

Sachbericht zum Verwendungsnachweis

AblaPyro – Anlagenplanung für den Bau und Betrieb einer Pyrolyse- und Dampfreformationsanlage zur Herstellung von Wasserstoff aus Biomasse.

Zuwendungsempfänger:

Hochschule Trier, Umwelt-Campus Birkenfeld
Institut für angewandtes Stoffstrommanagement (IfaS)

Förderkennzeichen: 13BDB2033

Laufzeit des Vorhabens: 01.01.22-31.12.24

Berichtszeitraum: 01.01.22-31.12.24

Inhaltsverzeichnis

INHALTSVERZEICHNIS	I
1 TEIL I – KURZBERICHT	1
1.1 URSPRÜNGLICHE AUFGABENSTELLUNG, WISSENSCHAFTLICH UND TECHNISCHER STAND	1
1.2 ABLAUF DES VORHABENS	2
1.3 WESENTLICHE ERGEBNISSE SOWIE ZUSAMMENARBEIT MIT ANDEREN FORSCHUNGSEINRICHTUNGEN	2
2 TEIL II – DURCHGEFÜHRTE ARBEITEN	4
2.1 DURCHGEFÜHRTE ARBEITEN IM RAHMEN DES VORHABENS	4
2.2 VERWENDUNG DER ZUWENDUNG	5
2.2.1 <i>Positionen des zahlenmäßigen Nachweises</i>	5
2.2.2 <i>Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Projektarbeiten</i>	5
2.2.3 <i>Voraussichtlicher Nutzen, insbesondere die Verwertbarkeit des Ergebnisses</i>	6
2.2.4 <i>Fortschritt auf dem Gebiet des Vorhabens bei anderen Stellen</i>	6
2.2.5 <i>Erfolgte oder geplante Veröffentlichungen des Ergebnisses</i>	6

1 Teil I – Kurzbericht

1.1 Ursprüngliche Aufgabenstellung, wissenschaftlich und technischer Stand

Die Technologie der BioEnergy Concept GmbH zur Wasserstofferzeugung durch Biomassevergasung stellt einen nachhaltigen Ansatz für saubere Energielösungen dar. Die BioEnergy Concept GmbH setzt eine modulare 8-MW-Biomassevergasungsanlage ein, die sich durch einen effizienten und kontinuierlichen Reaktor zur Erzeugung von Wasserstoffgas von 0,2 t/h auszeichnet. Die Technologie ermöglicht die Umwandlung von Biomasse, die hauptsächlich aus 85 % Pinus Sylvestris (Kiefer) und 15 % Pica Abies (Fichte) besteht, in Wasserstoff. Der Prozess umfasst strenge Schritte wie Vergasung, Gasreinigung, Verdichtung und Transport, wodurch eine schlanke und nachhaltige Produktionskette gewährleistet wird.

Das Hauptziel dieser Studie ist eine umfassende Bewertung der Umweltleistung der untersuchten Technologie, mit besonderem Schwerpunkt auf den Treibhausgasemissionen und Wertschöpfungsaspekten durchzuführen. Um dieses Ziel zu erreichen, wurde eine Materialflussanalyse (MFA) durchgeführt, um den Status quo zu bestimmen (basierend auf der qualitativen und quantitativen Bewertung der Material- und Energieströme), der den gesamten Lebenszyklus des Wasserstoffproduktionsprozesses umfasst, von der anfänglichen Biomassernte bis zur Kraftstoffabgabe an der Tankstelle (cradle-to-tank). Die avisierten Arbeitsinhalte umfassten:

Tabelle 1: Zeit- und Arbeitsplan

		Primäre Zeitplanung								Projektverlängerung aktuelle Zeitplanung			
AP	Jahr	2022				2023				2024			
	AP Titel / Quartal	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV
AP1	Standortwahl	■	■										
AP2	Stoffstromanalyse		■	■	■					■			
AP3	Wertschöpfungsbetrachtung				■	■	■	■		■	■	■	
AP4	Nachhaltigkeitsanalyse					■	■	■		■			
	Berichtswesen								■				■

1.2 Ablauf des Vorhabens

- **Material Flow Analysis (MFA):**
 - Conducting MFA to assess **energy, mass, and carbon balance** within the operational framework.
- **Scope-wise Emission Evaluation:**
 - Scope 1: Assessing direct emissions from owned or controlled sources.
 - Scope 2: Evaluating indirect emissions from purchased electricity.
 - Scope 3: Analyzing indirect value chain emissions, including transportation and harvesting.
- **Product Carbon Footprint Assessment:**
 - Quantifying the total greenhouse gas emissions associated with the entire product lifecycle as per ISO 14067 (**Cradle-to-gate**).
 - Utilizing life cycle assessment methodologies for a comprehensive evaluation.
- **Benchmarking with Similar Technologies:**
 - Comparative analysis with technologies exhibiting similar operational characteristics.
- **Regional Added Value Assessment:**
 - Evaluation of Business Plan. CAPEX and OPEX breakdown.
 - Evaluation of Standardized Balance Sheet, Profit and Loss Account and Cash Flow Statement to derive RAV

1.3 Wesentliche Ergebnisse sowie Zusammenarbeit mit anderen Forschungseinrichtungen

Die Stoffstromanalyse zeigt minimale Materialverluste innerhalb des Systems, wodurch eine H₂-Umwandlungsrate von 6 % aus der zugeführten Biomasse im Reaktor erreicht wird. In Bezug auf den Energiefluss weist das System einen Gesamtwirkungsgrad von 55,9 % auf und erreicht eine Energieeinsatzintensität von 59,59 kWh/kg H₂ - und übertrifft damit ähnliche Technologien auf Biomassebasis.

Eine detaillierte Analyse des PCF zeigt, dass diese Technologie einen PCF von 4,16 - 4,96 kg CO₂eq./kg H₂ für die gesamte Lebensdauer aufweist, was sie günstiger macht als die traditionellen Verfahren für grauen Wasserstoff und Biomass-to-Liquid. Um mit der Produktion von blauem und grünem Wasserstoff konkurrieren zu können, sind jedoch weitere Verbesserungen erforderlich. Wenn der Netzstrom vollständig grün wird, wird diese Technologie, die sich stark auf Scope-2-Emissionen stützt, die derzeitige Elektrolyseurtechnologie mit einem PCF von 0,33-0,4 kg CO₂eq./kg H₂ übertreffen, insbesondere wenn PEFC- oder FSC-zertifizierte Biomasse verwendet wird. Die Wasserintensität der Technologie, die bei etwa 7,02 l/kg H₂.

Trotz der aufgezeigten Verbesserungsmöglichkeiten ist die BioEnergy Concept GmbH strategisch so aufgestellt, dass sie einen Beitrag zur nachhaltigen Wasserstoffproduktion leisten kann. Die modulare Bauweise, die Verwendung von zertifizierter Biomasse und das Bekenntnis zu erneuerbaren Energien (EE) zeigen die Ausrichtung des Unternehmens an globalen Umweltzielen. Zukünftige Fortschritte könnten sich auf die weitere Reduzierung der Kohlenstoffemissionen, die Optimierung der Energieeffizienz und die Erforschung innovativer Methoden zur Verbesserung der gesamten Umweltverträglichkeit des Wasserstoffproduktionsprozesses konzentrieren.

Die regionale Wertschöpfungs-Bewertung zeigt erhebliche wirtschaftliche Vorteile, wobei der gesamte RAV über einen Betriebszeitraum von 20 Jahren auf 487 Mio. € geschätzt wird, was 825 % der ursprünglichen Investition von 59 Mio. € entspricht. Der Logistiksektor leistet mit 307 Mio. € (63 %) den

größten Beitrag durch den Betrieb von wasserstoffbetriebenen Lkw in einem Umkreis von 150 km. Der Anlagenbetreiber steuert 38,5 Mio. € bei, während die Biomassebeschaffung, das Handwerk und die Energieversorger 31,5 Mio. €, 29,5 Mio. € bzw. 16,9 Mio. € beisteuern. Die nachgelagerte Infrastruktur, wie z. B. Tankstellen, trägt mit weiteren 31,2 Mio. € (6,5 %) zur Wertschöpfung bei. Die finanziellen Vorteile verteilen sich auf die wichtigsten Interessengruppen, darunter Kommunen, Arbeitnehmer, Kreditinstitute und Versicherer, was die weitreichenden regionalen wirtschaftlichen Auswirkungen des Projekts unterstreicht.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die auf Biomasse basierende Wasserstoffproduktionsanlage ein starkes Argument für die regionale Wirtschaftsentwicklung und die nachhaltige Energiewende darstellt. Auch wenn die Bewältigung der Energieintensität weiterhin eine Priorität darstellt, hat das Projekt aufgrund seiner beträchtlichen regionalen Wertschöpfung, der Schaffung von Arbeitsplätzen und der Ausrichtung auf Klimaziele Modellcharakter für künftige Investitionen in die Infrastruktur für erneuerbare Energien.

2 Teil II – Durchgeführte Arbeiten

2.1 Durchgeführte Arbeiten im Rahmen des Vorhabens

Die detaillierte Analyse des Materialflusses und des PCF für die aus Biomasse abgeleitete Wasserstoffproduktionstechnologie liefert wertvolle Einblicke in ihre Umweltauswirkungen. Mit einem Wirkungsgrad von etwa 6 % bei der Umwandlung der gesamten Biomasse in H₂ zeigt die Technologie das Potenzial, Biomasse effektiv in H₂ umzuwandeln. Ein bemerkenswerter Aspekt ist die Wasserintensität für die Produktion von 1 kg H₂, die mit ca. 10 l unter den Standards der bestehenden Elektrolyseurtechnologie liegt. Dies deutet auf einen Wettbewerbsvorteil bei der Wassernutzung hin, was einen günstigen Aspekt der Technologie darstellt.

Bei der Betrachtung der Gesamtenergieintensität, die sowohl den elektrischen als auch den thermischen Bedarf umfasst, ergeben sich jedoch erhebliche Bedenken. Der ermittelte Wert von 59,59 kWh/kg H₂ gibt Anlass zur Sorge, insbesondere im Vergleich zum derzeitigen Marktstandard von etwa 49 kWh/kg H₂ für die herkömmliche Elektrolyseurtechnologie. Diese erhöhte Energieintensität stellt eine Herausforderung in Bezug auf Nachhaltigkeit und Kosteneffizienz dar und erfordert eine kritische Bewertung der Positionierung der Technologie auf dem Markt für Wasserstofferzeugung. Dennoch stellt diese Technologie aufgrund ihrer höheren Energieeffizienz und ihres erheblichen Potenzials zur Verringerung der Treibhausgasemissionen eine bessere Alternative zur BTL-Technologie dar.

Der nivellierte PCF liegt bei 4,16 - 4,96 kg CO₂eq./kg H₂, wenn man alle Scope-Emissionen für 20 Betriebsjahre berücksichtigt. Im Vergleich zu konventionellen Verfahren wie der Erzeugung von grauem Wasserstoff durch Dampfreformierung von Erdgas und Kohlevergasung weist diese Technologie eine umweltfreundlichere Leistung auf. Im Vergleich zu grüneren Alternativen wie blauem Wasserstoff (Dampfreformierung mit Kohlenstoffabscheidung) und grünem Wasserstoff (Elektrolyse mit erneuerbaren Energien) fällt sie jedoch zurück. Wenn das Stromnetz vollständig grün wird, wird diese Technologie, die sich stark auf Scope-2-Emissionen stützt, die derzeitige Elektrolyseurtechnologie übertreffen, insbesondere wenn PEFC- oder FSC-zertifizierte Biomasse verwendet wird.

Durch das Verständnis der Umweltauswirkungen in der Produktionsphase kann die BioEnergy Concept GmbH Verbesserungsmöglichkeiten identifizieren und Strategien zur Minimierung der Kohlenstoffemissionen dieser Technologie umsetzen. Die Lösung dieser Probleme wird entscheidend sein, um den Erfolg und die Wettbewerbsfähigkeit der Technologie im dynamischen und sich entwickelnden Bereich der Wasserstoffproduktion zu sichern. Darüber hinaus kann ein geringerer PCF zu Kosteneinsparungen beitragen, indem die Ressourcennutzung optimiert und die Betriebseffizienz insgesamt verbessert wird. Letztendlich spiegelt ein niedriger PCF das Engagement der BioEnergy Concept GmbH für nachhaltige Praktiken, die Einhaltung gesetzlicher Standards und die Reaktion auf die wachsende Nachfrage der Verbraucher nach umweltfreundlichen Produkten wider.

Schließlich zeigt die Analyse auf der Grundlage der Bewertung der regionalen Wertschöpfung ein beträchtliches Potenzial für die regionale Wertschöpfung von 487 Mio. EUR über einen Betriebszeitraum von 20 Jahren, was 825 % der ursprünglichen Investition von 59 Mio. EUR in die Anlage entspricht. Dieser hohe Multiplikatoreffekt verdeutlicht den erheblichen wirtschaftlichen Nutzen lokalisierter Investitionen in die Produktion erneuerbarer Brennstoffe. Der Logistiksektor trägt mit rund 307 Mio. € (63 %) den

größten Anteil zum RAV bei, was auf den Betrieb wasserstoffbetriebener Lkw zurückzuführen ist. Darüber hinaus trägt der Anlagenbetreiber 38,5 Mio. € bei, während die Beschaffung von Biomasse, handwerkliche Dienstleistungen und Energielieferanten RAV-Beiträge von 31,5 Mio. €, 29,5 Mio. € bzw. 16,9 Mio. € leisten. Eine weitere Analyse zeigt, dass die nachgelagerte Infrastruktur, wie z. B. Tankstellen, mit 31,2 Mio. € (6,5 %) zum gesamten RAV beiträgt, was das wirtschaftliche Potenzial der Wasserstoffverteilung verdeutlicht.

Die Wertschöpfung verteilt sich auf die wichtigsten Wirtschaftsakteure, darunter Kreditinstitute, Versicherungsanbieter, Arbeitnehmer und lokale Gemeinden, was den umfassenden wirtschaftlichen Nutzen des Projekts verdeutlicht. Die erfolgreiche Umsetzung der Fazilität sorgt dafür, dass möglichst viele finanzielle Ressourcen in der Region verbleiben, was die wirtschaftliche Widerstandsfähigkeit erhöht, die Beschäftigung fördert und die Nachhaltigkeitsziele unterstützt. Insgesamt dient das Projekt als Modell für die regionale Wirtschaftsentwicklung durch Investitionen in die Infrastruktur für erneuerbare Energien.

Die Projektziele wurden vollumfänglich erreicht. Details zu den durchgeführten Arbeiten können dem Fachbericht entnommen werden.

2.2 Verwendung der Zuwendung

2.2.1 Positionen des zahlenmäßigen Nachweises

Tabelle 2: Zahlenmäßiger Nachweis

Position Gesamtfinanzierungsplan	Entstandene Ausgaben gesamt 01.01.2022 bis 31.12.2024	Gesamt- finanzierungsplan	%-Abweichung
0812: Beschäftigte E12-15	19.553,75 €	20.000,00 €	-2%
0817: Beschäftigte E1-11	43.186,62 €	40.601,68 €	6%
0822: Sonst. Beschäftigungsentgelte	- €	- €	
0835: Vergabe von Aufträgen	- €	- €	
0843: Sonst. Allg. Verwaltungsausgaben	- €	- €	
0846: Dienstreisen	834,80 €	1.867,32 €	-55%
0850: Gegenstände > 800/410/400 €	- €	- €	
Entstandene Ausgaben insgesamt	63.575,17 €	62.469,00 €	1,77%
Anteil Eigenmittel lt. Finanzierungsplan	6.247,00 €		
Mittel Dritter und Einnahmen	- €		
Verbleibender Anteil des Bundes	57.328,17 €		
Zahlung auf Anteil des Bundes	56.222,00 €		
Kassenbestand zum 31.12.2024	- 1.106,17 €		

Gegenüber dem Gesamtfinanzierungsplan sind höhere Gesamtausgaben von rund 1,77% entstanden. Dies führt zu einem negativen Kassenbestand zum 31.12.2024 i. H. v. -1.106,17 EUR.

2.2.2 Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Projektarbeiten

Das Institut für angewandtes Stoffstrommanagement (IfaS) ist ein Drittmittelinstitut der Hochschule Trier mit Sitz am Umwelt-Campus Birkenfeld. Der Ansatz von Personal-, Sach- und Reisemitteln ist sachlich und fachlich begründet, da dem Antragsteller keine Grundfinanzierung zur Deckung des projektbezogenen Aufwands zur Verfügung steht. Am IfaS sind die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter ausschließlich

projektbezogen über befristete Arbeitsverträge angestellt; ein festes Stammpersonal existiert nicht. Entsprechend ist die Finanzierung von Projektaktivitäten über Drittmittel zwingend erforderlich.

Für das vorliegende Vorhaben wurde eine Förderung in Höhe von 90 % durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWE) bewilligt. Die verbleibenden 10 % der Kosten wurden durch Eigenmittel der Hochschule Trier bzw. des IfaS gedeckt. Weitere Drittmittel oder projektbezogene Einnahmen standen nicht zur Verfügung.

Ohne die Zuwendung des BMWE wäre die wirtschaftliche Durchführung des Projekts nicht möglich gewesen. Auch aus wissenschaftlich-technischer Sicht wäre das Vorhaben ohne diese Förderung nicht realisierbar gewesen. Die für die Projektumsetzung notwendige Grundausstattung und Infrastruktur stellte die Hochschule zur Verfügung; diese konnten daher nicht durch die Fördermittel finanziert werden.

Die bewilligten Mittel wurden – entsprechend der Leistungsbeschreibung und der tatsächlichen Leistungen – zweckgebunden und angemessen eingesetzt.

2.2.3 Voraussichtlicher Nutzen, insbesondere die Verwertbarkeit des Ergebnisses

Der Verwertungsplan bleibt gegenüber der Antragstellung unverändert.

2.2.4 Fortschritt auf dem Gebiet des Vorhabens bei anderen Stellen

Es ist nicht bekannt, dass ähnliche Wissenschaft-Praxis orientierte Energie- und Ressourceneffizienzchecks zwischen Hochschulen und der Wirtschaft angeboten oder durchgeführt werden.

2.2.5 Erfolgte oder geplante Veröffentlichungen des Ergebnisses

Die Ergebnisse wurden im Rahmen der internationalen Kreislaufwirtschaftswoche RLP einem breiten Publikum vorgestellt. Weitere Veröffentlichungen sind weder erfolgt noch geplant. Die Erkenntnisse aus der Studie können in Berichtsform und unter Zustimmung der einzelnen Unternehmen auf Anfrage zugänglich gemacht werden.