ROADMAP FÜR SYNTHETISCHE KRAFTSTOFFE

Ergebnisse und Handlungsoptionen aus fünf Jahren Begleitforschung BEniVer Berliner Energietage am 22. Mai 2023

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages





Berliner Energietage 22. Mai 2023, 12:00 bis 13:30



Moderation der Session

Prof. Dr. Manfred Aigner (DLR)

Vorstellung der BEniVer-Roadmap

Dr. Juliane Prause (DLR)

Diskussionsrunde: Strombasierte Kraftstoffe – Was lernen wir aus den Forschungsergebnissen?

Moderation: Jan Hildebrand (IZES)

Diskussionsteilnehmende:

- Prof. Dr. Manfred Aigner (DLR)
- Dorothea Nold (HIF Global)
- Dr. Peter Viebahn (Wuppertal Institut)

BEniVer-Team:

- Carsten Hoyer-Klick (DLR)
- Sandra Richter (DLR)
- Sofia Haas (FfE)
- Eva Hauser (IZES)

VORSTELLUNG DER BENIVER-ROADMAP

BEniVer-Roadmap für strombasierte Kraftstoffe Dr. Juliane Prause (DLR)

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages









BEGLEITFORSCHUNG BENIVER

Forschungsinitiative Energiewende im Verkehr – Entwicklung strombasierter Kraftstoffe

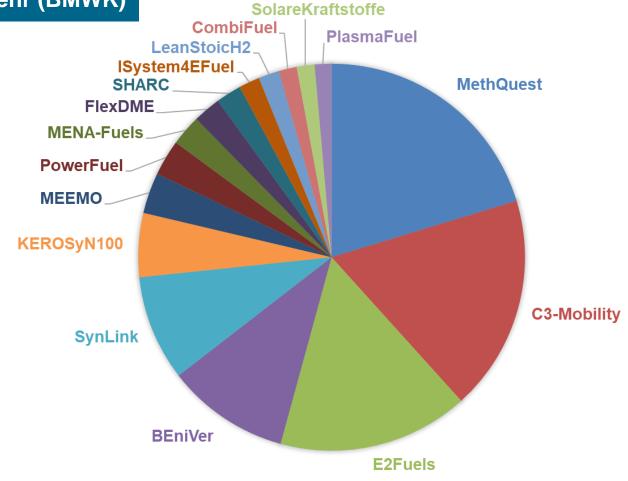


Forschungsinitiative Energiewende im Verkehr (BMWK)

- 16 Verbundvorhaben
- Gesamtförderung 86 Mio. €
- 138 Teilprojekte (aus Industrie und Forschung)

NAMOSYN (BMBF)

- Förderung 20,6 Mio. €
- 38 Teilprojekte



Verbundvorhaben nach Fördervolumen

Forschungsinitiative Energiewende im Verkehr



Verbund	Ве	reic	he	Untersuchte Kraftstoffe (Fokus)	Sektoren			
BEniVer			цķ	Kraftstoffe der Forschungsinitiative	\rightarrow	•	\$	B
C3-Mobility	À	8	峭	Synth. Benzin, DME, OME ₃₋₅ , Methanol, Butanol, Oktanol	\rightarrow		\rightarrow	
CombiFuel	À	8		Hythan				
E2Fuels	À	8	ıιβ	Methanol, OME ₃₋₅ , Methan, Hythan	\rightarrow		\rightarrow	3
FlexDME	À			Dimethylether (DME)				
ISystem4EFuel		8		Synth. Diesel, Oxymethylenether (OME ₃₋₅)			\rightarrow	B
KEROSyN100	À		ılΩ	Synth. Kerosin		•		
LeanStoicH2		8		Hythan				3
МЕЕМО		8	峭	Methanol				
MENA-Fuels			ıΙΔ	Kraftstoffe der Forschungsinitiative	\rightarrow	•	\rightarrow	3
MethQuest	À	8	峭	Methan, Methanol, Wasserstoff	\rightarrow		\rightarrow	3
PlasmaFuel	À			Synth. Diesel			\rightarrow	
PowerFuel	À		峭	Synth. Kerosin		•		
SHARC			峭	Smartes Hafen-Applikationskonzept	\rightarrow		\rightarrow	3
SolareKraftstoffe		8	峭	Synth. Benzin	\rightarrow			
SynLink	À	8	峭	Synth. Diesel, synth. Kerosin, Methanol, höhere Alkohole	\rightarrow	•	\rightarrow	
NAMOSYN	À	8	ılΩ	OME ₃₋₅ , Dimethylcarbonat (DMC), Methylformiat (MeFo)	\rightarrow			



Straßenverkehr



Luftverkehr



Schiffsverkehr



Rückverstromung



Kraftstoffherstellung



Kraftstoffnutzung, Anwendungen



Systemanalyse

Verbundvorhaben BEniVer



Verbundpartner

11 Projektpartner













SPECIALISTS IN
EMPIRICAL ECONOMIC
RESEARCH











Gesellschaft für Mineralöl-Analytik und Qualitätsmanagement mbH + Co. KG

Laufzeit

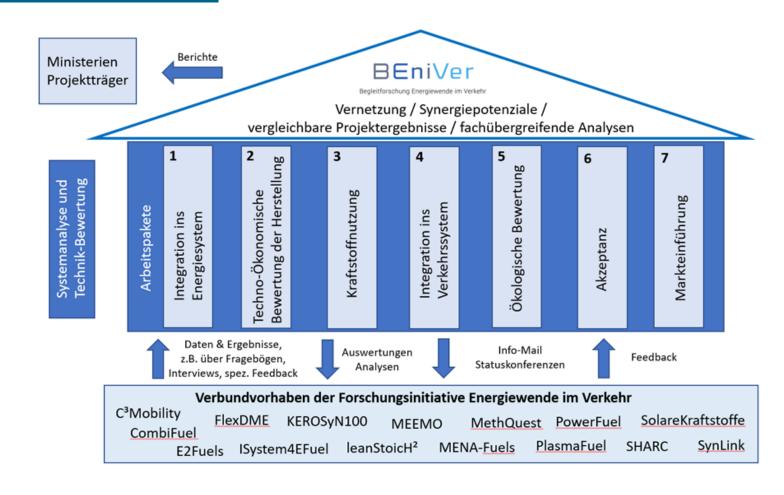
06/2018 - 05/2023

Verbundvorhaben BEniVer



Ziele und Übersicht der Begleitforschung BEniVer

- Vernetzung innerhalb der Forschungsinitiative
- Vergleichbarkeit
 - Interdisziplinäre wissenschaftliche Analysen
 - Entwicklungspotenziale
 - Einheitliche Methoden und Rahmenannahmen und Technologiebewertung
- Roadmap zur Erforschung und Markteinführung erneuerbarer Kraftstoffe



Roadmap



Kraftstoffbedarfe und deren Bereitstellung

Carsten Hoyer-Klick, Stefan Kronshage, Thomas Pregger, Niklas Wulff (DLR-VE),
 Samuel Hasselwander, Özcan Deniz, Ines Österle (DLR-FK)

Kraftstoffoptionen

Sandra Richter, Marina Braun-Unkhoff (DLR-VT), Sofia Haas, Simon Pichlmaier (FfE),
 Moritz Raab, Uwe Dietrich (DLR-TT), Samuel Hasselwander, Ines Österle (DLR-FK)

Nachhaltige Markteinführung und gesellschaftliche Akzeptanz

 Eva Hauser, Patrick Matschoss, Henrik Mantke, Andrea Amri-Henkel, Benjamin Zeck, Jan Hildebrand, Sascha Heib (IZES)





KRAFTSTOFFBEDARFE UND -BEREITSTELLUNG





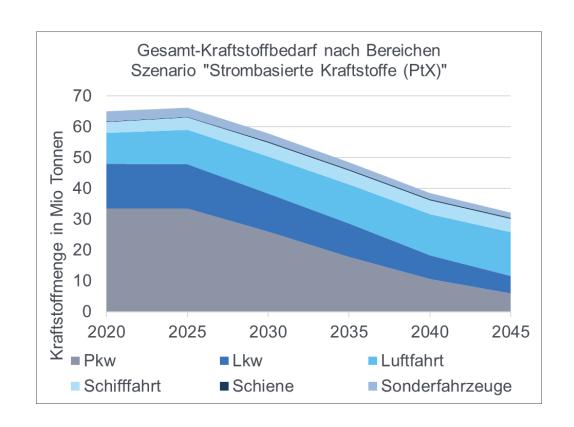
Referenz-Szenario (THG80)

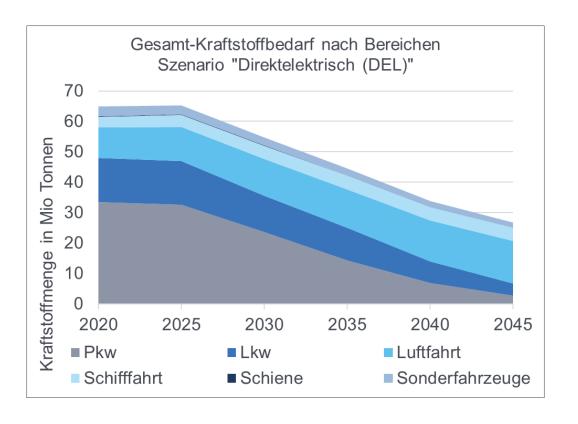
- ✓ Klimaneutralität im Verkehrssystem bis 2045
- ✓ Bestehende politische Rahmenbedingungen
- ✓ Moderate Zunahme der Verkehrsnachfrage
- ✓ Effizienzverbesserung der Technologien
- ✓ Ab 2035 nur noch emissionsfreie Pkw- und Lnf-Neufahrzeuge im DEL und H2
 - ✓ Im PtX-Szenario bis zu 10% nachweislich mit E-Fuels betriebene Pkw möglich
- ✓ Ab 2040 nur noch emissionsfreie Snf-Neufahrzeuge



Die Szenarien-Analysen stellen keine Prognosen oder Empfehlungen dar. Sie beschreiben mögliche Wege (Transformationspfade) im Kontext der zugrundeliegenden Annahmen. Seit dem Projektbeginn im Jahr 2018 haben sich die (welt-)politischen Rahmenbedingungen in vielfacher Hinsicht sehr dynamisch verändert. Insbesondere die Umwelt-politischen Änderungen sind sehr zu begrüßen. Jedoch konnten nicht alle Gesetzesänderungen (insbesondere die Sektorziele 2030) vollständig in der Modellierung berücksichtigt werden.



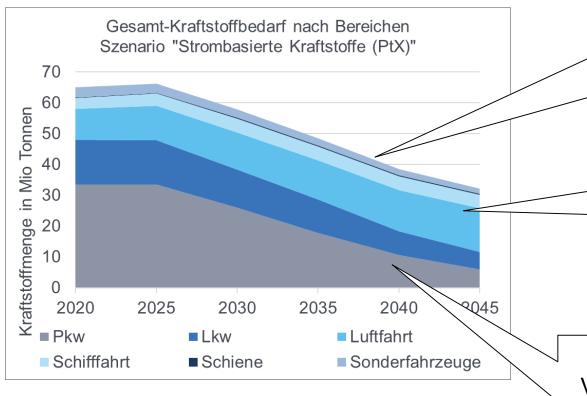




- Intensive Entwicklung aller verfügbaren Technologieoptionen erforderlich, um Klimaziele zu erreichen (Elektrifizierung, Brennstoffzellen und nachhaltige Kraftstoffe)
- Gesamtbedarf an Kraftstoffen nimmt deutlich ab, insbesondere durch die zunehmende Elektrifizierung des Straßenverkehrs



Begleitforschung Energiewende im Verkehr



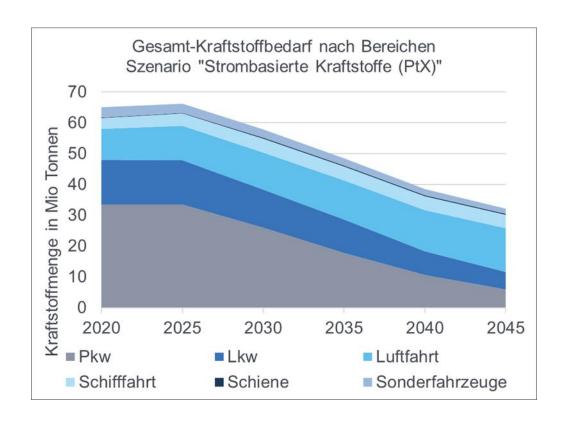
Verbleibendes Segment mit Landwirtschaft und Sonderfahrzeugen

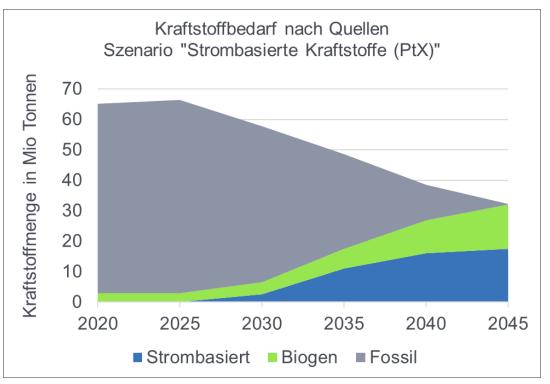
Schifffahrt und Luftfahrt dominieren den Kraftstoffbedarf in 2045

Kraftstoffbedarf im Straßenverkehr sinkt auf 14% - 24% des Standes von 2020 Verbrenner nur noch in kleinen Segmenten im Straßenverkehr



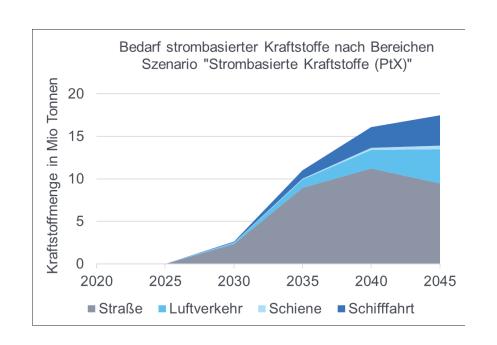
Begleitforschung Energiewende im Verkehr

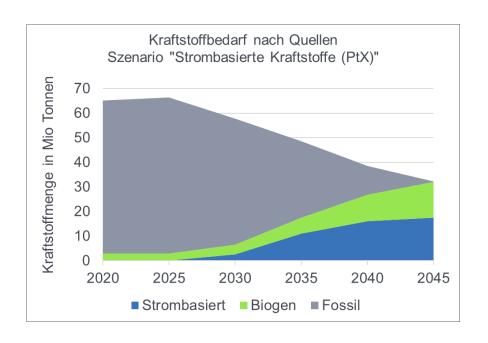




- Etwa 50% des Bedarfs kann aus Biokraftstoffen gedeckt werden
- Bedarf an strombasierten Kraftstoffen in 2045 in den BEniVer-Szenarien bei 12,9 17,5 Mio. Tonnen
- Massiver Ausbau der EE-Kapazitäten notwendig
- je nach Szenario werden 74% 90% des Bedarfs an strombasierten Kraftstoffen importiert
- Weitere Optionen: Noch ambitionierterer Hochlauf der Elektromobilität begleitet durch verstärkte
 Maßnahmen für umfassende Mobilitätswende wie z.B. Verkehrsverlagerung und Nachfragereduktion

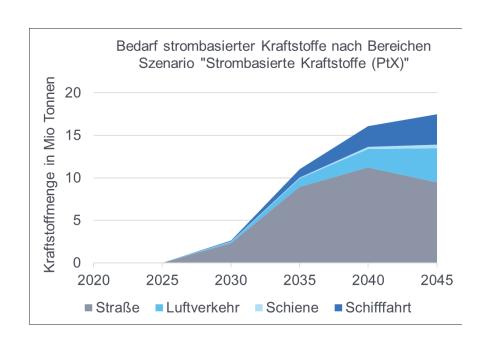


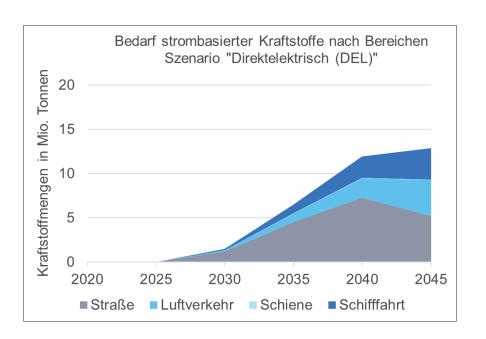




- Im Luftverkehr- und Schiffsverkehr gibt es auf den langen Strecken, welche den Großteil des Verbrauchs ausmachen kaum Alternativen zu flüssigen Kraftstoffen
- Im Pkw- und Lkw-Bereich zeichnet sich aus ökonomischer und ökologischer Sicht ein Trend zur Elektromobilität ab
 - Unter den getroffenen Annahmen besteht dennoch hoher Bedarf an Drop-In-Kraftstoffen für Bestand → potentieller Nachfragepeak um 2035, der dann aber wieder zurück geht
- → Langfristig werden wahrscheinlich vor allem Kerosin und Schiffskraftstoffe benötigt







- Im Luftverkehr- und Schiffsverkehr gibt es auf den langen Strecken, welche den Großteil des Verbrauchs ausmachen kaum Alternativen zu flüssigen Kraftstoffen
- Im Pkw- und Lkw-Bereich zeichnet sich aus ökonomischer und ökologischer Sicht ein Trend zur Elektromobilität ab
 - Unter den getroffenen Annahmen besteht dennoch hoher Bedarf an Drop-In-Kraftstoffen für Bestand → potentieller Nachfragepeak um 2035, der dann aber wieder zurück geht
- → Langfristig werden wahrscheinlich vor allem Kerosin und Schiffskraftstoffe benötigt





KRAFTSTOFFOPTIONEN

Kraftstoffoptionen



Übersicht Kraftstoffe der Forschungsinitiative EiV

	Synthetischer Diesel	Synthetisches Benzin		Synthetisches Kerosin		Ether		Alkohole		Weitere oxygenierte Kraftstoffe		Gase	
	FT-Diesel	FT- Benzin	MtG	FT- Kerosin	MtJ	DME	OME ₃₋₅	MeOH	Höhere Alkohole	DMC	MeFo	Methan	Hythan
Anwendung						-							
Reinkraftstoff	\$	\rightarrow	\rightarrow			\$	\$	\$	•			\$	\$
Blend		\rightarrow	\rightarrow	4	4		\$	\rightarrow	\rightarrow	\rightarrow	\rightarrow		
Drop-in	\$	\rightarrow	\rightarrow	•	•			•	\ \ \ \ \			\$	3
Near-Drop-in						\$	\$		\$	_	\rightarrow		♦

Kraftstoffoptionen in der Schifffahrt



Paraffinischer Diesel (FT-Diesel)

- © Ersatz für Marine Gas Oil (MGO) und Heavy Fuel Oil (HFO): derzeit Anteil > 90%
- keinerlei SO_x-Emissionen und deutliche Reduzierung der Rußemissionen
- Dichte mit ca. 800 kg/m³ geringer als bei MGO (890 kg/m³) und HFO (990-1010 kg/m³) → Anpassung Motorsteuerung nötig

Methanol

- größtes Potenzial bzgl. Rußminderung
- Entwicklung Methanol-Schiffe ausgereift, einzelne Schiffe im Einsatz
- globale Infrastruktur durch Chemieindustrie vorhanden, muss aber ausgebaut werden
- bislang keine Norm, nur Einzelzulassung

Wasserstoff

- weine C-haltigen Emissionen mehr
- ② Anwendung in Brennstoffzelle und Gasmotor
- einzelne Testanwendungen, Technologie noch nicht ausgereift
- @ geringe Energiedichte

Methan (synthetisches LNG)

- direkter Ersatz für fossiles LNG
- mutmaßlich keine Anpassungen notwendig
- Anteil LNG-Schiffe < 10%</p>
- Umrüstung von MGO/HFO-Schiffen möglich, aufwändig
- Methanschlupf vermeiden

Oxymethylenether (OME)

- Reduzierung SO_x- und Rußemissionen bei Verwendung als Blendkomponente
- Materialverträglichkeit → max. 10-15% OME zumischbar ohne Anpassung von Elastomeren bzw. Austausch von Dichtungen

Ammoniak

- keine C-haltigen Emissionen mehr
- Anwendung in Brennstoffzelle und Gasmotor
- Example 2 Technologie in Entwicklung, kein einsatzfähiges Schiff
- Toxizität → Anwendung nur für Hochseefrachter

Kraftstoffoptionen in der Schifffahrt Ökologische Analyse



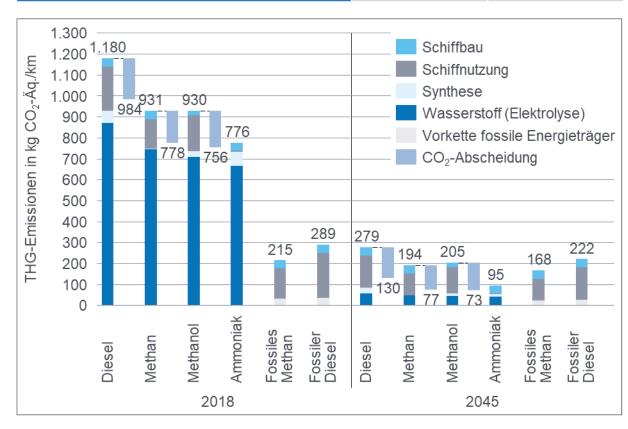
Annahmen

- Berücksichtigung der Treibhausgasemissionen über den gesamten Lebenszyklus (Strombereitstellung, Anlagenbau, Elektrolyse, CO₂-Abscheidung und Synthese, Fahrzeugbau und Nutzung)
- Stromquelle: Deutscher Strommix
- Zukunftsbetrachtungen: Anpassung des Stromixes und der Effizienz (Anlagen und Fahrzeuge)
- Negative Emissionen durch CO₂-Abscheidung werden separat dargestellt

Erkenntnisse

- Die Elektrolyse und somit der dafür benötigte Strom beeinfluss die Klimabilanz von strombasierten Kraftstoffen maßgeblich
- Im Diesel schneidet durch den erhöhten Energieaufwand der Synthese etwas schlechter ab als die anderen Kraftstoffe

Annahme: Netzbezug 8000 Std.	2018	2045
Anteil Erneuerbare Energien	31 %	95 %
THG-Emissionen der Stromproduktion nach Lebenszyklusanalyse [kg CO2ä/kWh]	0,506	0,052







NACHHALTIGE MARKTEINFÜHRUNG UND **GESELLSCHAFTLICHE AKZEPTANZ**

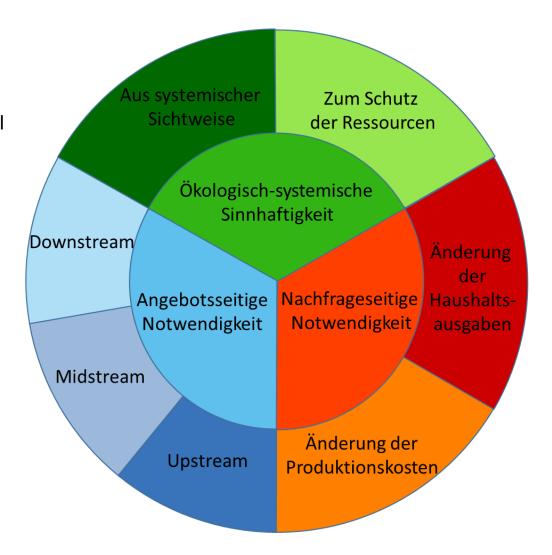
Nachhaltige Markteinführung



Allgemeine Anforderungen am Markteinführungsmechanismen

- Politisch initiierte Markteinführungsmechanismen sind wegen hoher Kosten und infrastruktureller Herausforderungen tendenziell notwendig
- MEM sind kein Selbstzweck!
- Sie dienen (auch) dazu, übergeordnete gesellschaftliche Zielsetzungen zu erreichen: die Klimaschutzziele sowie die 17 SDGs der UN
- Darüber hinaus sollten sie "robust" sein

 unempfindlich gegenüber Abweichungen von den Annahmen
 oder von einzelnen außergewöhnlichen Ereignissen
- Da wir uns in einer sehr frühen Phase der Markteinführung befinden, sollte sie als "lernendes System" gestaltet werden (Varianz der Randbedingungen und Regulatorik bei Maßnahmen einkalkulieren)



Nachhaltige Markteinführung



Ökologisch-Systemische Anforderungen

- Einordnung in übergeordnete Defossilisierungsstrategie
- Priorisierung weniger gut defossilisierbarer Sektoren
- Aufbau robuster Handelsstrukturen mit Importstaaten durch konsequente Anwendung von Nachhaltigkeitskriterien
- Resiliente Strukturen durch Wertschöpfung in D & EU
- Etablierung nachhaltiger Standards für strombasierte Kraftstoffe

Nachfrageseitige Anforderungen

- Sektorübergreifende Strategie für die Produktion von SynFuels innerhalb der Verkehrssektoren und anderer Anwendungen, v.a. in der Industrie
- Planbare Verteilung der (zukünftigen) Kosten
- Markteinführung sollte als gerecht empfunden werden
- Finanzierungsmechanismen sollen Beitrag zur Steigerung eines ressourcen-schonenden Umgangs mit Energie und Rohstoffen leisten

ÖkologischSystemische
Anforderungen

Nachfrageseitige Anforderungen

ÖkologischSystemische
Angebotsseitige Anforderungen

Angebotsseitige Anforderungen

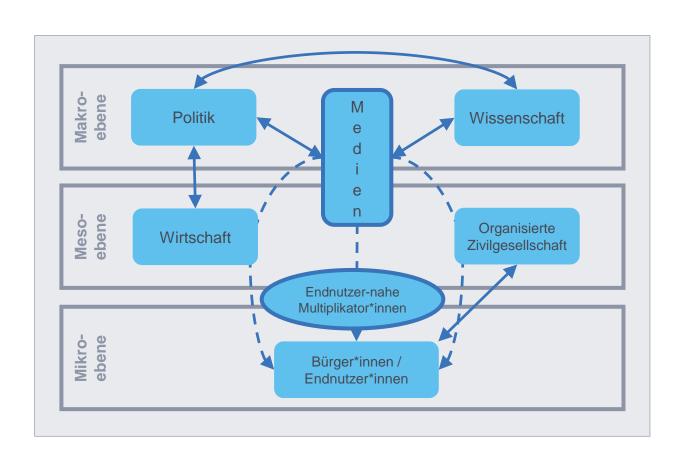
- Substantieller Ausbau der Erneuerbaren Energien
- Forschung zu DAC & nachhaltigen C-Quellen
- Angemessene Anpassung der notwendigen Transport- und Verteilungsinfrastrukturen
- Schaffung von planbaren Finanzierungsmechanismen

Gesellschaftliche Akzeptanz



Rahmenkonzept Akzeptanzforschung in BEniVer

- Synthetische Kraftstoffe als technologische Innovation in einem Mehrebenensystem
- Unterschiedliche Akteursgruppen mit spezifischen Rollen/Funktionen & Perspektiven
- Gesellschaftliche Diskurse und Faktoren der Akzeptanzbildung
- Komplexität erfordert systemische Perspektive
- Kontextabhängigkeiten und Interdependenzen sind zu beachten



Gesellschaftliche Akzeptanz



Bedarfe und mögliche Maßnahmen am Beispiel Schifffahrt



Unsicherheiten bzgl. **Umrüstungsbedarf** bei Nutzung synthetischer Kraftstoffe; Sorge vor **Kostenaufwand**

Informationskampagne zur Aufklärung über Umrüstungsbedarfe und Erwartungsmanagement bzgl. Hoffnungen auf staatl. finanzielle Unterstützung

Unklarheit über Anzahl und Verteilung von **Tankstellen** mit synth. Kraftstoff-Angebot -> keine Sicherheit bei Routen-Planung

Kommunikation von **Ausbauschritten und Zielgrößen**Tankstellennetz, Website-Angebot mit Infos zu je aktuellem
Tankstellenbestand (Listen, Karten, Geodaten)

Roadmap-Veröffentlichung https://www.energiesystem-forschung.de/beniver



Kurzbericht

- Zusammenfassung der Ergebnisse auf ca. 30 Seiten
- Handlungsoptionen für politische Akteure

Gesamtbericht

- Detaillierte Darstellung der Ergebnisse auf ca. 480 Seiten
- Transparente, nachvollziehbare Dokumentation für Forschung und Entwicklung





Strombasierte Kraftstoffe – Was lernen wir aus den Forschungsergebnissen?



Berliner Energietage 22. Mai 2023, 12:00 bis 13:30



Moderation der Session

Prof. Dr. Manfred Aigner (DLR)

Vorstellung der BEniVer-Roadmap

Dr. Juliane Prause (DLR)

Diskussionsrunde: Strombasierte Kraftstoffe – Was lernen wir aus den Forschungsergebnissen?

Moderation: Jan Hildebrand (IZES)

Diskussionsteilnehmende:

- Prof. Dr. Manfred Aigner (DLR)
- Dorothea Nold (HIF Global)
- Dr. Peter Viebahn (Wuppertal Institut)

BEniVer-Team:

- Carsten Hoyer-Klick (DLR)
- Sandra Richter (DLR)
- Sofia Haas (FfE)
- Eva Hauser (IZES)

Diskussionsrunde: Strombasierte Kraftstoffe Was lernen wir aus den Forschungsergebnissen?



Moderation der Diskussionsrunde

Jan Hildebrand (IZES)

Diskussionsteilnehmende

Prof. Dr. Manfred Aigner (DLR)

Dorothea Nold (HIF Global)

Dr. Peter Viebahn (Wuppertal Institut)

Inputs aus BEniVer

- Kraftstoffbedarfe und deren Bereitstellung: Carsten Hoyer-Klick (DLR)
- Nutzung strombasierter Kraftstoffe in Schiff- und Luftfahrt: Sandra Richter (DLR)
- Nachhaltigkeit und Markteinführung: Sofia Haas (FfE) und Eva Hauser (IZES)





ZEIT FÜR IHRE FRAGEN



Begleitforschung Energiewende im Verkehr



VIELEN DANK



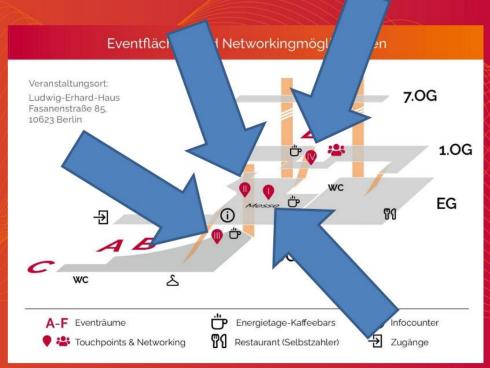


I — Politik & Konzepte

II — Gebäude &Quartiere

III — Technologie & Forschung

IV — Energiewende & Gesellschaft



Berliner 2023

ENERGIETAGE

Energiewende in Deutschland

TREFFEN SIE UNS AM TOUCHPOINT III

Ein Vortrag im Rahmen der



Diese Seite darf nicht entfernt werden. Für die in diesen Unterlagen bereit gestellten Informationen kann keine Haftung übernommen werden.

+ + +

Die Verantwortung für die Inhalte in diesem Vortrag, auch urheberrechtlicher Natur, liegen bei der Referentin/dem Referent. Bei Fragen oder Ansprüchen kontaktieren Sie diese bitte direkt. Eine kommerzielle Weiterverbreitung darf nur nach schriftlicher Genehmigung der Rechteinhaberin erfolgen. © 2023 Referent(in) / Veranstalter(in)

+ + +

Die Leitveranstaltung der Energiewende in Deutschland fand 2023 digital vom 3. - 5. Mai und in Präsenz vom 22. - 23. Mai statt.

Weitere Informationen, Videos und Vortragsunterlagen der Berliner ENERGIETAGE 2023 finden Sie unter www.energietage.de