

# WASSERSTOFF IST DAS NEUE ÖL!

Wie Wasserstoff für die Energiewende richtig eingesetzt wird

Gewerbespeicher | Microgrid-Controller | Green Financing | Smart-Home-Systeme  
Flachdachmontage | O&M-Kosten | pv magazine highlights



## Panorama

- 6 Schwimmende Anlagen für Europa**  
pv magazine highlights: Baywa r.e. und Zimmermann PV-Stahlbau entwickeln den Markt mit einem neuen System.
- 8 Nulleinspeiser für den Klimaschutz**  
pv magazine highlights: Laudeley Betriebstechnik und E3/DC zeigen, wie sich trotz schwachem Netz große Photovoltaikanlagen realisieren lassen.
- 9 Der richtige Kompromiss?**  
pv magazine spotlight: Der Heimspeicher von RCT Power lohnt einen näheren Blick.
- 12 Neue Regeln für grünes Geld**  
EU-Parlament und Rat der Europäischen Union haben sich auf die EU-Taxonomie geeinigt. Projekte, die sich danach richten, kommen eventuell leichter an Geld.
- 16 Steuerliche Behandlung präzisiert**  
Das Bayerische Landesamt für Steuern spricht Klarheit, wie Batteriespeicher steuerlich zu behandeln sind.
- 18 Was sich im Jahr 2020 ändert**  
Einige Änderungen im Steuerrecht sind auch für Betreiber kleiner Photovoltaikanlagen interessant.

## Wasserstoff

- 20 Es ist noch einiges zu tun**  
Wir analysieren die Nationale Wasserstoffstrategie und welche Rolle sie für die Energiewende und den Solarzubau spielen kann.
- 24 So geht Klimaschutz mit Wasserstoff**  
Werden die 2020er-Jahre das, was die 1990er für die Photovoltaik waren? Richtig eingesetzt ist Wasserstoff ein Multitalent, wenn es um Klimaschutz geht.
- 28 Der Bedarf im Jahr 2050**  
Nach einem Energieszenario des Fraunhofer ISE werden rund 320 Terawattstunden Wasserstoff benötigt. 60 Prozent davon könnten hier produziert werden.
- 32 Alle können Produzenten werden**  
Ein Blick auf Elektrolyseure, auf Kosten und Technologien, von groß bis klein, für Netzbetreiber, Industriebetriebe, Eigenheimbesitzer und autarke Anwendungen.
- 37 Klimaneutrales Quartier**  
Norbert Fisch vom Steinbeis-Innovationszentrum EGS erklärt, wieso er die Neue Weststadt in Esslingen mit Wasserstoffproduktion plant, welche Erfahrungen er gemacht hat und wo er den Energieträger vermarktet.



## Mittlere und große Batteriespeicher

- 41 Und sie kommen doch**  
Ausgehend vom Marktdatenstammregister machen wir uns auf die Suche nach Betreibern von Gewerbespeichern. Mit interessanten Ergebnissen.
- 46 Der Batterie-Schwarm im Verteilnetz**  
Die Unternehmen egrid und ads-tec haben eine Methode entwickelt, um mit mittelgroßen verteilten Speichern viele Netzdienstleistungen anzubieten.
- 47 Metallfrei in die Zukunft**  
Jena Batteries ersetzt das Vanadium in Redox-Flow-Batterien und will damit zu mehr Preisstabilität und Unabhängigkeit beitragen.
- 48 Die Neuen in der Marktübersicht**  
Zwölf Anbieter sind hinzugekommen. Darunter auch solche mit Natrium-Ionen-Akkus, Salzwasserbatterien und Redox-Flow-Batterien. Wir stellen sie vor.
- 50 Marktübersicht große Batteriespeicher**  
Sie finden in der Übersicht 170 Produkte von 58 Anbietern.
- Microgrid-Controller**
- 54 Intelligentes Management**  
Erfolg und Nutzen dezentraler Mikronetze hängt maßgeblich von intelligenten Steuerungen ab.
- 58 Marktübersicht Microgrid-Controller**  
Wir nehmen die Angebote von 24 Herstellern unter die Lupe.
- 60 Microgrid-Controller im Einsatz**  
Sieben Projekte zeigen, was alles mit den Microgrid-Controllern gesteuert werden kann.

## Betrieb und Wartung

- 64 Betriebsführungskosten sinken weiter**  
Eine groß angelegte Marktstudie der ETH Zürich zeigt, welche Faktoren die O&M-Kosten sinken lassen.
- Installation**
- 68 Fehleinschätzungen vermeiden**  
Woran soll man sich bei der Ballastierung von Flachdachanlagen halten und wem soll man glauben? Windgutachter Hans Ruscheweyh beantwortet Fragen.
- 72 Wer steuert wen?**  
Es gibt erste Produkte, bei denen Smart Home und Energiemanagement verschmelzen. Wir stellen die Ansätze von fünf Anbietern dazu vor.
- 76 Produktneuheiten**  
Speicher, Module, Montage, Wechselrichter, Zubehör, Software
- 79 Inserentenliste**
- 80 Impressum**

# Klimaneutrales Quartier mit Wasserstoff

**Praxis:** Im Zentrum von Esslingen entsteht ein neues Stadtquartier mit 500 Wohnungen und einem Gebäude für die örtliche Hochschule – inklusive einem Elektrolyseur zur Produktion von grünem Wasserstoff. Damit soll das Wohnen und die Mobilität für die Bewohner klimaneutral werden.

Die Neue Weststadt in Esslingen erlaubt einen Blick in die Zukunft. Dort zieht demnächst, zusammen mit den ersten Bewohnern, eine Elektrolyseeinheit ein. Dann startet ein Testlauf mit einem Konzept, das in 10 bis 20 Jahren vielleicht ein Standard sein wird, um Wasserstoff zu erzeugen und zu nutzen. Und auch wenn das Funktionsprinzip ziemlich logisch und stringent ist, zeigt sich bei solchen Praxisbeispielen, was Planer, Hersteller und Genehmigungsbehörden noch alles lernen müssen.

Ist der Einsatz von Wärmepumpen in Kombination mit Photovoltaik heute das Non-Plus-Ultra im Gebäudebereich, will Norbert Fisch, der ansonsten ein Verfechter der Kombination Photovoltaik und Wärmepumpe ist, mit dem Projekt weitergehen. „Wir wollen etwas Innovativeres probieren, was ein absolut notwendiger Baustein zur Erreichung der Klimaschutzziele ist“, sagt der Professor für Energie- und Gebäudetechnik und wissenschaftliche Koordinator des Projektes am Steinbeis-Innovationszentrum EGS Stuttgart. Für die Umsetzung und den Betrieb der Energiezentrale und zur Vermarktung des Solarstroms, des grünen Wasserstoffs und der Wärme hat er zusammen mit Polarstern und den Stadtwerken Esslingen eigens die neue Gesellschaft Green Hydrogen Esslingen gegründet.

Dort plant Fisch nun an einem der sechs Energieeffizienz-Leuchtturmprojekte der „Förderinitiative Solares Bauen/Energieeffiziente Stadt“ von Bundeswirtschafts- und Bundesforschungsministerium die „Neue Weststadt“. „Das ist ein 100.000 Quadratmeter großes Areal im urbanen Kontext“, sagt Fisch, „und wird 400 bis 500 Wohnungen, Büro- und Gewerbeflächen und einen Neubau der Hochschule enthalten“. Es wird kompakt bebaut, schon fast ähnlich einem Berliner Quartiersblock, wie er sagt.

Und das neue Quartier wird nach der Definition von Fisch und seinen Kollegen klimaneutral. Pro Bewohner und Jahr dürfen die CO<sub>2</sub>-Emissionen eine Tonne pro Jahr nicht überschreiten. „Der Bilanzrahmen umfasst die Emissionen bedingt durch die Gebäudekonditionierung, also Heizen, Kühlen, Beleuchtung, Trinkwarmwasser sowie den Nutzerstrom und individuelle Mobilität, nicht die Errichtung der Gebäude“, erklärt Fisch.

Die Begrenzung des Fußabdrucks auf eine Tonne CO<sub>2</sub> ist quasi die Umsetzung des 85-Prozent-Ziels in den Wohnbe-

reich. Heute liegen die gebäudebezogenen Emissionen einer Person bei rund 4,5 Tonnen CO<sub>2</sub> pro Jahr. „Wenn ich heute ein Gebäude errichte, muss ich diese Emissionen um mindestens 80 Prozent reduzieren, am besten noch mehr, um nicht den Bestand noch weiter zu belasten“, sagt Fisch.

Der Startschuss für das Projekt, an dem insgesamt zehn Projektpartner beteiligt sind, fiel 2017. Inzwischen sind rund 250 Wohnungen bezogen und rund 150 weitere im Bau. Im Laufe des Jahres soll die Elektrolyseeinheit installiert werden.

Auf den folgenden Seiten lesen Sie ein Gespräch mit Norbert Fisch über seine Erfahrungen und was er bereits gelernt hat.

Fotos: EGSplan



Die ersten Wohnungen sind schon bezogen. Die Bewohner haben für Wohnen und Mobilität einen CO<sub>2</sub>-Fußabdruck unter einer Tonne im Jahr.



Norbert Fisch, Professor für Energie- und Gebäudetechnik, Leiter des Steinbeis-Innovationszentrum EGS in Stuttgart und CEO der EGS-plan Ingenieurgesellschaft, die die energetische Gesamtplanung des Quartiers bearbeitet.

## **pv magazine: Warum planen Sie die Wasserstoffherzeugung mit ein?**

**Norbert Fisch:** Wir müssen in Deutschland bis 2050 auf über 500 Gigawatt Leistung installierte Photovoltaik- und Windkraftanlagen kommen, um die CO<sub>2</sub>-Emissionen um 80 Prozent zu reduzieren. Dann haben wir an vielen Stunden im Jahr die bekannten Überkapazitäten. Es stellt sich die Frage, wie wir diese volatilen Überkapazitäten nutzen können. Dazu brauchen wir einen Energieträger, der in der Lage ist, diese Überschusskapazitäten aufzunehmen. Der grüne Wasserstoff ist aus meiner Sicht die Schlüsseltechnologie, um die Überschüsse aufzunehmen, sie zu speichern und als Sektorenkopplung in alle Bereiche zu geben, in die Mobilität und zurück in Gebäude. Wir müssen spätestens ab 2040 auch das Gasnetz dekarbonisieren.

## **Was machen Sie in diesem Projekt mit dem Wasserstoff?**

Wir vermarkten ihn in vier Richtungen. Für uns ist die Einspeisung ins Mitteldruck-Gasnetz technisch am einfachsten, obwohl es wirtschaftlich nicht sinnvoll ist. Wir brauchen daher in der Zukunft eine Einspeisevergütung für grünes Gas. Das lokale Erdgasnetz kommt mit fünf bis sechs Prozent Wasserstoffanteil zurecht. Außerdem haben wir eine Abfüllstation für Wasserstoff geplant. Dort komprimieren wir den Wasserstoff auf bis 700 Bar und fahren den Trailer zu Industrieunternehmen und Tankstellen im nahen Umfeld, die uns den grünen Wasserstoff für einen ganz vernünftigen Preis abnehmen. Im Forschungs- und Entwicklungsprojekt ist eine Zukunftstankstelle für Wasserstoff, Strom und Gas vorgesehen. Die Realisierung

ist an das zukünftige Aufkommen an Brennstoffzellenfahrzeuge gekoppelt. Der vierte Nutzungspfad des grünen Wasserstoffs ist die Rückverstromung über ein BHKW. Wir haben einen 150-Kilowatt-Wasserstoffmotor ausgeschrieben, der auch zertifiziertes Biogas verbrennen kann.

## **Warum nehmen Sie keine Brennstoffzelle?**

Wir hätten eine Brennstoffzelle genommen, wenn wir sie in der benötigten Leistung bekommen hätten. Aus Japan hätten wir eine Brennstoffzelle bekommen. Aber ich gebe in dem Projekt deutsche Steuergelder aus und da wollte ich Komponenten zumindest in Europa kaufen.

## **Hätte die Brennstoffzelle gegenüber der KWK einen Vorteil gehabt?**

Ja, die Stromkennzahl der Brennstoffzelle ist höher. Wenn die Brennstoffzelle aber 6.000 Euro pro Kilowatt kostet, kann die beste Stromkennzahl den hohen Preis nicht kompensieren. Beim Motoren-BHKW gibt es deutsche Anbieter, zum Beispiel 2G mit einer Stromkennzahl um 35 bis 38 Prozent. Bei Brennstoffzellen erreicht man 10 bis 15 Prozent höhere Stromkennzahlen.

## **Um das Viertel bilanziell klimaneutral zu machen, könnten Sie den überschüssigen Solarstrom auch einspeisen. Das wäre auch ohne Wasserstoff gegangen.**

Ja, aber wir wollten die Sektorenkopplung zur Mobilität und Industrie. Wir sind mit der Elektrolyse im Stadtquartier, um die Abwärme aus dem Prozess zu nutzen. Wir speisen die Abwärme bei 55 bis 60 Grad in unser Nahwärmenetz ein. Wir steigern dadurch den Wirkungsgrad der Elektrolyse von 55 auf 90 Prozent. Wir haben Frischwasserstationen in den Wohnungen eingebaut, so dass wir das Warmwasser mit den niedrigen Temperaturen bereitstellen können und uns nicht weiter um das Thema der Trinkwasserhygiene sorgen müssen.

**„Wir sind mit der Elektrolyse im Stadtquartier, um die Abwärme aus dem Prozess zu nutzen.“**

## **Warum planen Sie mit der Elektrolyse im Quartier. Wäre es nicht sinnvoller, sie in größerem Maßstab einzusetzen?**

Es ist klar, dass wir Elektrolyseure im Gigawatt-Leistungsbereich brauchen und dass das nicht nur dezentral in der Stadt geht. Das ist wie mit den BHKWs. Man kann große Kraftwerke zentral bauen oder kleine dezentral. Wenn ich Elektrolyse im hohen Megawattbereich machen will, gehe ich besser an den Rand der Stadt. Dort kann ich auf den Feldern Photo-

voltaikanlagen bauen, vielleicht überdacht mit Agro-Photovoltaik, und Windenergieanlagen, die den grünen Strom liefern. Die Abwärme aus den Elektrolyseuren, die 55 bis 60 Grad hat, transportieren wir über Nahwärmeleitungen in die Stadt. Mit dezentralen Großwärmepumpen lassen sich dann die Temperaturen in den Quartierszentren um 15 bis 20 Kelvin anheben. Die LKW lasse ich an den Wasserstoff-Produktionsanlagen am Rande der Stadt vorbeifahren und tanken. Da müssen wir nach meiner Vorstellung hin. Aber wir mussten jetzt erst einmal kleine Brötchen backen. Es gilt zu handeln und es gibt viel zu lernen.

## „Das ist eine Art lokale Einspeisevergütung für Wasserstoff.“

### Für welche Kosten können Sie Wasserstoff produzieren?

Wir haben für uns einen Vollkostenpreis von sieben bis acht Euro berechnet, das sind rund 20 Cent pro Kilowattstunde, wobei die Förderung durch BMWi und BMBF eingerechnet ist. Wir müssen Netzentgelte zahlen, weil wir einen großen Teil des grünen Stroms einkaufen müssen. Die 1.600 Kilowatt Photovoltaik, die wir auf dem Dach haben, sind zum Teil nicht an das Arealnetz angeschlossen, sondern sind Kundenanlagen. Das liegt an den gesetzlichen Regelungen, da wir mehr als 100 Wohneinheiten haben. Wir mussten diese großen Blöcke in Einzelkundenanlagen aufteilen und über das öffentliche Netz geben. Das ist ein Chaos, wenn man in großen Dimensionen plant.

### Was bekommen Sie für die Wasserstoffvermarktung?

Es gibt keinen einheitlichen Wasserstoffpreis. Sie variieren, je nachdem, wo der Wasserstoff herkommt und wer ihn produziert. Der grüne Wasserstoff wird im Moment noch gar nicht groß gehandelt, weil es ihn gar nicht gibt. Wir werden die Ers-

ten sein, die in einer Größenordnung von 50 bis 60 Tonnen pro Jahr grünen Wasserstoff anbieten. Die Stadtwerke Esslingen und die Polarstern überlegen, Gaskunden einen „Tarif Grünes Gas“ anzubieten oder vielleicht im Gasnetz der Stadt den Gaspreis um 0,1 Cent pro Kilowattstunde anzuheben und damit eine gewisse Quersubventionierung dieses grünen Anteils zu geben. Das ist eine Art lokale Einspeisevergütung für Wasserstoff.

**Sie haben aber auch Industriebetriebe und Tankstellen gefunden, die bereit sind, mehr zu zahlen wie für den nicht-grünen Wasserstoff, den man für ein bis zwei Euro pro Kilogramm bekommen kann.**

Wir haben mit diesen Abnehmern im Vorfeld Vorverträge abgeschlossen. Bei vielen Unternehmen ist es wie sonst auch in der Gesellschaft angekommen, dass sie etwas im Kontext der Klimaveränderung tun müssen, so dass sie einen gewissen Teil der Energie grün einkaufen. Sie bezahlen nicht nur vier, sondern sechs bis acht Euro das Kilo.

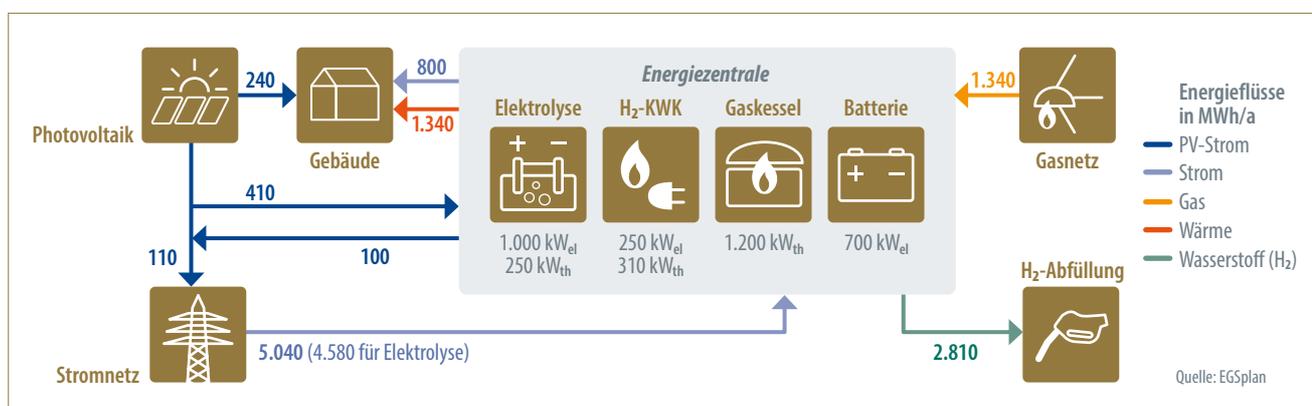
### Wie weit können die Produktionskosten sinken?

Das hängt davon ab, wie günstig wir den Strom einkaufen, und es hängt von den Investitionskosten für die Elektrolyse ab. Wir zahlen um die 1.600 Euro pro Kilowattpeak für den Elektrolyseur, das macht 2,40 Euro an den Kilogrammkosten aus. Allein der Stromanteil an den Erzeugungskosten summiert sich auf drei Euro pro Kilogramm Wasserstoff. Die Abwärmenutzung erbringt 55 Cent pro Kilogramm, die dem Wasserstoff gutgeschrieben werden kann. Bei einem entsprechenden Strompreis können Produktionskosten für grünen Wasserstoff von drei bis vier Euro pro Kilo erreicht werden.

### Sie haben in Esslingen ungefähr zwölf Millionen Euro Förderung bekommen. Wie viel steigt der Quadratmeterpreis durch Ihr Konzept, wenn man keine Förderung bekommt?

In diesem städtischen Neubauquartier kostet der Quadratmeter ungefähr 200 bis 250 Euro zusätzlich durch die Umset-

Grafik: pv magazine/Harald Schütt



Die Hälfte der Wärme für die rund 1.500 zukünftigen Bewohner und für ein Gebäude der örtlichen Hochschule im Quartier Neue Weststadt Esslingen wird durch die Abwärme der Elektrolyse bereitgestellt. Bilanzell sollen die Bewohner mit diesem Konzept einen CO<sub>2</sub>-Fußabdruck unter einer Tonne CO<sub>2</sub> pro Jahr und Person für Mobilität und Wohnen erreichen.



Neue Weststadt in Esslingen: Die Technik mit Wasserstoff-Elektrolyseur und Batteriespeicher soll man nicht sehen. Dafür dient ein unterirdisches Bauwerk.

zung der Klimaneutralität. Darin sind die Photovoltaikanlagen, der Elektrolyseur, die Batterien, das Energiemanagement und die Elektro-Ladestationen und so weiter enthalten. Wenn von Politikern klimaneutral und kostenneutral in einem Atemzug genannt werden, dann ist dies unzutreffend und dem Bürger ist mit diesen Aussagen nicht geholfen. Die Politik muss Wege zur sozialverträglichen Finanzierung der Klimaneutralität aufzeigen, ein erster Schritt ist sicher die Einführung des CO<sub>2</sub>-Preises im Non-ETS-Sektor.

### „Wir haben gelernt, dass wir Quartiersimulationen brauchen.“

#### **Sie haben ja eine Batterie mit 700 Kilowattstunden Kapazität vorgesehen. Wie haben Sie die Größe bestimmt?**

Wir haben im Rahmen dieses Forschungsprojektes ein Tool zur Simulation von vernetzten Stadtquartieren entwickelt. Wir bilden die verschiedenen Energieerzeuger als Quellen und Verbraucher als Senken ab. Dazu gehören auch die Lastprofile der Gebäudeblöcke, sowohl der Wohnungen, des Gewerbes und der Hochschule. Mit dieser dynamischen Stadtquartiersimulation können Sie die Erzeugung, die Speicherung und die Wasserstoffproduktion variieren und die Kosten ermitteln. Die spielen natürlich eine Rolle. Der Solarstrom von den Dächern versorgt zunächst die Mieter. Als nächste Priorität findet eine Kurzzeitspeicherung in den Batterien für die Nutzer statt. Am Ende der Kette wird die Elektrolyse versorgt.

#### **Was haben Sie bezüglich der Wasserstoffintegration bereits gelernt?**

Wir haben insgesamt sehr viel gelernt. Die Entwicklung und Planung eines klimaneutralen Stadtquartiers mit Wasserstoffproduktion ist absolutes Neuland. Wir realisieren eine übergeordnete Steuerung und ein intelligentes Energiemanagement. Da gibt es auf dem Markt nicht viel. Viele simulieren das, aber wer baut? Wir haben gelernt, dass wir Quartiersimulationen brauchen. Es gibt Gebäudesimulationen, aber es gibt wenig Software, mit der Sie Quartiere abbilden können. Diese haben wir daraufhin entwickelt. Bei der Wasserstoffhematik haben wir erst mal gelernt, wer überhaupt Wasserstoffelektrolysen in diesem Kontext bei welchen Temperaturen und welchen Abwärmebedingungen herstellt. Wir haben gelernt, wie man ein Genehmigungsverfahren nach dem Bundesemissionsschutzgesetz angeht und welche Gutachten man dazu braucht. Das ist ziemliches Neuland gewesen, auch was die Zuständigkeiten angeht. Das eine Regierungspräsidium ist nur für die Elektrolyse zuständig, das andere Regierungspräsidium ist nur für die Abfüllung zuständig, eine dritte Stelle für die Wasserstoffleitung. Wir brauchen eine Wasserstoffleitung zwischen dem Elektrolyse- und dem Abfüllort des Wasserstoffs. Mit Wasserstoffleitungssystemen gibt es insgesamt wenig Erfahrung. Wir haben dadurch viel Engineering-Know-how gewonnen.

#### **Sehen Sie in dem Konzept die Zukunft oder eher in dem Konzept Wärmepumpe und Photovoltaik? Oder sollte man sie kombinieren?**

Wir brauchen beide Konzepte. Die elektrische Wärmepumpe ist das Heizsystem der Zukunft. Neubauten sind mit Photovoltaik und Wärmepumpe heute schon klimaneutral zu realisieren. Für Verkehr, vor allem den Transport schwerer Lasten über weite Strecken, und die Industrie wird zur Dekarbonisierung grüner Wasserstoff benötigt. Ein Teil sollte in oder in unmittelbarer Nähe zu Quartieren erfolgen, um die Abwärme der Elektrolyse zur Beheizung der Gebäude zu nutzen.

Das Gespräch führte Michael Fuhs.