

Forschungsberichtsblatt

**Direkte solare Wasserstoffherzeugung
– Entwicklung einer technisch und wirtschaftlich
effizienten Anlage –**

von

T. Regitschnig, A. Wolfart, O. Frank
Unigea Solar Projects GmbH, Berlin

N. Knetsch, C. Reise, S. Schönberger, R. Singer, C. Voglstätter
Fraunhofer Institut für Solare Energiesysteme ISE, Freiburg

Förderkennzeichen: BWP17002-17003

Die Arbeiten des Baden-Württemberg-Programms Lebensgrundlage Umwelt und ihre
Sicherung (BWPLUS) werden mit Mitteln des Landes Baden-Württemberg gefördert

Mai 2019

Kurzbeschreibung der Forschungsergebnisse

Grüner Wasserstoff wird derzeit überwiegend aus Wind- oder Überschussstrom in Demo-Anlagen erzeugt, die jedoch nicht wirtschaftlich arbeiten und meist nach Ende des Förderzeitraumes ihren Betrieb wiedereinstellen.

In Baden-Württemberg ist die Photovoltaik der primäre regenerative Energieträger. Photovoltaik-Anlagen im MW-Maßstab liefern inzwischen den mit Abstand günstigsten Grünstrom (per 01.02.2018: 4,33 ct/kWh).

Für die großtechnische Wasserstofferzeugung in Baden-Württemberg sind damit sowohl die Kerntechnik der Elektrolyse als auch günstiger Grünstrom verfügbar. Mit dem vorliegenden Projekt sollen vorhandene technische Komponenten neu so zusammengefügt werden, dass sich eine technisch und wirtschaftlich effiziente Erzeugung grünen Wasserstoffs ergibt.

Projektnachgelagertes Ziel der Unigea Solar Projects GmbH ist die Errichtung einer Wasserstoffanlage mit direkter DC/DC-Koppelung zwischen Elektrolyse und PV-Anlage.

Hierzu wurden im Rahmen dieses Projektes wesentliche technische, wirtschaftliche und rechtliche Fragestellungen geklärt:

- Die Kernkomponente einer direkten elektrotechnischen Koppelung in Form eines DC/DC-Stellers wurde im leistungselektronischen Labor des Fraunhofer ISE vermessen. Die standardmäßig gelieferte Stromregelung des DC/DC-Stellers konnte zu einer hier deutlich effektiveren Spannungsregelung umparametrisiert werden. Der DC/DC-Steller ist generell geeignet für die vorgesehene Verwendung und liefert Gesamtwirkungsgrade im Bereich von 98%. Darüber hinaus besteht weiteres Verbesserungspotenzial an den DC/DC-Stellern bei Hard- und Software.
- Eine elektrische Anlagentopologie wurde erstellt und auf die Zielfragestellung hin optimiert. Das Konzept besteht aus einer DC-Schiene, deren Spannung durch den Betriebspunkt der direkt gekoppelten Elektrolyse-Zellstapel vorgegeben wird. Weitere DC/DC- und DC/AC-Steller passen die Spannung an die Pufferbatterie für den Nachtbetrieb an und unterhalten ein kleines batteriegestütztes AC-Inselnetz. Der Inselbetrieb der Gesamtanlage resultiert aus den gegenwärtig gegebenen rechtlichen Rahmenbedingungen.
- Die Photovoltaik-Anlage wurde hinsichtlich der Wasserstoff-Gestehungskosten unter Berücksichtigung der Wasserstoff-Verbrauchsprofile optimiert. Eine Überdimensionierung bei strikter Südausrichtung der PV-Tische ergab die geringsten Wasserstoff-Gestehungskosten. Diverse Variationen der PV-Anlage konnten die Wasserstoff-Gestehungskosten nicht weiter reduzieren. Ein Batteriepuffer erwies sich als sinnvolle Komponente zur Erhöhung des Ertrags

und Reduzierung der Kosten, sofern der Unterschied zwischen Batterie- und Elektrolyseurkosten dem im Projekt angenommenen Werten entspricht.

- Eine konkrete Anlage wurde konzeptioniert und optimiert. Diese Anlage enthält neben der o.g. elektrischen Komponenten ein leichtes Peak-Shaving mittels diverser stromverbrauchender Nebenaggregate wie Wasserreinigung, Kompression etc. Zur Deckung der Winterlücke wird ein Anlagenteil zeitweise ausgegliedert und mit grünem Netzstrom betrieben.
- Das wirtschaftliche Geschäftsmodell wurde validiert und eine Wirtschaftlichkeitsrechnung auf Basis der Grenzkostenrechnung simuliert.

Die Ergebnisse des Projektes zeigen, dass PV-Wasserstoff unter gegebenen rechtlichen Rahmenbedingungen in Baden-Württemberg und Deutschland mit dem vorgestellten Konzept für ca. 8 €/kg produziert werden kann. Die rechtlichen Randbedingungen sind nicht optimal, wurden aber als gegeben akzeptiert und bei allen Betrachtungen berücksichtigt.

Ob der Wasserstoff damit wirtschaftlich ist, ergibt sich aus dem Wert des grünen Wasserstoffs für den Kunden und aus dem Wettbewerb, der nicht immer unter den gleichen Randbedingungen agiert (bspw. Anerkennung als energieintensives Unternehmen).

Im Verlauf des Projektes haben sich auch diverse Erkenntnisse ergeben, die einen weiteren Entwicklungsbedarf aufzeigen, der eine weitere spürbare Kostensenkung und Verbesserung des Konzeptes verspricht.

Das Projekt trägt wesentlich dazu bei, den anfänglich schwierigen Übergang von fossilen auf kohlenstofffreie Energieträger, zunächst insbesondere im Mobilitätsbereich, zu meistern.

Welche Fortschritte ergeben sich für die Wissenschaft und/ oder Technik durch die Forschungsergebnisse

Obwohl die ersten größeren Elektrolyse bzw. Power-to-Gas-Projekte inzwischen die Fertigstellung erreicht haben, besteht sehr häufig das Problem eines nicht-wirtschaftlichen Betriebs, so dass diese Projekte derzeit nicht über die Demonstration der technischen Machbarkeit oder über eine kurze Demonstrationsphase hinausgehen.

Ausnahmslos sind diese Anlagen stromnetzgebundene Anlagen, die den für die Wasserstoffherzeugung notwendigen Strom über das Stromnetz beziehen, verbunden mit den daraus resultierenden zusätzlichen Kosten durch Effizienzverluste, höhere Investitionskosten, Netzentgelte, Abrechnung, Handel, etc.

Auch Wasserstoff-Anlagen, die eine Koppelung mit Photovoltaikanlagen direkt vor Ort vollziehen, arbeiten bisher immer mit einer Umwandlung des photovoltaisch erzeugten Gleichstroms hin zu Wechselstrom und einer anschließenden Gleichrichtung des Stroms für die Nutzung im Elektrolyse-Zellstapel und müssen die resultierenden Extra-Investitions- und Betriebskosten, sowie die Wirkungsgradverluste tragen.

Daher ist der im Projekt verfolgte Ansatz neu, eine Elektrolyseeinheit komplett vom Netz getrennt mit einer Gleichstromkoppelung zu betreiben. Hierdurch soll durch Vermeidung von den durch die Netznutzung entstehenden Mehrkosten und einer technisch und wirtschaftlich effizienteren Koppelung von Photovoltaik und Elektrolyse die Basis für eine wirtschaftliche und kostendeckende Pro-

duktion von 100% grünem Wasserstoff geschaffen und als innovatives, den gegenwärtigen abgaberechtlichen Vorschriften genügendes Geschäftsmodell entwickelt werden.

Nutzen, insbesondere praktische Verwertbarkeit der Ergebnisse und Erfahrungen

Mit dem Ansatz der „Direkten Solaren Wasserstofferzeugung“ kann für den Hauptwandlungsstrang auf einen Netzverknüpfungspunkt sowie der zugehörigen MS-Schaltanlage und Transformatoren verzichtet werden. Für die Kopplung von PV-Anlage und Elektrolyseur werden nur DC/DC-Steller benötigt. Auf Transformatoren sowie die zweifache Wandlung (DC zu AC im Wechselrichter / AC zu DC im Gleichrichter) kann verzichtet werden. Mit diesem Ansatz können signifikante Kosteneinsparungen auf CAPEX und OPEX Ebene erzielt werden.

Ein DC/DC-Steller ist aus leistungselektronischer Sicht einfacher als ein Wechselrichter, aufgrund der seltenen Anwendungsfälle in der Industrie sind jedoch kaum Geräte am Markt erhältlich. Der assoziierte Partner Siemens bietet zwei Geräte in der Leistungsklasse 120 kW und 30 kW an.

Die Ergebnisse der technisch- wirtschaftlichen Optimierung des hier beschriebenen Anlagenkonzeptes sowie die Labor Messungen der DC/DC Steller können direkt in die Auslegung eines Wasserstofferzeugungsprojektes fließen.

Konzept zum Ergebnis- und Forschungstransfer auch in projektfremde Anwendungen und Branchen

Der Partner Unigea Solar Projects beabsichtigt, die Ergebnisse aus dem Projekt in die Realisierung einer wirtschaftlich betriebenen Pilot-Anlage umzusetzen und strebt an, auf der Grundlage der gewonnenen Erfahrungsbasis weitere Anlagen zur wirtschaftlichen Erzeugung von grünem Wasserstoff zu realisieren.

Die patentrechtliche Situation lässt derzeit weder die Anmeldung der Gesamtkonfiguration noch von Teilen der solaren Wasserstoff-Erzeugungsanlage zum Patent zu.

Aufgrund der Kürze des Projektes konnte eine Veröffentlichung der Projektergebnisse nur projektnachgelagert geschehen. Die Ergebnisse wurden in einem Vortrag auf der IRES 2019 veröffentlicht. Ein Vortrag auf weiteren Konferenzen wird aktuell geprüft. Eine Verwertung über Artikel in mehreren Fachzeitschriften ist geplant.

Die Partner streben außerdem an, die Ergebnisse bei entsprechender Eignung als Basis für kommerzielle Projekte zu nutzen.