



Transferstelle für rationelle und regenerative Energienutzung im



Bewertung der Herstellung von Synfuel

Auftraggeber SGD Süd Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft
Rheinland-Pfalz, Abt. D
Hauptstraße 16
67705 Trippstadt

Auftragnehmer Institut für Innovation, Transfer und Beratung GmbH
Leiter: Prof. Dr. G. Schaumann
Bearbeiter/in: Dipl.-Ing. (FH) Christian Pohl
 Dipl.-Ing. (FH) Kerstin Kriebs
Telefon: 06721 / 409 218
Telefax: 06721 / 409 129
Homepage: <http://tsb.fh-bingen.de>



Transferstelle für rationelle und regenerative Energienutzung im



Inhalt

Einleitung.....	3
1 Verfahren zur Herstellung des synthetischen Treibstoffs Synfuel	4
2 Bewertung der Herstellung von Synfuel	8
3 Alternativer Einsatz des Brenngases aus dem Vergasungsprozess	10
4 Zusammenfassung	11

Einleitung

Als Ergänzung zum Bericht „Bewertung von dezentralen Techniken zur Strom- und Wärmeerzeugung (KWK) aus Biomasse im kleinen Leistungsbereich“ wird der synthetische Treibstoff Synfuel und dessen Herstellung energetisch bewertet.

Anhand einer Energiebilanz erfolgt eine Bewertung der Herstellung von Synfuel. Dazu basiert die Untersuchung auf dem Verfahren des Unternehmens CHOREN Industries GmbH, das zunächst erläutert wird.

Aus wirtschaftlicher Sicht wird die Größenordnung des spezifischen Brennstoffpreises vom synthetischen Treibstoff geprüft. Außerdem wird untersucht, ob die Treibstoffherstellung aus Biomasse zu einer höheren Wertschöpfung für den Biomasseproduzenten führt.

1 Verfahren zur Herstellung des synthetischen Treibstoffs Synfuel

Zur Herstellung des synthetischen Treibstoffs Synfuel wird zunächst mit einem Vergasungsverfahren aus Biomasse ein Synthesegas gewonnen. Dieses Synthesegas wandelt das Fischer-Tropsch-Verfahren in einen flüssigen Treibstoff wie z. B. Methanol um.

Vergasungsverfahren

In einem dreistufigen Vergasungsverfahren wird aus Biomasse ein Brenngas hergestellt. Folgende drei Prozessstufen werden im Carbo-V-Verfahren durchlaufen:

- Niedertemperaturvergasung
- Hochtemperaturvergasung
- Endotherme Flugstromvergasung

Niedertemperaturvergasung:

Die getrocknete Biomasse mit einem Wassergehalt zwischen 15 und 25 Massenprozent wird dem Niedertemperaturvergaser zugeführt. Durch eine Verschwelung (partielle Oxidation mit Luft oder Sauerstoff bei Temperaturen zwischen 400 und 600°C) wird die Biomasse in Biokoks und Schwelgas zerlegt.

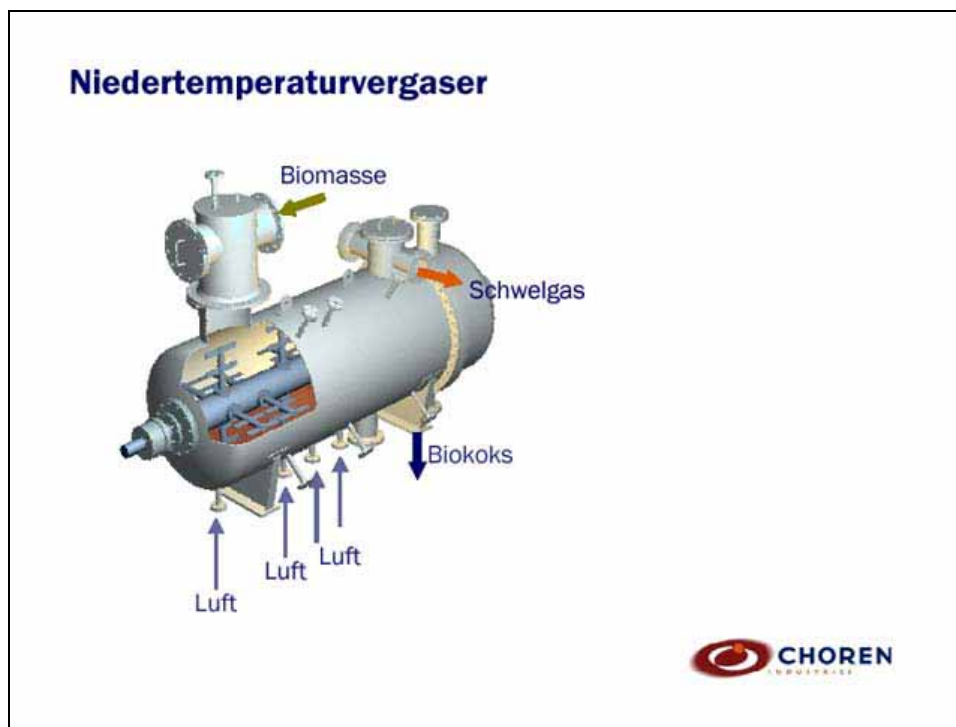


Abbildung 1-1 Schema Niedertemperaturvergaser (Quelle: Fa. Choren Industries GmbH)

Hochtemperaturvergasung:

Das Schwelgas und Restkoks aus der Entstaubung wird in der zweiten Verfahrensstufe in die Brennkammer des Hochtemperaturvergasers zugeführt. Dort verbrennt es unterstöchiometrisch (unvollständige Verbrennung) oberhalb der Ascheschmelztemperatur zwischen 1.300°C und 1.500°C mit Luft oder Sauerstoffzufuhr. Um eine hohe Ausbeute von Synthesegas zu erhalten, das nicht mit Stickstoff aus der Luft verdünnt ist, ist Sauerstoff zu zuführen. Die langkettigen Kohlenwasserstoffe (also auch die Teere) reagieren zu Kohlenmonoxid (CO), Wasserstoffgas (H₂), Kohlendioxid (CO₂) und Wasserdampf (H₂O). Dieses Gasgemisch wird als Vergasungsmittel benötigt.

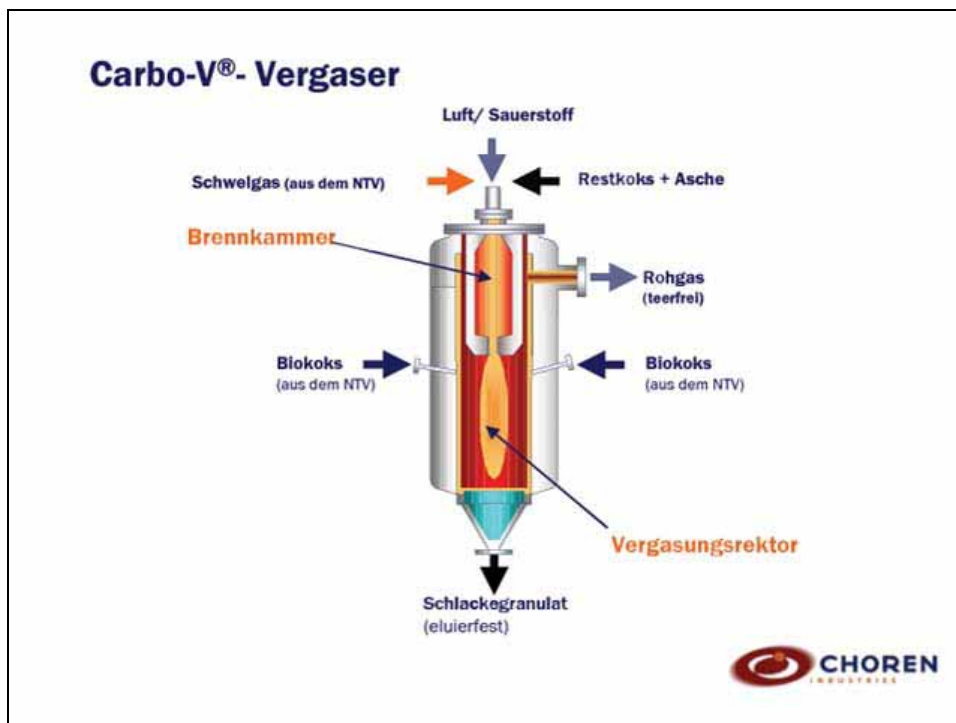


Abbildung 1-2 Schema Hochtemperaturvergasung und Flugstromvergasung
(Quelle: Fa. Choren Industries GmbH)

Flugstromvergasung:

In der letzten Stufe wird Biokoks aus der Niedertemperaturvergasung in den Vergasungsreaktor eingeblasen. Der Biokoks reagiert mit dem Gasgemisch (Vergasungsmittel). Es erfolgt eine Reduktion von CO₂ und H₂O zu CO und H₂ im Flugstrom. Durch die endotherme Reaktion sinkt die Temperatur von mehr als 1.300°C auf etwa 800°C.

Die Brennstoffasche wird in ein elulierfestes, baustofffähiges Schlackegranulat umgewandelt. Das Rohgas kann als Brenngas in dezentralen Motorheizkraftwerken oder Turbinenanlagen zur Strom- und Wärmeerzeugung eingesetzt werden. Als Synthesegas kann es zu flüssigen Brennstoffen wie z. B. Diesel oder Methanol weiterverarbeitet werden.

Die folgende Abbildung stellt das gesamte Verfahrensschema dar.

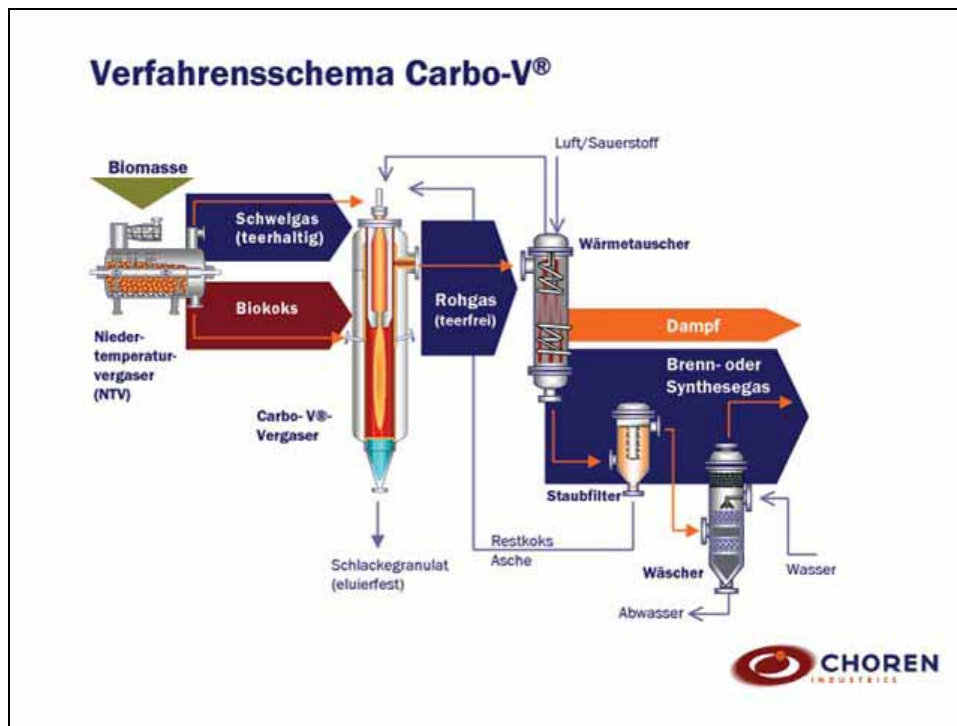


Abbildung 1-3 Schema Carbo-V-Verfahren (Quelle: Fa. Choren Industries GmbH)

Zur Herstellung des synthetischen Treibstoffs Synfuel aus dem Synthesegas ist ein weiteres Verfahren notwendig.

Fischer-Tropsch-Verfahren

Um aus dem Synthesegas einen flüssigen Treibstoff herzustellen, wird die Fischer-Tropsch-Synthese angewendet. Es ist ein heterogen-katalytischer Prozess.

Ein Gemisch aus unverzweigten und verzweigten Kohlenwasserstoffen mit 1 bis 70 Kohlenstoffatomen entsteht, das als paraffinische Flüssigkeit und Gas den Reaktor verlässt.

Ein Anteil von etwa 60 % der Flüssigkeit kann zu Diesel abdestilliert werden. Ein weiterer Teil des Paraffinwachses kann in der chemischen Industrie als Grundstoff verwendet werden.

Das Verfahren setzt bei der Umwandlung Wärme mit einem Temperaturniveau von 200°C bis 400°C frei, die zur Dampferzeugung eingesetzt werden kann. Es bestehen verschiedene Möglichkeiten zum Einsatz der Wärme. Im Vergasungsprozess wird Wärme zu Heizzwecken benötigt. Auf einem niedrigen Temperaturniveau kann sie zur Trocknung der Biomasse verwendet werden, sodass sich der Wirkungsgrad erhöht. Eine weitere Möglichkeit besteht in der Stromerzeugung mit Dampfturbinen.

2 Bewertung der Herstellung von Synfuel

Zur Bewertung der Herstellung des synthetischen Treibstoffs aus Biomasse wird eine Energiebilanz herangezogen.

Die Energieverhältnisse der Prozesse sind in der folgenden Tabelle aufgeführt. Die Daten wurden anhand einer synthetischen Treibstoffherstellung aus Kohle abgeschätzt.

Biomasse	100 %
Vergasungsverfahren Produkt	74 %
Synthesegas	63 %
gereinigtes Synthesegas	62 %
Fischer-Tropsch-Verfahren Rohprodukt	45 %
Aufbereitung synthetischer Treibstoff	41 %

Tabelle 2-1 Wirkungsgrad der Herstellung synthetischen Treibstoffs aus Biomasse

Aus 100 kWh_{B_{SHu}} Biomasse kann nur etwa 41 kWh_{B_{SHu}} synthetischer Treibstoff mithilfe eines Vergasungsverfahrens und dem Fischer-Tropsch-Prozess gewonnen werden.

Durch den Wärme- und Strombedarf sowie Verlusten ergibt sich ein verhältnismäßig niedriger Wirkungsgrad des Herstellungsprozesses. Aufgrund dessen erscheint es aus energetischer Sicht nicht sinnvoll, Biomasse zu einem Brennstoff mit einem höheren Heizwert zu veredeln. Statt dessen verdrängt der direkte Einsatz von Biomasse als Brennstoff in einem Heizkessel Heizöl.

Zur Ermittlung des Kostenanteils der eingesetzten Biomasse an der Herstellung des synthetischen Treibstoffs werden folgende Werte herangezogen:

Wirkungsgrad der Herstellung:	41 %
Heizwert Holzhackschnitzel:	800 kWh _{Hu} /Sm ³
Heizwert synthetischer Treibstoff (Diesel):	9 kWh _{Hu} /l
spezifischer Holzhackschnitzelpreis:	9 €/Sm ³ (unbehandeltes Industrierestholz)

Unter Berücksichtigung dieser Vorgaben berechnet sich der Kostenanteil der Biomasse zu etwa 27 Ct je Liter synthetischer Treibstoff (ohne Kapital- und Betriebskosten).

Nach Angaben des Unternehmens Choren Industries GmbH beträgt dieser Kostenanteil dagegen knapp 20 Ct/l, der auf einen Brennstoffpreis von 40 bis 50 €/je Tonne Trockensubstanz (entspricht 5 bis 6 €/Sm³ feuchtes Holz) und auf eine Herstellung des synthetischen Treibstoffs von rund 260 l je Tonne Trockensubstanz beruht. Anhand weiterer Daten konnte ein Wirkungsgrad von 47 % ermittelt werden.

Für den spezifischen Brennstoffpreis wird für die Herstellung von Diesel aus Biomasse mindestens 45 Ct/l angegeben.

Im Vergleich dazu beträgt der Herstellungspreis für den herkömmlichen Kraftstoff ca. 15 Ct/l.

Um eine höhere Wertschöpfung zu erreichen, ist ein vergleichbarer oder günstigerer Treibstoffpreis für den synthetischen Treibstoff als ein Preis für die herkömmlichen Treibstoffe bzw. Biodiesel notwendig.

Zur Ermittlung der Wertschöpfung durch Veredelung der Biomasse wird folgende Energiebilanz aufgestellt. Da Synfuel anstelle von Diesel verwendet werden kann, wird ein vergleichbarer Heizwert für Synfuel von $9 \text{ kWh}_{\text{Hu}}/\text{a}^1$, der für Biodiesel angegeben wird, angenommen.

Masse HHS (Wassergehalt: 33 %)	1.000 kg
Volumen HHS (Wassergehalt: 33 %)	4 Sm^3
Heizwert HHS (Wassergehalt: 33 %)	3,2 $\text{kWh}_{\text{Hu}}/\text{kg}$
Energieinhalt HHS	3.200 kWh_{Hu}
Wirkungsgrad Synfuel-Herstellung	41 %
Energieinhalt Synfuel	1.312 kWh_{Hu}
Heizwert Synfuel	9 $\text{kWh}_{\text{Hu}}/\text{l}$
Menge Synfuel	146 l

Als maximaler Zielpreis für den synthetischen Treibstoff wird der Biodieselpreis herangezogen. Er beträgt nach dem IWR-Biodieselpreisindex des Internationalen Wirtschaftsforum Regenerative Energien (IWR) in Münster von Januar bis Juni 2003 durchschnittlich etwa 78 Ct/l. Mit diesem Preis würde sich ein Erlös für 146 l Synfuel von ca. 114 € ergeben. Dies entspricht bezogen auf die eingesetzte Holzhackschnitzelmenge einem spezifischen Erlös von 28 €/ Sm^3 . Die zur Herstellung von Synfuel benötigte Holzhackschnitzelmenge von 1.000 kg, die etwa 4 Sm^3 entsprechen, erzielt für einen spezifischen Holzhackschnitzelpreis von 15 €/ Sm^3 einen Erlös von etwa 60 €.

Aus derselben Menge Holzhackschnitzel würde demnach der synthetische Treibstoff zu einer Erhöhung der Wertschöpfung von rund 13 €/ Sm^3 ohne Berücksichtigung von Kapital- und Betriebskosten führen.

¹ Quelle: „Innovative Verfahren zur Wärme- und Stromerzeugung aus Biomasse“ aus der Schriftenreihe „Nachwachsende Rohstoffe“ des Bundesministeriums für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft

3 Alternativer Einsatz des Brenngases aus dem Vergasungsprozess

Als Alternative zur Herstellung eines synthetischen Treibstoffs aus Biomasse bietet es sich an, das Brenngas aus dem Vergasungsverfahren z. B. in einem Motorheizkraftwerk zur Strom- und Wärmeerzeugung einzusetzen. Ein solches Biomasseheizkraftwerk wird zur Zeit als Prototypanlage von den Unternehmen Thermische Apparate Freiberg GmbH betrieben. Die Anlage liefert eine elektrische Leistung von 125 kW_{el} und eine Wärmeleistung von 200 kW_{th}. Der elektrische Wirkungsgrad beträgt 25 % und der thermische Wirkungsgrad 40 %, sodass die Anlage eine Gesamteffizienz von 65 % aufweist.

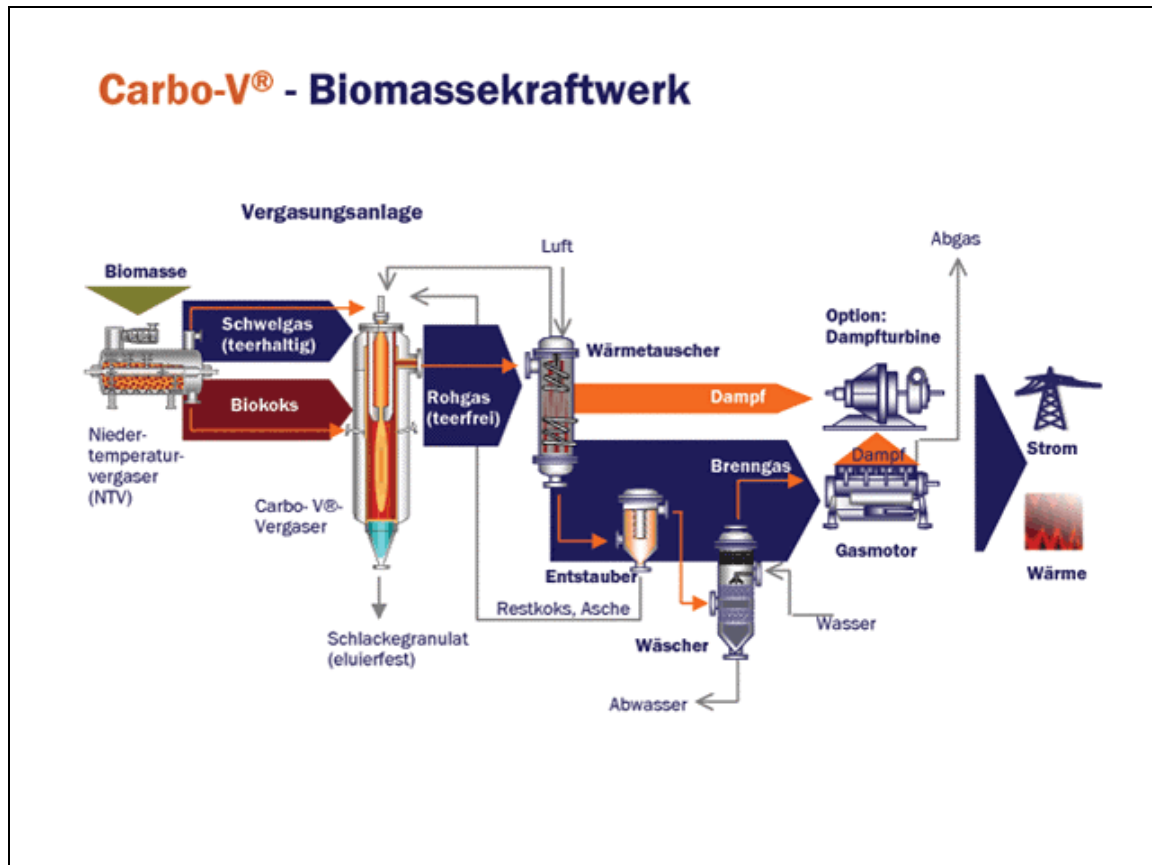


Abbildung 3-1 Schema Biomasseheizwerk (Quelle: Fa. Choren Industries GmbH)

4 Zusammenfassung

Ergänzend zur Untersuchung „Bewertung von dezentralen Techniken zur Strom- und Wärmeerzeugung (KWK) aus Biomasse im kleinen Leistungsbereich“ wurde eine energetische Bewertung des synthetischen Treibstoffs Synfuel hinsichtlich der Herstellung aus Biomasse durchgeführt.

Der synthetische Treibstoff wird aus Biomasse in einem Vergasungsverfahren und anschließend in dem Fischer-Tropsch-Prozess hergestellt. Nach unserer Abschätzung beträgt der Wirkungsgrad des Herstellungsprozesses etwa 41 %. Dieser verhältnismäßig niedrige Wert beruht auf den Wärme- und Strombedarf sowie Verlusten, sodass es aus energetischer Sicht nicht sinnvoll ist, Biomasse zu einem Treibstoff mit einem höheren Heizwert zu veredeln. Statt dessen verdrängt der direkte Einsatz von Biomasse als Brennstoff in einem Heizkessel Heizöl. Dadurch wird die Biomasse effektiver genutzt.

Als Alternative bietet es sich an, das im Vergasungsprozess hergestellte Brenngas zur Strom- und Wärmeerzeugung in einem Motorheizkraftwerk zu verwenden. Hierzu wird derzeit eine Pilotanlage betrieben.

Der Kostenanteil der Biomasse an der Herstellung des synthetischen Treibstoffs berechnet sich etwa zu 30 Ct/l. Nach Herstellerangaben beträgt der Kostenanteil ca. 20 Ct/l. Für den spezifischen Brennstoffpreis wird für die Herstellung von Diesel aus Biomasse mindestens 45 Ct/l angegeben, während für herkömmlichen Kraftstoff der spezifische Brennstoffpreis ca. 15 Ct/l beträgt.

Um eine höhere Wertschöpfung zu erreichen, ist ein vergleichbarer oder günstigerer Treibstoffpreis für den synthetischen Treibstoff als ein Preis für die herkömmlichen Treibstoffe bzw. Biodiesel notwendig.

Mit der Annahme, dass der Zielpreis des synthetischen Treibstoffs der Biodieselpreis von 78 Ct/l (IWR-Biodieselpreisindex Januar - Juni 2003) ist und die benötigten Holzhackschnitzel auf dem Markt mit ca. 15 €/Sm³ verkauft werden können, würde sich eine höhere Wertschöpfung von etwa 13 €/Sm³ ergeben.