

Synthetische Brennstoffe im Energiesystem – Fokus Industrie

Hübner, Tobias

22.10.2018

Inhalt

1 Motivation und Abgrenzung

2 Bedeutung synthetischer Brennstoffe im Energiesystem – Zeithorizont 2050

3 Synthetische Brennstoffe in Industrieprozessen

4 Fazit, Ausblick und weitere Forschungstätigkeit

Die Forschungsgesellschaft für Energiewirtschaft mbH

Hintergrund

- Unabhängige Institution, die sich mit den aktuellen Fragestellungen der Energiewirtschaft & -technik befasst
- Mittels Dienstleistungen im Bereich der Datenerhebung, Potenzial- und Maßnahmenentwicklung wird der Fokus auf praxisrelevante Ergebnisse gelegt

Eckdaten FfE e.V.

- Gründung 1949 in Karlsruhe
- Umzug nach München im Jahr 1969
- Mutter der FfE GmbH seit 2001



- Gründung 2001 als enwikon
- Seit 2008 als FfE GmbH
- 10 Mitarbeiter im operativen Bereich
- Leitmotiv: Wissen schafft Praxis

Eckdaten FfE GmbH

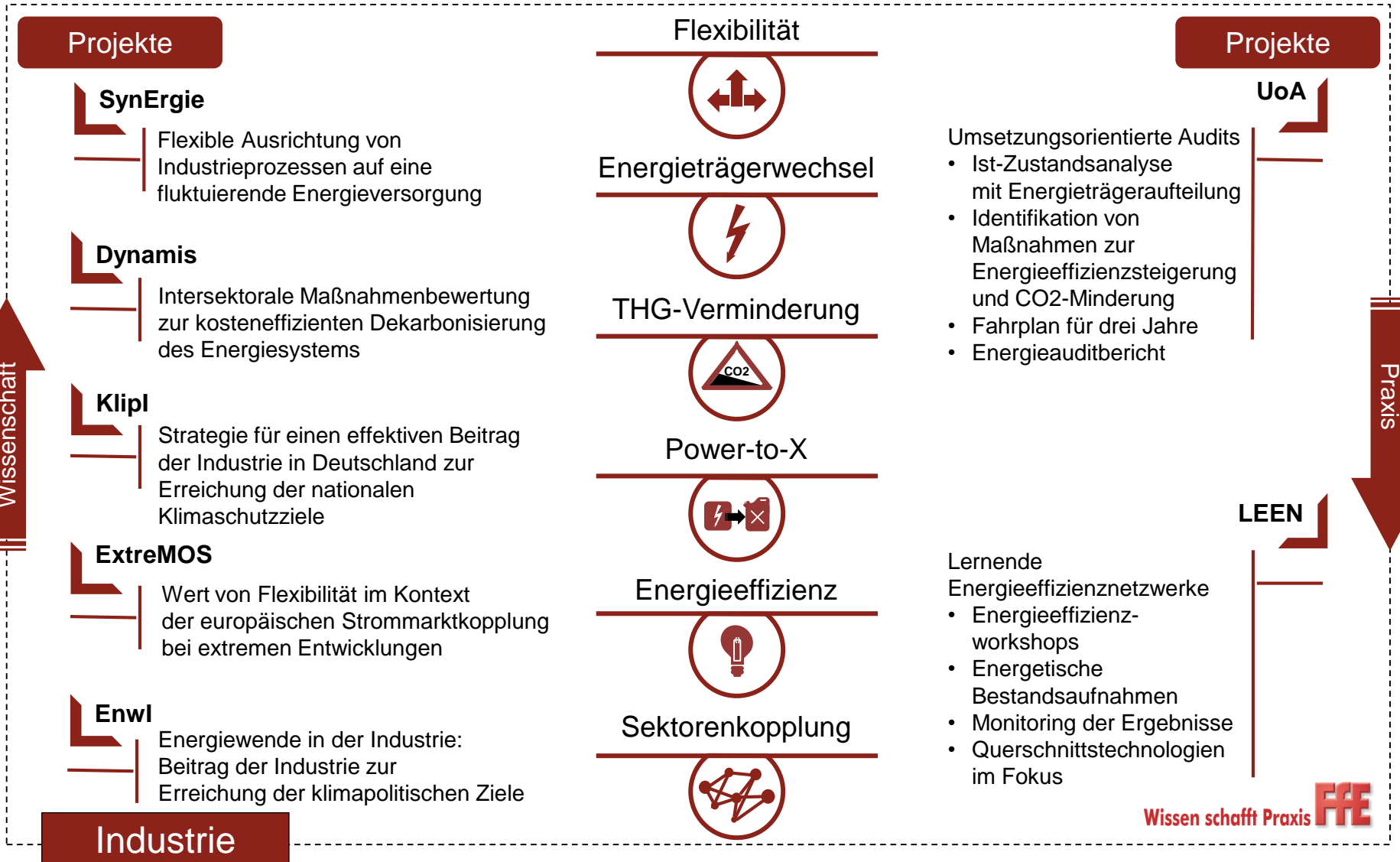
Umsetzung

- Industrielles Energiemanagement
Energieeffizienz-Netzwerke
- Regionales Energiemanagement
Energie- und Klimaschutzkonzepte

- System- und Marktanalysen
z.B. Wert von Flexibilität, Transformation der Industrie, THG-Verminderung
- Dienstleistungs- und Produktinnovation
z.B. im Bereich Elektromobilität, Smart-Meter

Analysen

Aktuelle Wissenschaft und Praxis in der Industrie an der FfE

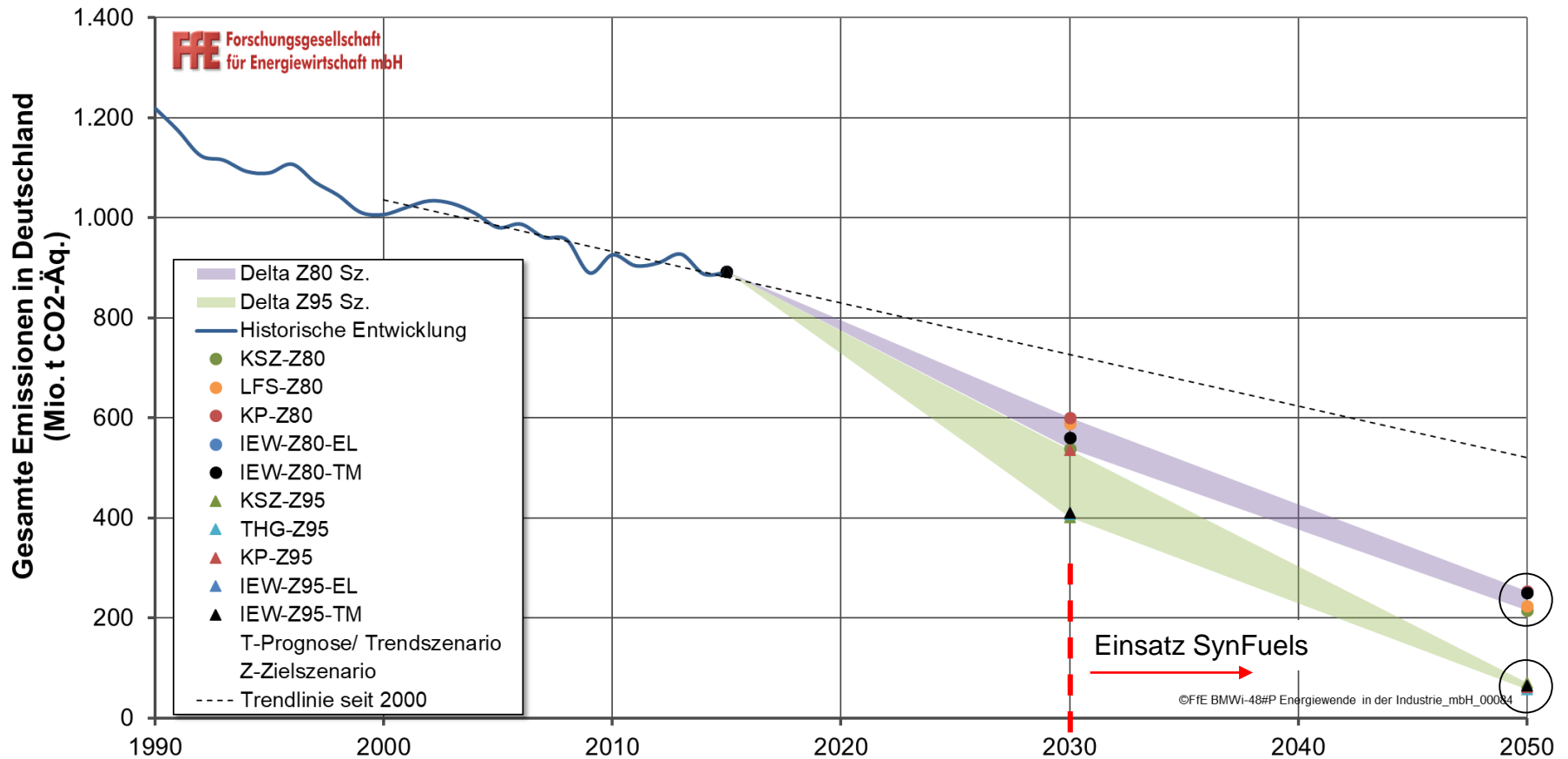


1

Motivation und Abgrenzung



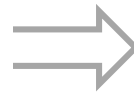
Motivation (1)



Es wird studienübergreifend deutlich, dass die 95 %-Ziele ohne den Einsatz synthetischer Brennstoffe kostenminimal nicht zu erreichen sind, auch da dieses Ziel praktisch Nullemissionen für die deutsche Volkswirtschaft bedeutet /DENA 02 18/, /BCG 01 18/, /UBA 10 17/, /BMUB 06 15/

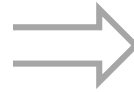


Ausbau nicht-disponibler
Energieerzeugung



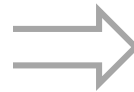
Kurzfristige und saisonale
Speicher erforderlich

Elektrifizierung nicht bei allen
Anwendungen möglich oder
wirtschaftlich



Alternativer Energieträgerwechsel
um fossile Energieträger zu
substituieren

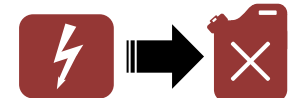
Vermeidung prozess- und
energiebedingter Emissionen



Energieträgerwechsel,
Prozessumstellung

Einsatz synthetischer Brennstoffe
im Energiesystem

Stichwort:
Sektorenkopplung



Abgrenzung synthetischer Brennstoffe



Unter dem Begriff „Synthetische Brennstoffe“ (auch SynFuels) werden verschiedene, künstlich erzeugte Energieträger subsumiert.



Wichtigste synthetische Energieträger auf einen Blick

- Wasserstoff gasförmig (PTX-H₂), flüssig (PTX-L-H₂)
- Beigabe von CO₂ um Methan aus Wasserstoff zu erzeugen gasförmig (PTX-CH₄) oder flüssig (PTX-L-CH₄)
- Synthetisches Benzin, Diesel und Kerosin (PTX-Kraftstoffe)

Nicht mitinbegriffen

- Auf Biomasse basierende Brenn- oder Kraftstoffe



Wichtigste Herstellungsverfahren

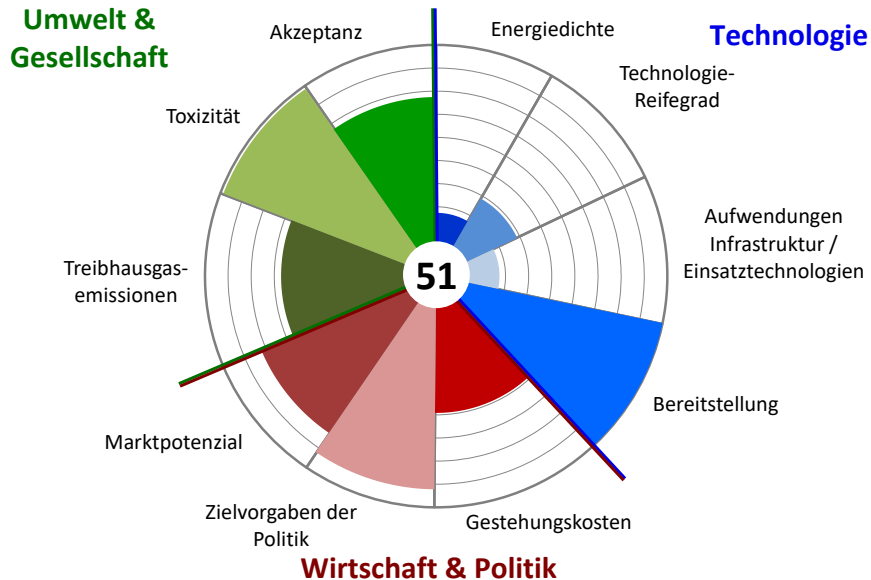
- Wasserstoff: Elektrolyse, Dampfreformierung, Thermochemische Spaltung
- Methan: katalytische oder biologische Methanisierung (Sabatier-Prozess)
- Synthetische Kraftstoffe: Fischer-Tropsch-Synthese



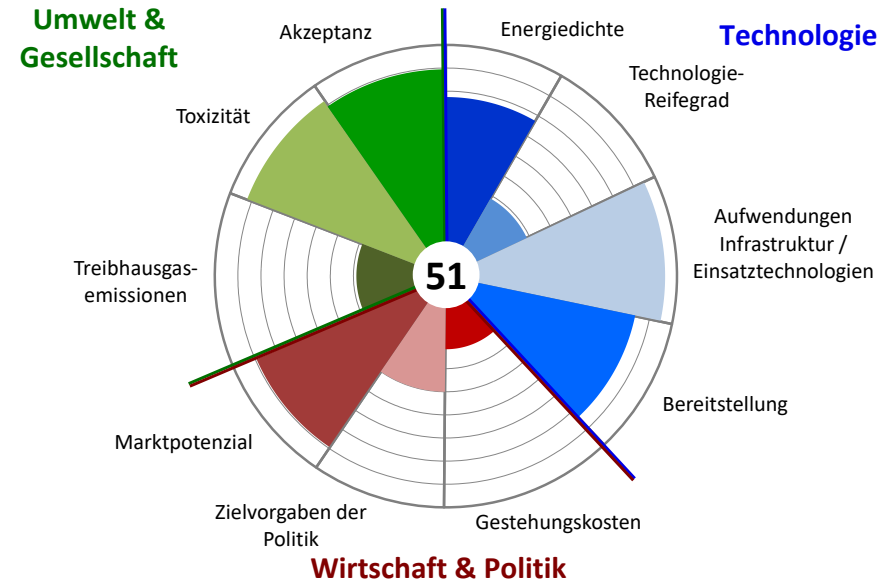
Bewertung anhand ausgewählter Kriterien



Bewertung von Wasserstoff aus Strom



Bewertung von Methan aus Strom



Derzeit keine nennenswerte energetische Nutzung von synthetischem Methan oder Wasserstoff aus elektrischem Strom

Gründe:

- Kosten
- Fehlende Produktionskapazität

2

Bedeutung synthetischer Brennstoffe im Energiesystem – Zeithorizont 2050

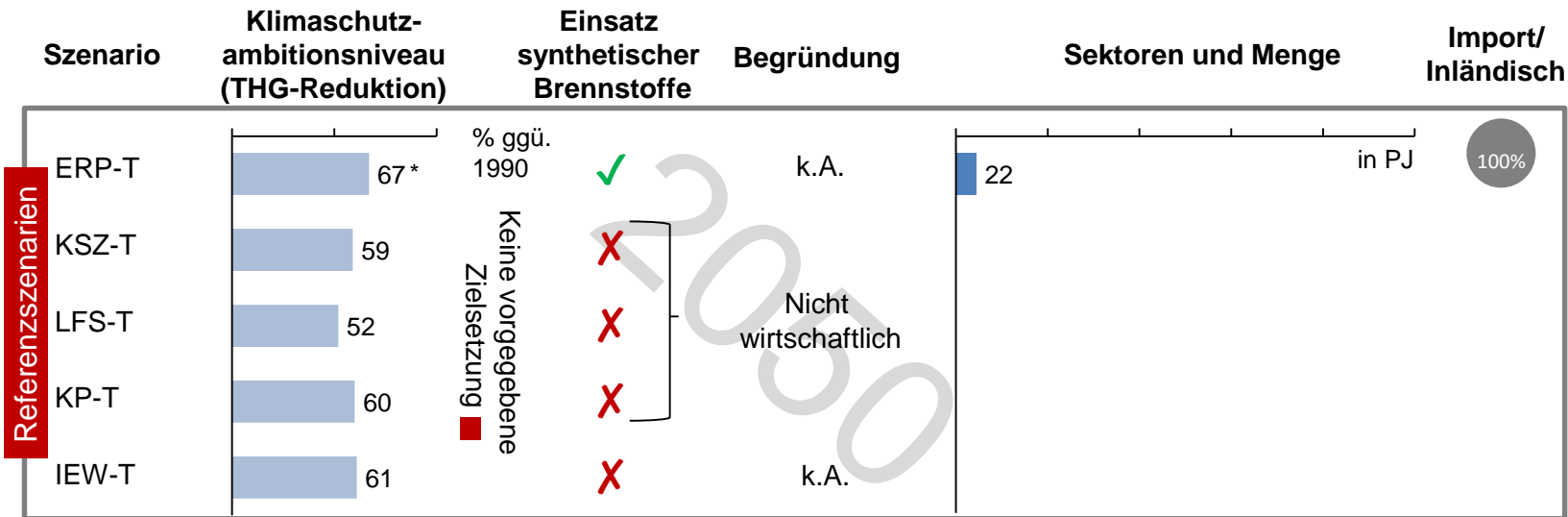


Synthetische Brennstoffe im Energiesystem (1) - 2050



Metaanalyse energie- und klimapolitischer Szenarien

Studie	Jahr	Abk.	Studie	Jahr	Abk.
Energierferenzprognose	2014	ERP	Langfristszenarien	2017	LFS
Klimaschutzszenario 2050	2015	KSZ	Klimapfade für DE	2018	KP
Treibhausgasneutrales DE	2017	THG	Integrierte Energiewende	2018	IEW

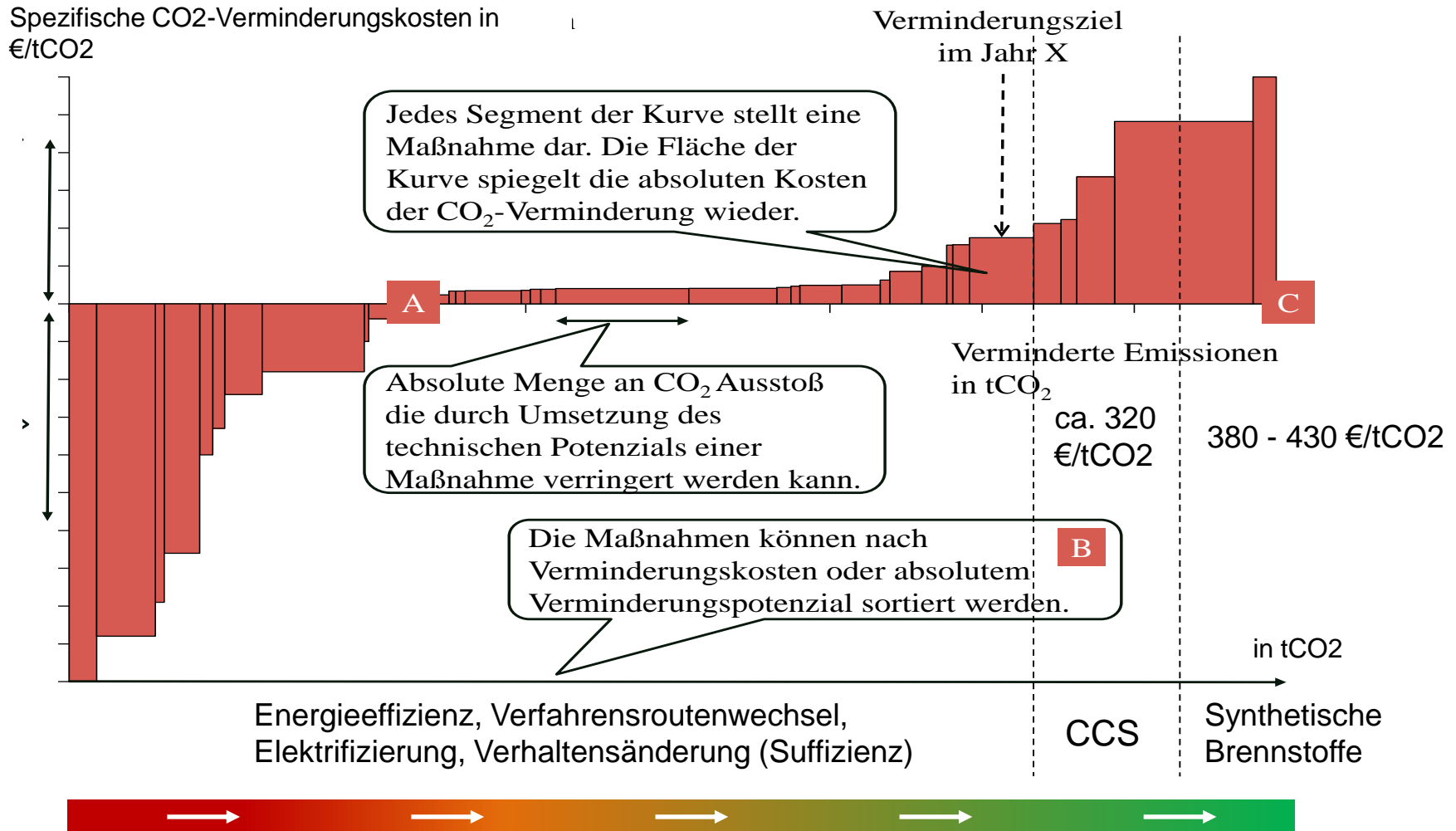


10 → Nahezu kein Einsatz synthetischer Brennstoffe in Szenarien ohne Klimaschutzambitionsniveau

Referenzszenarien – SynFuels werden nicht eingesetzt



Im Energiesystemmodell geben CO₂-Verminderungskosten Einsatz vor



Referenzszenarien – SynFuels werden nicht eingesetzt



Effizienz



Wirtschaftlichkeit

Bereitstellung synthetischer Brennstoffe mit hohen Energieverlusten konnotiert

- Nutzung synthetischer Brennstoffe führt im Vergleich zur Elektrifizierung zu geringerer Gesamteffizienz des Energiesystems
- insgesamt höheren Strombedarf
- inländisch erzeugte SynFuels bedingen erheblichen Ausbau der EE-Erzeugung

Die Bereitstellung von SynFuels ist mit hohen Kosten verbunden (Erzeugung, Infrastruktur)

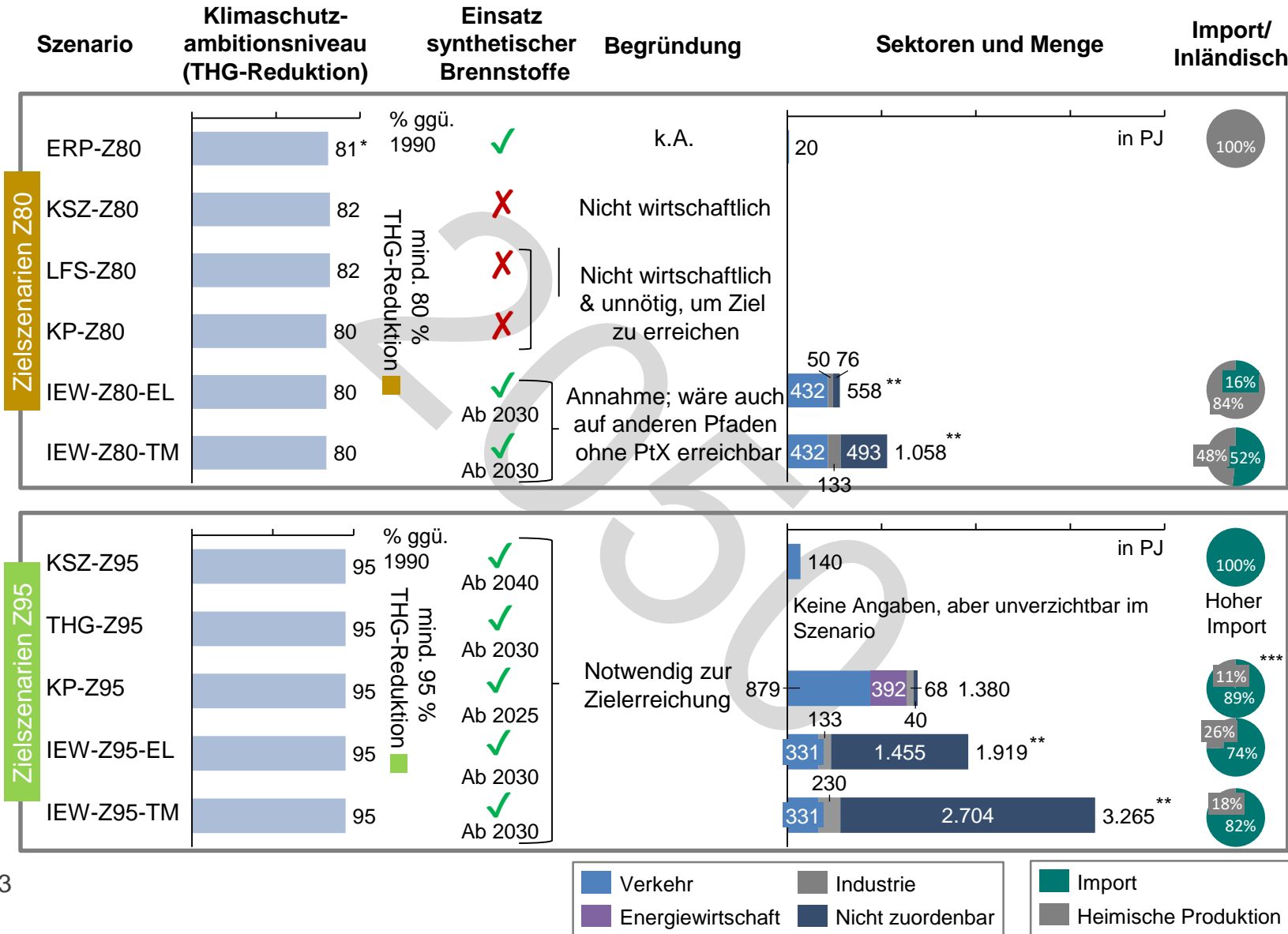
- Durch geringere Kosten von Alternativmaßnahmen zur Vermeidung von THG-Emissionen (z.B. Power-to-Heat) wird der Einsatz synthetischer Brennstoffe in den Szenarien mit niedrigem Klimaschutzambitionsniveau unnötig



Der Anteil des Endenergieverbrauchs, der sich nur schwer auf erneuerbare Energien oder Strom umstellen lässt, kann durch das **verbleibende Emissionsbudget mit fossilen Energien** gedeckt werden.



Synthetische Brennstoffe im Energiesystem (2) - 2050



* nur energiebedingte Emissionen
** nur Wasserstoff kann sektoral zugeordnet werden

Wo werden SynFuels für DE zukünftig produziert?



Kleinere Mengen SynFuels und Wasserstoff

Größere Mengen und leichter transportable synthetische Brennstoffe

Heimische Produktion (DE)



Import aus EU- und Nicht-EU-Ländern

⇒ **Hoher Importanteil** in allen Studien und Szenarien, in denen SynFuels in großen Mengen verwendet werden

- Günstigere Bedingungen für Erneuerbare Energien in anderen Ländern
- Größere Flächenpotenziale in anderen Ländern nutzbar

Länder am Sonnengürtel der Erde (bspw. Algerien)



Windreiche Regionen (bspw. Großbritannien)



⇒ Besseren Erzeugungsbedingungen für synthetische Brennstoffe



- Senkung Produktionskosten
- Nutzung bestehender Handelssysteme und Vertriebswege

Sektorenspezifische Analyse (1): Verkehrssektor

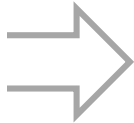


„In allen analysierten Energie- und klimapolitischen Szenarien werden synthetische Energieträger im Verkehrssektor eingesetzt“

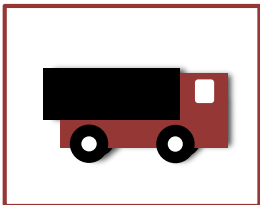
- Höhere Reichweite im Vergleich zu Elektrofahrzeugen
- Reduktion der Standzeiten bei der Energieaufnahme
- Nutzung der bestehenden Infrastruktur



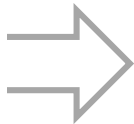
Motorisierter Individualverkehr



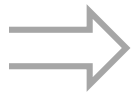
Höheren Energie- und Kosteneffizienz durch Elektrifizierung im MIV



Nutzfahrzeug-, Flug-, Seeverkehr



Teil des Endenergieverbrauchs ist im Jahre 2050 nicht wirtschaftlich elektrifizierbar

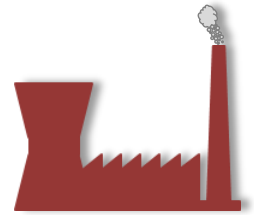


Alternative Biomasse: Potenzial in Deutschland auf etwa 1200 PJ/a begrenzt

SynFuels im Verkehr bereits stark erforscht/wird bereits erforscht, deshalb...



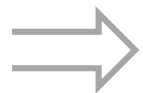
Fokus: Industrieanwendungen



„In fünf der acht energie- und klimapolitischen Szenarien mit synthetischem Brennstoffeinsatz werden synthetische Energieträger im Industriesektor eingesetzt“

Synthetische Brennstoffe in der Industrie sinnvoll, wenn...

- eine vollständige Elektrifizierung aus prozessspezifischer Sicht nicht möglich/sinnvoll bzw. nicht wirtschaftlich
- nicht-energetisch genutzte, erdölbasierte Ausgangsstoffe erforderlich sind



Verminderung von prozess- und energiebedingten Emissionen möglich – Beispiele:

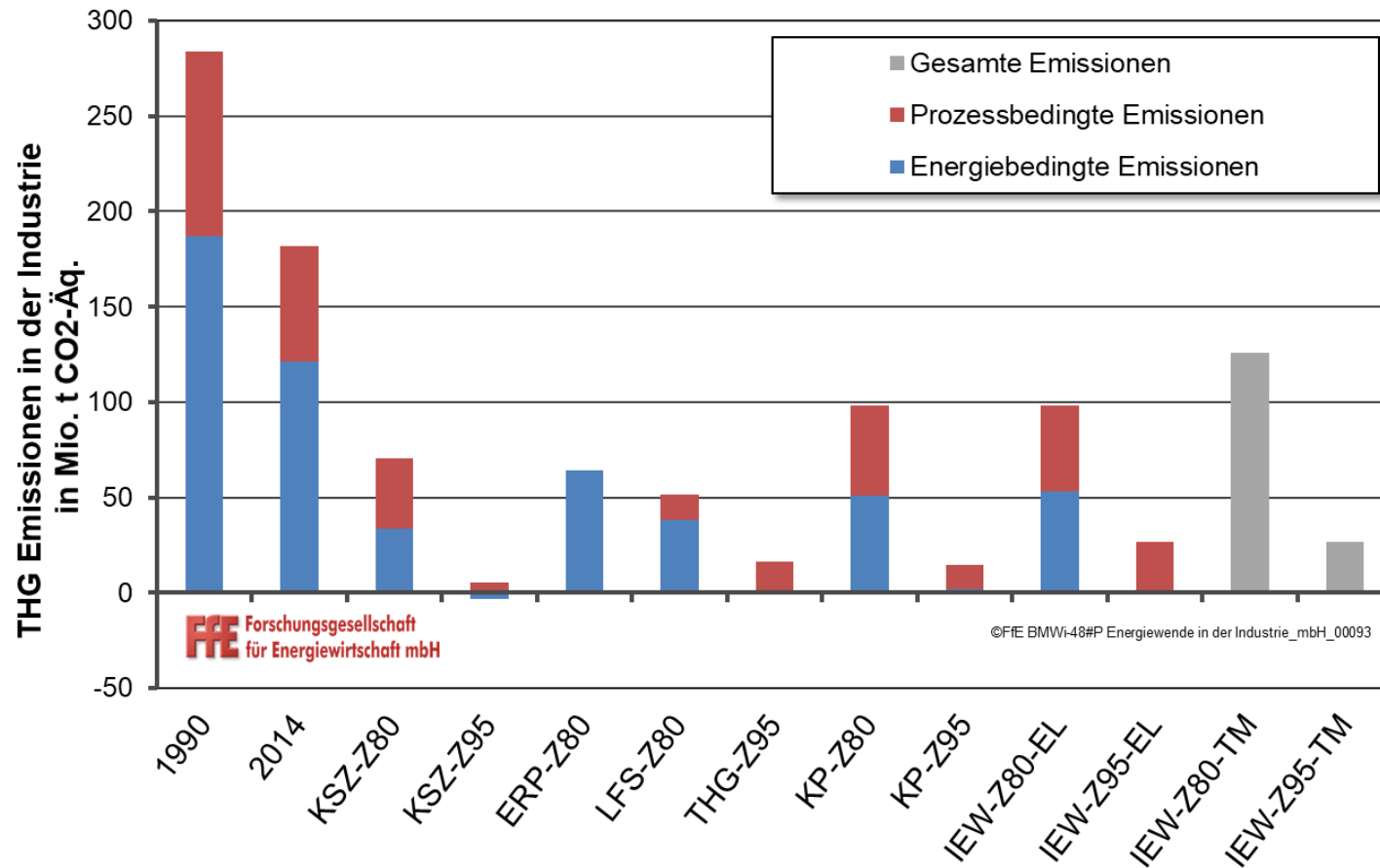
- Stahlherstellung
- Zementherstellung

3

Synthetische Brennstoffe in Industrieprozessen



Überblick Industrieemissionen

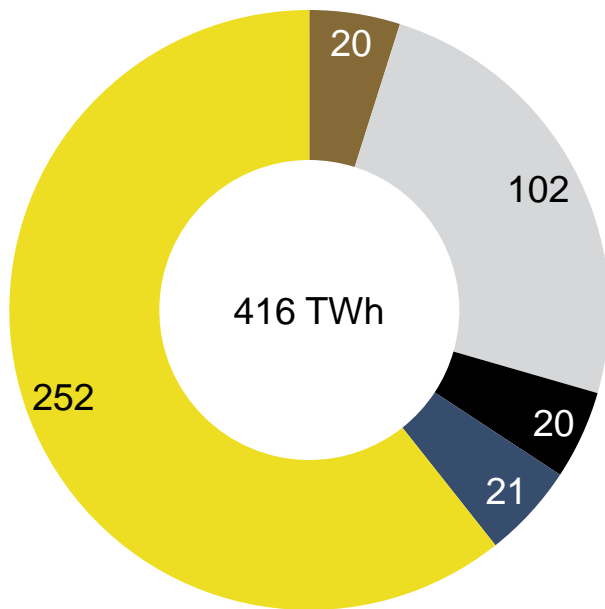


Große CO₂-Verminderung in allen energie- und klimapolitischen Szenarien in der Industrie erforderlich, um Klimaziele der Bundesregierung zu erreichen

Brennstoffverbrauch Industrie nach Energieträger



Maximales Potenzial für synthetische Energieträger in der Industrie ist der gesamte fossile Brennstoffverbrauch



Quelle: AGEB 2018

Etwa Faktor 3 der heutigen EE-Erzeugung für vollständige SynFuels-Substitution



Großes Substitutionspotenzial fossiler durch synthetische Brennstoffe vorhanden, Reduktion um Elektrifizierungspotenziale

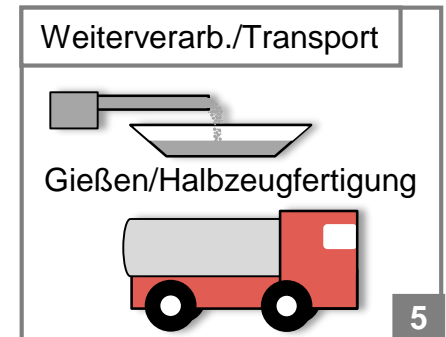
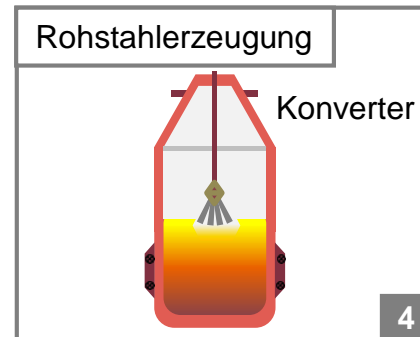
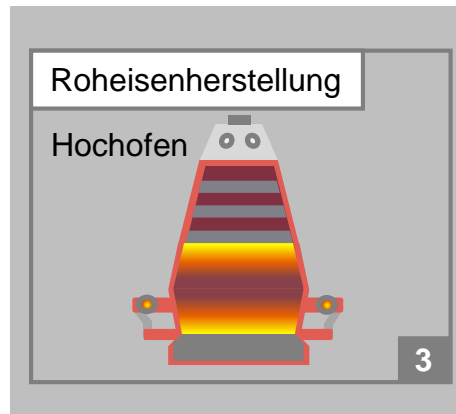
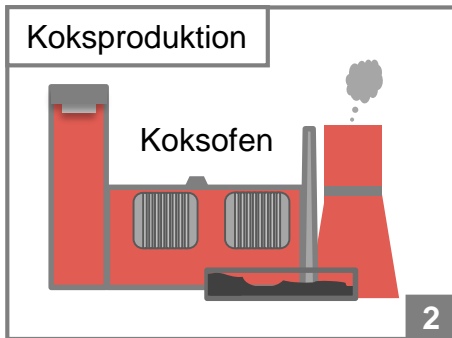
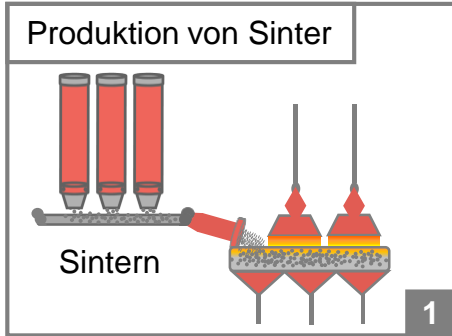


Technische, wirtschaftliche und praktische Restriktionen schränken dieses Potenzial ein

Beispiel: Primärstahlherstellung



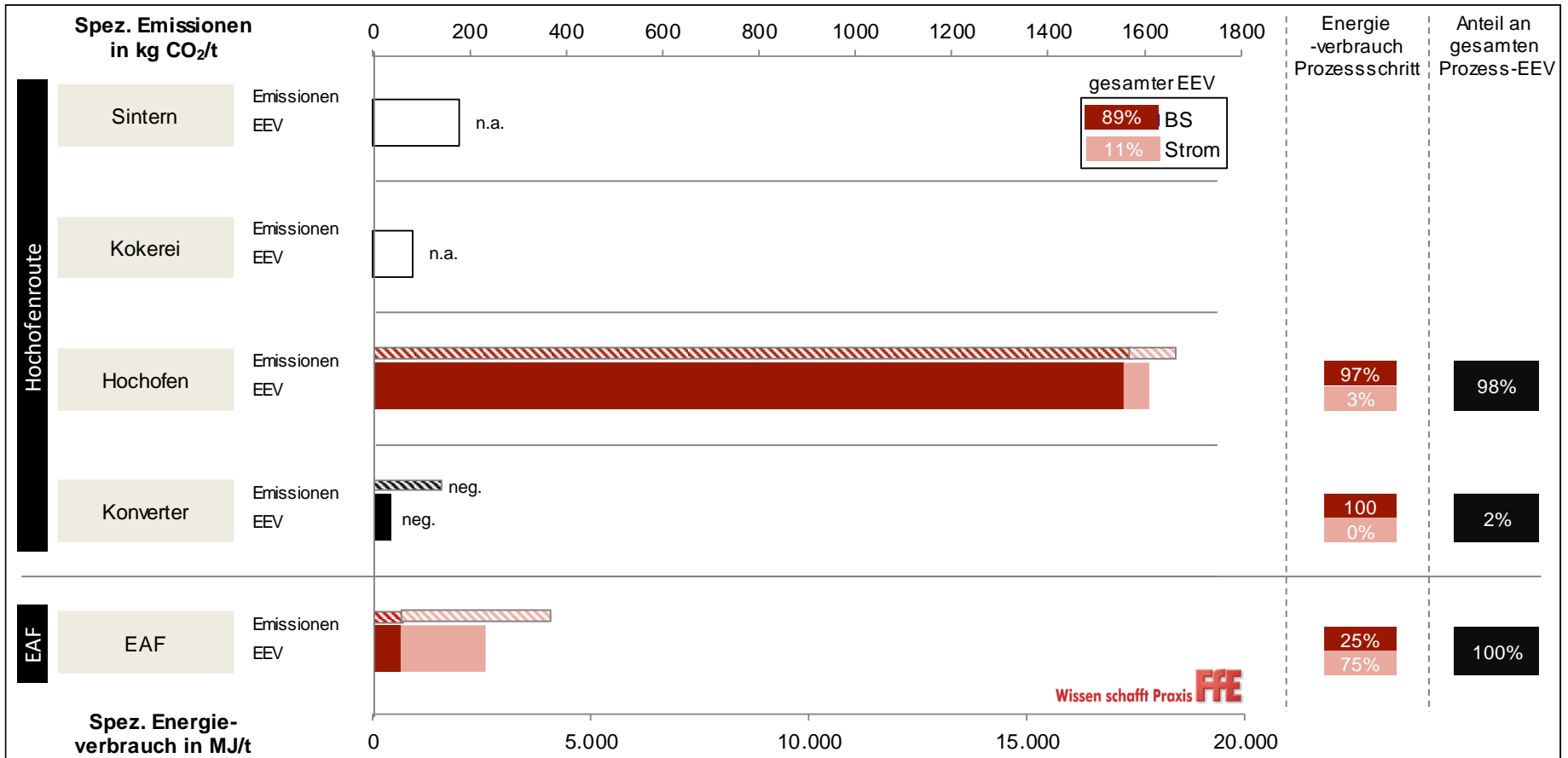
Identifikation der relevantesten Prozesse für den Einsatz synthetischer Brennstoffe in der Primärstahlroute



Verminderung prozess- **und** energiebedingter Emissionen durch den Einsatz synthetischer Brennstoffe möglich

Prozessumstellung: Wirbelschicht- und Schachtöfen zur Direktreduktion, Rohstahlerzeugung im Elektrolichtbogenofen

Potenziale Stahlherstellung für SynFuels



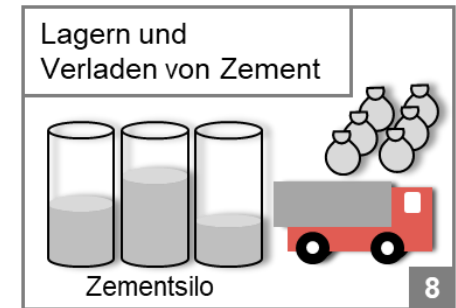
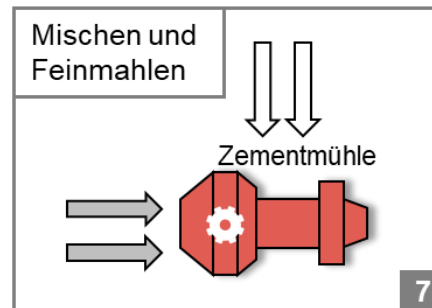
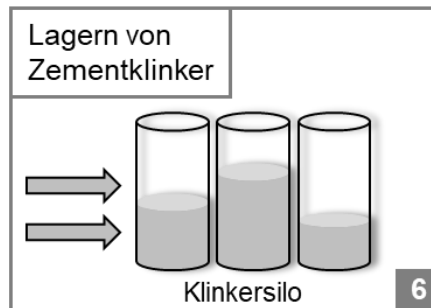
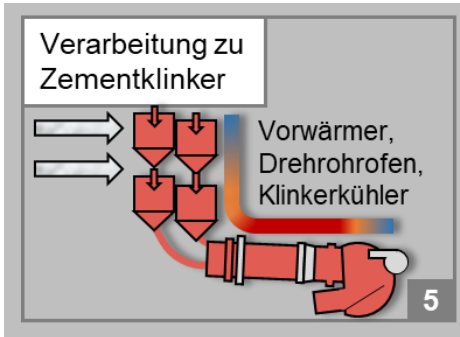
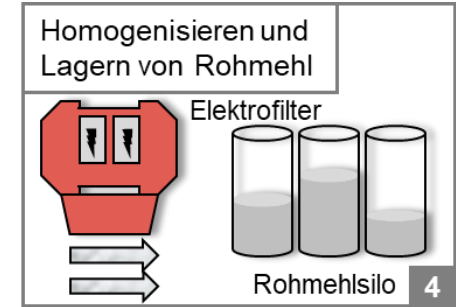
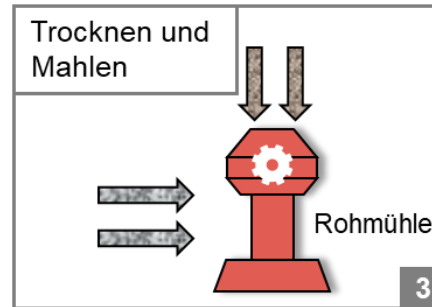
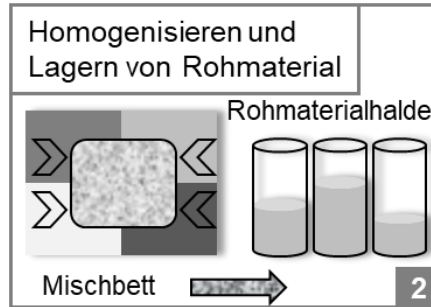
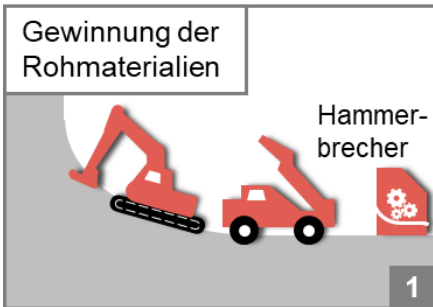
Im Jahr 2016: 29,5 Mio. t. Oxygenstahlerzeugung in DE (VDEh)

Maximales Potenzial: Verminderung von 45 Mio. t CO₂/a bei der Oxygenstahlerzeugung

Beispiel: Zementherstellung

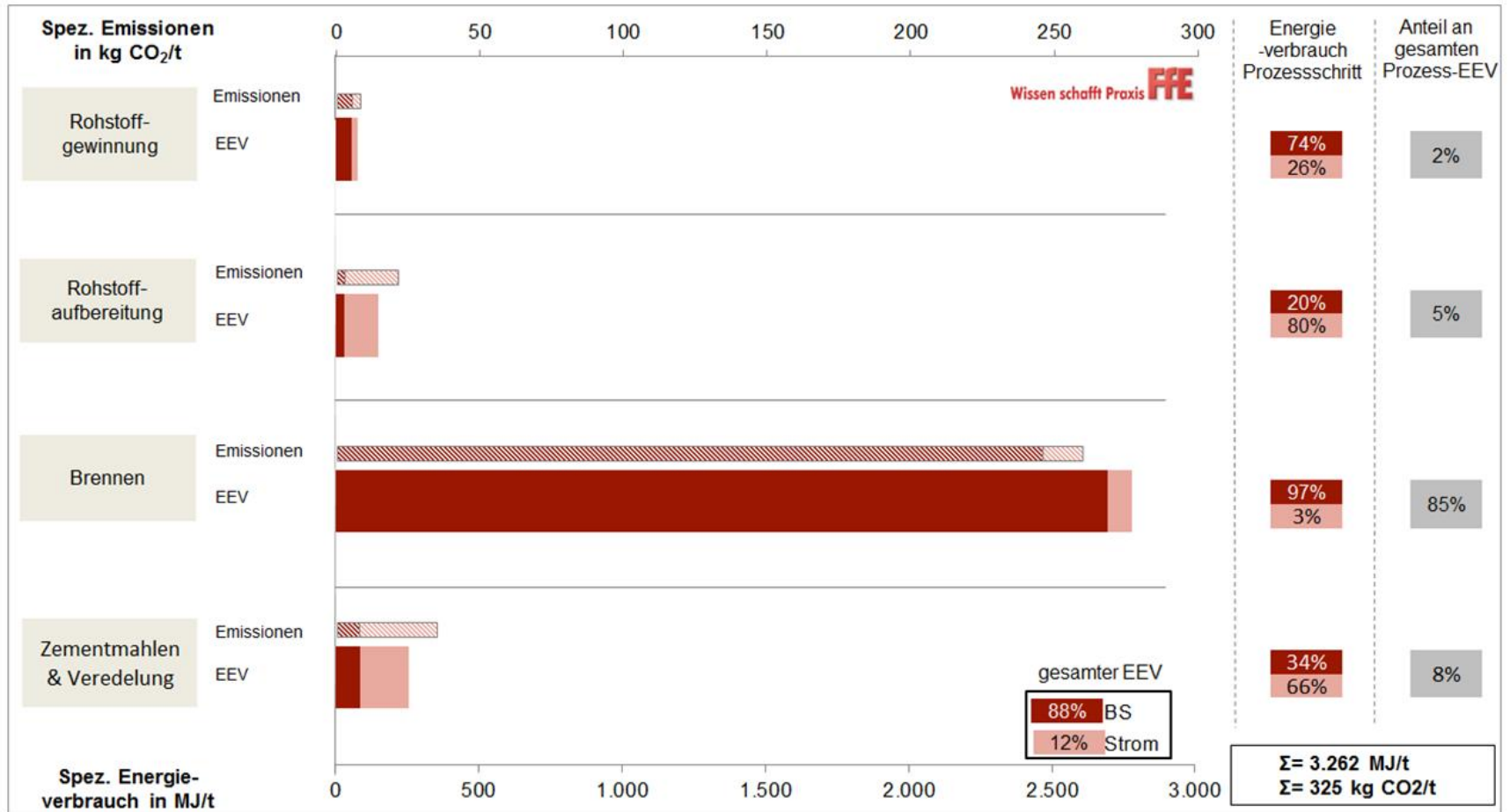


Identifikation der relevantesten Prozesse für den Einsatz synthetischer Brennstoffe in der Zementherstellung



Verminderung energiebedingter Emissionen durch den Einsatz synthetischer Brennstoffe möglich

Potenzielle Zementherstellung



Im Jahr 2016: 23,4 Mio. t. Klinkerproduktion in DE (VDZ)

Maximales Potenzial: Verminderung von 5 Mio. t CO₂/a bei der Zementherstellung



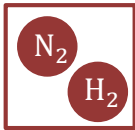
Verminderung energiebedingter Emissionen

Prinzipiell können energiebedingte Emissionen in allen Prozesse in denen fossile Energieträger eingesetzt werden durch den Einsatz synthetischer Brennstoffe vermindert werden



Einsatz des jeweiligen synthetischen Brennstoffs ist individuell zu prüfen. Wasserstoff kann nicht in allen Prozessen eingesetzt werden (z.B. Knallgasreaktion mit Sauerstoff)

Verminderung prozessbedingter Emissionen



Ammoniakherstellung
(Haber-Bosch-Verfahren)



Raffinerieprodukte (Bitumen,
Schmierstoffe, Petrolkoks)

Lösungen



Gewinnung Wasserstoff über Elektrolyse
(EE) statt Dampfreformierung

Aus synthetischem Methan können
Raffinerieprodukte hergestellt werden

4

Fazit, Ausblick und weitere Forschungstätigkeit



Fazit (1)

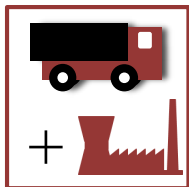
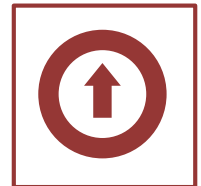


Wird an den klimapolitischen Zielen der Bundesregierung bis 2050 festgehalten (bis zu 95 % THG-Reduktion ggü. 1990), ist zukünftig ein massiver Einsatz synthetischer Brennstoffe zu erwarten



Auch bei moderaterem Klimaschutzambitionsniveau (80 % THG-Reduktion ggü. 1990) ist von einem Einsatz synthetischer Brennstoffe auszugehen

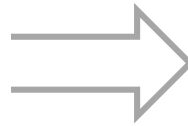
Das Gros der synthetischen Brennstoffe wird dabei aus Ländern mit besseren Erzeugungsbedingungen importiert



Synthetische Brennstoffe werden im Verkehrssektor eingesetzt. Auch von der Verwendung in Industrieprozessen ist auszugehen



Verminderung des verbleibenden CO₂-Ausstoßes in Industrieprozessen durch SynFuels derzeit alternativlos



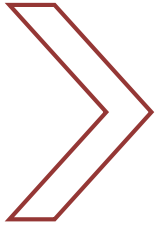
Sowohl prozess- als auch energiebedingte Emissionen können vermieden werden.



Prozessspezifische Untersuchungen sind erforderlich

- Prozessübergreifend hohe Betriebskosten durch die hohen Energieträgerpreise synthetischer Brennstoffe
- Teils hohe Investitionskosten in einigen Prozessen zur Umstellung auf synthetische Energieträger
- Verfügbarkeit synthetischer Brennstoffe ungeklärt
- Derzeit keine Wasserstoffinfrastruktur verfügbar



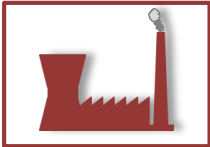


Synthetische Energieträger im Energiesystem sind ab einem bestimmten Klimaschutzambitionsniveau auch mangels Alternativen essentiell

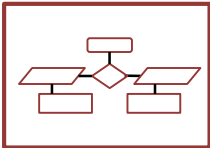
- Bereits jetzt ist massiver Ausbau von Erzeugungskapazitäten erforderlich
- Politische Strategien für Entwicklung von SynFuels erarbeiten (Kosteneffizienz erhöhen)
- Entwicklung internationaler Märkte für synthetische Brennstoffe entwickeln



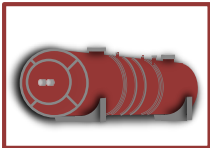
- Einsatz synthetischer Brennstoffe konterkariert vorgesehene Senkung des elektrischen Energieverbrauchs (Effizienz)
- Mehrbedarf an Erneuerbaren Energien



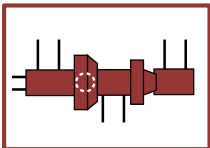
Vollständige Potenzial- und Kostenerhebung synthetischer Brennstoffe für die energie- und emissionsintensivsten Prozesse unter Berücksichtigung technischer, wirtschaftlicher und praktischer Restriktionen in der Industrie



Szenarien-Entwicklung bis 2050 für Industrieanwendungen im SMIND für den Einsatz synthetischer Energieträger



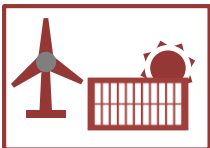
Synthetische Brennstoffe als saisonale Speicher – Nutzen für das Energiesystem



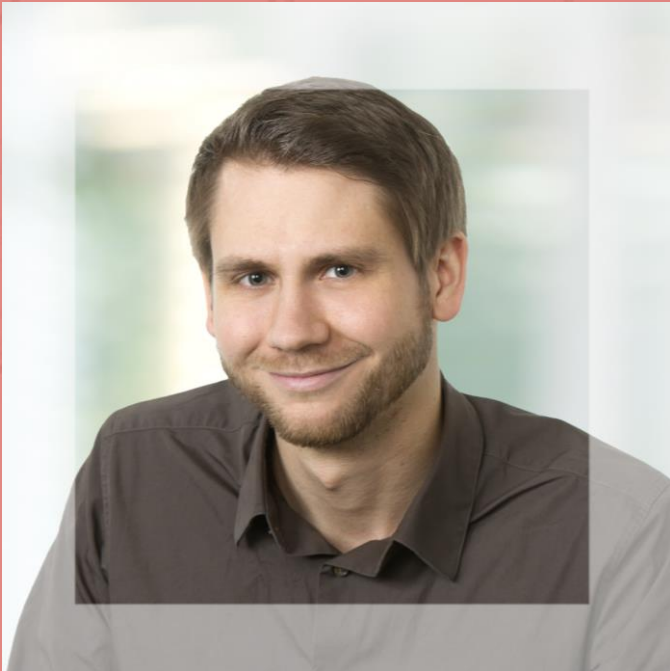
Transportinfrastruktur – Gasnetz nutzen oder Wasserstoffinfrastruktur aufbauen



Zusätzliche Belastung für die Stromnetzinfrastuktur durch SynFuels



Zusätzlicher Ausbau der EE-Erzeugung



Tobias Hübner

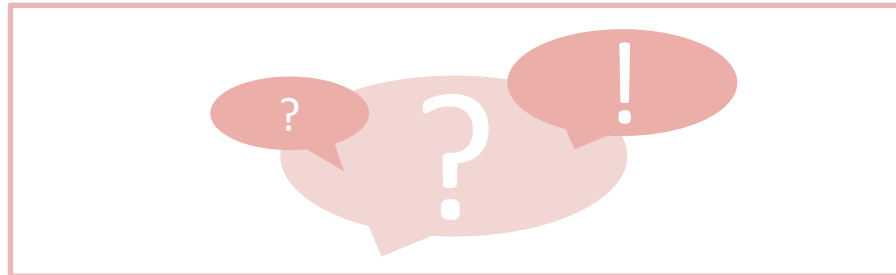
+49(89) 158121-36

thuebner@ffe.de

Forschungsgesellschaft
für Energiewirtschaft mbH

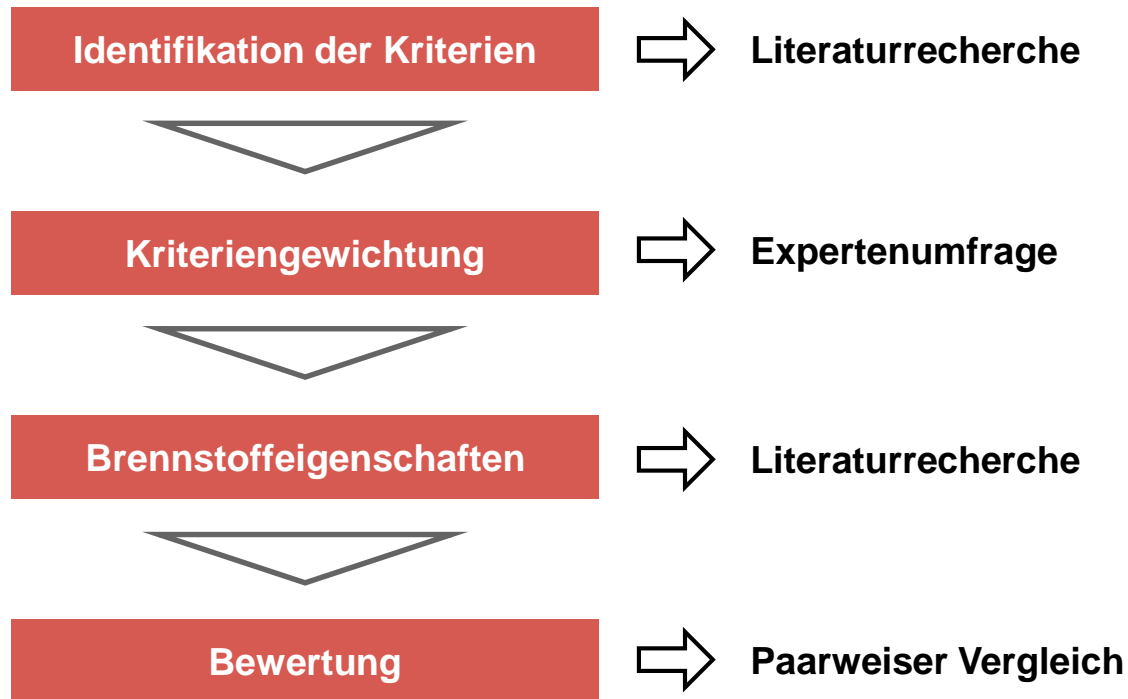
Am Blütenanger 71
80995 München

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

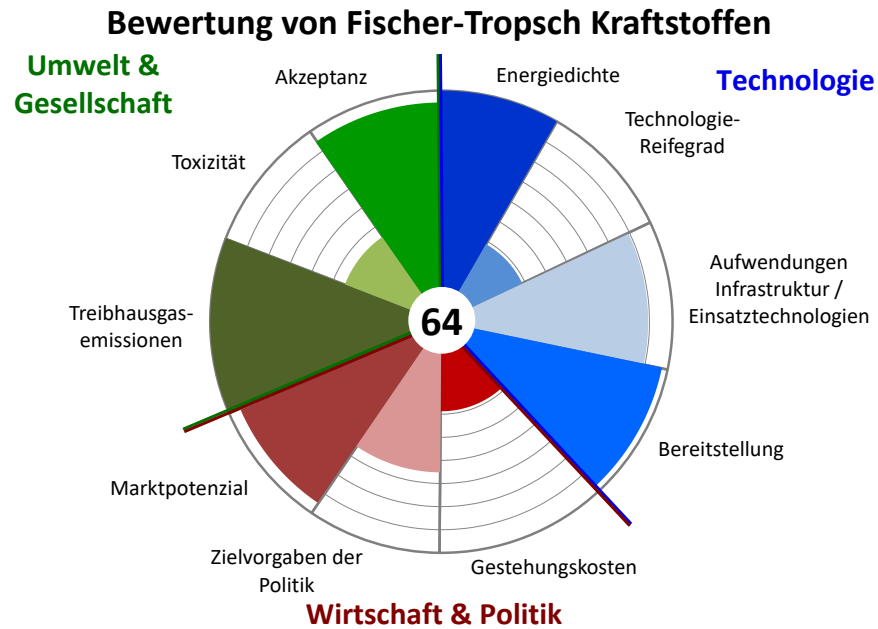


Diskussion und Fragen!


Anhang: Methodik

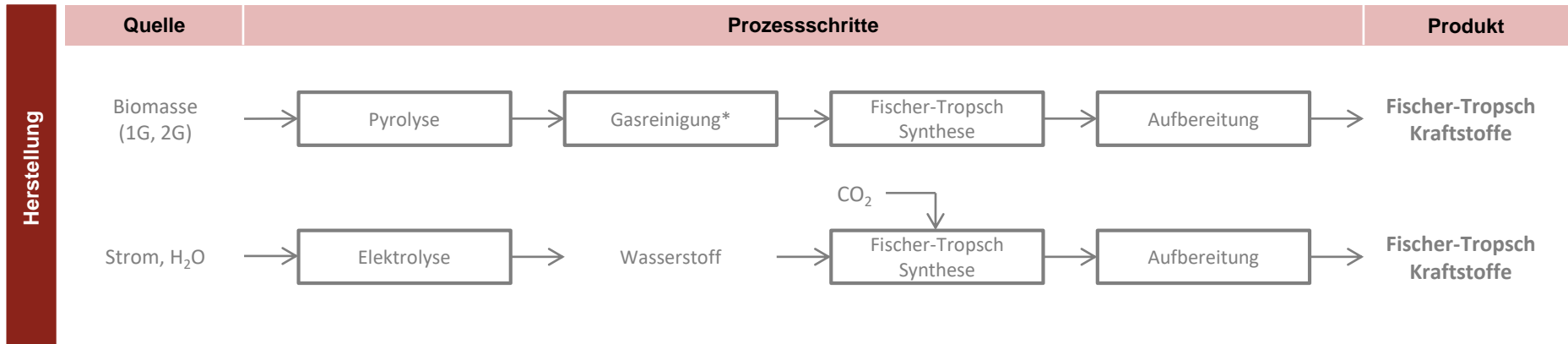


Anhang: Ergänzung Fischer-Tropsch-Kraftstoffe



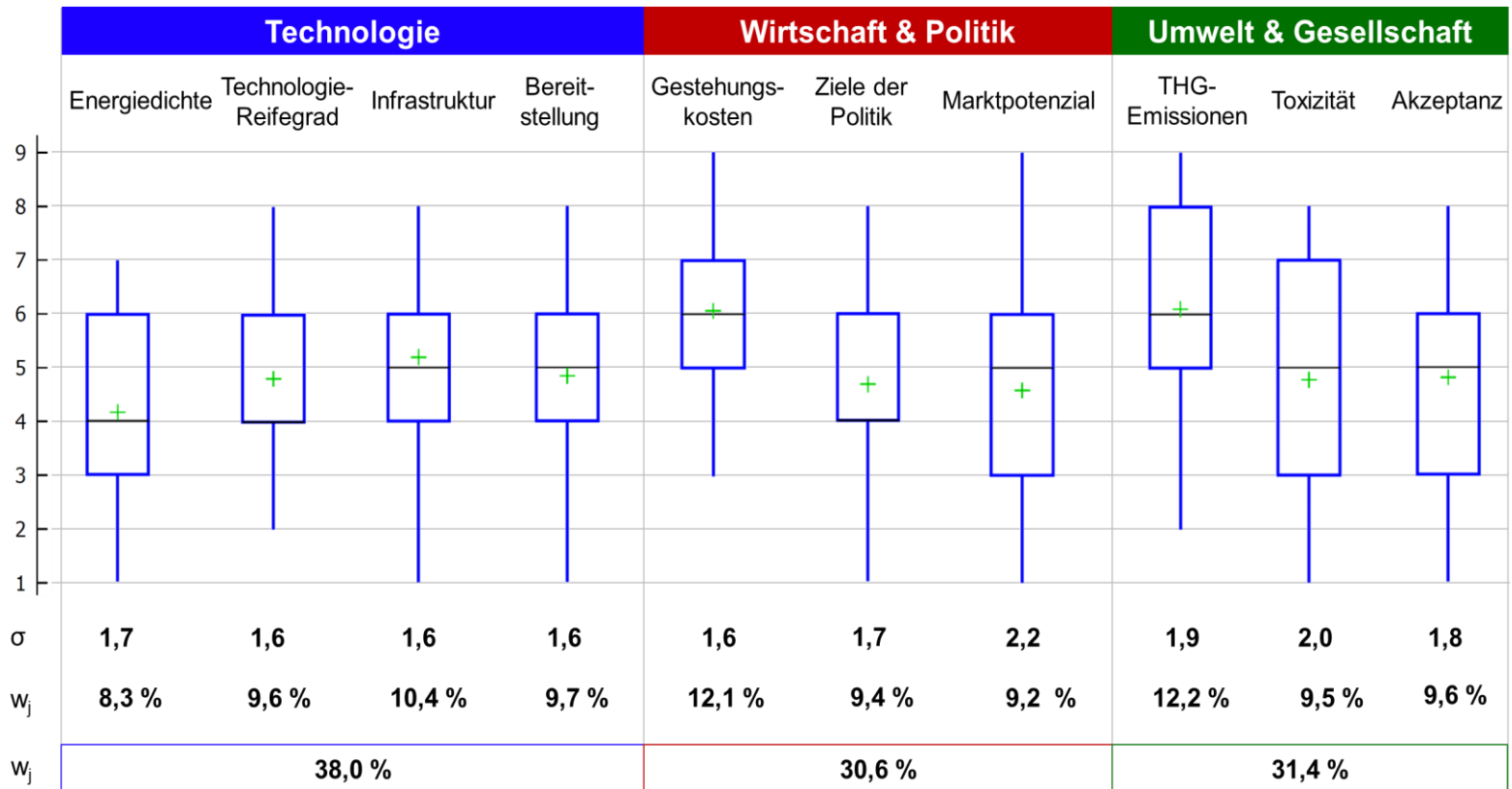
Fischer-Tropsch Kraftstoffe

	Eigenschaften	Bewertung	Chemische Zusammensetzung	Marktreife
Fakten	<ul style="list-style-type: none"> • Unterschiedlich, durch Parameter veränderbar • Nahezu identische Eigenschaften wie fossile Kraftstoffe möglich • „Designerkraftstoffe“ • Energiedichte: 34 MJ/l Laut Richtlinie 2009/28/EG 		$C_xH_yO_z$ Langkettige Kohlenwasserstoffe	



	Aktuell	In Zukunft
Anwendungen	<ul style="list-style-type: none"> • 2011 wurden ca. 10 Mio. t Kohlenwasserstoffe über die Fischer-Tropsch Synthese aus Erdgas und Kohle hergestellt • Die Kraftstoffherstellung wird derzeit erprobt, ist aber noch nicht wirtschaftlich • <u>Stoffliche Nutzung</u>: Als Arbeitsstoffe in der Chemieindustrie • Keine energetische Nutzung aufgrund hoher Produktionskosten 	<ul style="list-style-type: none"> • Ein großer Vorteil im Gegensatz zu anderen erneuerbaren Brennstoffen ist, dass eine konstante Produktqualität erreicht werden kann • Energetische Nutzung ausschließlich im Verkehr: Beimischung zu konventionellem Kraftstoff in jedem Verhältnis, Ersatz von Benzin, Diesel und Kerosin ohne Anpassungen möglich, bestehende Infrastruktur nutzbar

Anhang: Auswertung Methodik



σ = Standardabweichung

w_j = Gewichtung des Kriteriums bzw. der Kategorie

Umfrageergebnisse: Boxplots der Antworten von 31 Experten aus verschiedenen Instituten
 Ausgewählte Brennstoffexperten mussten pro Kriterium Punkte von 1 bis 9 und insgesamt 50 Punkte vergeben