



Universität Augsburg

***„Methoden des Carbon Footprintings zur
Beurteilung der Nachhaltigkeit – an den
Fallstudien Betapharm und Prolignis“***

**Diplomarbeit der Wirtschaftswissenschaftlichen Fakultät der
Universität Augsburg**

zur Erlangung des akademischen Grades

Diplom-Kaufmann

Eingereicht am Wissenschaftszentrum Umwelt Universität Augsburg



Betreut von Hr. Prof. Dr. B. Wagner

In Kooperation mit



Autor: Stefan Nertinger

Auszüge aus „Methoden des Carbon Footprintings zur Beurteilung der Nachhaltigkeit an den Fallstudien Betapharm Arzneimittel und Prolignis Energie Consulting“ – Diplomarbeit an der Wirtschaftswissenschaftlichen Fakultät der Universität Augsburg in Zusammenarbeit mit dem Wissenschaftszentrum Umwelt unter Betreuung von Prof. Dr. Dr. Bernd Wagner. Eingereicht durch Stefan Nertinger.

Unter Carbon constraint economy ist ein unternehmerisches Handlungsumfeld zu verstehen, welches durch gesetzliche, gesellschaftliche sowie ökologische Restriktionen hinsichtlich des Treibhausgasausstoßes von Unternehmen gekennzeichnet ist. In diesem Umfeld zunehmender CO²-Sensitivität und medialer Aufmerksamkeit etabliert sich der Carbon Footprint (CO²-Footprint, Treibhausgasinventar) als zentraler Indikator um das Treibhausgaspotenzial (Global Warming Potential-GWP) unternehmerischer Aktivitäten transparent zu machen.

Der Sektor der Energieerzeugung ist für mehr als 40 Prozent der globalen CO²-Emissionen verantwortlich. Somit hängt die Struktur des zukünftigen Energieerzeugungsmixes maßgeblich von deren CO²-Intensität ab. Zur Beurteilung der ökologischen Nachhaltigkeit und somit auch der Umweltkonformität einer Energieerzeugungsform nimmt der Carbon Footprint eine zentrale Bedeutung ein. (Abbildung 1). Im Rahmen der Diplomarbeit wurde am Beispiel des Pharmavertriebs Betapharm Arzneimittel GmbH (Augsburg) und des Projektierers von Biomasseheizkraftwerken Prolignis Energie Consulting (Ingolstadt) die Berechnung des Product und Corporate Carbon Footprints (PCF bzw. CCF) vollzogen. Die Ergebnisse wurden anschließend bzgl. ihrer Aussagekraft insbesondere im Nachhaltigkeitskontext eingeordnet.

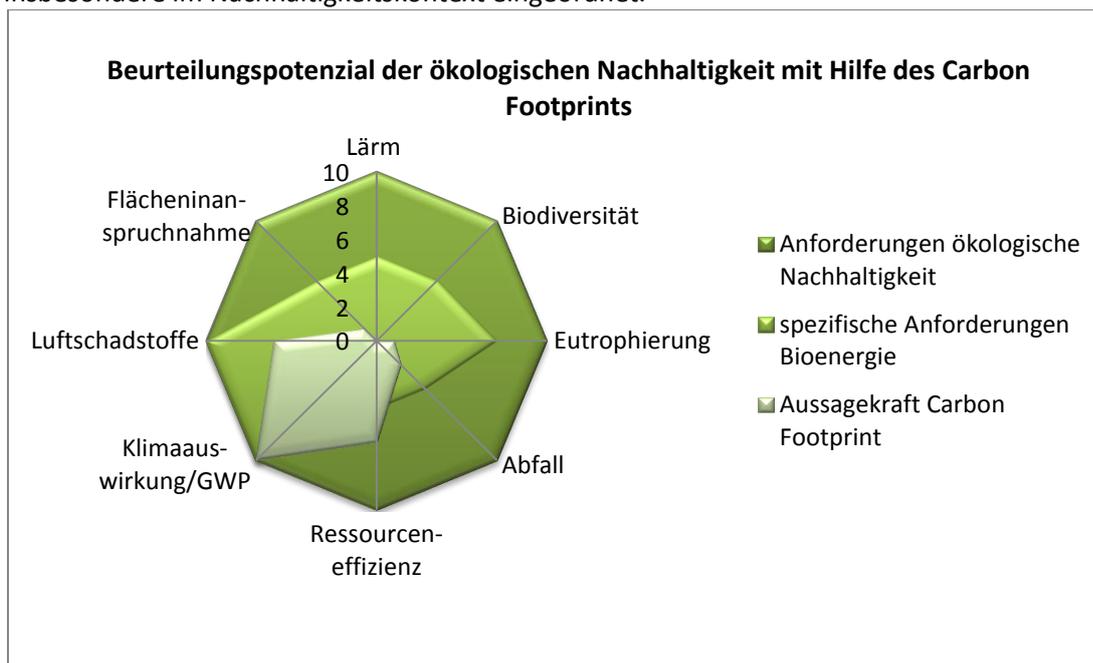


Abbildung 1: Beurteilungspotenzial der ökologischen Nachhaltigkeit des Carbon Footprints

Um die Treibhausgasintensität der Prolignis Biomasseheizkraftwerke zu beurteilen, wurde sowohl der absolute Carbon Footprint (jährlich durch ein Kraftwerke emittierte CO²-Äquivalente Menge-CCF) als auch der Product Carbon Footprint –PCF- der einzelnen Outputströme Wärme und Elektrizität ermittelt. Als Berechnungstool wurde das vom Öko-Institut entwickelte GEMIS¹ 4.5. (Gesamt-Emissions-Modell-Integrierter-Systeme) eingesetzt. Die Berechnung wurde ausgehend von einer Prozessanalyse mit Hilfe einer Life-Cycle-Analysis (LCA) auf Grundlage des momentanen Quasi-Standards GHG Protocol vollzogen. Die Ergebnisse wurden mittels weiterer anerkannter Tools

¹ www.gemis.de

validiert. Um die Treibhausgasintensität den beiden Outputs verursachungsgerecht zuzuordnen wurden mehrere Allokationsverfahren angewandt.

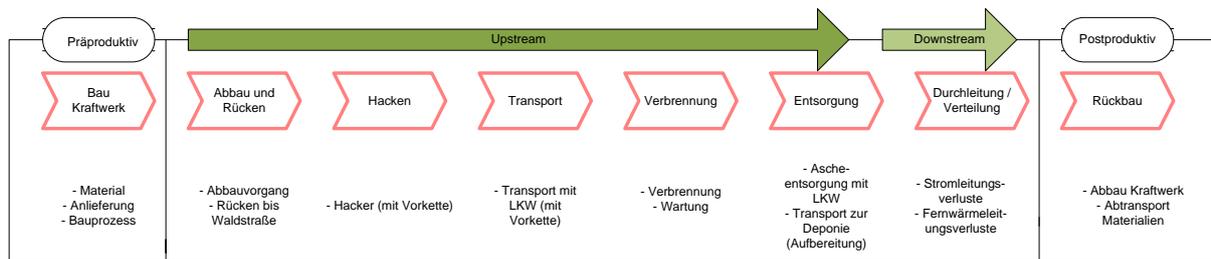


Abbildung 2: Prozesskette und Aspekte des Carbon Footprints

Charakteristisch für das GHG Protocol ist die Einteilung in sogenannte Scopes. Diese unterscheiden sich in der Möglichkeit Kontroll- und Einflussnahme auf die Emissionen. Im Prolignis Fall umfasst Scope eins die direkten Emissionen wie bspw. Verbrennung, Scope zwei den Fremdbezug von Energie und Scope drei die Emissionen, welche auf der gesamten Wertschöpfungskette (vgl.

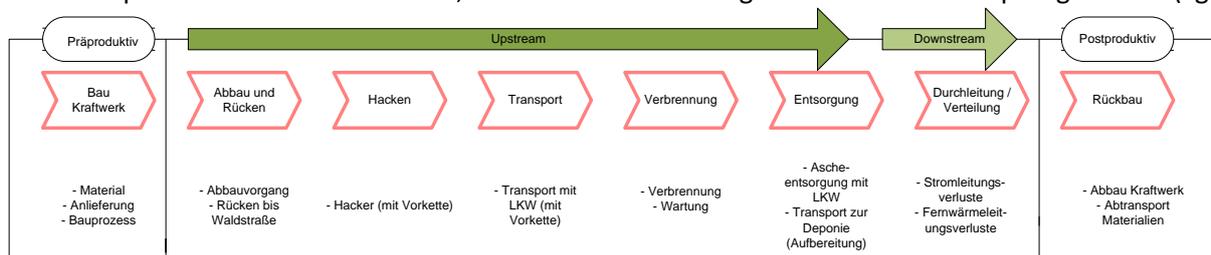


Abbildung 2) wie bspw. Brennstoffbereitstellung entstehen sowie die Lebenszyklusemissionen von Bau- und Rückbau des Kraftwerkes und des Fernwärmenetzes.

Die Ergebnisse

Die Betrachtungen zeigen, dass bei Annahme der CO₂-Neutralität² die wesentlichen CO₂-Emissionsquellen die Brennstoffbereitstellung und die direkten Emissionen des Kraftwerks sind. Die Berechnungen bestätigen somit die Aussagen der Literatur. Bei Aussetzen der Annahme der CO₂-Neutralität sind die Emissionen auffallend hoch - speziell im Vergleich zu den anderen Szenarien. Das Entscheidungskriterium zur Annahme der CO₂-Neutralität ist die Nachhaltigkeit des verwendeten Biomassebrennstoffs. Mithilfe des Carbon Footprints kann diese nicht beurteilt werden, im Fall der Prolignis ist diese jedoch gegeben. Der gesamte Carbon Footprint besteht zu etwa 48 Prozent aus N₂O, was Folge des hohen Treibhausgaspotenzials und entsprechend resultierendem Umrechnungsfaktors in CO₂-Äquivalente von 310 ist. Das N₂O resultiert zu 98 Prozent aus der Verbrennung, die übrigen 2 Prozent sind Folge des Transportverkehrs und der landwirtschaftlichen Maschinen. Etwa 37 Prozent entfallen auf CO₂, welches ausschließlich Scope zwei bis drei, und somit nicht der eigentlichen Verbrennung bei Annahme der CO₂-Neutralität, zuzuordnen ist. 15 Prozent der Treibhausgaswirkung des Footprints entfallen auf CH₄ (Methan), welches primär während der Verbrennung entsteht. Hierbei ist anzumerken, dass die Lebenszyklusemissionen und der Fremdbezug von Strom ausschließlich als CO₂-Äquivalente (CO₂-Emissionen) in die Bilanzierung eingehen.

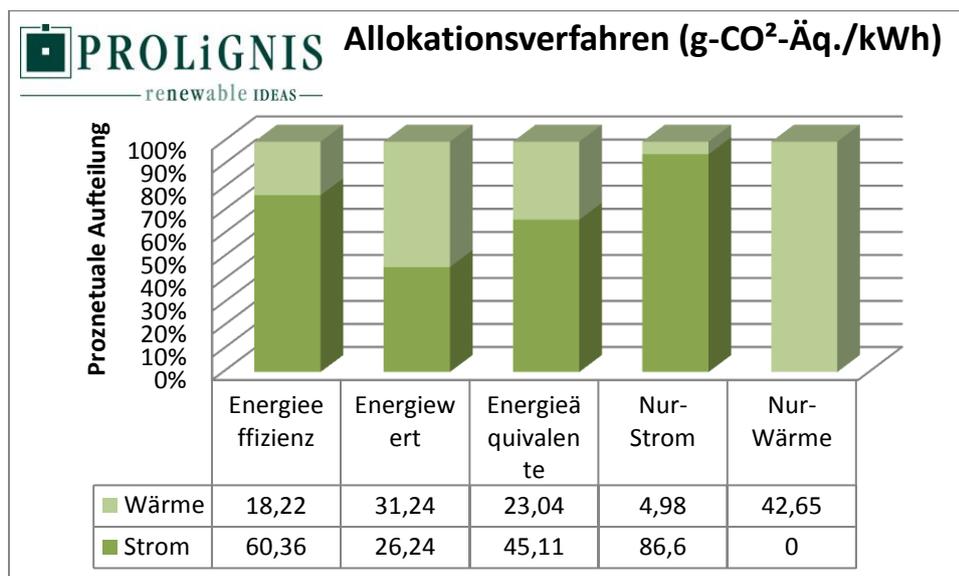
Die Erweiterung um Lebenszyklusaspekte verschafft keine wesentlichen Emissionssteigerungen, was darauf schließen lässt, dass der Bau und der Rückbau eines Biomasseheizkraftwerkes und dessen Fernwärmenetzes relativ umweltverträglich hinsichtlich ihres Treibhausgaspotenzials sind. Der Großteil der Emissionen wird während der operativen Phase emittiert. Je nach zugrunde gelegter Methodik ergeben sich teils stark schwankende Werte für die beiden Outputs Strom und Fernwärme.

² Für biogene Reststoffe wird eine CO₂-neutrale Verbrennung angenommen, da diese lediglich den während des Wachstums aufgenommenen Kohlenstoff freisetzt und aus diesem Grund in Summe keine Mehrung der Treibhausgaskonzentration in der Atmosphäre stattfindet.

Die Unterschiede zwischen der Allokations- und der Substitutionsmethode sind beachtenswert. In den Substitutionsmodellen sind die Carbon Footprints unter Annahme der CO₂-Neutralität der Biomasse negativ. **Diese Negativität macht das hohe Treibhausgasminderungspotenzial gegenüber dem durchschnittlichen bundesdeutschen Energiemix deutlich.**

Die Substitutionsmethode ist kritisch zu hinterfragen, da sie auf fiktiven Annahmen beruht. Es ist fraglich, inwiefern die Wärme des Kraftwerkes wirklich die entsprechende konventionelle Energieform ersetzt. Während diese Methode bei Annahme von CO₂-Neutralität dem Biomasseheizkraftwerk eine ausgesprochen verträgliche und CO₂-einsparende Wirkung unterstellt, kehrt sich das Bild bei Aussetzen der CO₂-Neutralität ins deutlich Negative um. Anhand der Vielzahl der dargelegten Modelle und Methodiken ist schnell ersichtlich, dass es im Moment nicht die eindeutige und standardisierte Vorgehensweise gibt.

Tabelle1: Vergleich der Allokationsmethoden³ (kg CO₂-Äquivalente/MW) [eigene Berechnung]



Die Berechnungen zeigen, dass es einen Mehrwert schafft, die Emissionswirkung der beiden Outputströme separat aufzuschlüsseln: **Aufgrund des geringeren Nutzungsgrades der Stromerzeugung wird deutlich, welche ökonomischen wie ökologischen Vorteile die Kraftwärmekoppelung bringt. Dennoch ist anhand des Modells der Nur-Strom Allokation erkennbar, dass die Emissionswirkung selbst bei reiner Stromerzeugung im Vergleich zu konventionellen Energieformen unter Annahme der CO₂-Neutralität gering ist.**

Qualifizierung und Einordnung der Ergebnisse

Zum Zwecke der Einordnung der berechneten Ergebnisse wird auf Studien zurückgegriffen, welche die bestehenden Erkenntnisse und Untersuchungen eruieren und zusammenfassen. Dabei zeigt sich, dass selbst für gleiche Energieträger signifikante Unterschiede in den GHG Emissionen pro erzeugte Elektrizitätseinheit⁴ bestehen. Selbst anerkannte und als belastbare geltende Treibhausgasinventare bergen ein hohes Unsicherheitspotenzial⁵.

³ Zu Grunde liegen die Ergebnisse des Modells mit Lifecycleaspekten. Exkludiert sind die Aspekte Fernwärmenetz und Leitungsverluste, um die Vergleichbarkeit zwischen den Methoden zu gewährleisten

⁴ (Weisser, 2006) S.1544

⁵ (Marland, Hamal & Jonas, 2009)

Lebenszyklusemissionen ausgewählter Stromerzeugungstechniken

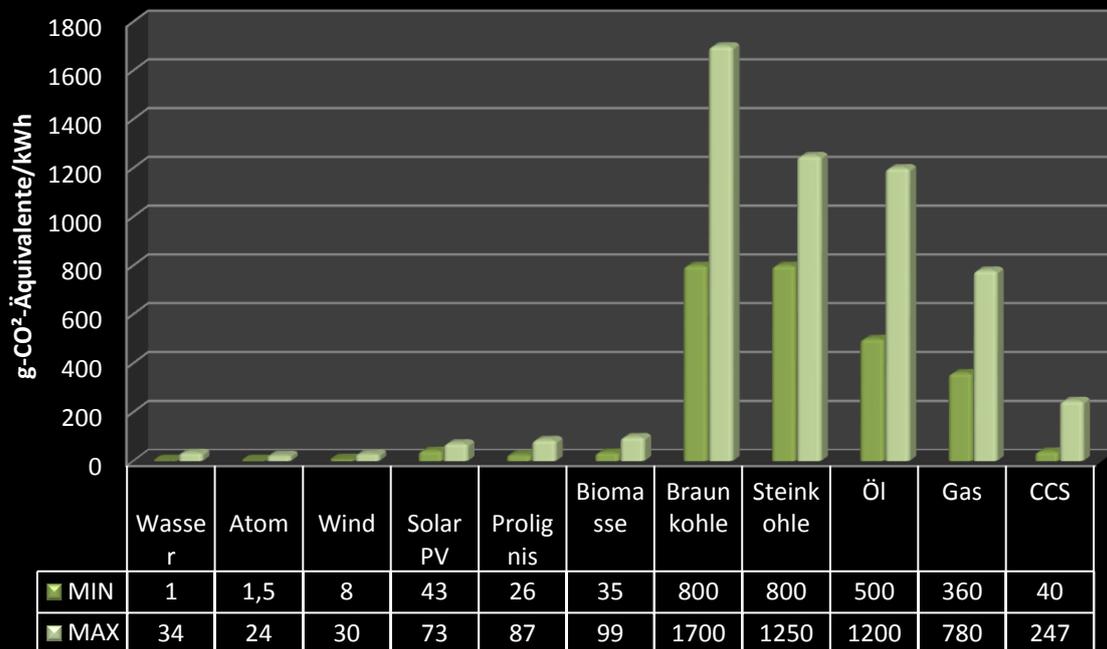


Abbildung 3: Vergleich der verschiedenen Stromerzeugungstechnologien (unter Verwendung von Weisser 2006 und Jacobsen 2009; eigene Berechnungen mit GEMIS 4.5)

Ausgewählt wurden Studien der Jahre 2000 bis 2006, welche Lebenszyklusanalysen unterschiedlicher Energieformen abhandeln. Die Mehrzahl der aufgeführten Technologien verfügt nicht über Kraft-Wärmekoppelung. Der berechnete Carbon Footprint der Prolignis ist hinsichtlich der Systemgrenzen zu den umfangreichsten zu zählen. Die miteinander verglichenen und aufgelisteten Studien weisen erhebliche Diskrepanzen hinsichtlich ihrer Höchst- und Niedrigstwerte der kumulativen Emissionen auf: Die Gründe hierfür⁶ sind Unterschiede im gewählten methodischen Ansatz, den Systemgrenzen, den betrachteten Heizwerten sowie geografische und topografische Unterschiede, welche bspw. hinsichtlich Brennstoffversorgung relevant sind.

Die Werte der Prolignis Berechnungen variieren hinsichtlich der gewählten Allokation, weisen jedoch selbst im Grundmodell, auch im Vergleich sehr umfangreiche Systemgrenzen auf. Bei Gegenüberstellung verschiedener Energieformen und deren -bereitstellungsketten ist zu beachten, dass diese nicht zwingend alternativ gegenüberstehen bzw. substituiert werden können: Allein am Kriterium der Grundlastfähigkeit oder der Versorgungssicherheit wird deutlich, dass die meisten Energieformen nicht beliebig durch andere substituierbar sind⁷. Aufgrund des unstrittigen und gesetzlich fixierten Zieles des Ausbaus erneuerbarer Energien, ist zu betonen, dass diese nicht in Konkurrenz zueinander stehen.

In der Studie von Weisser (2006) werden für die Stromproduktion aus fester Biomasse THG-Emissionen zwischen 35 und 99 g/KWh benannt. Am unteren Ende dieser Spannen befinden sich die errechneten Werte der Prolignis. **In Anbetracht der Tatsache, dass den berechneten Werten eine nahezu vollständige Lebenszyklusanalyse zugrunde liegt, ist festzustellen, dass die Biomassenutzung durch Prolignis zu den emissionsärmsten gehört.** Im Vergleich zur Atomenergie ist Energiegewinnung aus Biomasse THG-emissionsintensiver.

⁶ (Weisser,2006) S.1544

⁷ (Gagnon, Belanger & Uchiyama, 2002)

Schlussfolgerungen

Innerhalb der Bioenergien erzielt die höchste Klimaschutzeffizienz die Verstromung von Holz im Heizkraftwerk mit Wärmenutzung. Dieses Ergebnis wird in zahlreichen wissenschaftlichen Quellen belegt^{8,9}. Zwischen den verschiedenen Biomassenutzungen bestehen erhebliche Unterschiede: je umfangreicher die Vorketten zur Gewinnung und Bereitstellung des eigentlichen Brennstoffes (z.B. Vergasung) sind, desto höher sind die Emissionen. **Die stationäre Nutzung von Biomasse zur Gewinnung von Strom und Wärme spart, im Vergleich aller Bioenergiepfade, am meisten Treibhausgase gegenüber dem konventionellen deutschen Strommix ein.** Gegenüber der Verwendung zur Strom- und Wärmebereitstellung ergeben sich aus der Nutzung von Biomasse als Kraftstoff erhebliche Nachteile hinsichtlich des Klimaschutzes und der Treibhausgaswirkung¹⁰.

Anhand des Vergleichs des Carbon Footprint Ergebnisse der Prolignis Biomasseheizkraftwerke mit anderen Energieträgern und –technologien, werden die Aussagen der Literatur¹¹ bestätigt, dass energetische Nutzung von biogenen Reststoffen wie Straßenbegleitgrün zur gekoppelten Strom-/Wärmeerzeugung die beste Emissionsminderungsstrategie darstellt. Für die weitere Zukunft ist davon auszugehen, dass die ohnehin niedrigen Emissionen¹² durch Optimierung der Vorketten und der möglichen Weiterverwendung der Asche als Düngemittel weiter sinken werden.

Literatur

- Bernandes, M. ; Briem, S.; Blesl, M., Krewitt, W. ; Rath-Nagel, S. (2004). Lebenszyklusanalysen ausgewählter zukünftiger Stromerzeugungstechniken, IER Universität Stuttgart, DLR Stuttgart, LEE Ruhr-Universität Bochum, FfE, München. VDI-Gesellschaft Energietechnik – Förderkennzeichen: 0327281: Düsseldorf.
- Gagnon, L. ; Bélanger, C. ; Uchiyama, Y. (2002). Life-cycle assessment of electricity generation options: The status of research in year 2001. Energy Policy ,30 (14), S.1267-1278.
- GHG Protocol (2006). The Greenhouse Gas Protocol – A Corporate Accounting and Reporting Standard Revised Edition. World Business Council for Sustainable Development / World Resources Institute.
- GHG Protocol (2009). Product Life Cycle Accounting and Reporting Standard. World Resources Institute & World Business Council for Sustainable Development.
- Jacobsen, M.Z. (2009). Review of solutions to Global Warming, Air pollution and Energy Security. Stanford University. Abruf am 06.04.2009 unter: <http://www.stanford.edu/group/efmh/jacobson/EnergyEnvRev1008.pdf>.
- Leible, L.; Kälber, S.; Kappler, G. (2008). Relative Vorzüglichkeit der Bioenergie. Vortrag beim Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e. V. (KTBL): Ökologische und ökonomische Bewertung nachwachsender Energieträger. 08. - 09.09.2008: Aschaffenburg.
- Lübbert, D. (2007). CO₂-Bilanzen verschiedener Energieträger im Vergleich: Zur Klimafreundlichkeit von fossilen Energien, Kernenergien und erneuerbaren Energien. Wissenschaftliche Dienste des Deutschen Bundestages Info Brief WD 8 – 056/2007: Berlin.
- Marland, G. ; Hamal, K. ; Jonas, M. (2009). How uncertain are estimates of CO₂ Emissions. Journal of Industrial Ecology, .13 (1) S.4-7.
- Marheineke, T. (2002). Lebenszyklusanalyse fossiler, nuklearer und regenerativer Stromerzeugungstechniken. Stuttgart: Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung: Stuttgart.
- Ramesohl, S. ; Arnold, K. ; Kaltschmitt, M. ; Scholwin, F. ; Hofmann, F. ; Plättner, A. ; Kalies, M. ; Lulies, S. ; Schröder, G. (2005). Analyse und Bewertung der Nutzungsmöglichkeiten von Biomasse – Band1: Endbericht. BGW – DVGW: Wuppertal, Leipzig, Essen.
- Sachverständigenrat für Umweltfragen (2007). Klimaschutz durch Biomasse – Sondergutachten. Erich Schmidt Verlag: Berlin.
- Weisser, D. (2006). A guide to lifecycle greenhouse gas (GHG) emissions from electric supply technologies. Energy,32 (9) S.1543-1559.
- Wissel, S. ; Mayer-Spohn, O. ; Fahl, U. ; Voß, A. (2007). CO₂Emissionen der nuklearen Stromerzeugung. Energiewirtschaftliche Tagesfragen . 57 (12) S.44-47.

⁸ (Ramesohl et al., 2005) S.48

⁹ (SRU 2007) S.52

¹⁰ (SRU 2007) S.53

¹¹ (Leible, Kälber & Kappler, 2008) S.55

¹² (Bernades et al., 2002) S.83