

Wolfgang Weller

Solarstrom kombiniert mit Wasserstofftechnologie – ein innovatives Konzept zur Realisierung von Energieautarkie

Die klassische Lösung

Eine wesentliche Erscheinung im Zusammenhang mit der Energiewende ist die zunehmende Einrichtung von Inselnetzen im Bereich von Wohneinheiten und Produktionsstätten zum Zweck einer weitgehenden Eigenversorgung mit selbst erzeugtem Solarstrom. Der Einsatz der dafür benutzten Photovoltaikanlagen führt dabei zu dem Problem, dass die Stromerzeugung aus dieser Quelle erheblichen Fluktuationen unterliegt, die ihre Ursache in wetter- und tageszeitlichen Einflüssen haben. Somit sind systeminterne Ausgleichsmaßnahmen erforderlich, um eine durchgängige Deckung des ebenfalls in weiten Grenzen variierenden Energiebedarfs zu gewährleisten. Eine wesentliche Maßnahme ist dabei der Einsatz eines lokalen Stromspeichers. Bei entsprechender Bemessung der Komponenten und sachgerechtem Energiemanagement gelingt es dann im Normalfall, eine energetische Eigenversorgung der betreffenden Wohnanlage sicherzustellen. Dennoch können Situationen auftreten, in denen die verfügbaren Möglichkeiten nicht mehr ausreichen, um das Energiegleichgewicht zu gewährleisten. Solche Situationen kann es bei zu geringer Sonnenstrahlung während der kurzen Wintertage oder bei länger andauernder Wolkenbedeckung des Himmels geben, sodass nur ungenügend Strom erzeugt wird. Auch das Gegenstück ist möglich. So kann es im Sommer ebenfalls Probleme geben, wenn bei anhaltendem Hochdruckwetter ein Überangebot an Ökostrom entsteht, welches zu einer Überlastung des Inselnetzes führen würde. In solchen Fällen sind somit spezielle Maßnahmen zu treffen, um eine sichere lokale Energieversorgung zu gewährleisten bzw. Schaden von der Anlage abzuwenden.

Zur Bewältigung solcher Ungleichgewichte wurden bisher externe Hilfen in Anspruch genommen, deren wichtigste die vorübergehende Kopplung der solar betriebenen Inselnetze mit dem Öffentlichen Stromnetz ist. Diese Problemlösung bietet die Möglichkeit, überschüssigen Solarstrom in das öffentliche Netz abzuleiten, sodass Schäden im Inselnetz durch Überlastung vermieden werden. Diese Stromabnahme wird staatlicherseits garantiert und sogar noch vergütet. Eine Verbindung zum Öffentlichen Netz wird auch bei Strommangel hergestellt und dient dann dem Zweck, das Defizit durch einen, in diesem Fall kostenpflichtigen, Strombezug auszugleichen.

Die hier genannten externen Ausgleichsmaßnahmen setzen eine Zugänglichkeit zum Öffentlichen Stromnetz voraus, was in entlegenen Gegenden oft nicht gegeben ist. Des Weiteren ist zu bedenken, dass der externe Strombezug nicht unbedingt regenerativen Quellen entstammen muss. Somit leistet der derzeit vorzugsweise genutzte netzgekoppelte Betrieb von solarbetriebenen Inselnetzen zwar einen beachtlichen Beitrag zur Energiewende, erfüllt jedoch nicht alle Wünsche. Insbesondere ist auf diese Weise kein vollständig energieautarker Betrieb realisierbar. Somit besteht ein Bedarf nach weiteren Verbesserungen getreu dem Slogan: „Gutes kann immer noch verbessert werden“. Dazu wollen wir mit dem nachfolgend dargelegten Vorschlag einen Beitrag leisten.

Philosophie des neuen Lösungsvorschlags

Unserem Lösungsvorschlag sei das Ziel vorangestellt, eine sichere vollautarke Energieversorgung zu gewährleisten ohne in Extremfällen ein Öffentliches Stromnetz in Anspruch zu nehmen und dabei ausschließlich selbst erzeugten Solarstrom zu verwenden. Das bedeutet wiederum, dass solche energieautarken Inselnetze in der Lage sein müssen, dieses Ziel durch inhärente Maßnahmen zu erreichen.

Unsere Lösungsidee besteht darin, das Stromversorgungssystem in zwei Teile aufzugliedern. Dazu dient der eine Teil, den wir *Basissystem* nennen wollen, der routinemäßigen Versorgung mit dem benötigten Solarstrom. Dieses Teilsystem basiert auf rein elektrischer Technologie, weshalb zu den

Hauptkomponenten die Photovoltaikanlage samt den benötigten Stromwandlern sowie ein integrierter Akkumulator zur temporären Stromspeicherung gehört. Es wird noch ein zweites Subsystem benötigt, welches das Basissystem in besonderen Extremfällen unterstützt.

Schaut man sich nach den Möglichkeiten um, die geschilderte, durchaus anspruchsvolle Aufgabenstellung für das Ergänzungssystem technisch umzusetzen, so orientieren wir hier auf Einsatz der *Wasserstoff-Technologie*. Für diese Entscheidung war vor allem maßgebend, dass Wasserstoff ein Energieträger hoher Energiedichte ist, der sich auch gut speichern lässt.

Die Funktion eines solchen aus zwei Komponenten bestehenden Energieversorgungssystems besteht nun darin, dass vom Basissystem abgegebener überschüssiger Strom, wann immer er vorhanden ist, zur Erzeugung von Wasserstoff genutzt wird. Dieser lässt sich auf elektrohydrolytischem Weg lokal erzeugen. Für die Rückgewinnung von Elektroenergie aus Wasserstoff können *Brennstoffzellen* eingesetzt werden. Diese wandeln den Energieträger Wasserstoff in Mangelsituationen in Strom um. Da Strombezug und -abgabe in unterschiedlichen Situationen stattfinden, bedarf es der Speicherung des Wasserstoffs. Dieses Zusatzsystem soll seine Funktion auch über einen längeren Zeitraum erfüllen können, weshalb es nötig ist, durchaus höhere Energiebeträge zu speichern. Dafür ist aber das Gas Wasserstoff wegen seiner hohen Energiedichte bestens geeignet. Somit gibt es für die Teilprozesse der Wasserstoffproduktion, Speicherung und Umsetzung in elektrischen Strom offensichtlich technische Lösungen, an die man anknüpfen kann.

Komponenten der Wasserstofftechnologie

Für die Generierung des benötigten Wasserstoffgases soll ein *Wasserelektrolysateur* eingesetzt werden. Seine Funktion ist dadurch bestimmt, dass sich in Wasser, welches durch Zusatz eines Elektrolyten leitfähig gemacht wurde, bei Anlegung einer Gleichspannung zwischen zwei Elektroden eine Ionenwanderung entstehen lässt. Dabei reichert sich molekularer Wasserstoff H_2 an der Kathode (Minuspol) und Sauerstoff O_2 an der Anode (Pluspol) an. Für die Wasserelektrolyse wurden verschiedene Verfahren entwickelt, unter denen die alkalische Elektrolyse für unsere Zwecke als besonders geeignet erscheint. Hierzu gibt es auch die meisten Produktangebote, worüber in [1] eine Übersicht geboten wird. Die Wasserelektrolyse wird bei Auftreten eines Überangebots von selbsterzeugtem Solarstrom aktiviert und kann diesen dementsprechend sinnvoll zur Wasserstofferzeugung nutzen.

Der von einer Wasserelektrolyseanlage produzierte Wasserstoff ist ein wertvoller Energieträger von hoher Energiedichte, der effektiv und langfristig gespeichert werden kann. Für den betrachteten Einsatzzweck eignen sich dafür insbesondere Wasserstoff-Kartuschen, wie sie beispielsweise unter der Bezeichnung *MyFC PowerTrek-Puck* von der Firma *Conrad Elektronik SE* für wenig Geld angeboten werden. Für die Betankung wird noch ein entsprechendes Ladegerät benötigt, das ebenfalls kommerziell im Angebot steht [2].

Als dritte Komponente ist die *Brennstoffzelle* zu betrachten. Diese wandelt den gespeicherten Wasserstoff, indem sie diesen bei Bedarf sozusagen „verstromt“. Der dabei als Nebenprodukt anfallende Sauerstoff wird, sofern es für ihn keine andere Verwendung gibt, an die Umgebungsluft abgegeben. Das Abprodukt der Brennstoffzelle ist Wasser, das in einem Behälter aufgefangen und dem Wasserelektrolysator wieder zugeführt wird. Der auf diese Weise erzeugte Strom kann nun bedarfsweise in das Inselnetz eingespeist werden.

Bei den Brennstoffzellen handelt es sich um galvanische Zellen, welche die Energie eines chemischen Trägers, im vorliegenden Fall also von Wasserstoff, unter Mitwirkung von Sauerstoff als Oxydator mit hohem Wirkungsgrad in elektrischen Strom verwandeln. Der Aufbau von Brennstoffzellen wird durch zwei Elektroden bestimmt, zwischen denen sich eine Membran bzw. ein Elektrolyt befindet [3]. Brennstoffzellen kommen ohne bewegliche mechanische Komponenten aus, arbeiten schwingungsfrei und geräuschlos und hinterlassen ein umweltfreundliches Abprodukt in Form von Wasser. Damit steht

ein Bauteil zur Verfügung, das keinerlei Emissionen erzeugt und daher absolut klimaneutral Strom liefern kann.

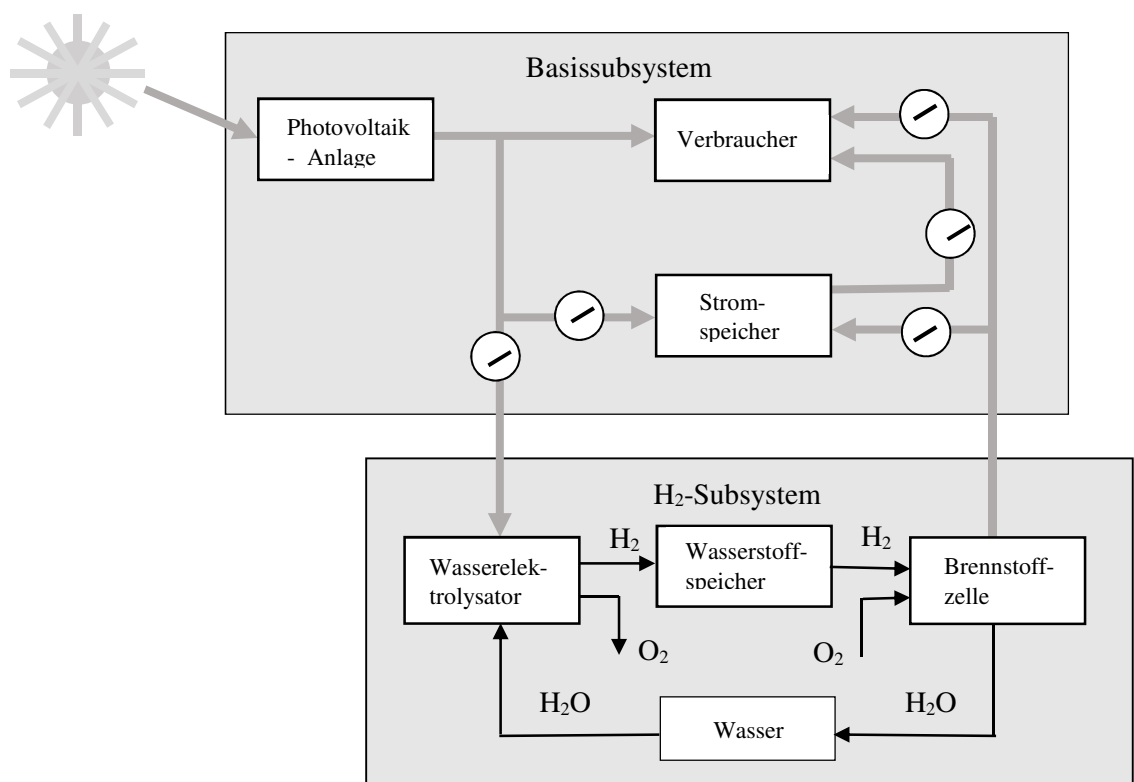
Für den Einsatz der Brennstoffzellen zeichnen sich derzeit zwei Haupteinsatzgebiete ab. Dazu zählt einerseits die *Automobilbranche*. Hier wird der Einsatz von Brennstoffzellen als eine der bestehenden Möglichkeiten zur Realisierung von Elektromobilen gesehen, die besonders umweltfreundlich ist. Der dafür eingesetzte Energieträger ist Wasserstoff, der zuvor aus anderen Energieträgern, wie Erd-, Flüssig- oder Biogas gewonnen wird und von öffentlichen Tankstellen bereitgestellt wird. Der im Fahrzeug gespeicherte Wasserstoff wird mittels Brennstoffzelle in Strom gewandelt, der zum Elektroantrieb genutzt wird. Mit der Entwicklung dieser Technologie sind mehrere der großen Fahrzeughersteller befasst. Trotz der erheblichen Vorteile ist der Einsatz von Brennstoffzellen im Automobil noch recht begrenzt, was vor allem an der noch weitgehend fehlenden flächendeckenden Infrastruktur für die Betankung liegt.

Der zweite Anwendungsschwerpunkt der Wasserstofftechnologie ist die *Hausenergie-technik*. Auch hier beschäftigen sich inzwischen die großen Anbieter für Heizungstechnik, wie *Viessmann* und *Vaillant* u. a. , mit dem Einsatz von Brennstoffzellen in Wohnanlagen, wobei allerdings die Verwendung für Heizungszwecke im Vordergrund steht. Die Eignung der Brennstofftechnologie im häuslichen Alltagseinsatz wurde in einem von der Bundesregierung geförderten sog. *CALLUX-Test* untersucht und erbrachte offenbar ein recht ermutigendes Ergebnis [4]. Dabei zeigte sich, dass recht unterschiedliche Lösungen verfolgt werden.

Für unseren Anwendungsfall werden Brennstoffzellen zumeist in Form von Kleinanlagen benötigt. Wie einer diesbezüglichen Recherche zu entnehmen ist, gibt es derzeit mit 52 Anbietern durchaus beachtliches kommerzielles Angebot an Mini-Brennstoffzellen [5]. Der Leistungsumfang liegt im Bereich von 5 – 10 kW bei Kosten zwischen 1.500 – 5.000 € [6], [7]. Es ist zu vermuten, dass bei der KfW (Kreditanstalt für Wiederaufbau) unter dem Titel *Zuschuss Brennstoffzelle* eine Förderung der entstehenden Investitionskosten beantragt werden kann.

Konzept für energieautarke Wohneinheiten mit Solarstromerzeugung und integrierter Wasserstofftechnologie

Nach den vorstehenden Untersuchungen können wir nunmehr das Konzept vorgeschlagenen Gesamtlösung vorstellen, welches die folgende Grafik veranschaulicht



vereinfachte Darstellung der vorgeschlagenen Struktur für vollständig autarke Inselnetze

Wie ersichtlich, enthält die Anordnung zwei Teilsysteme, die hier *Basissubsystem* und *H₂-Subsystem* genannt werden. Jedes dieser Subsysteme besteht aus mehreren Komponenten, zwischen denen bedarfsweise elektrische Energieflüsse in der dargestellten Richtung ausgetauscht werden. Diese Energieflüsse wurden in der Grafik durch graue gepfeilte Linien veranschaulicht. Die Möglichkeit der Freigabe dieser Strompfade wird hier durch Kreise symbolisiert, die Schalter symbolisieren sollen. Die zugehörigen Stelleingriffe erfolgen durch Auswertung des momentan vorliegenden Systemzustands. Dieser Zustand wird durch mehrere Signale erfasst, deren erzeugende Sensoren aus Übersichtsgründen in der Grafik nicht enthalten sind. Aus gleichem Grund wurde auch auf die Veranschaulichung der verschiedentlich notwendigen Wechselrichter verzichtet, welche für die Wandlung des gewonnenen Gleichstroms in verbrauchergerechten Wechselstrom des jeweiligen Potenzials benötigt werden.

Beide Subsysteme haben unterschiedliche Aufgabenstellungen zu erfüllen. Dazu ist das oben angeordnete *Basissubsystem* für die weitgehende Eigenversorgung des Inselnetzes mit Ökostrom im Normalbetrieb zuständig. Die Kapazitäten von Photovoltaikanlage und Stromspeicher sollen soweit austariert sein, dass der im Inselnetz bestehende Strombedarf trotz der Fluktuationen der Solarstromerzeugung im Normalbetrieb unter Vorhaltung einer kleinen Reserve abgedeckt wird.

Funktion des autarken Energiesystems mit integrierter Wasserstoffanlage

Die Funktion der Stromversorgungsanlage wird dadurch bestimmt, dass der von der Photovoltaikanlage abgegebene Strom vorzugsweise zur Deckung des internen Verbrauchs genutzt wird. Sofern weiterer Ökostrom zur Verfügung steht, wird dieser zur Ladung des Stromspeichers eingesetzt, falls dessen Kapazitätsgrenze noch nicht erreicht ist. Bei Energiemangel wird zunächst versucht, das Defizit durch Stromentnahme aus dem Akku zu kompensieren, sofern dessen Ladung noch nicht erschöpft ist.

Sind alle internen Möglichkeiten des Ausgleichs ausgeschöpft, so kommt das vorgeschlagene *H₂-Subsystem* zum Einsatz, dessen Funktion auf dem Einsatz der Wasserstofftechnologie beruht. Dabei wird die hohe Speicherdichte eines energiereichen Speichermediums genutzt. Dieses Subsystem tritt einerseits bei einem *Überschuss* an Ökostrom in Aktion, indem dessen Energie zur Erzeugung des Mediums *Wasserstoff* eingesetzt wird. Dieses Gas wird von einem Elektrolyзатор durch Spaltung von ionisiertem Wasser erzeugt, wobei neben molekularem Wasserstoff *H₂* auch Sauerstoff *O₂* entsteht. Der bei diesem Prozess verbrauchte Strom schützt zugleich das Inselnetz vor einer Überlastung. Der gewonnene Wasserstoff wird als wertvolle zusätzliche Energiequelle in einem Gasspeicher zwischengelagert, auf den in extremen Bedarfssituationen zurückgegriffen werden kann. Die Komponente Sauerstoff wird hingegen an die Atmosphäre abgegeben.

Das *H₂-Subsystem* wird außerdem aktiviert, wenn es, etwa bei extremen Wettersituationen oder unerwartet hohem Energiebedarf, zu einer Mangelsituation kommt, die vom Basissystem nicht mehr ausgeglichen werden kann. Der fehlende Strom wird dann von der Brennstoffzelle geliefert, die den dazu benötigten Wasserstoff dem Gasspeicher entnimmt. Der für die Synthese ebenfalls benötigte Sauerstoff wird aus der Umgebung bezogen. Die Brennstoffzelle liefert aus diesen Komponenten den benötigten Gleichstrom unter Abgabe von Wasser. Die Einspeisung dieses zusätzlichen Stroms dient dann der Gewährleistung des Energiegleichgewichts im Inselnetz auch in Extremfällen. Mit dem Rückgang der Mangelsituation wird die Brennstoffzelle wieder deaktiviert.

Der Betrieb der hier vorgestellten Stromversorgungsanlage verlangt ein kluges Energiemanagement, das einer anspruchsvollen Automatik mit intelligentem Verhalten übertragen wird. Ihre funktionelle Beschreibung übersteigt jedoch den hier vorgegebenen Rahmen.

Es mag noch die Frage aufkommen, ob man mit den vorstehend geschilderten Maßnahmen auch für ganz extreme Notfälle hinreichend gerüstet ist. Sollten dies tatsächlich eintreten, so verfügt der Bewohner von Wohnanlagen noch über folgende Maßnahmen zur Schadensabwehr: Bei einem langdauernden Überangebot von Solarstrom besteht die einfachste Art damit fertig zu werden, in der künstlichen Erhöhung des Verbrauchs. Möglichkeiten dazu sind die Einschaltung von an sich unnötigen Beleuchtungen oder die Umwandlung von Strom in Wärme. Längerfristigem Strommangel hingegen kann am einfachsten durch eine möglichst drastische Senkung des Verbrauchs begegnet werden. Zu den Kandidaten gehören insbesondere Großverbraucher, wie Waschmaschine, Trockner und Geschirrspüler, deren Betrieb dann auf „bessere“ Zeiten verschoben wird. Die Ganzvorsichtigen können eine zusätzliche Vorsorge treffen, indem sie einige der preiswerten Wasserstoffkartuschen wohlgefüllt in Vorrat halten. Deren Inhalt kann dann im äußersten Notfall zur Speisung der Brennstoffzelle eingesetzt werden und damit zur zusätzlichen Stromerzeugung dienen.

Die hier dargebotene Konzeption ermöglicht die Realisierung von Inselnetzen, die ausschließlich mit regenerativer Energie aus solaren Quellen betrieben werden und dabei vollständig energieautark sind. Damit eröffnen sich neue Horizonte für den Einsatz solcher Systeme. Dies wurde vor einiger Zeit u. a. auch von der Weltraumtechnologie erkannt, welche auch zu den Erstanwendern der Brennstoffzellen-Technologie gehört. Diese Technologie eignet sich möglicherweise auch für die energetische Versorgung künftiger Stationen auf Himmelskörpern. Auf der Erde eröffnen sich Nutzungsmöglichkeiten in dünn besiedelten Gebieten, auf Inseln sowie in Fahrzeugen jeglicher Art. Die vorgestellte Lösungskonzeption böte auch die Möglichkeit der Entwicklung sich selbst versorgender energieautarker Kapseln, die bei Expeditionen überall in der Welt abgesetzt werden können.

Einsatzmöglichkeiten der kombinierten Solar- und Wasserstofftechnologie

Das hier vorgestellte Konzept zur vollautarken dezentralen Versorgung mit solar erzeugtem Strom dürfte zunächst für all die Benutzer von Wohnanlagen von Interesse sein, die keinen Zugang zum Öffentlichen Stromnetz haben. Dazu zählen die Bewohner abseitiger Liegenschaften, insbesondere die Bewohner von Bergregionen, Einödhöfen oder auch Inseln, wie sie beispielsweise auf den vielen besiedelten Schären zwischen Schweden und Finnland leben. Weitere Anwendungsmöglichkeiten werden für Behausungen in arktischen Gebieten, Wüstenoasen oder auch Forschungsstationen gesehen. Die klimafreundliche Energieversorgung bei vollständiger energetischer Autarkie ist ebenfalls für all jene von Interesse, die auf strikten Bezug von Ökostrom achten, völlig energieautark sein möchten oder auch immun gegenüber Black Outs im Netz sowie Angriffen von Hackern sein möchten.

Neben der sicheren Versorgung einzelner Wohnanlagen mit Ökostrom kann auch an die Belieferung von Gruppen interessierter Nutzer gedacht werden. Dazu würden sowohl Bewohner von Mehrfamilienhäusern als auch die Ansammlungen von eigenen Wohnanlagen in kleineren oder auch größeren Kommunen gehören, die sich gemeinschaftlich am Betrieb eines energieautarken Inselnetzes beteiligen.

Des Weiteren entstand die Idee, auch das Problem der Notstromversorgung auf neuartige Weise zu lösen, indem die bisher dafür in Krankenhäusern, Rechenzentren, bei den Medien und anderen Bedarfsträgern eingesetzten hauseigenen Dieseldieseln durch eine auf der Wasserstofftechnologie beruhende Lösung substituiert werden. Bei den dafür einzusetzenden Systemen wird allerdings auf die eigenständige Erzeugung von Wasserstoff verzichtet, indem dieser – wie bei den mit diesem Energieträger betriebenen Kraftfahrzeugen – extern bezogen und lokal in entsprechenden Druckbehältern gespeichert und unter Verwendung einer Brennstoffzelle bedarfsweise verstromt wird. Diese Alternativlösung ist ökologisch vorteilhaft, da keinerlei schädliche Abgase entstehen und auch störende Geräusche dank der Verwendung eines Generators ohne bewegte mechanische Teile weitgehend vermieden werden. Ein weiterer Vorteil wäre ein dosierteres Eingreifen dieses

Stromerzeugers im Gegensatz zum Dieselerzeuger. Hier würden allerdings vermutlich wesentlich höhere elektrische Leistungen zu erbringen sein, was als lösbares Problem angesehen wird.

Über die Notstromversorgung hinausgehend, könnten womöglich die Bewohner ganzer Inseln in Zukunft anstelle von einem Dieselerzeuger mit einer entsprechend leistungsfähigen Wasserstoffanlage mit Strom versorgt werden. Hier kann die Phantasie noch viele andere Einsatzmöglichkeiten entwickeln. Wie man sieht, besteht ein erhebliches Einsatzpotenzial der Wasserstofftechnologie zur sicheren Stromerzeugung aus ökologischer Quelle.

Fazit

Die vorstehenden Ausführungen waren dem Bemühen gewidmet, das Konzept einer tragfähigen Lösung für energieautarke Wohneinheiten vorzustellen, die sich selbst komplett mit Ökostrom versorgen wollen, also energieautark sein möchten. Das bedeutet, dass die Bewohner akzeptieren, in Bezug auf die Energieversorgung völlig auf sich allein gestellt zu sein, was wiederum heißt, auf den Anschluss an das Öffentliche Stromnetz zu verzichten. Solche Verbindungen sind in besonderen Fällen nicht nur sehr aufwändig herstellbar, sondern die darüber geleiteten Stromlieferungen enthalten auch Energiequellen unbekannter Herkunft, was dem Ökoanliegen widerspricht.

Um auch in Extremsituationen trotzdem eine hohe Versorgungssicherheit zu gewährleisten, wurde hier der Vorschlag unterbreitet, ein Notfallsystem auf der Basis der Wasserstofftechnologie zu integrieren. Dieses tritt sowohl bei nicht ausgleichbarem Stromüberschuss als auch Strommangel in Tätigkeit und bewirkt im lokalen Inselnetz einen Energieausgleich.

Wie ausdrücklich zu betonen ist, hat die vorgestellte Problemlösung derzeit konzeptionellen Charakter. Daher finden auch manche der damit zusammenhängenden Teilprobleme, wie etwa die benötigte Intelligente Steuerung, hier noch keine Behandlung. Dennoch wurde Umschau auf die technische Umsetzbarkeit der vorgestellten Konzeption gehalten. So konnte anhand einer gewissen Recherche gezeigt werden, dass für die hier benötigten Komponenten der Wasserstofftechnologie durchaus marktgängige Produkte im Angebot sind, unter denen sich auch solche befinden, die für Kleinanlagen geeignet erscheinen. Somit bestehen gute Aussichten, dass die vorgeschlagene Lösung auch technisch umsetzbar ist. Für eine kurzfristige Einführung dieser Technologie sollten jedoch möglichst bald Komplettlösungen für verschiedene Einsatzfälle entwickelt und erprobt werden.

Gegen Ende der Darlegungen wurden Einsatzmöglichkeiten des vorgeschlagenen Konzepts aufgezeigt, die ein beachtliches Potenzial erkennen lassen. Unter diesen befinden sich auch Vorstellungen, welche den Einsatz der Wasserstofftechnologie als Alternative zu den Dieselmotorbetriebenen Notstromaggregaten erscheinen lassen.

post scriptum:

Der vorliegende Beitrag bietet eine erweiterte Fassung eines bereits im Internet-Magazin **Erneuerbare Energien** erschienen zweiteiligen Artikels, der dort im Archiv nur schwer auffindbar ist (s. [8]).

Literatur

[1] bergzeit Online Shop Hydrogen Reactor. see: <http://www.bergzeit.de/Hydrogen-Reaktor>

[2] NOW nationale Organisation Wasserstoff-und Brennstoffzellentechnologie.

see: <https://www.now-gmbh.de/content/5-service/2-mediathek/nip-wasserstoff-und-brennstoffzellentechnologie>

[3] planet wissen, Brennstoffzelle.

see: <http://www.planet-wissen.de/technik/energie/brennstoffzelle/index> . . .

[4] CALLUX-PRAXISTEST BRENNSTOFFZELLEN FÜRS EIGENHEIM.

see: [www.now-gmbh.de/de/bundesfoerderung-wasserstoff-und ...](http://www.now-gmbh.de/de/bundesfoerderung-wasserstoff-und-...) [5] Brennstoffzelle Camping Stromerzeuger. see: <https://www.google.com/search?client=firefox-b&q=brennstoffzelle+camping...>

[6] Neues Brennstoffzelle-BHKW für Einfamilienhäuser.

see: <http://www.bhkw-infozentrum.de/statment/neuebrennstoffzellen>

[7] Wer liefert was? GmbH (DE). see: <http://www.wlw.de/de/profile/friedrich-rath-co-kg-844783>

[8] Weller, W.: Solarstrom kombiniert mit Wasserstofftechnologie.

see: <http://www.erneuerbareenergien.de/solarstrom-kombiniert-mit-wasserstofftechnologie>. Teil 1: 02. 07. 2018, Teil 2: 03. 07. 2018