

## Treibhausgasvermeidung durch Wärme aus Holz

**Wärme aus Holz ist klimafreundlich. Durch die Nutzung von Holz als regional verfügbarer Rohstoff zur Produktion von Wärme können fossile Energieträger wie Heizöl oder Erdgas ersetzt werden. Um die konkrete Treibhausgasvermeidung zu bestimmen, müssen die Emissionen von Treibhausgasen wie Kohlendioxid, Methan oder Lachgas von Wärme aus Holz mit den Treibhausgasemissionen von Referenzprodukten wie Wärme aus Heizöl oder Erdgas verglichen werden.**

### Treibhausgase in Ökobilanzen

Die Erfassung der Treibhausgas(THG)-Emissionen, die bei Herstellung, Transport, Nutzung und Entsorgung entstehen, ist wichtig, um Umweltwirkungen von Produkten zu bewerten. Durch nachwachsende Rohstoffe wie Holz können fossile Energieträger ersetzt werden. Dies wirkt sich meist positiv auf den Klimawandel aus.

Um zu bestimmen, welche Menge an Treibhausgasen durch die Nutzung von Holz vermieden wird, müssen sowohl das Holzprodukt als auch dessen Referenzprodukte entlang ihres gesamten Lebensweges auf Material- und Energieverbrauch untersucht werden: von der Rohstoffgewinnung über die Fertigung und eigentliche Nutzung bis hin zu Abfallbehandlung bzw. Recycling. Die allgemeine Methodik der Ökobilanzierung wird in zwei Normen (DIN EN ISO 14040, DIN EN ISO 14044) geregelt. Diese lassen dem Anwender jedoch viel Spielraum, was zu vielen intransparenten und nicht vergleichbaren Ergebnissen führen

Energieträger zur Wärmebereitstellung	THG-Emissionen je MJ in g CO <sub>2</sub> -Äquivalente	Anteile am Wärmemix in Bayern (2011) in %
Erdgas	83,0	42,6
Heizöl	106,6	21,7
Strom	172,5	9,6
Fernwärme	91,8	6,7
Sonstige Erneuerbare*	28,4	2,5
Flüssiggas	105,4	2,0
Braunkohle Wärme	162,7	1,2
Steinkohle Wärme	151,4	0,1
Bayerischer Holzwärmemix	11,4	12,6

\* Mix aus u.a. Solarthermie, Geothermie, Biogas, biogener Anteil des Abfalls

kann. Im bayerischen Projekt ExpResBio haben Experten aus allen Bereichen des Biomasseanbaus und der Biomassenutzung Handlungsempfehlungen erarbeitet und umgesetzt, um die Vorgaben aus den Ökobilanznormen zu präzisieren. Diese bilden die Basis für die Berechnung der THG-Emissionen von Wärme aus Holz.

Der Bayerische Holzwärmemix ist gewichtet nach installierter Leistung der Einzeltechnologien (Scheitholz, Hackschnitzel, Pellets) für das Bezugsjahr 2011 und Baumartenverteilung der Holzernstemengen in Bayern.

### Treibhausgasbilanzierung von Wärme aus Holz

Zur Berechnung der THG-Emissionen von Wärme aus Holz wurden für Bayern repräsentative Energiesysteme modelliert. Dabei wurden verschiedene Prozessgruppen berücksichtigt:

- Erzeugung und Bereitstellung von Rohholz [A]
- Transformation zum Energieholzprodukt [B]
- Konversion zu Wärme [C]
- Transport von Rohholz und Energieträger [T1] und [T2]

Abfallbehandlung bzw. Recycling kann für Holzenergie vernachlässigt werden.

Die THG-Emissionsfaktoren werden in g CO<sub>2</sub>-Äquivalente für die erzeugte Menge an Nutzenergie in Megajoule ausgewiesen. Zudem steht ein eigens berechneter THG-Emissionsfaktor für den Technologiemix von in Bayern installierten Anlagen zur Erzeugung von Holzwärme zur Verfügung (Bayerischer Holzwärmemix). Dieser kann verwendet werden, falls die THG-Emissio-

nen z. B. für eine Kommune oder eine Region ausgewiesen werden sollen und der genaue Anlagenmix nicht bekannt ist.

Das CO<sub>2</sub>-Äquivalent ist eine Maßzahl für den relativen Treibhauseffekt eines Klimagases, z.B. Methan und Lachgas, verglichen mit dem Treibhauseffekt von Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>).

Prozessgruppe	Scheitholz	Hackschnitzel	Pellets
			
<b>[A]</b> Erzeugung und Bereitstellung von Rohholz	Bestandesbegründung durch manuelle Pflanzung bei Buche (Naturverjüngung bei Fichte); ohne Einzäunung; gängige Pflegemaßnahmen; Durchforstungen mit Harvester (Scheitholz motormanuell); Endnutzungen motormanuell; Rücken mit Forwarder (Scheitholzrollen per Hand); regelmäßige Wegepflege und Wegeinstandsetzung; Aufladen von Rundholz per Kran auf LKW, Scheitholzrollen per Hand auf Anhänger; Betrachtungszeitraum: baumartenspezifische Umtriebszeit; Baumarten: Fichte für Hackschnitzel und Pellets, Buche für Scheitholz; für Pellets aus Sägerestholz sowie für die Sägenebenprodukte zur Feuerung im 1 MW Hackschnitzelheizwerk werden die vorgelagerten Stammholztransporte und Sägeprozesse berücksichtigt.		
<b>[T1]</b> Transport von Rohholz	Scheitholzrollen mit Traktor und Anhänger; einfache Distanz 15 km; Auslastung 50 % (leere Hinfahrt, volle Rückfahrt)	kein Transport von Rohholz, da Hacken direkt an der Waldstraße	Stammholz mit Holz-Sattelschlepper; einfache Distanz 100 km; Sägerestholz mit Sattelschlepper; einfache Distanz 100 km; jeweils Auslastung 50 %
<b>[B]</b> Transformation zum Energieholzprodukt	Spalten der Scheitholzrollen mit Senkrechtpalser; Ablängen mit Kreissäge; Lufttrocknung auf Wassergehalt w=20 %	Hacken an der Waldstraße mit Diesel-Anbauhacker; für einzelne Technologien Trocknung auf w=20 %	Technische Trocknung der Pellets auf w=10 % unter Einsatz von Holzbrennstoffen; Pelletieren
<b>[T2]</b> Transport von Energieträger	Scheitholz mit Traktor und Anhänger; einfache Distanz 15 km; Auslastung 50 %	mit Sattelschlepper; einfache Distanz 100 km; für 1 MW Heizwerk: Hackschnitzel und Sägenebenprodukte mit Sattelschlepper; einfache Distanz 100 km; Altholz mit Sattelschlepper; einfache Distanz 150 km; jeweils Auslastung 50 %	Pellets mit Sattelschlepper; Distanz 100 km; Auslastung 50 %
<b>[C]</b> Konversion zu Wärme	Einzelfeuerung (Jahresnutzungsgrad: 0,65) und Scheitholzkessel (Jahresnutzungsgrad: 0,78) bei einem Heizwert H <sub>v</sub> von 13,9 MJ/kg bei w=20 %	Hackschnitzel-Zentralheizungen (50 kW und 300 kW): 14,4 MJ/kg bei w=20 % und 8,1 MJ/kg bei w=50 % (Jahresnutzungsgrad: 0,75); 1 MW Heizwerk: Hackschnitzel 74 % (8,1 MJ/kg bei w=50 %), Sägenebenprodukte 22 % (14,4 MJ/kg bei w=20 %), Altholz 4 % (16,3 MJ/kg bei w=10 %) (Jahresnutzungsgrad: 0,75)	Pellet-Zentralheizungen (15 kW und 50 kW): 16,6 MJ/kg bei w=10 % (Jahresnutzungsgrad: 0,78)

## THG-Emissionen von Wärme aus Holz – Beispiele

Die THG-Emissionen je MJ Heizwärme aus Holz schwanken zwischen 7,5 g für Scheitholz in Scheitholzkesseln und 25,4 g CO<sub>2</sub>-Äquivalente in 15 kW Pelletfeuerungen. Für den Holzwärmemix Bayern ergeben sich Emissionen von 11,4 g CO<sub>2</sub>-Äquivalente je MJ Heizwärme.

Die Erzeugung und Bereitstellung von Rohholz [A] nimmt zwischen 10% bei der Scheitholz- und knapp 30% bei der Pelletnutzung ein. Die Transporte [T1 und T2] liegen bei einem Anteil zwischen 4 % für

Hackschnitzel und 15 % beim Scheitholz. Die Transformation der Biomasse zum Energieträger [B] spielt aufgrund der höheren Technisierung mit 34 – 39% eine große Rolle bei der Hackschnitzel- und Pelletnutzung, einen geringeren Stellenwert hat sie bei der Scheitholznutzung (15%). Die Konversion zu Wärme [C] dagegen liegt beim Scheitholz bei über 50 %, bei Hackschnitzel zwischen 27 – 32 % und bei Pellets zwischen 20 – 25%.

Die Holzverbrennung kann bei einer nachhaltigen Forstwirtschaft als CO<sub>2</sub>-neutral angesehen werden, da der freigesetzte Kohlenstoff wieder in der nachwachsenden Biomasse des Waldes gespeichert wird. Völlig klimaneutral ist die Holznutzung damit aber nicht, da bei der Verbrennung die treibhauswirksamen Gase Methan und Lachgas entstehen können.

THG-Emissionsfaktoren je MJ in g CO <sub>2</sub> -Äquivalente	[A] Bereitstellung Rohholz	[T1] Transport Rohholz	[B] Transformation Energieträger	[T2] Transport Energieträger	[C] Konversion Wärme	Gesamt
Fichte Hackschnitzel 50 kW (w=20 %)	4,5	–	5,9	0,6	5,2	16,2
Fichte Hackschnitzel 300 kW (w=20 %)	4,5	–	5,9	0,6	4,3	15,3
Fichte Hackschnitzel 300 kW (w=50 %)	5,0	–	6,6	1,1	4,8	17,5
Fichte Hackschnitzelheizwerk 1 MW	6,6	–	4,1	1,2	4,2	16,1
Buche Scheitholz 6 kW Einzelfeuerung	0,9	0,8	1,3	0,8	5,9	9,7
Buche Scheitholz 6 kW Kessel	0,8	0,6	1,1	0,6	4,3	7,4
Fichte Pellets 15 kW	6,8	1,9	8,7	1,6	6,3	25,3
Fichte Pellets 50 kW	6,8	1,9	8,7	1,6	4,8	23,8
<b>Bayerischer Holzwärmemix</b>						<b>11,4</b>

Geltungsbereich der Ergebnisse: Hackschnitzel 50 kW: 30–100 kW; Hackschnitzel 300 kW: 100–700 kW; Hackschnitzel 1.000 kW: 700–5.000 kW; Pellets 15 kW: 10–30 kW; Pellets 50 kW: 30–100 kW; Scheitholz 6 kW: 6–20 kW.

## THG-Vermeidung durch Wärme aus Holz

Die Treibhausgasvermeidung stellt die Differenz des verdrängten Energieträgers (Referenzsystem) im Vergleich zum Holzenergiesystem dar. Dafür müssen die THG-Emissionen des Referenzsystems bekannt sein. In Bayern werden ca. 43 % der gesamten Endenergie im Bereich Wärme durch

Erdgas und 22 % durch Heizöl bereitgestellt (Bezugsjahr 2011). Holzenergie weist einen Anteil von ca. 13 % auf. Neben diesen drei Hauptlieferanten für Heizwärme im Freistaat besteht eine Vielzahl weiterer Energieträger, die potentiell durch Holzenergie ersetzt werden könnten.

Zur Umrechnung von Megajoule (MJ) in Kilowattstunden (kWh) müssen die Ergebnisse mit dem Faktor 3,6 dividiert werden.

THG-Vermeidung je MJ in g CO <sub>2</sub> -Äquivalente	Erdgas	Heizöl	Strom	Fernwärme	Sonstige Erneuerbare	Flüssiggas	Braunkohle	Steinkohle
Fichte Hackschnitzel 50 kW (w=20 %)	-66,7	-90,4	-156,2	-75,6	-12,2	-89,1	-146,5	-135,1
Fichte Hackschnitzel 300 kW (w=20 %)	-67,6	-91,3	-157,2	-76,5	-13,1	-90,0	-147,4	-136,1
Fichte Hackschnitzel 300 kW (w=50 %)	-65,4	-89,1	-155,0	-74,3	-10,9	-87,8	-145,2	-133,9
Fichte Hackschnitzelheizwerk 1 MW	-66,8	-90,5	-156,4	-75,7	-12,3	-89,2	-146,6	-135,3
Buche Scheitholz 6 kW Einzelfeuerung	-73,2	-96,9	-162,7	-82,1	-18,7	-95,6	-153,0	-141,6
Buche Scheitholz 6 kW Kessel	-75,4	-99,1	-165,0	-84,3	-20,9	-97,8	-155,2	-143,9
Fichte Pellets 15 kW	-57,6	-81,3	-147,1	-66,4	-3,1	-80,0	-137,3	-126,0
Fichte Pellets 50 kW	-59,1	-82,8	-148,7	-68,0	-4,6	-81,5	-138,9	-127,6
<b>Bayerischer Holzwärmemix</b>	<b>-71,5</b>	<b>-95,2</b>	<b>-161,0</b>	<b>-80,4</b>	<b>-17,0</b>	<b>-93,9</b>	<b>-151,3</b>	<b>-139,9</b>

Je technisch aufwendiger die Bereitstellung und Konversion von Holzenergieträgern ist, desto geringer ist der potentielle THG-Vermeidungseffekt. Dies zeigt sich beispielsweise bei der Betrachtung der relativ einfachen Scheitholzsysteme im Vergleich zur technisierten Pelletnutzung. Von größter Bedeutung für die Höhe der THG-Vermeidungseffekte ist jedoch die Wahl des ersetzten Referenzsystems. So können durch moderne Scheitholzessel bei der Substitution von Heizöl annähernd 100 g CO<sub>2</sub>-Äquivalente je MJ und bei der Substitution von Wärme aus Strom (z. B. Heizlüfter oder Nachtspeicheröfen) 165 g CO<sub>2</sub>-Äquivalente je MJ eingespart werden.

Anhand der THG-Emissionen je MJ kann in Verbindung mit dem Energiegehalt von einem Erntefestmeter (Efm) Holz dessen THG-Vermeidungsleistung berechnet werden. Im Mittel ergeben sich für den bayerischen Holzwärmemix THG-Vermeidungseffekte von 550 kg CO<sub>2</sub>-Äquivalente bei der Substitution von Heizöl sowie von 410 kg CO<sub>2</sub>-Äquivalente bei der Substitution von Erdgas und über 920 kg CO<sub>2</sub>-Äquivalente bei der Substitution von Stromheizungen.

THG-Vermeidung je Efm mR in kg CO <sub>2</sub> -Äquivalente	Erdgas	Heizöl	Strom	Fernwärme	Sonstige Erneuerbare	Flüssiggas	Braunkohle	Steinkohle
Fichte Hackschnitzel 50 kW (w = 20 %)	-343	-465	-804	-389	-63	-459	-754	-695
Fichte Hackschnitzel 300 kW (w = 20 %)	-348	-470	-809	-394	-67	-463	-758	-700
Fichte Hackschnitzel 300 kW (w = 50 %)	-303	-412	-717	-344	-50	-406	-671	-619
Fichte Hackschnitzelheizwerk 1 MW	-334	-452	-781	-378	-61	-446	-732	-675
Buche Scheitholz 6 kW Einzelfeuerung	-462	-612	-1.027	-518	-118	-604	-965	-894
Buche Scheitholz 6 kW Kessel	-571	-751	-1.249	-638	-159	-741	-1.175	-1.089
Fichte Pellets 15 kW	-314	-443	-802	-362	-17	-436	-749	-687
Fichte Pellets 50 kW	-322	-452	-811	-371	-25	-445	-757	-696
Bayerischer Holzwärmemix	-410	-546	-923	-461	-97	-539	-867	-802

## Einordnung der Ergebnisse

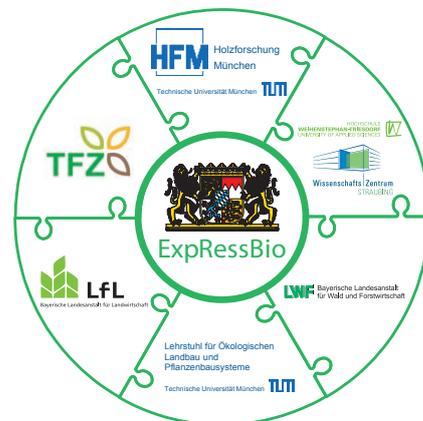
Die hier dargestellten Werte repräsentieren mittlere Annahmen für typische Holzenergiesysteme. Je nach Art des Holzenergiesystems und Referenzsystems können die Ergebnisse auch abweichen, wenn sich z. B. Baumarten, Ernteverfahren, Transportentfernungen oder Jahresnutzungsgrade von den hier dargestellten Annahmen unterscheiden.

Wird beispielsweise Fichten- anstelle von Buchenscheitholz verfeuert, ergeben sich um ca. 15 % erhöhte THG-Emissionen. Die Steigerung ist hauptsächlich mit dem geringeren Heizwert der Fichte zu begründen. Für 1 MJ Wärme wird mehr Holz als bei der Buche benötigt. Dies führt zu größeren Aufwendungen besonders in den Bereichen [A], [B] und [T].

Entsprechend werden im Fall von Buchen-Hackschnitzeln anstelle von Fichte weniger THG-Emissionen verursacht (ca. -25 %). Hier wird weniger Holzinput für 1 MJ Wärme benötigt und die THG-Emissionen verringern sich besonders in den Prozessgruppen [A] und [B].

Es ist zu bedenken, dass die THG-Emissionen natürlich nur einen Aspekt der relevanten Umweltwirkungen von Holzenergiesystemen darstellen. So sind besonders die Emissionen von Feinstäuben gesundheitlich nicht unbedenklich. Umfangreiche Ökobilanzen sollten also weitere Wirkungskategorien berücksichtigen.

Das Verbundprojekt »ExpResBio« – Expertengruppe Ressourcenmanagement Bioenergie in Bayern



## Impressum

### Herausgeber und Bezugsadresse:

Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (LWF)  
Hans-Carl-von-Carlowitz-Platz 1, 85354 Freising  
Telefon: +49-(0)8161-71-48 01, Fax: +49-(0)8161-71-49 71  
E-Mail: redaktion@lwf.bayern.de Internet: www.lwf.bayern.de

**Verantwortlich:** Olaf Schmidt, Präsident der LWF

**Redaktion:** Carina Schwab

**Autoren:** Christian Wolf (Holzforschung München, TUM), Dr. Daniel Klein, Prof. Dr. Gabriele Weber-Blaschke (Holzforschung München, TUM), Christoph Schulz

**Bildnachweis:** F. Schulumeyer

**Druck:** Druckerei Lanzinger, Oberbergkirchen

**Auflage:** 10.000 Stück

**Layout:** Petra Winkelmeier / Freie Kreatur, Ebersberg

**Die THG-Vermeidungseffekte durch Wärme aus Holz hat die LWF in Kooperation mit der Holzforschung München berechnet.**

Vervielfältigung, Verbreitung und Bearbeitung bzw. jede Art der Verwertung außerhalb der Grenzen des Urheberrechts, insbesondere außerhalb des privaten Gebrauchs, ist nur nach vorheriger Zustimmung des Herausgebers erlaubt.