



# Standpunkt zu Treibhausgas-Emissionen in der Landwirtschaft und Potenziale ihrer Minderung in Thüringen

Besuchen Sie uns auch im Internet:  
**[www.tll.de/ainfo](http://www.tll.de/ainfo)**

## **Impressum**

2. Auflage 2009

Herausgeber: Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft  
Naumburger Str. 98, 07743 Jena  
Tel.: 03641 683-0, Fax: 03641 683-390  
e-Mail: [pressestelle@tll.thueringen.de](mailto:pressestelle@tll.thueringen.de)

**Autoren:** Dr. Steffi Knoblauch  
Dr. Gerd Reinhold  
Dipl.-Phys. Ulrich Gernand  
Dr. habil. Hans Eckert

Januar 2009

- Nachdruck - auch auszugsweise - nur mit Quellenangabe gestattet. -

## 1 Schlussfolgerungen

- Die Landwirtschaft hat in Thüringen einen Anteil von 15,8 % an den Treibhausgas (THG)-Emissionen, davon zu gleichen Teilen über CO<sub>2</sub> (Kohlendioxid), CH<sub>4</sub> (Methan) und N<sub>2</sub>O (Lachgas).
- Die Landwirtschaft ist nicht nur Quelle, sondern auch Senke von Treibhausgasen, indem sie das Potenzial grüner Pflanzen nutzt, Sonnenenergie in chemische Energie umzuwandeln und damit CO<sub>2</sub> in höhermolekulare organische Substanzen einzubauen. In der Thüringer Landwirtschaft wird mehr CO<sub>2</sub> in tierischen und pflanzlichen Marktprodukten gebunden als an Treibhausgasen emittiert wird.
- Minderungspotenziale landwirtschaftlicher Primärproduktion bestehen in einer geringen THG-Emission je Einheit Produkt durch sparsamen Einsatz von Betriebsmitteln und Steigerung tierischer und pflanzlicher Leistungen sowie einer größtmöglichen Ausnutzung des knappen Faktors Fläche für die Bindung von Energie in pflanzlicher Biomasse für die Substitution fossiler Energieträger soweit es die Versorgung der Bevölkerung mit Nahrungsmitteln und der Schutz ökologischer Güter zulassen.
- In Thüringen ließen sich durch Steigerung der Milchleistung je Tier um 10 % und einem dem entsprechenden Abbau des Milchrindbestandes etwa 2,6 % der landwirtschaftlichen THG-Emissionen einsparen. In gleicher Größenordnung liegt der Minderungsbeitrag einer Senkung der Reproduktionsrate in Milchviehherden von 40 auf 30 %.
- Etwa 45 % der THG-Emissionen kommen aus der N-Düngung. Durch Senkung des N-Überschuss-Saldos in Thüringen um 20 kg/ha ließen sich 3,6 % der landwirtschaftlichen THG-Emissionen reduzieren. Einsparungen im Strom- und Dieserverbrauch um je 10 % können zur Minderung um 1,4 % beitragen.
- Extensivierung durch Reduzierung des Mineral-N-Aufwandes stellt kein Minderungspotenzial dar. Der Ertragsabfall ist i. d. R. größer als die Einsparung an Treibhausgasen und die THG-Emission je Einheit Produkt steigt. Wenn es jedoch gelingt, ein hohes Ertragsniveau mit erheblich geringerem Input an Mineral-N zu erzielen, kann dies die THG-Emission je Einheit Produkt mindern.
- Ein beträchtliches Minderungspotenzial besteht in der Gewinnung von Energie aus landwirtschaftlicher Biomasse. Unter dem Primat der Nahrungsmittelerzeugung wird perspektivisch durch energetische Nutzung von 50 % des Wirtschaftsdüngers, 30 % des verfügbaren Strohaufkommens und pflanzlicher Biomasse von 100 Tha (rd. 17 % der LN) eine THG-Minderung um 1,03 Mio. t CO<sub>2</sub>-Äquivalente (Äq.) für möglich gehalten, resp. 34 % der landwirtschaftlichen THG-Emissionen. Diese Minderung realisiert sich zum größten Teil im außerlandwirtschaftlichen Bereich.
- Derzeit werden in Thüringen etwa 30 % der Wirtschaftsdünger und pflanzliche Biomasse von 83 Tha LN (rd. 13 % der LN) in den Verfahren Biogas, Biodiesel und Bioethanol energetisch verwertet und damit rd. 0,30 Mio. t CO<sub>2</sub>-Äq. vermieden, resp. 10 % der landwirtschaftlichen THG-Emissionen.
- Durch die thermische Nutzung von Biomasse und die Erzeugung von Biogas werden höhere THG-Minderungen je Flächeneinheit erreicht als bei Herstellung von Biodiesel und Bioethanol. Dafür leisten letztere mit den anfallenden Nebenprodukten einen wesentlichen Beitrag für die Tierernährung.

## 2 Anthropogener Treibhauseffekt und Beitrag der Landwirtschaft

Das Kyoto-Protokoll (1997) war Grundlage für verbindliche Ziele und Maßnahmen für den Klimaschutz. Gegenüber dem Basisjahr 1990 sollen die THG-Emissionen bis 2012 um 5 % reduziert werden. Deutschland hat einen Senkungsbeitrag von 21 % verbindlich übernommen. Bisher sind 18 % erreicht. Der vierte Sachstandsbericht des IPCC unterstreicht, dass die Ursache der Klimaerwärmung hauptsächlich im anthropogenen Anstieg der THG-Konzentration der Atmosphäre besteht. Ein Anstieg der Temperatur um mehr als 2 °C gegenüber der vorindustriellen Zeit soll vermieden werden. Im Jahr 2008 beschlossen die G8-Staaten in Toyako, die Halbierung der THG-Emissionen

umzusetzen. Die EU ist bis 2020 die Verpflichtung von 20 % eingegangen und will auf 30 % erhöhen.

Treibhausgase landwirtschaftlicher Herkunft sind  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{N}_2\text{O}$  und in sehr geringen Mengen NMVOC (Non-Methan Volatile Organic Compounds).

$\text{CO}_2$  entsteht direkt durch Verbrauch von Energieträgern (Treibstoffe, Brennstoffe) und indirekt durch Verbrauch von Betriebsmitteln, deren Herstellung und Vertrieb mit  $\text{CO}_2$ -Emissionen verbunden sind (Strom, Mineraldünger). Daneben kann  $\text{CO}_2$  durch Abbau von Humus und durch Kalkung entstehen. Hauptquellen von  $\text{CH}_4$  sind Gärungsvorgänge im Pansen der Wiederkäuer und anaerobe Umsetzungen im Wirtschaftsdünger während der Lagerung.  $\text{N}_2\text{O}$  ist ein Reaktionsprodukt der Denitrifikation und Nitrifikation, die durch Bodenbakterien vollzogen werden.  $\text{NH}_3$  ist kein primäres Treibhausgas, führt aber via Luft zu einer Erhöhung des N-Umsatzes im Boden und damit der  $\text{N}_2\text{O}$ -Emission.  $\text{NH}_3$  entsteht bei der Lagerung und Ausbringung von Wirtschaftsdünger. In Bezug auf  $\text{CO}_2$  ist das THG-Potenzial von  $\text{CH}_4$  21-fach und das von  $\text{N}_2\text{O}$  310-fach größer (GHW-Potenzial). Die Landwirtschaft hat in Deutschland einen Anteil von 15 % an den THG-Emissionen, in Thüringen 15,8 %, davon fast zu gleichen Teilen über  $\text{CO}_2$  (32 %),  $\text{CH}_4$  (28 %) und  $\text{N}_2\text{O}$  (36 %). In Emissionswerten ausgedrückt sind das insgesamt 3,02 Mio. t  $\text{CO}_2$ -Äq. und auf die landwirtschaftliche Nutzfläche bezogen 3,9 t  $\text{CO}_2$ -Äq. je Hektar in Thüringen.

Im Unterschied zu anderen Wirtschaftszweigen stellen Land- und Forstwirtschaft nicht nur Quellen von Treibhausgasen dar, sondern auch Senken. Sie sind der einzige Wirtschaftszweig, der mit dem photosynthetischen Potenzial der Pflanze arbeitet und Sonnenenergie in chemische Energie umwandelt (Bindung von  $\text{CO}_2$  in höhermolekulare organische Substanzen).

### **3 Methode der Erfassung und Bewertung landwirtschaftlicher Treibhausgas-Emissionen**

Die Abschätzung der THG-Emissionen kann nach einer von ECKERT et al. (2006) entwickelten Berechnungsmethode erfolgen. Das Grundprinzip besteht in der Verknüpfung einer Aktivität mit einem Emissionsfaktor.

Die  $\text{CO}_2$ -Emission ergibt sich aus dem Input fossiler Energie, z. B. in einen Betrieb. Ausgegrenzt werden nicht eindeutig quantifizierbare Energie-Inputs, wie die menschliche Arbeitskraft, Immobilien, Maschinen und Geräte. Ihr Anteil ist zudem marginal. Nicht berücksichtigt sind auch Humusumsatz und Kalkung. Die tierhaltungsbedingte  $\text{CH}_4$ -Freisetzung errechnet sich aus der Summe der stoffwechselbedingten Emissionen und der anaeroben Umsetzung der Exkrememente, getrennt für jede Tiergruppe. Für die Berechnung der  $\text{N}_2\text{O}$ -Emission wird vereinfacht unterstellt, dass im Mittel 1 % des gesamten N-Eintrags in den Boden (Dünger,  $\text{NH}_3$ -Emission etc.) als  $\text{N}_2\text{O}$ -N emittiert wird. Betrachtungsebene kann das Verfahren, der Betrieb oder, über mehrere Betriebe aggregiert, die Region oder auch ein ganzes Bundesland sein. Maßnahmen zur Senkung von THG-Emissionen können mit dieser Methode in ihrer Wirkung auf ökologische Schutzgüter und die wirtschaftliche Situation geprüft werden.

Der Bewertungsmaßstab ist:

- die spezifische THG-Emission (kg  $\text{CO}_2$ -Äq. je Mengeneinheit Marktprodukt in GJ oder t) und
  - der Treibhausgas-Saldo (Differenz zwischen  $\text{CO}_2$ -Bindung und THG-Emission in kg  $\text{CO}_2$ -Äq.)
- Je geringer die THG-Emission je Einheit Marktprodukt ist und je mehr der knappe Faktor Fläche für die Gewinnung von pflanzlicher Energie genutzt wird, um über die Versorgung der Bevölkerung mit Nahrungsmitteln hinaus fossile Energieträger zu ersetzen, desto größer ist der Beitrag der Landwirtschaft zur Minderung von THG-Emissionen.

### **4 Unvermeidbare Einflüsse auf die Treibhausgas-Emission**

Bei der Bewertung der THG-Emission müssen unvermeidbare von vermeidbaren Einflüssen getrennt werden. Die Höhe der unvermeidbaren THG-Emission kennzeichnet die Optimalsituation. Da der Landwirt nicht alle Ertragsfaktoren kontrollieren kann, muss man einen Toleranzbe-

reich festlegen.

Als unvermeidbar gelten eine bedarfsgerechte N-Düngung, ein effizienter Energieträgereinsatz, ein marktgerechter Tierbesatz sowie optimale Erträge und tierische Leistungen.

Bedarfsgerechte N-Düngung liegt bei einem N-Zufuhr-Abfuhr-Saldo von Null zuzüglich der Höhe unvermeidbarer N-Verluste durch Auswaschung und Entgasung vor. Der durchschnittliche Dieserverbrauch in der Pflanzenproduktion beziffert sich auf etwa 100 l/ha. Der optimale Ertrag bemisst sich nach Standortverhältnissen, Kosten und Erlösen.

**Beispiel:**

Für die Produktion von 70 dt/ha Brotweizen beträgt die THG-Emission etwa 1 600 kg CO<sub>2</sub>-Äq./ha, davon jeweils zur Hälfte aus dem Verbrauch fossiler Energieträger und der Freisetzung von N<sub>2</sub>O. Demgegenüber steht eine CO<sub>2</sub>-Bindung von etwa 10 100 kg CO<sub>2</sub>-Äq. Abzüglich der THG-Emissionen ergibt sich eine Netto-CO<sub>2</sub>-Vermeidung von +8 500 kg CO<sub>2</sub>-Äq./ha und eine spezifische THG-Emission von +16 kg CO<sub>2</sub>-Äq./GJ Weizenkorn.

**Tabelle 1:** Optimalwerte des THG-Saldos und der spezifischen THG-Emission für den Anbau von Brotweizen und Winterraps und die Haltung einer Milchkuh und eines Mastschweins

Verfahren	THG-Emission kg CO <sub>2</sub> -Äq./ha	THG-Bindung kg CO <sub>2</sub> -Äq./ha	THG-Saldo kg CO <sub>2</sub> -Äq./ha	spezifische THG-Emission kg CO <sub>2</sub> -Äq.	
				je GJ	je t TM
Brotweizen (70 dt/ha)	1 600	10 100	+ 8 500	+ 16	266
Winterraps (40 dt/ha)	1 600	8 400	+ 6 800	+ 19	440
Milchkuh, 600 kg LM, Gülle	kg CO <sub>2</sub> -Äq./GV	kg CO <sub>2</sub> -Äq./GV	kg CO <sub>2</sub> -Äq./GV		
8 000 l	5 500	2 000	- 3 500	+ 270	
6 000 l	5 100	1 600	- 3 500	+ 320	
Mastschwein, Gülle	2 000	1 900	- 100	+ 75	

Die Werte für Winterraps unterscheiden sich davon nicht wesentlich. Will man eine Bewertung vornehmen, wäre eine Netto-CO<sub>2</sub>-Vermeidung deutlich kleiner +8 500 kg CO<sub>2</sub>-Äq. nicht tolerabel, weil der Faktoreinsatz, gemessen am erzielten Ertrag, zu hoch und das Ertragspotenzial des Standortes nicht ausreichend ausgeschöpft wäre.

**Beispiel:**

Die Treibhausgas-Emission für eine Milchkuh (8 000 l Milch) führt zu einer unvermeidbaren spezifischen THG-Emission von 270 kg CO<sub>2</sub>-Äq./GJ bzw. zu einem unvermeidbaren Treibhausgas-Saldo von - 3 500 kg CO<sub>2</sub>-Äq./GV. Der CO<sub>2</sub>-Bindung in den Produkten Milch und Fleisch und der CO<sub>2</sub>-Einsparung durch Nährstoffrückführung über Wirtschaftsdünger (2 000 kg CO<sub>2</sub>-Äq./GV) stehen die ruminale und güllebedingte CH<sub>4</sub>-Emission (- 3 500 kg CO<sub>2</sub>-Äq./GV) und der Verbrauch von Betriebsmitteln und Futter (250 + 1 750 kg CO<sub>2</sub>-Äq./GV) entgegen.

Eine geringere Milchleistung hat eine deutlich höhere THG-Emission je Einheit Produkt zur Folge. Da CH<sub>4</sub> im Wesentlichen aus dem Umsatz des Grundfutters stammt und weniger aus den leistungssteigernden Konzentraten, sinkt der CH<sub>4</sub>-Ausstoß je Einheit Produkt mit steigender Leistung. Für eine GV Schwein ergibt sich aufgrund sehr viel geringerer Werte der CH<sub>4</sub>-Bildung einen THG-Saldo von nur -100 kg CO<sub>2</sub>-Äq./GV und eine spezifische THG-Emission von 75 kg CO<sub>2</sub>-Äq./GJ.

Im Unterschied zum Schwein ist das Rind mit seinem Verdauungssystem aber in der Lage, die Energie rohfaserreichen Futters aufzuschließen und in tierisches Eiweiß umzusetzen. CH<sub>4</sub> wird aus dem beim Abbau rohfaserreicher Futterstoffe freigesetzten Wasserstoff gebildet, um die Oxidations-/Reduktionsbilanz im Pansen auszugleichen.

Von der aufgenommenen Bruttoenergie Futter finden sich beim Wiederkäuer nur 20 % in den tierischen Produkten wieder. Beim Schwein liegt der Energiegewinn mit 25 GJ/GV nur geringfügig höher. Zuzüglich der THG-Emissionen wird die Tierhaltung unvermeidbar zum THG-Emittent. Thüringen erzeugt knapp die Hälfte des im Lande verzehrten Fleisches und deckt in etwa seinen Bedarf an Milch selbst. Die konsumbedingten überregionalen Transporte sind als Reduktionspo-

tenzial zu sehen, während eine Verringerung der Tierproduktion für Thüringen kein praktikabler Weg zur Einsparung von Treibhausgasen ist.

## **5 Ist-Situation landwirtschaftlicher Treibhausgas-Emissionen in Thüringen**

Nach dem Berechnungsverfahren von ECKERT et al. (2006) umfasst die THG-Emission der Landwirtschaft in Thüringen im Jahr 2006 2,7 Mio. t CO<sub>2</sub>-Äq. Dieser Wert liegt in der gleichen Größenordnung wie der vom Institut für Energetik und Umwelt (IFEU) Leipzig ermittelte Betrag von 3,0 Mio. t CO<sub>2</sub>-Äq. für das Jahr 2001.

Unter den Thüringer Bedingungen des Anbauflächenverhältnisses, der Tierarten und des geringen Tierbesatzes von 0,52 GV/ha (zwischenzeitlich noch weiter gesunken), guter Erträge und Leistungen und eines N-Überschuss-Saldos von +70 kg/ha ergibt sich für den Bereich des Pflanzenbaus eine THG-Emission von 1 570 kg CO<sub>2</sub>-Äq./ha und für den Bereich der Tierproduktion eine von 2 180 kg CO<sub>2</sub>-Äq./ha. Ein Teil des hohen N-Überschuss-Saldos beruht auf dem Anbau von Raps und Eliteweizen. In Bezug auf die Standortbonität und den Tierbesatz wird die spezifische THG-Emission mit 49 kg CO<sub>2</sub>-Äq./GJ Marktprodukt als tolerabler Wert eingestuft. Das trifft ebenso auf den THG-Saldo von +1 420 kg CO<sub>2</sub>-Äq./ha zu, der besagt, dass die Thüringer Landwirtschaft mehr CO<sub>2</sub> bindet als sie an CO<sub>2</sub>-Äq. emittiert.

## **6 Minderungspotenziale im landwirtschaftlichen Produktionsprozess**

### **6.1 Änderung der Futterzusammensetzung der Wiederkäuer**

Eine Erhöhung des Anteils zellwandarmer und stärkereicher Futtermittel zu Ungunsten rohfasereicher Futterstoffe widerspricht dem Grundprinzip einer wiederkäuergerechten Ernährung und kommt nicht als Minderungspotenzial in Frage. Auch das methansenkende Potenzial von Zusatzstoffen sollte nicht überbewertet werden, da sich die im Pansen ablaufenden Prozesse über Jahrtausende optimiert haben.

### **6.2 Effizienter Betriebsmitteleinsatz und Leistungssteigerung**

Ein effizienter Betriebsmitteleinsatz wird durch einen sparsamen Einsatz bei gleichzeitiger Steigerung der pflanzlichen und tierischen Leistungen erreicht.

Etwa 45 % der landwirtschaftlichen THG-Emissionen kommen aus dem N-Einsatz (CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O). Durch Verringerung des N-Überschuss-Saldos in Thüringen von derzeit 70 auf 50 kg/ha ist eine Minderung um 3,6 % der landwirtschaftlichen THG-Emissionen möglich. Reduzierter Einsatz von Pflanzenschutzmitteln bringt kaum Einspareffekte, ihr Anteil an den landwirtschaftlichen THG-Emissionen ist mit 1 % marginal. Durch Einsparung von Diesel und Strom um jeweils 10 % ist eine Minderung um 1,0 und 0,4 % möglich.

In der Rinderhaltung lassen sich THG-Emissionen durch Erhöhung der tierischen Leistung mit gleichzeitiger Verringerung der Tierzahl senken. Würde man in Thüringen eine Steigerung der Milchleistung um 750 kg/Kuh realisieren, wäre eine Reduzierung des Milchrindbestandes um 10 % möglich, wodurch bei gleichbleibender Milchproduktion etwa 2,6 % der landwirtschaftlichen THG-Emissionen vermieden werden könnten. Durch Senkung der Reproduktionsrate in Milchviehherden von gegenwärtig 40 auf 30 % wird eine Minderung um 2,0 % erwartet.

### **6.3 Extensivierung**

Extensivierung bedeutet Reduzierung des Betriebsmittel-Einsatzes unter das betriebswirtschaftliche Optimum. Beispielsweise würde durch eine 50 %ige Verringerung des Mineraldüngeraufwandes von 150 auf 75 kg/ha N (zuzüglich 40 kg/ha N aus Wirtschaftsdünger) die flächenbezogene THG-Emission auf 86 % sinken, der Ertrag aber auf 68 % abfallen, so dass die spezifische THG-Emission von 30 auf 38 kg CO<sub>2</sub>-Äq./GJ Marktprodukt ansteigt. Extensivierung stellt somit bei produktbezoge-

ner Betrachtung kein Minderungspotenzial dar. Das Potenzial hochproduktiver Landwirtschaft, Nahrungsmittel effizient und umweltverträglich zu erzeugen, würde unzureichend ausgeschöpft. Zudem verschärft Extensivierung auf Gunststandorten die Konkurrenz von Food- und Non-Food-Verwendung der Produkte. Bei niedrigen THG-Emissionen je Produkt wird Extensivierung allenfalls auf einer begrenzten Fläche stattfinden können.

#### **6.4 Ausnutzen von CO<sub>2</sub>-Senken**

Eine bedeutende CO<sub>2</sub>-Senke im Naturhaushalt stellt die langlebige Biomasse, darunter auch der Humus im Boden. Allerdings ist der Humus ein temporärer und zudem äußerst empfindlicher Speicher, der durch jede Bodenbearbeitung außerordentlich schnell und unkontrolliert zur CO<sub>2</sub>-Quelle wird. Die Bindung von CO<sub>2</sub> in Humus stellt deshalb aus Sicht des Klimaschutzes kein anrechenbares Minderungspotenzial dar. Wenn es gelingt, im ökologischen Landbau den Humusgehalt des Bodens langfristig anzuheben, kann auf diesen Flächen bis zum Zeitpunkt eines erneuten Gleichgewichtes ein Minderungspotenzial entstehen.

### **7 Minderungspotenziale durch Gewinnung von Energie aus landwirtschaftlicher Biomasse**

Die Netto-CO<sub>2</sub>-Vermeidung der einzelnen Verfahren ermittelt sich aus dem Energiegewinn und der daraus entstehenden Vermeidung von CO<sub>2</sub> durch Substitution fossiler Energieträger abzüglich der THG-Emissionen, die durch die Produktion der Biomasse und den Energiebedarf für den Prozess der Energiegewinnung entstehen zuzüglich der THG-Einsparungen durch Rückführung der Nebenprodukte in den landwirtschaftlichen Stoffkreislauf. Die Anrechnung dieser Minderungspotenziale sollte vorzugsweise dort erfolgen, wo die Substitution fossiler Energieträger erfolgt.

#### **7.1 Biogas**

Biogas wird durch anaerobe Gärung hergestellt. Die Verwendung erfolgt durch anschließenden Einsatz in Kraft-Wärme-Kopplungs-Systemen (38 % Strom, 45 % Wärme) oder nach Reinigung durch Einspeisung in Versorgungsnetze. Anfallende Wärmeenergie kann im ländlichen Raum derzeit nur zu 30 % genutzt werden. Aufgrund des erhöhten NH<sub>4</sub>-Anteils am Gesamt-N der Biogas-Gülle ist ohne Anwendung emissionsarmer Applikationsverfahren mit einem höheren NH<sub>3</sub>-Ausstoß und damit einer höheren N<sub>2</sub>O-Emission zu rechnen. In Thüringen produzieren 102 landwirtschaftliche Biogasanlagen (installierte Gesamtleistung ca. 52 MW). Zurzeit werden mehr als 30 % der Wirtschaftsdünger für die Gewinnung von Biogas genutzt. Der Anbau nachwachsender Rohstoffe für Biogas beträgt ca. 20 Tha. Damit kann eine Netto-CO<sub>2</sub>-Vermeidung von insgesamt 0,161 Mio. t CO<sub>2</sub>-Äq. erzielt werden, das entspricht 5,33 % der landwirtschaftlichen THG-Emissionen.

Bei 50 %iger Nutzung der Wirtschaftsdünger und Erweiterung der Anbaufläche für Biogas-Rohstoffe auf 30 Tha würde die Netto-CO<sub>2</sub>-Vermeidung auf 0,316 Mio. t CO<sub>2</sub>-Äq. ansteigen, 10,5 % der landwirtschaftlichen THG-Emissionen. CH<sub>4</sub>-Emissionen, die vor allem bei der Nachgärung und beim Methanschlupf (Biogaseinspeisung) entstehen können, sind zu minimieren (siehe EEG, 2008).

#### **7.2 Verbrennung**

Das Verfahren nutzt den Prozess der vollständigen Oxidation der organischen Substanz zur Bereitstellung von Heizwärme und Strom. Da Wärme im Vergleich zu anderen Endenergien einen geringeren Nutzwert hat, wird auf Kraft-Wärme-Kopplung in Heizkraftwerken mit einem Wirkungsgrad von 75 % orientiert. Zurzeit wird Wärme vorrangig über Holz erzeugt, allerdings sind die Potenziale weitgehend ausgeschöpft, so dass zukünftig in Deutschland auf Stroh orientiert werden muss.

Unter der Maßgabe einer ausgeglichenen Humusbilanz beläuft sich das energetisch nutzbare Strohaufkommen in Thüringen auf ca. 1,2 Mio. t Trockenmasse (TM). Unter der Annahme, dass

davon 30 %, resp. 1 t TM/ha einer energetischen Nutzung im Heizkraftwerk zugeführt werden, würde sich eine Netto-CO<sub>2</sub>-Vermeidung von 0,56 Mio. t CO<sub>2</sub>-Äq., resp. 18,5 % der landwirtschaftlichen THG-Emissionen ergeben.

### 7.3 Biokraftstoffe

Biodiesel und Rapsöl sind als Kraftstoffe in Deutschland eingeführt. Das Pflanzenöl wird physikalisch-chemisch durch Kaltpressung oder großtechnisch durch Hexanextraktion bei Temperaturen bis 80 °C aus Ölsaaten, vorrangig Raps gewonnen. Für das in Thüringen angewandte Verfahren der dezentralen Kaltpressung wird ein Wirkungsgrad von 48 % angenommen.

Im Jahr 2008 betrug die Anbaufläche von Winterraps in Thüringen 120 Tha, davon etwa 50 Tha für energetische Zwecke. Bei üblichen Erträgen (3,5 t TM/ha) und Ölausbeuten (40 %) ergeben sich daraus 70 Tt Öl für die Gewinnung von Biodiesel. Damit können netto 0,97 PJ fossile Energieträger substituiert werden. In Kombination mit der Futternutzung des Presskuchens ergibt sich eine THG-Vermeidung von 0,096 Mio. t CO<sub>2</sub>-Äq., resp. 3,2 % des landwirtschaftlichen Anteils. Allerdings ist eine Erweiterung der Anbaufläche für Winterraps aus phytosanitären Gründen nicht mehr möglich.

Bioethanol entsteht im Prozess der alkoholischen Gärung. Die größte Bioethanolanlage Deutschlands steht in Zeitz, an der Landesgrenze zu Thüringen. Sie benötigt Rohstoffe von ca. 100 000 ha, die theoretisch zu einem Drittel aus Thüringen geliefert werden können. Im Jahr 2008 wird aus Thüringen eine Liefermenge von etwa 80 Tt Weizen von ca. 13 Tha erwartet. Ohne Anrechnung von energetischen Aufwendungen für die Trocknung der DGS-Schlempe ergibt sich für die Verfahrenskombination Bioethanol/DDGS (Futtermittel) eine Netto-CO<sub>2</sub>-Vermeidung von ca. 0,038 Mio. t CO<sub>2</sub>-Äq., resp. 1,25 % der landwirtschaftlichen THG-Emissionen. Perspektivisch wird eine Erweiterung der Anbaufläche für die Erzeugung von Bioethanol auf bis zu 20 Tha für möglich gehalten. Daraus ergibt sich eine Netto-CO<sub>2</sub>-Vermeidung von 0,057 t CO<sub>2</sub>, resp. 1,89 % der landwirtschaftlichen THG-Emissionen.

## 8 Zusammenfassung der Minderungspotenziale

Durch sparsamen Einsatz von Betriebsmitteln und Steigerung der pflanzlichen und tierischen Leistungen in der landwirtschaftlichen Produktion ließe sich der landwirtschaftliche Anteil der THG-Emissionen um rd. 10 % reduzieren (Tab. 2). Durch Gewinnung von Energie aus landwirtschaftlicher Biomasse wird mit den derzeit entwickelten Verfahren perspektivisch eine Minderung um 1,03 Mio. t CO<sub>2</sub>-Äq. für möglich gehalten. Das entspricht 34,1 % der landwirtschaftlichen THG-Emissionen, wobei der überwiegende Anteil im außerlandwirtschaftlichen Bereich entsteht. Gegenwärtig können durch Erzeugung von Biogas, Biodiesel und Bioethanol bereits 2,66 PJ an fossilen Energieträgern und damit 0,30 Mio. t CO<sub>2</sub>-Äq. eingespart werden, resp. 10 % der landwirtschaftlichen THG-Emissionen.

**Tabelle 2:** Minderungspotenziale landwirtschaftlicher THG-Emissionen in Thüringen (%)

Verfahren	Minderungspotenzial	
	Ist 2007	perspektivisch
Effiz. Betriebsmitteleinsatz u. Leistungssteigerung i. d. landwirtschaftlichen Produktion	-	9,6
Gewinnung von Energie aus landw. Biomasse	9,8	34,1
- Biogas/KWK/Biogasgülle	5,33	10,46
- Verbrennung/Heizwerk	0,05	18,54
- Biodiesel/Rapskuchenfutter	3,18	3,18
- Bioethanol/Schlempefutter	1,26	1,89