

Holzenergie in Baden-Württemberg II - Ein ökologischer Vergleich der Energieerzeugung aus Wald(rest)holz

Johannes Moerschner und Ludger Eltrop

IER – Institut für Energiewirtschaft und rationelle Energieanwendung, Universität Stuttgart
Heißbrühlstr. 49a, 70565 Stuttgart; Tel: 0711/780 61-65; Fax: -77
e-mail: jm@ier.uni-stuttgart.de; Internet: <http://www.ier.uni-stuttgart.de/see>

Zusammenfassung

Aus ökologischer Sicht weisen Bereitstellungsverfahren für Holzbrennstoffe deutliche Unterschiede auf. Diese wurden im Rahmen eines vom Ministerium für Ernährung und Ländlichen Raum Baden-Württ. (MLR) geförderten Projektes näher untersucht. Es wurden sieben typische Verfahren zur Bereitstellung von Holzbrennstoffen hinsichtlich der auftretenden Energie- und Schmierstoffverbräuche sowie der auftretenden Emissionen durch den Maschineneinsatz miteinander verglichen. Weiterhin wurden beispielhaft ökologische Aspekte eines mit naturbelassenem Holzhackgut befeuerten Heizkraftwerkes mit ORC-Anlage (Organic Rankine Cycle) im Vergleich zur Stromerzeugung mit einer Dampfturbinenanlage analysiert.

Ansatz

Für den Verfahrensvergleich der Brennstoffbereitstellung wurden zunächst fünf Prozessketten zur Bereitstellung von Waldhackgut und zwei Prozessketten zur Stückholzbereitstellung herangezogen (vgl. Beitrag „Holzenergie in Baden-Württemberg I“). Auf dieser Basis wurden deren direkte Umweltwirkungen (Energieeinsatz, Emissionen) als Element von Lebenszyklusanalysen ermittelt.

Bei der ökologischen Analyse beispielhafter Systeme zur Holzenergienutzung – mit Hilfe der Lebenszyklusanalyse (nach DIN EN ISO 14 040 ff) von der Bereitstellung über die Umwandlung bis hin zur Nutzung - wurde schwerpunktmäßig die innovative ORC-Technologie für den KWK-Betrieb mit Holzhackschnitzeln und Anschluss an ein Nahwärmenetz im Vergleich mit anderen technischen Holznutzungsmöglichkeiten

untersucht. Die Annahmen zur Systemauslegung wie Leistungs- und Energiebilanzdaten (Input/Output, Wirkungsgrade, Volllaststunden usw.) wurden u.a. in Zusammenarbeit mit dem Ingenieurbüro Schuler und den Betreibern der Anlagen getroffen.

Ergebnisse

In Abb. 1 sind die Ergebnisse des ermittelten Kraftstoffverbrauchs für die untersuchten Brennstoffbereitungsverfahren dargestellt. Es zeigt sich, dass die Verfahren mit niedrigem Mechanisierungsgrad (motor-manuell) erwartungsgemäß auch die geringsten Aufwendungen an Kraftstoff verursachen. Je höher der Mechanisierungsgrad ist, desto höher liegen insgesamt auch die spezifischen Kraftstoffverbräuche.

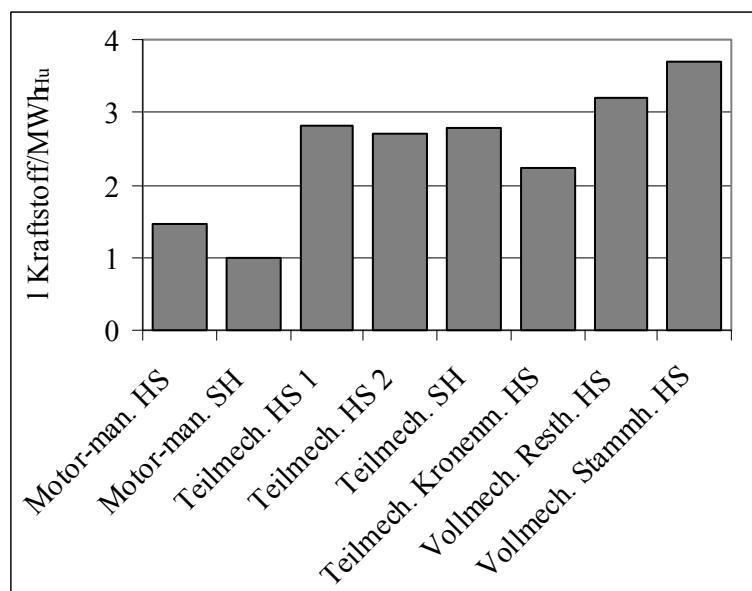


Abb. 1: Kraftstoffverbrauch der unterschiedlichen Verfahren zur Holzbrennstoffbereitstellung je MWh Heizwert (bei 40 % Wassergehalt)

Die vollmechanisierte Hackschnitzelbereitstellung aus Stammholz mit stationärem Hacken auf zentralen Umschlagplätzen zeichnet sich trotz hohem Durchsatz und hoher Leistung durch den höchsten Einsatz an Kraftstoff- und weiterer Hilfsenergie (Schmierstoffe, Strom, vgl. Abb. 2) aus. Sie dient typischerweise den Brennstofflieferanten von Heiz- oder Heizkraftwerken zur Aufrechterhaltung vereinbarter Brennstoffqualitäten, die gelieferten Brennstoffe enthalten weitgehend Holzmaterial aus anderen Herkünften. Die mittleren Transportwege sind im Vergleich zu den übrigen

Verfahren wegen der notwendigen zentralen Aufbereitungs- und Verteilungslogistik deutlich länger. Dabei sind außerdem zwei Brennstoff-Ferntransporte zunächst als Stammholz zum Häckselplatz und anschließend im Brennstoffmix zum Abnehmer notwendig. Diese sind für einen großen Teil der hohen Kraftstoffaufwendungen und damit verbundenen Emissionen der Bereitstellung verantwortlich.

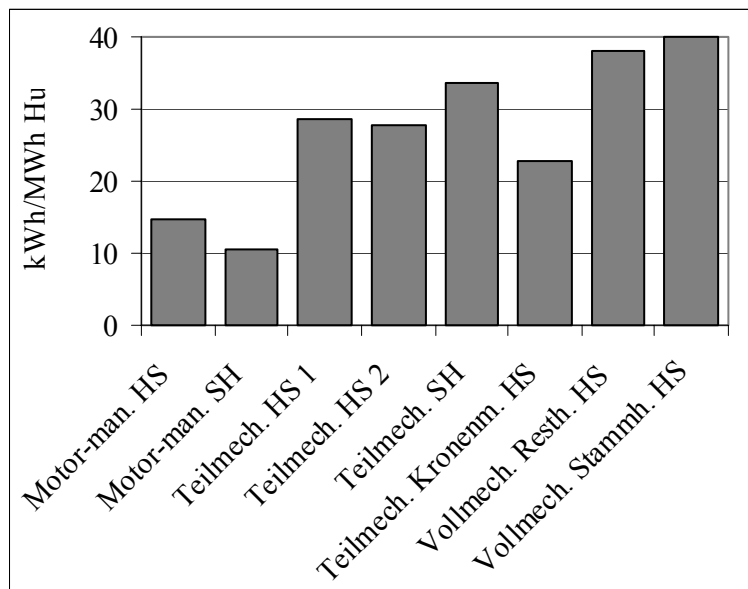


Abb. 2: Aufwand an Fossilenergie (incl. Schmierstoffbedarf, Strom) der unterschiedlichen Verfahren zur Holzbrennstoffbereitstellung je MWh_{Hu} (40 % H_2O), endenergetisch

Die relativen Verhältnisse zwischen den Verfahren bleiben auch bei energetischer Bewertung der verbrauchten Schmierstoffe und weiteren Hilfsenergie (Strom) bestehen, wenngleich sich die absoluten Unterschiede etwas verschieben (Abb. 2).

Bei den motor-manuellen Verfahren stehen oftmals die Auslastung freier Arbeitskapazitäten in der Land- und Forstwirtschaft bzw. die Eigenleistung für die Selbstversorgung im Vordergrund. Solche Verfahren können deshalb in ihrem Umfang nicht beliebig skaliert werden, wenngleich sie aus energetischer Sicht (vgl. Abb. 2) und folglich auch im Hinblick auf die mit den Verfahren verbundenen Emissionen im Vergleich zu einer höheren Mechanisierung grundsätzlich Vorteile aufweisen.

Im Vergleich der kumulierten spezifischen nicht-erneuerbaren Energieaufwendungen fällt als deutlichster Unterschied der anteilig höhere Aufwand an Betriebsstrom für

das Dampfkraft-HKW auf. Umgekehrt ist der relative Aufwand für die Brennstoffbereitstellung beim Dampfkraft-HKW geringer. Dies lässt sich durch den höheren Exergetischen Wirkungsgrad (höhere Stromerzeugung und brennstoffoptimierte Wärmeauskopplung) der Dampfkraftanlage erklären.

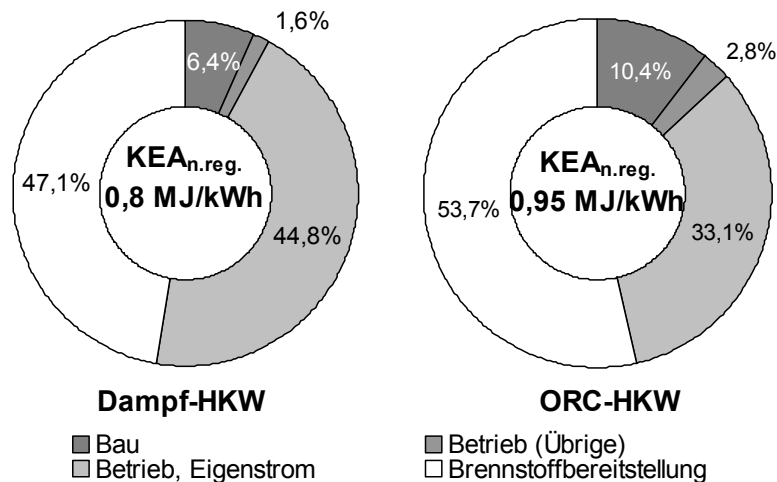


Abb. 3: Beiträge der Lebenswegabschnitte zum KEA_{n.reg.} des Biomasse-Dampfturbinen- und des ORC-HKW je kWh (exergetisch) bei 20 a Betrieb

Die spezifischen Emissionen einer ORC-Anlage im Vergleich zu einem Heizkraftwerk mit Dampfturbine, die wärmegeführt (ORC) und biomasseoptimiert (Dampfturbine) betrieben werden, sind in Tab. 1 dargestellt. Zur getrennten Bewertung der Emissionen aus der Strom- und aus der Wärmeerzeugung wurde ein exergetisches Allokationsverfahren angewandt. Die dargestellten Ergebnisse beziehen sich hier auf die insgesamt jeweils bereitgestellte Exergie (Strom: brutto, Exergie = 1; Wärme: Exergie bei 90°C für ORC = 0,22/kWh_{th}).

Durch einen hohen Anteil der Wärmenutzung zu Heizzwecken (Wärmegutschrift in Höhe von 60 % der erzeugten Exergie bei der ORC-Anlage und knapp 45 % bei der Dampfturbine) werden die spezifischen Belastungen einer Stromerzeugung aus Holz verringert. Die CO₂-Emissionen werden durch die Menge an CO₂, die aus dem Brennstoff Holz kommt und damit klimaneutral ist, dominiert. Die CO₂-Emissionen, die der Nutzung fossiler Energiequellen aus den Vorketten zuzurechnen sind, machen etwa 5 % des bei der Verbrennung der Biomasse freigesetzten CO₂ aus.

Tab. 1: Spezifische Emissionen und Brennstoffverbrauch von zwei Biomasse-KWK-Anlagen je kWh_{exerg} bei 20 a Betrieb und exergetischer Betrachtung; Holzenergie-optimiert, Dampfturbine, 70 % bzw. wärmegeführt, ORC-Modul, 81 % Jahresnutzungsgrad

	Dampfturbine	ORC-HKW
Kumulierte Emissionen [g/kWh_{exerg}]		
CO ₂ nicht reg. (aus Vorketten, Hilfsenergie)	61,49	69,17
CO ₂ Holz-Brennstoff	1.098,20	1.477,09
N ₂ O	0,01	0,01
SO _x als SO ₂	0,39	0,64
NO _x als NO ₂	0,72	1,42
Partikel gesamt	0,10	0,20
Brennstoffeinsatz [MJ_{Hu}/kWh_{exerg}]		
Holz	10,26	13,79

Die spezifischen Lebenswegemissionen der Holzenergienutzung mit Stromerzeugung über die innovative ORC-Technik sind im Vergleich mit der Dampfturbine in einigen Bereichen zwar höher (SO₂, NO_x, Partikel). Dies begründet sich u.a. aus dem insgesamt geringeren exergetischen Wirkungsgrad (höherer spezifischer Brennstoffeinsatz je kWh_{exerg}!) und den in den Berechnungen verwendeten höheren anlagenspezifischen Feuerungsemissionen. Dem stehen aber Vorteile z.B. in Bezug auf den energetischen Jahresnutzungsgrad, Teillastverhalten oder Betriebskosten gegenüber (Tab. 1).

Diese Art der Betrachtung wird für weitere repräsentative Holzenergiesysteme in ähnlicher Form durchgeführt, ebenso der Vergleich mit fossil gefeuerten Systemen gleichen Nutzens.

In weiteren Beiträgen werden technisch-ökonomische Aspekte der Holzbrennstoffbereitstellung sowie Beschäftigungswirkungen der Holzenergienutzung vorgestellt (vgl. „Holzenergie in Baden-Württemberg I und III“).

Literatur

ISO (Hrsg.): DIN EN ISO 14040-43. Umweltmanagement – Ökobilanz – Prinzipien und allgemeine Anforderungen; Sachbilanz; Wirkungsabschätzung; Bilanzauswertung. Beuth Verlag, Berlin 1997-2000