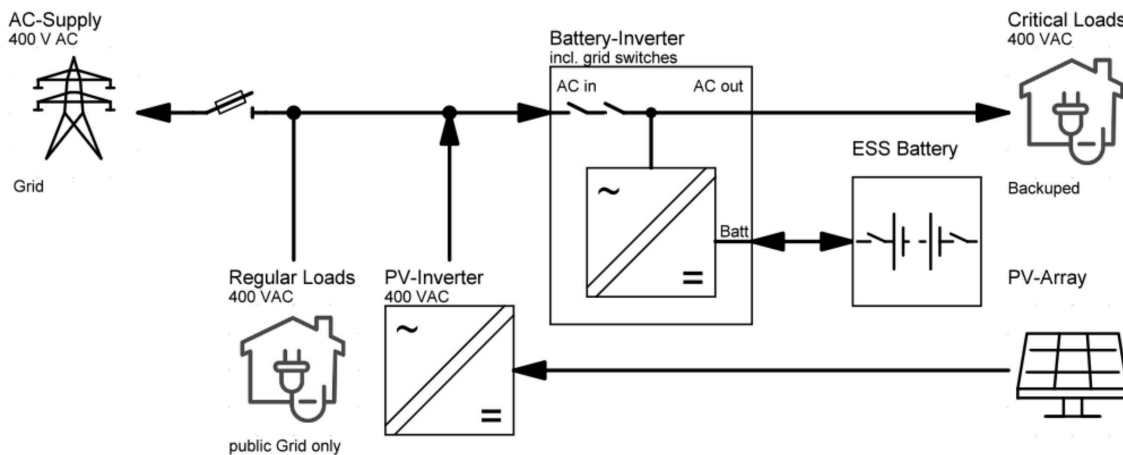
Je nach Leistung des Batteriesystems und der installierten Verbraucher macht es aber Sinn, nur wichtige Bereiche einer Hausinstallation mit einer Notstromfähigkeit auszustatten, da sonst die Energiereserven (ob Diesel oder Batterie) bei regulärer Last unnötig rasch aufgebraucht würden oder die Leistung des Systems schlicht nicht ausreicht.



Einbezug der Erzeugungskapazitäten

Einfachste Integration ohne Nachladung im Inselbetrieb

Im einfachsten Fall für Notstrom-Nachrüstungen werden die Erzeugungskapazitäten für eine kleine Notstrom-Gruppe - welche nur kurze Unterbrechungen überbrücken soll - nicht miteinbezogen, sondern bleiben am Anschlusspunkt des öffentlichen Netzes. Damit ist allerdings bei einem Netzausfall KEINE Nachladung durch die Photovoltaik möglich!

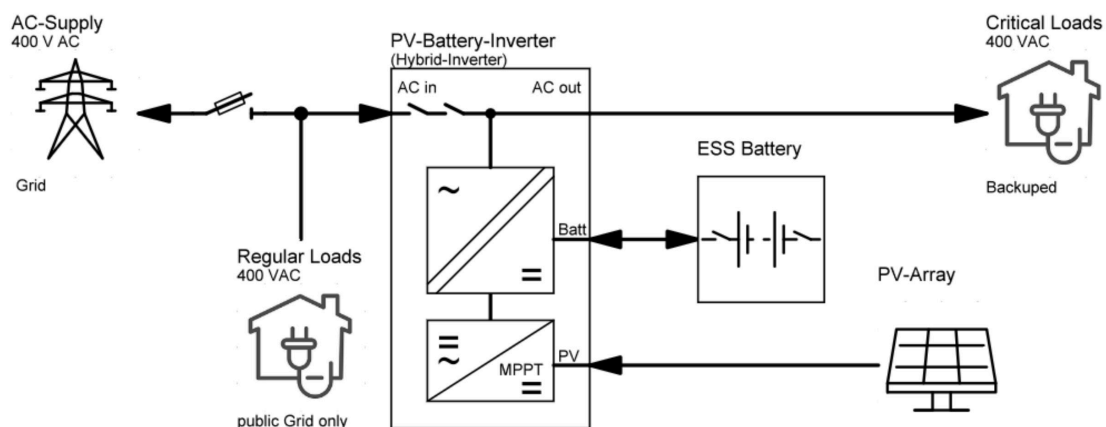


Einbezug der Erzeugungskapazitäten

Integration von PV und Batterie mit Hybrid-Wechselrichter

Umwandlung über das Wechselstromnetz entfällt.

Soll sichergestellt sein, dass während eines Blackouts auch PV-Anlagen in das Inselnetz einspeisen und die Batterie laden können, müssen diese entsprechend eingebunden werden. Dabei gibt es verschiedene Varianten. Die technisch schönste Integration ist durch die Verwendung eines Hybrid-Wechselrichters in Kombination mit einem DC-Batteriespeicher, wobei die Photovoltaik und die Batterie durch ein einzelnes Gerät gemanagt werden. Dabei sind auch die besten Übertragungswirkungsgrade zwischen PV und Batterie zu erwarten, da die



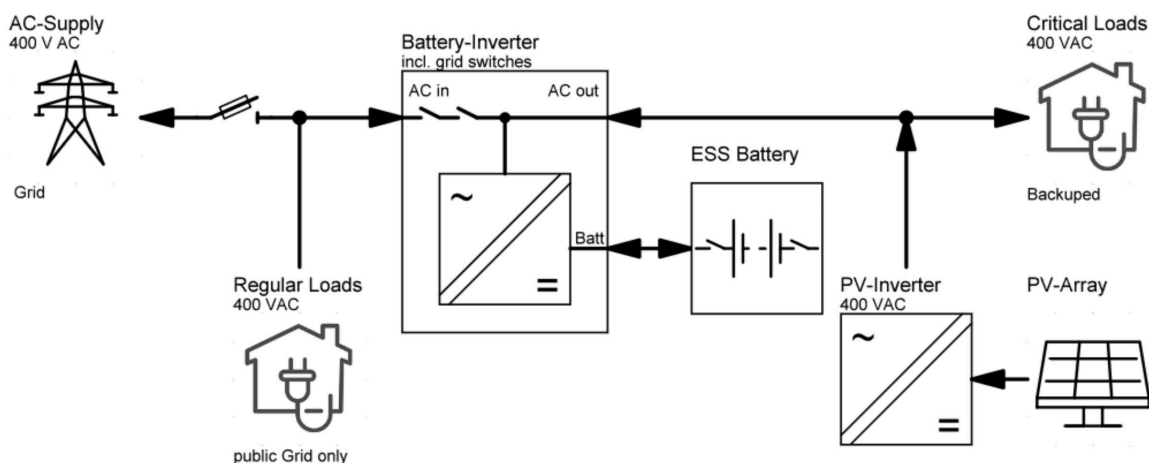
Einbezug der Erzeugungskapazitäten

Einbezug bestehender PV-Anlage im Inselnetz

Kann keine passende Kombination für PV, Batterie und Hybridwechselrichter gefunden werden, resp. lohnt sich der Umbau des bestehenden Wechselrichters der PV-Anlage nicht, so ist die AC-gekoppelte Integration oftmals auch machbar. Dabei nimmt der Batteriewechselrichter eine allfällige Einspeiseleistung der PV-Anlage auf, um die Batterien zu laden. Im regulären Netzbetrieb ist dazu ggf. eine zusätzliche Steuerung nötig, welche die Energieflüsse koordiniert. Noch wichtiger ist im Inselbetrieb, dass die Einspeiseleistung des PV-Wechselrichters reduziert wird,

wenn die Batterie voll ist. Letzteres ist grundsätzlich durch die AC-Netzrichtlinien (national Grid Codes) ohne weiteres Überwachungsorgan abgedeckt; der Batteriewechselrichter, im Inselbetrieb als "Netzerzeugende Einheit", hebt in diesem Fall die Frequenz an (z.B. 50.2 Hz), worauf der PV-Wechselrichter nicht mehr einspeisen darf.

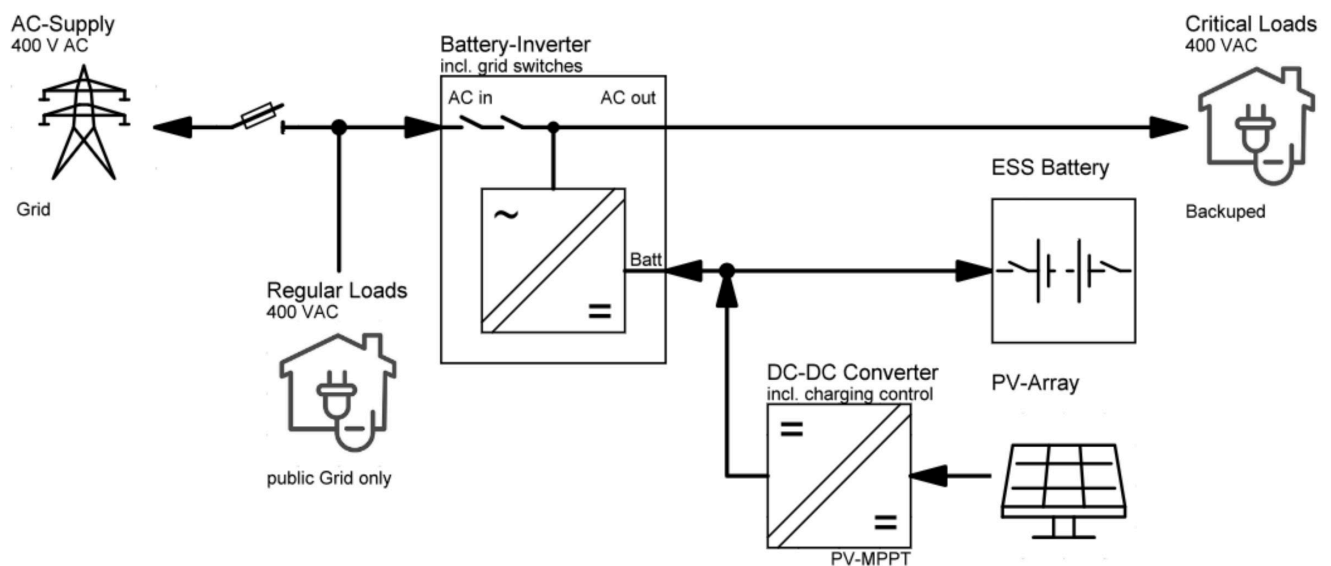
Fazit: Diese Variante bietet auch die grösste Flexibilität bezüglich des PV- und Batteriesystems, da sie völlig unabhängig voneinander skaliert und gegebenenfalls erweitert werden können.



Einbezug der Erzeugungskapazitäten

DC-seitige PV-Integration für Kleinsysteme

Ein weiterer Ansatz ist vor allem bei Kleinsystemen wie Camper oder Alphütten verbreitet. Dabei wird die PV-Anlage direkt DC-seitig mit der Batterie verbunden. Dies ist bei Systemen üblich, welche vorwiegend off-grid betrieben werden und wo die Batterie das Rückgrat bildet. Dabei ist eine Abstimmung der spezifischen Batterieparameter in der PV-Eingangsstufe (MPPT) äusserst wichtig, resp. die Geräte Batterie, PV-Eingangsstufe und ggf. Wechselrichter müssen in einem System miteinander kommunizieren können.



Technische Anforderungen Batteriesystem und Batteriewechselrichter

Inselnetzerkennung

Jegliche PV- und Batteriewechselrichter, so wie andere Installationen, welche selbst Energie erzeugen und in das Stromnetz einspeisen können, müssen per Gesetz mit einer Inselerkennung ausgestattet sein. Diese dient dazu, einen vorgelagerten Netzunterbruch (lokal oder weiträumig) sofort zu erkennen und die Netzeinspeisung sofort zu stoppen. Die Kriterien bezüglich Spannung, Frequenz und Netzimpedanz sind klar geregelt und in den sogenannten "Grid-Codes" festgehalten. Dies ist unabhängig davon, ob an diesem Gerät nachgelagert ein Inselnetz weiter betrieben wird.

Inselfähigkeit

Damit ein Batteriewechselrichter als Teil eines netzgekoppelten Batteriesystems ein Inselnetz, also eine von der Hausinstallation entkoppelte Netzeinsel, speisen kann, muss dieser "inselfähig" sein. Diese Fähigkeit ist je nach Fabrikat gegeben

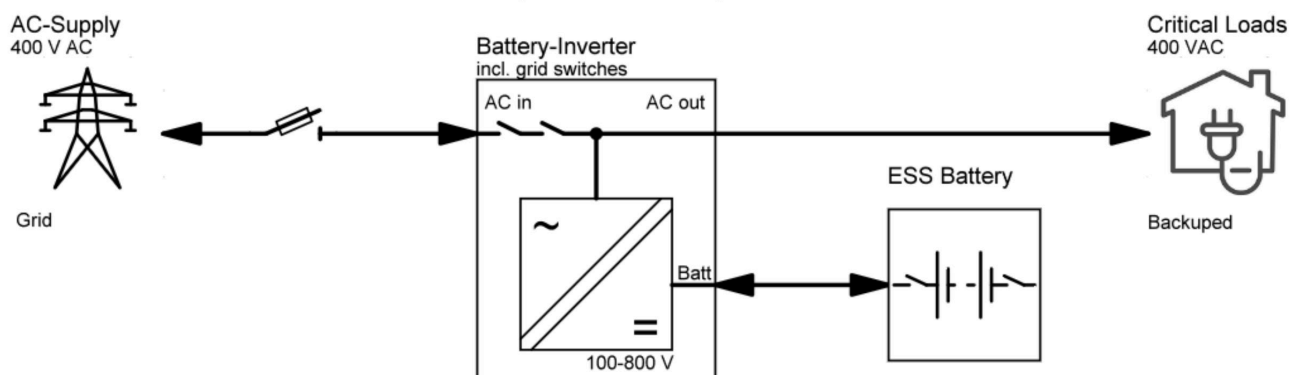
oder eben nicht.

Man beachte, teils unterscheidet sich die Leistungsfähigkeit (kVA / kW) zwischen Netzbetrieb und Inselnetzbetrieb, da andere Stabilitätsfaktoren vorherrschen.

Technische Anforderungen Batteriesystem und Batteriewechselrichter

Sichere Trennung vom öffentlichen Stromnetz

Weiter muss, für den Fall eines Netzausfalles, diese Batterie-gestützte Netzinsel per Regulatorik mit zwei unabhängig kontrollierten und gesteuerten, seriell geschalteten Netzrelais getrennt werden, um eine Rückspeisung in das ausgefallene, öffentliche Netz in jedem Falle zu verhindern (in nachfolgender Abbildung angedeutet). Diese Schalter sind oft direkt im Batterie-Wechselrichter integriert und komplett überwacht.



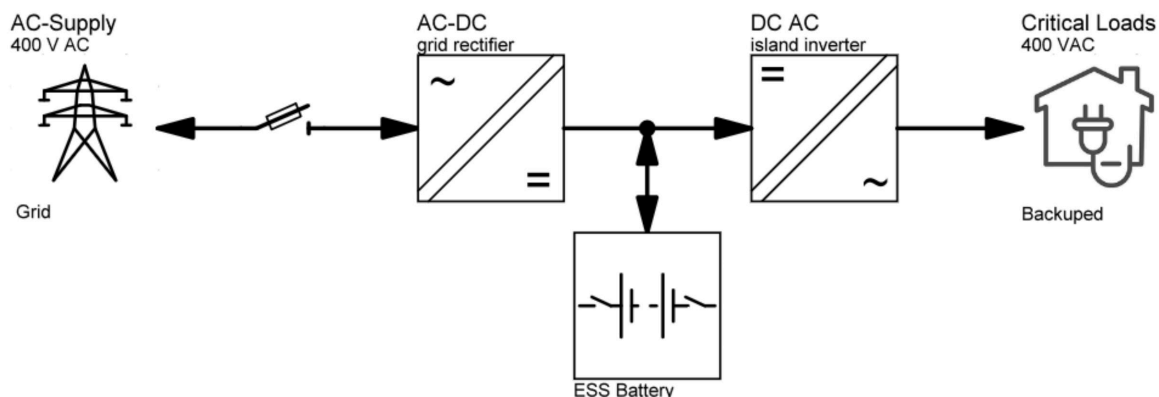
Darstellung Batteriewechselrichter mit integrierter Netzfreeschaltung

Notstrom-Typisierung und Umschalt-Zeit

Grundsätzlich unterscheiden sich netzgekoppelte Batteriesysteme in unserem Fokus von typischen USV-Anlagen (unterbrechungsfreie Stromversorgungen für kritische Infrastruktur, engl. UPS). USV-Anlagen garantieren "super schnelle" Umschaltungen innert wenigen Millisekunden in den Notstrombetrieb, oft bereits getriggert bei geringen Netz-Anomalien.

Bei besonders kritischen Infrastrukturen wie in Banken oder Spitälern kommt der sogenannte Online-Betrieb zum Einsatz. Bei einer Online-USV-Anlage wird die eingehende Netzspannung dauerhaft über einen Gleichrichter mit dem

Batteriesystem verbunden. Anschließend wird die Gleichspannung aus diesem DC-Zwischenkreis – sei es vom Netz über den Gleichrichter oder von der Batterie – über einen Wechselrichter wieder als saubere und stabile Wechselfrequenz in das Verbrauchernetz (Inselnetz) eingespeist. Diese Lösung ermöglicht eine 100% unterbrechungsfreie Stromversorgung, ist jedoch durch die dauernde, doppelte Umwandlung der gesamten Leistung mit hohen Energieverlusten verbunden.

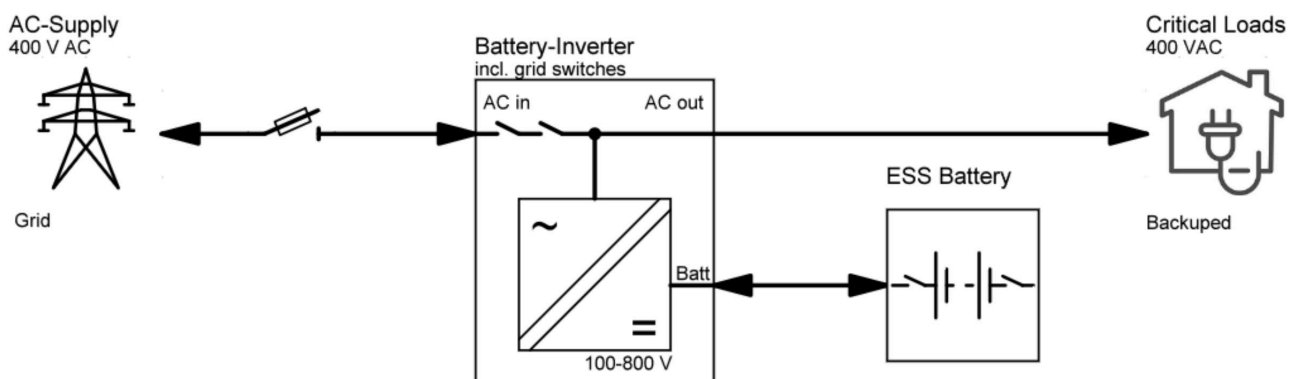


Notstromfähige Batteriesysteme hingegen verbinden durch integrierte oder externe "Transfer-Relais", resp. Bypass-Schalter die kritischen Lasten mit dem öffentlichen Netz und wechseln im Falle eines detektierten Netzausfalls sofort in den Inselnetzbetrieb der in Kürze vom Netz getrennten Netzinsel.

Die Umschaltzeiten und die Qualität der Netzausfallerkennung unterscheiden sich dabei erheblich; Kleinere und stark integrierte, notstromfähige Batteriewechselrichter schalten innert <20 ms in einen Inselnetzbetrieb um. Solch ein Unterbruch ist für Mensch und Geräte kaum erkennbar. Bei sehr starkem Lastwechsel, z.B. vorgängiger Ladebetrieb vom Netz in die Batterie (Umkehr der Energieflusses aus Batterie zum Inselnetz mit hoher Leistung), können gemäss eigenen Tests dennoch Ausfälle im Sekundenbereich entstehen. Andere Systeme weisen aufgrund ihrer Konstruktion und Regelung höhere Unterbrechungszeiten von wenigen bis zu 30 Sekunden auf. Dadurch entstehen Herausforderungen beim „Schwarzstart“ einer ganzen Hausinstallation und deren

oft manueller „Wiederinbetriebnahme“.

Die Systeme von Modual in Kombination mit modernen Hybrid- oder Batteriewechselrichter funktionieren in zuvor erläuterten Spektrum, mit Umschaltzeiten von <20ms bis einigen wenigen Sekunden, je nach tatsächlich eingesetzter Produktkombination und zu versorgender Last.



Überbrückungszeit: Anforderungen an Kapazität und Leistung

Hierzulande sind Stromunterbrüche meistens nicht sehr lange - zumal sie vor allem sehr selten sind. Dennoch muss man sich bei der Beschaffung eines Notstromsystems Gedanken zur gewünschten Überbrückungszeit und zur Leistungsfähigkeit machen. Erstere hängt im Wesentlichen davon ab, welche durchschnittliche Leistung (kW) in diesem Fall bezogen wird, und wie gross die nutzbare Kapazität (kWh) ist.

Die effektive Auslegung sollte dann nochmals ca. 20% Reserve für Verluste einrechnen. Zudem muss im Betrieb auch gewährleistet sein, dass die nötige "verfügbare Kapazität" im normalen Netzbetrieb nicht unterschritten wird.

Die Bemessungsleistung des Systems (Entladung AC in kW) ist ebenfalls ein wichtiger Parameter. Dabei muss auch die Gleichzeitigkeit der im Notfall zu speisenden Verbraucher berücksichtigt werden. Eine Anlage mit 11 kW Ausgangsleistung wird ein Kochfeld auf voller Leistung möglicherweise knapp speisen können. Wird gleichzeitig noch ein Haarföhn (2 kW) betrieben, so könnte die Anlage überlastet werden, was zu einem temporären Ausfall führen würde. Weiter muss berücksichtigt werden, dass diese Speichersysteme - die Batterie- oder Hybridwechselrichter - im Wesentlichen unter hoher Last warm werden. Dies kann insbesondere in schlecht belüfteten Räumen zu reduzierter Leistungsfähigkeit führen.

$$\text{Überbrückungszeit (h)} = \frac{\text{Verfügbare Kapazität (kWh)}}{\text{mittlerer Leistungsbezug (kW)}}$$

resp.

$$\text{Verfügbare Kapazität (kWh)} = \text{Überbrückungszeit (h)} \times \text{mittlerer Leistungsbezug (kW)}$$

Technische Anforderungen an die Hausinstallation

Die Integration einer Notstromanlage muss grundsätzlich in der Grundplanung der Haus-/Areal Installation erfolgen (Typisch für Spitäler, Banken, ÖV-Leitsysteme, Telekom...). Für eine nachträgliche Notstrom-Ertüchtigung werden entweder separate Leitungen verlegt oder lediglich spezifische Verbrauchergruppen ab der Unterverteilung an den Notstrom-Abgang umgehängt. In jedem Fall müssen Änderungen an der Elektroinstallation durch Fachkräfte durchgeführt werden. Meist ist dies mit Zusatzkosten zum Speichersystem verbunden.

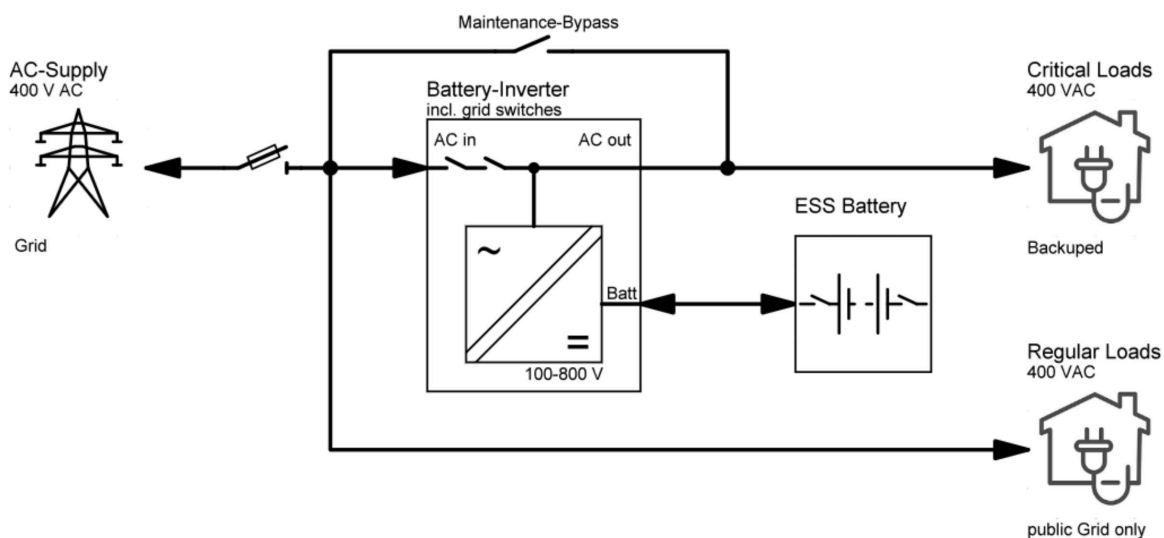
Eine Laststeuerung, welche Notstromgruppen geringerer Priorität vorzeitig und kaskadiert abwirft, ist im professionellen Umfeld ebenfalls verbreitet.

Für den Einbau, die Wartung oder etwaige Störungen des notstromfähigen Batteriesystems zu überbrücken, kann die Hausinstallation zusätzlich mit einem manuell schaltbaren Bypass versehen werden. Dabei ist allerdings auch sicherzustellen, dass dieser Schalter nicht geschlossen werden kann, während sich das Batteriesystem im Betrieb befindet, da somit eine Netzausfall-Erkennung ausgehebelt werden kann, resp. das Inselnetz unkontrolliert auf das ausgefallene öffentliche Netz geschaltet werden könnte.

Zusammenfassung

Angesichts wachsender Unsicherheiten in der Energieversorgung gewinnen Notstromfunktionen, Inselbetrieb und ein umfassender Blackout-Schutz für private Haushalte und Unternehmen zunehmend an Bedeutung. Eine Standard-Hausinstallation, selbst mit Photovoltaikanlage, bietet bei einem Netzausfall keine Versorgungssicherheit, da ohne spezielle Technik kein selbst produzierter Strom genutzt werden kann. Die Batteriespeicherlösungen der Modual AG, spezialisiert auf Second-Life-Batterien, bieten hierfür eine flexible und zuverlässige Lösung, indem sie in Kombination mit intelligenten Wechselrichtern eine unterbrechungsfreie Stromversorgung gewährleisten. Dieses White Paper erläutert die technischen Konzepte und Voraussetzungen für eine effektive Notstromversorgung, von der partiellen

bis zur kompletten Integration kritischer Verbraucher und der Einbindung von Erzeugungskapazitäten wie PV-Anlagen zur Nachladung im Inselbetrieb. Es werden die technischen Anforderungen an das Speichersystem, wie Schwarzstartfähigkeit, sichere Netztrennung und Umschaltzeiten (<20 ms bis wenige Sekunden), sowie die notwendigen Anpassungen an der Hausinstallation durch Fachkräfte detailliert beschrieben, um eine massgeschneiderte und stabile Netzersatzlösung zu realisieren.



Darstellung regulärer und kritischer Lasten am Batteriesystem mit Wartungs-Bypass.

modualTM

modual AG

Seewenstrasse 13
6440 Brunnen
CH

041 244 05 50
office@modual.ch