



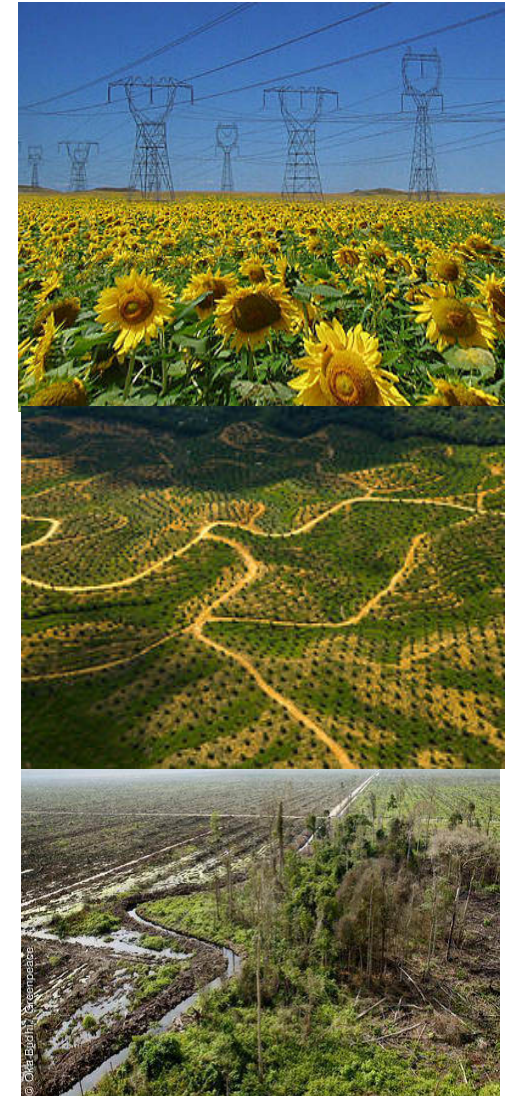
# Theoretische Energie- und CO<sub>2</sub>-Bilanz von Bioenergie aus HTC-Kohle aus Grünabfall

Helena Ponstein, M.Sc.

Berlin, 26.09.2013

# Hintergründe und Problemstellung

- **Umweltauswirkungen** von Bioenergie werden kontrovers diskutiert
  - **Treibhausgasemissionen** und
  - Auswirkungen auf **Biodiversität** vielfach kritisiert (z.B. Searchinger et al. 2009, Fargione et al. 2008, WBGU 2009, GBEP 2008, Haberl et al. 2012)
  - Erzeugung erfordert **fossile Energie**
- **Nutzungskonkurrenzen**
  - ‘Teller-Tank-Trog’ Diskussion
- Umweltauswirkungen von **Bioenergie** aus **HTC-Kohle** weitestgehend **unbekannt**



# Zielsetzung und Methodik

## Zielsetzung

- **Transparenz** über potentielle **Umweltauswirkungen** Energie aus HTC-Kohle
  - Kumulierter Energieaufwand, nicht regenerativ (KEA)
  - Treibhausgasemissionen (GWP 100)
- Berücksichtigung der möglichen Nutzungspfade (stofflich, energetisch) von Grünabfall  
=> Feststellung des **zu präferierenden Nutzungspfad**

## Methodik

- ISO 14044:2006; Life Cycle Assessment
- Systemgrenzen: 'cradle to grave'
- Bezugsgröße (Referenzfluss): 1 Mg Grünabfall
- Lebenszyklusinventar: **SunCoal**, ecoinvent, Literatur
- Wirkungsabschätzung: VDI 4600, IPCC 2007, Literatur
- Wichtig: **Vergleichbarkeit** der Ergebnisse mit der Studie des **KWB**



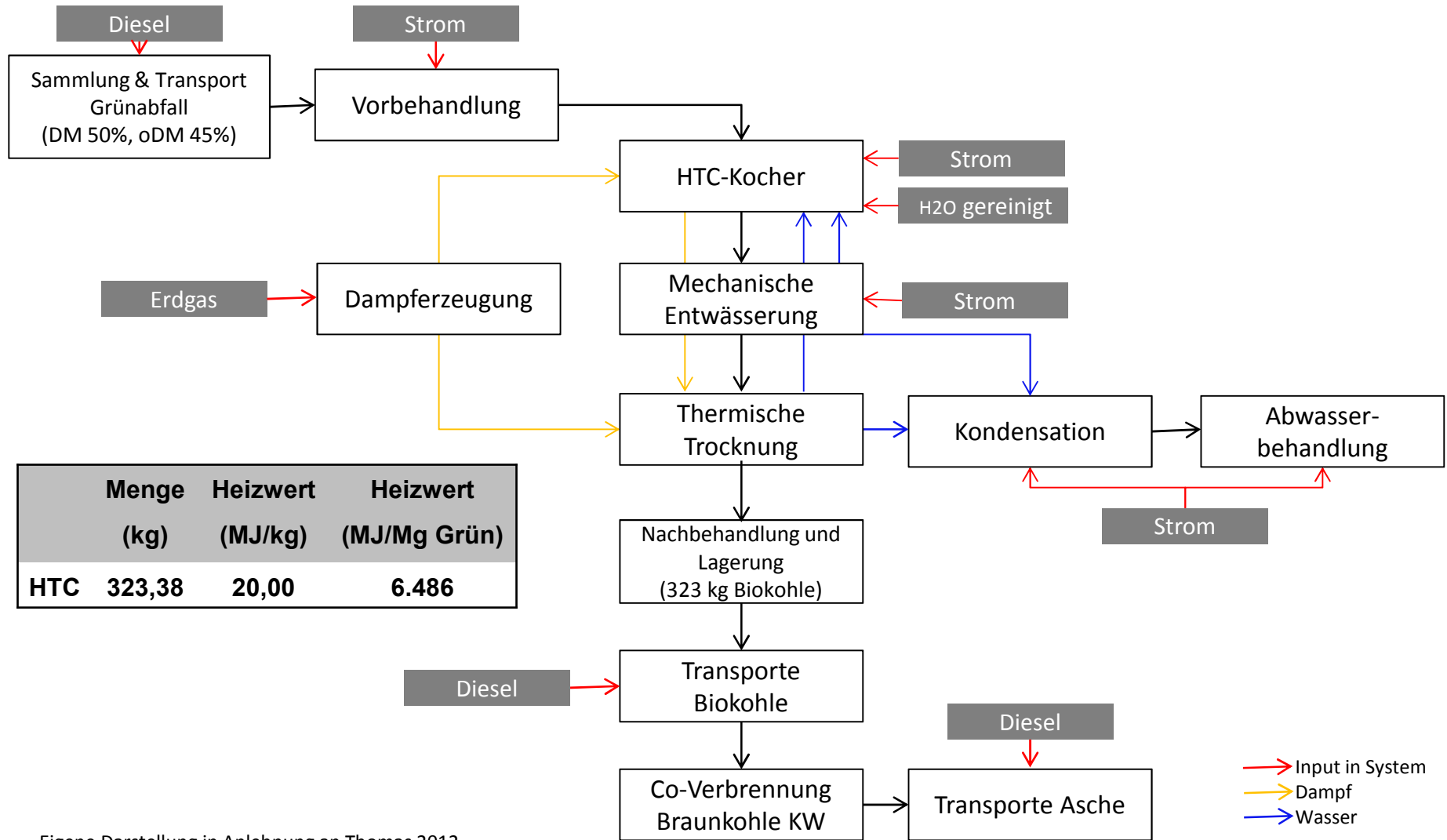
# Wichtige Kennzahlen des HTC-Prozesses (SunCoal 2013)

Parameter	Formel	Wert	Literatur für Klärschlamm
Massen- ausbeute	$\mu = \frac{m_{DM, char}}{m_{DM, bio}}$	0,68	0,75 (Mittelwert)
Erhöhung des Heizwerts	$\psi = \frac{H_{u, char}}{H_{u, bio}}$	1,15	1,06 (Escala)
HTC-Effizienz	$\eta_{HTC} = \mu \cdot \psi = \frac{m_{DM, char} H_{u, char}}{m_{DM, bio} H_{u, bio}}$	1,13	
Kohlenstoff- effizienz	$\eta_C = \frac{m_{C, char}}{m_{C, bio}}$	0,87	0,75 (Jeitz) 0,62 – 0,71 (Escala)

**Legende:**

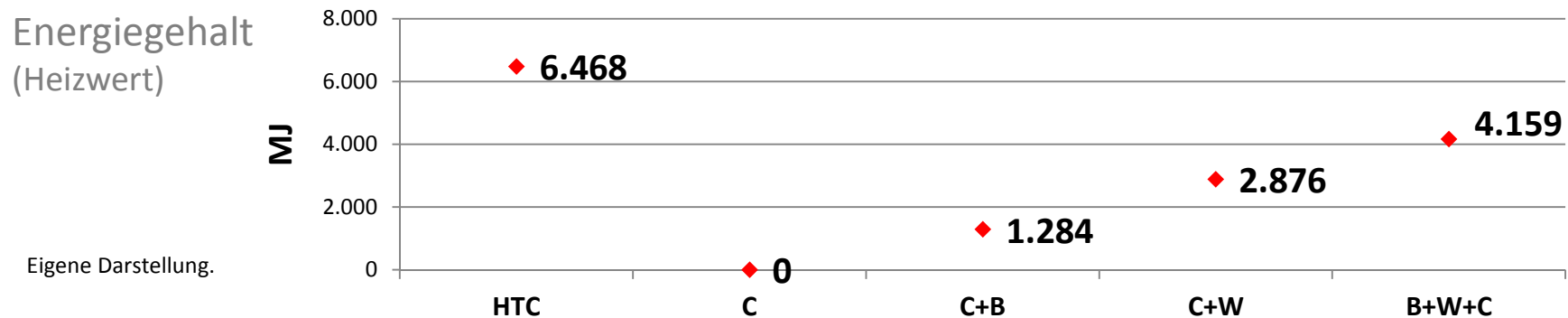
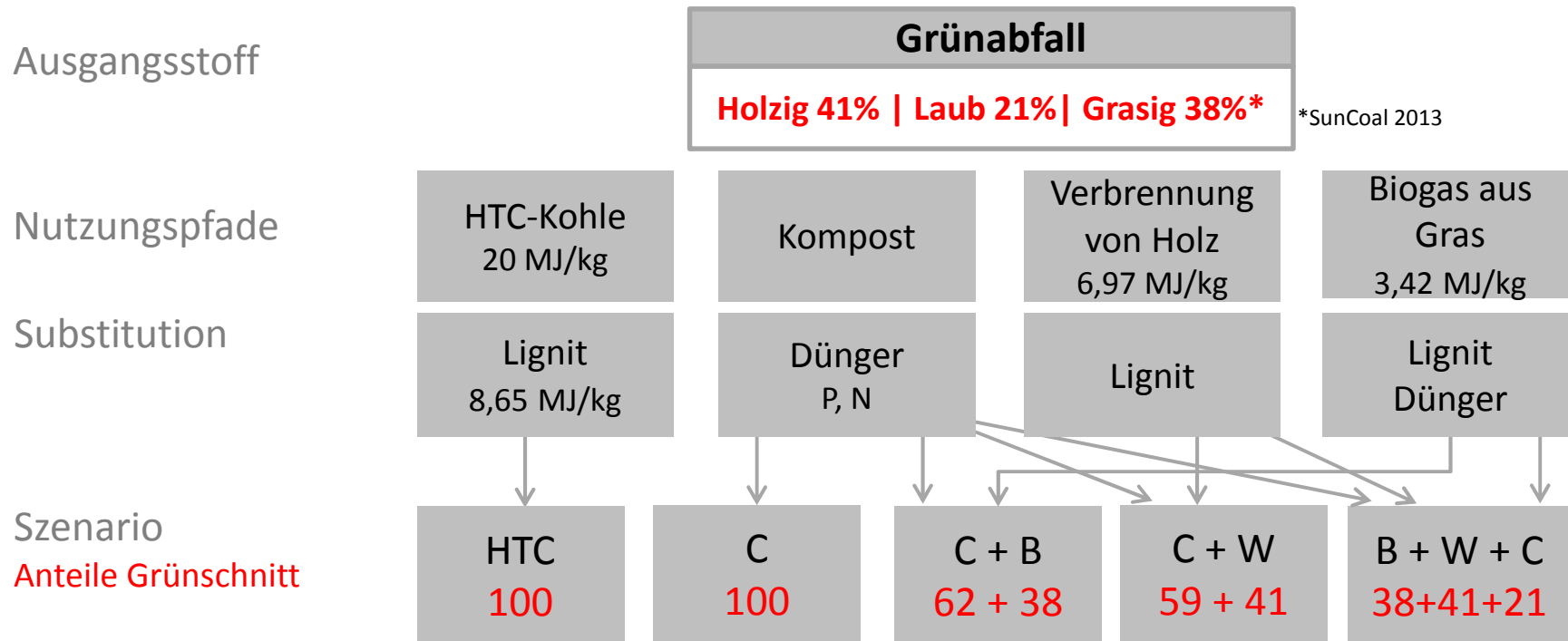
- DM - Trockenmasse
- char - Biokohle
- bio - Biomasse
- C - Kohlenstoff
- t - Reaktionszeit

# Systemgrenzen HTC-Kohle aus 1 Mg Grünabfall

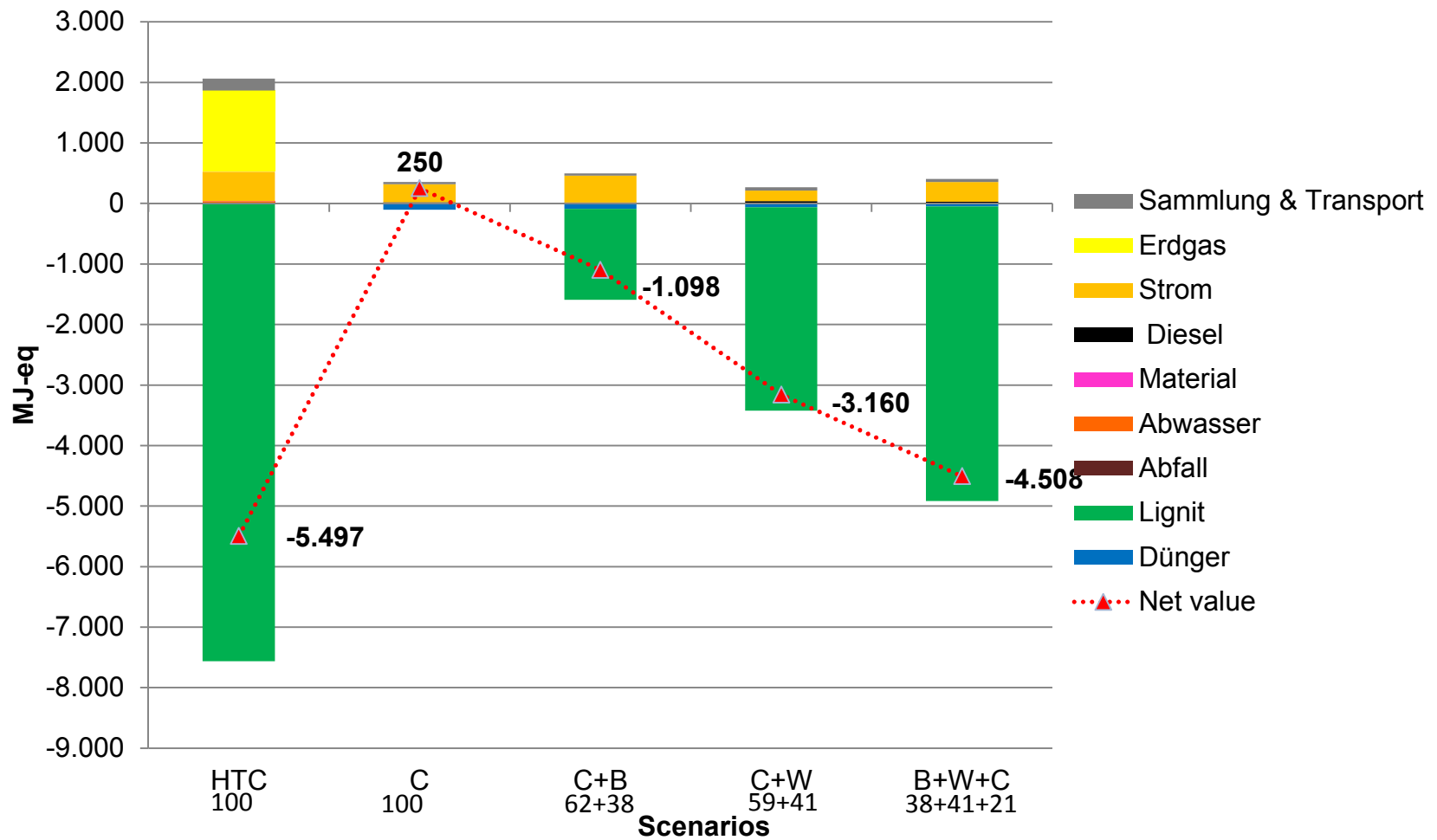


Eigene Darstellung in Anlehnung an Thomas 2012.

# Nutzungspfade Grünabfall und Szenarien

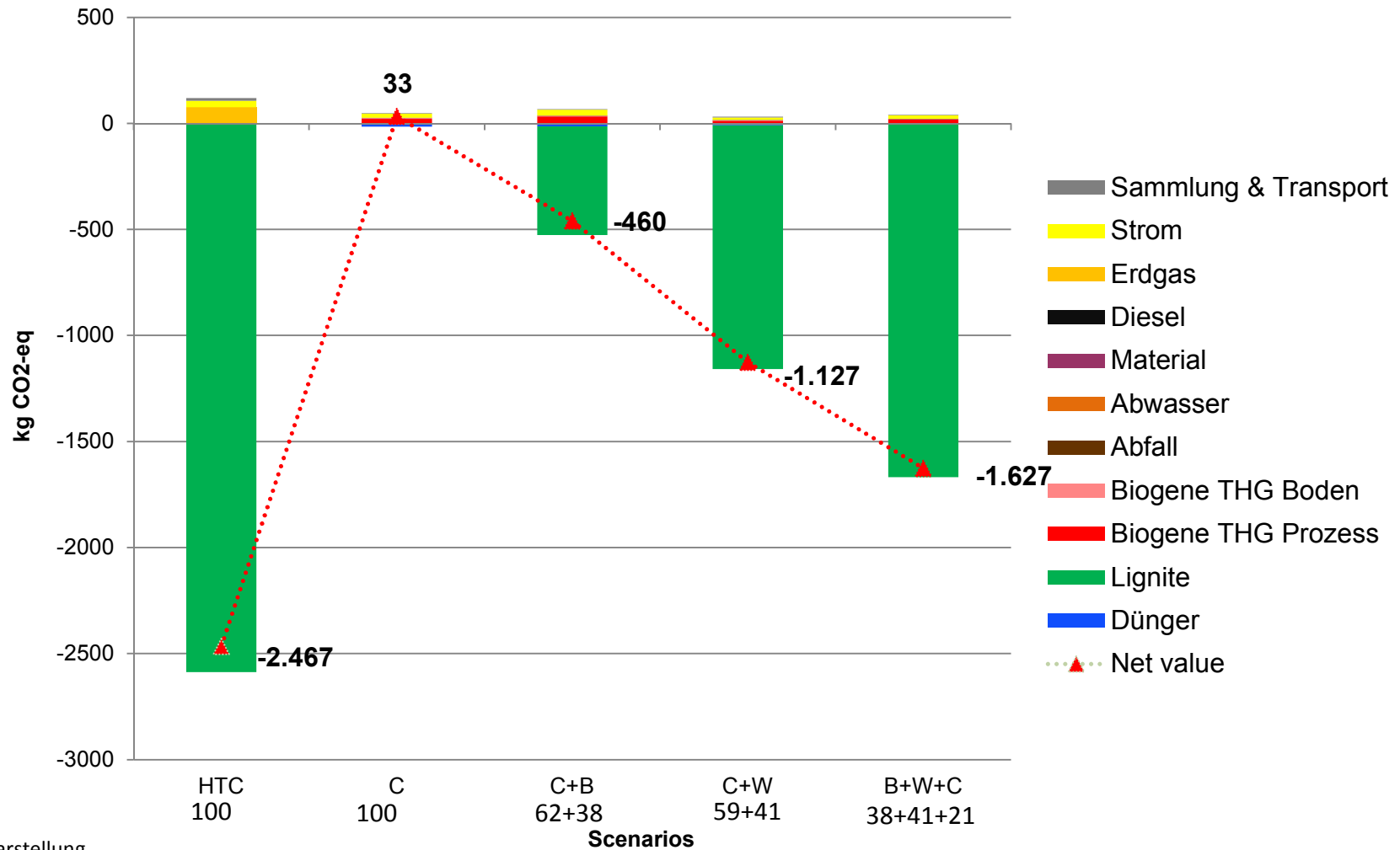


# Ergebnis KEA



Eigene Darstellung.

# Ergebnis GWP 100



Eigene Darstellung.



## Fazit

- **Co-Verbrennung von HTC-Kohle** und Lignit ist eindeutig der zu **präferierende** Nutzungspfad von Grünabfällen
  - Höchste Menge an Energie, da der **gesamte Grünabfall energetisch genutzt** wird
  - Substitution von **Braunkohle** generiert hohes Maß an **Gutschriften**
  - **Entstandene Treibhausgasemissionen** und **KEA** durch die Produktion von HTC-Kohle durch Substitution von Braunkohle mehr als **kompensiert**
  - **Keine biogenen Treibhausgase** aus dem Prozess
- Energetische Nutzung für Biogas und Holzverbrennung nur bedingt möglich aufgrund der Zusammensetzung von Grünabfall
- Bioenergie aus HTC-Kohle erfüllt Anforderungen an **nachhaltige** Bioenergie: Nutzung von Abfallstoffen, keine Nutzungskonkurrenzen mit Nahrungsmittel und keine Landnutzungswechsel zu erwarten.



**Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit.**

Helena Ponstein, M.Sc.

[Helena.ponstein@googlemail.com](mailto:Helena.ponstein@googlemail.com)

# Quellen

- Agro Service International (2013): Conversion factors. [Online] <http://www.agroservicesinternational.com/Education/Fert6.html>. Accessed on April 10<sup>th</sup> 2013.
- ATV-DVWK (2000): A131 Bemessung von einstufigen Belebungsanlagen. Abwassertechnische Vereinigung e.V., Hennef, Germany. [Online] <http://en.dwa.de/modular-wastewater-training-system.html?page=57>. Accessed April 10<sup>th</sup> 2013.
- Auhagen, U. (2013): Email, January 29<sup>th</sup> 2013.
- BGK (2008): Dr. Kehres, personal communication. Cited by Cuhls, C., Mähl, B., Berkau, S. and J. Celemens (2008): Ermittlung der Emissionssituation bei der Verwertung von Bioabfällen. Final report. Bonn, December 2008.
- Bhattacharyya, S.C. (2011): Energy Economics. Concepts, Issues, Markets and Governments. Springer, London.
- Bruns, C., Gottschall, R., Hafner, G., Kranert, M., Schiere, O. and C. Seibel (2007): Grünabfälle – besser kompostieren oder energetisch verwerten? – Vergleich unter den Aspekten der CO<sub>2</sub>-Bilanz und der Torfsubstitution. Dokumentation und Forschungsbericht. EdDE-Dokumentation 11. Cologne, Germany. [Online] <http://www.entsorgungsgemeinschaft.de/fileadmin/docs/Dokumentationen/EdDE-Doku-11.pdf>. Accessed on April 10<sup>th</sup> 2013.
- Cherubini, F. (2010a): GHG balances of bioenergy systems – Overview of key steps in the production chain and methodological concerns. Renewable Energy 35 (2010), pp. 1565–1573.
- Cherubini, F. and A. Hammer Strømman (2011): Life cycle assessment of bioenergy systems: State of the art and future challenges. Bioresource Technology 102 (2011), pp. 437–451.
- Cuhls, C., Mähl, B., Berkau, S. and J. Celemens (2008): Ermittlung der Emissionssituation bei der Verwertung von Bioabfällen. Final report. December 2008, Bonn, Germany.
- Curran, A.M. (2013): Life Cycle Assessment: a review of the methodology and its application to sustainability. Current Opinion in Chemical Engineering 2 (2013), pp. 1–5.
- Ecoinvent (2010): Ecoinvent data v2.2, ecoinvent reports No. 1-26, Swiss Center for Life Cycle Inventories, Dübendorf, Switzerland.
- Ericsson, N., Porsö, C., Ahlgren, S., Nordberg, A., Sundberg, C. and P.A. Hansson (2012): Time-dependent climate impact of a bioenergy system – methodology development and application to Swedish conditions. Global Change Biology Bioenergy (2012). Doi: 10.1111/gcbb.12031.
- Fargione, J., Hill, J., Tilman, D., Polaski, S. and P. Hawthorne (2008): Land Clearing and the Biofuel Carbon Debt. Science 319 (2008), pp. 1235-1238

# Quellen

- FNR (Ed.) (2010): Leitfaden Biogas. Von der Gewinnung bis zur Nutzung. Gülzow-Prüzen, Germany.
- GBEP (2008): A review of the current state of bioenergy development in G8 + 5 countries. [Online] [http://www.globalbioenergy.org/fileadmin/user\\_upload/gbep/docs/BIOENERGY\\_INFO/0805\\_GBEP\\_Report.pdf](http://www.globalbioenergy.org/fileadmin/user_upload/gbep/docs/BIOENERGY_INFO/0805_GBEP_Report.pdf). Accessed on April 10<sup>th</sup> 2013.
- Haberl, H., Sprinz, D., Bonazountas, M., Cocco, P., Desaubies, Y., Henze, M., Hertel, O., Johnson, R.K., Kastrup, U., Laconte, P., Lange, E., Novakl, P., Paavolam, J., Reenberg, A., van den Hove, S., Vermeire, T. and P. Wadhams (2012): Correcting a fundamental error in greenhouse gas accounting related to bioenergy. Energy Policy 45 (2012), pp. 18–23.
- Hundt, B. (2010): Energie- und Klimateffizienz von Biogasanlagen mit Biogasaufbereitung und -einspeisung unter Nutzung von Silomais - Untersuchungen am Beispiel der Biogasanlage der HSE AG in Darmstadt-Wixhausen. Dissertation. Justus-Liebig University, Giessen, Germany.
- IEA (2008): World Energy Outlook 2008. Paris, France. [Online] <http://www.iea.org/textbase/nppdf/free/2008/weo2008.pdf>. Accessed on April 10<sup>th</sup> 2013.
- IFU/IFEU (2005): Umberto<sup>®</sup> – A Software Tool for Life Cycle Assessment and Material Flow Analysis. Version 5. Hamburg, Heidelberg, Germany.
- Ingwersen, W.W. and M.J. Stevenson (2012): Can we compare the environmental performance of this product to that one? An update on the development of product category rules and future challenges toward alignment. Journal of Cleaner Production 24 (2012), pp. 102-108.
- IPCC (2006): 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T., and K. Tanabe(eds). Published: IGES, Japan. [Online] <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/vol2.html>. Accessed on April 10<sup>th</sup> 2013.
- IPCC (2007): Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge and New York. [Online] [http://www.ipcc.ch/publications\\_and\\_data/publications\\_ipcc\\_fourth\\_assessment\\_report\\_wg1\\_report\\_the\\_physical\\_sciences\\_basis.htm](http://www.ipcc.ch/publications_and_data/publications_ipcc_fourth_assessment_report_wg1_report_the_physical_sciences_basis.htm). Accessed on April 10<sup>th</sup> 2013.
- ISO (2006): Environmental Management – Life Cycle Assessment – Principles and Framework. Geneva, Switzerland: International Standards Organization ISO 14040.

# Quellen

- Kluge, R., Deller, B., Flaig, H., Schulz, E. and J. Rheinhold (2008a): Nachhaltige Kompostanwendung in der Landwirtschaft. Grundlagen der guten fachlichen Praxis. Landwirtschaftliches Technologiezentrum Augustenberg - LTZ-(Ed.). Karlsruhe, Germany.
- Kluge, R., Wagner, W., Mokry, M., Dederer, M. and J. Messner (2008b): Inhaltsstoffen von Gärprodukten und Möglichkeiten zu Ihrer geordneten pflanzenbaulichen Verwertung. Projektbericht 2008. Landwirtschaftliches Technologiezentrum Augustenberg – LTZ (Ed). Karlsruhe, Germany.
- Knappe, F., Vogt, R., Lazar, S. and S. Höke (2012): Optimisation of the treatment of organic waste. Project-No. (FKZ) 3709 33 340. [Online] [http://www.bmu.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/3709\\_33\\_340\\_abfaelle\\_bf.pdf](http://www.bmu.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/3709_33_340_abfaelle_bf.pdf). Accessed on April 10<sup>th</sup> 2013.
- Lampert, C., Tesar, M. and P. Thaler (2011): Klimarelevanz und Energieeffizienz der Verwertung biogener Abfälle. REP-0353. Umweltbundesamt (Ed.), Vienna, Austria.
- Lehmann, J. (2007): A handful of carbon. Nature, 447 (2007), pp.143-144.
- MUNLV (1999): Handbuch Energie in Kläranlagen (Handbook of energy in wastewater treatment plants). Ministerium für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft des Landes Nordrhein-Westfalen, Düsseldorf, Germany.
- Ramke, H.G., Blöhse, D., Lehmann, H.J., Antonietti, M. and J. Fettig (2010): Machbarkeitsstudie zur Energiegewinnung aus organischen Siedlungsabfällen durch Hydrothermale Carbonisierung Kurztitel: Hydrothermale Carbonisierung. Abschlussbericht. Höxter, Germany. [Online] [http://www.hs-owl.de/fb8/fachgebiete/abfallwirtschaft/pdf/Bericht\\_Final\\_gesamt\\_10.pdf](http://www.hs-owl.de/fb8/fachgebiete/abfallwirtschaft/pdf/Bericht_Final_gesamt_10.pdf). Accessed on April 10<sup>th</sup> 2013.
- Remy, C. (2013a): E-Mail, April 3<sup>rd</sup> 2013.
- Remy, C. (2013b): E-Mail, May 20<sup>th</sup> 2013.
- Searchinger T.D., Heimlich, R., Houghton, R.A., Dong, F., Elobeid, A., Fabiosa, J., Tokgoz, S., Hayes and T.-H. Yu (2008): Use of US croplands for biofuels increases greenhouse gas emissions through land use change. Science 319 (2008), pp. 1238–1240.
- Thomas, S. (2012): Technisches Konzept CarboREN® Anlage. SunCoal Industries. October 2012, Ludwigsfelde, Germany.
- Thomas, S. (2013): Email, January 25<sup>th</sup> 2013.
- Vogt, R. (2013): Email, February 15<sup>th</sup> 2013.
- Vogt, R., Fehrenbach, H., Wiegel, U. and K. Ebert (2012): Maßnahmenplan zur Umsetzung einer vorbildhaften klimafreundlichen Abfallentsorgung im Land Berlin. Endbericht. Heidelberg, Germany. [Online] [http://www.ifeu.de/abfallwirtschaft/pdf/klimafreundliche\\_Abfallentsorgung\\_Endbericht%2028-01-13.pdf](http://www.ifeu.de/abfallwirtschaft/pdf/klimafreundliche_Abfallentsorgung_Endbericht%2028-01-13.pdf). Accessed on April 10<sup>th</sup> 2013.
- WBGU (2009): Welt im Wandel. Zukunftsfähige Bioenergie und nachhaltige Landnutzung. [Online] [http://www.bmbf.de/pubRD/wbgu\\_jg2008.pdf](http://www.bmbf.de/pubRD/wbgu_jg2008.pdf). Accessed on April 10<sup>th</sup> 2013.
- WRI/WBCSD (2005): The GHG Protocol for Project Accounting. Conches-Geneva, Washington, DC. [http://www.ghgprotocol.org/files/ghgp/ghg\\_project\\_protocol.pdf](http://www.ghgprotocol.org/files/ghgp/ghg_project_protocol.pdf). Accessed on April 10<sup>th</sup> 2013.
- ZuV (Allocation Ordinance) (2012): Allocation Ordinance 2012. Was published on August 17<sup>th</sup> 2007 and came into force on August 18<sup>th</sup> 2007 [Online] [http://www.gesetze-im-internet.de/bundesrecht/zuv\\_2012/gesamt.pdf](http://www.gesetze-im-internet.de/bundesrecht/zuv_2012/gesamt.pdf). Accessed on April 10<sup>th</sup> 2013.