

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

Johannes Moerschner und Ludger Eltrop

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

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 acht typische Verfahren zur Bereitstellung von Holzbrennstoffen hinsichtlich der auftretenden Energie- und Schmierstoffverbräuche sowie der auftretenden Emissionen durch den Maschineneinsatz miteinander verglichen. Weiterhin wurden beispielhaft Energieaufwand und Lebenswegemissionen von zwei holzbrennstoffbasierten KWK-Systemen analysiert.

Vorgehensweise

Für den Verfahrenvergleich der Brennstoffbereitstellung wurden sechs 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 Bestandteil von Lebenszyklusanalysen der Holzenergiebereitstellung ermittelt.

Die ökologische Betrachtung beispielhafter Systeme zur Holzenergienutzung wurde mit Hilfe der Lebenszyklusanalyse (nach DIN EN ISO 14 040 ff) von der Bereitstellung über die Umwandlung bis hin zur Nutzung durchgeführt. Hier steht der Vergleich der innovativen ORC-Technologie (Organic Rankine Cycle) für einen wärmegeführten KWK-Betrieb mit Holz hackschnitzeln mit einem holzenergie-optimierten Dampfturbinenprozess zur Wärme- und Stromerzeugung aus Holz im Mittelpunkt des Beitrags. Die Aufteilung von Primärenergiebedarf und Emissionen aus der Strom- und aus der Wärmeerzeugung erfolgte exergetisch (Exergie bei 90°C für ORC: 0,22/kWh_{th}).

Ergebnisse

Energetische Betrachtung der Holzbrennstoffbereitstellung

In Abb. 1 sind die Ergebnisse des ermittelten Kraftstoffverbrauchs für die untersuchten Brennstoffbereitstellungsverfahren 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. Die relativen Verhältnisse zwischen den Verfahren bleiben auch bei energetischer Bewertung der (aus fossilen Rohstoffen erzeugten) verbrauchten Schmierstoffe und weiteren Hilfsenergie (Strom) bestehen, wenngleich sich die absoluten Unterschiede etwas verschieben.

Ökologische Analyse der Holzenergienutzung

Energiebilanz: In Abb. 2 wird deutlich, dass der kumulierte Energieaufwand (KEA) des Dampfkraft-HKW's mit 0,8 MJ/kWh Strom niedriger liegt als bei der ORC-Anlage. Der relative Anteil der Bauaufwendungen und des Brennstoffbedarfs liegen bei der ORC-Anlage höher, während der Betriebsstrombedarf mit 33,1 % geringer ausfällt als bei der Dampfturbinenanlage (knapp 45 %).

Bei der ORC-Technik liegt der spezifische Brennstoffbedarf je kWh Strom aus exergetischer Sicht wegen des geringen elektrischen Wirkungsgrades höher als bei der Dampfturbine (Tabelle 1).

Emissionen: Da die kumulierten Lebenswegemissionen maßgeblich von den Verbrennungsemissionen der Betriebsphase beeinflusst werden, liegen die spezif. Emissionen auch hier bei der Dampfturbinenanlage mehr oder weniger deutlich niedriger als bei der ORC-Anlage (Tabelle 1). Dies ist u.a. auch auf die jeweils eingesetzte Verbrennungstechnik zurückzuführen.

Nur etwa 1/20 der jeweils auftretenden CO₂-Emissionen stammen aus fossilen Energiequellen. Die übrigen bei der Verbrennung von Biomasse freigesetzten CO₂-Emissionen werden als klimaneutral betrachtet und folglich nicht mit bilanziert.

Tabelle 1: Spezifische Emissionen und Brennstoffbedarf von zwei Holzenergie KWK-Systemen bei 20 Jahren Betriebsdauer und exergetischer Betrachtung; holzenergie-optimiert, 70 % (Dampfturbine) bzw. wärmegeführt 81 % Jahresnutzungsgrad (ORC-Anlage)

	Dampfturbine	ORC-HKW
Kumulierte Emissionen [g/kWh_{exerg}]		
CO ₂ nicht reg. (aus Vorketten, Hilfsenergie)	61,49	69,17
CO ₂ (aus 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

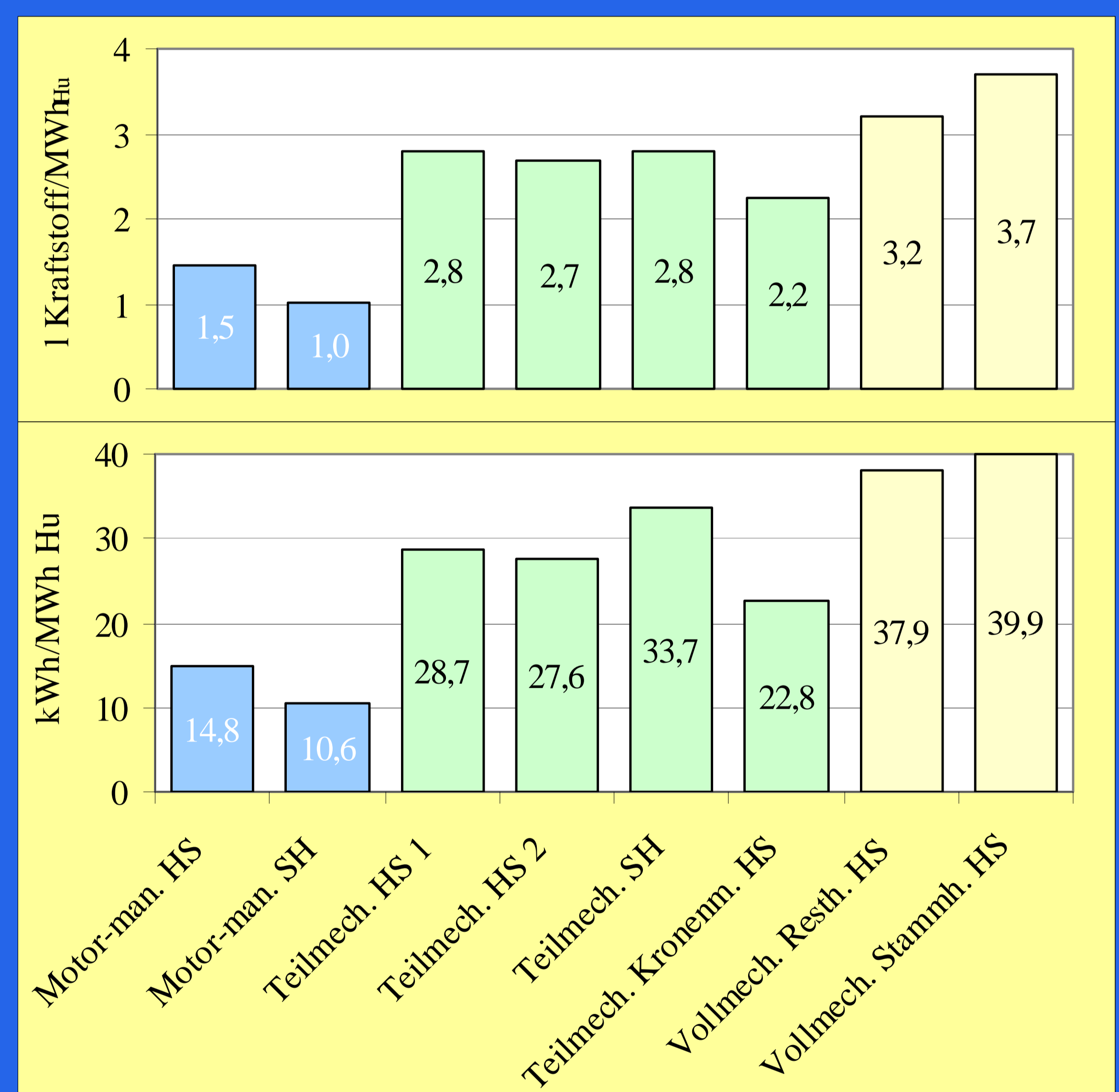


Abb. 1: Kraftstoffverbrauch (oben) und Aufwand an Fossilenergie (unten, inkl. Schmierstoffbedarf, Strom; endenergetisch) der unterschiedlichen Verfahren zur Holzbrennstoffbereitstellung je MWh Heizwert (bei 40 % Wassergehalt)

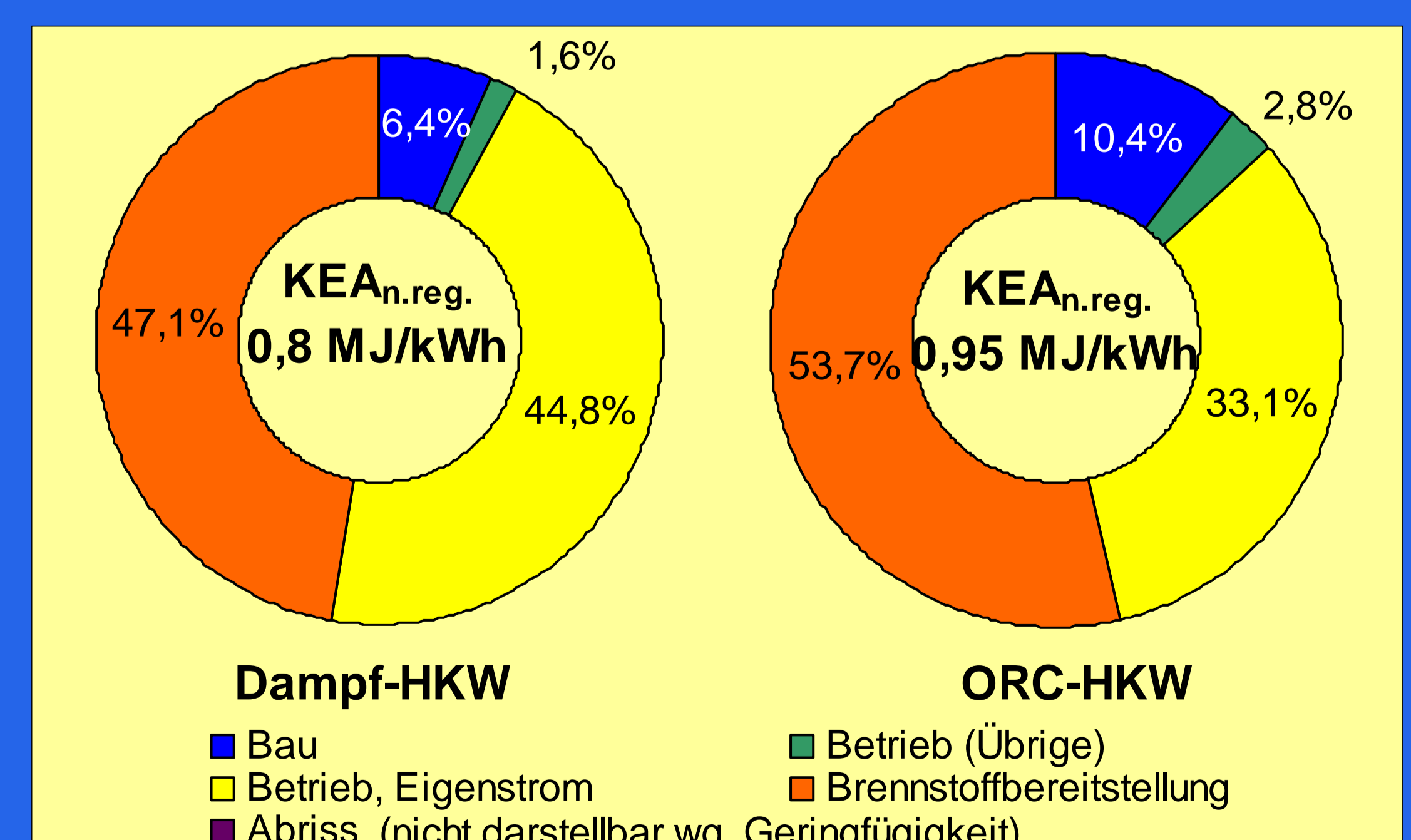


Abb. 2: Beiträge der Lebenswegabschnitte zum KEA_{n.reg.} des Biomasse-Dampfturbinen- und des ORC-HKW's je kWh (exergetisch) bei 20 a Betrieb