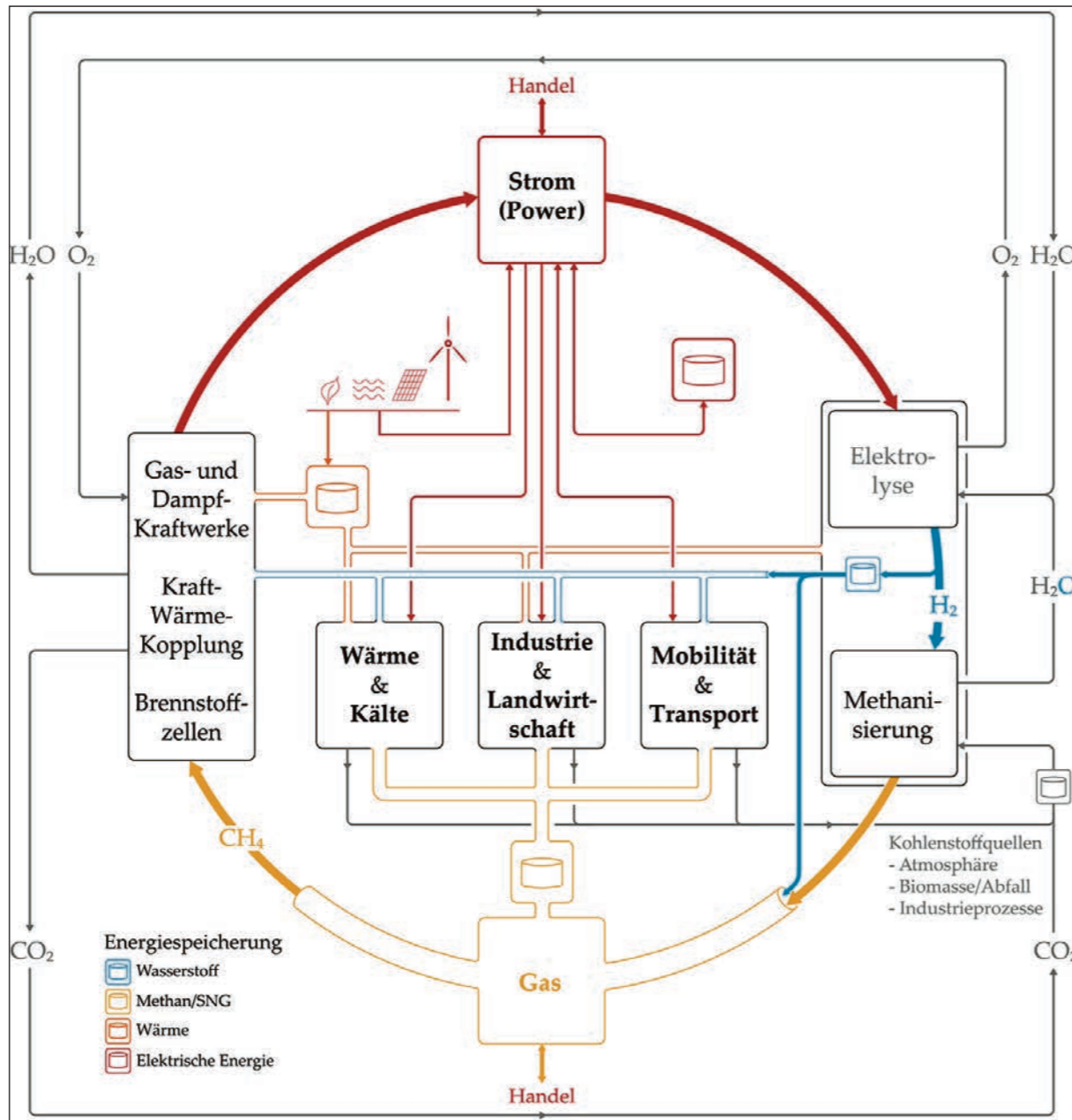


Wie aus erneuerbarem Strom, Wasserstoff und Kohlenstoff aus dem Abwasser grünes Gas entsteht, das fossiles Erdgas ersetzt und Strom aus Wind und Sonne speicherbar macht

Uralte Mikroorganismen helfen bei der Energiewende

Wasserstoff ist in aller Munde. Als Energieträger, der – erzeugt mittels Wasserspaltung durch Elektrolyse und unter Einsatz regenerativen Stromes – eine zentrale Rolle im Energiesystem der Zukunft einnehmen kann. Als Energieträger, der mit grünem Strom aufgeladen wird in Zeiten systembedingt immer häufiger auftretender Phasen des Überschusses an erneuerbarer Stromerzeugung. Als Speichermedium, welches diese Überschussmengen verlagern kann in Zeiten des Mangels und an Orte des Bedarfs. Wasserstoff also als ausgleichendes Element zwischen fluktuierender Energieerzeugung und variablem Energiebedarf, welche sich, um das System stabil zu halten, um physikalischen Gründen zu jeder Sekunde des Jahres die Waage halten müssen. Wasserstoff als stabilisierendes Element an der Schnittstelle der Energiesektoren, welche umso mehr zusammengefasst werden müssen, je erneuerbarer das Energiesystem wird.

Nicht nur in Fachkreisen ist bekannt, dass, sollen die von der Politik ausgerufenen Ziele zu Energiewende und zum Klimaschutz erreicht werden, keine Zeit mehr zu verlieren ist. Die Trends im Zubau an Elektrolyseleistung deuten heute aber noch nicht auf Einhaltung dieser Ziele im Bereich der Wasserstofftechnologien hin: Es muss also groß gedacht und beherzt gehandelt werden. Der künftige Bedarf an Wasserstoff im Stromsektor, in der Stahlindustrie und Metallverarbeitung sowie in Teilen des Verkehrs- und Transportsektors ist riesig.



Schematische Darstellung des Energiesystems der Zukunft mit Elektrolyse und Methanisierung an der Schnittstelle zwischen den Energiesektoren. GRAFIK: MARTIN THEMA



Eine Methanisierungsanlage – links steht senkrecht der Bioreaktor, in dem Wasserstoff und CO2 zu Methan reagieren. FOTO: ELECTROCHAEA GMBH

In Pfaffenhofen entsteht eine deutschlandweit einzigartige Anlage

Es gibt Bereiche, in denen fossile Energieträger wie Erdgas, Schiffsdiesel oder Kerosin nicht einfach durch Elektrifizierung verdrängt werden können. An dieser Stelle wird die Weiterverarbeitung von Wasserstoff zu Kohlenwasserstoffen mit höherer Energiedichte interessant. An anderen Stellen stehen Kohlenstoffquellen zur Verfügung, welche förmlich danach rufen, in den Kohlenstoffkreislauf integriert zu werden.

Es liegt auf der Hand, dass bei dem heutigen Verbrauch die deutschlandweiten Kapazitäten nicht ausreichen werden, um die erwarteten Energiemengen in Form von Wasserstoff bereitzustellen – Importe, und damit neue Abhängigkeiten von Lieferanten für diesen wertvollen Energieträger, scheinen unausweichlich. Ohne Einsparung, ohne Suffizienzmaßnahmen und gesellschafts- wie industriepolitischen Umdenken, was Energieverbrauch und den Umgang mit knappen regenerativen Ressourcen angeht, wird es schwierig, das gesamte Energiesystem erneuerbar zu speisen. Umso

wichtiger ist es, sich rückzubesinnen auf die Stärken einer auch dezentral getragenen Energiewende und der damit verbundenen Zubau- und Innovationsdynamik auf kommunaler Ebene.

Ein Projekt, welches diesen Gedanken an der Schnittstelle zwischen Strom-, Gas- und Wärme-sektor wieder aufgreift, ist das Projekt Infinity 1: Am von den örtlichen Stadtwerken betriebenen Klärwerk der oberbayerischen Kreisstadt Pfaffenhofen an der Ilm – nördlich von München – entsteht eine deutschlandweit einzigartige Anlage, die eine Blaupause sein kann für tausende vergleichbare Kläranlagen im ganzen Land.

In einem Elektrolyseur wird mit Strom aus Windkraftanlagen, welche von der Bürgerenergiegenossenschaft Pfaffenhofen a.d. Ilm eG betrieben werden, Wasser in seine Bestandteile Sauerstoff (O2) und Wasserstoff (H2) zerlegt. Der Wasserstoff gelangt danach in eine Methanisierungsanlage des Münchner Technologieentwicklers Electrochaea GmbH, welcher die Anlage entwickelt hat und in einem ersten Projektschritt am Klärwerksstandort aufbaut, optimiert und betreibt. Gemeinsam mit den Stadtwerken Pfaffenhofen wird die Power-to-Gas-Anlage dann im zweiten Schritt voll in den Klärwerksbetrieb integriert.

Bei der hier zur Anwendung kommenden biologischen Methanisierung, in der neben dem Wasserstoff auch Rohbiogas aus dem Faulturn des Klärwerks in einen Bioreaktor geleitet wird, verstoffwechseln Kleinstlebewesen, sogenannte Archaeen, den Wasserstoff aus der Elektrolyse und das CO2 aus dem Klärgas zu einem neuen Stoff: Methan. Dieses ist auch Hauptbestandteil fossilen Erdgases und kann anschließend auf verschiedene Weise genutzt werden.

Die Archaeen gehören entwicklungs-geschichtlich zu den ältesten Lebewesen der Erde und sind neuesten Erkenntnissen zufolge auch entfernte Vorfahren von uns Menschen. Sie leben seit Milliarden von Jahren auf der Erde, kommen an unterschiedlichsten Orten wie Mooren, geothermalen Quellen oder in der Tiefsee vor und können teils unter extremen Bedingungen wie unter hohem Druck oder bei Temperaturen bis nahe 100 Grad Celsius überleben.

Der Kohlenstoff aus dem Methan wird bei der Verbrennung zu CO2

Neben dem Hauptprodukt der Power-to-Gas-Anlage, dem Methan, können auch weitere anfallende Stoff- und Energieströme in den Klärwerksprozess integriert werden, was diese Technologie so interessant macht für die Anwendung an Kläranlagen. Sauerstoff aus der Wasserspaltung wird im Belebungsbecken der Kläranlage gebraucht, wo er auf herkömmliche Weise unter großem Energieaufwand mithilfe von Umgebungsluft eingebracht wird. Kann diese ganz oder in Teilen durch den reinen Sauerstoff aus der Elektrolyse ersetzt werden, erschließen sich Stromsparpotenziale für das Klärwerk.

Normalerweise wird das Klärgas, das in der Abwasserbehandlungsanlage durch Vergärung des Klärschlammes entsteht, nach Zwischenspeicherung direkt in Blockheizkraftwerken (BHKWs) verbrannt. Die anfallende Wärme und der erzeugte Strom fließen größtenteils zurück in den Klärwerksprozess. Klärgas besteht zu etwa

60 Prozent aus Methan (CH4), der Rest ist überwiegend Kohlenstoffdioxid (CO2). Der Kohlenstoff (C) aus dem Methan wird bei Verbrennung zu CO2 und in die Atmosphäre abgegeben. Damit gelangt er zurück in den Kohlenstoffkreislauf, der sich in diesem Fall über die Nahrungskette und das Abwasser der Stadt wieder schließt. Das CO2 aus dem Klärgas wird jedoch ohne Power-to-Gas-Anlage nur durchgeschleust und ungenutzt freigesetzt.

Die im Klärwerksprozess weiterhin benötigte Wärme kann aus der Abwärme der Elektrolyse und Methanisierung und durch gegebenenfalls nötige Zuführung gedeckt werden. Damit sind, abgesehen vom Abwasser der Power-to-Gas-Anlage, das in der Umkehrosmoseinheit des Elektrolyseurs und bei der Methanisierung anfällt,

hochwertiges grünes Erdgassubstitut ins bestehende Erdgasnetz eingespeist werden kann. Es enthält sowohl das Methan aus dem Faulturn des Klärwerks als auch das Methan, das in der Power-to-Gas-Anlage aus dem CO2 des Klärwerks und dem grünen Wasserstoff aus der Elektrolyse gebildet wurde. Mehr denn je wird in der aktuellen geopolitischen Lage deutlich, welche Herausforderungen mit einer zuverlässigen Energieversorgung einhergehen, wenn fossiles Gas nicht mehr leicht verfügbar ist. Sei es aufgrund von Krieg oder weil sich eine Gesellschaft darauf verständigt hat, fossile Energieträger nicht weiter zu nutzen. Dass Gas trotzdem weiterhin eine Rolle spielen wird und dass dies nicht immer nur Wasserstoff sein können, wurde bereits dargestellt. Durch die Einspeisung eines regenerati-

Energiesystem in saisonalem Maßstab auszugleichen hilft.

Aufgrund des Neuheitsgrades der eingesetzten Technologien und ihrer Kombination gibt es aus genehmigungsrechtlicher Sicht noch keine Blaupause für derartige Vorhaben. Das Ingenieurbüro Thema begleitet die Bauherrin Electrochaea GmbH und ihre Projektpartner bei der immissionsschutzrechtlichen Genehmigung der Power-to-Gas-Anlage und ist dabei in engem Austausch mit allen Projektbeteiligten. Die Zusammenarbeit mit den Genehmigungsbehörden gestaltete sich ausgesprochen konstruktiv, woraus auch der politische Wille ersichtlich wird, diesen Bereich der Energieversorgung voranzubringen.

Noch keine Blaupause für das Vorhaben aus Sicht des Genehmigungsrechts

Für den nun anstehenden einjährigen Forschungsbetrieb steht ein immissionsschutzrechtliches Genehmigungsverfahren nach § 4 BImSchG kurz vor dem Abschluss. Für eine an den Forschungsbetrieb anschließende kommerzielle Phase, in der Electrochaea GmbH und die Stadtwerke Pfaffenhofen die Anlage in einer Betriebsgesellschaft übernehmen wollen, soll darauf aufbauend ein Genehmigungsverfahren mit Öffentlichkeitsbeteiligung durchlaufen werden.

Baubeginn der Anlage ist für das Frühjahr 2023 geplant, noch im gleichen Jahr soll sie in Betrieb gehen. Kann die Anlage dann erfolgreich in ihre kommerzielle Phase überführt werden, haben die Pfaffenhofener*innen ein Puzzlestück mehr, um Stoffkreisläufe und Energieversorgung regional zu schließen und zukunftssicher zu gestalten. > MARTIN THEMA

Der Autor ist Inhaber des Ingenieurbüro Thema, Mitglied der Bayerischen Ingenieurekammer-Bau sowie Sprecher der Arbeitsgruppe biologische Methanisierung und stellvertretender Sprecher der Arbeitsgruppe Power-to-Gas im Richtlinienausschuss VDI 4635 Power-to-X beim Verein Deutscher Ingenieure e. V. (VDI).

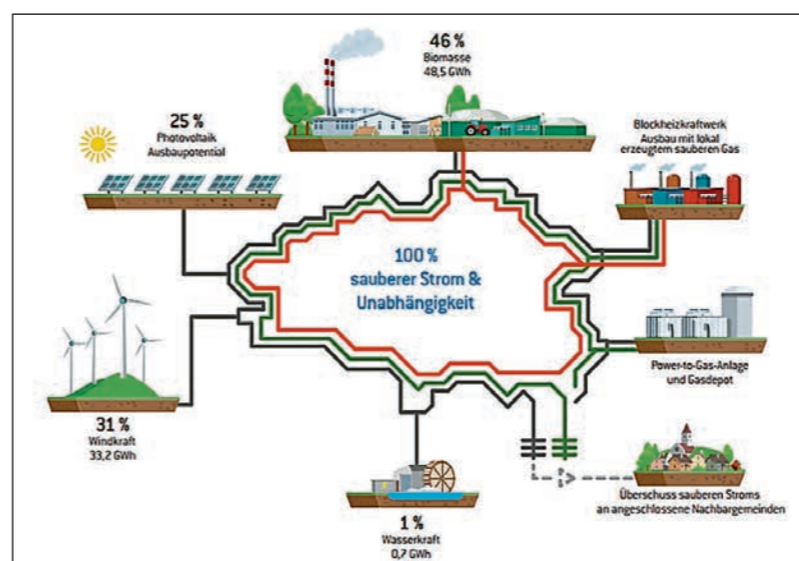
INFO zur Methanisierungstechnologie

Electrochaea kommerzialisiert sein proprietäres Power-to-Gas (P2G)-Verfahren im großtechnischen Maßstab: Aus CO2 und H2 wird durch einen patentierten Biokatalysator aus der Gruppe der methanogenen Archaeen erneuerbares Methan synthetisiert, das direkt in das Gasnetz eingespeist werden kann.

CO2 kann aus beliebigen Quellen wie beispielsweise anaeroben Fermentern, Deponien, Molkereien, Fermentationsanlagen oder industriellen Prozessen recycelt werden. Das P2G-Verfahren ist äußerst flexibel und kann an wechselnde Verfügbarkeit von H2 aus erneuerbaren Quellen angepasst werden.

Dank der hohen Effizienz und Robustheit des Biokatalysators kann die von Electrochaea patentierte Methanisierungstechnologie mit geringeren Kapital- und Betriebskosten und mit größerer Flexibilität als herkömmliche thermochemische Methanisierungsverfahren betrieben werden.

Die Electrochaea GmbH ist ein dynamisch wachsendes Unternehmen mit seinem Hauptsitz in München. Die Tochtergesellschaften von Electrochaea befinden sich in Dänemark und in den USA. > BSZ



Das Energiesystem zur Erreichung der Klimaziele der Stadt Pfaffenhofen an der Ilm. GRAFIK: STADTWERKE/BÜRGERENERGIEGENOSSENSCHAFT PFAFFENHOFEN

alle Stoff- und Energieströme im Klärwerksprozess integriert. Das Infinity-Projekt in Pfaffenhofen ist in seiner ersten, vom Bayerischen Staatsministerium für Wirtschaft und Energie unter dem Namen CIRCmethanoPower geförderten, Phase deshalb darauf ausgerichtet, auch noch diese Stoffströme im Abwasser bestmöglich zu nutzen. Wird nun das Klärgas, statt im Blockheizkraftwerk verbrannt zu werden, in der Methanisierung behandelt, entsteht ein Produktgas, welches nach entsprechender Feinreinigung und messtechnischer Erfassung als qualitativ

ven Gases ins Gasnetz können im hier vorgestellten Projekt, wie auch in anderen vergleichbar möglichen Projekten, Gas-, Wärme- und Strombedarfe zeitlich und räumlich verlagert und gedeckt werden. Für die Stadt Pfaffenhofen bedeutet dies, dass durch diese Technologie in Kombination mit Blockheizkraftwerken auf Quartiersebene und möglicherweise auch Erdgasantrieben und Tankstellen vor Ort das ambitionierte Ziel, bis zum Jahr 2035 klimaneutral zu sein, in greifbare Nähe rückt. Die Stadt schafft sich damit auch eine Speicheroption, die Schwankungen im