

Feste erneuerbare Brennstoffe

	Eigenschaften	Bewertung	Chemische Zusammensetzung	Marktreife
Fakten	<ul style="list-style-type: none"> Aggregatzustand: fest Sehr unterschiedliche Eigenschaften, da viele verschiedene Brennstoffarten existieren Heizwert der wasserfreien Masse: ca. 17 – 33 MJ/kg Energiedichte: ca. 1 – 19 MJ/l 		<p>43-50% C 40-45% O 5-7% H</p> <p>Hauptbestandteile: Cellulose, Hemicellulose und Lignin</p>	
Herstellung	Quelle	Prozessschritte		Produkt
	Biomasse (1G, 2G)	Trocknung → Verdichtung / Kompression		Pellets / Briketts
	Biomasse (1G, 2G)	Torrefizierung		Torrefizierte Biomasse
	Biomasse (1G, 2G)	Hydrothermale Karbonisierung		Biokohle
Anwendungen	Aktuell		In Zukunft	
	<ul style="list-style-type: none"> 2012 deckten feste erneuerbare Brennstoffe 8,1 % des deutschen Wärmebedarfs und 1,9 % der Bruttostromerzeugung In vielen Ländern ist Holz zu Koch- und Heizzwecken sehr bedeutend <u>Stoffliche Nutzung</u> (76 % in D): Sägeindustrie, Holzwerkstoffe, Papierindustrie <u>Energetische Nutzung</u> (24 % in D): Wärme (Grillen, Raumwärme) und Strom (KWK-Anlagen) 		<ul style="list-style-type: none"> Einsatz in industriellen Prozessen möglich (z. B. für Metallurgie, Blei- und Kupferherstellung) Biokohle ist physikalisch ähnlich wie Braunkohle aber Zündfähigkeit und Flammeigenschaften unterscheiden sich In Deutschland bleiben feste EBS die wichtigste Form der Bioenergie Keine Hinweise auf Nutzung im Verkehrssektor 	

Quellen: /KAL-01 09/, /SPR-04 12/, /KM-01 17/, /IEA-04 15/, /REPN-01 16/

Kriterium	Feste erneuerbare Brennstoffe	Quellen
Energiedichte	<ul style="list-style-type: none"> Energiedichte der Trockenmasse: 1 - 18,5 MJ/l; Holzpellets: 17,1 MJ/kg, Dichte: 0,65 kg/l; → Energiedichte: ca. 11,1 MJ/l 	/KAL-01 09/ /FNR-01 15/
Technologie-Reifegrad	<ul style="list-style-type: none"> Viele verschiedene Arten fester EBS kommerziell verfügbar und in großem Maßstab angewendet; Holz wird schon seit Jahrtausenden zur Wärmeerzeugung genutzt; Technologien zur Stromerzeugung existieren seit mehr als 40 Jahren; auch klassische Müllverbrennungsanlagen mit einem zur Stromerzeugung werden seit mehr als zehn Jahren betrieben; → 9 	/AEE-03 14/ /SPR-04 12/ /IEA-04 15/ /IMS-01 15/
Infrastruktur	<ul style="list-style-type: none"> Es gibt große Wärmeerzeugungsanlagen und KWK-Anlagen; Meist wird der eingesetzte Energieträger einfach verbrannt und zur Dampferzeugung genutzt; Es werden üblicherweise dieselben Dampfturbinen wie in fossilen Kraftwerken verwendet; Beimischung von Holzpellets und torrefizierter Biomasse in Kohlekraftwerken möglich aber geringer Umrüstaufwand (u. a. für Lagerung und Transport); 	/SPR-04 12/ /REPN-01 16/ /KAL-01 09/ /IEA-04 15/ /SZ-02 16/
Bereitstellung	<ul style="list-style-type: none"> Wirkungsgrad von Holzpellets ca. 94-97%, Wirkungsgrad Wärmebereitstellung Holz und Stroh: ca. 94%; Bereitstellung oft ohne Umwandlungspfade; Erträge Waldrestholz: 15,6 GJ/ha; Viele verschiedene Biomassen nutzbar; Nutzung von Reststoffen (Sägewerke, Waldrestholz) nachhaltig aber mengenmäßig begrenzt; viele Aufbereitungspfade existieren; Waldflächen und Reste aus der Holzverarbeitung konkurrieren nicht mit Nahrungsmittelanbau; 	/FNR-01 15/ /SPR-05 16/ /DEPI-01 17/
Gestehungskosten	<ul style="list-style-type: none"> Holzpellets mit 17,6 MJ/kg, 0,23€/kg Handelspreis, abzgl. MwSt von 7% = 1,2 ct/MJ; Handelspreis: 0,8 - 1,3 ct/MJ; Zur Stromerzeugung hängt die Wirtschaftlichkeit fast nur von den Rohstoffkosten ab; ohne Subventionen lohnt sich die Stromerzeugung aus Biomasse oft nicht; Stromgestehungskosten von Müllverbrennungsanlagen: 4,2 - 11,1 ct/MJ 	/DEPV-01 17/ /IEAB-01 09/ /BR-02 13/ /IMS-01 15/
Zielvorgaben der Politik	<ul style="list-style-type: none"> Ziele in Deutschland: Anteil EE an Strom 2020: 35%; Anteil EE an Wärmebedarf 2020: 14% (2014: 12,2 %); Gerade im Wärmesektor dominieren feste Biomassearten; EEG: Vergütung Strom aus Biomasse bis zu 4,96 ct/MJ; EEWärmeG: Anteil EE an Heizung in Neubauten; Marktanzreizprogramm: z.B. Investitionszuschüsse; Stromerzeugung aus Biomasse (meist feste EBS) wird in vielen EU-Ländern gefördert; 1 Forschungsprojekt zur Torrefizierung mit 25 Mio. € von der EU gefördert 	/AEE-03 14/ /EEG-03 16/ /BMJV-01 08/ /BMU-11 10/ /EBTP-01 16/
Marktpotenzial	<ul style="list-style-type: none"> Feste EBS können im Wärme- und Stromsektor verwendet werden; EEV fossile BS in Wärme & Strom 2015: 225 EJ (in D: 5,3 EJ); aktuell wenig Forschungsprojekte; in den letzten Jahren ist die Energiemenge kaum gestiegen; In Deutschland bleiben feste EBS wohl die wichtigste Form der Bioenergie (v. a. Wärme); Laut Szenarien 2050: Wärme: 252 - 684 PJ; Strom: 11 - 133 PJ → Gesamt: 263 - 816 PJ (heute: 421 + 58 = 479 PJ); 	/REPN-01 16/ /BMWI-32 16/ /BMWI-05 16/ /FNR-01 15/ /AEE-02 16/

Treibhausgas-emissionen	<ul style="list-style-type: none"> • Gewichtet nach Energieverbrauch in den Sektoren Wärme und Strom: 7,4 gCO₂-Äq/MJ • Feste Biomasse: 8,12 gCO₂-Äq/MJ; Feste Siedlungsabfälle: 2,1 gCO₂-Äq/MJ; Hackschnitzel: 4,1 gCO₂-Äq/MJ; Holzpellets: 27,1 gCO₂-Äq/MJ (wegen Pelletherstellung); • Andere Quelle: Wärmebereitstellung Waldholz: 6 gCO₂-Äq/MJ, Stroh: 8 gCO₂-Äq/MJ 	/UBA-06 14/ /SPR-05 16/
Toxizität	<ul style="list-style-type: none"> • Holz ist nicht giftig und verursacht keine Wasserverschmutzung durch Leckagen o.ä.; • Feinstaubbelastung einer Pelletheizung höher als die einer Ölheizung; aber: Bestimmungen wurden verschärft und die technische Ausstattung verbessert; • Müllverbrennung verursacht Giftstoffe, die durch modernes technisches Equipment verhindert werden können; Deutlich weniger Emissionen als Deponien; 	/KAL-01 09/ /BR-02 13/ /IMS-01 15/
Akzeptanz	<ul style="list-style-type: none"> • Holz ist etabliert und unter den Heizungsarten immer beliebter; • Die meisten Menschen sind den Umgang mit Brennholz oder Holzkohle gewohnt; • Nachhaltige Forstwirtschaft möglich, wird aber diskutiert (Kriterien, tatsächliche Praktizierung, Labels, etc.); THG-Emissionen: 7 gCO₂-Äq/MJ; mittlere Toxizität; 	/FNR-01 15/

Literatur:

- AEE-02 16** Pieprzyk, Blörn; Rojas, Paula; Kunz, Claudia; Knebel, Alexander: Perspektiven fester, flüssiger und gasförmiger Bioenergieträger. Berlin: Agentur für Erneuerbare Energien e.V., 2016
- AEE-03 14** Mühlenhoff, Jörg; Kajimura, Ryotaro; Boenigk, Nils; Ziegler, David; Witt, Janet: Holzenergie in Deutschland - Status Quo und Potenziale in: Renew's Spezial. Berlin: Agentur für Erneuerbare Energien e. V., 2014
- BMJV-01 08** Gesetz zur Förderung Erneuerbarer Energien im Wärmebereich (Erneuerbare-Energien-Wärme-gesetz - EEWärmeG) in: http://www.gesetze-im-internet.de/bundesrecht/eew_rmeg/gesamt.pdf (14.12.2015). Berlin: Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz, Juris GmbH, 2008
- BMU-11 10** Nationaler Biomasseaktionsplan für Deutschland - Beitrag der Biomasse für eine nachhaltige Energieversorgung. Berlin: Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz, 2010
- BMWi-05 16** Zahlen und Fakten Energiedaten - Nationale und internationale Entwicklung. Berlin: Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi), 2016
- BMWi-32 16** Zeitreihen zur Entwicklung der erneuerbaren Energien in Deutschland - Unter Verwendung von Daten der Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien-Statistik (AGEE-Stat). Berlin: Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi), 2016

- BR-02 13** Dallmus, Alexander: Wie umweltfreundlich sind Pellets in: <http://www.br.de/radio/bayern1/inhalt/expertentipps/umweltkommissar/heizen-holz-pellets-umwelt-energie-100.html> (Abruf: 28.03.2017) Archived by WebCite® at: <http://www.webcitation.org/6plf7fCWv>. München: Bayerischer Rundfunk, 2013
- DEPI-01 17** Herstellung von Holzpellets - Heizen mit Pellets - Verbrauchertipps FAQs in: http://www.depi.de/de/heizen_mit_pellets/verbrauchertipps/herstellung_von_holzpellets/ (Abruf: 28.03.2017) Archived by WebCite® at: <http://www.webcitation.org/6pleXYsGP>. Berlin: Deutsches Pelletinstitut, 2017
- DEPV-01 17** Entwicklung des Pelletpreises in Deutschland in: http://www.depv.de/de/home/marktdaten/pellets_preisentwicklung/ (Abruf: 28.03.2017) Archived by WebCite® at: <http://www.webcitation.org/6plesgLT2>. Berlin: Deutscher Energieholz- und Pellet-Verband e.V., 2017
- EBTP-01 16** R and D funding for advanced biofuels in Europe in: <http://biofuelstp.eu/funding.html> (Abruf: 27.03.2017) Archived by WebCite® at: <http://www.webcitation.org/6pHHzdRfx>. Brüssel, Belgien: European Biofuels Technology Platform, 2016
- EEG-03 16** Bundesregierung: Gesetz zur Einführung von Ausschreibungen für Strom aus erneuerbaren Energien und zu weiteren Änderungen des Rechts der erneuerbaren Energien - EEG 2017. Berlin: Bundesregierung Deutschland, 2016
- FNR-01 15** Basisdaten Bioenergie Deutschland 2015. Gülzow-Prüzen: Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR), 2015
- IEA-04 15** World Energy Outlook 2015. Paris: International Energy Agency (IEA), 2015
- IEAB-01 09** Bauen, Ausilio; Berndes, Göran; Junginger, Martin; Londo, Marc; Vuille, Francois: Bioenergy – A Sustainable and Reliable Energy Source . Rotorua, Neuseeland: IEA Bioenergy, 2009
- IMS-01 15** Mathur, Shashank; Upadhyaya, Vishal; Kumar, Prakhar; Saxena, Sulekha: ENERGY FROM MUNICIPAL SOLID WASTE in: International Advanced Research Journal in Science, Engineering and Technology (IARJSET), Vol. 2, Special Issue 1. Ghaziabad, India: IMS Engineering College, 2015
- KAL-01 09** Kaltschmitt, Martin; Hartmann, Hans; Hofbauer, Hermann: Energie aus Biomasse, Springer Verlag, 2009
- KM-01 17** Holzkohle in: <http://www.wissen.de/lexikon/holzkohle> (Abruf: 27.03.2017) Archived by WebCite® at: <http://www.webcitation.org/6pHENknjK>. Leinfelden-Echterdingen: Konradin Medien GmbH, 2017
- REPN-01 16** REN21: Renewables 2016 - Global Status Report. Paris, Frankreich: REN21, 2016
- SPR-04 12** Meyers, Robert A.: Encyclopedia of Sustainability Science and Technology. Berlin Heidelberg: Springer, 2012
- SPR-05 16** Soccol, Carlos Ricardo; Brar, Satinder Kaur; Faulds, Craig; Ramos, Luiz Pereira: Green Fuels Technology - Biofuels. Schweiz: Springer, 2016

- SZ-02 16** Endt, Christian: Kohlekraftwerke stellen auf Holzpellets um in: <http://www.sueddeutsche.de/wissen/erneuerbare-energie-kohlekraftwerke-gieren-nach-holz-1.3226780> (Abruf: 27.03.2017) Archived by WebCite® at: <http://www.webcitation.org/6pldvGVzo>. München: Süddeutsche Zeitung, 2016
- UBA-06 14** Memmler, Michael; Schrempf, Ludger; Hermann, Sebastian; Schneider, Sven; Pabst, Jeanette; Dreher, Marion: Emissionsbilanz erneuerbarer Energieträger - Bestimmung der vermiedenen Emissionen im Jahr 2013. Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt (UBA), 2014