

# Kraftstoffproduktion aus Stroh und Waldrestholz – dezentral oder zentral?

L. Leible, S. Kälber, G. Kappler, S. Lange, E. Nieke, P. Proplesch, D. Wintzer und B. Fürniß  
Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse (ITAS), Forschungszentrum Karlsruhe

## Einleitung

Nimmt man die Zielsetzung der EU-Kommission ernst, bis 2010 den Beitrag biogener Kraftstoffe an der Kraftstoffversorgung auf 5,75 % und längerfristig auf 20 % zu erhöhen – 2005 lag der Anteil in Deutschland bei rd. 3 % –, dann müssen hierzu auch Lignozelluloseträger, wie z.B. Stroh oder Waldrestholz, herangezogen werden.

Vor diesem Hintergrund verfolgt das Forschungszentrum Karlsruhe mit seinem zweistufigen „Biomass-to-Liquid“(BTL)-Konzept (vgl. Abb. 1) das Ziel, aschereiche Biomasse (z.B. Getreidestroh) über die Vergasung für die Bereitstellung synthetischer Kraftstoffe („Synfuels“) und für eine chemische Nutzung zu erschließen (vgl. Malcher et al., 2006) – eine teilweise Verstromung oder Wärmegewinnung ist hierdurch nicht ausgeschlossen.

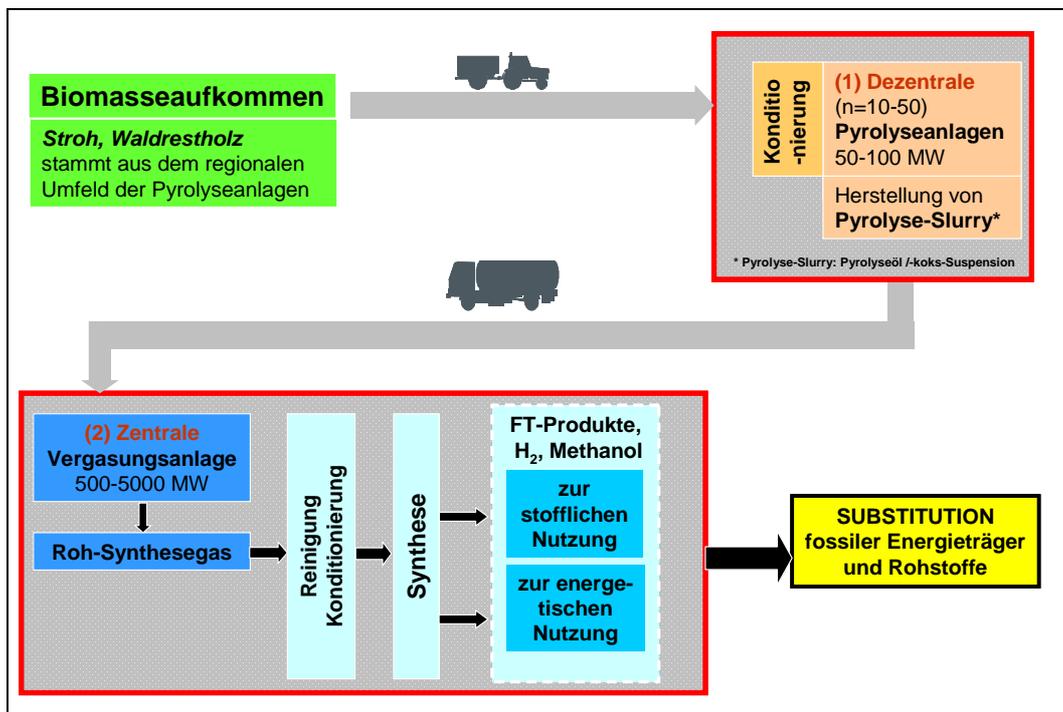


Abb. 1: Zweistufiges Konzept zur Gas- und Kraftstoffherzeugung aus Stroh und Waldrestholz

Die Synthese (vgl. Abb. 1) konzentriert sich hierbei zunächst auf Fischer-Tropsch-Kraftstoffe, ist aber für eine Vielzahl von Produkten offen. Je nach Produkt ergibt sich die Anforderung, die



Synthese bei Drücken von rd. 20-40 bar für FT-Kraftstoffe und bis 80 bar (z.B. für Methanol) durchzuführen. Deshalb wird das Ziel verfolgt, bereits mit der Vergasung das für die Synthese nötige Druckniveau zu erreichen und auch die Gasreinigung und -konditionierung auf dieser Druckstufe durchzuführen. Hierdurch wird der aufwändige Schritt der Gaskompression vor der Synthese vermieden. Darüber hinaus soll ein teerfreies und methanarmes Synthesegas gewonnen werden. Mit einem Flugstromdruckvergaser ist dies bei Vergasungstemperaturen von mehr als 1000 °C möglich, wie die vom Forschungszentrum auf einer externen Anlage in Freiberg durchgeführten Versuchskampagnen bestätigten. Für die Einspeisung der Biomasse in den Flugstromdruckvergaser (bis 80 bar) muss diese entsprechend konditioniert werden. Bei den angeführten Drücken ist dies nur über eine pumpbare Suspension (Slurry) aus Pyrolysekondensat und -koks sinnvoll umzusetzen. Folglich ist das vom Forschungszentrum Karlsruhe verfolgte Schnellpyrolyseverfahren zur Herstellung einer solchen Suspension von zentraler Bedeutung.

Daneben ist mit der räumlichen Entkopplung von Schnellpyrolyse und Vergasung (inkl. Gasreinigung/-konditionierung und Synthese) die Option gegeben, eine von der Größe der Vergasungsanlage unabhängige dezentrale Produktion von Slurries zu realisieren. Mit deren anschließendem Transport zu einer großen zentralen Vergasungs- und Syntheseanlage lassen sich logistische Vorteile erschließen – verglichen mit Strohballen haben Slurries eine um den Faktor 10 höhere Energiedichte.

Zum Vorhaben des Forschungszentrums Karlsruhe führt ITAS systemanalytische Untersuchungen durch, um anhand technischer, ökonomischer und umweltrelevanter Kennwerte die spezifischen Vorteile, aber auch die bestehenden Nachteile des Verfahrens herauszuarbeiten und konkurrierenden Alternativen gegenüber zu stellen. Dazu dient einerseits der Vergleich mit der Wärme- und Stromgewinnung aus Stroh und Waldrestholz, andererseits insbesondere aber die Einbeziehung der auf fossilen Energieträgern (Erdöl, Erdgas und Kohle) beruhenden Verfahren der Kraftstoff-, Strom- und Wärmebereitstellung. Der Vergleich der Kraftstoffproduktion aus Stroh und Waldrestholz bei vorgeschalteter dezentraler Schnellpyrolyse (vgl. Abb. 1) mit der Variante der in einer zentralen Anlage integrierten Schnellpyrolyse ist hierbei, aufgrund der erhofften Transportvorteile, von besonderem Interesse.

## Aufkommen an Stroh und Waldrestholz

Das für eine energetische Nutzung verfügbare jährliche Aufkommen an Stroh und Waldrestholz liegt in Baden-Württemberg (vgl. Abb. 2) bei rd. 3,5 Mio. Mg Trockenmasse (TM); dies entspricht 43 % des Aufkommens an energetisch nutzbaren biogenen Rest- und Abfallstoffen.

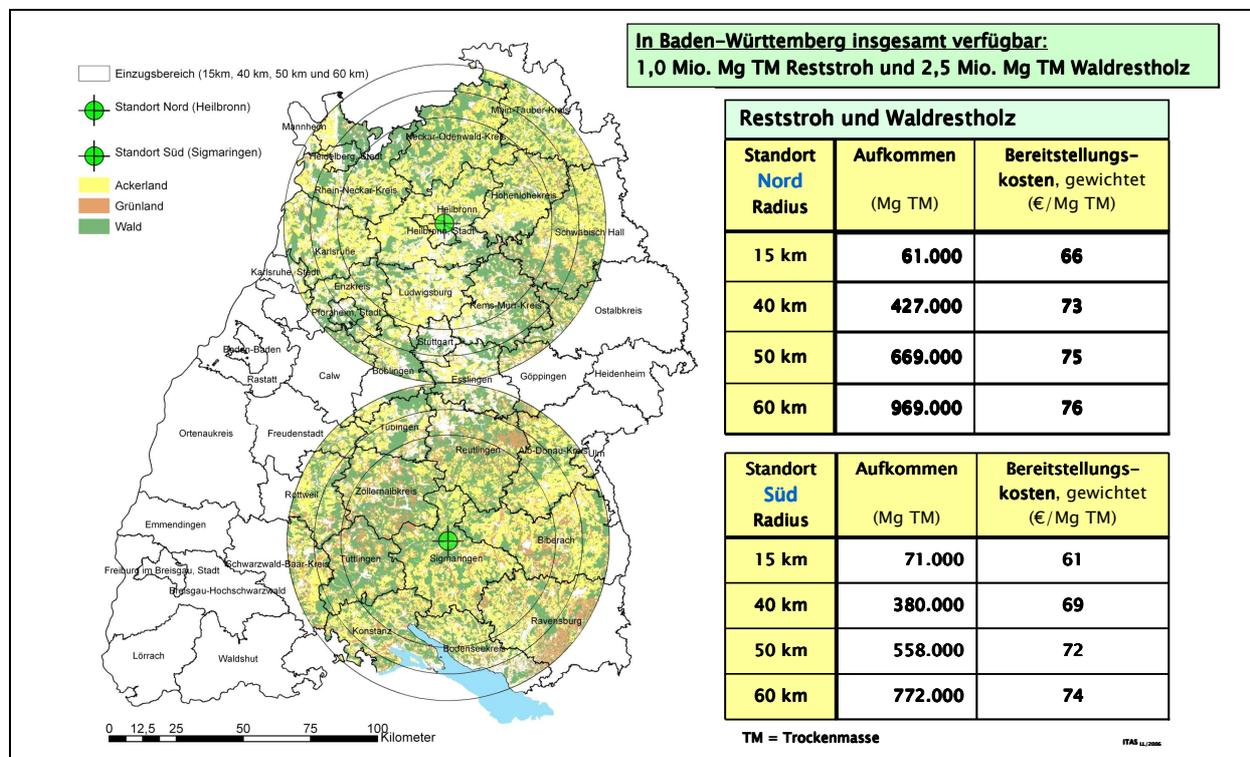


Abb. 2: Zwei Anlagenstandorte in Baden-Württemberg – Aufkommen und Bereitstellungskosten für Stroh und Waldrestholz (vgl. Leible et al., 2005)

In Deutschland stehen rd. 30 Mio. Mg TM Stroh und Waldrestholz für eine energetische Nutzung zur Verfügung – gemessen am gesamten Aufkommen biogener Rest- und Abfallstoffe sind dies ebenfalls 43 %. Bei den relativen Beiträgen von Stroh und Waldrestholz gibt es jedoch deutliche Unterschiede: Im walddreichen Baden-Württemberg trägt Waldrestholz 31 %, Stroh aber nur 12 % zum Aufkommen bei; auf Bundesebene sind diese relativen Beiträge mit 22 % bzw. 21 % nahezu identisch. Wie Abschätzungen – unter Einsatz eines geografischen Informationssystems – für zwei Anlagenstandorte in Baden-Württemberg zeigen (vgl. Leible et al., 2005), ist ein Erfassungsradius von 60-70 km ausreichend, um eine Versorgung mit jährlich 1 Mio. Mg TM an Stroh und Waldrestholz gewährleisten zu können, bei durchschnittlichen Bereitstellungskosten frei Anlage von 70-80 €/Mg TM (vgl. Abb. 2).

## Abschätzungen zu den Herstellungskosten von FT-Kraftstoff

Die durchgeführten Analysen zeigen, dass die Herstellungskosten für FT-Kraftstoff (Synfuel) aus Stroh – je nach Anlagengröße und dezentralem oder integriertem Konzept – zwischen 106 und 129 €/MWh liegen, dies entspricht 1,02 bzw. 1,24 € pro Liter (vgl. Abb. 3). Es fällt auf, dass die Produktionskosten bei Anlagen mit dezentraler Pyrolyse erst ab Anlagengrößen von 4000 MW günstiger werden, verglichen mit der integrierten Pyrolyse. Dies ist so, obwohl bei der integrierten Pyrolyse die Transportkosten für Stroh bei allen Anlagengrößen über der Summe der Transportkosten von Stroh und Slurry bei der dezentralen Pyrolyse liegen. Gewichtiger als dieser

Nachteil ist der Vorteil der räumlich integrierten Pyrolyse hinsichtlich der stärkeren Größendegression der Pyrolysekosten und des höheren Wirkungsgrads.

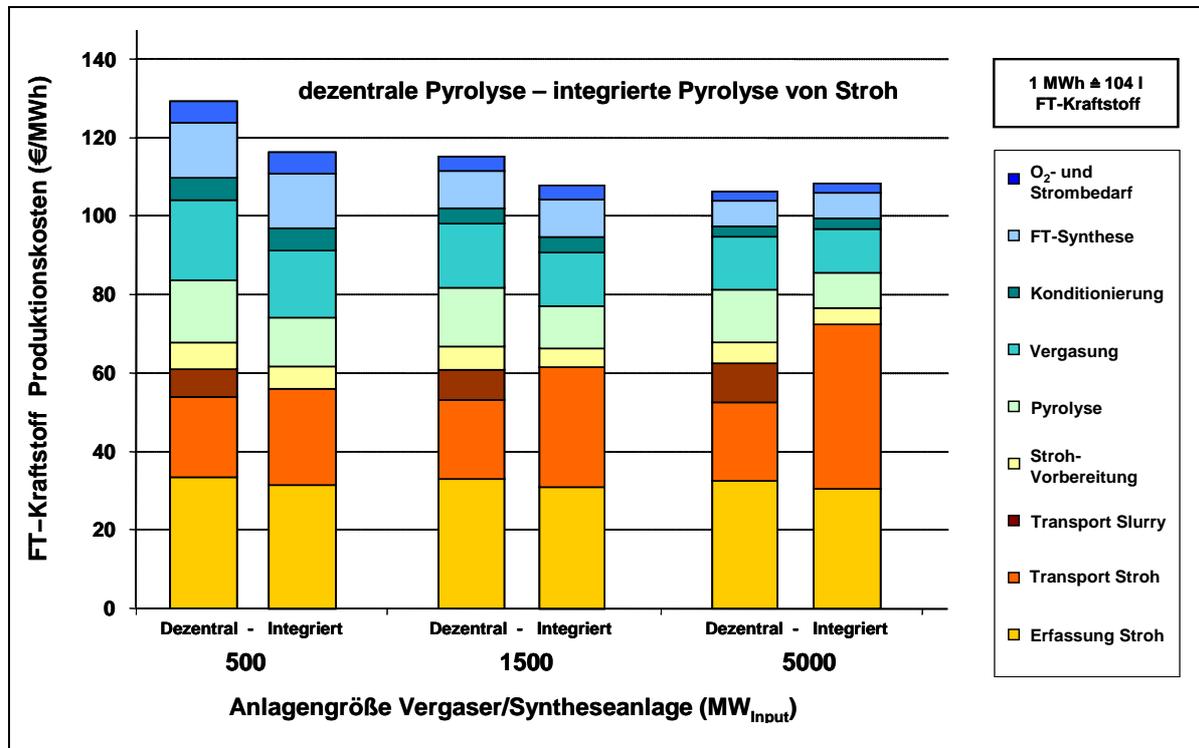


Abb. 3: Herstellungskosten von FT-Kraftstoff aus Stroh – bei dezentraler oder integrierter Pyrolyse

Abb. 3 verdeutlicht ferner, dass zwei wichtige Kostenbestandteile unabhängig von der Vergaserleistung sind, und zwar die spezifischen Kosten für die Erfassung und für den Lkw-Transport von Stroh bis zur dezentralen Pyrolyseanlage. Dagegen steigen bei der integrierten Pyrolyse die Kosten für den Strohtransport mit zunehmender Anlagengröße an. Bei den Transportvorgängen ist generell unterstellt, dass der Strohtransport mit Lkw und ab einer Entfernung von 100 km mit der Bahn erfolgt.

Bei höheren verfügbaren Aufkommensdichten an Biomasse treten die Vorteile der integrierten Pyrolyse – wegen der dadurch möglichen Verringerung der Transportstrecken – stärker hervor. Den gleichen Effekt erzielt eine Ausweitung der erfassten Biobrennstoffe auf Waldrestholz. In Abb. 4 sind die Bereitstellungskosten von FT-Kraftstoff (Synfuel) aus Stroh und Waldrestholz den Gestehungskosten von erdölstämmigem Diesel – bei Rohölpreisen von 30, 65 und 100 \$ pro barrel – in einer Raffinerie gegenübergestellt, jeweils ohne Mehrwertsteuer bzw. beim FT-Kraftstoff auch ohne Mineralölsteuer. Im Gegensatz zu Abb. 3 wurde hier von einer für eine energetische Nutzung verfügbaren durchschnittlichen Aufkommensdichte (für Deutschland) von Stroh und Waldrestholz von 90 Mg TM pro km<sup>2</sup> ausgegangen. Als Anlagenkonzept liegt die zentrale Vergasungs-/Syntheseanlage mit integrierter Pyrolyse zugrunde; dabei wurde nach zwei Anlagengrößen mit einer Produktion von 0,2 bzw. 1,0 Mio. Jahrestonnen (jato) unterschieden. Zum Vergleich: Bei herkömmlichen Erdöl-Raffinerien muss eher von 10 Mio. jato an Kraftstoffproduktion ausgegangen werden.

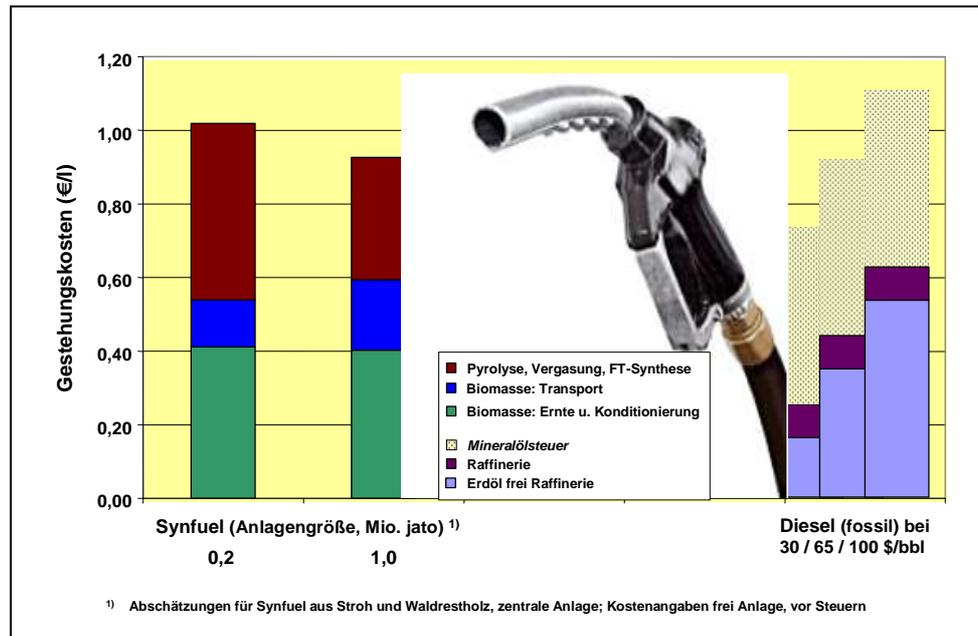


Abb. 4: Gesteuerungskosten von FT-Kraftstoff aus Stroh und Waldrestholz in einer zentralen Vergasungsanlage mit integrierter Pyrolyse

Wie die Ergebnisse zeigen, könnte der FT-Kraftstoff, je nach Anlagengröße, zu rd. 1,00 € bzw. 0,90 € pro Liter frei Anlage bereitgestellt werden, wenn auf die Mineralölsteuer verzichtet wird. Bei einem Rohölpreis von 65 \$/bbl liegen bei Diesel die Bereitstellungskosten frei Raffinerie – aber einschließlich der Mineralölsteuer – ebenfalls bei rd. 0,90 €/l (vgl. Abb. 4).

### Schlussfolgerungen

Auf Basis der bisherigen Arbeiten und der vorliegenden Ergebnisse lassen sich folgende Schlussfolgerungen ziehen:

- Derzeit ist die Kraftstoffproduktion aus Stroh und Waldrestholz nicht wettbewerbsfähig – dieser Nachteil dürfte auch mittelfristig bestehen bleiben.
- Es bestehen große Herausforderungen an eine kostengünstige Bereitstellung (Logistik) der Biomasse frei Anlage, insbesondere bei großen FT-Anlagen.
- Hinsichtlich der Beiträge zur CO<sub>2</sub>-Minderung und der CO<sub>2</sub>-Minderungskosten stellen Wärme und Strom aus Biomasse eine günstige Option dar – Kraftstoffe aus Biomasse sind dagegen deutlich ungünstiger.
- Die Pyrolyse und Vergasung eröffnen die Möglichkeit der kombinierten chemisch/energetischen Nutzung von Biomasse im Sinne eines „Biorefinery“-Konzepts.

### Literatur

Leible, L., S. Kälber, G. Kappler (2005): Entwicklungen von Szenarien über die Bereitstellung von Land- und forstwirtschaftlicher Biomasse in zwei baden-württembergischen Regionen zur Herstellung von synthetischen Kraftstoffen - Mengenszenarien zur Biomassebereitstellung – Abschlussbericht, Forschungszentrum Karlsruhe <http://www.itas.fzk.de/deu/lit/2005/leua05a.pdf>

Malcher, L., E. Henrich, L. Leible und H.-J. Wiemer (2006): Gaserzeugung aus Biomasse, Kurzfassung des Abschlussberichts. [www.fzk.de/deu/Lit/2006/leua06a\\_kurzfassung.pdf](http://www.fzk.de/deu/Lit/2006/leua06a_kurzfassung.pdf)