

# Rohstoffe für die Biokraftstoffe der Zukunft – Bedeutung und Potenziale in Baden-Württemberg

Dr. Ludwig Leible, Forschungszentrum Karlsruhe GmbH, Institut für  
Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse

## Einleitung

Die Gewährleistung einer sicheren, bezahlbaren und umweltverträglichen Energieversorgung ist das Rückgrat einer jeden Volkswirtschaft. Aktuelle Entwicklungen führen uns jedoch vor Augen, wie vielfältig die Faktoren sind, die die Sicherheit und das Preisniveau unserer Energieversorgung bestimmen. Vor diesem Hintergrund zielen nationale und internationale Bestrebungen darauf ab, mit biogenen Energieträgern einen Beitrag zur Reduzierung der Importabhängigkeit der Energieversorgung und zur Entlastung des Treibhausklimas zu leisten. In diesem Beitrag soll ein Einblick gegeben werden, welche Bedeutung Biomasse als Energieträger hat bzw. einnehmen könnte – auch als Rohstoff für Biokraftstoffe – und welche Wechselwirkungen damit einhergehen. Hierbei können die Aussagen aufgrund der globalen Zusammenhänge keinesfalls nur auf Baden-Württemberg beschränkt bleiben.

## Biomasse als Rohstoff

Entwicklungen auf nationaler, EU- und globaler Ebene bestimmen letztendlich die Rahmenbedingungen und den Umfang, inwieweit Biomasse in Baden-Württemberg zur Bereitstellung von Kraftstoff, Strom und Wärme herangezogen wird.

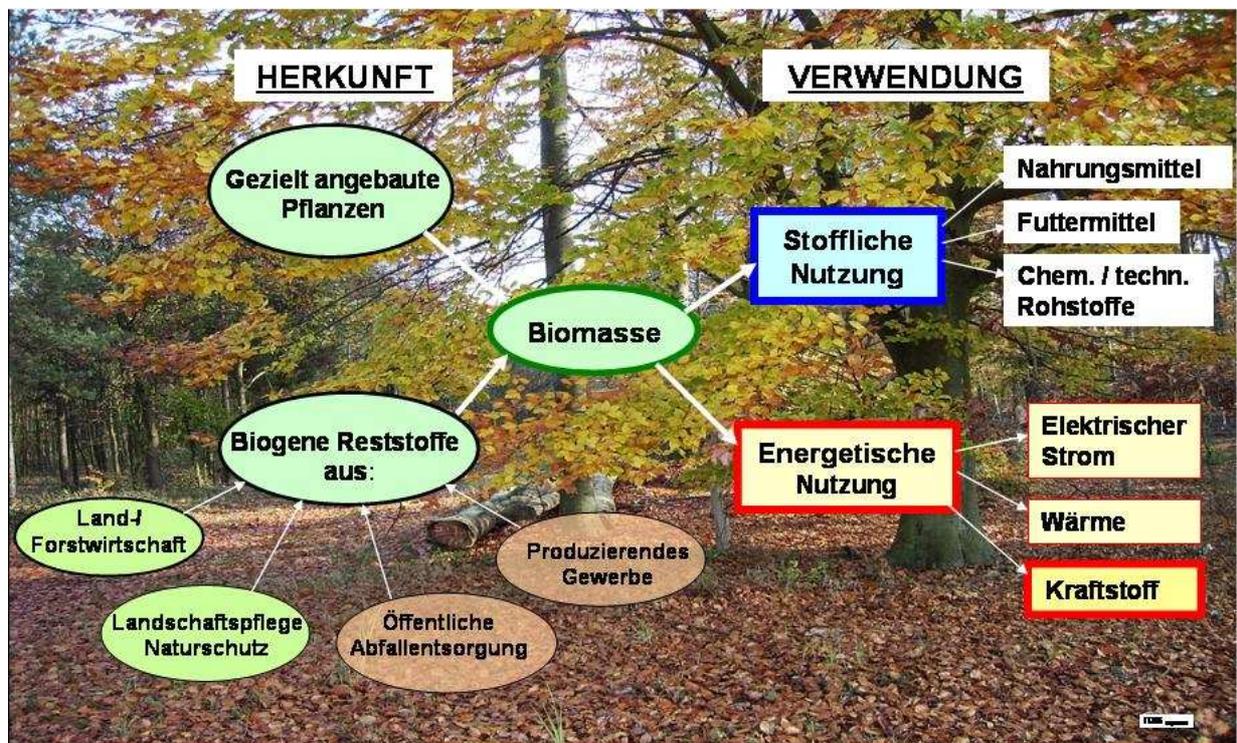


Abb. 1: Konkurrenz bei Herkunft und Verwendung von Biomasse



In Abb. 1 ist vereinfachend skizziert, wie komplex sich die Zusammenhänge und Wechselwirkungen bei der Bereitstellung und Nutzung von Biomasse darstellen. Hinsichtlich der Herkunft lassen sich zwei Gruppen von Biomasseträger unterscheiden, auf der einen Seite die gezielt angebauten Pflanzen und auf der anderen Seite biogene Rest- und Abfallstoffe insbesondere aus der Land-/Forstwirtschaft, der Landschaftspflege/Naturschutz, der öffentlichen Abfallentsorgung und dem produzierenden Gewerbe. Gezielt angebaute Pflanzen, wie z.B. Raps, Winterweizen, Zuckerrüben oder Kartoffeln, haben vielseitige stoffliche Verwendungsformen als Nahrungs- und Futtermittel oder als chemisch/technischer Rohstoff, z.B. in der Papierindustrie oder chemischen Industrie. Darüber hinaus sind sie Rohstofflieferant für die Gewinnung von Biodiesel oder Bioethanol. Diese vielseitigen Verwendungsmöglichkeiten deuten auf der anderen Seite die vielfältigen Konkurrenzbeziehungen um diese gezielt angebauten Pflanzen an.

Deutlich geringer ist dagegen die Konkurrenz um die Verwendung der biogenen Reststoffe, z.B. Stroh oder Waldrestholz, ausgeprägt. Darüber hinaus sind sie aufgrund dieser verringerten Konkurrenzsituation bei der Verwendung auch zu geringeren Kosten als gezielt angepflanzte Biomasse zu erhalten. Nimmt man folglich die Zielsetzung der EU-Kommission ernst, bis 2010 den Beitrag biogener Kraftstoffe an der Kraftstoffversorgung auf 5,75 % und längerfristig auf 20 % zu erhöhen, dann müssen hierzu neben Öl- (z.B. Raps), Stärke- (z.B. Winterweizen) und Zuckerträgern (z.B. Zuckerrüben) auch Lignozelluloseträger (wie z.B. Stroh oder Waldrestholz) herangezogen werden, die zu den bereits angeführten kostengünstigen biogenen Reststoffen zählen. Aus den genannten Gründen werden in den nachfolgenden Ausführungen Stroh und Waldrestholz als Rohstoff- und Energielieferant in den Vordergrund gerückt; auf den gezielten Anbau von Energieträgern wird hier nicht näher eingegangen.

### **Aufkommen an Stroh und Waldrestholz**

Das in Baden-Württemberg für eine energetische Nutzung jährlich verfügbare Aufkommen an Stroh und Waldrestholz liegt bei rd. 2,7 Mio. Mg Trockenmasse (TM) – bei relativ konservativen Annahmen für die Erschließung des Waldrestholzes. Dies entspricht 43 % des gesamten Aufkommens an energetisch nutzbaren biogenen Rest- und Abfallstoffen.

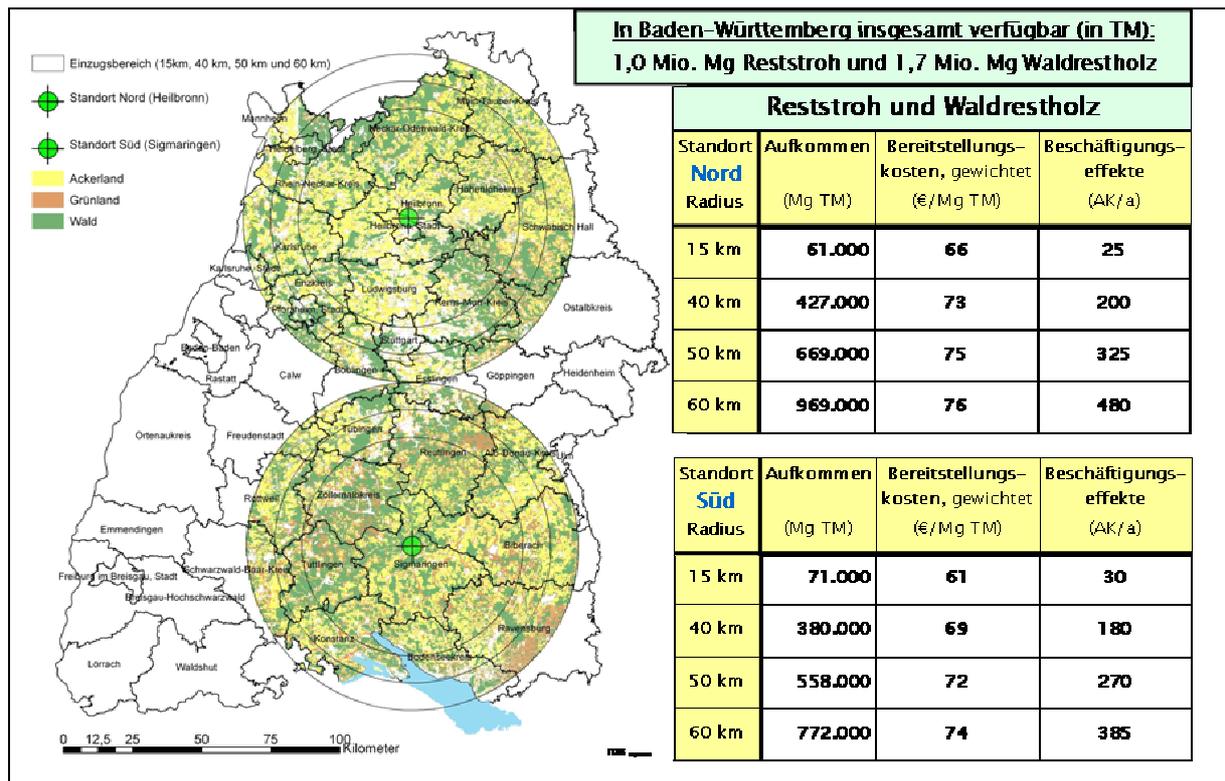


Abb. 2: Zwei Anlagenstandorte in Baden-Württemberg – Aufkommen, Bereitstellungskosten und Beschäftigungseffekte bei Stroh und Waldrestholz

Zum Vergleich: In Deutschland stehen für eine energetische Nutzung rd. 30 Mio. Mg TM an Stroh und Waldrestholz zur Verfügung – gemessen am gesamten Aufkommen biogener Rest- und Abfallstoffe sind dies ebenfalls 43 %. Bei den Anteilen 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 Beiträge mit 22 % bzw. 21 % nahezu identisch. Insgesamt könnten biogene Reststoffe rd. 10 % des deutschen Primärenergiebedarfs decken (vgl. Leible und Kälber, 2006). Nach Abschätzungen des BMU für das Jahr 2005 trugen Biomasse (einschließlich Biodiesel) und biogene Rest- und Abfallstoffe 2,9 % zur Deckung des Primärenergiebedarfs bei. Zur Information: Insgesamt trugen 2005 alle erneuerbaren Energieträger (einschließlich Wasser- und Windkraft) 4,6 % zur Energieversorgung in Deutschland bei.

Wie Abschätzungen für zwei Anlagenstandorte in Baden-Württemberg – unter Einsatz eines geografischen Informationssystems – zeigen, 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). Darüber hinaus wären mit der Bereitstellung der Biomasse (Erfassung und Transport) direkt rd. 500 Arbeitskräfte (AK) beschäftigt. Die Analysen zeigen ferner, dass die zusätzliche Berücksichtigung von Silomais oder Heu von überschüssigem Grünland zu einer Verteuerung der Biomassebereitstellung führen würde. Die zentrale Fragestellung dieser Untersuchungen war (vgl. Leible et al., 2005), inwieweit zwei Anlagenstandorte, die jährlich 200.000 Mg Fischer-Tropsch-Kraftstoff (FT-Kraftstoff) produzieren und hierfür rd. 1 Mio. Mg TM an Biomasse benötigen, aus dem Umkreis der Anlagenstandorte mit Biomasse versorgt werden könnten und zu welchen Kosten.

### Verfahren zur energetischen Nutzung von Biomasse

Betrachtet man die verschiedenen Arten und Herkünfte von Biomasse (vgl. Abb. 3), so kann diese prinzipiell nach ihrer Bereitstellung – je nach Art und Konditionierungsform – durch physikalisch-chemische, bio- oder thermochemische Umwandlungsprozesse in flüssige, gasförmige und feste Energieträger überführt werden (vgl. Leible et al., 2006a).

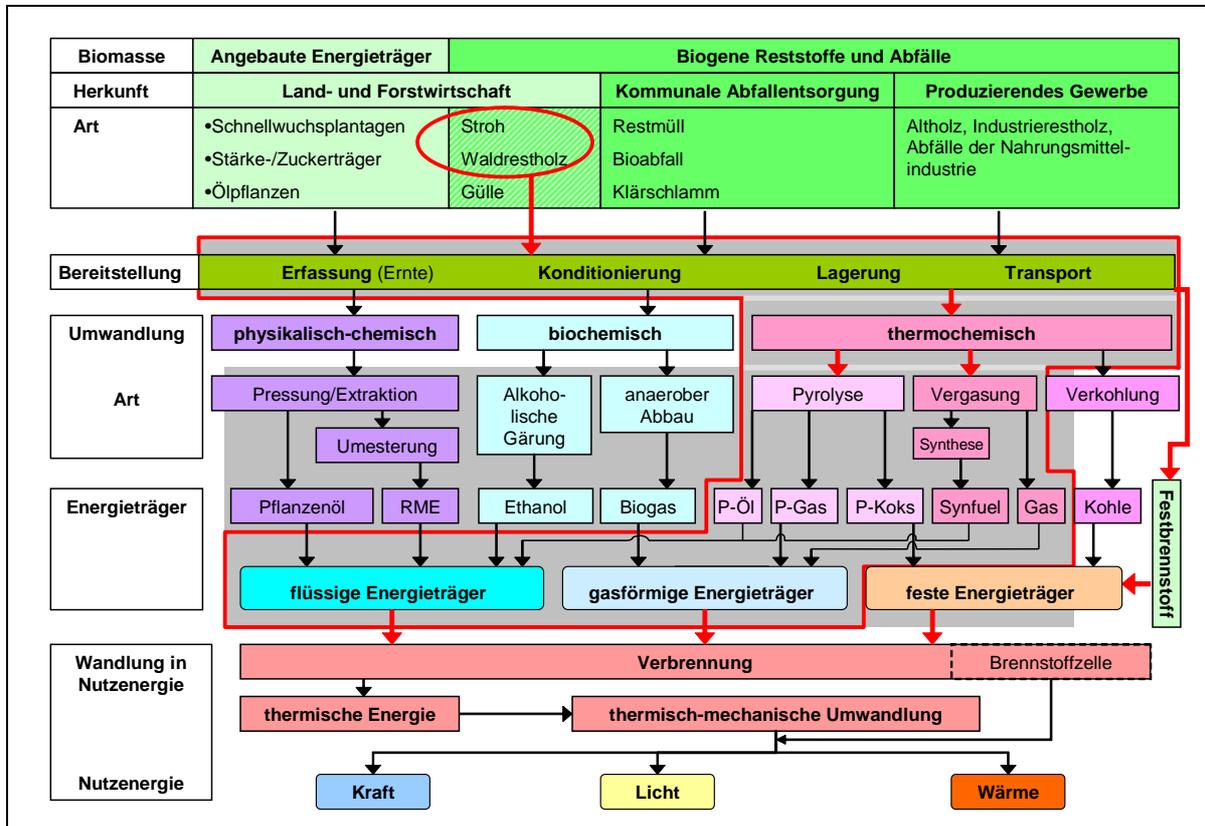


Abb. 3: Bereitstellung von Nutzenergie aus Biomasse

Hieraus lassen sich dann über die Verbrennung und thermisch-mechanische Umwandlung die gewünschten Nutzenergieformen in Form von Kraft, Licht und Wärme bereitstellen. Vor dem Hintergrund der Vielzahl von möglichen Prozessschritten ist anzumerken, dass hierbei angestrebt werden sollte, möglichst auf direktem Wege zur gewünschten Nutzenergieform zu gelangen. Hierdurch werden einerseits die Kosten minimiert und andererseits die Netto-Wirkungsgrade in der Energiebereitstellung optimiert. Die Bereitstellungspfade der für Deutschland bzw. Mitteleuropa wesentlichen Biokraftstoffe Pflanzenöl, Biodiesel (RME), Bioethanol und Biogas sind in Abb. 3 dargestellt, wobei – mit Blick auf die Aktivitäten des Forschungszentrums Karlsruhe – die Bereitstellung von synthetischen Kraftstoffen („Synfuel“) über die Pyrolyse und Vergasung von Stroh und Waldrestholz besonders gekennzeichnet ist (vgl. Malcher et al. 2005).

### Anteil der Biomasse an den Herstellungskosten von FT-Kraftstoff

In Abb. 4 sind die Kosten und Kostenanteile bei der Bereitstellung von FT-Kraftstoff (Synfuel) aus Stroh und Waldrestholz den Gesteungskosten von erdölstämmigem Diesel – in einer Raffinerie, bei Rohölpreisen von 30, 65 und 100 \$ pro barrel – gegenübergestellt, jeweils ohne Mehrwertsteuer bzw. beim FT-Kraftstoff auch ohne Mineralölsteuer. Hierbei wurde 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.

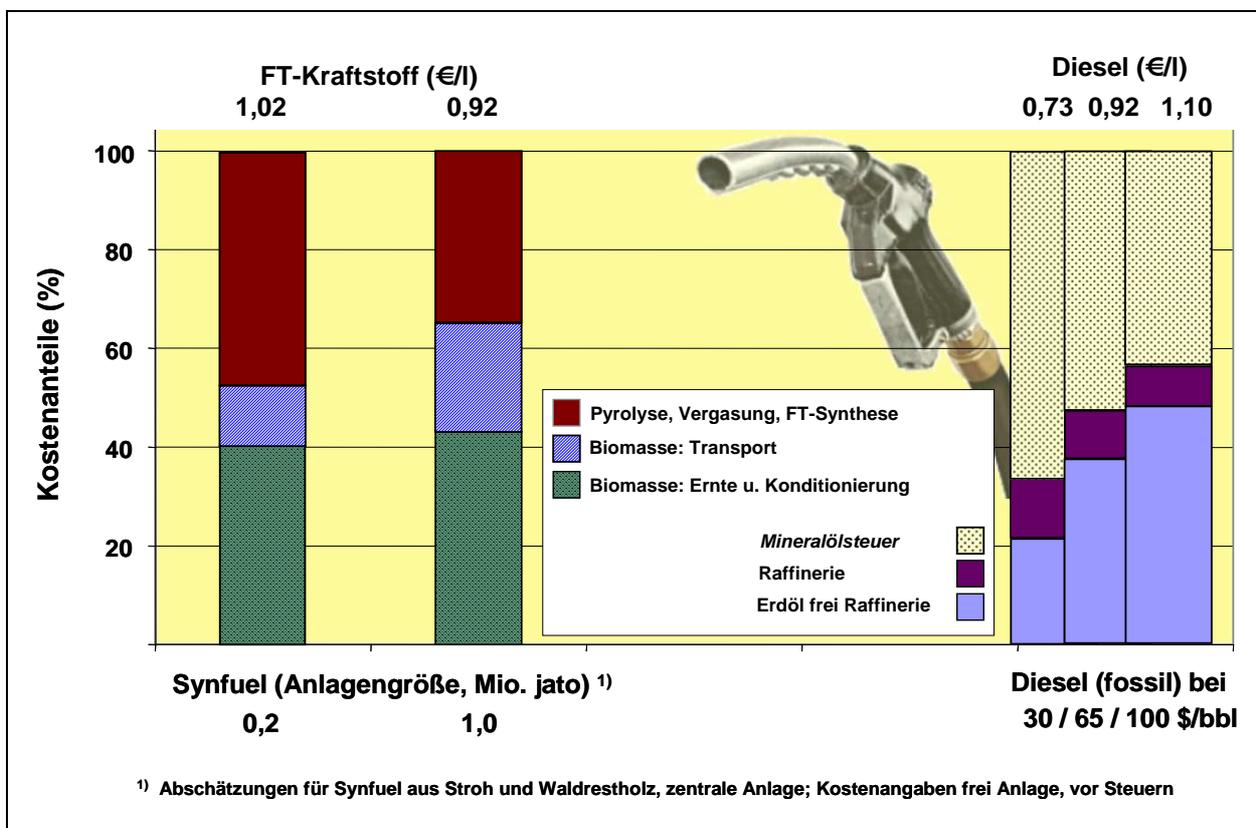


Abb. 4: Kosten und Kostenanteile bei der Bereitstellung von FT-Kraftstoff aus Stroh und Waldrestholz im Vergleich zu Diesel

Wie die Ergebnisse zeigen, könnte der FT-Kraftstoff, je nach Anlagengröße, zu rd. 1,0 € bzw. 0,9 € pro Liter frei Anlage bereitgestellt werden, wenn auf die Mineralölsteuer verzichtet wird (vgl. Leible et al., 2006b). Bei einem Rohölpreis von 65 \$/bbl liegen bei Diesel (fossil) die Bereitstellungskosten frei Raffinerie – aber einschließlich der Mineralölsteuer – ebenfalls bei rd. 0,9 €/l (vgl. Abb. 4).

Die durchgeführten Analysen zu den Kosten und Kostenanteilen zeigen, dass die Biomassebereitstellung – Ernte/Konditionierung und Transport – der bestimmende Kostenblock ist. Bei der 0,2 Mio. jato-Anlage trägt dieser Kostenblock rd. 55 % zu den Gestehungskosten des FT-Kraftstoffs bei; bei der 1 Mio. jato-Anlage sind dies rd. 65 %. Hieraus ist die Schlussfolgerung zu ziehen, dass die Wettbewerbsfähigkeit der Bereitstellung von FT-Kraftstoff am effektivsten durch kostengünstige Biomasse verbessert werden kann. Länder mit günstiger Biomasse haben somit deutliche Wettbewerbsvorteile.

### Schlussfolgerungen

Auf Basis der durchgeführten Analysen und der vorliegenden Ergebnisse lassen sich folgende Schlussfolgerungen ziehen:

- Der zunehmende Anteil von Biomasse zur Kraftstoff-, Strom- und Wärmebereitstellung wird die Konkurrenz verschärfen und zu höheren Preisen bei diesen biogenen Rohstoffen auf den Weltmärkten führen. Aus Sicht der Land- und Forstwirtschaft ein Vorteil, aus Sicht des Endverbrauchers aber mit deutlichen Preiserhöhungen verbunden und damit von Nachteil.

- Biogene Rest- und Abfallstoffe (wie z.B. Stroh, Waldrestholz) sind als Energieträger deutlich kostengünstiger als gezielt angebaute Pflanzen und darüber hinaus einem geringeren Konkurrenzdruck ausgesetzt, aufgrund der eingeschränkten Verwendungsalternativen.
- Für die Bereitstellung bestimmter Biokraftstoffe (z.B. Biodiesel, Bioethanol) gibt es derzeit keine Alternativen zu den gezielt angebauten Pflanzen (z.B. Raps, Weizen, Zuckerrüben). Hier wird sich die Konkurrenz um die verfügbare Ackerfläche folglich verschärfen.
- Die Versorgung großer Anlagen zur Konversion von Biomasse zu Kraftstoffen stellt große Herausforderungen an eine kostengünstige Biomasse-Logistik.

### Literatur

Leible, L., und S. Kälber, 2006: Energetische Nutzung fester biogener Reststoffe. Informationen zur Raumentwicklung (2006)1/2, 43-54

Leible, L., S. Kälber, G. Kappler, S. Lange, E. Nieke und B. Fürniss, 2006a: Energiebereitstellung aus biogenen Reststoffen und Abfällen in Deutschland – eine Perspektive? In: B. Bilitewski, H. Schnurer, B. Zeschmar-Lahl (Hrsg.): Müll-Handbuch, Kennzahl 7590, Lieferung 3/06, 1-28. Berlin: Erich Schmidt Verlag, in Druck

Leible, L., S. Kälber, G. Kappler, S. Lange, E. Nieke, P. Proplesch, D. Wintzer und B. Fürniss, 2006b: Kraftstoff, Wärme oder Strom aus Stroh und Waldrestholz – ein systemanalytischer Vergleich. Technikfolgenabschätzung – Theorie und Praxis **15** (1), 61-72  
<http://www.itas.fzk.de/tatup/061/leua06b.pdf>

Leible, L., S. Kälber und 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)