

Ho 2 **Hans-Heinrich Schmidt-Kanefendt:**

Ho 3 **Holz - Basisdaten für 100%-Szenarien**

Ho 4 Untersuchung zu Möglichkeiten und Grenzen der energetischen Nutzung von Holz unter den Bedingungen von 100% Erneuerbare Energie-Regionen in Deutschland.

Ho 5 Version: 110213

Ho 7 **1. Holzangebot**

Ho 8 100% Erneuerbare-Energie-Regionen zeichnen sich dadurch aus, dass nicht mehr Holz genutzt wird, als auf den Flächen dieser Region nachwächst, das auf Dauer verfügbare Holzangebot ist somit durch den Zuwachs begrenzt.

Ho 9 Im Vergleich zum jährlichen Holzzuwachs in den Wäldern dürfte es sich beim Landschaftspflegeholz um eher geringe Mengen handeln, die hier nicht mit einbezogen werden.

Ho 10 Die landwirtschaftliche Holzerzeugung in Kurzumtriebsplantagen wird in Basisdaten 'Energiepflanzen' behandelt.

Ho 11 Diese Betrachtung ist daher allein auf forstwirtschaftlich genutzte Waldflächen bezogen (Liste der von Forstwirtschaft ausgenommenen Naturparkflächen siehe Anhang D: Ausschlussflächen).

Ho 12 Sie stützt sich auf die Ergebnisse der zweiten Bundeswaldinventur [Ho131] für den Zeitraum von 1987-2002, Tabelle 2.09.18: 'Zuwachs des Vorrates [m³/ha/a] nach Land und Baumartengruppe'.

Ho 13 Es wird hier davon ausgegangen, dass sich der Zuwachs pro Hektar und Jahr in Zukunft nicht wesentlich verändert, über mögliche Einflüsse des Klimawandels liegen bisher keine verwertbaren Erkenntnisse vor.

Ho 14 Demnach beträgt im deutschen Durchschnitt (alte Bundesländer) der jährliche Zuwachs pro Hektar bei Laubbäumen 9,7 m³/ha/a und bei Nadelbäumen 14,2 m³/ha/a; für einen durchschnittlichen Mischbestand an Laubbäumen und Nadelbäumen ergibt sich ein Wert von 12,1 m³/ha/a.

Ho 15 Für den deutschen Baumbestand wird die mittlere Dichte folgendermaßen angesetzt (siehe [Ho100]):

Ho 16 0,53 t atro/m³ (Laubbaum-Bestand);

Ho 17 0,39 t atro/m³ (Nadelbaum-Bestand).

Ho 18 Damit ergeben sich für die durchschnittlichen Zuwächse pro Hektar und Jahr folgende Massen: 5,2 t atro/ha/a für Laubbaumbestände, 5,6 t atro/ha/a für Nadelbaumbestände und 5,4 t atro/ha/a für einen durchschnittlichen Mischbestand an Laubbäumen und Nadelbäumen (als gewichtetes Mittel errechnet unter [Ho100]).

Ho 19 Es wird ersichtlich, dass die Massen von Laubbaum- und Nadelbaumbeständen relativ zu den Volumina dicht beieinander liegen. Der Grund liegt darin, dass sich schnellerer Wuchs und geringere Dichte zum guten Teil gegenseitig kompensieren.

Ho 21 Beim Zuwachs bestehen erhebliche regionale Unterschiede (siehe [Ho100]):

Ho 22 Die höchsten und die niedrigsten in den Bundesländern ermittelten Zuwächse weichen bei Laubbäumen 8 % vom deutschen Durchschnitt ab, bei Nadelbäumen liegt das Bundesland mit den geringsten Zuwächsen 16 % unter dem Durchschnitt und das Bundesland mit den höchsten Zuwächsen um 26 % darüber.

Ho 23 Für regionale Energieszenarien können für eine überschlägige Bestimmung des Holzenergie-Potenzials der Durchschnitt des entsprechenden Bundeslandes genutzt werden, allerdings sind nur für die alten Bundesländer Daten verfügbar, ggf. ist ein Bundesland mit ähnlichen Wachstumsbedingungen wählen. Falls für die Zielregion direkt der jährliche Zuwachs bekannt ist, lässt sich die Schätzung präzisieren.

Ho 24 (Siehe [Ho99] - Tabelle 'Massenzuwachs absolut und relativ').

Ho 26 **2. Energetisch nutzbarer Anteil**

Ho 27 Bei weitem nicht der gesamte Zuwachs wird in 100%-Regionen für energetische Nutzung verfügbar sein.

- Ho 28 So wird die Bedeutung von Holz als Baustoff und als Industrierohstoff mit zunehmender Nachhaltigkeit der Wirtschaftsprozesse eher noch steigen, während der vermutete Import-Überhang bei Holz und Holzprodukten heute auf Dauer wohl kaum aufrecht zu erhalten sein dürfte. Im übrigen wäre das mit dem Prinzip der Vollversorgung aus eigenen Quellen nicht vereinbar.
- Ho 29 Es ist davon auszugehen, dass von der Holzernte nur die für anderweitige Nutzung wenig geeigneten Bestandteile wie Schwachholz und Waldrestholz für energetische Verwertung in Betracht kommen.
- Ho 30 In einer Studie der Bundesforschungsanstalt für Holzwirtschaft [Ho134] wird das Energieholzpotenzial in Deutschland bei einer Aufarbeitungsgrenze von 8 cm auf 16,5 Millionen t atro jährlich abgeschätzt.
- Ho 31 Bei einem Zuwachs in Deutschland von jährlich 132,8 Millionen m³ [Ho131] entsprechend 58,2 Millionen t atro (gemäß Anhang B: Zuwachs) entspricht das einem Anteil von 28,4 Prozent.
- Ho 33 Über das Schwachholz und Waldrestholz hinaus fallen Rückstände bei der Holzverarbeitung und Altholz an, deren stoffliche Nutzung nicht immer sinnvoll ist und die daher zum Teil energetisch verwertet werden können. Belastbares Datenmaterial dazu liegt zur Zeit nicht vor.
- Ho 34 Theoretisch könnte in einem künftigen eingeschwungenen System, in dem nur noch Ersatzbedarf für abgängige Holzprodukte besteht und eine Rückführungs-Quote von 100 Prozent erreicht wird, eine Menge in Höhe des gesamten Zuwachses letztendlich auch energetisch genutzt werden.
- Ho 35 Einiges spricht aber dafür, der Produktion und langfristigen Nutzung von Holzprodukten und deren Export in waldärmere Länder für lange Zeit Vorrang vor der Verbrennung zu geben: Die Notwendigkeit einer Ablösung der petrochemischen Produkte durch solche auf Biomasse-Basis dürfte zu einem lang andauernden Vorrang für stoffliche Holznutzung führen. Und es wäre auch ganz im Sinne des Klimaschutzes, das im Holz gebundene CO₂ so lange wie möglich von der Atmosphäre fern zu halten.
- Ho 36 Unter diesen Gesichtspunkten erscheint es auf absehbare Zeit wenig sinnvoll, mehr als 30 % des Holzzuwachses in den Wäldern für energetische Nutzung anzusetzen. Bei einem durchschnittlichen Zuwachs von 5,3 t atro/ha/a (siehe [Ho100]) entspricht das einer Menge Energieholz von 1,6 t atro/ha/a.
- Ho 38 **3. Energieinhalt**
- Ho 39 Für die thermische Verwertung von Holz gibt der Heizwert die nutzbare Energie an. Der Heizwert ist stark vom Wassergehalt des Holzes abhängig, da die für die Verdampfung erforderliche Energie für die Nutzung verloren geht. Ein Wassergehalt von 0 % wäre optimal, könnte aber nur durch energieaufwändige Trocknung erreicht werden. Aus diesem Grund wird im Folgenden von luftgetrocknetem Holz mit einem Wassergehalt von 15 % ausgegangen.
- Ho 40 Bei einem Wassergehalt von 15 % wird der Heizwert bei Laubholz mit 4,15 kWh pro kg Trockengewicht angegeben, bei Nadelholz liegt der Heizwert wegen höherer Lignin- und Harzanteile bei 4,32 kWh/kg atro [Ho144]; die Werte gelten auch für die Dimension MWh/t atro.
- Ho 41 Als Produkt aus Zuwachs [Ho18] und Heizwert ergeben sich durchschnittlich thermisch verwertbare Energieinhalte von 21,4 MWh/ha/a bei Laubholz und 24,2 MWh/ha/a bei Nadelholz.
- Ho 42 Für die weiteren Betrachtungen wird der Durchschnittswert für Mischbestände aus Laub- und Nadelholz gebildet, er beträgt 23,1 MWh/ha/a.
- Ho 43 Zur Anpassung dieses und der folgenden Energieertragswerte an das regionale Mischungsverhältnis von Laub- und Nadelbäumen können Baumart-Korrekturfaktoren verwendet werden, und zwar in folgenden Grenzen (ermittelt aus [Ho41][Ho42]):
- Ho 44 0,93 für reine Laubbaumbestände;
- Ho 45 1,05 für reine Nadelbaumbestände.
- Ho 46 Zur Anpassung dieses und der folgenden Energieertragswerte an regionale Zuwachsraten, die vom deutschen Durchschnitt abweichen, können Zuwachs-Korrekturfaktoren eingeführt werden (siehe [Ho23]).

Ho 47 Die Energieertragsangaben beziehen sich auf die energetische Nutzung des gesamten Zuwachses. Welcher Teil des Zuwachses tatsächlich energetisch zu nutzen ist, wird gesondert als Nutz-Anteil angegeben (siehe [Ho36]).

Ho 49 4. Technologien

Ho 50 Holz als ältester von Menschen genutzter Brennstoff kann vielfältig genutzt werden: Zur Erzeugung von Raum- und Prozesswärme mit Öfen oder Kesseln, zur Stromgewinnung mit thermischen Kraftwerken oder zur Herstellung gasförmiger oder flüssiger Treibstoffe.

Ho 52 4.1. Wärme (Ofen / Kessel)

Ho 53 Das schweizerische Bundesamt für Energie gibt als Grundlage für Wärmebedarfsrechnungen Jahresnutzungsgrade von Heizungen mit Scheitholz-, Hackschnitzel- oder Holzpellets-Feuerung an: 70% bis 80% für neue Anlagen, 50% bis 70% für alte Anlagen ([Ho147], S. 2).

Ho 54 In Anlehnung daran wird für den heutigen Bestand ein mittlerer Jahresnutzungsgrad von 60% angenommen. Für die Zukunft wird ein mittlerer Jahresnutzungsgrad von 75% angenommen, da die Holzverbrennungstechnik heute weitgehend ausgereizt erscheint.

Ho 55 Für den heutigen Anlagenbestand ergeben sich als Produkt aus Energieinhalt [Ho42] und Jahresnutzungsgrad im deutschen Durchschnitt Energieerträge von 13,86 MWh/ha/a.

Ho 56 Unter der Annahme eines künftig optimierten Anlagenbestandes sind Energieerträge von 17,3 MWh/ha/a zu erwarten.

Ho 58 4.2. Strom & Abwärme (Vergasung/Gasturbine/Dampfturbine)

Ho 59 Als Referenz für den heutigen Technologiestandard (Referenzjahr 2007) dient ein 2009 in Langelsheim erbautes Biomasse-Heizkraftwerk.

Ho 60 Die jährliche Einsatzmenge ist mit 60.000 Tonnen Holzhackschnitzel angegeben [Ho137], angenommen wird ein durchschnittlicher Wassergehalt von 15%.

Ho 61 Das Trockengewicht (Gt) errechnet sich aus Feuchtgewicht (Gf) und Wassergehalt (Wg) nach $Gt = Gf / (1+Wg)$ und ergibt 52174 Tonnen jährlich.

Ho 62 Mit einem angenommenen durchschnittlichen Heizwert von 4,24 kWh/kg beträgt die jährliche Energiezufuhr 221.218 MWh/a.

Ho 63 Die elektrische Leistung ist mit 5,6 MW angegeben, die thermische Leistung mit 10 MW [Ho159].

Ho 64 Bei angenommenen 8.100 Volllaststunden pro Jahr beträgt die Stromproduktion 45.360 MWh/a und die Wärmeproduktion 81.000 MWh/a.

Ho 65 Damit liegt der elektrische Wirkungsgrad bei 20,5 %, der thermische Wirkungsgrad bei voller Wärmeabnahme bei 36,6 %.

Ho 66 Die Einsatzmenge an Holzhackschnitzeln entspricht gemäß deutschem Durchschnitt dem Zuwachs [Ho18] auf einer Fläche von 9.575 ha.

Ho 67 Daraus ergibt sich ein Energieertrag von 4,7 MWh/ha/a elektrisch und 8,5 MWh/ha/a thermisch.

Ho 68 Die tatsächliche thermische Leistung im Bestand dürfte weit unter dem Wert liegen, weil nur ein Teil der existierenden Kraftwerke mit Kraft-Wärme-Kopplung arbeitet und bei diesen vermutlich nicht das gesamte Jahr über volle Wärmeabnahme besteht. Außerdem müssen die Verteilungsverluste in den Fernwärme- bzw. Nahwärmesystemen berücksichtigt werden.

Ho 69 Die tatsächliche thermische Leistung des Bestands an Holzkraftwerken wird daher mit 3 MWh/ha/a angenommen.

Ho 71 Als Referenz für einen künftig erreichbaren Technologiestandard dient ein Holzgas-Kombikraftwerk in IGCC-Technik, das als Demonstrationsanlage 1993 in Värnamo, Schweden, in Betrieb ging.

Ho 72 Die Anlage bestand aus einer Kombination von Holzvergasung, Gasturbine und Dampfturbine und wurde über mehrere Jahre während 10.000 Stunden mit verschiedenen Biomasse-Brennstoffen betrieben ([Ho142], S. 474 und [Ho153], S. 2).

- Ho 73 Die elektrische Leistung beträgt 6 MW, bei einer Wärmeauskoppelung von bis zu 9 MW wird ein elektrischer Wirkungsgrad zwischen 32 % und 37 % ausgewiesen ([Ho153], S. 2), während an anderer Stelle ([Ho142], S. 474) 32% bei einem Strom-/Wärmeverhältnis von 0,8 bis 1,2 angegeben sind.
- Ho 74 Für größere Kraftwerke dieser Bauart werden elektrische Wirkungsgrade von gegen 45 % erwartet, allerdings wurde bisher kein kommerzielles Kraftwerk in dieser Bauart realisiert ([Ho153], S. 2).
- Ho 75 Für künftige Kraftwerke dürfte eine leichte Steigerung des elektrischen Wirkungsgrades auf 35 % erreichbar sein, während ein konservativ angesetztes Strom-/Wärmeverhältnis von 1 einem thermischen Wirkungsgrad von 35 % entspricht.
- Ho 76 Als Produkt aus Energieinhalt [Ho42] und Wirkungsgrad ergibt sich im deutschen Durchschnitt ein elektrischer Energieertrag von 8,1 MWh/ha/a.
- Ho 77 Die dabei entstehende Abwärme entspricht im Fall der anzustrebenden vollständigen Nutzung einem thermischen Energieertrag von 8,1 MWh/ha/a bei durchschnittlichen Mischbeständen.

Ho 79 **4.3. Treibstoffe (Vergasung/Veredelung)**

- Ho 80 'Die Herstellung von Treibstoffen aus Holz ist technisch grundsätzlich beherrschbar, derzeit stehen die Gewinnung von Biodiesel oder Methan zur Diskussion. Beide Verfahren basieren auf einer grosstechnischen Vergasung, welche rund 75% Wirkungsgrad erzielt, sowie einer anschließenden Veredelung, welche zusätzlich rund 25% der Verluste verursacht.
- Ho 81 Je nach Verfahren stehen deshalb im Treibstoff noch rund 50% bis 55% des ursprünglichen Heizwertes zur Verfügung.' (Zitat [Ho153], S. 2).
- Ho 82 In Anlehnung daran wird für die Treibstoffgewinnung aus Holz ein künftig erreichbarer Wirkungsgrad von 55% angenommen. Auch wenn die Technologie heute noch keine Bedeutung hat, wird der Vollständigkeit halber ein Statuswert von 50% angesetzt.
- Ho 83 Für den heutigen Technologiestand ergeben sich als Produkt aus Energieinhalt [Ho42] und Wirkungsgrad im deutschen Durchschnitt Energieerträge von 11,6 MWh/ha/a.
- Ho 84 Unter Annahme einer weiter entwickelten Technologie sind für die Zukunft Energieerträge von 12,7 MWh/ha/a zu erwarten.

Ho 86 **5. Nutzungs-Status**

- Ho 87 Folgende Zahlen zur Energiebereitstellung aus biogenen Feststoffen in Deutschland 2007 sind einer Publikation des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit entnommen [Ho128]:
- Ho 88 7390 GWh Strom, 57.778 GWh Wärme in privaten Haushalten, 11.250 GWh Wärme in der Industrie und 2.300 GWh in Heiz- und Heizkraftwerken.
- Ho 89 Mit dem Energieertrag für Holzkraftwerke von 4,7 MWh/ha/a [Ho67] entspricht die zur Strombereitstellung eingesetzte Holzmenge dem Zuwachs auf einer Fläche von 1.572.340 ha.
- Ho 90 Mit dem Energieertrag für Wärmeherzeugung von 13,86 MWh/ha/a [Ho55] entspricht die zur Wärmebereitstellung in Haushalten eingesetzte Holzmenge dem Zuwachs einer Waldfläche von 4.168.687 ha, für die Industrie sind es noch einmal 811.688 ha und für Heizwerke 165.945 ha, für Wärme insgesamt 5.146.320 ha.
- Ho 91 Wenn man die heute energetisch genutzten Holzmengen auf den gesamten Zuwachs der deutschen Waldflächen von 10.648.822 ha [Ho139] bezieht, ergeben sich folgende Anteile:
- Ho 92 14,8 % für Verstromung (ohne und mit Abwärmenutzung durch KWK);
- Ho 93 48,3 % für Wärmebereitstellung (ohne Abwärme aus KWK);
- Ho 94 0 % für Kraftstoffproduktion;
- Ho 95 63,1 % insgesamt.
- Ho 96 Damit wird heute bereits weit mehr Holz energetisch genutzt, als jene maximal 30 %, die in Hinsicht auf eine dauerhaft zukunftsfähige Wirtschaftsweise angeraten erscheinen [Ho36].

Ho 98 6. Anhang

Ho 99 [Anhang A: Wertetabelle](#)

Ho 100 [Anhang B: Zuwachs](#)

Ho 101 [Anhang C: Flächen](#)

Ho 102 [Anhang D: Ausschlussflächen](#)

Ho 103 [Anhang E: Erneuerbare Energien Deutschland 2007](#)

Ho 105 7. Glossar

Ho 106 **BWi:**

Ho 107 Bundeswaldinventur

Ho 108 **Derbholz:**

Ho 109 Oberirdische Holzmasse mit einem Durchmesser von über 7 cm mit Rinde. Bäume unter 7 cm Brusthöhendurchmesser sind nicht berücksichtigt. [Ho131]

Ho 110 **IGCC:**

Ho 111 Abkürzung für 'Integrated Gasification Combined Cycle', Holzgas Kombikraftwerk mit Gas- und Dampfturbine. ([Ho156], S. 32)

Ho 112 **Jahresnutzungsgrad:**

Ho 113 Hängt ab vom mittleren Kesselwirkungsgrad während der Betriebszeit des Holzkessels und von den Bereitschaftsverlusten des Holzkessels, die während der jährlichen Standby-Zeit des Holzkessels auftreten. ([Ho156], S. 32)

Ho 114 **Landschaftspflegeholz:**

Ho 115 Holz aus öffentlichem und privatem Baum-, Strauch- und Heckenschnitt. Fällt an bei der Straßenrand- und Gewässerrandpflege, auf Friedhöfen, in öffentlichen Grünanlagen, in der freien Landschaft - z. B. Hecken, Feldgehölze, Obst- und Weinanbau. ([Ho150], S. 63)

Ho 116 **Vorrat:**

Ho 117 Das gegenwärtig vorhandene Derbholz eines Bestandes oder einer Summe von Beständen, gemessen in Vorratsfestmeter oder Erntefestmeter. [Ho131]

Ho 118 **Vorratsfestmaß:**

Ho 119 Mengenbezeichnung für den Holzvorrat mit Rinde. Einbezogen ist das oberirdische Holzvolumen ab 7 cm Durchmesser (Derbholz). Bäume unter 7 cm Brusthöhendurchmesser werden nicht berücksichtigt. [Ho131]

Ho 120 **Zuwachs:**

Ho 121 Zunahme eines Zielmerkmals in einer Periode. Von Bedeutung ist vor allem der Zuwachs des Vorrates. Die Zuwachsangaben der zweiten Bundeswaldinventur beziehen sich auf die Periode von 1987 bis 2002.

Ho 122 Dabei ist auch die zwischenzeitlich ausgeschiedene Holzmenge berücksichtigt (Bruttozuwachs). Je Hektar-Angaben beziehen sich auf die mittlere Fläche. [Ho131]

Ho 123 **Zuwachs des Vorrates [m³/ha/a]:**

Ho 124 Durchschnittlicher jährlicher Zuwachs an Derbholz in Vorratsfestmaß mit Rinde, je Hektar Auswertungsgebiet zwischen BWI1 und BWI2. Als Fläche des Auswertungsgebietes wird deren mittlere Fläche verwendet. [Ho131]

Ho 126 8. Endnoten

- Ho 128 Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit; "Erneuerbare Energien in Zahlen"; 6.6.2009.
- Ho 129 http://www.erneuerbare-energien.de/files/erneuerbare_energien/downloads/application/pdf/broschuere_ee_zahlen.pdf
- Ho 131 Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz; "Bundeswaldinventur2"; 2001-2002.
- Ho 132 <http://www.bundeswaldinventur.de/>
- Ho 134 Matthias Dieter, Hermann Englert; "Abschätzung des Rohholzpotenzials für die energetische Nutzung in der Bundesrepublik Deutschland"; Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft; 07.2001.
- Ho 135 http://www.bfafh.de/bibl/pdf/iii_01_11.pdf
- Ho 137 Stefan Freiwald; "Internationale Baustelle im Sültefeld - Das Biomasse-Kraftwerk im Sültefeld soll Ende des Jahres ans Netz gehen - Dampf-Abnehmer noch unklar"; Goslarsche Zeitung vom 03.04.2009.
- Ho 139 Statistische Ämter des Bundes und der Länder; "Regionaldatenbank Deutschland".
- Ho 140 <http://www.regionalstatistik.de>
- Ho 142 Priv.-Doz. Dr.-Ing. Martin Kaltschmitt, Dr. Hans Hartmann; "Energie aus Biomasse. Grundlagen, Techniken und Verfahren", 2001.
- Ho 144 Bayrische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft; "Merkblatt 12: Der Energiegehalt von Holz und seine Bewertung"; 12.2007.
- Ho 145 http://www.lwf.bayern.de/publikationen/daten/merkblatt/p_31579.pdf
- Ho 147 MINERGIE / Bundesamt für Energie, Schweiz; "Ermittlung der Heizleistung - Allgemeine Informationen"; Recherche am 19.03.2010.
- Ho 148 http://www.bfe.admin.ch/php/modules/publikationen/stream.php?endung=Ermittlung%20der%20Heizleistung&extlang=de&name=de_419227968.pdf
- Ho 150 Bene Müller, solarcomplex GmbH; "Erneuerbare Energien in der Region Hegau / Bodensee - Übersicht der technisch verfügbaren Potentiale"; 2001.
- Ho 151 <http://www.solarcomplex.de/info/service/download.php>
- Ho 153 Prof. Dr. Thomas Nussbaumer, ETH Zürich / verenum; "Holzgas-Kombikraftwerk: Chance für die Schweiz"; erschienen in HK-GEBÄUDETECHNIK 8/2006, Seite 32 ff.
- Ho 154 http://www.verenum.ch/Publikationen/TN_HKG_8_06_HGK.pdf
- Ho 156 Prof. Dr. Thomas Nussbaumer, ETH Zürich / verenum; verenum; "Holzenergie ja, aber wie: Wärme, Strom oder Treibstoff? Substitutionseffekt fossiler Ressourcen durch Energieholznutzung"; erschienen in HK-GEBÄUDETECHNIK 3/2006, Seite 30 ff.
- Ho 157 http://www.verenum.ch/Publikationen/TN_Holzenergie_Wie_HKG_2006.pdf
- Ho 159 SEEGER ENGINEERING AG; "Heizkraftwerk Standort Langelsheim"; Recherche 10.2009.
- Ho 160 http://www.seeger.ag/de/referenzen_heizkraftwerk.php?text=1143

Anhang A: Wertetabelle

Bedeutung	räumlich	zeitlich	Textbezug	Einheit	Basis/Status	Ziel
Holz - Basisdaten für 100%-Szenarien			Ho5	Version:	110213	
Intensität:						
Massezuwachs des Vorrats in deutschen Wäldern durchschnittlich	Refreg.	2002	Ho18	t _{atro} /ha/a	5,45	
Dichte Laubholz durchschnittlich	Refreg.	konst.	Ho16	t _{atro} /m ³	0,531	
Dichte Nadelholz durchschnittlich	Refreg.	konst.	Ho17	t _{atro} /m ³	0,393	
Massenzuwachs von Holz im Referenz-Bundesland relativ zu deutschen Wäldern	Refreg.	konst.	Ho23	Prozent	(extra Tabelle)	
Umfang:						
Vertretbarer Nutz-Anteil = Empfehlung für energetisch nutzbaren Anteil am Holzzuwachs in deutschen Wäldern	Zielreg.	konst.	Ho36	Prozent		30
Heutiger Nutz-Anteil = Umfang der energetischen Holznutzung im Verhältnis zum Holzzuwachs in deutschen Wäldern	Refreg.	Status	Ho95	Prozent	63,1	
davon Nutzanteil Wärme	Refreg.	Status	Ho93	Prozent	48,3	
davon Nutzanteil Strom	Refreg.	Status	Ho92	Prozent	14,8	
davon Nutzanteil Kraftstoff	Refreg.	Status	Ho94	Prozent	0,0	
Leistung:						
Korrekturfaktor für reine Laubbaumbestände	Refreg.	konst.	Ho44		0,93	0,93
Korrekturfaktor für reine Nadelbaumbestände	Refreg.	konst.	Ho45		1,05	1,05
Energieertrag Holz (brutto) Deutschland	Refreg.	Status	Ho42	MW h/ha/a	23,1	
	Refreg.	Zielzeit	Ho42	MW h/ha/a		23,1
Energieertrag Holz Ofen/Kessel (Wärme) Deutschland	Refreg.	Status	Ho55	MW h/ha/a	13,86	
	Refreg.	Zielzeit	Ho56	MW h/ha/a		17,3
Energieertrag Holz Kraftwerk (Strom) Deutschland	Refreg.	Status	Ho67	MW h/ha/a	4,7	
	Refreg.	Zielzeit	Ho76	MW h/ha/a		8,1
Energieertrag Holz Kraftwerk (Abwärmennutzung) Deutschland	Refreg.	Status	Ho69	MW h/ha/a	3	
	Refreg.	Zielzeit	Ho77	MW h/ha/a		8,1
Energieertrag Holz Pyrolyse (Treibstoff) Deutschland	Refreg.	Status	Ho83	MW h/ha/a	11,6	
	Refreg.	Zielzeit	Ho84	MW h/ha/a		12,7

Anhang B: Zuwachs

2.09.18: Zuwachs des Vorrates pro Hektar [m³/ha*a] nach Land und Baumartengruppe für 1987-2002 [BMELV]

Alte Bundesländer / nur begehbarer Wald / Vereinigungsfl. produktiver Wald einschl. Blöße beider Inventuren / einschl. Lücken im Bestand / Bäume ab 7 cm Bhd des Hb oder PI / Flächenbez.: Ideell(244/V452k)

Baumartengruppe	Eiche	Buche	andere Lb hoher Lebensdauer	andere Lb niedriger Lebensdauer	alle Laubbäume	Fichte	Tanne	Douglasie	Kiefer	Lärche	alle Nadelbäume	Lücke	Blöße	alle Baumarten
Land														
Baden-Württemberg	8,17	11,95	9,66	7,09	10,33	16,71	16,05	20,21	8,10	12,23	15,57	n.v.	n.v.	13,24
Bayern	8,93	13,25	9,82	7,39	10,48	16,53	15,57	17,20	9,24	12,92	14,31	n.v.	n.v.	12,96
Hessen	7,01	10,37	8,05	6,15	8,92	15,53	12,55	16,61	8,57	12,00	13,39	n.v.	n.v.	10,75
Niedersachsen + Hamburg + Bremen	8,74	11,24	10,38	6,72	9,05	14,67	25,75	15,82	9,78	13,11	11,98	n.v.	n.v.	10,57
Nordrhein-Westfalen	8,73	11,67	11,35	7,82	9,80	16,43	3,08	15,68	8,70	14,07	14,99	n.v.	n.v.	12,11
Rheinland-Pfalz	7,72	11,18	8,60	7,00	9,10	16,76	15,36	23,22	8,11	11,54	14,66	n.v.	n.v.	11,41
Saarland	9,22	12,24	7,76	6,55	9,38	21,92	n.v.	25,28	7,75	15,23	17,98	n.v.	n.v.	11,98
Schleswig-Holstein	8,15	13,00	10,36	7,29	9,75	15,95	14,29	16,48	10,23	12,39	14,02	n.v.	n.v.	11,33
alte Bundesländer	8,25	11,74	9,59	7,13	9,70	16,37	15,95	19,41	9,12	12,75	14,24	n.v.	n.v.	12,12

Massen-Zuwachs des Vorrates pro Hektar [t_{atro}/ha/a] je Baumartengruppe (aus 2.09.18 und Dichte errechnet)

alte Bundesländer					5,15501									5,5942			5,317
-------------------	--	--	--	--	---------	--	--	--	--	--	--	--	--	--------	--	--	-------

Unterschiede beim Zuwachs des Vorrats pro Hektar je Baumartengruppe in den alten Bundesländern (aus 2.09.18 ermittelt)

Minimaler Zuwachs [m³/ha/a]					8,92						11,98					10,57
Maximaler Zuwachs [m³/ha/a]					10,48						17,98					13,24
Größte Mittelwert-Unterschreitung [%]					-8,04						-15,87					-12,79
Größte Mittelwert-Überschreitung [%]					8,04						26,26					9,24
Standardabweichung [%]					5,68541						11,45					7,4576

2.09.9: Zuwachs des Vorrates absolut [1000 m³/a] nach Land und Baumartengruppe für 1987-2002 [BMELV]

(aus 2.09.9 ermittelt)

Alte Bundesländer / nur begehbarer Wald / Vereinigungsfl. produktiver Wald beider Inventuren / einschließl. Lücken im Bestand / Bäume ab 7 cm Bhd, alle Bestandesschichten / Flächenbez.: Reell(239/V451k)

Baumartengruppe	Eiche	Buche	andere Lb hoher Lebensdauer	andere Lb niedriger Lebensdauer	alle Laubbäume	Fichte	Tanne	Douglasie	Kiefer	Lärche	alle Nadelbäume	alle Baumarten	Anteil		
													Laub-%	Nadel-%	
Land															
Baden-Württemberg	784	3.327	1.189	350	5.650	9.104	1.729	679	806	316	12.634	18.284	30,9	69,1	
Bayern	1.326	3.854	1.176	1.214	7.571	18.753	810	201	4.562	660	24.986	32.557	23,3	76,7	
Hessen	794	2.784	384	272	4.234	3.472	9	344	858	521	5.204	9.438	44,9	55,1	
Niedersachsen + Hamburg + Bremen	971	1.750	316	1.042	4.078	3.245	63	318	3.337	721	7.684	11.762	34,7	65,3	
Nordrhein-Westfalen	1.186	1.804	464	831	4.285	5.207	1	124	602	378	6.314	10.599	40,4	59,6	
Rheinland-Pfalz	1.233	2.019	444	382	4.079	3.131	52	912	838	217	5.150	9.229	44,2	55,8	
Saarland	169	232	90	75	565	394	n.v.	59	56	55	564	1.129	50,0	50,0	
Schleswig-Holstein	182	393	124	199	898	553	21	40	141	156	911	1.809	49,6	50,4	
alte Bundesländer	6.645	16.163	4.187	4.366	31.361	43.859	2.684	2.678	11.201	3.024	63.446	94.807	33,1	66,9	

Zuwachs des Vorrates absolut [1000 m³/a] in den neuen Bundesländern (aus 2.09.9 und Flächen im Anhang B hochgerechnet)

neue Bundesländer																37.957
Deutschland gesamt																132.764

Massen-Zuwachs des Vorrates absolut [1000 t_{atro}/a] nach Baumartengruppe (aus 2.09.9 und Holzdichte errechnet)

alte Bundesländer	3.794	9.019	2.391	1.463	16.667	16.623	1.017	1.154	4.828	1.303	24.925	41.592
neue Bundesländer												16.652
Deutschland gesamt												58.243

Holzdichte [t_{atro}/m³] der Baumartengruppen

übernommen aus [LWF]	0,571	0,558		0,335 (Pappel)		0,379				0,431						
Annahme/Wichtung:			0,571 ¹⁾	0,335 ²⁾	0,53144 ³⁾		0,379 ⁴⁾	0,431 ⁵⁾		0,431 ⁶⁾	0,3929 ⁷⁾	0,4387 ⁸⁾				

¹⁾ andere Laubbäume mit hoher Lebensdauer wie Eiche

²⁾ andere Laubbäume mit niedriger Lebensdauer wie Pappel

³⁾ Durchschnitt aller Laubbäumen, gewichtet nach ihrem Anteil am Zuwachs in alten Bundesländern

⁴⁾ Tanne gleichgesetzt mit Fichte

⁵⁾ Douglasie gleichgesetzt mit Kiefer

⁶⁾ Lärche gleichgesetzt mit Kiefer

⁷⁾ Durchschnitt aller Nadelbaumarten, gewichtet nach ihrem Anteil am Zuwachs in alten Bundesländern

⁸⁾ Durchschnitt aller Baumarten, gewichtet nach ihrem Anteil am Zuwachs in alten Bundesländern

Massenzuwachs absolut und relativ (aus 2.09.18 und 2.09.9 ermittelt)

	alle Laubbäume		alle Nadelbäume		Mittel (gewichtet)	
	t _{atro} /ha	%	t _{atro} /ha	%	t _{atro} /ha	%
Baden-Württemberg	5,49	106	6,12	109	5,92	109
Bayern	5,57	108	5,62	100	5,61	103
Hessen	4,74	92	5,26	94	5,03	92
Niedersachsen + Hamburg + Bremen	4,81	93	4,71	84	4,74	87
Nordrhein-Westfalen	5,21	101	5,89	105	5,61	103
Rheinland-Pfalz	4,84	94	5,76	103	5,35	98
Saarland	4,98	97	7,06	126	6,02	111
Schleswig-Holstein	5,18	101	5,51	98	5,35	98
alte Bundesländer	5,16	100	5,59	100	5,45	100

Anhang C: Flächen

[GENESIS]

Bodenfläche nach Art der tatsächlichen Nutzung**- Stichtag 31.12. - regionale Tiefe: Bundesländer**

Flächenerhebung nach Art der tatsächlichen Nutzung

Bundesländer		Bodenfläche
		Nutzungsart
		Waldfläche
		ha
31.12.2004		
DG	Deutschland	10.648.822
01	Schleswig-Holstein	157.025
02	Hamburg	4.398
03	Niedersachsen	1.011.427
04	Bremen	772
05	Nordrhein-Westfalen	849.345
06	Hessen	845.479
07	Rheinland-Pfalz	823.612
08	Baden-Württemberg	1.363.025
09	Bayern	2.463.328
10	Saarland	85.884
11	Berlin	16.066
12	Brandenburg	1.035.851
13	Mecklenburg-Vorpommern	494.867
14	Sachsen	494.313
15	Sachsen-Anhalt	487.690
16	Thüringen	515.675
	Summe alte Bundesl.	7.604.295
	Summe neue Bundesl.	3.044.462
	Summe Deutschland	10.648.757

zu 'gesamte Tabelle':

Baden-Württemberg (ab 1996): Landessumme einschl.

gemeindefreies Gebiet Rheinau (Ortenaukreis);

Berlin (1996, 2000): bezogen auf den

Gebietsstand 01.01.2001;

Rheinland-Pfalz: Landessumme einschl. des gemeinschaftlichen

deutsch-luxemburgischen Hoheitsgebiets;

Saarland (ab 2000): Landessumme einschl. des

gemeinschaftlichen deutsch-luxemburgischen Hoheitsgebiets;

Sachsen: durch unabhängiges Runden können Differenzen

entstehen;

Thüringen (ab 1996): Gemeinde Neckeroda im Landkreis

Weimarer Land enthalten; Rundungsdifferenzen auf Hektar sind

nicht ausgeglichen.

(C)opyright Statistische Ämter des Bundes und der Länder,2009

Stand: 24.10.2009 / 19:45:51

Anhang D: Ausschlussflächen

In Nationalparks und in Biosphärenreservaten sind Kernzonen ausgewiesen, in denen forstwirtschaftliche Nutzung untersagt ist.

Für Biosphärenreservate existiert keine Übersicht über den Waldanteil in den Kernzonen, wohl aber für die Nationalparke [BFH, S. 18-20]

Nationalpark	Waldflächen in Kernzonen [ha]
Bayerischer Wald	10.690
Hainich	2.267
Hochharz	1.266
Jasmund	1.112
Müritz	1.052
Nationalpark Harz	4.718
Sächsische Schweiz	3.345
Unteres Odertal	175
Vorpommersche Boddenlandschaft	2.300
Berchtesgaden	5.460

Anhang E: Erneuerbare Energien Deutschland 2007

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, 06. Juni 2008: Erneuerbare Energien in Zahlen http://www.erneuerbare-energien.de/files/erneuerbare_energien/downloads/application/pdf/broschuere_ee_zahlen.pdf S. 14							
Beitrag der erneuerbaren Energien zur Energiebereitstellung in Deutschland 2007							
	End-energie	Primärenergie-äquivalent			Anteil am Endenergieverbrauch	Anteil am gesamten Primärenergieverbrauch	
		nach Wirkungsgradmethode	nach Substitutionsmethode			nach Wirkungsgradmethode	nach Substitutionsmethode
	[GWh]	[PJ]	[PJ]		[%]	[%]	[%]
Wasserkraft 2)	20.700	74,5	203,6	Anteil am Stromverbrauch 8)	3,4	0,5	1,4
Windenergie	39.500	142,2	374,8		6,4	1	2,6
Photovoltaik	3.500	12,6	31,1		0,6	0,1	0,2
biogene Festbrennstoffe	7.390	65,5	65,5		1,2	0,5	0,5
biogene flüssige Brennstoffe	2.590	22,9	22,9		0,4	0,2	0,2
Biogas	7.430	65,8	65,8		1,2	0,5	0,5
Klärgas	1.040	9,2	9,2		0,2	0,1	0,1
Deponiegas	1.050	9,3	9,3		0,2	0,1	0,1
biogener Anteil des Abfalls 3)	4.250	37,7	37,7		0,7	0,3	0,3
Geothermie 4)	0,4	0	0		0	0	0
Summe	87.450	439,7	820		14,2	3,2	5,8
biogene Festbrennstoffe (Haushalte)	57.778	208		Anteil am EEV für Wärme 9)	4,2	1,5	1,5
biogene Festbrennstoffe (Industrie 5)	11.250	40,5			0,8	0,3	0,3
biogene Festbrennstoffe (Heizkraft und Heizwerk)	2.300	8,3			0,2	0,06	0,06
biogene flüssige Brennstoffe 7)	4.500	16,2			0,3	0,12	0,11
biogene gasförmige Brennstoffe 7)	3.461	12,5			0,3	0,09	0,09
biogener Anteil des Abfalls 3)	4.910	17,7			0,4	0,13	0,12
Solarthermie	3.700	13,3			0,3	0,1	0,09
tiefe Geothermie	160	0,6			0,01	0,004	0,004
oberflächennahe Geothermie	2.139	7,7			0,2	0,05	0,04
Summe	90.198	324,7				6,6	2,3
Biodiesel	34.389	123,8		Anteil am Kraftstoffverbrauch 10)	5,6	0,9	0,9
Pflanzenöl	8.750	31,5			1,4	0,2	0,2
Bioethanol	3.417	12,3			0,6	0,1	0,09
Summe	46.556	167,6				7,6	1,2
gesamt	224.204	932,1	1.312,30	EEV 11)	8,6	6,7	9,2

Die derzeit gültige Methode zur Berechnung des Primärenergieäquivalents von Strom aus erneuerbaren Energien ist die Wirkungsgradmethode. Die Substitutionsmethode, die beispielsweise bei der Berechnung der durch erneuerbare Energien vermiedenen Emissionen und Brennstoffeinsätze angewandt wird, ist hier zusätzlich dargestellt.

Abweichungen in den Summen durch Rundungen; PEV, 13.878 PJ, Stand Februar 2008;

1) Erläuterung der Methoden zur Bestimmung des Primärenergieäquivalents siehe Anhang Abs. 4, bei Wärme und Kraftstoff wird hier Endenergie gleich Primärenergie gesetzt

2) bei Pumpspeicherkraftwerken nur Stromerzeugung aus natürlichem Zufluss

3) biogener Anteil mit 50 % angesetzt

4) zweites Geothermiekraftwerk Ende 2008 in Betrieb gegangen

5) Industrie = Betriebe des Bergbaus, der Gewinnung von Steinen und Erden sowie des verarbeitenden Gewerbes, § 8 Energiestatistikgesetz, Wert 2007 geschätzt auf der Basis von Angaben für

6) nach §§ 3 und 5, Energiestatistikgesetz, nur Allg. Versorgung

7) teilweise geschätzt, bei Gasen einschließlich der Direktnutzung von Klärgas

8) bezogen auf den Bruttostromverbrauch 2007 von 617,5 TWh

9) wegen des milden Klimas 2007 nur 4.950 PJ als EEV eingesetzt. Basis für die Schätzung ist der EEV für Raumwärme, Warmwasser und sonstige Prozesswärme 2005 (unter der Berücksichtigung von Auf- und Abbau an Vorräten lagerbarer Brennstoffe – bereinigte Version) von 186,5 Mio. t SKE oder 5.466 PJ

10) bezogen auf den gesamten Kraftstoffverbrauch 2007 von 2.203 PJ

11) bezogen auf EEV 2006 von 9.423 PJ

12) bei einem Substitutionsfaktor (für Strom aus Biomasse) von 8.860 kJ/kWh, siehe Anhang Abs. 4

Zur Stromerzeugung aus Photovoltaik und zur Wärmebereitstellung aus Solarthermie siehe Anhang Abs. 5.

Quellen: BMU auf Basis AGEE-Stat sowie ZSW [3]; BSW [10]; AGEV [1], [11], [15], [18]; SBA [5]; ISI [41]; VDN [9]; IE [70]; VDEW [71]; [74]; Erdwärme-Kraft [79]; BAFA [83]