

*Teilbericht 1* | Februar 2021

# **Auswahl der zu bewertenden synthetischen Kraftstoffe und ihrer Bereitstellungstechnologien**



Bericht aus dem  
Teilprojekt A.I: SYN-Pfade

---

*Ole Zelt*

*Alexander Scholz*

*Peter Viebahn*

**Autoren:**

Ole Zelt, Alexander Scholz, PD Dr. Peter Viebahn

Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie gGmbH

Döppersberg 19

42103 Wuppertal

[www.wupperinst.org](http://www.wupperinst.org)

**Unter Mitarbeit von:**

Jacqueline Klingen (Wuppertal Institut)

**Bitte den Bericht folgendermaßen zitieren:**

Zelt, O., Scholz, A., Viebahn, P. (2021). Auswahl der zu bewertenden synthetischen Kraftstoffe und ihrer Bereitstellungstechnologien. MENA-Fuels: Teilbericht 1 des Wuppertal Instituts an das Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK). Wuppertal, Stuttgart, Köln, Saarbrücken.

Der Text dieser Publikation steht unter der Lizenz „Creative Commons Attribution 4.0 International“ (CC BY 4.0).

Der Lizenztext ist abrufbar unter: <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



## Danksagung

Dieser Bericht ist innerhalb des Forschungsvorhabens **MENA-Fuels – Roadmaps zur Erzeugung nachhaltiger synthetischer Kraftstoffe im MENA-Raum zur Dekarbonisierung des Verkehrs in Deutschland** entstanden. Er wird ergänzt durch weitere publizierte Berichte. Die Herausgeber danken allen beteiligten Forschungsinstituten, dem Fördermittelgeber und seinem Projektträger sowie den projektexternen Expertinnen und Experten aus Wissenschaft und Industrie für die konstruktive Zusammenarbeit und die wertvollen Beiträge zur vorliegenden Publikation.

## Disclaimer

Das diesem Bericht zugrunde liegende Forschungsvorhaben wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) unter dem Förderkennzeichen 3EIV181A-C durchgeführt. Die Verantwortung für den Inhalt dieses Berichts liegt bei den Autorinnen und Autoren.

Das hier verwendete Kartenmaterial dient lediglich der Veranschaulichung. Es beinhaltet keine offizielle Stellungnahme der Bundesrepublik Deutschland zu etwaigen umstrittenen Rechtspositionen von Drittstaaten.

**Projektlaufzeit:** Dezember 2018 – Juni 2022

### Verbundpartner:

Wuppertal Institut (Koordination): PD Dr. Peter Viebahn  
Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt: Jürgen Kern  
Institut für ZukunftsEnergie- und Stoffstromsysteme: Juri Horst

Gefördert durch:



Bundesministerium  
für Wirtschaft  
und Klimaschutz

aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages



Deutsches Zentrum  
für Luft- und Raumfahrt  
German Aerospace Center



Institut für ZukunftsEnergie-  
und Stoffstromsysteme



Wuppertal  
Institut

---

## **Impressum**

### **Herausgeberin:**

Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie gGmbH  
Döppersberg 19  
42103 Wuppertal  
[www.wupperinst.org](http://www.wupperinst.org)

### **Ansprechperson:**

PD Dr. Peter Viebahn (Verbundkoordinator)  
Abteilung Zukünftige Energie- und Industriesysteme  
[peter.viebahn@wupperinst.org](mailto:peter.viebahn@wupperinst.org)  
Tel. +49 202 2492-306

### **Bildquellen:**

Titelseite: GettyImages  
Rückseite: eigene Darstellung

## Inhaltsverzeichnis

<b>Verzeichnis von Abkürzungen, Einheiten und Symbolen</b>	<b>6</b>
<b>Tabellenverzeichnis</b>	<b>7</b>
<b>Abbildungsverzeichnis</b>	<b>7</b>
<b>1 Einleitung</b>	<b>8</b>
<b>2 Auswahlverfahren</b>	<b>9</b>
2.1 Methodik	9
2.2 Kraftstoffe	10
2.3 Industrieprodukte	12
2.4 Zentrale Syntheseprozesse und Aufbereitungsschritte	13
2.5 Bereitstellung relevanter Vorprodukte	15
2.6 Harmonisierung mit der Begleitforschung	17
<b>3 Ergebnis</b>	<b>19</b>
<b>4 Literaturverzeichnis</b>	<b>20</b>

## Verzeichnis von Abkürzungen, Einheiten und Symbolen

### Abkürzungen

AEL	Alkalische Elektrolyse
AP	Arbeitspaket
BEniVer	Begleitforschung Energiewende im Verkehr
BMWi	Bundesministerium für Wirtschaft und Energie
CSP	Concentrated Solar Power
DAC	Direct Air Capture
DLR	Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt
DME	Dimethylether
DMM	Dimethoxymethan
EiV	BMWi-Förderinitiative Energiewende im Verkehr
FT	Fischer-Tropsch
HT	Hochtemperatur
IZES	IZES gGmbH - Institut für ZukunftsEnergie- und Stoffstromsysteme
LOHC	Liquefied Organic Hydrogen Carrier
LSNG	Liquefied Synthetic Natural Gas
MENA	Middle East North Africa
MKS	Mobilitäts- und Kraftstoffstrategie (der Bundesregierung)
NT	Niedertemperatur
OME	Polyoxymethyldimethylether
Oxy	Oxyfuel
PC	Post Combustion
PEM	Proton-Exchange-Membrane / Polymerelektrolytmembran
PME	Palmölmethylester
PtX	Power-to-X
PV	Photovoltaik
RWGS	Reverse Wasser-Gas-Shift-Reaktion
SNG	Synthetic Natural Gas
Syncrude	Synthetisches Rohöl
Syngas	Synthesegas
WSK	Wertschöpfungskette

### Einheiten und Symbole

CO	Kohlenstoffmonoxid
CO <sub>2</sub>	Kohlenstoffdioxid
CH <sub>4</sub>	Methan
H <sub>2</sub>	Wasserstoff

## Tabellenverzeichnis

Tab. 2-1	Literaturanalyse zur Identifizierung relevanter PtX-Produkte-----	10
Tab. 2-2	Literaturanalyse zur Identifizierung relevanter PtX-Syntheserouten-----	14

## Abbildungsverzeichnis

Tab. 2-1	Literaturanalyse zur Identifizierung relevanter PtX-Produkte-----	10
Tab. 2-2	Literaturanalyse zur Identifizierung relevanter PtX-Syntheserouten-----	14
Abb. 2-1	Überblick der durch die Verbände der Energiewende im Verkehr beforschten Kraftstoffe (aktualisierte Fassung der ursprünglichen Abstimmung mit MENA-Fuels) -----	18
Abb. 3-1	Endgültige, harmonisierte Auswahl der Technologiemodule und Produkte -----	19

## 1 Einleitung

Der vorliegende Teilbericht 1 beschreibt die im AP 1 des Vorhabens MENA-Fuels durchgeführten Arbeiten und definiert damit den Untersuchungsgegenstand des Teilprojekts A.I. Er stellt dabei zunächst die begründete Auswahl einer Reihe aus heutiger Sicht vielversprechender synthetischer Kraftstoffe dar. Darauf aufbauend werden relevante Technologiemodule entlang der Wertschöpfungskette (WSK) der Herstellung dieser Kraftstoffe identifiziert, wobei alle Stufen von der Bereitstellung von Vorprodukten wie elektrischer und thermischer Energie und Wasser über die Wasserspaltung mittels unterschiedlicher Verfahren bis zu den Synthese- und Aufbereitungsschritten zur Erzeugung der jeweiligen finalen Kraftstoffe berücksichtigt werden. Alle ausgewählten Verfahren basieren auf der Nutzung erneuerbarer Energien.

Die hier getroffene Auswahl an Kraftstoffen und Bereitstellungstechnologien ist Gegenstand der im nachfolgenden AP 2 durchgeführten Bewertung auf Basis eines umfassenden Kriteriensets. Vorgehen und Ergebnisse dieser multikriteriellen Bewertung sind in einem weiteren Teilbericht dargestellt – vgl. hierzu Teilbericht Nr. 3 (D 2.1): „Multikriterielle Bewertung von Bereitstellungstechnologien synthetischer Kraftstoffe“.

Im Folgenden beschreibt Kapitel 2 das Vorgehen bei der Technologieauswahl sowie der Abstimmung dieser Auswahl mit der Begleitforschung BEniVer, bevor in Kapitel 3 abschließend das Ergebnis des Auswahlverfahrens dargestellt wird.

## 2 Auswahlverfahren

### 2.1 Methodik

Die Grundlage der Technologieauswahl bildete eine zu Beginn des Jahres 2019 durchgeführte umfassende Literaturrecherche zu bestehenden Szenario- und Technologiestudien mit Fokus auf Power-to-X (PtX). Hierbei wurden zunächst 16 relevante Studien aus den Jahren 2004 bis 2018 identifiziert. Diese wurden anschließend daraufhin untersucht, welche Kraftstoffe und deren Bereitstellungstechnologien in den Studien jeweils schwerpunktmäßig betrachtet wurden. Das Auswahlkriterium für die Berücksichtigung im Rahmen der Technologiebewertung in MENA-Fuels stellte zunächst die Nennung in mindestens fünf der zugrunde gelegten Literaturquellen dar.

Ergänzend zur Orientierung an bestehender Literatur wurden in kleinem Umfang Anpassungen an den Kontext des Vorhabens MENA-Fuels vorgenommen. Solche Anpassungen erfolgten insbesondere dann, wenn zum Zeitpunkt der Technologieauswahl bereits absehbar war, dass bestimmte zusätzliche Produkte oder Technologien im Rahmen des Gesamtprojekts MENA-Fuels von strategischer Bedeutung sein könnten (vgl. insbesondere Kapitel 2.3).

Die so getroffene Auswahl an Kraftstoffen und deren Bereitstellungstechnologien lässt grundsätzlich eine Vielzahl möglicher Prozessrouten zu (>250 Kombinationsmöglichkeiten). Da sämtliche Routenbestandteile zunächst relevant für den Untersuchungskontext sind und deren Bewertung im AP 2 des Vorhabens auf Basis eines umfassenden Kriteriensets erfolgt, sind methodische Eingrenzungen unvermeidlich. Anstatt wie zunächst angestrebt ausgewählte PtX-Prozessrouten zu definieren und in Gänze zu evaluieren, wurde daher eine Auswahl an Technologiemodulen im Sinne von einzelnen möglichen Prozessschritten entlang von PtX-Routen betrachtet. Die ausgewählten synthetischen Kraftstoffe sind selbst nicht Teil der Bewertungsstufe, da sie letztlich das Resultat der vorausgehenden Anwendungsschritte in unterschiedlicher Kombination sind und zum Teil eigenständige Kriterien für die Nutzungsphase benötigen würden.

Die gewählte modularisierte Vorgehensweise reduziert den Bewertungsaufwand erheblich, da nur eine begrenzte Anzahl an Technologiemodulen bewertet werden muss. Das Vorgehen ist zudem im Einklang mit der Zielsetzung von Teilprojekt A.I, die Vor- und Nachteile sowie Chancen und Barrieren der betrachteten Kraftstoffe zu analysieren – denn diese hängen insbesondere von der Verfügbarkeit und der Eignung der in den verschiedenen Prozessrouten verwendeten Technologien ab. Schließlich ist die gewählte Vorgehensweise kompatibel mit der in Teilprojekt A.II folgenden Modellierung von Angebot und Nachfrage synthetischer Kraftstoffe, welche selbst auf modularisierte Strukturen zurückgreift. Auf diese Weise können schlechter bewertete Technologien prinzipiell von der Modellierung ausgeschlossen werden, was den Rechenaufwand deutlich reduziert.

Zur besseren Übersicht wurden die ausgewählten Technologien verschiedenen Technologiegruppen zugeordnet. Hierfür wurde der allgemeine Prozess zur Herstellung eines synthetischen Kraftstoffes in die fünf zentralen Stufen „Rohstoffe“, „Wasserspaltung“, „Synthese“, „Aufbereitung“ und „Produkte“ unterteilt, wobei der Gruppe

„Rohstoffe“ neben Wasser und Kohlenstoffdioxid (CO<sub>2</sub>) auch die Energiebereitstellung zugeordnet wird.

## 2.2 Kraftstoffe

Tab. 2-1 zeigt das Ergebnis der Literaturrecherche in Bezug auf PtX-Kraftstoffe. Es ist dargestellt, wie häufig die jeweiligen Kraftstoffe einen Untersuchungsschwerpunkt in den betrachteten Literaturquellen bilden. Neben PtX werden in den betrachteten Studien teils auch biomassebasierte Bereitstellungspfade abgebildet.

**Tab. 2-1 Literaturanalyse zur Identifizierung relevanter PtX-Produkte**

Literatur	PtX-Produkte (mit x markierte Produkte sind Gegenstand der jeweiligen Studie)												
	H <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	Methanol	Benzin, Diesel, Kerosin	OME	DME	DMM	Ammoniak	Olefine, Alkane	Schweröl	Propan	Naphtha	Syncrude (Rohöl)
Positionspapier fortschrittliche alternative flüssige Brenn- und Kraftstoffe (Willner et al. 2017)	x		x	x	x	x	x		x				
Mobilitäts- und Kraftstoffstrategie (MKS) der Bundesregierung (BMVBS 2013)	x	x		x						x			
Defossilierung des Transportsektors (FVV Prime Movers 2018)	x	x	x	x	x	x					x		
Entwicklung einer Gesamtstrategie zur Einführung alternativer Kraftstoffe, insbesondere regenerativ erzeugten Wasserstoffs (Ramesohl et al. 2006)	x												
Renewables in Transport 2050 (Schmidt et al. 2016)	x	x	x	x									
Alternative Kraftstoffe im Well-to-Wheel-Wettbewerb (Kirsten et al. 2016)	x	x	x	x	x	x							
Kopernikus P2X: Roadmap (Ausfelder und Dura 2018)	x	x	x	x	x								
CO <sub>2</sub> -neutrale Wege zukünftiger Mobilität durch Biokraftstoffe (Quirin et al. 2004)	x		x										
Well-to-Wheel Analysis of Future Automotive Fuels and Powertrains in the European Context (Edwards et al. 2014)	x	x	x	x		x							

Literatur	PtX-Produkte (mit x markierte Produkte sind Gegenstand der jeweiligen Studie)												
	H <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	Methanol	Benzin, Diesel, Kerosin	OME	DME	DMM	Ammoniak	Olefine, Alkane	Schweröl	Propan	Naphtha	Syncrude (Rohöl)
Mittel- und langfristige Potenziale von PT-L und H <sub>2</sub> -Importen aus internationalen EE-Vorzugsregionen (CONCAWE et al. 2007)	x			x								x	
Die zukünftigen Kosten strombasierter synthetischer Brennstoffe (Agora Verkehrswende, Agora Energiewende und Frontier Economics 2018)	x	x		x	x	x							
E-Fuels study (dena 2017)	x	x		x									
Status und Perspektiven flüssiger Energieträger in der Energiewende (Hobohm et al. 2018)	x	x		x									x
Strombasierte Kraftstoffe im Vergleich – Stand heute und die Langfristperspektive (Öko-Institut e.V. 2013)	x	x		x									
Metaanalyse zur Bedeutung von SynFuels im Jahr 2050 (Hübner et al. 2018)	x	x		x									
Almost all Electric World (Wietschel et al. 2016)	x	x	x					x					
Summe	16	1 2	8	1 3	5	5	1	1	1	1	1	1	1

Quelle: Eigene Literaturanalyse

Aus der Tabelle geht hervor, dass alle betrachteten Studien Wasserstoff und die meisten Studien auch synthetisches Methan (12/16) und Benzin, Diesel und Kerosin (13/16) als zukünftige PtX-Kraftstoffe thematisieren. Darüber hinaus werden in mindestens fünf Studien die Kraftstoffe Methanol, Dimethylether (DME) und Polyoxymethylendimethylether (OME) untersucht. Alle weiteren in der Tabelle aufgeführten Kraftstoffe werden dagegen jeweils nur in einer der Studien betrachtet und bleiben daher hier in ihrer Anwendung als Kraftstoff überwiegend unberücksichtigt. Ausnahmen stellen dabei synthetisches Rohöl (Syncrude) und Naphtha dar, die ebenfalls nur in jeweils einer der Studien untersucht, hier aber dennoch in der Liste der betrachteten Kraftstoffe mitgeführt werden. Dies soll die Möglichkeit abbilden, dass zukünftig nicht nur die finalen Kraftstoffe, sondern gegebenenfalls auch bereits Rohfraktionen aus der

Fischer-Tropsch-Synthese nach Deutschland importiert werden könnten. Die weitere Aufbereitung zu synthetischem Diesel, Benzin und Kerosin würde dann in bestehenden inländischen Raffinerien erfolgen.

Auf Grundlage der Literaturlauswertung werden schließlich die folgenden synthetischen Kraftstoffe in die Technologiebewertung aufgenommen:

- **Wasserstoff** (ergänzend auch an eine flüssige organische Wasserstoffträger-substanz gekoppelt),
- **Methan** (gasförmig und verflüssigt),
- **Methanol**,
- **Synchrude** (als direkter Output der Fischer-Tropsch-Synthese und damit als Vorprodukt von Benzin, Diesel und Kerosin),
- **Naphtha** (als weiteres Kraftstoff-Vorprodukt aus der Fischer-Tropsch-Synthese),
- **Benzin, Diesel, Kerosin**,
- **DME** und
- **OME**.

## 2.3 Industrieprodukte

Der Fokus von MENA-Fuels liegt auf der Bereitstellung von synthetischen Kraftstoffen. Ergänzend werden aber auch Industriebedarfe mitbetrachtet, weil sie direkte Konkurrenten zu wasserstoffbasierten Kraftstoffen sind und sich im Rahmen der Dekarbonisierung der Grundstoffindustrien zukünftig eine hohe Nachfrage nach PtX-basierten industriellen Feedstocks oder Reduktionsmitteln ergeben kann.

Auf Grundlage eigener aktueller Analysen zur Erreichung von Treibhausgasneutralität in der Industrie wurden hier insbesondere die folgenden PtX-basierten Industrieprodukte als relevant identifiziert (vgl. z. B. Agora Energiewende und Wuppertal Institut (2019)):

- **Wasserstoff**, z. B. als Reduktionsmittel im Rahmen der Umstellung der Primärstahlproduktion auf Direktreduktionsanlagen,
- **Methanol**, z. B. als Grundlage für die Produktion von Olefinen über das Methanol-to-Olefins-Verfahren (MtO) sowie ggfs. auch zur Produktion von Aromaten über das Methanol-to-Aromatics-Verfahren (MtA),
- **Naphtha**, z. B. als Ersatz für fossiles Naphtha zur Gewinnung von Olefinen und Aromaten im Steamcracker und
- **Ammoniak**, vorrangig zum Einsatz in der Düngemittelherstellung, ggfs. auch als Feedstock einiger Polymer-Produktionsketten.

Mit Wasserstoff, Methanol und Naphtha sind drei der vier vorgenannten Industrieprodukte bereits durch die in Kapitel 2.2 identifizierten Kraftstoffe abgedeckt. Nur **Ammoniak** wird daher als Industrieprodukt zusätzlich in die Liste derjenigen Produkte aufgenommen, deren Herstellungsschritte im Rahmen von MENA-Fuels betrachtet werden.

## 2.4 Zentrale Syntheseprozesse und Aufbereitungsschritte

Tab. 2-2 zeigt das Ergebnis der Literaturrecherche in Bezug auf zentrale Syntheseprozesse für die Bereitstellung von PtX-Kraftstoffen. Es ist dargestellt, wie häufig die jeweiligen Synthesen einen Untersuchungsschwerpunkt in den betrachteten Literaturquellen bilden.

**Tab. 2-2 Literaturanalyse zur Identifizierung relevanter PtX-Syntheserouten**

Literatur	Syntheserouten (mit x markierte Routen sind Gegenstand der jeweiligen Studie)					
	Methanisierung	Methanolsynthese	FT-Synthese	DME-Synthese	OME-Synthese	Ammoniaksynthese
Positionspapier fortschrittliche alternative flüssige Brenn- und Kraftstoffe (Willner et al. 2017)		x	x	x		
Mobilitäts- und Kraftstoffstrategie (MKS) der Bundesregierung (BMVBS 2013)	x					
Defossilierung des Transportsektors (FVV Prime Movers 2018)	x	x	x	x	x	
Entwicklung einer Gesamtstrategie zur Einführung alternativer Kraftstoffe, insbesondere regenerativ erzeugten Wasserstoffs (Ramesohl et al. 2006)			x			
Renewables in Transport 2050 (Schmidt et al. 2016)	x	x	x			
Alternative Kraftstoffe im Well-to-Wheel-Wettbewerb (Kirsten et al. 2016)	x					
Kopernikus P2X: Roadmap (Ausfelder und Dura 2018)	x	x	x			
CO <sub>2</sub> -neutrale Wege zukünftiger Mobilität durch Biokraftstoffe (Quirin et al. 2004)						
Well-to-Wheel Analysis of Future Automotive Fuels and Powertrains in the European Context (Edwards et al. 2014)	x	x				
Mittel- und langfristige Potenziale von PT-L und H <sub>2</sub> -Importen aus internationalen EE-Vorzugsregionen (Pfennig et al. 2017)			x			
Die zukünftigen Kosten strombasierter synthetischer Brennstoffe (Agora Verkehrswende, Agora Energiewende und Frontier Economics 2018)	x	x	x			
E-Fuels study (dena 2017)	x					
Status und Perspektiven flüssiger Energieträger in der Energiewende (Hobohm et al. 2018)	x	x	x		x	
Strombasierte Kraftstoffe im Vergleich – Stand heute und die Langfristperspektive (Öko-Institut e.V. 2013)	x		x			
Metaanalyse zur Bedeutung von SynFuels im Jahr 2050 (Hübner et al. 2018)	x		x			
Almost all Electric World (Wietschel et al. 2016)	x	x				x
Summe	12	8	10	2	2	1

Quelle: Eigene Literaturanalyse

Aus der Tabelle geht hervor, dass die ausgewerteten Studien einen Schwerpunkt auf Methanisierung (12/16), Fischer-Tropsch-Synthese (10/16) und Methanolsynthese

(8/16) legen, was dem Fokus der Studien auf die über diese Verfahren hergestellten Kraftstoffe weitgehend entspricht.

Kaum Berücksichtigung finden in den analysierten Studien dagegen die Syntheseverfahren zur Herstellung von DME, OME und Ammoniak. Weil die letztgenannten Produkte aber bereits zuvor als relevant identifiziert wurden, werden entsprechend auch die zu ihrer Herstellung benötigten Syntheseverfahren berücksichtigt.

Insgesamt werden daher auf Grundlage der Literaturlauswertung und ergänzender Überlegungen die folgenden Syntheseverfahren in die Technologiebewertung aufgenommen:

- **Methanisierung,**
- **Methanolsynthese,**
- **Fischer-Tropsch-Synthese** und nachfolgende **Raffination des Fischer-Tropsch-Syncrudes,**
- **direkte DME-Synthese** und
- **Ammoniaksynthese.**

Über die vorgenannten Verfahren kann bereits ein Großteil der ausgewählten Produkte hergestellt werden (Methan, Methanol, Syncrude, Benzin, Diesel, Kerosin sowie DME und Ammoniak).

Basierend auf Methanol und angelagerten weiterführenden Aufbereitungsschritten sind jedoch auch alternative Herstellungspfade dieser Produkte und auch die Herstellung der restlichen ausgewählten Produkte möglich. Berücksichtigt werden hier die Verfahren

- **Methanol-to-Gasoline** und
- **Methanol-to Kerosine** (jeweils als Alternative zum Fischer-Tropsch-Pfad),
- **Methanol-to-DME** (als Alternative zur einstufigen, direkten DME-Synthese) sowie
- **Methanol-to-OME** (als einzige betrachtete Option der OME-Herstellung).

Zu den Aufbereitungsverfahren wird hier ergänzend auch die **LOHC-Kopplung** (Liquefied Organic Hydrogen Carrier) von Wasserstoff gezählt.

## 2.5 Bereitstellung relevanter Vorprodukte

Im Anschluss an die Festlegung der zentralen Produkte sowie ihrer Syntheseverfahren und Aufbereitungsschritte wurden diejenigen Prozesse identifiziert, die zur Bereitstellung der jeweils erforderlichen Vorprodukte benötigt werden. Weil Studien zu einzelnen PtX-Verfahren selten die gesamte Prozesskette im Blick haben, sondern sich z. B. auf einzelne Syntheseschritte konzentrieren und die Bereitstellung von Energie, Wasser oder anderen Vorprodukten nicht weiter betrachten, erfolgte dieser Auswahlprozess auf Grundlage eigenen Expertenwissens.

Nahezu alle Kraftstoffsynthesen basieren auf der Nutzung von Wasserstoff oder Synthesegas, welche wiederum die Bereitstellung von Wasser und in vielen Fällen elektrischer Energie und CO<sub>2</sub> bedingt. Für diese Gruppen von Vorprodukten wurden die

relevanten Verfahren identifiziert, welche bereits heute bekannt bzw. im Einsatz sind und für den zukünftigen großtechnischen Einsatz als vielversprechend betrachtet werden.

Hierbei wurde auch berücksichtigt, ob die Verfahren auch für die Nutzung in der MENA-Region als relevant bzw. zukünftig umsetzbar einzuschätzen sind.

- So wurden z. B. auf Grund begrenzter Offshore-Potenziale für die Nutzung von Windenergie nur Onshore-Anlagen einbezogen.
- Für die CO<sub>2</sub>-Bereitstellung wurde für die ersten Jahrzehnte die CO<sub>2</sub>-Abscheidung aus Industrieprozessen berücksichtigt, um mittelfristig bestehende prozessbedingte CO<sub>2</sub>-Emissionen der Zementindustrie in der MENA-Region adressieren zu können und zudem den nötigen Zeitbedarf zum Aufbau von Direct-Air-Capture-Infrastrukturen zu berücksichtigen.
- Zudem wurde Biomasse als möglicher Baustein der betrachteten Prozessketten ausgeschlossen. Damit soll eine Konkurrenz mit dem Nahrungsmittelsektor vermieden werden, die sich durch die Knappheit von Wasserressourcen, die ungleiche Verteilung der Niederschläge und begrenzte landwirtschaftliche Nutzflächen (GIZ 2013) auf der einen Seite und der in dieser Studie angenommenen hohen Nachfrage nach synthetischen Kraftstoffen auf der anderen Seite<sup>1</sup> ergeben würde.

Es wurde die folgende Prozessauswahl getroffen:

- **Wasserstoff:** Für die elektrolytische H<sub>2</sub>-Erzeugung wurden unterschiedliche Prozessvarianten ausgewählt: Niedertemperatur-Elektrolyse (alkalisch und PEM<sup>1</sup>) sowie Hochtemperatur-Elektrolyse. Zudem wurden Optionen zur direkten Nutzung von Solarstrahlung berücksichtigt: Photoelektrochemie, Photokatalyse und Thermochemie. Die Meerwasser-Elektrolyse wurde nicht betrachtet, da sie sich noch in einem sehr frühen Entwicklungsstadium befindet.
- **Synthesegas:** Aus der Technologiegruppe zur H<sub>2</sub>-Erzeugung wurden zunächst diejenigen Technologien übernommen, für die auch ein Syngas-Betriebsmodus möglich ist: Thermochemie und Hochtemperatur-(Ko)-Elektrolyse. Ergänzend wurde die CO-Bereitstellung über die Reverse Wasser-Gas-Shift-Reaktion (RWGS), welche durch Mischung mit H<sub>2</sub> aus einem der unter „Wasserstoff“ genannten Verfahren ebenfalls die Bereitstellung von Synthesegas ermöglicht.
- **Energie:** Diese Technologiegruppe umfasst die Strombereitstellung aus erneuerbaren Quellen, wobei etablierte Technologien berücksichtigt wurden: solarthermische Kraftwerke, Photovoltaik und Onshore-Windkraft.
- **Wasser:** Aufgrund der Wasserknappheit in vielen Ländern der MENA-Region wurden nur Meerwasserentsalzungsanlagen berücksichtigt, wobei zwischen Verfahren mittels Verdampfung und Umkehrosmose unterschieden wurde.
- **Kohlendioxid:** Zur Abscheidung von CO<sub>2</sub> aus Punktquellen wurden zunächst für den Einsatz im industriellen Kontext Carbon-Capture-Verfahren mittels Post-

---

<sup>1</sup> PEM = Proton-Exchange-Membrane

Combustion und Oxyfuel ausgewählt. Zudem wurden Verfahren zur weitgehend standortunabhängigen CO<sub>2</sub>-Abtrennung aus der Luft berücksichtigt (Direct Air Capture, DAC), wobei Niedertemperatur- und Hochtemperaturverfahren unterschieden wurden.

## 2.6 Harmonisierung mit der Begleitforschung

Im Rahmen verschiedener Abstimmungsworkshops mit der Begleitforschung BEniVer wurde das Ziel definiert, in der Technologiebewertung im Rahmen von MENA-Fuels eine möglichst hohe Abdeckung der durch die verschiedenen technischen Forschungsverbünde der Förderinitiative „Energiewende im Verkehr“ (EiV) untersuchten Pfade und Kraftstoffe zu erreichen. Die Analysen in MENA-Fuels sollen so möglichst vielen Verbänden Orientierungswissen liefern, welche Rolle die jeweiligen Technologien zukünftig in einem Energiesystem mit hohen PtX-Anteilen spielen könnten.

Um diese hohe Abdeckung zu erreichen, fand daher im April und Mai 2019 eine Abstimmung mit BEniVer statt. Hierbei wurde die in diesem Teilbericht beschriebenen Technologieauswahl mit den durch BEniVer zusammengestellten Themenschwerpunkten der technischen EiV-Verbünde abgeglichen, deren finale Version Abb. 2-1 zeigt.

Dieser Abgleich hat eine hohe Übereinstimmung zwischen MENA-Fuels und BEniVer in Hinblick auf die betrachteten Produkte ergeben. Alle in diesem Teilbericht ausgewählten Kraftstoffe sind auch Gegenstand der Begleitforschung BEniVer. Allein das hier in Bezug auf die zukünftige industrielle Nachfrage betrachtete Produkt Ammoniak wird durch BEniVer bzw. die durch BEniVer abgebildeten Forschungsverbünde nicht bearbeitet. Die Forschung in MENA-Fuels wird somit der oben genannten Zielstellung der Bereitstellung für die Verbünde passgenauen Orientierungswissens gerecht.

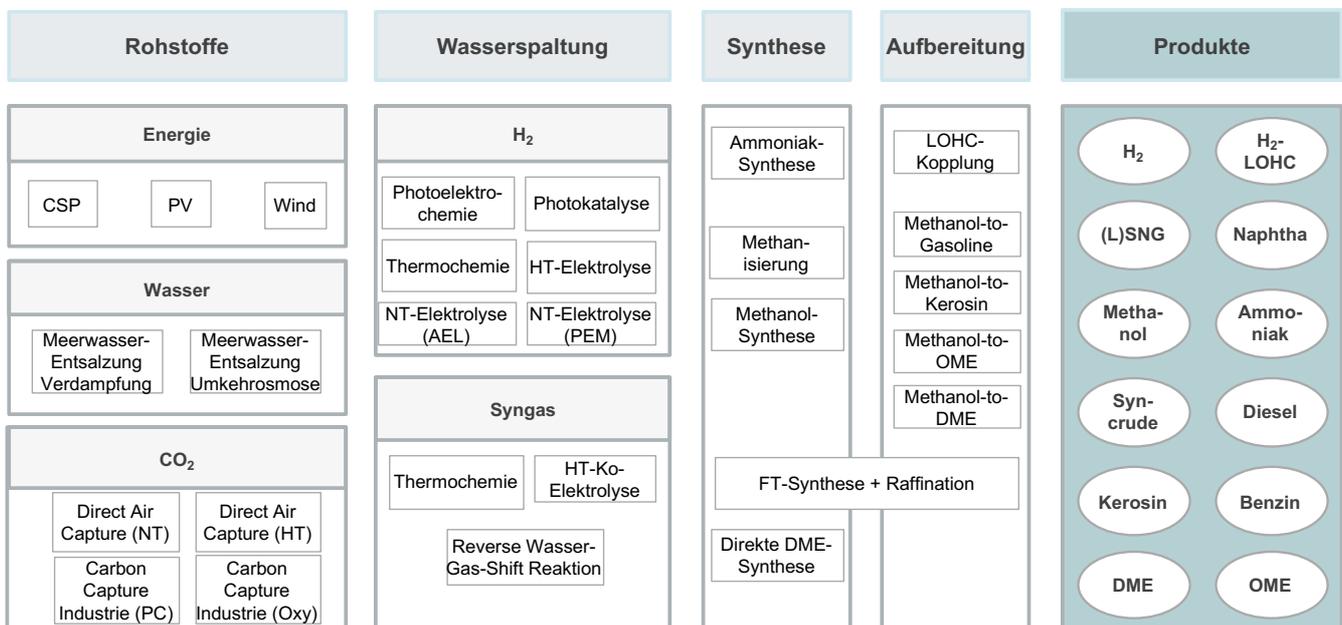
Verbund	Forschungsbereiche	Untersuchte Kraftstoffe	Fokussierte Sektoren
BEniVer		Kraftstoffe der Forschungsinitiative	
C <sup>3</sup> -Mobility		Synth. Benzin, DME, OME 3-5, Methanol, Butanol, Oktanol	
CombiFuel		Hythan (Wasserstoff+Methan)	
E2Fuels		Methanol, OME 3-5, Methan, Hythan (Wasserstoff+Methan)	
FlexDME		Dimethylether (DME)	
ISystem4EFuel		Synth. Diesel, Oxymethylenether (OME 3-5)	
KEROSyn100		Synth. Kerosin	
LeanStoichH2		Hythan (Wasserstoff+Methan)	
MEEMO		Methanol	
MENA-Fuels		Kraftstoffe der Forschungsinitiative	
MethQuest		Methan, Methanol, Wasserstoff	
PlasmaFuel		Synth. Diesel	
PowerFuel		Synth. Kerosin	
SHARC		Smartes Hafen-Applikationskonzept	
SolareKraftstoffe		Synth. Benzin	
SynLink		Synth. Diesel, synth. Kerosin, Methanol, höhere Alkohole	
NAMOSYN		OME 3-5, Dimethylcarbonat (DMC), Methylformiat (MeFo)	

**Abb. 2-1** Überblick der durch die Verbünde der Energiewende im Verkehr beforschten Kraftstoffe (aktualisierte Fassung der ursprünglichen Abstimmung mit MENA-Fuels)

Quelle: BEniVer, Tagungsband Statuskonferenz Energiewende im Verkehr vom November 2020

### 3 Ergebnis

Aus der in Kapitel 2 beschriebenen Herleitung ergibt sich die in Abb. 3-1 dargestellte Auswahl an relevanten Kraftstoff- und Industrieprodukten sowie zu ihrer Herstellung benötigter Technologiemodule. Die Modulauswahl umfasst insgesamt 28 zu bewertende Technologien, davon neun für die Rohstoffbereitstellung (Energie, Wasser, CO<sub>2</sub>), ebenfalls neun aus dem Bereich der Wasserspaltung (H<sub>2</sub> und Synthesegas), fünf Syntheseverfahren und wiederum fünf Aufbereitungsprozesse. Diese Prozesse sind in unterschiedlicher Kombination wiederum dazu geeignet, die rechts in der Grafik abgebildeten elf ausgewählten synthetischen Kraftstoffe sowie das Industrieprodukt Ammoniak herzustellen.



**Abb. 3-1 Endgültige, harmonisierte Auswahl der Technologiemodule und Produkte**

Die abgebildeten 28 Technologiemodule werden im nachfolgenden AP 2 einer multi-kriteriellen Bewertung mit Darstellung ihrer Vor- und Nachteile und Einordnung auf der Zeitachse unterzogen. Die Ergebnisse dieser Bewertung sind im Teilbericht 3 (Deliverable 2.1) dargestellt.

## 4 Literaturverzeichnis

### Zitierte Literatur

- Agora Energiewende; Wuppertal Institut (2019): Klimaneutrale Industrie: Schlüsseltechnologien und Politikoptionen für Stahl, Chemie und Zement. Berlin. [https://static.agora-energiewende.de/fileadmin2/Projekte/2018/Dekarbonisierung\\_Industrie/164\\_A-EW\\_Klimaneutrale-Industrie\\_Studie\\_WEB.pdf](https://static.agora-energiewende.de/fileadmin2/Projekte/2018/Dekarbonisierung_Industrie/164_A-EW_Klimaneutrale-Industrie_Studie_WEB.pdf)
- Agora Verkehrswende; Agora Energiewende; Frontier Economics (2018): Die zukünftigen Kosten strombasierter synthetischer Brennstoffe. [www.stiftung-mercator.de/media/downloads/3\\_Publikationen/2018/Maerz/Agora\\_SynCost-Studie\\_WEB.pdf](http://www.stiftung-mercator.de/media/downloads/3_Publikationen/2018/Maerz/Agora_SynCost-Studie_WEB.pdf). Last access: 04 August 2020.
- Ausfelder, F.; Dura, H. E. (2018): 1. Roadmap des Kopernikus-Projektes „Power-to-X“: Flexible Nutzung erneuerbarer Ressourcen (P2X) – OPTIONEN FÜR EIN NACHHALTIGES ENERGIESYSTEM MIT POWER-TO-X TECHNOLOGIEN 168.
- BMVBS (2013): Die Mobilitäts- und Kraftstoffstrategie der Bundesregierung (MKS). Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung.
- dena (2017): E-Fuels STUDY - The potential of electricity-based fuels for low-emission transport in the EU.
- Edwards, R.; Larive, J.-F.; Rickeard, D.; Weindorf, W. (2014): Well-to-Wheels analysis of future automotive fuels and powertrains in the European context. No. Version 4a. Ispar, Italy: Joint Research Center, CONCAWE, LBST.
- FVV Prime Movers (2018): Defossilisierung des Transportsektors.
- GIZ (2013): Aktivitäten der EZ im Bereich Bioenergie / Biogas in Marokko. Vortrag auf der Informationsveranstaltung „Bioenergie: Biomasse zur Wärme- und Elektrizitätsgewinnung“. Berlin.
- Hobohm, J.; auf der Maur, A.; Dambeck, H.; Kemmler, A.; Koziel, S.; Kreidelmeyer, S.; Piégasa, A.; Wendring, P. (2018): Status und Perspektiven flüssiger Energieträger in der Energiewende. <https://www.prognos.com/publikationen/alle-publikationen/816/show/5bdf1146a5ce34591f175b9dcb2c57e8/>. Last access: 14 Oktober 2020.
- Hübner, T.; Guminski, A.; Von Roon, S. (2018): Die Rolle synthetischer Brennstoffe zur Erreichung der klimapolitischen Ziele-Metaanalyse zur Bedeutung von SynFuels im Jahr 2050. No. 10/2018. FfE Forschungsgesellschaft für Energiewirtschaft mbH.
- Kirsten, K.; Hadler, J.; Schmidt, P.; Weindorf, W. (2016): Alternative Kraftstoffe im Well-to-Wheel-Wettbewerb. ATZextra 21(11)38–45. doi: 10.1007/s35778-015-0108-8.
- Öko-Institut e.V. (2013): Strombasierte Kraftstoffe im Vergleich - Stand heute und Langfristperspektive. Aktualisierte Fassung (Working Paper).

- Pfennig, M.; Norman, G.; Pape, C.; Böttger, D. (2017): Mittel- und langfristige Potenziale von PT-L und H<sub>2</sub>-Importen aus internationalen EE-Vorzugsregionen. Teilbericht. Fraunhofer-Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik (Fraunhofer IWES) Institutsteil Kassel.
- Quirin, M.; Gärtner, S. O.; Pehnt, M.; Reinhardt, G. A. (2004): CO<sub>2</sub>-neutrale Wege zukünftiger Mobilität durch Biokraftstoffe: Eine Bestandsaufnahme. Heidelberg: Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg GmbH.
- Ramesohl, S.; Fishedick, M.; Arnold, K.; Merten, F.; Nitsch, J.; Schmid, S.; et al. (2006): Entwicklung einer Gesamtstrategie zur Einführung alternativer Kraftstoffe, insbesondere regenerativ erzeugten Wasserstoffs. (UBA, Hrsg.) 237.
- Schmidt, P.; Zittel, W.; Weindorf, W.; Raksha, T. (2016): Renewables in Transport 2050. Empowering a sustainable mobility future with zero emission fuels from renewable electricity. Kraftstoffstudie II. Final Report. No. Report 1086-2016. Frankfurt: Forschungsvereinigung Verbrennungskraftmaschinen e.V.
- Wietschel, M.; Michaelis, J.; Hirzel, S.; Hettesheimer, T.; Haendel, M. (2016): „Almost all electric world“ - Identifikation und Bewertung komplementärer Energieträger neben Strom. Karlsruhe.
- Willner, T.; Lucka, K.; Günther, A. (2017): Fortschrittliche alternative flüssige Brennstoffe und Kraftstoffe: Für Klimaschutz im globalen Rohstoffwandel. Positionspapier. Frankfurt am Main: DECHEMA Gesellschaft für Chemische Technik und Biotechnologie e.V. und VDI.

## Teilberichte

- Acosta-Fernández, J., Viebahn, P., Hanke, T., Block, S. (2023). Gesamtwirtschaftliche Effekte von Investitionen zur Versorgung Deutschlands mit Wasserstoff und synthetischen Energieträgern aus der MENA-Region. MENA-Fuels: Teilbericht 13 des Wuppertal Instituts an das Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK).
- 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. MENA-Fuels: Teilbericht 10 des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR) und des Wuppertal Instituts an das Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK).
- Doré, L., Krüger, C., Janßen, T. (2022). Weitere Szenarioanalysen: Berücksichtigung von Investitionsrisiken und Sensitivitäten der Basisszenarien. MENA-Fuels: Teilbericht 7 des Wuppertal Instituts an das Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK).
- Ersoy, S. R., Terrapon-Pfaff, J., Viebahn, P., Pregger, T., Braun, J. (2022). Synthese der Kurzstudien für Jordanien, Marokko und Oman. MENA-Fuels: Teilbericht 11 des Wuppertal Instituts und des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR) an das Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK).
- Horst, J., Klann, U. (2022). MENA-Fuels—Analyse eines globalen Marktes für Wasserstoff und synthetische Energieträger hinsichtlich künftiger Handelsbeziehungen. MENA-Fuels: Teilbericht 12 des Instituts für ZukunftsEnergie- und Stoffstromsysteme (IZES) an das Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK).
- Jülich, A., Zelt, O. (2022). Ökobilanzen für synthetisches Kerosin—Vergleich von Produktionsrouten in MENA und Deutschland. MENA-Fuels: Teilbericht 2 des Wuppertal Instituts an das Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK).
- Krüger, C., Doré, L. (2022). Nachfrageszenarien – Storylines und Herleitung der Entwicklung der Nachfrage nach Synfuels und Grundstoffen. MENA-Fuels: Teilbericht 5 des Wuppertal Instituts an das Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK).
- Krüger, C., Doré, L., Janßen, T. (2022). Basisszenarien – Ergebnisse und Infrastrukturauswertung. MENA-Fuels: Teilbericht 6 des Wuppertal Instituts an das Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK).
- Pregger, T. (2022). Szenarien zur Eigenbedarfsanalyse für die MENA-Länder. MENA-Fuels: Teilbericht 9 des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR) an das Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK).
- Saurat, M., Doré, L., Janßen, T., Kiefer, S., Krüger, C., Nebel, A. (2022). Beschreibung des Energieversorgungsmodells WISEE-ESM-I. MENA-Fuels: Teilbericht 4 des Wuppertal Instituts an das Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK).

- Terrapon-Pfaff, J., Prantner, M., Ersoy, S. R. (2022). Risikobewertung und Risikokostenanalyse der MENA-Region. MENA-Fuels: Teilbericht 8 des Wuppertal Instituts an das Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK).
- Viebahn, P., Kern, J., Horst, J., Rosenstiel, A., Terrapon-Pfaff, J., Doré, L., Krüger, C., Zelt, O., Pregger, T., Braun, J., Klann, U. (2022a). Synthese und Handlungsoptionen – Ergebnisbericht des Projekts MENA-Fuels. Teilbericht 14 des Wuppertal Instituts, des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR) und des Instituts für ZukunftsEnergie- und Stoffstromsysteme (IZES) an das Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK).
- Viebahn, P., Kern, J., Horst, J., Rosenstiel, A., Terrapon-Pfaff, J., Doré, L., Krüger, C., Zelt, O., Pregger, T., Braun, J., Klann, U. (2022b). Synthesis and courses of action. Report on results of the MENA-Fuels project. Sub-report 14 to the Federal Ministry for Economic Affairs and Climate Action (BMWK). Wuppertal Institut, German Aerospace Center (DLR), Institut für ZukunftsEnergie- und Stoffstromsysteme (Institute for Future Energy and Material Flow Systems, IZES).
- Viebahn, P., Kern, J., Horst, J., Rosenstiel, A., Terrapon-Pfaff, L., Doré, L., Krüger, C., Zelt, O., Pregger, T., Braun, J., Klann, U. (2022c) : synthèse et pistes d'action. Rapport sur les résultats du projet MENA-Fuels. Sous-rapport 14 au ministère fédéral de l'Économie et de la Protection du climat (BMWK). Wuppertal Institut, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR), Institut für ZukunftsEnergie- und Stoffstromsysteme (IZES).
- Zelt, O., Kobiela, G., Ortiz, W., Scholz, A., Monnerie, N., Rosenstiel, A., Viebahn, P. (2020). Multikriterielle Bewertung von Bereitstellungstechnologien synthetischer Kraftstoffe. MENA-Fuels: Teilbericht 3 des Wuppertal Instituts und des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR) an das Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK).
- Zelt, O., Scholz, A., Viebahn, P. (2021). Auswahl der zu bewertenden synthetischen Kraftstoffe und ihrer Bereitstellungstechnologien. MENA-Fuels: Teilbericht 1 des Wuppertal Instituts an das Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK).



## **Überblick über die Teilberichte in MENA-Fuels**

Alle Teilberichte können über die folgende Website heruntergeladen werden:

[www.wupperinst.org/MENA-Fuels/](http://www.wupperinst.org/MENA-Fuels/)

### **Teilprojekt A.I: Technologiebewertung für synthetische Kraftstoffe**

- 1 Auswahl der zu bewertenden synthetischen Kraftstoffe und ihrer Bereitstellungstechnologien
- 2 Ökobilanzen für synthetisches Kerosin – Vergleich von Produktionsrouten in MENA und Deutschland
- 3 Multikriterielle Bewertung von Bereitstellungstechnologien synthetischer Kraftstoffe

### **Teilprojekt A.II: Potenzial- und Infrastrukturanalyse für EE-Strom, Wasserstoff und synthetische Folgeprodukte**

- 4 Beschreibung des Energieversorgungsmodells WISEE-ESM-I
- 5 Nachfrageszenarien – Storylines und Herleitung der Entwicklung der Nachfrage nach Synfuels und Grundstoffen
- 6 Basisszenarien – Ergebnisse und Infrastrukturauswertung
- 7 Weitere Szenarioanalysen: Berücksichtigung von Investitionsrisiken und Sensitivitäten der Basisszenarien
- 8 Risikobewertung und Risikokostenanalyse der MENA-Region

### **Teilprojekt B.I: Analyse der Exportpotenziale in den MENA-Ländern**

- 9 Szenarien zur Eigenbedarfsanalyse für die MENA-Länder
- 10 Technische und risikobewertete Kosten-Potenzial-Analyse der MENA-Region
- 11 Synthese der Kurzstudien für Jordanien, Marokko und Oman

### **Teilprojekt B.II: Künftige Märkte, Handelsprodukte und Wertschöpfungsketten**

- 12 MENA-Fuels – Analyse eines globalen Marktes für Wasserstoff und synthetische Energieträger hinsichtlich künftiger Handelsbeziehungen
- 13 Gesamtwirtschaftliche Effekte von Investitionen zur Versorgung Deutschlands mit Wasserstoff und synthetischen Energieträgern aus der MENA-Region

### **Teilprojekt B.III: Synthese und Handlungsoptionen**

- 14 (DE) Synthese und Handlungsoptionen – Ergebnisbericht des Projekts MENA-Fuels
- 14 (EN) Synthesis and courses of action – Report on results of the MENA-Fuels project
- 14 (FR) Synthèse et pistes d'action – Rapport sur les résultats du projet MENA-Fuels

Die Zukunft der Mobilität in Deutschland und der EU bietet ein vielfältiges Portfolio an Technologien und Lösungen. Neben der Elektromobilität ist auch der Einsatz synthetischer Kraftstoffe eine denkbare Lösung.

Die Herstellung großer Mengen synthetischer Kraftstoffe (und Feedstocks) benötigt erhebliche Mengen an preisgünstigen erneuerbaren Energien. Insbesondere die sonnen- und windreichen Länder der MENA-Region (Nordafrika und Naher Osten) mit ihren großen erneuerbaren Energiepotenzialen bieten sich als Standorte zur Herstellung synthetischer Kraftstoffe und ihrer Vorprodukte an. Darüber hinaus bestehen zu vielen Ländern bereits Handelsbeziehungen und Infrastrukturen, auf die aufgebaut werden kann.

Aber welche Potenziale sind in den einzelnen Staaten verfügbar? Zu welchen Kosten stehen entsprechende Ressourcen zur Verfügung? Welche Transportstrukturen werden benötigt? Welche Auswirkungen hat ein Import auf die Wertschöpfung sowohl in Deutschland als auch in den MENA-Staaten? Welches Interesse besteht in den Staaten der MENA-Region selbst, ihre erneuerbaren Energiepotenziale für die inländische Versorgung, aber auch für den Export zu nutzen? Mit welchen Mitbewerbern ist außerhalb von MENA und EU zu rechnen?

Vor dem Hintergrund dieser Fragestellungen hat das Projekt MENA-Fuels analysiert, in welchem Umfang die MENA-Region ein strategisch wichtiger Handelspartner bei der Versorgung Deutschlands (und der EU) mit synthetischen Kraftstoffen oder deren Vorprodukten sein kann.

[www.wupperinst.org/MENA-Fuels/](http://www.wupperinst.org/MENA-Fuels/)

