MENA-Fuels-Studie: Investitionsumfeld entscheidend für Import von Wasserstoff und Synfuels aus der MENA-Region

Peter Viebahn, Julia Terrapon-Pfaff, Jürgen Kern, Josua Braun und Juri Horst

Wo werden zukünftig grüner Wasserstoff und synthetische Kraftstoffe produziert? Zu welchen Kosten können diese erzeugt werden? Und welchen Anteil hätte eine heimische Produktion daran? Die Ergebnisse der Studie MENA-Fuels zeigen, dass im Nahen Osten und Nordafrika langfristig sehr große kostengünstige Potenziale für grünen Strom, Wasserstoff und Synfuels bestehen. Die Berücksichtigung von Investitionsrisiken hat jedoch einen signifikanten Einfluss auf deren Kosten und damit auf die Wahl der potenziellen Exportländer.

Um den globalen Temperaturanstieg noch auf deutlich unter 2 Grad Celsius begrenzen zu können, sind insbesondere im Verkehrssektor weitaus stärkere Anstrengungen notwendig als bisher. Neben Maßnahmen zur Verkehrsvermeidung und Verlagerung auf umweltfreundlichere Alternativen stehen dabei zwei technische Strategien im Vordergrund: einerseits die direkte Elektrifizierung des Verkehrs mit erneuerbar erzeugtem Strom, andererseits die energieintensive indirekte Elektrifizierung über die Nutzung gasförmiger und flüssiger (synthetischer) Kraftstoffe, die aus grünem Wasserstoff (d. h. basierend auf erneuerbaren Energien – EE) hergestellt werden.

Mitgedacht werden muss dabei die Dekarbonisierung bzw. Defossilisierung der Industrie. Insbesondere in der Grundstoffindustrie mit ihren hohen THG-Emissionen kommen ebenfalls Strategien basierend auf der indirekten EE-Nutzung zum Tragen: einerseits der Einsatz von grünem Wasserstoff z. B. in der Stahlindustrie (Direktreduktion) und der Chemieindustrie, andererseits der Einsatz von „grünem Feedstock“, der ebenfalls auf der Basis von grünem Wasserstoff hergestellt werden, aber auch für den Verkehr relevant sein kann (z. B. das Zwischenprodukt Methanol).

Je nach Strategie stellt sich die Frage, wie und zu welchen Kosten der Bedarf an Strom aus EE, Wasserstoff und seinen synthetischen Folgeprodukten gedeckt werden könnte. Da insbesondere bei der Herstellung der Folgeprodukte erhebliche Mengen an EE benötigt werden, stellt die Herkunft der EE eine Schlüsselgröße dar. Die mögliche Rolle von Importen wurde in den letzten Jahren kontrovers diskutiert, ohne dass bislang eindeutige Antworten und Lösungsstrategien gefunden wurden. Im BMWK-geförderten Forschungsvorhaben MENA-Fuels [1] wurde diese Frage aufgegriffen und untersucht, inwiefern insbesondere die MENA-Region (Middle East and North Africa) zukünftig Deutschland und die EU mitversorgen könnte.

Sehr hohe und kostengünstige Potenziale in MENA vorhanden

Ein zentrales Ergebnis der Studie ist, dass in der MENA-Region mit 413.000 bis 634.000 TWh/a sehr hohe Erzeugungspotentiale an Strom aus EE vorhanden sind [2]. Dabei sind insbesondere die Potenziale aus Solarenergie (PV, CSP) enorm. Entsprechend sind auch die Potenziale zur Herstellung von Wasserstoff und Synfuels sehr groß, selbst nach Abzug des langfristigen Eigenbedarfs der MENA-Region für eine komplette Umstellung auf EE. Geht man von einer breiten Variation der Antriebstechnologien aus, wären die möglichen Exportpotentiale um den Faktor 10 (aus Wind) bis 210 (aus Solar) höher als der potenzielle Bedarf in Europa im Jahr 2050.

Auch wenn die Potenziale an EE unterschiedlich verteilt sind, weisen nahezu alle der analysierten 17 MENA-Länder und -Regionen bedeutende Erzeugungspotenziale mit geringen Gestehungskosten auf und kommen damit zur Herstellung von Synfuels in Frage. In den günstigsten Standorten liegen die Kraftstoff-Gestehungskosten im Jahr 2030 unter positiven Bedingungen bei 1,92-2,65 €/l. Langfristig sinken diese durch höhere Effizienzen und niedrigere Investitionskosten auf 1,22-1,65 €/l (Jahr 2050). Das Exportpotenzial von Kraftstoffen, die für unter 2 €/l hergestellt werden können, liegt im Jahr 2050 zwischen 26.000 und 48.000 TWh/a. Abb. 1 zeigt beispielhaft die lokalen Gestehungskosten von Fischer-Tropsch-Kraftstoff basierend auf Photovoltaik.

Hohe Bedeutung der MENA-Region für die Versorgung Deutschlands und Europas

Wie das Ergebnis des angewandten Energieversorgungsmodells zeigt, könnten Importe von Energieträgern aus der MENA-Region so-

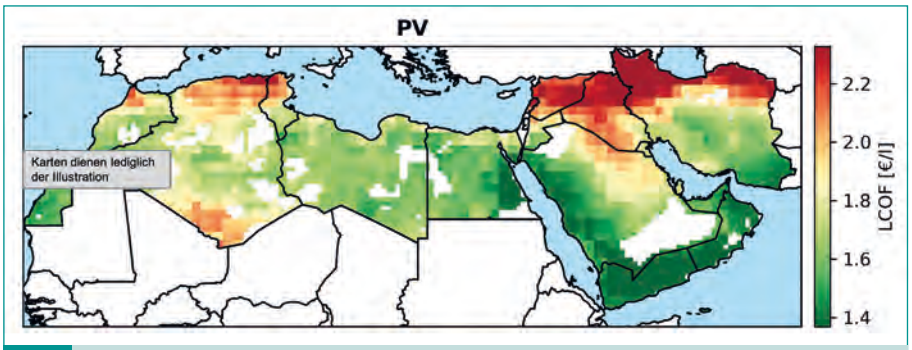

Abb. 1 **Lokale Gestehungskosten (LCOF) für Fischer-Tropsch-Kraftstoff basierend auf Photovoltaik im Jahr 2050 bei einem Referenz-WACC von 6 %** *Quelle: [2]*

wohl nach Deutschland als auch in das restliche Europa aufgrund der geringen EE-Gestehungskosten in der MENA-Region potenziell eine große Rolle spielen. Dabei ist aus ökonomischer Sicht vor allem der Import von Wasserstoff und Synfuels aufgrund ihrer vergleichsweise geringen Transportkosten zu bevorzugen.

Entsprechend ergibt sich für die MENA-Region die Chance, deren komplette Wertschöpfungskette – von der Stromerzeugung bis zum Syntheseprozess – aufzubauen. Stromimporte spielen aufgrund der vergleichsweise hohen Transportkosten eine untergeordnete Rolle.

Länderrisiken und ökonomische Rahmenbedingungen in den MENA-Ländern relevant

Als weiteres Kernergebnis zeigt die Analyse jedoch auch auf, dass in der Bewertung möglicher Exportpotenziale nicht nur das von den Gestehungskosten her günstigste EE-Potenzial, sondern auch das Investitionsumfeld entscheidend ist. Die Berücksichtigung von Investitionsrisiken in den Ländern der MENA-Region hat einen signifikanten Einfluss auf die Kosten des Wasserstoffs und seiner Folgeprodukte und damit auf die Auswahl der potenziellen Exportländer [3]. Mit einem neu entwickelten Risikobewertungsrahmen wurden die Investitionsrisiken für alle betrachteten MENA-Länder abgeschätzt. Abb. 2 zeigt die Bewertung in Form des Gesamtrisikoländerwerts beispielhaft für den synthetischen Kraftstoffstoffsektor unter einem „positiven“ Szenario, in dem langfristig eine Reduzierung der Risiken angenommen wird [4].

Anschließend wurden die Risiken in Form länderspezifischer gewichteter durchschnittlicher Kapitalkosten (WACC) quantifiziert und in die erstellten Energieversorgungsszenarien eingepreist. Um mittelfristig auch den Export aus Ländern mit kostengünstigen Potenzialen, aber zugleich auch hohen Risikokosten zu ermöglichen, sind grundsätzlich zwei Optionen möglich:

- Einerseits könnten Risiken für den erneuerbaren Energiesektor und den synthetischen Kraftstoffsektor durch entsprechende Maßnahmen in den Ländern selbst reduziert werden. Dies dürfte im Bereich der Makrorisiken wie der allgemeinen politischen und wirtschaftlichen Stabilität oder dem allgemeinen Geschäftsklima jedoch schwieriger sein als bei Mikrorisiken, die sich speziell auf Sektorentwicklung beziehen und beispielsweise die Einfachheit und Schnelligkeit von Genehmigungsprozessen, vorhandene Fachexpertise, aber auch generelle politische Prioritäten beim Ausbau von erneuerbaren Energien umfassen.
- Andererseits könnte beispielsweise durch staatliche oder multilaterale Finanzierungsinstrumente Kapital zu geringeren Kosten bereitgestellt werden und so Investitionen auch in Ländern mit höherem Risiko ermöglichen.

MENA-Region im Wettbewerb mit Ländern mit niedrigen Kapitalkosten

Während die Ergebnisse der Energiemodelle rein auf der Analyse von Gestehungs- und Transportkosten basieren und eine gesamtwirtschaftlich optimale Verteilung anstreben, geht das parallel entwickelte Handelsmodell von einer Maximierung der Marge der produzierenden Länder aus. Unter zusätzlicher Berücksichtigung von Handelsbeschränkungen (Embargos) und Zöllen sowie einer Vielzahl weiterer Länder außerhalb der MENA-Region kommt auch das Handelsmodell zu dem Schluss, dass MENA-Länder trotz potenziell geringer Erzeugungskosten und sehr großer Exportpotenziale nur dann interessante Partner für Deutschland oder die EU werden würden, wenn die Kapitalkosten im MENA-Raum deutlich sinken [5].

Je nach Nachfrageszenario könnte sich die EU einerseits weitgehend selbst und vergleichsweise günstig versorgen, insbesondere bei grünem Wasserstoff. Andererseits würden bei globaler Öffnung und Verfügbarkeit Länder in Amerika und Ozeanien aufgrund geringer WACC als Handelspartner für Synfuels für die EU eine zunehmend wichtige Rolle spielen.

Entwicklung der Exportländer selbst berücksichtigen

Eine enorme Herausforderung wird jedoch sein, zunächst eine klimaneutrale Energieversorgung der MENA-Länder selbst aufzubauen. Die für die einzelnen MENA-Länder erstellten Energieszenarien zeigen, dass der erforderliche Ausbau an Erzeugungskapazitäten für Solar- und Windstrom zur Eigenversorgung je nach Szenario bei insgesamt 4.500 bis knapp 9.000 GW bis zum Jahr 2050 liegen wird [6].

Solche Größenordnungen und die dafür erforderlichen Ausbaudynamiken sind in den derzeitigen Ausbauzielen der meisten MENA-Länder bisher nicht abgebildet. Erfahrungen aus der Vergangenheit haben gezeigt, dass allein auf den Export ausgerichtete Ausbaustrategien erneuerbarer Energien nicht zuletzt aus Mangel an Akzeptanz vor Ort zum Scheitern verurteilt sind. Der Blick auf die Potenziale muss also immer vorrangig die inländische Versorgung berücksichtigen. Idealerweise sollten sich beide Zielsetzungen – inländische Versorgung und Export – gegenseitig verstärken.

Synfuels bis spätestens 2030 fast alle großskalig verfügbar

Die im Projekt durchgeführte Technologiebewertung zeigt, dass bereits bis 2030 ein Großteil aller betrachteten Synfuels und Industrieprodukte über jeweils mindestens einen Pfad großskalig bereitgestellt werden könnte [7]. Voraussetzung hierfür ist, dass die Entwicklung der technologischen Reife der Prozesse

Abb. 2 Länderrisikowerte für den synthetischen Kraftstoffsektor für das Risikoszenario Risk_pos

Quelle: [4]

durch Forschungsförderung und weitere industriepolitische Maßnahmen unterstützt wird.

Viele entlang der Pfade benötigte Technologien sind bereits seit Jahrzehnten bekannt und weit entwickelt oder werden auf Basis fossiler Energien sogar schon seit Jahren weltweit genutzt. Die Herausforderung besteht hier oft in der vollständigen Integration mit erneuerbarer Strom- und Wärmerzeugung. Für zentrale Prozesse wie die CO_2-Abtrennung, die LOHC-Kopplung oder die Methanol-to-DME, Methanol-to-Kerosin und Methanol-to-OME-Prozesse besteht dagegen noch umfangreicherer Entwicklungsbedarf.

Ökobilanzen zeigen hohe Reduktion der Klimawirkung von Kerosin

Für die exemplarisch bilanzierten PtL-Prozessketten zur Herstellung synthetischen Kerosins über die Fischer-Tropsch- sowie über die Methanolroute weist der synthetische Kraftstoff eine deutlich geringere Klimawirkung auf als die fossile Referenz [8]. Im Fall, dass das für die Synthese benötigte CO_2 vorher aus der Atmosphäre abgetrennt wurde, kann bilanziell eine Minderung von Treibhausgasen – je nach Erzeugungspfad und -land – um 57-84 % erreicht werden.

In den anderen bilanzierten Umweltwirkungskategorien schneiden die betrachteten Pfade dagegen schlechter ab. Dies gilt beispielsweise für die Indikatoren Landnutzung, terrestrische Versauerung, Eutrophierung und den kumulierten Energieaufwand. Dies ist in erster Linie durch den hohen Bedarf an Energie zur Wasserstofferzeugung und für die CO_2-Bereitstellung begründet, aber auch durch die ebenfalls höheren Rohstoffbedarfe bei der Errichtung der Anlagen für die mehrstufigen Prozessketten. Es empfiehlt sich zudem, über große Entfernungen nicht den benötigten Wasserstoff, sondern den produzierten Kraftstoff zu transportieren. So können Diffusionsverluste des Wasserstoffs reduziert und Synergieeffekte einer Wärme- und Wasserintegration der verschiedenen Teilprozesse genutzt werden.

Schlussfolgerungen

Die vorgelegte Studie liefert Orientierungswissen für Vorhaben, die die MENA-Region als potenziellen wichtigen Handelspartner für Wasserstoff und seine synthetischen Folgeprodukte ins Auge fassen und die mit den erarbeiteten Ergebnissen richtungssichere Entscheidungen für den langfristigen Ressourceneinsatz treffen können. Aufgrund ihrer systemanalytischen Ausrichtung und der eingenommenen Langfristperspektive liefert sie dagegen keine Aussagen zu kurz- und mittelfristigen Investitionsentscheidungen in der Region.

Eine wesentliche Grundlage der Industrie für die konsequente Entwicklung und Anwendung von Technologien und Geschäftsmodellen sind langfristige Planungssicherheit und Randbedingungen, die sowohl politisch wie auch ökonomisch Investitionen ermöglichen. Dementsprechend sollten langfristig stabile politische Rahmenbedingungen für einen Markt von grünem Wasserstoff sowie synthetischen Folgeprodukten geschaffen werden. Gleichzeitig spielen politische Stabilität und Investitionsrahmenbedingungen in potenziellen Produzentenländern der MENA-Region eine große Rolle. Diese könnten geschaffen werden, indem Deutschland sowohl potenzielle Exportländer bei der Schaffung günstiger Rahmenbedingungen unterstützt als auch Finanzierungsinstrumente über deutsche Entwicklungsbanken (KfW) und Garantien (HERMES) zur Verfügung stellt.

Eine Schaffung stabiler Beziehungen auf bi- oder multilateraler Ebene zur Steigerung der Sicherheit und Verlässlichkeit für potenzielle Investoren ist von strategischer Bedeutung, wenn sich die MENA-Region perspektivisch als Lieferregion für grüne Energie entwickeln soll. Auch wenn dies teil-weise schon geschieht, müssen die Anstrengungen in diese Richtung deutlich ausgeweitet werden, um eine schnelle Umsetzung erster nachhaltiger Wertschöpfungsketten zu ermöglichen und den enormen Finanzierungsbedarf nicht nur für einzelne

Werbeanzeige entfernt

Pilotprojekte, sondern für ganze Sektoren zu sichern.

Ein wesentliches Ziel einer deutschen und europäischen Energiepolitik mit der Absicht des Imports sollte gleichzeitig auch die Förderung der Ausbauziele und -entwicklungen für erneuerbare Energien in den MENA-Ländern sein, beispielsweise über die Unterstützung durch Energie- und Klimapartnerschaften. Dabei gilt es aus Gründen der Versorgungssicherheit auch abzuwägen, wie die Versorgungspfade zukünftig diversifiziert werden sollten. Dies könnte dazu führen, dass nicht nur mit wenigen bevorzugten Ländern Handelsbeziehungen aufgebaut, sondern von vornherein ein breiter Mix von Exportländern gewählt wird. Aber auch die umfassende Nutzung der europäischen erneuerbaren Energieressourcen sollte für die Klimazielerreichung wie auch aus strategischen Gründen und nicht nur aus ökonomischer Vorteilhaftigkeit anvisiert werden.

Literatur

[1] MENA-Fuels – Roadmaps zur Erzeugung nachhaltiger synthetischer Kraftstoffe im MENA-Raum zur Dekarbonisierung des Verkehrs in Deutschland. www.wupperinst.org/MENA-Fuels/

[2] Braun, J.; Kern, J.; Scholz, Y.; Hu, W.; Moser, M.; Schillings, C.; Simon, S.; Ersoy, S. R.; Terrapon-Pfaff, J. (2022): Technische und risikobewertete Kosten-Potenzial-Analyse der MENA-Region (Teilbericht 10).

[3] Doré, L.; Krüger, C.; Janßen, T. (2022): Weitere Szenarioanalysen: Berücksichtigung von Investitionsrisiken und Sensitivitäten der Basisszenarien (Teilbericht 7).

[4] Terrapon-Pfaff, J.; Prantner, M.; Ersoy, S. R. (2022): Risikobewertung und Risikokostenanalyse der MENA-Region (Teilbericht 8).

[5] Horst, J.; Klann, U. (2022): MENA-Fuels – Analyse eines globalen Marktes für Wasserstoff und synthetische Energieträger hinsichtlich künftiger Handelsbeziehungen (Teilbericht 12).

[6] Pregger, T. (2022): Szenarien zur Eigenbedarfs-analyse für die MENA-Länder (Teilbericht 9).

[7] Zelt, O.; Kobiela, G.; Ortiz, W.; Scholz, A.; Monnerie, N.; Rosenstiel, A.; Viebahn, P. (2020): Multikriterielle Bewertung von Bereitstellungstechnologien synthetischer Kraftstoffe (Teilbericht 3).

[8] Jülich, A.; Zelt, O. (2022): Ökobilanzen für synthetisches Kerosin – Vergleich von Produktionsrouten in MENA und Deutschland (Teilbericht 2).

PD Dr. P. Viebahn, Co-Leiter des Forschungsbereichs Sektoren und Technologien, Dr. J. Terrapon-Pfaff, Co-Leiterin des Forschungsbereichs Energiewende International, Abteilung Zukünftige Energie- und Industriesysteme, Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie gGmbH, Wuppertal; J. Kern, Projektleiter, J. Braun, wissenschaftlicher Mitarbeiter, Institut für Vernetzte Energiesysteme am Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR), Stuttgart; J. Horst, Leiter Energiemärkte, IZES gGmbH – Institut für Zukunftsenergie- und Stoffstromsysteme, Saarbrücken

Kontakt: peter.viebahn@wupperinst.org