



EUROPEAN
ENERGY



WHITE PAPER:
e-SMR: Bio- & E-Methanol



Grünes Methanol der nächsten Generation

Erstellt von European Energy, Søborg, Dänemark
Veröffentlichungsdatum: 07. Oktober 2025

Methanol wird in einer Vielzahl von Produkten verwendet, darunter Kunststoffe, synthetische Fasern, Sperrholz und Kraftstoffe. Heute basiert die weltweite Methanolproduktion hauptsächlich noch auf klimaschädlichen fossilen Brennstoffen.

Eine Defossilierung dieser Branche könnte zu erheblichen Einsparungen von Emissionen führen. Dieser Übergang kann durch die Verwendung erneuerbarer Energien für die Elektrolyse bei der Methanolproduktion erreicht werden, wodurch **E-Methanol** entsteht.

Im Mai 2023 begann European Energy mit dem Bau seiner E-Methanol-Anlage in Kassø (Dänemark). Die Anlage wurde im Mai 2025 mit drei Elektrolyseuren von Siemens Energy mit einer Leistung von jeweils 17,5 MW und einer Gesamtleistung von 52,5 MW in Betrieb genommen. Darüber hinaus verfügt sie über zwei Produktionslinien, die eine Jahresproduktion von 42.000 Tonnen E-Methanol erreichen können.

Von Anfang an war die Anlage darauf ausgelegt, E-Methanol an A.P. Moller Maersk, Novo Nordisk und die LEGO Group zu liefern. E-Methanol wird als Ersatz für Methanol aus fossilen Brennstoffen verwendet werden.

Die Produktion in der E-Methanol-Anlage in Kassø basiert auf einer E-Methanol-Technologie, bei der Wasserstoff aus der Wasserelektrolyse in Kombination mit biogenem CO₂ verwendet wird.

Durch den Bau der E-Methanol-Anlage in Kassø und die dabei gesammelten Betriebserfahrungen hat European Energy wertvolles Fachwissen über die Herstellung grüner Kraftstoffe gewonnen. Das Unternehmen stellt nun ein neues Verfahren zur Herstellung grüner Kraftstoffe vor, das die Produktion steigert und gleichzeitig die Kosten senkt.

Dieses neue Verfahren integriert Biogas mit der „**elektrischen Dampfreformierung von Methan**“ (englisch: „**electric Steam Methane Reforming**“, kurz „**e-SMR**“), wodurch die Inputkosten (CO₂ und H₂) gesenkt und die Methanolproduktionskosten im Vergleich zu E-Methanol auf Elektrolysebasis reduziert werden. Das Ergebnis ist ein wettbewerbsfähigerer Preis, der die Einführung grüner Kraftstoffe in kostensensiblen Märkten beschleunigt.

Dies unterscheidet sich vom herkömmlichen SMR, das auf fossilen Brennstoffen basiert. Bei e-SMR sind Widerstandsheizelemente (oder -Heizungen) direkt in den Reaktor integriert. Anstatt Erdgas zur Erzeugung von Wärme zu verbrennen und diese in den Reaktor zu übertragen, leitet e-SMR erneuerbaren Strom direkt in das Katalysatorbett, wo die Reformierung stattfindet.



Inhaltsverzeichnis

01 Zusammenfassung	4
02 Produkteinführung	5
03 Auswirkungen auf die Nachhaltigkeit	8
04 Kommerzielle Vorteile	9
05 Fallstudie und Anwendungen	11
06 Fazit	13

01 Zusammenfassung

Die Nachfrage nach kohlenstoffarmen Kraftstoffen steigt rapide, da Schifffahrt, Chemie und Industrie im Einklang mit den EU- und globalen Klimazielen eine Dekarbonisierung anstreben. Methanol spielt bei diesem Wandel eine zentrale Rolle, da es sowohl als sauberer Kraftstoff als auch als vielseitiger chemischer Baustein dienen kann.¹

Die Kosten bleiben jedoch die größte Herausforderung: Herkömmliches E-Methanol, das aus erneuerbarem Wasserstoff und abgeschiedenem CO₂ hergestellt wird, ist zwar äußerst nachhaltig, erfordert jedoch große Mengen an Strom. Dadurch steigen die Produktionskosten in den meisten Märkten, in denen erschwingliche erneuerbare Energien oft nur begrenzt verfügbar sind, auf das Drei- bis Vierfache der Kosten für fossiles Methanol.

Um diese Hindernisse zu überwinden, nutzt European Energy einen neuen Weg, der durch das Start-up-Unternehmen SYPOX ermöglicht wurde. SYPOX hat seinen Ursprung an der Technischen Universität München. Das Unternehmen wurde ursprünglich vom Bundeswirtschaftsministerium gefördert und im September 2021 gegründet.

SYPOX geht einen neuen Weg: die elektrische Dampfreformierung von Methan (e-SMR). Bei diesem Verfahren wird erneuerbarer Strom zur direkten Beheizung eines Reformers genutzt, während Biogas sowohl das Methan als auch das biogene CO₂ liefert, die für die Methanolsynthese benötigt werden.

Durch die Kombination der Stärken von Bio- und E-Kraftstoff-Verfahren senkt e-SMR den Stromverbrauch erheblich, verbessert die Umwandlungseffizienz und reduziert die Emissionen erheblich im Vergleich zu (herkömmlichen oder fossilen) Reformern.

Das Ergebnis ist eine Technologie, mit der grünes Methanol zu geringeren Kosten als herkömmliches E-Methanol hergestellt werden kann. Gleichzeitig können die Lebenszyklusemissionen im Vergleich zu fossilem Methanol um 30 bis 100 % reduziert werden, wobei bei Verwendung von Biogas aus Gülle sogar negative Kohlenstoffintensitätswerte erzielt werden können.

Über die Wirtschaftlichkeit hinaus bietet e-SMR weitere Vorteile:

- **Modularität und Skalierbarkeit** – kompakte und modulare 10-MW Einheiten ermöglichen eine schrittweise Investition, Skalierung und dezentrale Standortwahl in der Nähe von Biogashubs oder Gaszugangspunkten, wenn Erdgas als Rohstoff verwendet wird. Die Technologie lässt sich auch leicht in bestehende Methanolproduktionsstätten integrieren.
- **Alternativer Dekarbonisierungsweg für die beste-hende Wasserstoffproduktion** – e-SMR kann den Erdgasverbrauch und die damit verbundenen Emissionen um 30–45 % senken und bietet eine leicht umsetzbare Option für die Dekarbonisierung von grauem Wasserstoff.
- **Geringerer Bedarf an Netzanschlüssen und zusätzlicher Erzeugungskapazität** – ein geringerer Strombedarf bedeutet, dass weniger Netzanschlüsse erforderlich sind oder weniger Wind- und Solaranlagen gebaut werden müssen, um die Kriterien der EU zu erfüllen. Eine Reduzierung des Strombedarfs um 70 % bedeutet auch eine geringere Anfälligkeit für hohe Strompreise oder Schwankungen.
- **Strategische Ausrichtung** – mit diesem Verfahren lassen sich fortschrittliche Biokraftstoffe gemäß den Vorgaben der REDIII herstellen, wodurch sich auch die Ziele von der FuelEU Maritime erreichen lassen. Zusätzlich können die Produkte als RFNBO-Hybride qualifiziert werden und unterstützen die Einhaltung der Vorschriften in den Bereichen Schifffahrt, Industrie und Energie.

Darüber hinaus importiert die Europäische Union 80 % des im Chemiesektor verwendeten Methanols. Nach der politischen Entwicklung zur Diversifizierung der Lieferketten wird die Aufnahme von grünem Methanol als Produkt in das ETS2 dazu beitragen, den Chemiesektor in Europa zu dekarbonisieren und gleichzeitig die europäische Produktion zu unterstützen. Für Abnehmer bietet es einen zuverlässigen Zugang zu nachhaltigem Methanol zu Kosten, die den Compliance-Anforderungen entsprechen. Für Investoren bietet es Zugang zu einem Markt, der von heutigen ~100 Mio. Tonnen auf ~500 Mio. Tonnen bis 2050² wachsen wird, mit einer Technologie, die sowohl das Ausführungsrisiko als auch die Betriebskosten senkt.



30 - 45%
weniger Erdgasverbrauch

- Im Vergleich zu herkömmlich betriebenen SMR
- Elektrische Beheizung ist effizienter als Verbrennung, sodass für die gleiche Leistung weniger Rohstoffe benötigt werden



~70%
weniger Stromverbrauch

- Im Vergleich zur Elektrolyse
- Strom wird benötigt, um Wärme für die Reformierungsreaktion zu liefern, und nicht, um Wasser in Wasserstoff und Sauerstoff zu spalten (energieintensiv)



40 - 100%
CO₂ Emissionsreduktion

- Im Vergleich zu herkömmlich betriebenen SMR
- Abhängig davon, ob es sich bei dem Ausgangsmaterial um Erdgas, Biomethan oder Biogas handelt
- e-SMR bietet die kostengünstigste Emissionsvermeidung pro ausgegebenem Euro



Kostensenkung der Methanolherstellung

- Im Vergleich zu E-Methanol unter Verwendung von elektrolytischem grünem Wasserstoff
- Bezieht sich auf den dänischen Markt mit mittleren/hohen Strompreisen und niedrigen Biogaspreisen

1) <https://www.mckinsey.com/industries/electric-power-and-natural-gas/our-insights/how-traders-can-capture-value-in-sustainable-fuels>
 2) https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2021/Jan/IRENA_Innovation_Renewable_Methanol_2021.pdf?

02 Produkteinführung

Methanol gilt seit langem als eines der vielseitigsten Moleküle in der globalen Energie- und Chemieindustrie. Es wird zur Herstellung von Kunststoffen, Klebstoffen und Lösungsmitteln verwendet und findet zunehmend Verwendung als sauber verbrennender Kraftstoff für die Schifffahrt und die Stromerzeugung. In flüssiger Form lässt es sich leicht lagern, transportieren und in bestehende Infrastrukturen integrieren.

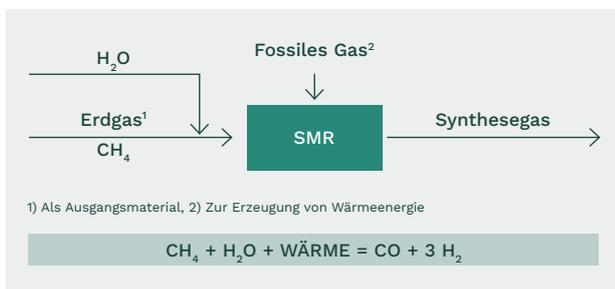
Allerdings wird der größte Teil des heute produzierten Methanols aus fossilem Erdgas durch konventionelle Dampfreformierung (SMR) gewonnen, ein Verfahren, das sowohl kohlenstoffintensiv als auch energieaufwendig ist.³

Die Herausforderung bei der konventionellen SMR

Bei der traditionellen SMR reagieren Erdgas und Wasserdampf bei hohen Temperaturen über einem Katalysator. Die erforderliche Wärme wird durch die Verbrennung fossiler Brennstoffe in großen Öfen um die Reaktorrohre herum erzeugt. Dieses Design wurde über Jahrzehnte hinweg optimiert, weist jedoch grundlegende Nachteile auf:⁴

- **Hohe Emissionen** – Die Verbrennung fossiler Brennstoffe zur Wärmegewinnung verursacht zusätzlich zu den Prozessemissionen erhebliche CO₂-Emissionen.
- **Geringe Energieausnutzung** – Nur etwa die Hälfte der eingesetzten Energie wird effektiv für die Reaktion genutzt, der Rest geht in Rauchgasen und Abwärme verloren.
- **Nur in großem Maßstab** – Aufgrund der Ofenstruktur und der damit verbundenen hohen Kosten ist SMR hauptsächlich in sehr großem Maßstab rentabel, was seine Flexibilität und Einsatzmöglichkeiten einschränkt.

Abbildung 2:



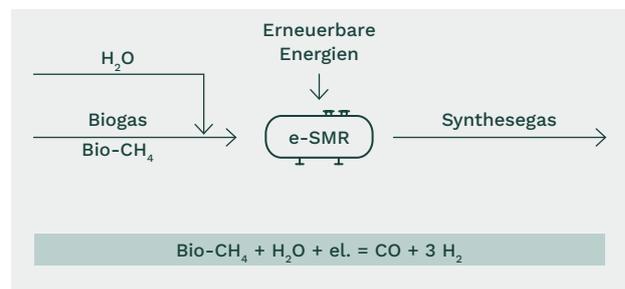
Rund 90 % der H₂-Versorgung in Europa stammen aus SMR („Graues Wasserstoff“)

Die Alternative: e-SMR

Bei der elektrifizierten Dampfreformierung von Methan (e-SMR) wird der mit fossilen Brennstoffen befeuerte Ofen durch eine direkte elektrische Beheizung im Reaktor selbst ersetzt. Anstatt die Außenseite der Rohre zu beheizen, werden Metalldrähte direkt in das Katalysatorbett eingebettet, was eine präzise und gleichmäßige Beheizung ermöglicht. Diese Änderung im Reaktordesign führt zu mehreren Produktvorteilen:⁵

- **Kompakt und Modular** – Ohne einen riesigen Ofen ist der Reaktor viel kleiner. Einheiten von ~10 MW können als modulare „Skids“ an dezentralen Standorten wie Biogashubs oder Chemieclustern eingesetzt werden, aber auch zum Ersatz und zur Entlastung bestehender Reformer.
- **Flexibilität bei Rohstoffen** – Fossiles Erdgas, Biomethan oder Biogas können direkt verwendet werden. Biogas hat den Vorteil, dass das CO₂ bereits im Gasstrom (ca. 60 % CH₄ / 40 % CO₂) vorhanden ist, wodurch keine zusätzlichen biogenen CO₂-Dämpfe erforderlich sind. Sowohl Methan als auch das in Biogas enthaltene biogene CO₂ werden zu Synthesegas umgewandelt.
- **Verbesserte Umwandlung** – Die intensive Wärmeübertragung ermöglicht Reaktionen nahe dem chemischen Gleichgewicht, wodurch der Ertrag gesteigert und Nebenprodukte wie Ruß oder Kohlenstoffablagerungen reduziert werden.
- **Reaktionsfähigkeit im Betrieb** – e-SMR-Reaktoren lassen sich schneller starten und abschalten als herkömmliche SMR-Reaktoren und eignen sich daher für die Integration mit variablen erneuerbaren Energiequellen.

Abbildung 3:



Als Ausgangsmaterial kann CH₄, Bio-CH₄ oder Biogas (CH₄ + CO₂) verwendet werden

Was ist „Synthesegas“?

„Synthesegas“ ist ein Gemisch aus H₂, CO₂ und CO in unterschiedlichen Verhältnissen, je nach Ausgangsstoff.

3) <https://www.methanol.org/wp-content/uploads/2019/01/MethanolReport.pdf>

4) <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360544225001823> and <https://www.mdpi.com/2073-4344/10/8/858>

5) <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1385894725095956>

Position in der Methanol-Wertschöpfungskette

Während herkömmliches SMR und Elektrolyse in Kombination mit CO₂ zwei völlig unterschiedliche Verfahren sind, nimmt e-SMR eine hybride Mittelstellung ein. Für diese Technologie wird erneuerbarer Strom verwendet, wenn auch nur mit einem Bruchteil der für die Elektrolyse erforderlichen Intensität. Zudem wird Biogas als Methan- und Kohlenstoffquelle genutzt. Dadurch kann Methanol mit einer viel geringeren Kohlenstoffintensität hergestellt werden, während gleichzeitig die Abhängigkeit von extrem kostengünstiger erneuerbarer Energie verringert wird – oft der begrenzende Faktor bei reinen E-Methanol-Verfahren.

In der Praxis ermöglicht e-SMR den Herstellern, die Lücke zwischen Bio- und E-Kraftstoffen zu schließen und das Angebot an grünem Methanol zu erweitern, ohne auf den massiven Ausbau der erneuerbaren Energieerzeugung oder den Aufbau einer groß angelegten CO₂-Abscheideinfrastruktur warten zu müssen.

Durch die Bereitstellung einer kleineren, effizienteren und flexibleren Alternative zum herkömmlichen SMR verändert e-SMR die Art und Weise und den Ort der Produktion von grünem Methanol – es verwandelt biogasreiche Regionen in kostengünstige Produktionszentren und eröffnet neue Möglichkeiten für die Schifffahrt, die chemische Industrie und den Kraftstoffsektor.

Eine Anlage - zwei Produkte

Der e-SMR-Prozess kann Methanol auf zwei Arten erzeugen. Wird dem Prozess Wasserstoff zugefügt, der durch Elektrolyse mit erneuerbarer Elektrizität hergestellt wird, kann das Produkt als E-Methanol (RFNBO) zertifiziert werden. Wird Methanol direkt aus Biogas hergestellt, wird es als Bio-Methanol klassifiziert, das gemäß RED III als fortschrittlicher Biokraftstoff anerkannt ist. Diese Konfiguration ermöglicht es derselben Anlage, zwei konforme Produkte zu liefern, die für die Schifffahrt, die Industrie und die Energienutzung relevant sind.

Dieser duale Weg unterscheidet e-SMR sowohl von herkömmlichem SMR als auch von Produktionswegen, die auf e-Methanol beschränkt sind. Herkömmliches SMR basiert auf fossilem Erdgas und verursacht hohe CO₂-Emissionen, während E-Methanol ausschließlich auf erneuerbarem Wasserstoff und abgeschiedenem CO₂ basiert. Letzteres bietet klare Vorteile für die Dekarbonisierung, ist jedoch durch die Verfügbarkeit und die Kosten von grünem Wasserstoff eingeschränkt. Durch die Anpassung der etablierten SMR-Infrastruktur kann e-SMR entweder erneuerbaren Wasserstoff oder Biogas nutzen, wodurch es flexibler und leichter in bestehende industrielle Umgebungen zu integrieren ist als Verfahren, die nur E-Methanol produzieren. Diese Eigenschaften machen e-SMR zu einem praktischen nächsten Schritt für die Skalierung grüner Kraftstoffe. Für Abnehmer sichert er einen zuverlässigen Zugang zu nachhaltigem Methanol zu konformitätsorientierten Kosten.

Tabelle 1: Vergleich der Produktionswege

	Herkömmliches SMR "Graues Methanol"	Elektrolyse + CO ₂ E-Methanol	e-SMR Bio-/E-Methanol
Primärer Rohstoff	Erdgas (fossiles CH ₄)	Erneuerbarer Strom und abgeschiedenes CO ₂	Erneuerbarer Strom und Biogas oder Methan*
Wärmequelle	Verbrennung von Erdgas	Elektrizität (für Elektrolyseur)	Direkte elektrische Heizdrähte im Inneren Katalysator
Strombedarf	~0.5–1 kWh/kg H ₂ (hauptsächlich Hilfsstoffe)	~50 kWh/kg H ₂	16.5 kWh/kg H ₂
Gasbedarf	100 % fossiles Methan	Keiner (H ₂ aus Elektrolyseur)	30–40 % weniger Methan im Vergleich zu SMR
Effizienz (Energieausnutzung)	~55 %	~60–65 %	~95 %
CO₂-Emissionen	Hoch (94 gCO ₂ eq/MJ für fossiles Methanol)	Niedrig (10–30 gCO ₂ eq/MJ je nach CO ₂ -Quelle und Netzmix)	Sehr niedrig bis negativ (~100 bis 30 gCO ₂ eq/MJ) je nach Biogas-Rohstoff
Anlagengröße	Groß, zentralisiert (>100 MW)	Mittel bis groß (in der Regel >20 MW)	Modular ~10 MW units, scalable and decentralised
CAPEX-Fußabdruck	Hoch (Ofen, komplexe Anordnung)	Hoch (Elektrolyseur, CCU)	Niedriger (Kompaktreaktor, modulares Skid-Design)
Kommerzielle Reife	Ausgereift, vollständig kommerziell	Kommerziell (erste Großanlage 2025+ in Betrieb)	Erste kommerzielle 10-MW-Anlage bis 2026

*Die Methanolproduktion auf Basis von e-SMR erfordert ein bestimmtes Gleichgewicht der Rohstoffe, die hauptsächlich aus Methan (CH₄), Wasserstoff (H₂) und Kohlendioxid (CO₂) bestehen. Im Allgemeinen sollte das Verhältnis der Rohstoffe wie folgt sein:

$$(4xCH_4+H_2)/(CH_4+CO_2) = 3.$$

Der Zweck dieser Ausgewogenheit der Rohstoffe besteht darin, die optimale Zusammensetzung des Synthesegases nach dem Reformier zu erhalten.

- Biogas (CH₄ + CO₂) enthält in der Regel zu viel Kohlenstoff.

Daher muss zusätzliches H₂ hinzugefügt oder ein Teil des CO₂ entfernt werden.

- Erdgas oder Biomethan (CH₄) enthält zu viel Wasserstoff. Daher muss zusätzliches CO₂ hinzugefügt werden.

Hier kommt Bio-E-Methanol ins Spiel: Durch die Kombination von Biogas mit zusätzlichem Wasserstoff aus einem Elektrolyseur mit der richtigen Größe kann die Zusammensetzung des Synthesegases für die Methanolsynthese optimiert werden, sodass das richtige Verhältnis erreicht wird. Bei Verwendung von Biomethan muss zusätzliches biogenes CO₂ hinzugefügt werden.

Abbildung 4: e-SMR für die Bio-Methanol-Produktion

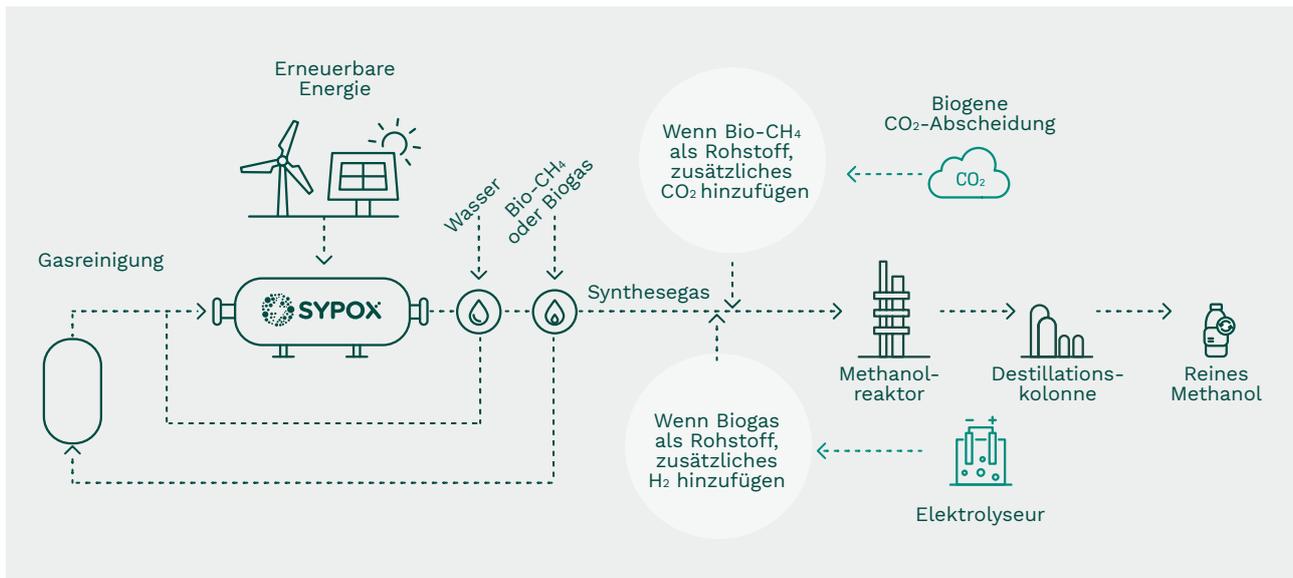


Tabelle 2: Vergleich der Kohlenstoffintensität

	Kohlenstoffintensität (CI)	Emissionsreduktion im Vergleich zu fossilen Brennstoffen	Einhaltung der Vorschriften
Fossiles Methanol ⁶	~110 gCO ₂ eq/MJ	+17 % (Basiswert)	Nicht förderfähig
EU-Vergleichswert für fossile Brennstoffe	~94 gCO ₂ eq/MJ	-	EU-Benchmark für Kraftstoffe
Elektrolyse + CO ₂ (E-Methanol)	0–10 gCO ₂ eq/MJ (abhängig von CO ₂ -Quelle und Netzmix)	~95 % Reduzierung	Qualifiziert als RFNBO (RED III)
e-SMR Bio-/E-methanol	<0 to 30 gCO ₂ eq/MJ (abhängig von Biogas-Rohstoff)	10–70 % Reduzierung	Qualifiziert als fortschrittlicher Biokraftstoff (RED III Anhang IX) und RFNBO-Hybrid

SYPOX - Funktionsnachweis

SYPOX hat seine e-SMR-Technologie ausgiebig getestet, darunter über 80.000 Pilotstunden (2–25 kW). Eine 250-kW Demonstrationsanlage wurde in einer Biogasanlage in Dollnstein, Deutschland, installiert und Ende 2024 in Betrieb genommen. Nach 750 Betriebsstunden wurden die Katalysatorleistung, das Reaktordesign und die Leistungsverteilung bestätigt.

Eine zweite 250-kW-Demonstrationsanlage für die Produktion von reinem Wasserstoff wird Ende

2025 im Rahmen des EReTech-Projekts in Betrieb genommen.

Die Demonstrationsanlagen spiegeln das großtechnische Design wider und verwenden die gleichen Katalysatormodule und Reaktorkonfigurationen, die bei 10 barg und bis zu 950 °C betrieben werden.

Die erste kommerzielle 10-MW-Anlage ist für 2026 geplant und soll eine Leistung von 150 Tonnen Synthesegas pro Tag erbringen.

6) https://www.methanol.org/wp-content/uploads/2022/01/CARBON-FOOTPRINT-OF-METHANOL-PAPER_1-31-22.pdf

03 Auswirkungen auf die Nachhaltigkeit

Das zentrale Versprechen von e-SMR besteht darin, grünes Methanol nicht nur kostengünstiger, sondern auch die Emissionen über sein gesamten Lebenszyklus hinweg wesentlich zu verringern. Durch die Elektrifizierung des Reaktors und die direkte Integration von Biogas in den Prozess erreicht die Technologie eine Kohlenstoffintensität, die weit unter der herkömmlicher Produktionsverfahren liegt.

Methanol, das aus fossilen Brennstoffen über herkömmliche SMR-Verfahren hergestellt wird, hat eine Kohlenstoffintensität von etwa 110 CO₂eq/MJ und gehört damit zu den emissionsintensivsten chemischen Rohstoffen. Dies liegt sogar über dem Vergleichswert der EU von 94 CO₂eq/MJ für fossile Kraftstoffe.

Im Gegensatz dazu nutzt e-SMR zwei Nachhaltigkeitshebel gleichzeitig: erneuerbare Elektrizität für die Prozesswärme und biogene Rohstoffe für Methan und CO₂. Das Ergebnis ist ein Molekül, das je nach Rohstoffmix sehr niedrige oder sogar negative Lebenszyklusemissionen erzielen kann⁷.

Lebenszyklusanalysen zeigen:

- Biogas aus Abfällen verursacht in der Regel 15–30 gCO₂eq/MJ und erfüllt damit die EU-Grenzwerte für fortschrittliche Biokraftstoffe.
- Biogas aus Gülle kann aufgrund der vermiedenen Methanemissionen aus unbehandelter Gülle negative CI-Werte (bis zu -100 gCO₂eq/MJ) erzielen. Methan ist ein starkes Treibhausgas, und durch seine Abscheidung zur Verwendung in der Methanolproduktion wird verhindert, dass es in die Atmosphäre entweicht. Dies sollte in den Rechtsrahmen entsprechend berücksichtigt werden. Es sollte einen regulatorischen Anreiz geben, die fossile Produktion zu verdrängen und das CO₂ wiederzuverwenden.

Diese Werte entsprechen einer Emissionsreduktion von 70–100 % im Vergleich zu fossilem Methanol und übertreffen damit deutlich die Anforderungen der RED III für erneuerbare Kraftstoffe.

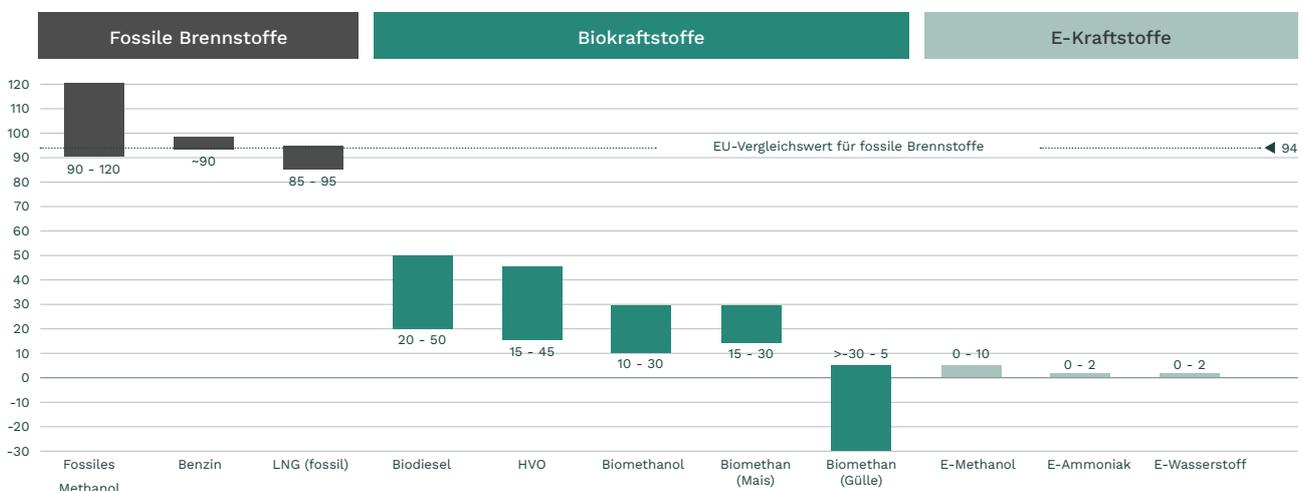
E-SMR bietet auch umfassende Umweltvorteile. Durch die direkte Verwendung von Biogas entfällt die Notwendigkeit einer kostspieligen Aufbereitung zu Biomethan, wodurch sichergestellt wird, dass das im Rohbiogas enthaltene CO₂ nicht verschwendet, als Rohstoff wiederverwendet. Dadurch wird der Kohlenstoffkreislauf effektiver geschlossen und die Freisetzung von biogenem CO₂ in die Atmosphäre reduziert. Der flexible Betrieb von e-SMR ermöglicht es, die Produktion in Zeiten mit überschüssiger erneuerbarer Energie zu verlagern. Dadurch kann eine Drosselung von Wind- und PV-Parks vermieden werden.⁸

Aus regulatorischer Sicht gilt aus e-SMR gewonnenes Methanol gemäß RED III Anhang IX als fortschrittlicher Biokraftstoff, wenn es auf landwirtschaftlichen Reststoffen wie Gülle oder Stroh basiert. Es kann auch die Kriterien für RFNBO-Kraftstoffe erfüllen, wenn der Strombezug für zusätzlichen Wasserstoff aus erneuerbaren Quellen stammt, wodurch ein hybrider Compliance-Pfad entsteht, der seinen Marktwert stärkt.

Unabhängig davon kann e-SMR-Methanol im Schiffsverkehr mit FuelEU Maritime in Einklang gebracht werden und die Ziele der Internationalen Seeschiffahrtsorganisation (IMO) in Richtung nahezu CO₂-freier Kraftstoffe unterstützen.

Für die Chemie- und Industriebranche ermöglicht e-SMR-Methanol bessere Produkt-Ökobilanzen und eine verbesserte Nachhaltigkeitsberichterstattung im Einklang mit den verschärften Offenlegungsvorschriften der EU.⁹

Abbildung 5: Vergleich der Kohlenstoffintensität



7) https://www.methanol.org/wp-content/uploads/2022/01/CARBON-FOOTPRINT-OF-METHANOL-PAPER_1-31-22.pdf
 8) <https://pure.au.dk/portal/en/publications/electrified-steam-methane-reforming-of-biogas-for-sustainable-syn>
 9) <https://wikis.ec.europa.eu/spaces/UDBBIS/pages/116163541/Raw%2Bmaterials%2Bintermediate%2Bproducts%2BRevision%2BApril%2B2025> and https://www.methanol.org/wp-content/uploads/2024/09/ECONOMIC-VALUE-OF-METHANOL-FOR-SHIPPING-PAPER_final.pdf

04 Kommerzielle Vorteile

Der kommerzielle Wert von e-SMR liegt in seiner Fähigkeit, grünes Methanol zu Kosten und in Mengen zu liefern, die die Einführung in verschiedenen Sektoren beschleunigen. Während die Nachhaltigkeitsleistung die Einhaltung gesetzlicher Vorschriften gewährleistet, ist es letztlich die Wettbewerbsfähigkeit des Preises, die die Marktakzeptanz vorantreibt.

Kosteneffizienz

Herkömmliches E-Methanol aus Elektrolyse ist sehr stromintensiv und bleibt in Märkten, in denen erneuerbare Energien nur begrenzt verfügbar sind oder biogenes CO₂ teuer ist, kostspielig.

Im Gegensatz dazu integriert e-SMR Biogas in den Prozess, wodurch der Strombedarf reduziert und der Bedarf an externem biogenem CO₂ gesenkt oder ganz eliminiert wird. Dies ermöglicht niedrigere Produktionskosten in Regionen mit hohen Strompreisen, aber reichlich vorhandener Biomasse. European Energy schätzt eine erhebliche Kostensenkung im Vergleich zu reinen Elektrolyseverfahren in bestimmten Kernmärkten.

Dies ist ein wichtiger Schritt in Richtung kostengünstigem Methanol und öffnet die Tür für den Einsatz in kostensensiblen Sektoren wie dem Seeverkehr. Wenn die CO₂-Bepreisung im Rahmen der IMO- und EUETS-Rahmenwerke verschärft wird, dürfte Biomethanol schneller die Parität mit fossilen Brennstoffen erreichen.¹⁰

Aus Sicht der Kohlenstoffeffizienz sind die „Reduktionskosten pro Euro“ von entscheidender Bedeutung. Während E-Methanol in der Regel eine geringere Kohlenstoffintensität aufweist, erzielt Biomethanol derzeit eine größere CO₂-Reduktion pro Ausgabeneinheit, was es zum effektiveren Hebel für die kurzfristige Dekarbonisierung macht. In diesem Sinne dient es als wirksame Übergangstechnologie, die die frühzeitige Einführung kohlenstoffarmer Kraftstoffe beschleunigt, während die Kapazitäten für erneuerbare Energien ausgebaut werden, um große Mengen an vollständig erneuerbaren E-Methanol zu unterstützen.

Gesteigerte Nachfrage

Der Methanolmarkt hat bereits ein Volumen von über 100 Millionen Tonnen pro Jahr erreicht und wird bis 2050 voraussichtlich 500 Millionen Tonnen überschreiten, angetrieben sowohl durch traditionelle chemische Anwendungen als auch durch neue Energieverwendungen.

Drei Nachfrageströme sind dabei besonders relevant:¹¹

- **Schifffahrt** – Angesichts der Verschärfung der Klimaziele durch die Internationale

Seeschifffahrtsorganisation und der Einführung von FuelEU Maritime durch die EU ab 2025 suchen Reeder nach Kraftstoffen mit wettbewerbsfähigen Kosten und niedrigen Emissionen. Methanol gilt weithin als einer der führenden alternativen Kraftstoffe, über 200 mit Methanol betriebene Schiffe sind bereits bestellt.¹²

- **Chemie und Industrie** – Da die nachgelagerten Sektoren dem Druck durch Scope-3-Emissionen ausgesetzt sind, wächst die Nachfrage nach kohlenstoffarmen Rohstoffen. E-SMR-Methanol ermöglicht niedrigere Lebenszyklusbewertungen für Kunststoffe, Harze und andere Derivate und verbessert so die Wettbewerbsfähigkeit in regulierten Märkten.
- **Als Rohstoff für nachhaltige Flugkraftstoffe (SAF)** – Methanol kann als Rohstoff in Methanol-to-Jet-Verfahren (MTJ) dienen, um synthetisches Kerosin und langkettige Kohlenwasserstoffherzustellen. Da es für die Luftfahrt kurzfristig nur begrenzte Alternativen gibt, bietet aus Methanol gewonnenes SAF eine skalierbare Option zur Einhaltung der CORSIA- und EU-Vorgaben.

Vorteile für Entwickler und Abnehmer

Für Projektentwickler reduziert e-SMR die Kapital- und Betriebsrisiken:¹³

- Die kompakte Bauweise senkt die Investitionskosten, da keine großen Ofenanlagen erforderlich sind.
- Das modulare 10-MW-Design ermöglicht eine schrittweise Investition und reduziert das Risiko durch unsichere Nachfrage oder schwankende Energiepreise.
- Die flexible Standortwahl an Biogas-Hubs oder in Industrieclustern reduziert den Infrastrukturbedarf und bringt die Produktion näher an die Endverbraucher.
- Da das „Made in EU“-Regime an Bedeutung gewinnt, wird dies auch ein wichtiger Treiber für die Nachfrage in der chemischen Industrie sein.

Klare Vorteile für Abnehmer:¹⁴

- **Reedereien** erhalten Zugang zu einem Kraftstoff, der die Vorschriften des EU-Emissionshandelssystems, von FuelEU Maritime und der IMO erfüllt und unter Berücksichtigung der CO₂-Bepreisung kostengünstig im Vergleich zu fossilen Alternativen ist. Dazu muss das Methanol zertifiziert sein.
- **Industrielle Abnehmer** können grünes Methanol ohne kostspielige Nachrüstungen direkt in bestehende Prozesse integrieren und so Emissionsreduktionen in der Lieferkette sowie die Einhaltung der immer strengeren Anforderungen an die Offenlegung von Nachhaltigkeitsdaten sicherstellen.

10) <https://arxiv.org/pdf/2406.00442> and <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2%3A1871520/FULLTEXT01.pdf>

11) https://www.methanol.org/wp-content/uploads/2020/04/IRENA_Innovation_Renewable_Methanol_2021.pdf

12) https://assets.bbhub.io/media/sites/25/2024/06/BNEF-Methanol-Report_to-publish.pdf

13) <https://www.mdpi.com/1996-1073/15/24/9329>

14) <https://www.dnv.com/expert-story/maritime-impact/strategies-for-navigating-fueeu-maritime-compliance/> and <https://www.wri.org/technical-perspectives/chemical-accounting-emissions-transparency>

Argumente für Investoren

Für Investoren eröffnet e-SMR den Zugang zu einem schnell wachsenden globalen Markt:

- **Marktwachstum** – Der Methanolbedarf wird sich bis 2050 voraussichtlich verfünffachen, wobei grünes Methanol einen bedeutenden Anteil einnehmen dürfte.
- **Politische Impulse** – RED III, FuelEU Maritime, CBAM und EU ETS schaffen eine garantierte Nachfrage und stützen den Preis für kohlenstoffarme Kraftstoffe¹⁵.
- **Risikoreduzierte Technologie von SYPOX** – mehr als 80.000 Betriebsstunden in Verbindung mit einem ersten kommerziellen Auftrag über 10 MW für 2026 schaffen Vertrauen in die Skalierbarkeit.
- **Attraktive Renditen** – Geringere Betriebskosten und modularer Einsatz ermöglichen es Projekten, schneller rentabel zu werden und entsprechend der Nachfrage zu skalieren.

Strategische Ausrichtung

Aus e-SMR gewonnenes Biomethanol, das aus Rohstoffen wie Gülle, landwirtschaftlichen Reststoffen oder anderen nicht pflanzlichen Quellen hergestellt wird, gilt gemäß RED III als fortschrittlicher Biokraftstoff. Um die Anforderungen zu erfüllen, muss es eine Emissionsreduktion von mindestens 65 % gegenüber dem Vergleichswert für fossile Brennstoffe erreichen, was einem Höchstwert von 33 gCO₂eq/MJ entspricht. Strategisch gesehen schafft dies Flexibilität bei der Auswahl der Rohstoffe, unterstreicht aber auch die Bedeutung der richtigen Mischung – Gülle, Abfälle oder andere zulässige Eingangsstoffe – um die Compliance-Benchmark zuverlässig zu erfüllen oder zu übertreffen.

Tabelle 3: Produktspezifikation

	Einhaltung von Richtlinien	Marktnachfrage
Fossiles Methanol	Nicht förderfähig	Bestehende Anwendungen: Chemische Derivate / Rohstoffe (z. B. Formaldehyd, Essigsäure, Olefine, MTBE, Lösungsmittel usw.)
Elektrolyse + CO₂ (E-Methanol)	Qualifiziert als RFNBO gemäß RED III	Alle bestehenden Methanol-Anwendungen + neue Verwendungszwecke im See- und Schwerlastverkehr.
e-SMR bio-/E-Methanol	Gilt als fortschrittlicher Biokraftstoff und RFNBO-Hybrid	Die neue Nachfrage nach Methanol wird hauptsächlich aus neuen Anwendungsbereichen kommen.

15) https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC118318/jrc118318_1.pdf

05 Fallstudie und Anwendungen

Das kommerzielle und technische Potenzial von e-SMR lässt sich am besten anhand konkreter Projekte und Einsatzszenarien veranschaulichen. Die e-Methanol-Anlage von European Energy in Kassø im Süden Dänemarks ist der erste Schritt auf diesem Weg, während bevorstehende industrielle Demonstrationen und dezentrale Anwendungen den Weg zur Skalierung aufzeigen.

E-Methanol Anlage in Kassø

Kassø wurde im Mai 2025 in Betrieb genommen und ist die weltweit erste E-Methanol-Anlage im industriellen Maßstab. Sie umfasst einen 304 MW Solarpark, drei Elektrolyseure von Siemens Energy mit einer Gesamtleistung von 52,5 MW und zwei Produktionslinien mit einer Kapazität von 42.000 Tonnen E-Methanol pro Jahr. Die Anlage liefert Kraftstoff direkt an Abnehmer wie A.P. Moller Maersk, Novo Nordisk und die LEGO Group und hat bereits gezeigt, dass die großtechnische Produktion von grünem Methanol möglich und rentabel ist.

Während Kassø auf Elektrolyse für Wasserstoff und extern geliefertes biogenes CO₂ setzt, könnte die potenzielle Integration von e-SMR in zukünftigen Phasen neue Vorteile mit sich bringen:

- **Höhere Produktion** – Durch die Integration von e-SMR und Biogas in Kassø kann die Produktionsleistung gesteigert werden, ohne dass der Bedarf an erneuerbaren Energien proportional steigt.
- **Geringere Abhängigkeit vom Stromnetz** – die direkte Nutzung von Biogas im Prozess verringert die Anfälligkeit gegenüber Strompreisschwankungen.
- **Breiterer Optimierungsbereich:** Integrierte Bio-/E-Anlagen können zwischen kostengünstigeren und kohlenstoffärmeren Verfahren flexibel wechseln und

so grünes Methanol in einem breiteren Spektrum von Preisklassen und Kohlenstoffintensitäten liefern. Dies ermöglicht es, die Produktion genau auf die spezifischen Compliance-Anforderungen und CO₂-Reduktionsziele der Abnehmer abzustimmen.

Einführung in der Industrie

Der nächste große Schritt für die e-SMR-Technologie ist die Demonstration im industriellen Maßstab. Ein von European Energy bestellter 10-MW-e-SMR-Reaktor befindet sich derzeit im Bau und wird 2026 ausgeliefert. Nach seiner Inbetriebnahme wird er täglich rund 150 Tonnen Synthesegas produzieren und damit die erste Anwendung dieser Technologie in einem kommerziellen Umfeld darstellen. Dieses Projekt wird als Blaupause für Nachbauten dienen und wertvolle Daten zu Leistung und Haltbarkeit im laufenden industriellen Betrieb liefern.

Der Weg zur Skalierung über 10 MW hinaus ist einfach: Die Technologie wurde von Anfang an als replizierbares Modul konzipiert, sodass mehrere Einheiten für größere Projekte kombiniert werden können. Dies ermöglicht phasenweise Investitionsstrategien und senkt das Technologierisiko, da jedes Modul auf einem bereits bewährten Design aufbaut.

Abbildung 6: SYPOX e-SMR-Pilotanlage in einer Biogasanlage.



Das Potenzial bestehender “grauer” Wasserstoffanlagen

Der heute produzierte Wasserstoff wird größtenteils in Raffinerien und bei der Düngemittelherstellung eingesetzt. Durch die Elektrifizierung und den geringeren Erdgasverbrauch bietet e-SMR eine leicht umsetzbare, schnell wirksame Dekarbonisierungsmaßnahme für Anlagen dieser Art. Damit positioniert sich e-SMR als Brücke zwischen der heutigen, meist fossilen, Wasserstoffproduktion und vollständig grünen elektrolytischen Wasserstoffsystemen. In Kombination mit der Kohlenstoffabscheidung kann e-SMR sogar noch größere Emissionsreduktionen erzielen und gleichzeitig die Lebensdauer und Wettbewerbsfähigkeit älterer Anlagen verlängern.

Wichtige Anwendungen in bestehenden Anlagen für grauen Wasserstoff/Methanol:

- **Nachrüstungsoption:** Die Ofenheizung in bestehenden SMR-Anlagen wird durch elektrische Reformer ersetzt. Dadurch wird der Erdgasverbrauch um 30 bis 45 % gesenkt und CO₂ eingespart.
- **Überbrückungslösung:** e-SMR stellt einen Übergangsschritt zwischen der fossilen Produktion von H₂ und Methanol und der vollständig erneuerbaren Produktion von E-Methanol und Wasserstoff dar. Dadurch können strengere Richtlinien früher eingehalten werden.
- **Integration mit CCS:** Für weitere CO₂-Einsparungen kann die Kombination von e-SMR mit Kohlenstoffabscheidung eine noch stärkere Dekarbonisierung ermöglichen.

Warum ist e-SMR hierfür potenziell vorteilhaft?

- **Standorte mit Netzengpässen:** Realisierbar in Regionen mit langen Wartelisten für Netzanschlüsse oder unzureichender Kapazität, in denen der Ausbau großer Elektrolyseure verzögert wird.
- **Sofortige Compliance-Vorteile:** Ermöglicht schnelle Emissionsreduktionen, die mit dem EU-ETS und

Raffinerie-Dekarbonisierungszielen im Einklang stehen, ohne auf den Ausbau erneuerbarer Energien warten zu müssen.

Anwendungsgebiete

Außerhalb Europas kann e-SMR zur Herstellung von Biomethanol eingesetzt werden, wo immer Biogas und erneuerbare Energien nebeneinander existieren. Dazu gehören landwirtschaftliche Regionen in Nordamerika, Asien und Lateinamerika, wo große Mengen an ungenutztem Biogas in wertvolle Kraftstoffe umgewandelt werden könnten. Insbesondere Reedereien würden von einer global verteilten Produktionsbasis profitieren, die sicherstellt, dass kohlenstoffarmes Methanol an den wichtigsten Bunkerhäfen weltweit verfügbar ist. Ob es sich dabei um E-Methanol oder Bio-Methanol handelt, hängt vom Zusammenspiel von Strompreisen, Biogaspreisen und biogenen CO₂-Preisen ab. European Energy möchte passende Lösungen anbieten können, die den Marktgrundlagen in einer bestimmten Region entsprechen.

Komplementäre Wege, keine Kehrtwende

E-SMR für die Biomethanol-Produktion sollte als ergänzende Option denn als strategische Neuausrichtung betrachtet werden. European Energy setzt weiterhin voll und ganz auf E-Methanol, das in vielen Märkten langfristig das beste Angebot darstellt. Dennoch erweitert European Energy sein Technologie-Toolkit: e-SMR wird als zusätzlicher Weg integriert, um unter bestimmten Marktbedingungen Methanol zu geringeren Kosten zu liefern. Durch die parallele Weiterentwicklung beider Wege erhöht European Energy seine Flexibilität und kann die Produktion auf ein breiteres Spektrum von Preispunkten und Kohlenstoffintensitäten zuschneiden. Wir brauchen mehr grünes Methanol zu günstigeren Preisen. Genau das ist die Aufgabe von e-SMR.

Tabelle 4: Vergleich der Kohlenstoffintensität

	Kassø heute (2025)	Kassø mit potenzieller e-SMR-Integration
Energiequelle	304 MW Solarpark	304 MW Solarpark, plus direkte Nutzung von Biogas in e-SMR
Jährliche Methanolkapazität	~42.000 t	Potenzial für bis zu 120.000 Tonnen (bis zu 3-fache Leistung)
Rohstoffe	Erneuerbare Energien + extern zugeführtes biogenes CO ₂	Erneuerbare Energien + Rohbiogas (CH ₄ + CO ₂)
Kohlenstoffintensität(CI)	~5 gCO ₂ eq/MJ (abhängig vom Netzmix und CO ₂ -Quellen)	Potenzial 0 bis 20 gCO ₂ eq/MJ (mit Güllebiogas)
Kosten	Basis	20–40 % Reduzierung

06 Fazit

Der Weg zur breiten Einführung grüner Kraftstoffe hängt davon ab, dass Lösungen gefunden werden, die sowohl nachhaltig als auch wirtschaftlich rentabel sind. Zwar hat e-Methanol, das durch Elektrolyse hergestellt wird, gezeigt, was technisch möglich ist. Doch seine Abhängigkeit von großen Mengen erneuerbarer Elektrizität schafft Einschränkungen bei Kosten und dem Umfang der Projekte. e-SMR begegnet diesen Herausforderungen durch eine Neugestaltung des Kernstücks der Methanolproduktion: **des Reformers**.

Durch die direkte Einbettung der elektrischen Heizung in den Katalysator erreicht e-SMR im Vergleich zu herkömmlichen Verfahren eine höhere Effizienz und einen geringeren Energieverbrauch. In Kombination mit Biogas nutzt es sowohl Methan als auch biogenes CO₂ direkt, wodurch eine Aufbereitung oder externe Abscheidung überflüssig wird. Das Ergebnis ist Methanol mit drastisch reduzierter Kohlenstoffintensität bei gleichzeitig deutlich geringeren Produktionskosten im Vergleich zu reinem E-Methanol.

Der e-SMR-Prozess kann sowohl e-Methanol aus erneuerbarem Wasserstoff als auch Biomethanol aus Biogas herstellen, sodass eine einzige Anlage zwei konforme Produkte liefern kann – e-Methanol und Biomethanol.

Die Technologie beschränkt sich nicht auf die Theorie oder den Labormaßstab. Mehrere Anlagen unterschiedlicher Größe haben bereits Zehntausende von Betriebsstunden absolviert. Der erste 10-MW-Reaktor für den kommerziellen Einsatz ist bereits bestellt und soll 2026 in Betrieb genommen werden. Er wird in kommende europäische Energieprojekte integriert werden.

Für Abnehmer bietet e-SMR-basierter Wasserstoff oder Methanol Zugang zu grünen Molekülen zu Preisen, die unter bestimmten Marktbedingungen wettbewerbsfähiger sind. Für Entwickler stellt es ein flexibles Werkzeug und einen Weg zu Bio-Methanol dar, der sich von der bestehenden Biomassevergasungstechnologie unterscheidet. Für Investoren bedeutet es ein Engagement im globalen Methanolmarkt, der sich bis 2050 voraussichtlich verfünffachen wird, gestützt durch die regulatorische Nachfrage aus den Bereichen Schifffahrt, Chemie und Energie.

Die größere Bedeutung von e-SMR liegt darin, dass es zwei Welten miteinander verbindet. Es verbindet die Flexibilität und Effizienz der Elektrifizierung mit der Verfügbarkeit biobasierter Rohstoffe und schafft so einen hybriden Weg, der unter mehreren politischen Rahmenbedingungen möglich ist und sich an unterschiedliche Marktbedingungen anpassen lässt. Damit stärkt es die Rolle von grünem Methanol als Eckpfeiler des zukünftigen Energiesystems.

Entscheidend ist, dass e-SMR kein Ersatz, sondern eine Ergänzung zum e-Methanol-Angebot von European Energy ist. Durch die parallele Weiterentwicklung beider Technologien sorgt EE für mehr Flexibilität auf den Märkten – mit wettbewerbsfähigeren Preisen, einer größeren Bandbreite an Kohlenstoffintensitäten und der Möglichkeit, die Produktion an lokale Gegebenheiten und regulatorische Anforderungen anzupassen. Zusammen bilden e-Methanol und e-SMR ein diversifiziertes Instrumentarium, das den Übergang von der fossilen Methanolproduktion zu skalierbaren, klimaneutralen Kraftstoffen beschleunigt.

Wichtige Erkenntnisse

Geringere Kosten:

e-SMR senkt die Methanolproduktionskosten um 20–40 % und ermöglicht so eine kostengünstigere Produktion von grünem Methanol.

Geringere Emissionen:

Die Kohlenstoffintensität über den gesamten Lebenszyklus kann auf 7–30 gCO₂eq/MJ – und bei Verwendung von Biogas aus Gülle sogar negative Werte erreichen (–100 gCO₂eq/MJ).

Bewährt und skalierbar:

Mehr als 80.000 Betriebsstunden, einschließlich einer Demonstrationsanlage; erste kommerzielle 10-MW-Anlage ab 2026 in Betrieb, ausgelegt für modulare Skalierung.

Strategisch passend:

Qualifiziert sich gemäß RED III entweder als fortschrittlicher Biokraftstoff oder als RFNBO Hybrid und unterstützt die Einhaltung der Vorgaben für die Sektoren Schifffahrt, Industrie und Energie.

Literaturverzeichnis

Alamia, A., et al. (2024, June 1). Optimising hydrogen and e-methanol production through Power-to-X integration in biogas plants. arXiv:2406.00442. Retrieved September 26, 2025, from <https://arxiv.org/pdf/2406.00442>

BloombergNEF (with Climate Technology Coalition). (2024, June 18). Scaling Up Hydrogen: The Case for Low-Carbon Methanol. Retrieved September 26, 2025, from https://assets.bbhub.io/media/sites/25/2024/06/BNEF-Methanol-Report_to-publish.pdf

DNV. (2025, January 20). Strategies for navigating FuelEU Maritime compliance. Retrieved September 26, 2025, from <https://www.dnv.com/expert-story/maritime-impact/strategies-for-navigating-fueleu-maritime-compliance/>

European Commission. (2025, April). Raw materials & intermediate products – Annex IX list (Revision April 2025). Retrieved September 26, 2025, from <https://wikis.ec.europa.eu/spaces/UDBBIS/pages/116163541/Raw%2Bmaterials%2Bintermediate%2Bproducts%2BRevision%2BApril%2B2025>

European Commission, Joint Research Centre. (2019). JRC report: EU renewable energy policies (JRC118318). Retrieved September 26, 2025, from https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC118318/jrc118318_1.pdf

From, T. N., Partoon, B., Rautenbach, M., Østberg, M., Bontien, A., & Mortensen, P. M. (2024, January). Electrified steam methane reforming of biogas ... A pilot plant study. *Chemical Engineering Journal*, 479, 147205. Retrieved September 26, 2025, from <https://pure.au.dk/portal/en/publications/electrified-steam-methane-reforming-of-biogas-for-sustainable-syn>

Hobson, C., & Márquez, C. (eds.) (2018, December). Renewable Methanol Report. Methanol Institute. Retrieved September 26, 2025, from <https://www.methanol.org/wp-content/uploads/2019/01/MethanolReport.pdf>

International Renewable Energy Agency (IRENA) & Methanol Institute. (2021). Innovation Outlook: Renewable Methanol. Retrieved September 26, 2025, from https://www.methanol.org/wp-content/uploads/2020/04/IRENA_Innovation_Renewable_Methanol_2021.pdf

McKinsey & Company (Melgín, T., Mucha-Geppert, A., Veillard, X., & Warrell, A.). (2023, October 4). How traders can capture value in sustainable fuels. Retrieved September 26, 2025, from <https://www.mckinsey.com/industries/electric-power-and-natural-gas/our-insights/how-traders-can-capture-value-in-sustainable-fuels>

Methanol Institute (Hamelinck, C., & Bunse, M.). (2022, January 31). Carbon Footprint of Methanol. Retrieved September 26, 2025, from https://www.methanol.org/wp-content/uploads/2022/01/CARBON-FOOTPRINT-OF-METHANOL-PAPER_1-31-22.pdf

Methanol Institute. (2024, September). Economic value of methanol for shipping under FuelEU Maritime and EU ETS. Retrieved September 26, 2025, from https://www.methanol.org/wp-content/uploads/2024/09/ECONOMIC-VALUE-OF-METHANOL-FOR-SHIPPING-PAPER_final.pdf

Nava, L., et al. (2025). Review of steam methane reforming as a method ... ScienceDirect (Elsevier). Retrieved September 26, 2025, from <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360544225001823>

Statistics Denmark. (2024). Energy prices. Retrieved September 26, 2025, from <https://www.dst.dk/en/Statistik/emner/miljoe-og-energi/energiforbrug-og-energipriser/energipriser>

Szabłowski, L. (2025). A novel electrified methane steam reformer for intensified H₂ production. *ScienceDirect (Elsevier)*. Retrieved September 26, 2025, from <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1385894725095956>

Wismann, S. T., et al. (2019). Integrated electrical heating in SMR (IECR manuscript). DTU Orbit. Retrieved September 26, 2025, from https://backend.orbit.dtu.dk/ws/portalfiles/portal/200646861/Manuscript_ie_2019_04182e_revised_pdf.pdf

World Resources Institute (Byrum, Z.). (2025, May 15). Chemical companies need transparent emissions accounting. Retrieved September 26, 2025, from <https://www.wri.org/technical-perspectives/chemical-accounting-emissions-transparency>

Zhang, R., et al. (2020). Catalytic Hydrogen Production from Methane: A Review on Recent Progress and Prospect. *Catalysts*, 10(8), 858. Retrieved September 26, 2025, from <https://www.mdpi.com/2073-4344/10/8/858>

Zuloeta-Bonilla, M., & Bhandari, R. (2022). Small-Scale Hybrid Methanol–Methane Production Based on Biogas and PV. *Energies*, 15(24), 9329. Retrieved September 26, 2025, from <https://www.mdpi.com/1996-1073/15/24/9329>

Weitere Hintergrundinformationen

A reactor with an electrically heated structured ceramic catalyst, Patent EP3895795B1, Published 2024

Electric reactor for steam cracking, Patent WO2022074212A1, Published 2022

Cascade reactor system and method for carrying out an endothermic reaction, Patent WO2025119981A1, Published 2025

Electrically heated reactor system for endothermic reactions, Patent WO2025119973A1, Published 2025

CO₂ capture and utilization (CCU) by integrating water electrolysis, electrified reverse water gas shift (E-RWGS) and methanol synthesis, L.E. Basini a,*; F. Furesi a, M. Baumgärtl b, N. Mondelli a, G. Pauletto b, Journal of Cleaner Production, 2024

Towards sustainable hydrogen production: Integrating electrified and convective steam reformer with carbon capture and storage, Diego Maporti a,c, Simone Guffanti c,d, Federico Galli b, Paolo Mocellin a,e,*; Gianluca Pauletto c,d,*; Chemical Engineering Journal, 2024

Electrified methane reforming decarbonises methanol synthesis, Anna Mion a, Federico Galli b,*; Paolo Mocellin a, Simone Guffanti c, Gianluca Pauletto c,*; Journal of CO₂ Utilization, 2022

Process Industry Undergoing Electrification: New Challenges in Functional Safety, Angela Lottia,b, Diego Maportia, Martin Baumgaertlb,c, Paolo Mocellina,d,*; Gianluca Pauletto,*; Chemical Engineering Transactions, 2025

Techno-economic Analysis of Electrified Biogas Reforming, Diego Maporti a, Riccardo Nardi a, Simone Guffanti b, Chiara Vianello a,c, Paolo Mocellin a,*; Gianluca Pauletto b, Chemical Engineering Transactions, 2022

Flexible ethylene production: Electrified ethane cracking coupled with oxidative dehydrogenation, Diego Maporti a,c, Federico Galli b, Paolo Mocellin a,*; Gianluca Pauletto c,d,*; Energy Conversion and Management, 2023

e-REFORMER for sustainable hydrogen pro

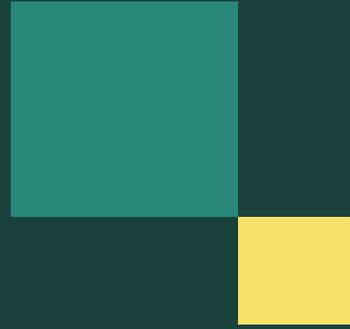
Wismann et al., Electrified methane reforming: A compact approach to greener industrial hydrogen production. Science, 2019

Zheng et al., Electrified CO₂ valorization driven by direct Joule heating of catalytic cellular substrates, Chem. Eng. Journal, 2023

Pauletto et al., FeCrAlas a catalyst support. Chemical Reviews, 2020

Presentation, EReTech, Dr. Gianluca Pauletto, SYPOX, The Electric Decade, 17.01.2024

Presentation, Electrified Steam Reforming of Biogas, 13 July 2022, Sofia, Bayerngas



Delivering the Power of Tomorrow, Today!



European Energy

Gyngemose Parkvej 50

2860 Søborg, Denmark

Tlf: +45 88 70 82 16

E-mail: info@europeanenergy.dk

www.europeanenergy.com

Reg. no. 18 35 13 31