



## Flexibles System für eine autarke Energieversorgung

### Konzept Darstellung

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Flexibles System für eine autarke Energieversorgung.

Das Flexible System für eine autarke Energieversorgung erlaubt eine reibungslose Integration von elektrotechnischen Systemen wie erneuerbaren Energieerzeugern (Windenergieanlagen, Photovoltaik, Hydro- & Stirling-Generatoren, Brennstoffzellen etc.), Energiespeichersystemen (z.B. Batterien zur Nutzung der potentiellen Energie von Wasser, Druckluftspeicher etc.) und entsprechenden Energieverbrauchern. Die wesentlichen und spezifischen Merkmale des Systems umfassen die elektrische Energieerzeugung, -speicherung und -verteilung durch universelle Anschlusschnittstellen und die zentral übergeordnete Steuerung. Es wurde entwickelt um in möglichst flexibler und gut umsetzbarer Weise eine autarke Energieversorgung mit Hilfe erneuerbarer Energiequellen für Haushalte, Gewerbe und Kleinwerkstätte dezentral zur Verfügung zu stellen.

Auf dem Markt gibt es gegenwärtig verschiedene separate Systeme zur Energieversorgung aus oben genannten erneuerbaren Energiequellen (etc.), sowie Energiespeichersystemen.

Eine autarke Energieversorgung wird im Moment aufgrund ihrer hohen Komplexität noch als nicht rentabel angesehen. Das größte Hindernis für den wirtschaftlichen Einsatz solcher Systeme bildet der große Aufwand, der bei der Integration von erneuerbaren Energieerzeugern und – speichern in bestehende Energieverteilungssysteme, betrieben werden muss.

Zurzeit werden nur Einzelkomponenten mit jeweils eigenen Schutz- und Steuerungssystemen angeboten. Integrationskonzepte und Auslegungsplanungen, die diese Einzelsysteme miteinander verbinden sollen, werden wiederum von anderen Anbietern, wie z.B. Ingenieurbüros durchgeführt. Durch diese Fragmentierung entstehen häufig Probleme bei der Systemauslegung und der Integration von verschiedenen Energieerzeugern und -speicher, wie auch auf der Seite der Verbraucher.

Deshalb ist es mit den schon existierenden Lösungen relativ aufwendig ein autarkes Energieversorgungssystem aufzubauen, da der dazugehörige Ingenieuraufwand nicht nur die Kosten in die Höhe treibt, sondern auch die Zeit bis zur Inbetriebnahme erheblich verlängert.

Kleine erneuerbare Energieerzeuger aufweisen einen relativ niedrigen Wirkungsgrad und einen geringeren Energieertrag - dementsprechend wird eine vollständige Ausnutzung der erzeugten elektrischen Energie angestrebt.

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, eine Lösung zu schaffen, mit der sich ein verbessertes System für eine autarke Energieversorgung erzielen lässt.

Die vorliegende Erfindung widmet sich der Aufgabe ein einfaches und flexibles System für die Anbindung von verschiedenen Energieerzeugern und -verbrauchern, sowie Energie- und Speichereinheiten zu liefern. Das Hauptziel dieser Erfindung ist ein vereinfachtes Zusammenspiel verschiedener erneuerbarer Energien durch eine einheitliche Steuereinheit, die die Einzelkomponenten in Hinblick auf die Energieerzeugung und –Verteilung in besserer Weise bedienbar macht. Diese



Entwicklung soll den Einsatz umweltschonender, regenerativer Energiequellen in verschiedenen privaten und industriellen Bereichen fördern.

Mit dem Flexiblen System für eine autarke Energieversorgung wird diese Aufgabe erfindungsgemäß durch die Bereitstellung von einheitlichen Anschlusspunkten gelöst, die die Integration von verschiedenen Energieerzeugern und -verbrauchern, sowie von Energie- und Stoffspeichereinheiten vereinfachen.

Das System ist besonders geeignet für Privathaushalte, Gewerbe- und Landwirtschaftsbetriebe, um die Probleme zu lösen, die bei der Anbindung von erneuerbaren Energien an bestehende Infrastrukturen entstehen, und um die erzeugte Energie lokal zu verbrauchen. Damit trägt die Erfindung zur Bewältigung der obengenannten Aufgabe bei, indem es ein technisch-effizientes System für die Anbindung unterschiedlicher elektrotechnischer Systeme für die Energieerzeugung, -speicherung und den Energieverbrauch zur Verfügung stellt.

Alle Systeme können an einen einzelnen Schrank angeschlossen werden, dadurch können mehrere Kommunikationseinheiten und Steuerungen durch eine Steuerung mit einheitlicher Kommunikation ersetzt werden.



## Entwicklungsziele und Verfahren

Unsere Unternehmen beschäftigt sich mit der Entwicklung *eine Vorrichtung für ein autarkes System auf Basis erneuerbarer Energien. Mit Hilfe dieser Vorrichtung können Haushalte, Gewerbe und Kleinwerkstätte dezentral mit elektrischer und thermischer Energie versorgt werden und dabei ein gewisses Maß an Autonomie erreichen.*

Die Vorrichtung weist auf, dass der Umstieg von konventionellen Methoden der Energieerzeugung auf modernere Konzepte möglich ist, die nicht nur eine hohe Versorgungssicherheit und Zuverlässigkeit beinhalten, sondern auch wirtschaftlich zu betreiben sind. Sie sind dabei wesentlich umwelt- und klimafreundlicher und gewährleisten eine sichere und zuverlässige Energieeinspeisung, ohne dass die Notwendigkeit der Anbindung an ein Übertragungsnetz besteht.

Ein Vorteil netzautarker erneuerbarer Energieanlagen gegenüber konventionellen Energieanlagen ist vor allem der geringere Verlust von elektrischer Energie, weil die Entfernungen zwischen dem Energieverbraucher und der Energieerzeugungsanlage deutlich kleiner sind. Darüber hinaus kann elektrische Energie dank mehrerer Energiespeicherungsmöglichkeiten entsprechend den Verbraucherlastprofilen eingespeist werden. Ebenso kann mit Hilfe einer Kraft-Wärme-Kopplung der Kunde mit thermischer Energie versorgt werden und somit der Gesamtwirkungsgrad der erneuerbaren Energieanlage erhöht werden. Der Hauptvorteil einer solchen Vorrichtung ist vor allem ein effektiverer Einsatz grüner Energien und eine wesentlich niedrigere Schadstoffemission im Vergleich zu existierenden Kraftwerken.

Diese Anschlusspunkte für jedes System sind im Steuerungsprogramm definiert (die durch weitere Beispiele detailliert erläutert werden). Das System beinhaltet verschiedene Wechselstrom- und Gleichstromschnittstellen. Die Anschlüsse sind hardwaretechnisch und bezüglich des Spannungsniveaus unabhängig. Es können elektrische Gleichstromsysteme mit Spannungen von 1 bis 600 V DC, und Wechselstromsysteme mit Spannungen von 50 V AC bis 690 V AC angeschlossen werden.

In der vorliegenden Erfindung sind verschiedene Anschlüsse für Energieerzeugung, -speicherung und -verteilung vorhanden und können durch universelle Schnittstellen in einen Verteilschrank integriert werden. Diese Schnittstellen werden durch eine übergeordnete Steuerungseinheit bereitgestellt. Die Vorrichtungsmerkmale sind eine übergeordnete Steuerung, eine einheitliche Kommunikationseinheit, kompakte Direkt- und Wechselstromwandler und ein koordiniertes Schutzsystem.

Ein weiterer Vorteil des erfindungsgemäßen Konzeptes ist das entwickelte Konzept für das Steuerungsprogramm, das den Anschluss von verschiedenen Energieerzeugern, -verbrauchern und -speicher deutlich vereinfacht. Das Steuerungsprogramm bietet auch eine benutzerfreundliche Oberfläche für die Programmbedienung und die Verwaltung der Energieflüsse, wofür keine Programmierkenntnisse benötigt werden.

Die Erfindung stellt eine verbesserte Systemfunktionalität und Übersichtlichkeit durch eine Steuerungseinheit und eine einheitliche Kommunikation zur Verfügung.

Weitere Vorteile des erfindungsgemäßen Konzeptes sind:



- effektiverer Einsatz grüner Energien mit niedrigster Schadstoffemission im Vergleich zu existierenden Kraftwerken. Das System bietet eine autarke, zuverlässige und effiziente Energieversorgung, weitestgehend emissionsfrei (unter Berücksichtigung von aktuell vorhandenen Technologien).
- Effektive Einbindung von verschiedenen elektrischen und chemischen Energiequellen und Speichersystemen, um einen möglichst hohen Wirkungsgrad des Gesamtsystems zu erreichen
- Effektiverer Einsatz grüner Energie mit kaum vorhandener Schadstoffemission
- Möglichst kostengünstige elektrische Energieerzeugung
- Ausreichender Kurzschlussstrombeitrag (um das existierende Schutzkonzept zu unterstützen). Eine unterbrechungsfreie Energieversorgung mit Boost-Technologie und elektronische Schutzgeräte erlauben Überlast- und Kurzschlussströme zu erfassen. Die Steuerung erfasst alle Strommesswerte und kann fehlerhafte Stromkreise in kürzester Zeit ausschalten. Kurze Kabelstrecken bieten einen geringen Widerstand.
- Dies ermöglicht eine hardwareunabhängige Integration und den Anschluss von verschiedenen erneuerbaren Energieerzeugern in einem System. Die Steuerung, die Schutzgeräte, sowie die DC/DC-, AC/DC- und DC/AC-Wandler und die Messgeräte befinden sich in einem Schaltschrank und stellen somit eine kompaktes System dar.
- Das Spannungsniveau in Ein- und Ausgang kann mit Hilfe von DC/DC-, AC/DC- und DC/AC-Wandlern einfach und in einem breiten Grenzbereich eingestellt werden.
- Der technische Aufbau des Flexiblen Systems für eine autarke Energieversorgung ist modular aufgebaut. Durch eine einfache und benutzerfreundliche Ausführung soll eine reibungslose Integration von regenerativen Energien für Haushalte und kleinere Industrie- und Landwirtschaftsbetriebe ermöglicht werden.
- Das Steuerungsprogramm besteht aus vorgefertigten Modulen (deren Aufbau in Fig.9 - 13 abgebildet sind), um die Einstellung aller Systemeinstellungen für den Endbenutzer zu erleichtern. Benutzer ohne Programmierkenntnisse können hierbei mit Hilfe einer intuitiven und benutzerfreundlichen Bedienung mit visuellen Oberflächen (wie z.B. Touchscreen, eigener PC etc.) die Betriebs- und Einstellparametern ändern und Prioritäten setzten.
- Eine Steuerung übernimmt die Steuerungs- und Überwachungsfunktionen von unterschiedlichen Systemen. Dadurch können Einzelsteuerungen bei verschiedenen Energieerzeugungseinheiten eingespart werden. Das Steuerungsprogramm für das Flexible System für eine autarke Energieversorgung kann in jeder Steuerung (herstellerunabhängig) installiert werden.
- Die Steuereinheit ist in der Lage, eine Vielzahl an Parametern zu analysieren, wodurch der „Gesundheitszustand“ der Komponenten bestimmt werden kann. Dementsprechend können einzelne Parameter der Betriebsmittel angepasst werden, um die Lebensdauer zu erhöhen.
- Das einheitliche System beseitigt Probleme bei der Integration von verschiedenen Komponenten (durch einheitliche Kommunikationsprotokolle, passende Spannungsniveaus etc.); eine durchgehende Komponentenüberwachung bietet zudem ein sehr hohes Maß an Zuverlässigkeit. Außerdem ermöglicht es eine schnelle und reibungslose Zusammenführung von elektrischen Systemen.
- Das System erlaubt eine flexible Anpassung beim Anschluss von neuen Systemen und es bietet eine funktionale und kompakte Lösung mit einem einfachen Austausch von Modulen und vielen Erweiterungsmöglichkeiten.



---

Es zeichnet sich auch durch eine hohe Flexibilität bezüglich der aufgenommenen und zu übertragenden Daten (z.B. Messdaten in standardisierter analoger und digitaler Form bzw. Profibus-Signale) aus.

Das Flexible System bietet technisch mehr Möglichkeiten als die Summe der zusammen gefassten Einzelsysteme.



## Weitere Merkmale der vorliegenden Erfindung

Vorrichtung für eine autarke Energieversorgung, die verschiedene erneuerbare Energieerzeuger (z.B. Windturbinen, Photovoltaik, Hydrogeneratoren, Stirling Generatoren, Brennstoffzellen etc.), in Verbindung mit verschiedenen elektrischen, mechanischen und chemischen Energiespeichersystemen (wie Batterien, Druckluftspeicher, Wasserstoff, Wärmespeicher etc.) und Energieverbraucher dadurch gekennzeichnet:

- dass das flexible System für eine autarke Energieversorgung eine universale Anschlussstellen für verschiedene elektrische Energieerzeuger und -verbraucher sowie elektrische, mechanische und chemische Speichersysteme bereitstellt,
- dass die Vorrichtung eine einfache Integration von verschiedenen Energieerzeugern und Verbrauchern, sowie Energie- und Stoffspeichereinheiten durch Bereitstellung von einheitlichen Anschlusspunkten erlaubt,
- dass die Vorrichtung Steuerung, Schutzgeräte, sowie DC/DC, AC/DC und DC/AC- Wandler, Messgeräte und Kommunikationseinheiten umfasst, die in einen Schaltschrank als Sogenanntes integriert sind,
- dass die Vorrichtung eine herstellerunabhängige Integration, bzw. eine Integration von verschiedenen erneuerbaren Energieerzeugern in einem System bietet,
- dass durch das zentrale Steuerungssystem die Leistungseinspeisung zwischen verschiedenen Energieerzeugern auf die Verbraucher-Lastprofile abgestimmt ist (die jeder Benutzer selbst bestimmen kann), sowie auf die Eigenschaften der Energieerzeuger und Speichersysteme,
- dass die Erfindung eine effektivere Einbindung von verschiedenen elektrischen und chemischen Energiequellen und Speichersystemen erlaubt, und damit einen höheren Wirkungsgrad als bestehende Umsetzungen erreicht,
- dass das Flexible System für eine autarke Energieversorgung technisch mehr Möglichkeiten als die Summe der zusammengefassten Einzelsysteme bereitstellt,
- dass die Steuerungs- und Regelungsmechanismen vereinfacht realisiert werden können, in der Art, dass die Energieerzeuger und Speichersysteme durch eine Steuerung gesteuert werden und dafür ein umfangreiches und gleichzeitig übersichtliches Steuerungsprogramm konzipiert wurde,
- dass jeder Benutzer die jeweiligen Verbraucher und Erzeuger in das System einbinden und verwalten kann, ohne spezialisierte Programmierkenntnisse zu besitzen, da die jeweiligen mathematische Verfahren dem Benutzer offengelegt werden können,
- dass der Benutzer seine Verbraucher gemäß eigener Parameter einrichten kann – um die aus seiner Sicht beste Energieverteilungseffizienz zu erreichen,
- dass das Steuerungsprogramm ein hardwareunabhängiges System darstellt (Programm ist entsprechend IEC 61131 ausgelegt) und ist kompatibel mit den meisten auf dem Markt vorhandenen Komponenten (Phoenix, Siemens, ABB, Hager, Bachof etc.)
- dass das Steuerungsprogramm flexibel ist und an verschiedene Anforderungen relativ einfach angepasst werden kann. Jeder Verbraucher und Energieerzeuger (Photovoltaik, Windenergieanlagen, Brennstoffzellen, Wasserturbinen etc.) sowie Speichersysteme können problemlos an das System angebunden werden.
- dass die Vorrichtung durch den modularen Aufbau des Steuerungsprogramm relativ einfach in der Bedienung und Parametrierung und somit flexibel und benutzerfreundlich ist,



- dass eine hohe Flexibilität bezüglich der aufgenommenen und zu übertragenden Daten (z.B. Messdaten in standardisiert analoger oder digitaler Form) bereitgestellt wird,
- dass die Abweichungen in den technischen Arbeitsgrenzen der Betriebsmittel (Strom, Spannung) unmittelbar erkannt werden können. Das Steuerungsprogramm passt die Arbeitsweise der Betriebsmittel (Sanftanlauf, geregelte Stromstärke, Batteriemangement etc.) an, um die Lebensdauer und Komponentenverfügbarkeit zu erhöhen.
- dass die Vorrichtung eine einfache Einbindung von vielen verschiedenen Technologien in ein perfekt zusammenarbeitendes autarkes System für eine eigene Energieversorgung bietet. Und das Flexible System für eine autarke Energieversorgung modular und einfach aufgebaut ist,
- dass das für die Vorrichtung entwickelte Steuerungsprogramm teilweise intelligent und selbstlernend ist:
  - o an Hand von Wind- & Solarmessdaten entscheidet das System wie die erhaltene Energie verwaltet werden soll. Bei starkem Wind oder Sonneneinstrahlung wird die elektrische Energie direkt zu den Starkstromverbrauchern geleitet
  - o das Gleiche gilt für die Verbraucher-Messdaten (verbrauchte Energie und fließende Stromstärke) – hier entscheidet das System, ob gewisse Verbraucher heruntergefahren oder ausgeschaltet werden sollen, um bestehende elektrische Systeme nicht zu überlasten und die Schutzsystemanforderungen einzuhalten,
- dass alle Berechnungsverfahren mit zugehörigen Referenzkurven, Korrekturfaktoren für Luftfeuchtigkeit und Temperatur, mathematische Verfahren für den gleitenden Mittelwert, dynamische Korrekturfaktorenbildung, etc. im Programm der Kompaktsteuerung hinterlegt sind. Das ganze Berechnungsverfahren wird lokal in der Hardware ausgeführt, ohne Eingriff von außen (es sind keine zusätzlichen Rechner oder Überwachungssysteme notwendig). Und alle Messdaten (gleiche Zeitstempel und passende Zeitzonen) synchronisiert werden. Alle Messdaten mit von dem Benutzer vordefinierten Zeitstempeln werden in einer Datei gespeichert, um eine weitere Auswertung von Wind-/Sonnen- Messdaten ermöglichen.
- dass das Schutzsystem für die Einspeisung aus den erneuerbaren Energieerzeugern und Speichersystemen ausgelegt ist,
- dass die Energie in verschiedenen Formen gespeichert wird (z.B. in Batterien, Wasser, Druckluft, Wärme, etc.). Die Aufteilung der zu speichernden Energie wird batterieschonend ausgeführt – die Batterie wird nur als Puffer benutzt (niedrige Lade-/Entlade-Zyklen) um ihre Lebensdauer zu erhöhen,
- dass beim Aufbau der Vorrichtung der jeweilige Benutzer das System selbst ausrichten, einstellen und verwalten kann. Das Steuerungsprogramm kann mit verschiedenen Methoden eingestellt werden – z.B. durch eine visuelle Oberfläche (z.B. Touchscreen) oder durch eine Textdatei (Anschlussdaten und Parameter werden im Textformat eingegeben und durch das Steuerungsprogramm weiterverwaltet),
- dass dieses integrierte System, nachdem es einmal von einem Fachmann auf die Bedürfnisse des Betreibers abgestimmt wurde, keine weitere fachliche Betreuung benötigt und vom Benutzer selbst verwaltet werden kann,
- dass die Energieerzeuger und -speicher so angepasst werden können, dass der höchste Systemwirkungsgrad erreicht wird – die vollständige Nutzung der erzeugten erneuerbaren Energie und damit Leerlauf oder Abschaltung von Energieerzeugern nicht mehr nötig sind. Bei maximaler Energieerzeugung werden zusätzliche Verbraucher (z.B. Wasserpumpen, Bewässerung, Heizung, Sauna etc.) zugeschaltet.



- 
- *dass System bietet eine zuverlässige und effiziente Energieversorgung, die weitestgehend emissionsfrei (unter Berücksichtigung von aktuell vorhandenen Technologien) erfolgt.*
  - *dass die vorliegende Erfindung in seiner Größe auf Haushalte, kleinere Werkstätte und Gewerbe oder landwirtschaftliche Einrichtungen zugeschnitten ist,*





Beschreibung

Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in den Zeichnungen dargestellt und werden im Folgenden nachher beschrieben. Die beigefügten Zeichnungen, der technische Inhalt und die detaillierte Beschreibung beziehen sich auf eine bevorzugte Ausführungsform, was jedoch nicht als Beschränkung des Erfindungsgegenstands aufzufassen ist.

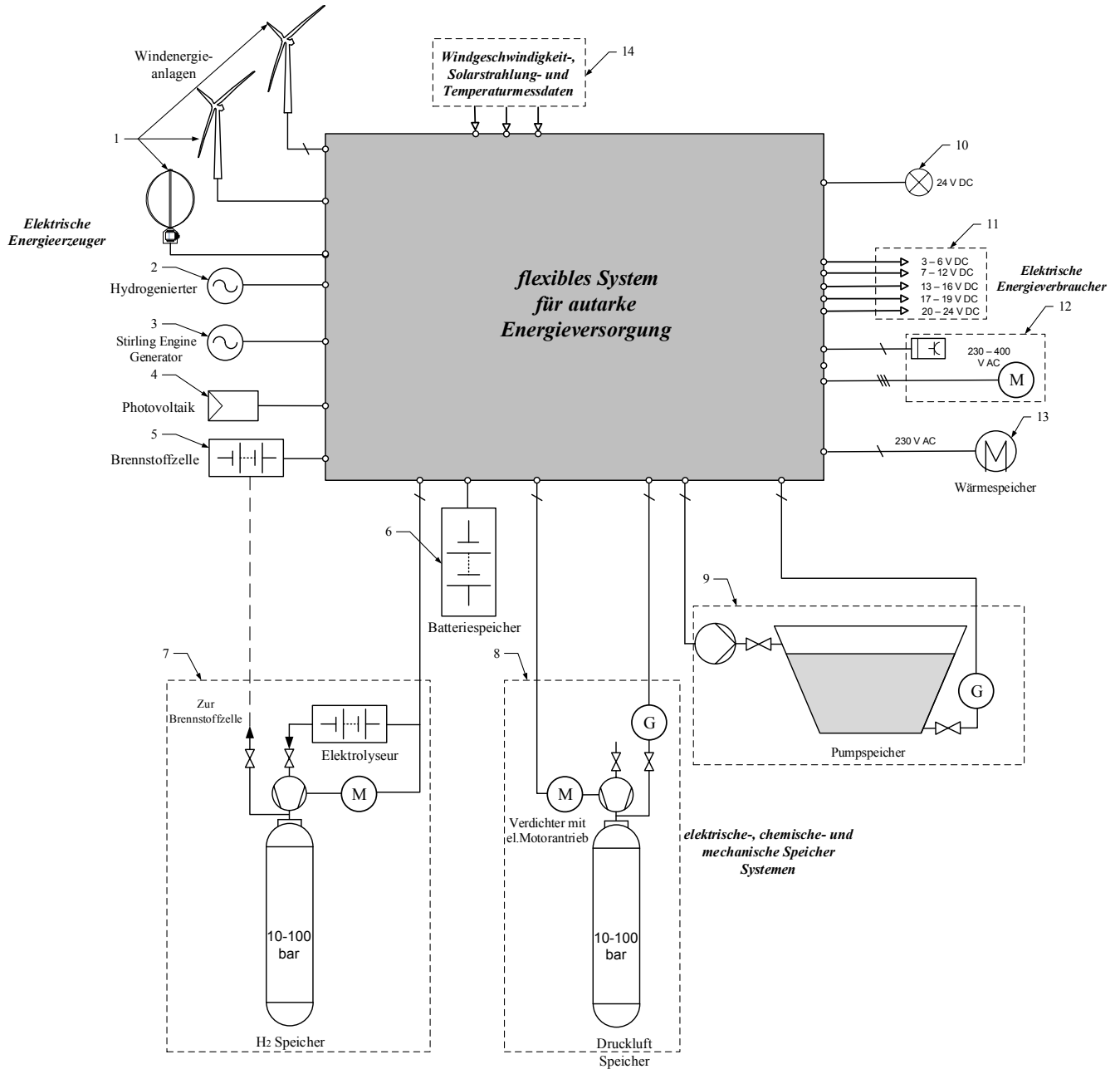


Fig.1 Schematische Darstellung der verschiedenen Anschlussmöglichkeiten von elektrischen Energieerzeuger, -speicher und -verbraucher.



In Fig.1 ist eine Anbindung von verschiedenen Systemen wie erneuerbare Energieerzeuger (Windenergieanlagen 1, Hydrogeneratoren 2, Stirling-Generatoren 3, Photovoltaik 4, Brennstoffzellen 5 etc.), Energiespeichersystemen (z.B. Batterien 6, Speicher, die die potentielle Energie von Wasser nutzen 9, Druckluftspeicher 8 etc.) und entsprechenden Energieverbrauchern an das Flexibles System für eine autarke Energieversorgung dargestellt.

An die Vorrichtung können verschiedene erneuerbare Energieerzeuger angeschlossen werden. Windenergieanlagen in unterschiedlichen Ausführungen mit horizontalen und vertikalen Drehachsen ; dreiblättrige und mehrblättrige Ausführungen, sowie mit Direkt- und Wechselstromgenerator. Auch verschiedene Typen von Hydrogeneratoren können integriert werden. Das Gleiche gilt für Stirling-Generatoren und Photovoltaik-Einrichtungen, als auch Brennstoffzellen, die in das System integriert werden können. Die Anschlüsse zur erneuerbaren Energieerzeugeranbindung sind nur durch die eingespeiste Stromstärke (z.B. bis max. 63 A für kleine Vorrichtungen, und bis 125 A bei größeren Vorrichtungen) begrenzt.

Die Messwerte von Windgeschwindigkeit, Sonneneinstrahlung, Temperatur und andere Parameter werden über verschiedene Sensoren 14 und passende Signalleitungen an die Vorrichtungssteuerung geleitet. Mit Hilfe des speziell entwickelten Steuerungsprogramms kann die im Vorrichtung 1 integrierte Steuerung entsprechend den erhaltenden Messwerten reagieren, und Energieflüsse entsprechend aufteilen, um einen hohen Synergieeffekt zu erreichen. Bei starken Windgeschwindigkeiten oder starker Sonneneinstrahlung schaltet die Steuerung Starkstromverbraucher zu, um die erhaltene Energie mit maximalem Wirkungsgrad zu nutzen, und bei schwachen Wind- und Sonneneinstrahlungswerten werden bestimmte Starkstromverbraucher 12, 13 entsprechend den Benutzervorgaben ausgeschaltet oder erst mit bestimmter Zeitverzögerung zugeschaltet, um die Batteriespeicher 6 zu schonen und Lade-/Entladezyklen zu reduzieren (und die Lebensdauer zu erhöhen).

Die Direkt- und Wechselstromanschlüsse sind spannungsunabhängig – es können Stromkreise mit Spannungen direktstromseitig von 1 bis 600 V DC, und wechselstromseitig von 50 bis 400 V AC angeschlossen werden.

Nach den ermittelten spezifischen Daten von allen Energieerzeugern in den Steuerungsprogramm-Modulen leitet die von der Vorrichtung erzeugte Energie mit hohem Wirkungsgrad an die Verbraucher weiter. Die überschüssige Energie wird weiter in das Speichersystem geleitet.

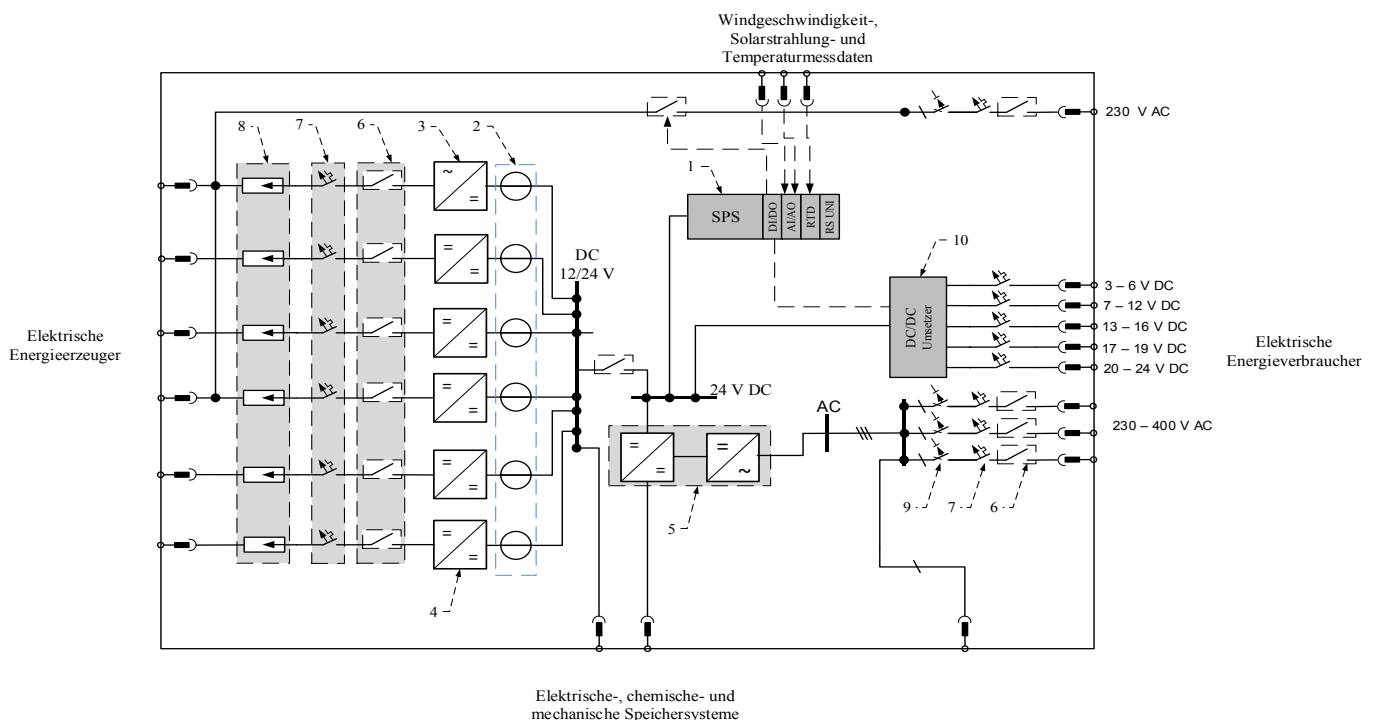
Der Batteriespeicher kann als Puffer verwendet werden, um die Schwankungen zwischen elektrischer Energieerzeugung und dem Verbrauch auszugleichen. Bei starker Energieerzeugung und niedrigem Verbrauch können zusätzliche Speicher wie Druckluftspeicher 8, Wasserstoffspeicher 7, sowie Pumpwasserspeicher 9 und Wärmespeicher 13 verwendet werden. Der Einsatz verschiedener Speichersysteme ist von der Örtlichkeit abhängig – z.B. falls vor Ort ein größeres Gefälle existiert, kann ein Pumpspeicher aufgebaut werden, und falls genug freier Platz vorhanden ist, könnten auch Druckluftspeicher, sowie Wärmespeicher installiert werden.

Auch verschiedene elektrotechnische Verbraucher können an das Flexible System für eine autarke Energieversorgung angeschlossen werden. Die Verbraucher können unabhängig von den Spannungsniveaus angeschlossen werden; bei Direktstromkreisen 11 erkennt die Steuerung, ob



Verbraucher an 3 V DC oder 17 V DC angeschlossen sind und schaltet entsprechend passende Umrichter an. Alle Umrichter können durch Relais ein- bzw. ausgeschaltet werden, um die Stand-by Verluste zu vermeiden. Die einzige Begrenzung ist die maximale Stromstärke bei den Verbraucher-Stromkreisen – die maximale Strombelastbarkeit der Kabel und Schutzeinrichtungen darf nicht überschritten werden. Alle Stromkreise sind durch elektronische Geräteschutzschalter mit einstellbaren Überstrom- und Kurzschlussstromgrenzwerten geschützt.

Der Benutzer definiert mit Hilfe des Steuerungsprogramms selbst, welche Energieerzeuger, Speichersysteme und Verbraucher an die Vorrichtung angeschlossen werden sollen, und wie die Energie verwaltet werden soll. Nach einer gewissen Zeit und mit ausreichender praktischer Erfahrung kann der Benutzer durch passende Einstellungen im Steuerungsprogramm einen hohen Gesamtwirkungsgrad erreichen.



**Fig.2** Vereinfachte schematische Darstellung der technischen Ausstattung der Vorrichtung.

Der in Fig.2 gezeigte vereinfachte schematische Darstellung der Vorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung. Die Erfindung ist dadurch gekennzeichnet, dass das Gesamtsystem modular im Aufbau ist und universale Anschlussstellen für verschiedene Komponenten und Systeme wie Energieerzeuger, Speichersysteme und Verbraucher umfasst.

Die Vorrichtung besteht aus einer zentralen Steuerungseinheit 1 (SPS – Speicherprogrammierbare Steuerung) mit dazugehörigen digitalen Ein- und Ausgängen (DI/DO), analogen Ein- und Ausgängen (AI/AO), einem Umsatz-Modul (z.B. von seriellen Schnittstellen RS 485 und RS 232 auf Modbus oder Profibus (RS UNI)).

Die Stromwerte in jedem Stromkreis der Energieerzeuger und Speichersysteme können mit Strommessmodulen 2 erfasst werden. Alle Messwerte werden in weniger als 30 ms. in die Steuerungseinheit 1 aufgenommen.



Der erzeugte Strom aus erneuerbaren Energiequellen wird auf verschiedene Spannungsniveaus mit den AC/DC- 3 und DC/DC-Wandlern 4 auf eine Spannungsebene von 24 V DC (bzw. 12 oder 48 V DC) transformiert. Dies erlaubt den Anschluss von verschiedenen Energieerzeugern wie z.B. kleinen Windanlagen mit einer Nennspannung zwischen 12 – 48 Volt DC; oder einer Photovoltaik-Einrichtung mit einer Nennspannung zwischen 12 – 400 Volt DC, und Energieerzeugern mit einer fluktuierende AC-Spannung zwischen 50 – 400 Volt AC.

Nach der Transformation wird die elektrische Energie durch das Batterie-Management-System 5 zu den Batterien geleitet oder elektrische Energieverbraucher durch DC/AC-Konverter mit 230 – 400 V AC Wechselstrom versorgt.

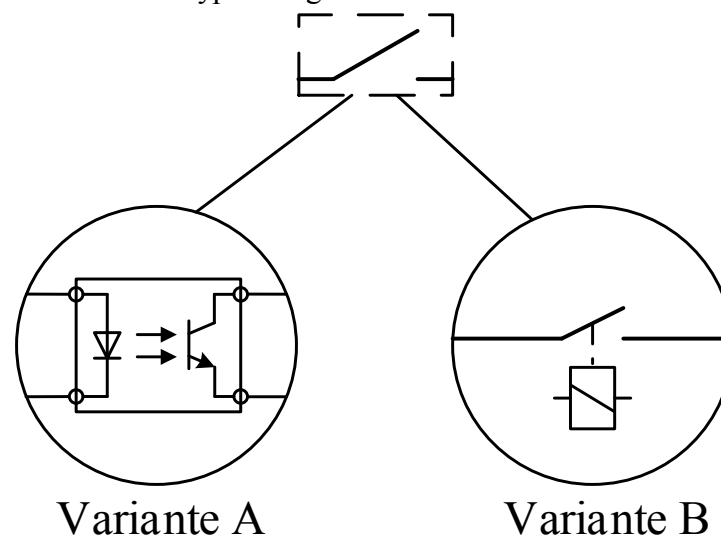
Das koordinierte Schutzsystem besteht aus elektronischen Schutzschaltern 7 mit einstellbarem Überlastschutz und Kurzschlusschutz, und Back-up Schutz durch die Steuerung. Zusätzlicher Schutz ist durch die Steuerung gewährleistet. Nach der Auswertung der aufgenommenen Strommessdaten 2 und zusätzlichen Signale der Wandler (3 und 4) und der elektronischen Schutzschalter 7 sind fehlerhafte Stromkreise in weniger als 80 ms durch Relais 6 ausgeschaltet.

Jedes nach außen geführte Kabel wird durch Überspannungsableiter 8 geschützt, um entstehende Gefahren bei indirektem Blitzschlag und Überspannungen zu vermeiden.

Die Verbraucher auf der Wechselstromseite (AC) sind durch Fehlerstromschutzschalter 9 und elektronischen Schutzschaltern 7 geschützt.

Die Steuerung bietet eine ständige Komponentenüberwachung, Messdatenaufnahme sowie eine gewisse Intelligenz bezüglich der Messdatenauswertung und Energieverteilung, und einfache Anpassungen an die Benutzeranforderungen. Dank des modular aufgebauten Steuerungsprogramms kann der Benutzer alle technischen Einstellungen der angeschlossenen Komponenten ohne Programmierkenntnisse reibungslos ausführen.

In die Vorrichtung sind zwei Relais-Typen eingesetzt.

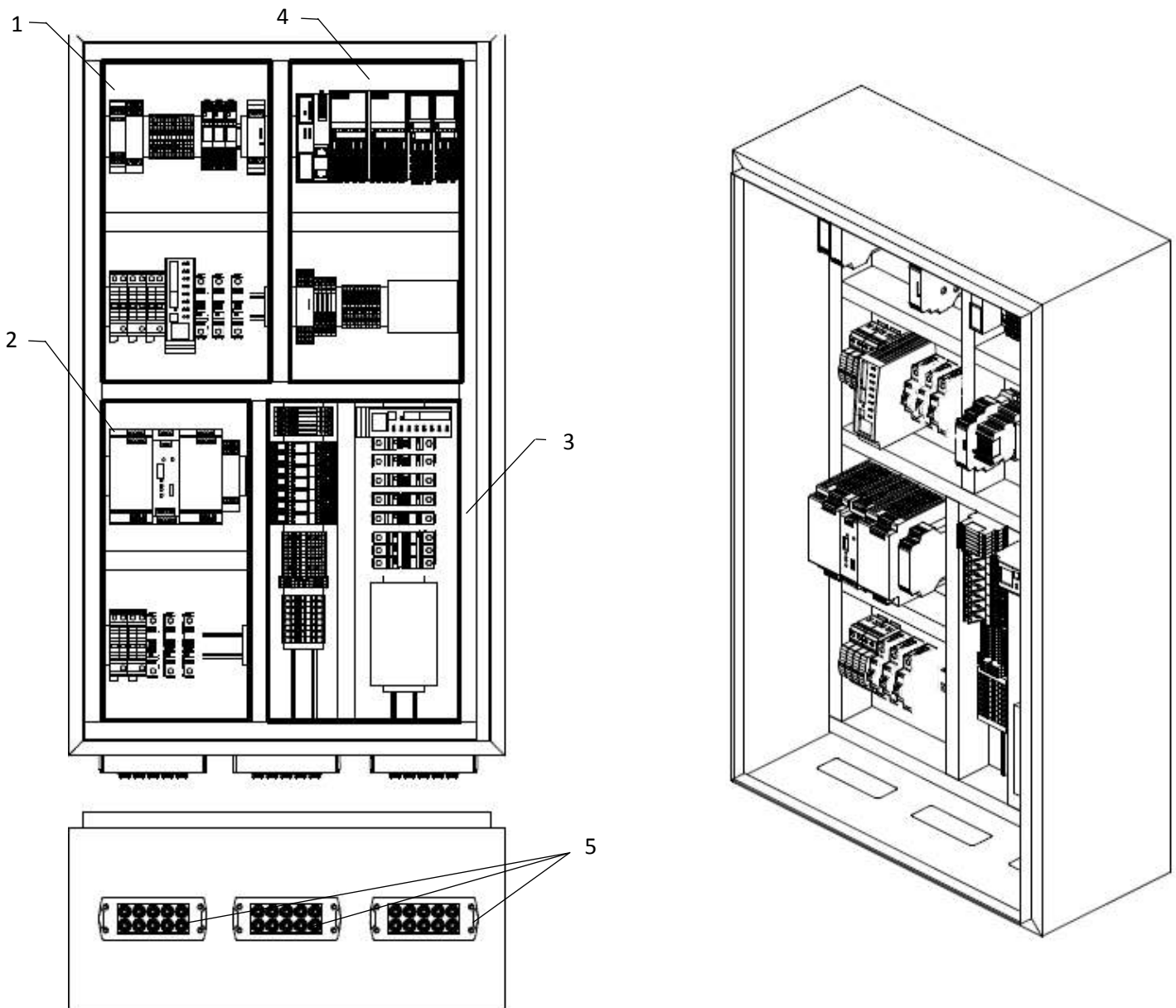


**Fig.2 a** Schematische Darstellung von verschiedenen Relais

Fig. 2a zeigt eine schematische Darstellung der verschiedenen Relais. Bei Stromkreisen mit einer Stromstärke bis 10 A sind Optokoppler eingesetzt (Variante A), um ein höheres Schaltspiel zu gewährleisten; und bei Stromkreisen mit Stromstärken über 10 A werden elektromagnetische Relais verwendet (Variante B).



Schematisch wird in Fig. 3 eine beispielhafte Übersichtsdarstellung des Aufbaus des Flexiblen Systems für autarke Energieversorgung gezeigt, so dass das ganze System in einem Schrank aufgebaut werden kann.



**Fig. 3** Übersichtsdarstellung Aufbau des Flexiblen Systems für autarke Energieversorgung.

Es ist auf vier Teile aufgeteilt:

1 – Energieerzeugungskomponente. Hier sind verschiedene Energieerzeugungssysteme mit Strommesseinrichtungen und passenden Überlast- und Kurzschlusschutzgeräten, sowie Überspannungsableiter für alle nach außen führenden Stromkreise angeschlossen.



2 – Energiespeicherungssystem. Diese Einheit umfasst DC/DC, DC/AC und AC/DC Konverter, sowie Komponenten für unterbrechungsfreie Energieversorgung und entsprechend ausgelegte Schutzeinrichtungen.

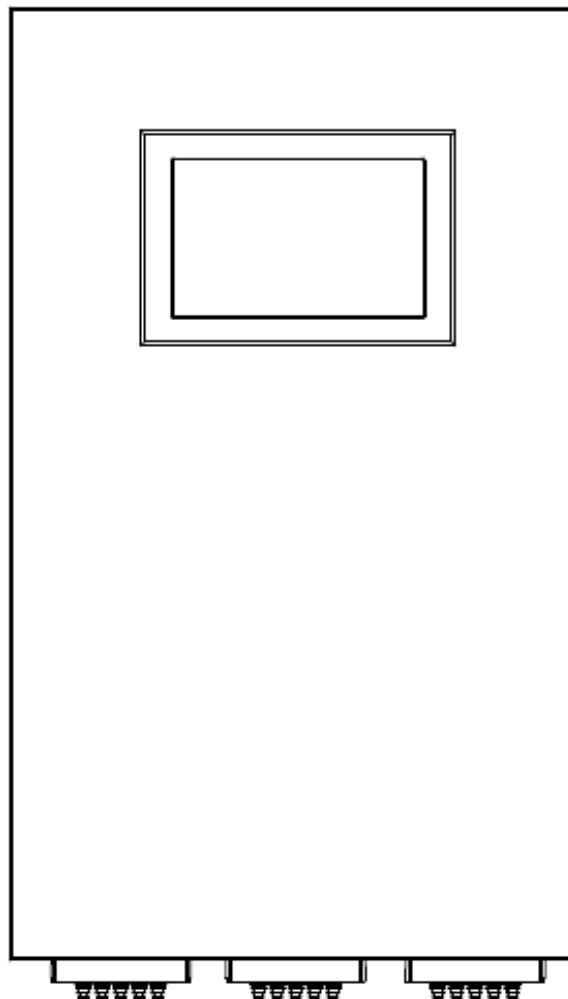
3 – Einheit für die Anschlüsse vom Energieverbraucher. Umfasst Schutzsysteme (wie FI-Schalter, Überlast- und Kurzschlusschutz), als auch DC/DC Verteiler für den Verbraucher mit verschiedenen Spannungsebenen (von 1,5 V bis 24 V).

4 – Vorrichtung für Steuerung und Kommunikation. Umfasst eine Steuerungseinheit mit dazugehörigen digitalen und analogen Anschlussmodulen, sowie eine Kommunikationseinheit und Messwandler um den Messwerte aufzunehmen.

Jeder Stromkreis ist ausgestattet mit Relais oder elektronischem Schalter um die Stromkreise entsprechend dem Steuerungsprogramm ein- bzw. auszuschalten.

Kabelanschlüsse 5 können von unten geführt werden oder in der Nähe von den entsprechenden Einheiten (z.B. für Energieerzeugung auf der linken Seite, für Energieversorgung auf der rechten Seite, und Speichereinheiten können von unten angeschlossen werden. Für eine gute Übersichtlichkeit können Kabelführungen in verschiedenen Farben ausgeführt werden – Kabelführungen für die Energieerzeugung in rot, für Energiespeicherung in blau und für den Energieverbrauch in schwarz.

Der in Fig. 4 einen möglichen Systemaufbau mit Touchscreen zeigt.



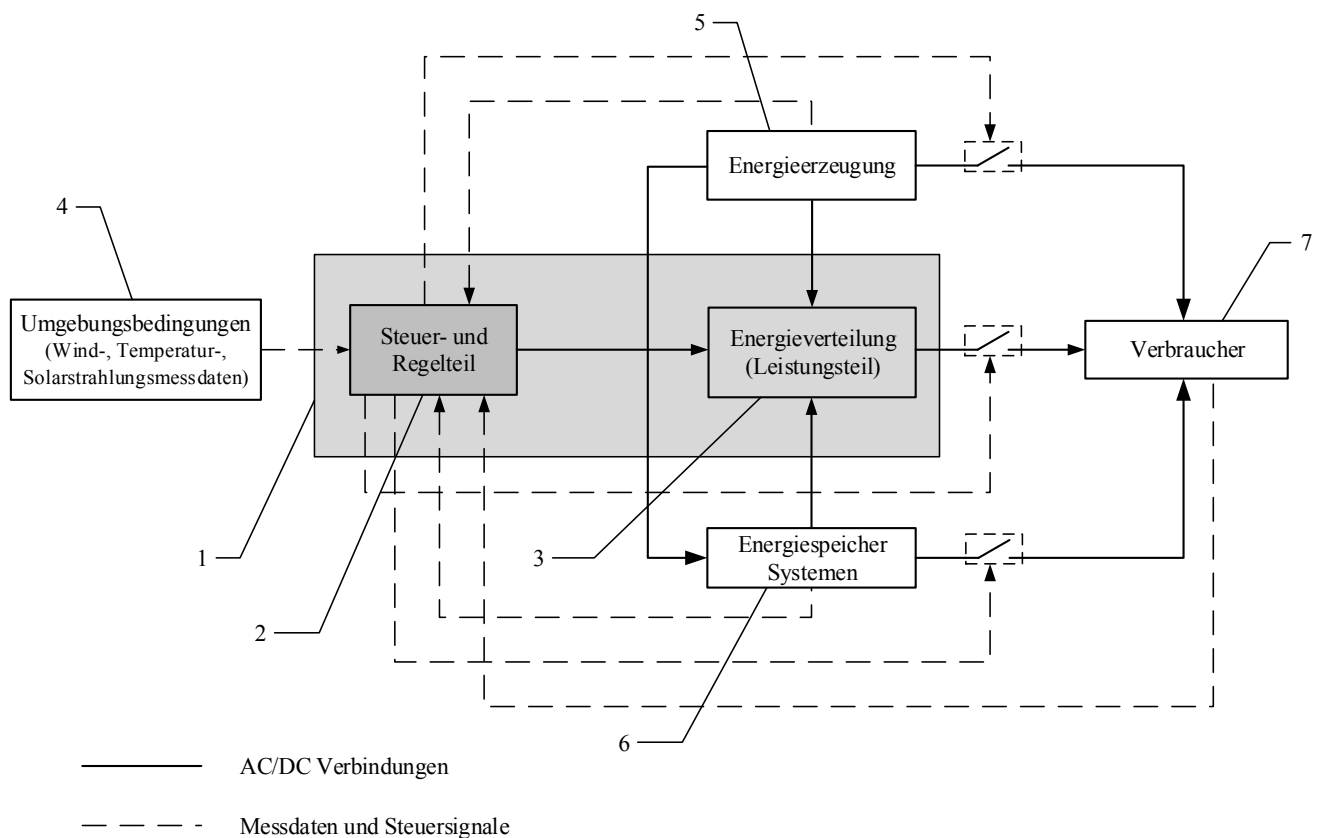
**Fig. 4** Schaltschrank mit Touchscreen.



Die Bedieneroberfläche kann in Form von einem Touchscreen auf der vorderen Tür angebracht, oder als günstigere Variante durch ein tragbares Touchscreenpanel oder PC (z.B. Laptop) über ein Kommunikationskabel an die Vorrichtung angeschlossen werden um das System zu parametrieren und Messwerte aufzunehmen.

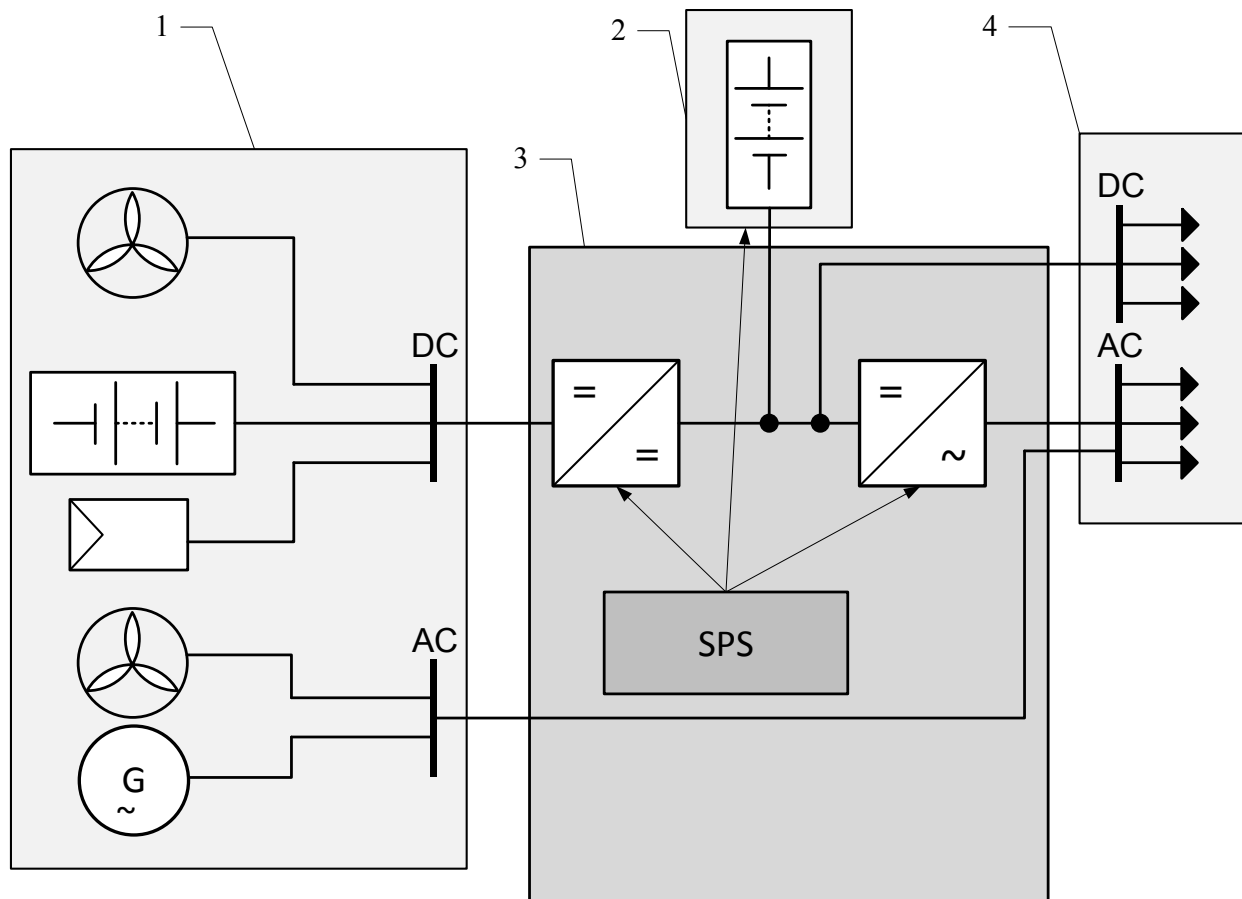
Aufgenommene Messwerte, wie Wetterbedingungen (Windgeschwindigkeit, Solarstrahlung, Temperatur etc.) und Strom- und Spannungsmesswerte von elektrischer Energieerzeugung, Speicherung und Verbrauch erlauben eine genaue Durchführung einer statistischen Energiefluss-Auswertung. Durch passende Systemparametereinstellungen und geeignete Energieerzeugung- und Speicherungssystemauslegung kann eine autarke Energieversorgung mit optimalem Wirkungsgrad erreichen werden.

Schematische Darstellung in Fig.5 zeigt die Gesamtsystemansteuerung.



**Fig.5** Übersichtdarstellung der Gesamtsystemansteuerung

Das Flexiblen Systems für autarke Energieversorgung 1 umfasst die Steuerung 2, die alle Messwerte der elektrischen Energieerzeuger 5 und vom Speicher 6 aufnimmt. Ebenso werden die Umgebungsbedingungen von den Messsensoren 4 (Windgeschwindigkeit, Sonneinstrahlung, Temperatur etc.) erfasst. Das Steuerungsprogramm verteilt die Energieflüsse entsprechend den Benutzereinstellungen, um eine maximale Effizienz zu erreichen.



**Fig.6** Übersichtdarstellung das Gesamtsystem mit Batteriepuffer.

Fig.6 zeigt die Übersichtdarstellung das Gesamtsystem mit Batteriepuffer.

Beim Aufbau von flexibler Vorrichtung soll ein Batteriesystem 2 vorhanden sein. Das Batteriesystem 2 dient als Puffer für die unterbrechungsfreie Energieversorgung, und bei Energieversorgungsausfall auf Grund schwachen Windes, geringer Sonneneinstrahlung etc. würde die Batterie 2 für das Flexible System für eine autarke Energieversorgung für eigener Energieversorgung einsetzen. Die Batteriekapazität soll ausreichend sein um den Eigenbedarf des Flexiblen Systems für autarke Energieversorgung für mindestens 24 h zu decken.

Das Steuerungssystem soll die ganze Zeit im Betrieb bleiben um die Energieflüsse wie Erzeugung 1, Speicherung und den Verbrauch entsprechend der Anforderungen des Benutzers zu verwalten.

Die in der Vorrichtung eingebaute Steuerung nimmt aller Messwerte, inklusive Batterie Temperatur, Strom, und Spannung auf. Die Vorrichtung stellt ein vollständiges Batterie- Management bereit.

Durch Steuerungstechnik wird:

- Lade/Entladezyklen geregelt um die Batterie in optimalem, dauerhaftem Betriebszustand zu erhalten.
- Schrankklimatisierung wird bereitgestellt – um die Speicherkomponente bei optimaler Arbeitstemperatur zu betreiben.
- Die Messwerte werden aufgenommen und eine optimale Betriebsart ermittelt; ebenso wird eine Fernüberwachung bereitgestellt. Die Zelltemperatur als auch die Batterieladespannung bleibt immer bei den vom Hersteller vorgegebenen Rahmenbedingungen um eine hohe Lebensdauer des Batteriesystems zu erreichen.





- Erstellte Mittelwerte von Messdaten können lokal gespeichert oder durch ein Kommunikationsmodul weitergeleitet werden. Die erfassten Daten sind geeignet für eine langfristigen Zustandsüberwachung und statistische Auswertungen.

Durch das Batteriemanagementsystem entsteht keine Gefahr von Tiefentladung oder Batterieüberlastung, auch durch Strom- und Spannungsmesseinrichtungen wird ein genauer Ladezustand ermittelt.

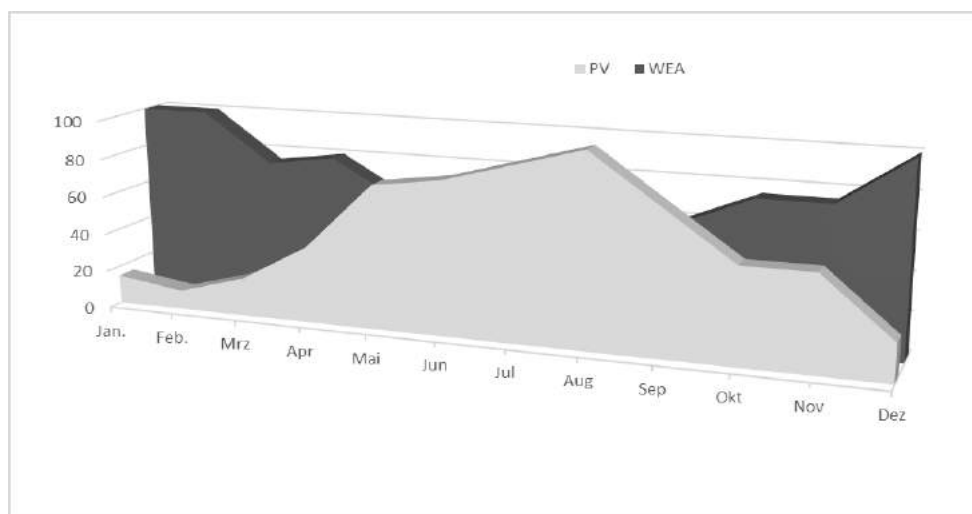
Intelligentes, selbstlernendes Batterie - Managementsystem, dass durch ein Steuerungsmodell bereitgestellt ist und die Steuerung aufnimmt von:

- Batterieparametern, Lade,- Entladespannungen und Temperaturen und Strömen
- Verbraucherströmen und Verbraucherverhalten (Auslastung, max. Leistung, Dauer etc.)
- allen gemessenen und aufgenommenen Werten, aus denen gleitende Mittelwerte (über 5 – 15 min.) mit den Zeitstempel gebildet werden

Die Steuerung wertet entstehende Werte durch bestimmte iterative mathematische Modelle aus und passt die Batteriebetriebsweise entsprechend an (Lade/Entladespannungen, sowie „State of Charge“). Die Kombination von verschiedenen Speichersystemen, wie z.B. ein Batteriesystem mit Brennstoffzelle erlaubt es, die Batterielade- und Entladezyklen möglichst gering zu halten und entsprechend die Batterielebensdauer zu erhöhen.

Das Steuerungsprogramm ist selbstlernend und kann sich an die Arbeitsbedingungen anpassen. Abhängig von Batterie-Parameteränderung (Alterungsprozesse) können Lade- und Entladezyklen und Spannungen angepasst werden.

Das entwickelte Konzept für das Steuerungsprogramm vereinfacht deutlich den Anschluss von verschiedenen Speicher-, und Energieflusseinstellung. Der Benutzer hat vollständigen Zugriff auf die Parametrierung der Einstellwerte, und kann die Energieverteilung an den eigenen Bedarf anpassen. Das Konzept ist nicht auf eine spezielle Art der Energieerzeugung zugeschnitten, sondern kann an die spezifischen Wetterbedingungen der jeweiligen Region angepasst werden. Durch die optimale Auslegung von verschiedenen Energieerzeugern, wie z.B. Photovoltaik und Windenergieanlagen, kann eine relativ gleichmäßige elektrische Energieerzeugung sichergestellt werden. Hierbei werden die verschiedenen Erzeugungscharakteristiken in Abhängigkeit von den Jahreszeiten berücksichtigt. Fig. 7 zeigt die Energieerzeugung einer Windturbine und eine äquivalente Photovoltaikinstallation.



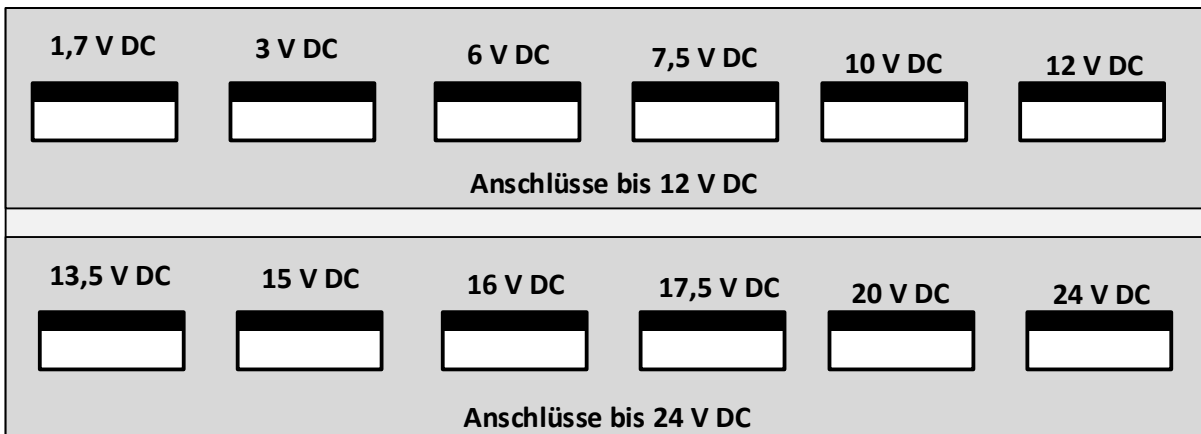
**Fig. 7** Jährliche Energiebeiträge von äquivalenten Photovoltaik- und Windenergieanlagen.



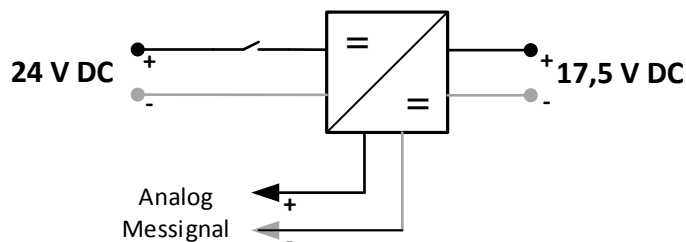
Das Diagramm zeigt, dass sich die beiden Arten der Energieerzeugung in Bezug auf die Einspeisecharakteristiken relativ gut ergänzen. Bei schwacher Einspeisung durch PV-Anlagen (vor allem im Winter) ist die Stromproduktion durch die Windenergieanlage auf einem relativ hohen Niveau, während in Zeiten mit relativ niedrigen Windverteilungen die Sonneneinstrahlung höher ist und die Photovoltaik deshalb einen höheren Beitrag leisten kann.

Auf den Zeitraum eines Tages bezogen bedeutet das, dass die Photovoltaik im Zeitraum von 8:00 bis 18:00 Uhr Strom erzeugt, mit maximalen Werten um die Mittagszeit, während die Windturbine ihre maximalen Werte vor allem nachts erreicht. Durch eine Optimierung kann bei der Auslegung der Photovoltaikanlage und der Windturbine das beste Niveau bei Energieerzeugung erreicht werden. Der zusätzliche Anschluss einer Brennstoffzelle oder einer Wasserturbine erlaubt eine konstante Energieerzeugung, sogar in Zeiten mit unvorteilhaften Wetterbedingungen, wie zu geringer Sonneneinstrahlung und nur mäßiger Windgeschwindigkeit.

Fig. 8 zeigt den DC/DC-Verteiler für den Anschluss von verschiedenen Direktstromverbrauchern (USB—Steckverbindung als Beispiel).



**Fig. 8** Abbildungen des DC-Verteilers für den Anschluss von verschiedenen Direktstromverbrauchern (USB-Steckverbindung als Beispiel).



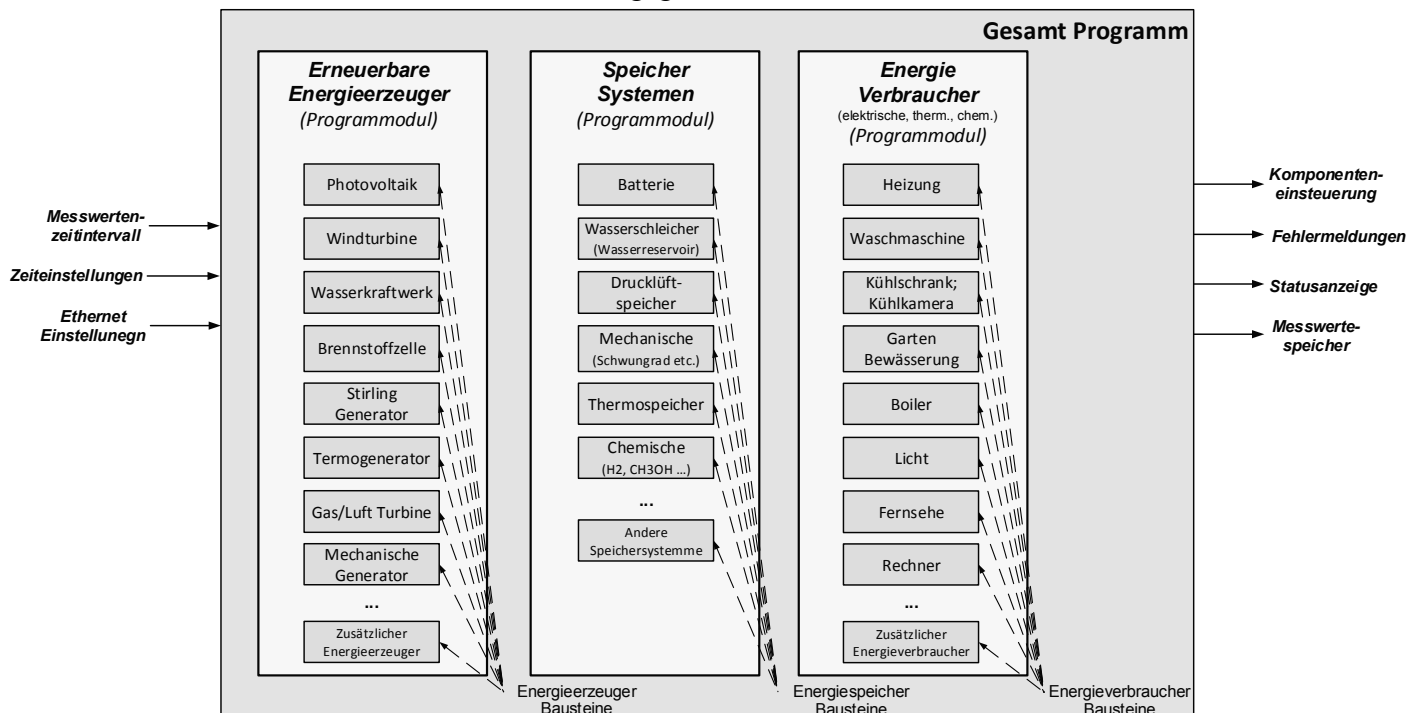
**Fig. 8a** Das Funktionsprinzip des DC-Verteilers anhand des Beispiels von einer 24 V/17,5 V DC-Umwandlungsstufe.

Der in Fig. 8 dargestellte Verteiler ist eine beispielhafte Darstellung –es können verschiedene Steckverbindungen eingesetzt werden. Fig. 8a zeigt das Funktionsprinzip des DC-Verteilers anhand des Beispiels von einer 24 V/17,5 V DC-Umwandlungsstufe.

Viele Direktstromverbraucher sind mit Batterie ausgestattet. Um Leerlaufverluste zu vermeiden und Verbraucher vor unzulässiger Überladung zu schützen ist eine Überwachungseinheit eingebaut.



Die Steuerungseinheit nimmt die Spannungsmesswerte auf, und sobald die Verbraucherbatterie aufgeladen ist und die Ladespannung Sättigungsniveau erreicht wird der Stromkreis durch entsprechende Schalter von der elektrischen Energiequelle getrennt. Dementsprechend entstehen keine Leerlaufverluste und es wird ein besserer Wirkungsgrad erreicht.



**Fig.9** Steuerungsprogrammaufbau des Systems für eine autarke Energieversorgung

Schematische Darstellung im Fig. 9 zeigt den Steuerungsprogrammaufbau des Flexiblen Systems für eine autarke Energieversorgung. Das Gesamtprogramm ist modular aufgebaut. Jeder Energieerzeuger, -speicher und -verbraucher kann durch das entsprechende Modul leicht aktiviert und parametrierbar werden.

Das Steuerungsprogramm ist entsprechend IEC 61131-3 ausgeführt.

Das Basisprogramm für das Flexible System für eine autarke Energieversorgung umfasst initialisierende Konfigurationen der technischen Systemparameter entsprechend der Benutzeranforderungen, um den gesamten Prozessablauf effizient auszuführen. Die Anbindung von zusätzlichen Komponenten und den damit verbundenen Programmen erfolgt mit Hilfe von Standardfunktionen und -bausteinen. Die Vorrichtung bietet:

ein flexibles und funktionales Produkt für den Anschluss von allen elektrotechnischen Systemen ein relativ einfaches und übersichtliches Steuerungsprogramm für weitere problemlose Nachrüstung, Service und Updates

Die Inputdaten für das Gesamtprogramm sind:

- Aktuelle Zeiteinstellungen (Zeitzone) für die passende Zeitstempeldefinition
- Einstellungen für den Mittelwert (z.B. jede Sekunde oder jeder Viertelstunde etc.) um die Datenauswertung zu vervollständigen
- Die Kommunikationseinstellungen, z.B. Etherneteinstellungen um die Ethernetverbindung zu dem System aufzubauen



Die Ausgangsdaten sind:

- Befehle für die Komponenteneinsteuerung
- Fehlermeldungen und Statusanzeigen
- Messwerte mit entsprechendem Zeitstempel, welche abgespeichert werden für weitere Auswertungen von Energieerzeugung, Speicherung und Verbrauch (um die Systemauslegung zukünftig zu optimieren).

Um die verschiedenen Energieerzeuger, -verbraucher und -speicher in das System zu integrieren, sind drei Hauptfunktionsbausteintypen definiert:

- 1 - Baustein für Energieerzeuger – Fig. 10
- 2 – Baustein für Energieverbrauchereinheit - Fig. 11
- 3 – Baustein für Speichereinheit – Fig. 12

Fig.9 zeigt die Steuerungsprogrammaufbau des Systems für eine autarke Energieversorgung.

Entsprechend vorkonfigurierten Bausteintypen können umfangreiche Input-Daten definiert werden:

- **Activate** - Baustein Aktivierung
- **Priorität** Einstellung für jeden Baustein, z.B. Verbraucher mit höchste Priorität werden zuerst zugeschaltet
- **Zusätzliche Einstellungen:**
  - o Einstellungen für min./max. Stromwerte bei Funktionsbausteinen um zusätzlichen Schutz durch SPS vollständig einzusetzen
  - o Zeiteinteilungen für die Verbraucher-Funktionsbausteine für eine effiziente Energieaufteilung
  - o Energieerzeuger – speicher- und Energieverbrauchertyp Definition
  - o Messeinrichtungen und Sensoren Definition

Fig. 10 zeigt den Bausteinaufbau der Energieerzeuger.

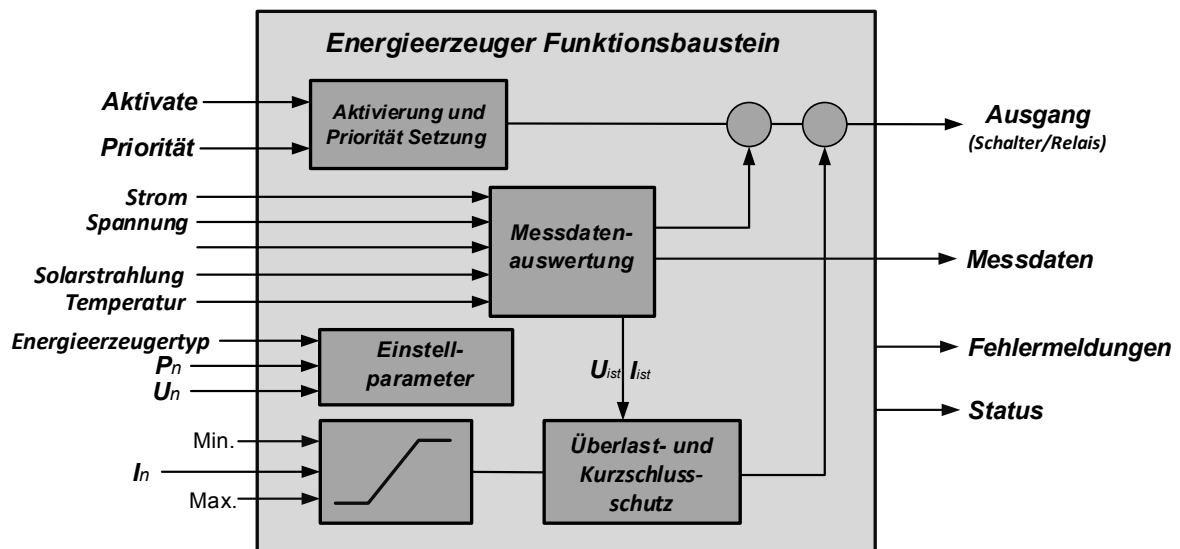
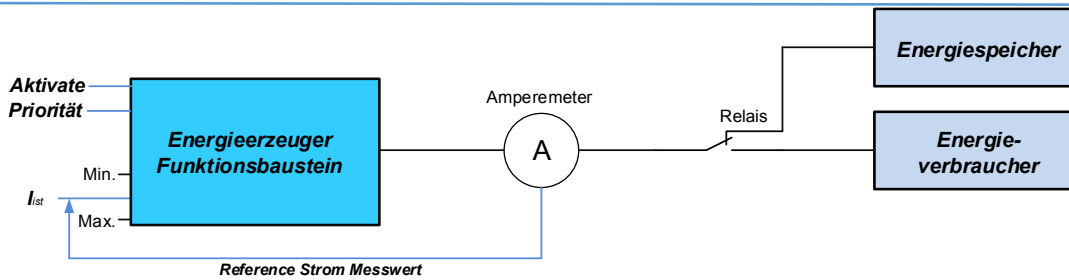


Fig.10 Bausteinaufbau der Energieerzeuger mit entsprechenden Ein- und Ausgängen



**Fig. 10a** Umschaltung zwischen Verbraucher- und Speichersystemen entsprechend ermittelten Messwerten und eingestellten Priorität.

Die Funktionsbausteine werden vom Benutzer entsprechend konfiguriert. Dafür werden keine Programmierkenntnisse benötigt; alle Einstellungen können durch die visuelle Oberfläche gesteuert werden. Der Benutzer muss die Eingangsparameter der definieren Nennströme des angeschlossenen System, sowie die maximalen und minimalen Strommesswerte zur korrekten Einstellungen des Schutzsystem eingeben. Die Spannungsmesswerte erlauben eine rechtzeitige Unter- oder Überspannungserkennung. Ebenso wird für die korrekte Auswertung der passende Messdatentyp benötigt. Durch passenden Messdaten-Eingangsaktivierung, wie z.B. Windgeschwindigkeit, elektrische Messparameter (Strom und Spannung) oder Sonneneinstrahlung etc. Ein Beispiel ist die Aktivierung des Windgeschwindigkeitsmesseingangs, wodurch das Programm die Messdaten vom Anemometer und Temperaturmesssensor erkennt. Das gleiche geschieht bei der Definition des Energieerzeugertyps, z.B. durch die Eingabe der Windenergieanlage mit entsprechendem Turbinentyp (Vertikal- oder Horizontalrotor mit bestimmter Rotorblattanzahl). Nachfolgend werden automatisch passende Messparameter aufgenommen. Die Energieerzeugertypen sind als Integernummer definiert, wie Tab. 1 zeigt. Ein neuer Energieerzeugertyp kann problemlos nachträglich zugeführt werden.

Nr.	Energieerzeugertypen
1	Klassische Dreiblattwindturbine mit Horizontalrotor
2	Zweiblattwindturbine mit Horizontalrotor
3	Einblattwindturbine mit horizontalem Rotor
4	Amerikanisches Windrad (mehrlätriger, horizontaler Rotor)
5	Savinous Windturbine mit vertikalem Rotor
6	Dareous Windturbine mit vertikalem Rotor
7	Windturbine (anderer Typ)
8	Photovoltaikanlage mit polykristallinen Zellentypen
9	Photovoltaikanlage mit monokristallinen Zellentypen
10	Photovoltaikanlage (anderer Typ)
11	Stirling-Generator mit Solarkonzentrator
12	Stirling-Generator (anderer Typ)
13	Wasserkraftanlage mit Pelton-Turbine
14	Wasserkraftanlage mit Francis-Turbine
15	Wasserkraftanlage (anderer Typ)
16	Alkalische Brennstoffzelle (AFC)
17	Polymerelektrolyt-Brennstoffzelle (PEMFC)
18	Direktmethanol-Brennstoffzelle (DMFC)
19	Phosphorsäure-Brennstoffzelle (PAFC)
20	Schmelzkarbonat-Brennstoffzelle (MCFC)
21	Festoxid-Brennstoffzelle (SOFC)
22	Reserve

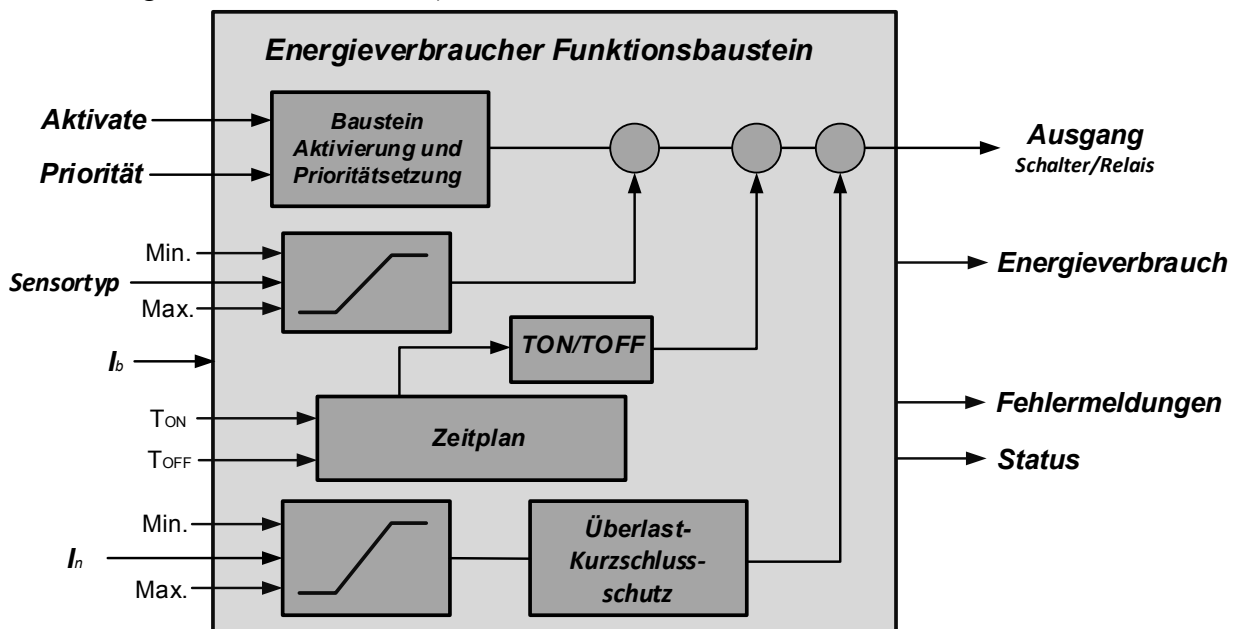
**Tabelle 1:** Auflistung der Energieerzeugertypen-Nummern.



Auch bei verschiedenen Energieerzeugertypen sollen elektrische Leistungen und Spannungen, sowie die Stromart (Wechselstrom (AC) oder Direktstrom (DC)) definiert werden. Je präziser die Eingangsparameter definiert sind, desto genauer können alle programminternen Berechnungen ausgeführt werden, und die Energieerzeuger werden passend in das Gesamtsystem integriert.

Die Priorität bei der Energieerzeugung muss ebenfalls zwingend festgelegt werden, um die Verbraucher und Speichersysteme entsprechend der erzeugten Energiemenge passend zuzuschalten. Die individuellen Anpassungen sind durch Basisfunktionen und Funktionsbausteine realisiert. Die Ausgangsdaten sind die Einsteuerung der Schaltgeräte, Messdaten, Fehlermeldungen und Statusanzeigen.

Fig. 11 zeigt den Bausteinaufbau der Energieverbraucher mit ähnlichen Einstellungen wie bei Energieerzeugerbausteinen, wie z.B. Activate, Priorität und Strombegrenzung mit Nennstromeingabe  $I_n$  und min./max. Grenzwerten, und zusätzliche Einstellungen für den Verbraucher: Betriebsstrom  $I_b$  mit entsprechenden Eingaben für Direkt- oder Wechselstrom. Zeiteinteilungen für Verbraucher, die bei bestimmten Zeitintervallen eingeschaltet werden sollen (wie z.B. Heizung, Waschmaschine etc.).



**Fig.11** Bausteinaufbau der Energieverbraucher mit entsprechenden Ein- und Ausgängen

Zusätzlich sind Eingaben für den Sensortyp entsprechend Tabelle 2 und Grenzwerte definiert um den Energieverbraucher bei Erreichen bestimmter Grenzwerten ein- oder auszuschalten.

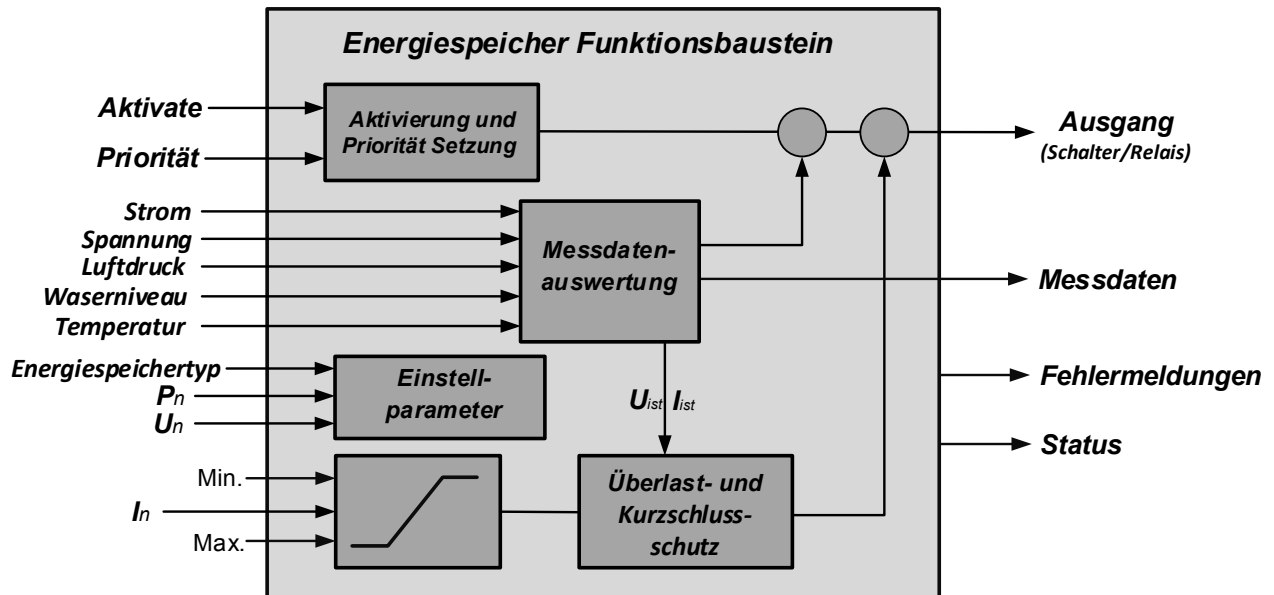
Nr.	Sensortypen
1	Temperatursensor (Innenraum)
2	Temperatursensor (außen)
3	Temperatursensor (anderer Typ)
4	Feuchtigkeitssensor (Innenraum)
5	Feuchtigkeitssensor (Bodenfeuchtigkeit)
6	Feuchtigkeitssensor (anderer Typ)
7	Windmesssensor (Anemometer)
8	Solarstrahlungsmesssensor
9	weitere Sensoren

**Tabelle 2:** Definition der Sensortypen



Die Ausgangsparameter umfassen die Einsteuerung der Schaltgeräte, Fehlermeldungen und Statusanzeigen, sowie Energieverbrauchsmessdaten, um den genauen jährlichen Energieverbrauch auszuwerten.

Fig. 12 zeigt den Bausteinaufbau des Energiespeichersystems. Eingangsdaten sind Einstellwerte für den Überlast- und Kurzschlussschutz und technische Parameter des Speichersystems, wie z.B. das Wasserniveau vom Pumpwasserspeicher oder der Luftdruck für den Luftdruckspeicher und die Temperatur des Wärmespeichers etc., sowie die Definition des Speichertyps.



**Fig. 12** Bausteinaufbau das Energiespeichersystem mit entsprechenden Ein- und Ausgängen Die Speichertypen werden durch die Eingabe der elektrischen Parameter und des Typs (Integer Wert wie im Tabelle 3 aufgelistet) definiert.

Nr.	Energiespeichertypen
1	Batteriespeicher (Bleibatterie)
2	Batteriespeicher (Lithium-Ionbatterie)
3	Batteriespeicher (anderer Typ)
4	Pumpwasserspeicher
5	Wärmespeicher
6	Druckluftspeicher
7	Reserve
8	...

**Tabelle3:** Die Energiespeichertypen

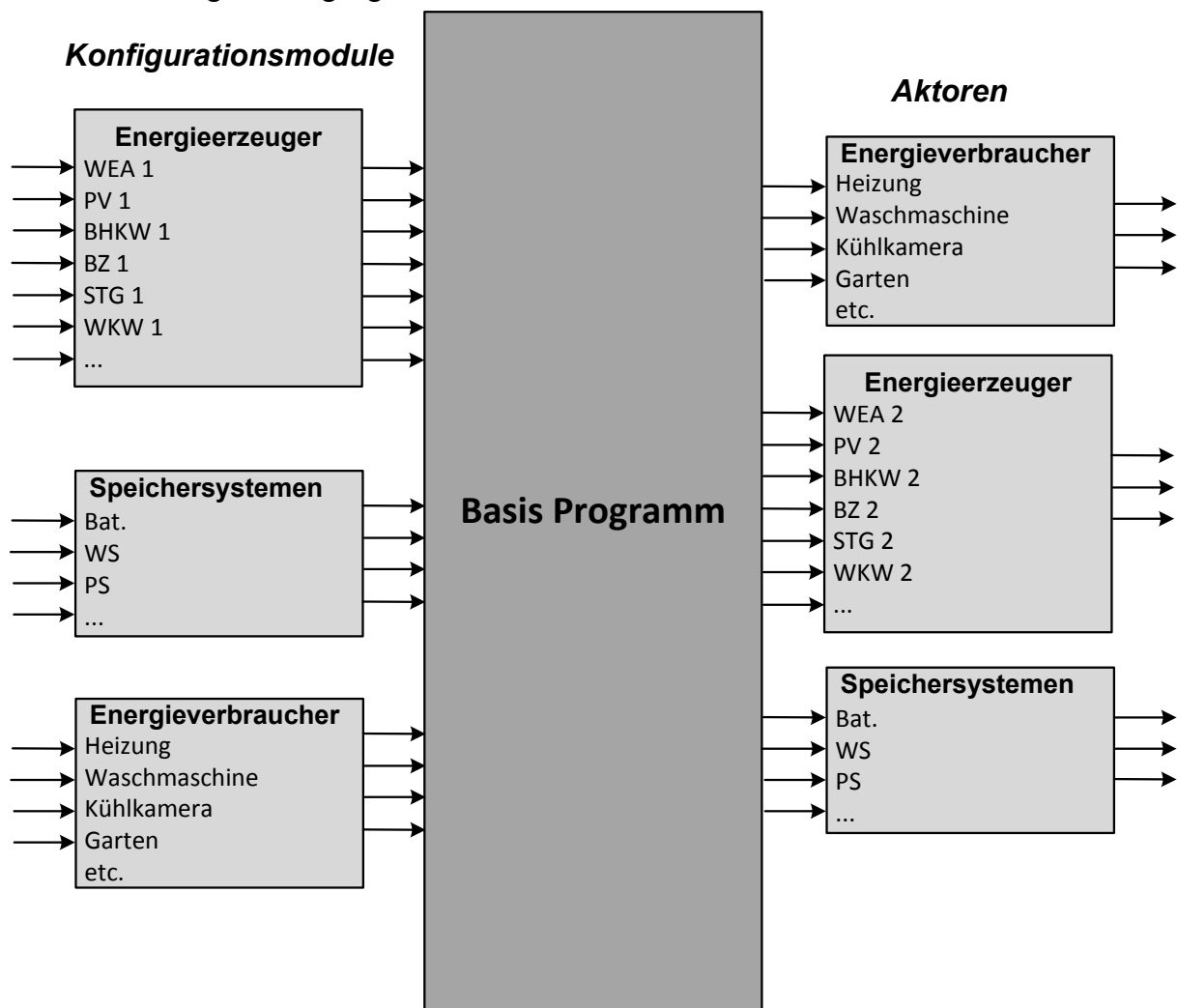
Auch bei den Energieerzeugertypen sollen elektrische Leistung und Spannung sowie die Stromarten (Wechselstrom (AC) oder Direktstrom (DC)) definiert werden. Je präziser die Eingangsparameter definiert sind, desto genauer können alle programminternen Berechnungen ausgeführt werden, und die Energieerzeuger werden passend in das Gesamtsystem integriert.

Die Priorität bei der Energieerzeugung muss ebenfalls zwingend festgelegt werden, um die Verbraucher und Speichersysteme entsprechend der erzeugten Energiemenge passend zuzuschalten.

Die Ausgangsparameter umfassen die Einsteuerung der Schaltgeräte, Fehlermeldungen und Statusanzeigen als auch Messdaten.



Fig. 13 zeigt ein grafisches Übersichtsmodell vom Steuerungsbasisprogramm des Flexiblen Systems für eine autarke Energieversorgung.



**Fig. 13:** Grafische Übersichtsmodell von Steuerungsbasisprogramms des Flexiblen Systems für eine autarke Energieversorgung.

Im Steuerungsprogramm wird festgelegt, welche Funktionen und in welcher Reihenfolge sie ausgeführt werden. Entsprechend den Prioritäten werden Programmteile in der jeweiligen Reihenfolge ausgeführt. Das für die Vorrichtung entwickelte Steuerungsprogramm ist ein selbstlernendes System – anhand der erhaltenen Messdaten zu Windgeschwindigkeit und Sonneneinstrahlung kann das Programm eine mittlere Windgeschwindigkeit bzw. Sonneneinstrahlungsstärke ermitteln und entsprechend die Energieflüsse aufteilen. Bei starkem Wind z.B. kann das Programm einen Befehl zur Einschaltung der Starkstromenergieverbraucher wie z.B. der Waschmaschine oder der Heizung (bei Haushalten) erteilen. Die Berechnungsmethoden in den Funktionsbausteinen sind offen und sollen im Benutzerhandbuch erläutert werden. Argumentierte Änderungen und Anpassungen sind möglich.

Alle Berechnungsverfahren mit zugehörigen Referenzkurven, Korrekturfaktoren für Luftfeuchtigkeit und Temperatur, sowie mathematische Verfahren für den gleitenden Mittelwert und dynamische Korrekturfaktorenbildung etc., sind in der Kompaktsteuerung hinterlegt. Das ganze Berechnungsverfahren wird lokal und ohne Eingriff von außen in der Hardware ausgeführt.

Das Programm ist flexibel aufgebaut, die Vielfalt an verschiedenen Anschlussvarianten mit verschiedenen Betriebsmitteln ist einfach ausgeführt. Die Flexibilität bezüglich der aufgenommenen





Daten (z.B. Messdaten und Signale von den standardisierten analogen und digitalen Schnittstellen oder MODBUS, PROFIBUS etc.) ist gewährleistet.

Die variablen Messwerte und Fehlermeldungen sind in Array angelegt werden.

Die Kommunikation ist mit Hilfe von standardisierten Funktionsbausteinen realisiert.

Das Programm ist funktionell und übersichtlich aufgebaut, mit einer vereinfachten Kommunikations-Schnittstelle für verschiedene Systeme mit MODBUS, PROFIBUS, mit einer seriellen Schnittstelle RS 485/232 etc. und einem relativ intuitiven Programmaufbau mit einfachem Zugang zu den kommunizierten Daten (Messwerte, Parameter, Fehler und Befehle etc.).

Das Kommunikationsmodell ist in der Datenübertragung und Auswertung (Visualisierung, Service und Wartung) ebenfalls einfach und funktionell aufgebaut.

Die Vorrichtungssicherheit ist durch selektive Schutzeinrichtungen gewährleistet, durch permanente Überwachung von elektrischen Stromkreisen – und falls nötig Spannungen. Alle Schutzgeräte sind mit Fehlermeldungen ausgestattet. Die Fernüberwachung durch aktive Schaltausgänge und potenzialfreiem Relaiskontakt muss vorhanden sein.

Die Steuerung nimmt alle Messdaten von verschiedenen Quellen auf, synchronisiert sie entsprechend (Zeitstempelvergleich) und bildet gleitende Mittelwerte von den ermittelten Messdaten. Die Messdaten für die Mittelwertbildung werden im Array gespeichert, um die gleitenden Mittelwerte zu bilden.

Entsprechend gebildete Mittelwerte werden über die Kommunikationsschnittstelle weitergeleitet, und als Backup im externen Speicher gespeichert. Die Messdaten werden grundsätzlich für die Ermittlung des Betriebsmittelzustandes verwendet und ebenso für den Überlastschutz.