



# **Bestimmung des deutschlandweiten Getreidestrohpotenzials auf Landkreisebene unter Anwendung verschiedener Humusbilanzmethoden**

**Autoren: C. Weiser, F. Reinicke, V. Zeller,  
A. Vetter, D. Thrän & B. Wagner**

Jena, im März 2011

## **Einleitung**

Für die Umsetzung nationaler und europäischer Energieversorgungsstrategien ist eine verstärkte Nutzung von Biomasse unverzichtbar. Aus Gründen des Klimaschutzes, der Unabhängigkeit von Importen, der ökonomischen Stärkung ländlicher Räume und nicht zuletzt der geringeren Gefährdungspotenziale dieses Energieträgers für Mensch und Umwelt ist die Nutzung von Biomasse positiv zu bewerten.

Die Produktion nachwachsender Rohstoffe stieg laut FNR (2010) im Jahr 2010 auf ein Niveau von 2,1 Mio. Hektar an. Der Boden als Produktionsgrundlage von Biomasse ist begrenzt. Laut SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL (2002) erfüllt der Boden neben der Nutzungsfunktion (z.B. Land- und Forstwirtschaft) weitere Funktionen wie die Regelungsfunktion (z.B. als Kohlenstoffspeicher), die Lebensraumfunktion und eine geschichtliche Funktion (Archiv der Landschaftsgeschichte). Die Flächenansprüche zwischen den einzelnen Funktionen werden überlagert von funktionsinternen Konkurrenzen. Innerhalb der Nutzungsfunktion stehen die Produktion von Nahrung, Futtermitteln und nachwachsenden Rohstoffen im Wettbewerb zueinander. Daher ist eine effiziente Nutzung der Ressource Boden unter Beachtung aller Bedürfnisse anzustreben.

Zur Erhöhung des Potenzials an Rohstoffen von der landwirtschaftlichen Nutzfläche sind landwirtschaftliche Nebenernteprodukte oder so genannte Reststoffe wie Getreidestroh eine Möglichkeit diese Konkurrenzen zu entspannen. Es ist davon auszugehen, dass der Druck auf landwirtschaftliche Nebenernteprodukte zunehmen wird. Getreidestroh kann zur Umwandlung in Wärme und Strom genutzt werden. Außerdem eignet es sich als Substrat zur Herstellung von Kraftstoffen der 2. Generation, als Baustoff oder als Grundstoff der chemischen Industrie. Bei diesen Nutzungspfaden ist von einer geringen oder keiner humuswirksamen Rückfuhr in den Boden auszugehen.

Die organische Bodensubstanz nachfolgend als Humus bezeichnet wirkt auf nahezu alle Bodeneigenschaften und -funktionen. Daher ist das Verhältnis zwischen Eintrag und Verlust (Umsatz, Abfuhr) der organischen Substanz im Boden (Humusbilanz) ein wichtiges Kriterium der Nachhaltigkeitsbewertung von landwirtschaftlichen Betriebssystemen (ECKERT et al. 1999).

Damit sind der Abfuhr dieser Nebenprodukte von der Ackerfläche Grenzen gesetzt. Folgen einer verstärkten Entnahme von organischem Kohlenstoff aus dem landwirtschaftlichen Stoffkreislauf für die Bodenfruchtbarkeit fanden in aktuellen Studien zu Getreidestrohpotenzialen von BMBVS (2010), SCHUCHARDT & VORLOP (2010), FRITSCHÉ & DEHOUST (2004) und LEIBLE et al. (2003) allenfalls als pauschaler Faktor Berücksichtigung. Studien der einzelnen Bundesländer Baden-Württemberg (GAUDER et al. 2011), Thüringen (VETTER et al. 2010), Hessen (RAUSSEN et al. 2010) und Sachsen-Anhalt (MLU 2007) berücksichtigen zwar die Humusbilanz bei der Potenzialermittlung, basieren aber methodisch auf zu heterogenen Ansätzen und eignen sich daher nur bedingt für eine bundesweite Ableitung.

Daher beschäftigt sich das vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit über den Projektträger Jülich geförderte Projekt „Basisinformationen für eine nachhaltige Nutzung von landwirtschaftlichen Reststoffen zur Bioenergiebereitstellung“ mit der Bestimmung des Getreidestrohpotenzials unter Berücksichtigung der Humusbi-

lanz nach verschiedenen Methoden. Die verwendete Methodik sowie die Ergebnisse werden hier zusammengefasst vorgestellt. Die Ergebnisse sollen die Erschließung des landwirtschaftlichen Reststoffpotenzials in Deutschland fördern, ohne die Nutzungs-, Regulations- und Lebensraumfunktion des Bodens zu gefährden.

## **Methode**

Aus genannten Gründen fordert der Gesetzgeber den Erhalt der organischen Bodensubstanz im Bundesbodenschutzgesetz § 17. Eine konkrete Umsetzung findet dieses Anliegen im §3 der Direktzahlungs-Verpflichtungsverordnung (DirektZahlVerpflV). Die Möglichkeiten zum Nachweis der Cross Compliance-Regelungen sind die Einhaltung eines Anbauverhältnisses von drei Kulturen mit mindestens 15% an der Ackerfläche, die Erstellung einer Humusbilanz oder die Durchführung von Bodenhumusuntersuchungen.

Laut KÖRSCHENS (2010) scheitert die praktische Anwendung von Grenzwerten zum Humusgehalt an der hohen räumlichen wie zeitlichen Variabilität der gemessenen  $C_{org}$ -Gehalte im Boden. Daher ist die Humusbilanzierung das Werkzeug der Potenzialbestimmung.

Zur Bestimmung der Humusbilanz werden die Methoden VDLUFA (2004) untere Werte und obere Werte sowie die dynamische Humuseinheitenmethode nach HÜLSBERGEN (2003) genutzt. Die unteren Werte der VDLUFA Methode (mit einem festgelegten Strohreproduktionswert von 100 kg Humus C/t) werden zum Erstellen der Humusbilanzen nach Cross Compliance genutzt (vgl. DirektZahlVerpflV). Die Modelle basieren auf Untersuchungen zur Dynamik des organischen Kohlenstoffgehaltes, des Stickstoffgehaltes von Ackerböden in Dauerversuchen sowie auf Vergleichen aus langjährigen Fruchtfolge-Düngungsversuchen. Neben den Autoren der Methoden finden sich weitergehende Erläuterungen und Grundlagen bei ASMUS & HERMANN (1977), AUTORENKOLLEKTIV (1977), LEIT-HOLD et al. (1997) und KÖRSCHENS & SCHULZ (1999).

Die Anforderungen an die Datengrundlage zur Bilanzierung werden neben den genannten Methoden von der räumlichen Auflösung bestimmt. Bei der in diesem Projekt durchgeführten Humusbilanzierung stellt der Landkreis die Modelleinheit dar. Das heißt für jeden der 412 Stadt- und Landkreise Deutschlands (Stand 2010) wird eine Humusbilanzierung durchgeführt. Die in Tab. 1 aufgelisteten Größen gehen für jeden Landkreis abhängig vom verwendeten Bilanzmodell in die Berechnungen ein. Die wichtigsten 17 Fruchtarten sind Winterweizen, Winterraps, Silomais, Wintergerste, Roggen, Sommergerste, Zuckerrüben, Körnermais, Triticale, Ackergras, Kartoffeln, Klee, Hafer, Futtererbsen, Luzerne, Sommerweizen und Ackerbohnen. Diese Fruchtarten decken im gesamten Bundesgebiet zusammen mit der Brache über 95 % des Ackerlandes ab und bilden in jedem Landkreis je nach durchschnittlicher Anbaufläche die Fruchtfolge.

Tabelle 1: Eingangsparameter für die Humusbilanzierung nach VDLUFA (2004) und zusätzlich für die dynamische Humuseinheitenmethode\* nach HÜLSBERGEN (2003).

| Eingangsparameter                             | Einheit | Quellen                                                                                                                                              |
|-----------------------------------------------|---------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Anbauflächen von 17 Fruchtarten               | ha      | Bodennutzungshaupterhebung 1999, 2003, 2007 der Statistischen Landesämter                                                                            |
| Ertrag von 17 Fruchtarten                     | dt      | Ernteberichterstattung 1999, 2003, 2007 der Statistischen Landesämter                                                                                |
| Fläche der Brache                             | ha      | siehe Anbauflächen von 17 Fruchtarten                                                                                                                |
| Fläche der Zwischenfrüchte                    | ha      | Bodennutzungshaupterhebung abgeleitet auf Kreisebene                                                                                                 |
| Wirtschaftsdünger                             | t       | abgeleitet nach Viehzählung 2007, Haltungsformen nach HAENEL (2010), HAENEL (2009), DÖHLER et al. (2002), DESTATIS (2009), DÜV (2007) und LFL (2009) |
| Klärschlamm                                   | t       | Statistische Länderberichte zur Öffentlichen Wasserversorgung und Abwasserbeseitigung 2007                                                           |
| Mineralischer Stickstoffdünger/<br>Fruchtart* | t       | abgeleitet nach KTBL - Richtwerte in Abhängigkeit vom Ertrag und an die Ackerzahl angepasst (INL)                                                    |
| Stickstoffdeposition*                         | kg/ha   | Umweltbundesamt aggregiert (INL)                                                                                                                     |
| Stoffliche Nutzung Stroh (Einstreu)           | t       | vgl. Ableitung organischer Dünger                                                                                                                    |
| Ackerzahl*                                    | -       | Finanzbehörden auf Kreisebene aggregiert (INL)                                                                                                       |
| Durchschnittlicher Jahresniederschlag*        | mm      | Deutscher Wetterdienst interpoliert und auf Kreisebene aggregiert (INL)                                                                              |

Hat ein Landkreis nach den Berechnungen eine negative Humusbilanz ist sein Strohpotenzial null. Ist die Humusbilanz positiv, wird die Menge des humuswirksamen Kohlenstoffs bestimmt, welche dem Kreis bei einer ausgeglichenen Humusbilanz (0 kg Humus C/ha) entnommen werden kann. Über diesen Wert und dem Reproduktionskoeffizienten von Stroh wird unter Berücksichtigung des tatsächlich aufgewachsenen und bergbaren Strohs, sowie unter Abzug des Strohanteils für die stoffliche Nutzung (Einstreu) die Menge an Stroh bestimmt, welche im Landkreis zur energetischen Nutzung zur Verfügung steht. Dieser Wert wird um 10% reduziert um anderweitige stoffliche Nutzungen zu berücksichtigen.

Das tatsächlich aufgewachsene Getreidestroh wird über den Ertrag und die Korn-Stroh-Verhältnisse nach DÜV (2007) bestimmt. Aus Untersuchungen von VETTER et al. (1995) zum damaligen Strohheizwerk Schkölen ist bekannt, dass mit derzeitiger Mähdreschertechnik das theoretische Potenzial im Mittel zu 66% pressbar und bergbar ist.

## Ergebnis

Die Abb. 1 zeigt die Menge an Getreidestroh je Landkreis, welche nach VDLUFA untere Werte/Cross Compliance nutzbar ist. Es ergibt sich ein Gesamtpotenzial von **13 Mio. t Frischmasse (FM)**. Bei einem mittleren Heizwert von 14,3 MJ/kg Getreidestroh FM ergibt sich ein Energiepotenzial von **186 Petajoule (PJ)**. Die Landkreise mit den höchsten Potenzialen sind in Tab. 2 dargestellt. Nach dieser Methode kann in 52 von 412 Landkreisen kein Getreidestrohpotenzial ausgewiesen werden. In Abb. 2 ist das Potenzial nach VDLUFA obere Werte dargestellt. In Summe ergibt sich ein Wert von **10 Mio. t FM**, das entspricht einem Energiegehalt von **143 PJ**. Die Anzahl der Kreise in denen nach dieser Methode kein Potenzial zur Verfügung steht erhöht sich auf 81. Die Abb. 3 gibt die Ergebnisse von REINICK (2011) nach der dynamischen Humuseinheitenmethode wieder. In Summe sind nach

dieser Methode ca. **7 Mio. t FM** Getreidestroh als Potenzial zu erwarten. Dieser Wert entspricht in etwa **100 PJ**. Nach dieser Methode sind 109 Landkreise ohne überschüssiges Getreidestroh ausgewiesen worden. Zum Teil konnten auch wegen fehlender Eingangsdaten keine Berechnungen angestellt werden.

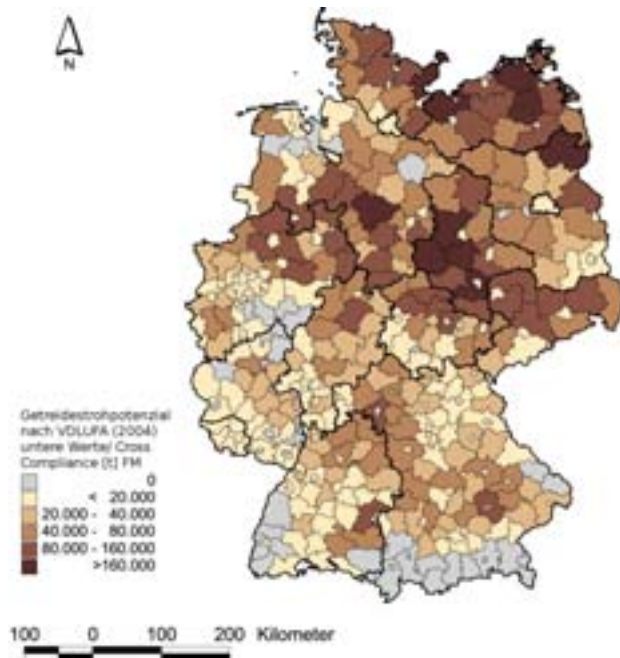


Abb. 1: Strohpotenzial nach VDLUFA untere Werte/ Cross Compliance, Kartengrundlage BKG (2010).

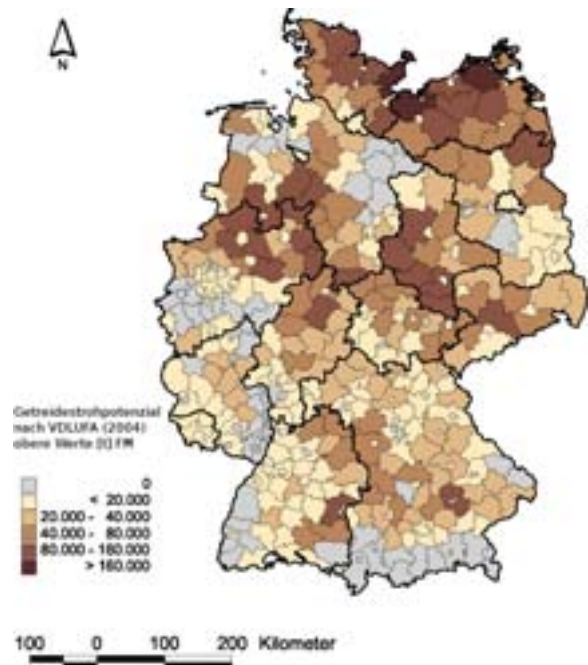


Abb. 2: Strohpotenzial nach VDLUFA obere Werte, Kartengrundlage BKG (2010).

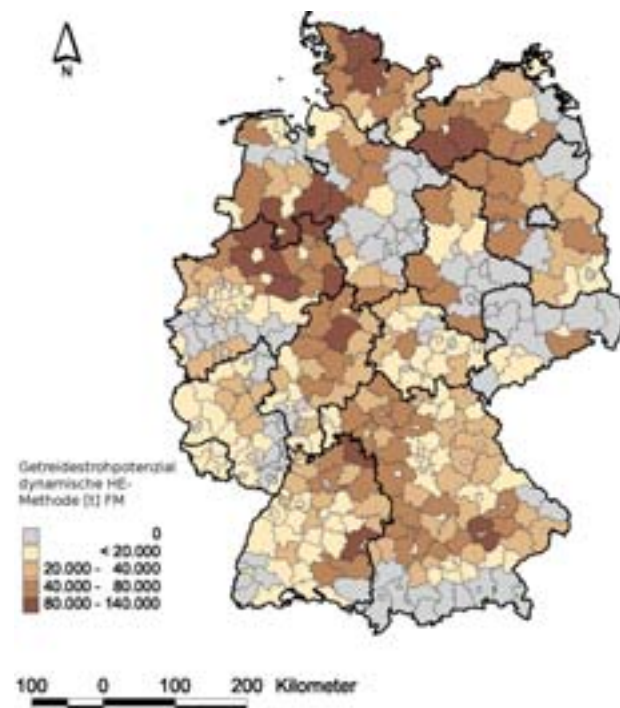


Abb. 3: Strohpotenzial nach dynamischer Humuseinheitenmethode Datengrundlage REINICKE (2011) und Kartengrundlage BKG (2010).

Tabelle 2: Ausgewählte Landkreise mit hohem Getreidestrohpotenzial in Abhängigkeit der verwendeten Humusbilanzmethode in 1000 t Frischmasse.

| Landkreis           | VDLUFA unterer W./CC | VDLUFA oberer W. | HE – dynamisch |
|---------------------|----------------------|------------------|----------------|
| Börde               | 244                  | 98               | 9              |
| Nordwestmecklenburg | 225                  | 211              | 73             |
| Ostholstein         | 200                  | 200              | 40             |
| Uckermark           | 186                  | 105              | 0              |
| Nordvorpommern      | 176                  | 176              | 30             |
| Region Hannover     | 171                  | 78               | 0              |
| Demmin              | 169                  | 110              | 3              |
| Harz                | 167                  | 83               | 45             |
| Saalekreis          | 166                  | 86               | 0              |
| Salzlandkreis       | 161                  | 49               | 0              |
| Summe Deutschland   | 13.000               | 10.000           | 7.000          |

Die größten Strohpotenziale finden sich unabhängig von den verwendeten Methoden im Osten Schleswig–Holsteins und im Nordwesten von Mecklenburg Vorpommern. Ebenfalls hohe Strohpotenziale sind bei allen drei Methoden entlang der nordwestlichen Grenze von Nordrhein Westfalen zu Niedersachsen vorhanden. Drastische Unterschiede zwischen den VDLUFA – Ergebnissen und denen der dynamischen Humuseinheitenmethode zeigen sich in den Gebieten der Hildesheimer-, Magdeburger- und Querfurter Börde. In diesen Gebieten werden nach beiden VDLUFA-Methoden sehr hohe Potenziale ausgewiesen (vgl. Abb. 1, Abb. 2 und Tab. 2), wohingegen nach der dynamischen Humuseinheitenmethode kaum bzw. kein Strohpotenzial vorhanden ist, da dies zur Strohdüngung für eine ausgeglichene Humusbilanz notwendig ist. Das Ergebnis zeigt, dass hinsichtlich der Methodik noch Forschungs- und Diskussionsbedarf besteht.

Unabhängig von der Methode sind marginale Potenziale im Alpenvorland, zu beiden Seiten des Rheins und in den Veredlungsgebieten Nordwestdeutschlands vorhanden. Der Grund dafür ist nicht die Humusbilanz sondern der höhere Grünlandanteil, der hohe Viehbesatz (höhere Einstreu) und eine geringes Getreidestrohaufkommen. Landkreise wie z.B. Uelzen mit 35% Kartoffeln und Zuckerrüben (stark humuszehrende Fruchtarten) an der Ackerfläche haben unabhängig von der Methode kein Potenzial.

## **Schlussfolgerungen**

Die dargestellten Potenziale zeigen, dass deutschlandweit 7-13 Mio. t FM Getreidestroh genutzt werden können, ohne auf Landkreisebene den Gehalt der organischen Bodensubstanz auf der Ackerfläche negativ zu beeinflussen. Damit können 100 – 186 PJ Primärenergie durch Biomasse bereitgestellt werden und dementsprechend an konventionellen Energieträgern eingespart werden. Die Darstellung der räumlichen Verteilung gibt zusätzlich einen Hinweis für den Standort für Strohheiz(kraft)werke bzw. für Anlagen zur Herstellung von Kraftstoffen der 2. Generation. Für mögliche Investoren, Betreiber solcher Anlagen oder Raumplaner bilden dargestellte Karten eine erste Grundlage. Beim Verkauf von Getreidestroh sind schlagbezogene Humusbilanzen zu erstellen. Aus der Sicht des Betriebes sind weitere Nachhaltigkeitskriterien wie Erosionsdisposition und die mit dem Stroh abgeführten Nährstoffe zu berücksichtigen.

Die verwendeten Modelle können nur so gut sein, wie die Datengrundlage auf der die Ergebnisse berechnet werden. In diesem Punkt werden Optimierungsmöglichkeiten für die Zukunft gesehen. Zu nennen ist dabei z.B. die Bestimmung des Wirtschaftdüngeranfalls der im Trockensubstanzgehalt stark vom technologisch bedingten Wassereinsatz abhängig ist.

Wie im Abschnitt Methoden dargestellt, wird in der Statistik lediglich der Ertrag der Fruchtarten erfasst. Die Bestimmung des Getreidestrohs über die angesprochenen Korn-Strohverhältnisse kann zu Über- und Unterschätzungen des tatsächlich aufgewachsenen Getreidestrohs führen. Unter verschiedenen Standortverhältnissen, aufgewendete Düngermenge und Sortenwahl können daher auch die dargestellten Potenziale erheblich schwanken. Werden für Gesamtdeutschland die Korn-Strohverhältnisse um den Wert 0,1 verändert, resultiert das in ~ 4 Mio. t mehr oder weniger aufgewachsenen Getreidestroh.

Im Landkreis Uckermark kann das in Tab. 2 dargestellte Potenzial um ca. 30 % schwanken wenn die Korn- Strohverhältnisse für die Getreidefruchtarten (ohne Körnermais) um jeweils 0,2 verändert werden.

Während sich die Bilanzmethoden z.B. durch KOLBE (2008), BROCK et al. (2009) und VDLUFA (2009) in ständiger Weiterentwicklung befinden, können sie jedoch nur bessere Ergebnisse liefern wenn auch die Qualität ihrer Eingangsdaten ebenfalls verbessert wird. Eine Präzisierung der Korn- Strohverhältnisse nach Standort kann unabhängig von der verwendeten Methode eine wesentliche vor allem kurzfristige Verbesserung der Qualität der Ergebnisse der Humusbilanz sein.

Unabhängig von den noch bestehenden Unsicherheiten hat Deutschland ein für die energetische Verwertung nutzbares Strohpotenzial von 7 bis 13 Mio. t pro Jahr. Dieses Potenzial gilt es zur Umsetzung der ambitionierten Ziele der Europäischen Union und der Bundesrepublik Deutschland im Bereich der Klima- und Energiepolitik zu erschließen.

## Literatur

- ASMUS, F. & V. HERMANN (1977): Reproduktion der organischen Substanz. In: Fortschrittsberichte für die Landwirtschaft und Nahrungsgüterwirtschaft, 15, 11.
- AUTORENKOLLEKTIV (1977): Empfehlungen zur effektiven Versorgung der Böden mit organischer Substanz. In: Akademie der Landwirtschaftswissenschaften der DDR (Hrsg.): agrarbuch, Leipzig, 6.
- BMVBS (Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (2010): Globale und regionale Verteilung von Biomassepotenzialen. Status-quo und Möglichkeiten der Präzisierung. BMVBS-Online-Publikation 27/2010. Zugriff am 15.03.2011 auf [www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/VeroeffentlichungenBMVBS/Online/2010/ON272010.html](http://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/VeroeffentlichungenBMVBS/Online/2010/ON272010.html).
- BKG (Bundesamt für Kartographie und Geodäsie (2010): Kostenlose Karten zum Download. Zugriff am 15.03.2011 auf [www.geodatenzentrum.de/geodaten/gdz\\_rahmen.gdz\\_div?gdz\\_spr=deu&gdz\\_akt\\_zeile=5&gdz\\_anz\\_zeile=4&gdz\\_user\\_id=0](http://www.geodatenzentrum.de/geodaten/gdz_rahmen.gdz_div?gdz_spr=deu&gdz_akt_zeile=5&gdz_anz_zeile=4&gdz_user_id=0).
- BROCK, C., U. HOYER, G. LEITHOLD, HÜLSBERGEN K.-J. (2009): Modellbasierte Humusbilanzierung mit HUMOD; In: KAGE, H., K. C. KERSEBAUM & T. MÜLLER (Hrsg.): Modellierung des Systems Nutzpflanze-Boden Herausforderungen des 21. Jahrhunderts, S. 7-11, Göttingen, 2009, Bd. 4, Berichte der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften.
- DESTATIS (BUNDESAMT FÜR STATISTIK) (2009): Landwirtschaft in Deutschland und der Europäischen Union 2009, Wiesbaden.
- DÖHLER, H., B. EURICH-MENDEN, U. DÄMMGEN, B. OSTERBURG, M. LÜTTICH, A. BERGSCHMIDT, W. BERG & R. BRUNSCH (2002): BMELV/UBA Ammoniak Emissionsinventar der deutschen Landwirtschaft und Minderungsszenarien bis zum Jahre 2010. Umweltbundesamt Texte 05/02, Berlin.
- DüV (2007): Düngeverordnung in der Fassung der Bekanntmachung vom 27. Februar 2007 (BGBl. I S. 221), die zuletzt geändert 31. Juli 2009 (B)
- ECKERT, H., G. BREITSCHUH & D. SAUERBECK (1999): Kriterien umweltverträglicher Landbewirtschaftung (KUL)- ein Verfahren zur ökologischen Bewertung von Landwirtschaftsbetrieben. In: Agribiological Research, 52, 1, 57-76.
- FNR (Fachagentur für Nachwachsende Rohstoffe) (2011): Grafik Anbau nachwachsender Rohstoffe in Deutschland. Zugriff am 15.03.2011 auf [www.nachwachsenderohstoffe.de/fileadmin/fnr/images/aktuelles/medien/RZ\\_Grafik\\_Anbau\\_2010\\_300\\_rgb.jpg](http://www.nachwachsenderohstoffe.de/fileadmin/fnr/images/aktuelles/medien/RZ_Grafik_Anbau_2010_300_rgb.jpg)
- FRITSCHKE, U. R., & DEHOUST, G. (2004): Stoffstromanalyse zur nachhaltigen energetischen Nutzung von Biomasse. Endbericht, Darmstadt
- GAUDER, M. S. GRAEFF-HÖNNIGER & W. CLAUPEIN (2011): Identifying the regional straw potential for energetic use on the basis of statistical information. In: Biomass and Bioenergy, doi:10.1016/j.biombioe.2010.12.041
- HAENEL, H.-D. (2010): Haltungsformen von Tierarten und -kategorien zur Berechnung der Emissionen aus der deutschen Landwirtschaft. Schriftliche Mitteilung vom 25.03.2010.

- HAENEL, H.-D. (2009): Berechnungen der Emissionen aus der Landwirtschaft – Nationaler Emissionsbericht 2009 für 2007, Tabellen. In: DÄMMGEN, U. (Hrsg.): Landbauforschung, Sonderheft 324A, S. 1-406.
- HÜLSBERGEN, K.-J. (2003): Entwicklung und Anwendung eines Bilanzierungsmodells zur Bewertung der Nachhaltigkeit landwirtschaftlicher Systeme, Habilitationsschrift, Aachen.
- KOLBE, H. (2008): Einfache Verfahren zur Berechnung der Humusbilanz für konventionelle und ökologische Anbaubedingungen; Arbeitspapier, Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft, Leipzig, 2008, Unveröffentlicht
- KÖRSCHENS, M. (2010): Der organische Kohlenstoff im Boden (Corg) – Bedeutung, Bestimmung, Bewertung. In: Archives of Agronomy and Soil Science, 56, 4 275-392.
- KÖRSCHENS, M. & E. SCHULZ (1999): Die organische Bodensubstanz – Dynamik – Reproduktion – ökonomisch und ökologisch begründete Richtwerte; UFZ Bericht Nr.13, Halle, 1999
- LEIBLE, L., A. ARLT, B. FÜRNIß, S. KÄLBER, G. KAPPLER, G. LANGE, E. NIEKE, C. RÖSCH & D. WINTZER (2003): Energie aus biogenen Rest- und Abfallstoffen. Bereitstellung und energetische Nutzung organischer Rest- und Abfallstoffe sowie Nebenprodukte als Einkommensalternative für die Land- und Forstwirtschaft – Möglichkeiten, Chancen und Ziele. Forschungszentrum Karlsruhe in der Helmholtz-Gemeinschaft, Wissenschaftl. Berichte FZKA 6882, Karlsruhe
- LEITHOLD, G., K.-J. HÜLSBERGEN, D. MICHEL, SCHÖNMEIER H. (1997): Humusbilanzierung – Methoden und Anwendung als Agrar-Umweltindikator; In: DIEPENBROCK, W., M. KALTSCHMITT, H. NIEBERG & G. REINHARDT (Hrsg.): Initiativen zum Umweltschutz, S. 43-54, Zeller Verlag, Osnabrück, 1997, Bd. 5, Initiativen zum Umweltschutz.
- LFL (Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft) (2009): Basisdaten für die Ermittlung des Düngebedarfs und der Umsetzung der Düngeverordnung – Stand Juli 2009. [www.lfl.bayern.de/iab/duengung/mineralisch/10536/basisdaten2010.pdf](http://www.lfl.bayern.de/iab/duengung/mineralisch/10536/basisdaten2010.pdf), Zugriff 2.12.2009.
- MLU (Ministerium für Landwirtschaft und Umwelt des Landes Sachsen-Anhalt) (2007): Biomassepotenzialstudie 2007, Zugriff am 10.03.2010 auf [www.sachsen-anhalt.de/index.php?id=29327](http://www.sachsen-anhalt.de/index.php?id=29327).
- RAUSSEN, TH., M. KERN, U. KOJ, J. WAGNER, H. HOFMANN, T. TURK & U. EINZMANN (2010): Biomassepotentialstudie Hessen. Stand und Perspektiven der energetischen Biomassenutzung in Hessen – Materialband. Zugriff am 15.03.2011 auf [http://www.biomassehessen.de/pdf/Materialband\\_Biomassepotenzialstudie\\_Endfassung\\_2010.pdf](http://www.biomassehessen.de/pdf/Materialband_Biomassepotenzialstudie_Endfassung_2010.pdf)
- REINICKE, F. (2011): Datengrundlage - Bilanzergebnisse der deutschlandweiten Humusbilanzierung nach dynamischer Humuseinheitenmethode, Institut für nachhaltige Landbewirtschaftung, Halle, schriftliche Mitteilungen, 15.02.2011.
- SCHEFFER, F. & P. SCHACHTSCHABEL (2002): Lehrbuch der Bodenkunde. Heidelberg, Berlin.
- SCHUCHARDT, F. & K.-D. VORLOP (2010): Abschätzung des Aufkommens an Kohlenstoff in Biomasse-Reststoffen in Deutschland für eine Verwertung über Hydrothermale Carbonisierung (HTC) und Einbringung von HTC-Kohle in den Boden. In: Landbauforschung, 60, 4, 205-212.
- VETTER, A., C. WARSITZKA, G. REINHOLD, T. GRAF & C. WEISER (2010): Regionale Biomassepotenziale zur energetischen Nutzung im Freistaat Thüringen. Zugriff am 15.03.2011 auf [www.tll.de/ainfo/pdf/bioe0510.pdf](http://www.tll.de/ainfo/pdf/bioe0510.pdf).
- VETTER, A., P. WIESER, K. MÄUSEZAHN, M. LEITERER, B. RUDOLPH & A. WERNER (1995): Untersuchungen zum Einfluss der Brennstoffart und -qualität auf die Zusammensetzung der Reststoffe und deren Verwertung am Strohheizwerk Schkölen zur Sicherung der Umweltverträglichkeit, Abschlussbericht, Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft, Jena.
- VDLUFA (Verband Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten) (2009): Humusbilanzierung landwirtschaftlicher Böden Einflußfaktoren und deren Auswirkungen; Mitteilungen, Bd. 1, S. 9
- VDLUFA (Verband Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten) (2004): Standpunkt Humusbilanzierung. Methode zur Beurteilung und Bemessung der Humusversorgung von Ackerland. Bonn.