

# Erzeugung von Wasserstoff für Raffinerien über Biomassevergasung

Durchführbarkeitsstudie

Endbericht

*Autorinnen und Autoren*

**Josef Lichtscheidl**

OMV Refining und Marketing GmbH

**Reinhard Rauch  
Stefan Müller**

TU Wien, Institut für Verfahrenstechnik,  
Umwelttechnik und Technische  
Biowissenschaften

**Christian Aichernig**

REPOTEC - Renewable Power Technologies  
Umwelttechnik GmbH

**Manfred Wörgetter  
Rita Ehrig**

Bioenergy 2020+ GmbH

*Projektleitung:*

**Josef Lichtscheidl**

OMV Refining und Marketing GmbH

**Dezember 2011**

# NEUE ENERGIEN 2020

## Endbericht

### Programmsteuerung:

Klima- und Energiefonds

### Programmabwicklung:

Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft mbH (FFG)

### Projektdaten

<b>Kurztitel</b>	BioH2-4Refineries	
<b>Langtitel</b>	Erzeugung von Wasserstoff für Raffinerien über Biomassevergasung	
<b>Projektnummer</b>	829907	
<b>Programm/Programmlinie</b>	Neue Energien 2020 4. Ausschreibung	
<b>ProjektnehmerIn</b>	OMV Refining & Marketing GmbH Dr. Josef Lichtscheidl	
<b>ProjektpartnerInnen</b>	Technische Universität Wien, Institut für Verfahrenstechnik, Umwelttechnik und technische Biowissenschaften REPOTEC - Renewable Power Technologies Umwelttechnik GmbH Bioenergy 2020+ GmbH	
<b>Projektstart u. - Dauer</b>	Projektstart: 1.10.2010	Dauer: 12 Monate
<b>Berichtszeitraum</b>	von 1.10.2010 bis 30.9.2011	

Synopsis: Fünf- bis zehnzeilige Kurzfassung (Synopsis) in dt. Sprache

Ziel des Projektes war die Erarbeitung der technischen Grundlagen, um Wasserstoff (H<sub>2</sub>) aus Biomasse für eine Nutzung in Raffinerien herzustellen und damit H<sub>2</sub> aus fossilen Quellen zu ersetzen. Im Projektzeitraum wurden die Rohstoffversorgung gesichert und die technischen Grundlagen für die Umsetzung weitgehend geschaffen. Weiters konnten die Wirtschaftlichkeit verbessert und die Grundlagen für einen sicheren Betrieb geschaffen werden. Die Integrierbarkeit in eine Raffinerie wurde gesichert.

## Inhaltsverzeichnis

1	Zusammenfassung .....	4
2	Ergebnisse der Durchführbarkeitsstudie .....	5
2.1	Ausgangssituation und Motivation für das Projekt .....	5
2.2	Projektergebnisse .....	6
2.2.1	Biomasseversorgung: .....	6
2.2.2	Anlagendesign .....	8
	Prozessvariante 1: Wasserstoff – CO <sub>2</sub> – RohSNG .....	8
	Prozessvariante 2: Wasserstoff – RohSNG .....	8
	Prozessvariante 3: Wasserstoff – Strom .....	9
	Prozessvariante 4: maximale Wasserstoffproduktion .....	9
2.2.3	Wirtschaftlichkeit: .....	10
3	Schlussfolgerungen zu den Projektergebnissen .....	13
4	Verwertung .....	14

## Zusammenfassung

Durch die tiefe Entschwefelung der Raffinerieprodukte und die aus wirtschaftlichen Gründen immer tiefere Konversion schwerer Rohölkomponenten müssen nahezu alle Raffinerien in der EU neben dem Wasserstoff (H<sub>2</sub>), der als Nebenprodukt der Benzinreformierung anfällt, auch H<sub>2</sub> aus Erdgas produzieren, wodurch zusätzliche CO<sub>2</sub>-Emissionen entstehen.

Die Herstellung von Wasserstoff aus Biomasse für Raffinerien wäre ein vergleichsweise einfacher Prozess und würde erneuerbare Energien im fossilen Energiesystem nutzbar machen. Da damit Emissionen von CO<sub>2</sub> aus der Wasserstoffproduktion in Raffinerien vermieden werden, ist erneuerbarer Wasserstoff eine interessante Option für Raffinerien.

In enger Abstimmung mit den österreichischen Ministerien BMVIT und BMLFUW ist vorgesehen, eine Demo-Anlage zur Produktion von 10.000 Nm<sup>3</sup>/h Wasserstoff durch Vergasung von Biomasse mit Förderung aus dem NER 300 Programm der EU zu errichten.

Das Ziel dieser technischen Durchführbarkeitsstudie war es, alle Grundlagen für eine Demonstrationsanlage zu erarbeiten. Daher beinhaltet das Projekt folgende Arbeitsschritte:

- Evaluierung der Verfügbarkeit und Kosten von verschiedenen Biomassesortimenten für einen Raffineriestandort
- Grundlagen für ein Basic-Engineering der Gesamtanlage inkl. Einbindung in die Raffinerie
- Ausarbeitung von Optionen zur Nutzung von Nebenprodukten
- Ermittlung der Projektkosten und Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

Als Ergebnis der Durchführbarkeitsstudie erscheint die Umsetzung einer Demonstrationsanlage am Standort Lobau machbar.

Am Standort im Raum Wien ist die Versorgung einer Demonstrationsanlage mit Biomasse sichergestellt.

Die Grundlagen für ein Basic Engineering der Demonstrationsanlage wurden soweit geschaffen, dass die Kosten mit ausreichender Genauigkeit für eine Einreichung zur Förderung durch das EU-Programm NER 300 ermittelt werden konnten. Im Zuge der Arbeiten wurde entschieden, keinen Ökostrom und kein synthetisches Erdgas als mögliche Nebenprodukte zu erzeugen, sondern die Produktion von Wasserstoff aus Biomasse zu maximieren und das Nebenprodukt CO<sub>2</sub> für eine weitere Verwendung aufzubereiten. Unter der Bedingung einer Förderung aus dem Programm NER 300 der EU erscheint die Umsetzung einer ersten Demonstrationsanlage im Raum Wien wirtschaftlich.

Mit der Produktion von Wasserstoff aus Biomasse wird ein neues Anwendungsfeld für die Biomassevergasung nach dem Güssinger Verfahren geöffnet.

# 1 Ergebnisse der Durchführbarkeitsstudie

## 1.1 Ausgangssituation und Motivation für das Projekt

Die Europäische Union (EU) hat es sich zum Ziel gesetzt, bis zum Jahr 2020 die Treibhausgas-Emissionen um 20% zu senken und den Anteil Erneuerbarer Energien auf 20% zu steigern. Zur Umsetzung dieser Ziele hat die EU den SET-Plan (European Strategic Energy Technology Plan) sowie das Programm NER 300 (finanziert aus dem Erlös von 300 Mio. Neuen Emissions-Rechten) gestartet.

Gemäß dem europäischen SET-Plan sowie dem Finanzierungsinstrument NER 300 ist Bioenergie eine tragende Säule der zukünftigen Energieversorgung. Für die Nutzung von Biomasse steht eine Reihe von Technologien zur Verfügung, deren Wirksamkeit vor 2020 demonstriert werden soll. Die „European Industrial Bioenergy Initiative“ EIBI als Teil des SET-Plans konzentriert sich auf Bioenergie-Wertschöpfungsketten mit großem Marktvolumen. Bioenergie soll 2020 mit 14 % zur Gesamtenergieversorgung Europas beitragen.

In enger Abstimmung mit dem Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie (BMVIT) sowie dem Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (BMLFUW) ist vorgesehen, die Gewinnung von Biowasserstoff aus Holz und anderen Biomassen für den Einsatz in Raffinerien als österreichisches Projekt umzusetzen.

Die tiefe Entschwefelung der Raffinerieprodukte und die aus wirtschaftlichen Gründen immer tiefere Konversion schwerer Rohölkomponenten führten in den letzten Jahren dazu, dass heute nahezu alle Raffinerien in der EU auf Wasserstoff (H<sub>2</sub>) aus fossilen Rohstoffen (meist Erdgas) angewiesen sind, was zusätzliche CO<sub>2</sub> Emissionen verursacht. Der durch Reformieren von Benzin als Nebenprodukt anfallende Wasserstoff reicht längst nicht mehr aus, den Bedarf zu decken, auch weil der Benzinabsatz rückläufig ist und daher diese Anlagen immer weniger ausgelastet sind. Daher ist erneuerbarer Wasserstoff eine interessante Option für Raffinerien, um den fossilen CO<sub>2</sub> Ausstoß zu verringern.

Von den bisher verfolgten Wegen, H<sub>2</sub> aus erneuerbaren Quellen herzustellen, wie

- thermochemische Umwandlung von Biomasse (Vergasung),
- Elektrolyse von Wasser (mit Wind- und / oder Solarstrom)
- direkte Umsetzung von Wasser über Hochtemperaturverfahren und
- Umsetzung von Biomasse mit überkritischem Wasser

ist nur die thermochemische Umwandlung (Vergasung) technologisch bereits so weit fortgeschritten, dass eine (große) Demonstrationsanlage realisiert werden kann. Ein weiterer Vorteil ist der vergleichsweise hohe energetische Wirkungsgrad dieser Technologie von bis zu

75% (excl. Eigenbedarf)<sup>1</sup>, sodass bei guten Rahmenbedingungen, d.h. Verfügbarkeit von hinreichend Biomasse, auch die Wirtschaftlichkeit des Verfahrens gegeben sein sollte.

Die Konversion des Synthesegases zu Fischer-Tropsch (FT)-Produkten, Methanol oder via Methanol zu Ottokraftstoff und Dieselmotorkraftstoff erhöht einerseits die Investitionssumme, andererseits wird bei dieser Konversion sehr viel Wärme frei, die meist nur als Niedertemperaturwärme genutzt werden kann, sodass der energetische Wirkungsgrad erheblich abnimmt. Derartige Projekte sind daher unter den dzt. Bedingungen nicht wirtschaftlich.

Für die Biomasse-Vergasung gibt es eine Reihe von Pilotanlagen zur dezentralen Strom- und Wärmeversorgung und zur Weiterentwicklung der Technologie. Österreichische Beispiele sind

<i>Güssing</i>	<i>8,0 MWth 2001</i>
<i>Oberwart</i>	<i>8,7 MWth 2009</i>

Diese Anlagen haben den Weg für weitere Anwendungen in größeren Anlagen aufbereitet. Verfügbarkeiten von > 95 %, wie sie in Raffinerieanlagen typisch sind, können sie derzeit jedoch noch nicht aufweisen.

Ein weiterer offener Punkt betrifft die H<sub>2</sub>- Reinheit. Synthesen (wie insbesondere Fischer-Tropsch) benötigen ganz spezielle Reinigungsschritte, um z.B. den Schwefel im Synthesegas bis auf ppb-Niveau zu entfernen. Derartige Anlagen sind sehr aufwändig und kosten bis zu 20% der Gesamtinvestitionssumme. Hydrieranlagen in Raffinerien sind bzgl. der notwendigen H<sub>2</sub>- Reinheit wesentlich toleranter; je nach dem verwendeten Katalysatortyp kann das Gas mehr oder weniger Verunreinigungen aufweisen. Andererseits sind die H<sub>2</sub>- Netze in einer Raffinerie komplex, der H<sub>2</sub> wird meist druckmäßig kaskadiert genutzt und auch zwischen den einzelnen Anlagen wieder gereinigt, um ihn möglichst optimal zu nutzen. Bisher war weder ein guter Einspeisepunkt in einer Raffinerie noch die wirtschaftlich optimale Reinheit untersucht worden.

Strom, Wärme und Kraftstoffe stehen im Wettbewerb um den Rohstoff Biomasse. Um die ehrgeizigen europäischen Ziele sowie eine hohe nationale Wertschöpfung – plus 8 PJ biogene Kraftstoffe, plus 51 % Bioenergie gemäß dem nationalen Aktionsplan der österreichischen Bundesregierung zum Ausbau der Erneuerbaren Energien (NAP) – zu erreichen, die Treibhausgasemission zu mindern, die Versorgung des Transportsektors mit Kraftstoffen zu sichern und die Forderung des NAP zur Steigerung der Effizienz zu erfüllen, ist vermehrt Biomasse bereit zu stellen. Effiziente und effektive Wertschöpfungsketten waren daher zu entwickeln.

## 1.2 Projektergebnisse

### 1.2.1 Biomasseversorgung:

Ziel war die nachhaltige Versorgung einer Demonstrationsanlage mit einer Wärmeleistung von 50 MW am Standort Wien mit 100.000 tTS Rohstoffen.

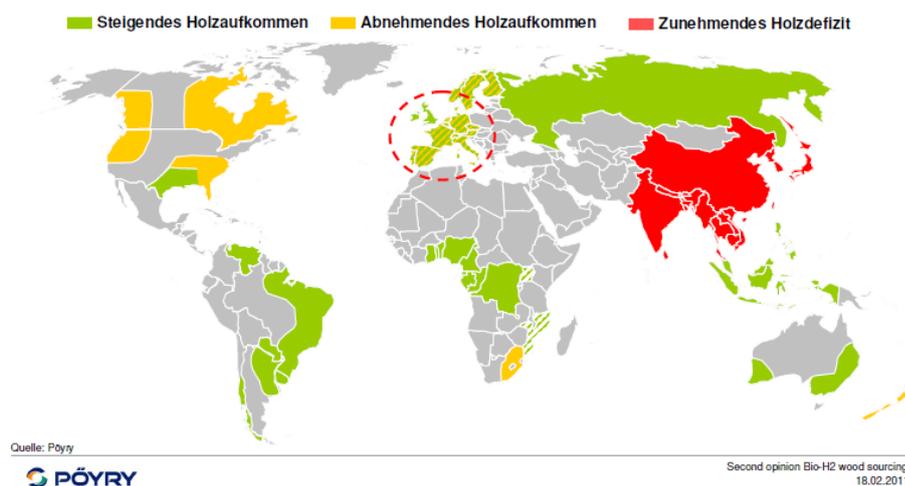
<sup>1</sup> M. Kleinhappl, u.a., Chancen der Wasserstoffherzeugung aus Biomasse, Vortrag bei der DGMK Tagung „Konversion von Biomasse“, 10.-12. Mai 2010 Gelsenkirchen (Veelen IX)  
Erzeugung von Wasserstoff für Raffinerien über Biomassevergasung

Die Verfügbarkeit und die Kosten von verschiedenen Biomassesortimenten für einen konkreten Standort im Raum Wien wurden untersucht. Der Projektpartner Bioenergy 2020+ GmbH führte eine detaillierte Studie über den Biomassemarkt in Mitteleuropa durch, die grundsätzlich das Vorhandensein ausreichender Biomasse mengen bestätigte. Für die Versorgung einer großen Bioenergieanlage mit einem Rohstoffbedarf von bis zu 100.000 t-atro muss allerdings ein größerer Einzugsbereich, etwa der zentraleuropäische Holzmarkt betrachtet werden. Bei dem Bezug von Biomasse aus dem Ausland ist eine Zusammenarbeit mit dort agierenden großen Forstbesitzern und Rohstoffversorgern zu empfehlen. Auch ein mit der Holz- oder Papierindustrie gemeinsamer Aus- oder Aufbau von internationalen Versorgungspfaden bietet einen guten Ansatz zur Lukrierung größerer Holz mengen. Hierbei kommt mittel- bis langfristig dem Holz aus **Kurzumtriebsflächen** eine große Bedeutung zu. Dieser Weg wird mit leistungsfähigen Energieholzplantagen in Übersee schon seit längerer Zeit beschritten.



### Globale Holzverfügbarkeit

Regionen mit deutlicher Steigerung des Aufkommens sind v.a. Russland, der Süden der USA, Südamerika und Afrika. Kurzfristig auch Kanada (Käferholz).



Eine weitere Arbeit von Pöyry Management Consulting (Deutschland) GmbH bestätigte grundsätzlich die Resultate von Bioenergy 2020+ GmbH und stellte sie in den globalen Zusammenhang, konkretisierte die Möglichkeiten der Rohstoffversorgung aus Rundholz sowie aus Kurzumtrieb und quantifizierte die zu erwartenden Rohstoffkosten.

Ein Workshop am 26.11.2010 brachte die wesentlichen Teilnehmer am Biomassemarkt (Bundesforste, Großforst, Kleinwald, Holzindustrie, Papierindustrie, Interessenvertretungen, internationale Konsulenten) sowie die Projektpartner zusammen. In der Folge wurde ein Letter of Intent mit einem Unternehmen der Holz- und Papierindustrie unterzeichnet, der die vollständige Versorgung der Demonstrationsanlage garantiert.

Die Versorgung einer Demonstrationsanlage im Raum Wien mit Biomasse ist also sichergestellt, und auch für weitere Anlagen ist das Potenzial zur Rohstoffversorgung vorhanden.

### 1.2.2 Anlagendesign

Ziel war es, das Design einer Bio-H<sub>2</sub>-Demo-Anlage inkl. Produktgasreinigung und alternativer Gasverwertung festzulegen, die Massen- und Energiebilanzen zu berechnen und auch alle restlichen Daten der Anlage, wie z.B. Betriebsmittelverbrauch festzulegen.



Um das Verfahrensdesign für die Demonstrationsanlage festzulegen, wurden vier Prozessvarianten im Detail durchgerechnet und simuliert. Die Prozessvarianten unterschieden sich im Wesentlichen in den Produkten, die neben Wasserstoff in der Demoanlage hergestellt werden können:

- Prozessvariante 1: neben Wasserstoff die Produktion von **CO<sub>2</sub>** zur Abgabe an Gärtnereien und von synthetischem Erdgas (**SNG**) zur Abgabe an das Erdgasnetz.
- Prozessvariante 2: neben Wasserstoff die Produktion von synthetischem Erdgas (**SNG**) zur Abgabe an das Erdgasnetz (kein CO<sub>2</sub>).
- Prozessvariante 3: neben Wasserstoff die Produktion von elektrischem **Strom** zur Abgabe an das Netz (kein CO<sub>2</sub> und kein SNG).
- Prozessvariante 4: **maximale Wasserstoffproduktion** bei gleichzeitiger Möglichkeit, CO<sub>2</sub> abgeben zu können.

Für alle erstellten Prozessvarianten wurde der Kernprozess abgebildet und mit der Simulationssoftware IPSEpro berechnet. Die Ergebnisse dieser Berechnungen stellten die Grundlage für die Auswahl eines geeigneten Prozesses für die Einbindung von 50 MW Biomasse in eine Raffinerie dar.

#### Prozessvariante 1: Wasserstoff – CO<sub>2</sub> – RohSNG

**Prozessvariante 1** zielte auf die Produktion von Wasserstoff und von synthetischem Erdgas (RohSNG) ab. Gleichzeitig wurde im Prozessdesign vorgesehen, dass CO<sub>2</sub> aus dem Synthesegas mit Hilfe einer Aminwäsche abgetrennt wird. Die Berechnung und Simulation ergab, dass mit dieser Variante **17.8 MW Wasserstoff** und **15.3 MW RohSNG** produziert werden können. Die Abtrennung des CO<sub>2</sub> mittels Aminwäsche führt zu einem hohen Anlagenaufwand, der jedoch zu einer Steigerung des Wasserstoff- und RohSNG-Outputs der Anlage führt.

#### Prozessvariante 2: Wasserstoff – RohSNG

**Prozessvariante 2** stellt nur eine kleine Abänderung von Prozessvariante 1 dar. Bei dieser Variante wurde auf die Aminwäsche für die Abtrennung von CO<sub>2</sub> aus dem Synthesegas verzichtet,

um den hohen Anlagenaufwand zu reduzieren. Dadurch reduzierte sich jedoch auch der Anlagenoutput, da das CO<sub>2</sub> im Synthesegas zu schlechteren Prozessbedingungen führt. Die Berechnungen und Simulationen ergaben, dass mit dieser Variante lediglich **17.4 MW Wasserstoff** und **10.4 MW RohSNG** produziert werden können. Somit ergibt sich ein klarer „Tradeoff“ zwischen dem hohen technologischen Aufwand durch die Abtrennung von CO<sub>2</sub> und dem erzielbaren Anlagenoutput.

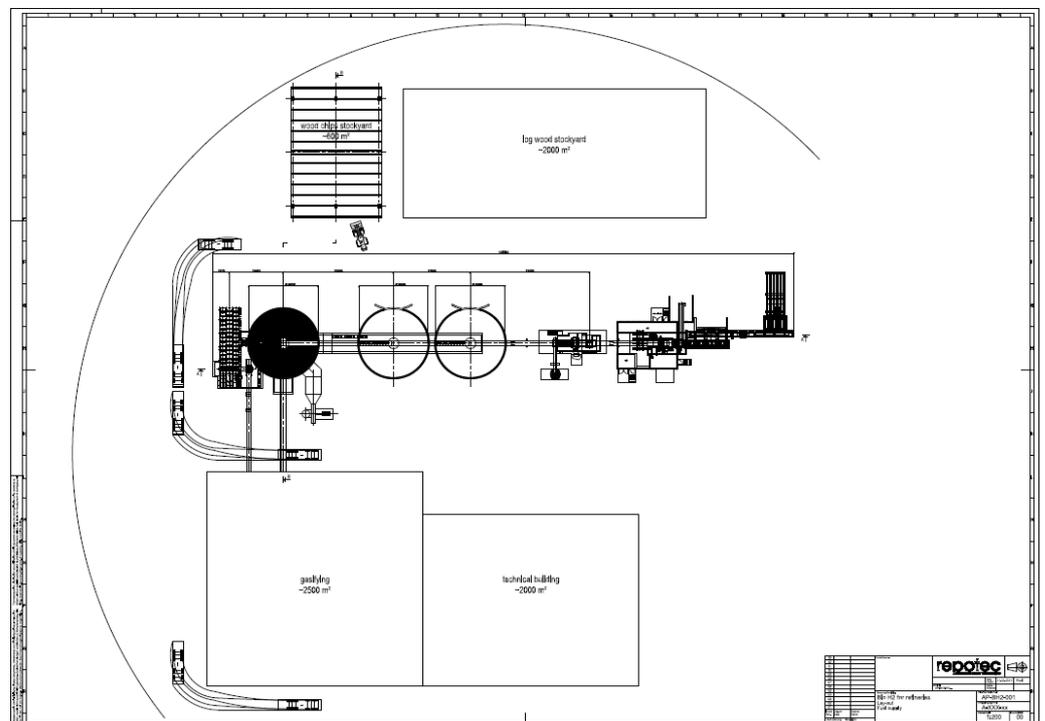
### Prozessvariante 3: Wasserstoff – Strom

In **Prozessvariante 3** wurde untersucht, welcher Anlagenoutput bei der Produktion von Wasserstoff und Strom erzielt werden kann. Die Berechnungen ergaben, dass **17.4 MW Wasserstoff** und **3.6 MW Strom** aus 50 MW Biomasse produziert werden können. Durch die Stromproduktion fällt also ein relativ hoher Anteil der Primärenergie als Abwärme von relativ geringem Wert an.

### Prozessvariante 4: maximale Wasserstoffproduktion

Das Ziel von **Prozessvariante 4** war es, möglichst viel Wasserstoff aus der Biomasse zu produzieren. Somit wurde versucht das Tailgas der Wasserstoffreinigung, welches einen hohen Methangehalt aufweist, ebenfalls für die Wasserstoffproduktion zu nutzen. Dazu wurde ein „Steam Reformer“ in den Prozess integriert und gleichzeitig eine Möglichkeit zur CO<sub>2</sub>-Abtrennung vorgesehen. Die Berechnung dieser Prozessvariante mit Hilfe der Prozesssimulationssoftware IPSEpro ergab, dass aus **50 MW Biomasse 30 MW Wasserstoff** produziert werden können.

Aus den vier dargestellt Prozessvarianten wurde Prozessvariante 4 für eine detaillierte Ausarbeitung ausgewählt, da Wasserstoff den höchsten Wert besitzt. Durch die



Nutzung von Wasserstoff aus Biomasse in einer Raffinerie können fossile CO<sub>2</sub>-Emissionen vermieden und gleichzeitig kann der Anteil an erneuerbarer Energie in den produzierten Kraftstoffen erhöht werden.

Nachdem die vier Prozessvarianten mit einander verglichen und diskutiert worden waren, folgte die detaillierte Ausarbeitung für die ausgewählte Prozessvariante. Auf Basis der Angaben der TU Wien

hat der Projektpartner Repotec die Hauptkomponenten der Anlage ausgelegt und das Layout der gesamten Anlage erstellt.

Die erwarteten Betriebsmittelverbräuche sind nun bekannt, die Hauptkomponenten der Anlage grob dimensioniert und ein Layout für die Anlage ist erstellt. In der nachfolgenden Tabelle ist ein Auszug aus den wichtigsten Berechnungsergebnissen für das gewählte Prozessdesign dargestellt:

Prozessdaten					
Anlagen Input			Anlagen Output		
Biomasse – Waldhackgut	kg/h	18 760	Wasserstoff	Nm <sup>3</sup> /h	10 040
Biomasse - Wassergehalt	gw%	40	Wasserstoff – Heizwert	MJ/Nm <sup>3</sup>	10.79
Biomasse - Heizwert	MJ/kg	9.59	Wasserstoff – Chem. Energie	MW	30
Biomasse – Chem. Energie	MW	50	CO <sub>2</sub> – von Abtrennung	Nm <sup>3</sup> /h	5 923

#### Berechnungsergebnisse für die Prozessvariante 4

### 1.2.3 Wirtschaftlichkeit:

Ziel war es, die Wirtschaftlichkeit der Demonstrationsanlage und einer full size Anlage zu berechnen. Dabei sollten die Ergebnisse der Rohstoffstudien und des Anlagendesigns sowie auch die wirtschaftlichen Rahmenbedingungen (Investitionsförderung, Preis von CO<sub>2</sub>-Zertifikaten, Preis für Wärme-, bzw. Stromverkauf) einfließen.

Zur Berechnung der Wirtschaftlichkeit wurde das in der OMV zur standardisierten Wirtschaftlichkeitsrechnung etablierte Spreadsheet entsprechend angepasst und erweitert. Die einzelnen Kostenpositionen wurden für die Vergasung von Biomasse auf Basis des Vergasers in Güssing, dieser Studie und auf der Basis von Erfahrungen in Referenzanlagen ermittelt und für die Erzeugung und Reinigung des H<sub>2</sub> um die neu hinzugekommen Anlagenteile erweitert. Die Energiekosten berücksichtigen die gesamte Anlage, somit auch die Kompression des H<sub>2</sub> ebenso wie das Häckseln und das Trocknen des Einsatzes.

Die Abschätzung der Gesamtwirtschaftlichkeit erfolgte durch:

- Ermittlung der Investitionskosten
- Ermittlung und Aufstellung der Betriebskosten (Betriebsmittel, Stromverbrauch, Reststoffe, Personal, Wartung)
- Ermittlung und Aufstellung der Erlöse (für das Produkt Wasserstoff, Wärmeverkauf, vermiedene CO<sub>2</sub>-Emissionen)

Auf Basis des Anlagendesigns (Massen- und Energiebilanzen, Grobdimensionierung, Aufstellungsplanung, örtliche Gegebenheiten,...) wurden die Investitionskosten von Hauptbauteilen und weiteren Anlagenbereichen für die gewählte Variante 4 ermittelt:

- Erstellung technischer Spezifikationen zu Bauteilen oder Bauteilgruppen und Einholung sowie Abstimmung von Angeboten potentieller Anbieter
- Hochrechnungen von Kosten vergleichbarer, bereits verwirklichter Anlagen
- Abschätzung durch Erfahrungswerte von Planern und ausführenden Firmen

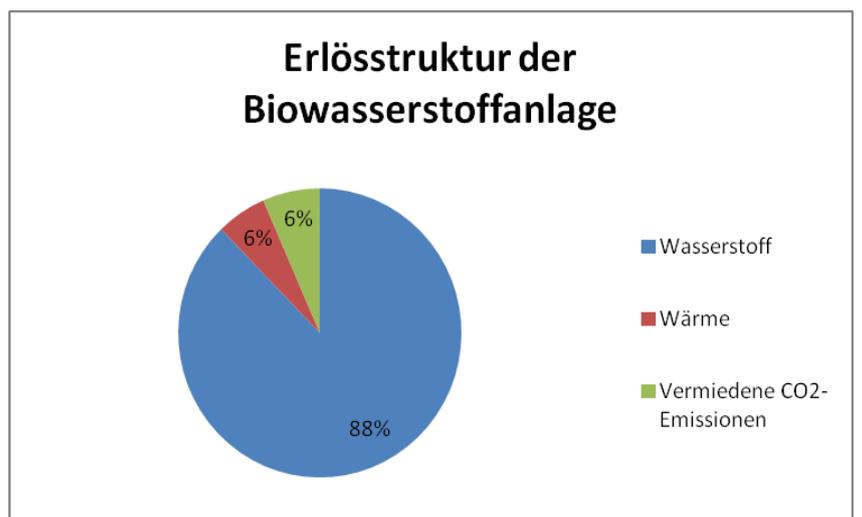
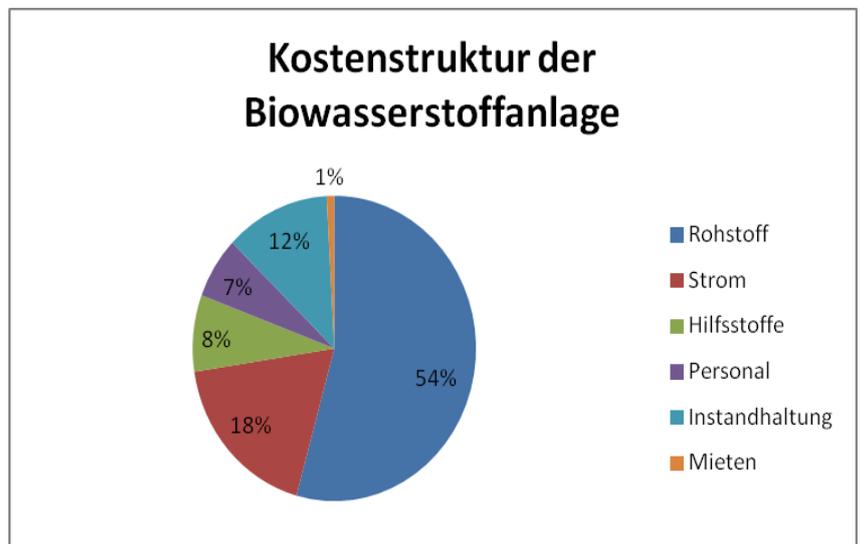
Die Gesamtinvestkosten wurden anhand der Terminplanung für Planung und Errichtung der Demonstrationsanlage aufgeteilt und in einem Zahlungszeitplan dargestellt.

Ebenfalls auf Basis des Anlagendesigns wurden die Betriebskosten für die Variante 4 ermittelt:

- Rohstoffkosten
- Betriebsmittel
- Personal
- Instandhaltung
- Mieten

Die Erträge setzen sich zusammen aus

- Erträge für das Hauptprodukt Wasserstoff
- Erträge für Wärmelieferung an Dritte
- Vermiedene Kosten für die Emission von CO<sub>2</sub> zur Produktion von H<sub>2</sub> aus Erdgas
- (Für das Nebenprodukt CO<sub>2</sub>, das an Gartenbaubetriebe abgegeben werden kann, wurden in der Wirtschaftlichkeitsrechnung keine Erträge angesetzt.)
- Fördermittel



- Der Wert des Bio-H<sub>2</sub> resultiert aus der Anrechenbarkeit als Bio-Kraftstoff:

Bei der hydrierenden Entschwefelung von Ölprodukten, insbes. von Diesel, verbleibt H<sub>2</sub> im hydrierten Produkt und erhöht damit den Heizwert. Olefine und Aromaten werden durch H<sub>2</sub>

gesättigt, auch an die durch Entfernung des Schwefels frei werdende Bindung lagert sich H<sub>2</sub> an. Die Zunahme des Heizwertes kann durch die Dulong-Formel (für feste Brennstoffe als Boie-Formel bezeichnet) beschrieben werden:

*Heizwert:*

$$H_i = (34,0 \cdot m(\text{C}) + 101,6 \cdot m(\text{H}) + 6,3 \cdot m(\text{N}) + 19,1 \cdot m(\text{S}) - 9,8 \cdot m(\text{O}) - 2,5 \cdot m(\text{H}_2\text{O})) \text{ MJ/kg}$$

Dabei sind  $m(\text{C}), m(\text{H}), m(\text{N}), m(\text{S}), m(\text{O}), m(\text{H}_2\text{O})$  die durch 100 dividierten prozentualen Massenanteile von Kohlenstoff, Wasserstoff, Stickstoff, Schwefel, Sauerstoff und Wasser.

Die Ermittlung der Heizwerte von Diesel in der Praxis vor bzw. nach der Hydrierung bestätigte die Anwendbarkeit der Formel. Die Zunahme des Heizwertes kann für die Erfüllung der Substitutionsverpflichtung (dzt. 7% FAME Beimischung zu Diesel, ab 2017 10% erneuerbare Energie im Kraftstoff) entsprechend der EU RICHTLINIE 2009/28/EG DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 23. April 2009 zur Förderung der Nutzung von Energie aus erneuerbaren Quellen und zur Änderung und anschließenden Aufhebung der Richtlinien 2001/77/EG und 2003/30/EG angerechnet werden.

- Vermeidung von fossilen CO<sub>2</sub> Emissionen

Bei der Produktion von H<sub>2</sub> aus Erdgas gelangt der Kohlenstoff des Methans als CO<sub>2</sub> in die Atmosphäre. Entsprechend der Menge des in der Demonstrationsanlage produzierten Bio-H<sub>2</sub> kann der steam reformer (wo H<sub>2</sub> aus Erdgas produziert wird) in der Raffinerie zurückgefahren werden; damit können rd. 91.000 t CO<sub>2</sub> / Jahr entsprechend der Berechnung von Joanneum Research Graz vermieden werden. Als Wert für eine t CO<sub>2</sub> wird der Planwert 26 €/t für die nächste Handelsperiode eingesetzt. (Dieser Wert wurde von der Österreichischen Kommunalkredit Bank bekannt gegeben.)

- Verkauf von Wärme

Die Wärme wird soweit wie möglich im Prozess genutzt. Niedertemperaturwärme wird zum Trocknen der Biomasse verwendet. Wärme auf einem höheren Niveau (Dampf mit bis zu 10 bar) wird als Fernwärme gewonnen und soll an einen benachbarten Betrieb oder in einem OMV-Betrieb genutzt werden; in beiden Fällen wird Heizöl ersetzt.

- Fördermittel

Als Fördermittel für die Demonstrationsanlage wurden berücksichtigt:

- Förderung aus dem Programm NER 300 der EU
- Förderung aus der Österreichischen Umweltförderung Inland

Unter der Bedingung einer Förderung aus dem Programm NER 300 der EU erscheint die Umsetzung einer ersten Demonstrationsanlage an einem Standort im Raum Wien wirtschaftlich, die in der OMV geforderte Rentabilität wird erreicht.

Der wahrscheinlichste Wert für die Investitionskosten wurde mit 105 Mio. EUR ermittelt. Die Unsicherheit der Schätzung wird mit +/- 25% angenommen.

Unter den Betriebskosten bilden die Rohstoffkosten mit ca. 50% den wesentlichsten Kostenfaktor.

Bei den Erlösen dominiert der Ertrag für das produzierte Bio-H<sub>2</sub>, alle anderen Erträge (für verkaufte Wärme und für vermiedene CO<sub>2</sub>-Emissionen) sind nachrangig.

Bei den erwarteten Förderungen dominiert die Förderung aus dem EU-Programm NER 300, die Förderung aus der Umweltförderung Inland (abgewickelt von der KPC) ist vergleichsweise gering.

Mit den Investitionskosten, den Betriebskosten und den Erlösen bzw. Förderungen wurde die Rentabilität der Anlage ermittelt.

Da die Kosten dzt. noch mit einer relativen großen Unsicherheit behaftet sind – kein abgeschlossenes, ausführungsfähiges Engineering Paket, keine behördliche Genehmigung und keine verbindlichen Angebote für Equipment und Projektumsetzung – wurden Sensitivitäten gerechnet, insbes. als Funktion der Investitionssumme und als Funktion der Rohstoffkosten. 2 Mio. höhere (oder geringere) Erlöse bewirken eine Verbesserung (bzw. Verschlechterung) der Projektverzinsung um rd. 1,5%.

Mit den wahrscheinlichsten Annahmen (Investition ca. 100 – 110 Mio. €, Holzpreis etwas unter 100 €/t trocken) erreicht das Projekt die von der OMV geforderte Mindestverzinsung. Immer vorausgesetzt wird jedoch, dass das Projekt die maximale Investitionsförderung lt. NER 300 sowie auch die maximale Förderung aus der Umweltförderung Inland in Österreich bekommt. Ohne diese Förderung sinkt die Rentabilität deutlich und die in der OMV geforderte Mindestrentabilität für Investitionsprojekte würde verfehlt.

## 2 Schlussfolgerungen zu den Projektergebnissen

Die wesentlichsten Ergebnisse der Grundlagenstudie sind:

- Die Produktion von Wasserstoff für eine Raffinerie aus Biomasse mit dem Güssinger Vergasungsverfahren als Kerntechnologie erscheint technisch möglich.
- Unter der Voraussetzung einer Förderung aus dem Finanzierungsprogramm NER 300 der EU wird eine Demonstrationsanlage im Raum Wien zur Versorgung der Raffinerie Schwechat wirtschaftlich darstellbar sein.

### 3 Verwertung

Ziel des Projekts war es von vorneherein,

- die Grundlagen für eine Umsetzung der Technologie in Form einer Demonstrationsanlage mit Nutzung der Produkte in der Raffinerie Schwechat und
- in der Folge eine Verwertung durch den Bau zahlreicher Folgeanlagen zu schaffen.

Ein erster Schritt der Umsetzung war es daher, auf Basis der Resultate dieser Studie im EU-Programm NER 300 einen Antrag zur Förderung des Demonstrationsprojektes zu stellen.

Eine wesentliche Voraussetzung für die Verwertbarkeit der Technologie ist die Verfügbarkeit von Rohstoff in ausreichender Menge und zu vertretbaren Kosten. Allen Akteuren im Holzmarkt, die für eine Versorgung der Demoanlage mit Rohstoffen wesentlich sind, wurde daher das Projekt in einem Workshop am 26.11.2010 präsentiert. In der Folge kam es zu einer Kooperation mit Rohstofflieferanten und zur Unterzeichnung eines Letter of Intent für die Rohstoffversorgung der Demoanlage.