

Energiebilanzen der österreichischen Landwirtschaft unter Berücksichtigung von Ernährungsgewohnheiten

Kurzfassung: Die Energiebilanz mit der Darstellung des Kumulierten Energieaufwands (KEA) und der damit verbundenen Emissionen stellt ein wesentliches Werkzeug dar, um die Umwelrelevanz der österreichischen landwirtschaftlichen Produktion im Referenzzeitraum und unter geänderten Ernährungsgewohnheiten darstellen zu können. Es konnte gezeigt werden, dass durch eine verringerte Fleischproduktion Flächen frei werden, die zur Produktion von Nachwachsenden Rohstoffen NAWAROs zur Energieerzeugung verwendet werden können. Auch zeigt sich, dass der KEA und die damit verbundenen Emissionen der österreichischen Landwirtschaft unter Annahme einer Ernährungsumstellung der österreichischen Bevölkerung gemäß den Vorgaben der Deutsche Gesellschaft für Ernährung (DGE) deutlich zurückgehen. Auf den frei werdenden Flächen ist eine Produktion von NAWAROs in dem Ausmaß möglich, dass nahezu der gesamte direkte Energiebedarf der Landwirtschaft gedeckt werden kann. Im Szenario, das eine maximale Energieproduktion auf den frei werdenden Flächen annimmt, kann mehr als die Hälfte des KEA der Landwirtschaft durch NAWAROs kompensiert werden.

Energy balances of Austrian agriculture assuming changed nutrition habits

Summary: The energy balance is an essential tool for describing the environmental impact of Austrian agricultural production by presenting the Cumulated Energy Demand (CED) and the emissions involved within the period of reference and under conditions of changed eating habits. It has thus been possible to demonstrate that a reduction in meat production makes land available for the production of Renewable Raw Materials (RRM), which could be used for energy production. It is also demonstrated that the CED and the associated emissions caused by agriculture in Austria could be decreased substantially assuming

that the Austrian population changed has eating habits in conformity with the standards of the Deutsche Gesellschaft für Ernährung - DGE (German Nutrition Society). The land thus becoming available would permit the production of RRM to the extent of meeting almost the entire direct energy demand of agriculture. Over half the CED of agriculture could be compensated by RRM according to a scenario assuming maximum energy production on the land that would become available.

1. Einleitung

Eine Energiebilanzierung der Landwirtschaft, welche den kumulierten Energieaufwand und die damit korrelierenden Emissionen der landwirtschaftlichen Produktion erfasst, ist bisher für Österreich nicht bekannt. Allerdings existiert ein Vergleich der Energieeffizienz der schweizerischen und österreichischen Landwirtschaft mit dem Modell „Common Agricultural Policy Regional Impact Analysis“ (Kränzlein T., Mack G., 2006). In dieser Arbeit wurden ausgewählte landwirtschaftliche Produkte (Weizen, Gerste, Raps, Kartoffeln, Milch) auf ihre Energieeffizienz untersucht. Dabei wurde der Energieverbrauch für Mineraldünger, Pflanzenschutzmittel, Maschinen, Gebäude, Treibstoff, Grundfutter, Kraftfutter und Strom quantifiziert. Kränzlein und Mack wanden in der Studie das Modell „Common Agricultural Policy Regional Impact Analysis“ an. Das Ergebnis dieser Arbeit zeigt, dass die Energieeffizienz der Schweizer Landwirtschaft bezogen auf den Naturalertrag besser ist, als in Österreich. Auch die regionalen Ergebnisse in Österreich zeigen Unterschiede. Für Weizen wird für den Anbau in Oberösterreich ein Energieverbrauch von ca. 3 MJ/kg und für Niederösterreich von etwas über 3 MJ/kg angegeben. Die Milchproduktion in der Tiroler Bergzone weist mit ca. 4,8 MJ/kg einen geringeren Energieverbrauch auf, als jene in Oberösterreich mit ca. 5,2 MJ/kg.

Weiters existieren für Österreich Studien zur Energiebilanzierung von einzel-

nen Lebensmitteln, wie beispielsweise Brot. Hier ist insbesondere die Erhebung aus dem Jahr 2002 von Favry E. et al. zu erwähnen. Erwähnt werden muss im Zusammenhang mit der Quantifizierung des Treibhauspotentials auch eine Arbeit von Freyer und Weik aus dem Jahr 2008, welche das Globale Emissionsmodell Integrierter Systeme (GEMIS) zur Quantifizierung der Emissionen an CO₂-Äquivalenten nutzt. Freyer und Weik untersuchen in ihrer Arbeit auch die Auswirkungen einer Ernährungsumstellung auf die ernährungsbedingten CO₂-Äquivalent Emissionen.

Es kann gefolgert werden, dass im Bereich der Öko- bzw. Energiebilanzierung für die Landwirtschaft in Österreich noch Forschungsbedarf besteht. Anders gestaltet sich die Situation in der Schweiz. Hier ist insbesondere das Agroscope, ein Zweig des schweizerischen Bundesamts für Landwirtschaft zu erwähnen. Diese Forschungseinrichtung beschäftigt sich intensiv mit der Ökobilanzierung in der Landwirtschaft und hat hierfür auch ein eigenes Modell namens SALCA, speziell für die Anforderungen der Schweizer Landwirtschaft entwickelt. Weitere Forschungsarbeiten beschäftigen sich mit der Methodenentwicklung für landwirtschaftliche Ökobilanzierungsfragestellungen oder der Untersuchung von landwirtschaftlichen Systemen auf deren Öko-Effizienz (vgl. Agroscope, 2010).

Im Projekt „Gesunde Ernährung und Nachhaltigkeit“ (GERN) wurde eine Energiebilanzierung der österreichischen Landwirtschaft mittels GEMIS (Institut für angewandte Ökologie e. V., 2008) durchgeführt. Dazu wurde, die vom Umweltbundesamt entworfenen Österreich-Version adaptiert. Das Umweltbundesamt hat bereits mehrere Studien unter Anwendung von GEMIS veröffentlicht. Im Zusammenhang mit der vorliegenden Arbeit ist insbesondere die Studie „Wieviel Umwelt braucht ein Produkt?“ (Adensam et al., 2000) zu erwähnen, in der eine Ökobilanz für das Lebensmittel „Brot“ erstellt wurde. Weiters erfolgte unter Anwendung von GEMIS unter anderem ein Vergleich unter-

¹ Energieinstitut an der Johannes Kepler Universität Linz

schiedlicher Heizsysteme und sowie eine Emissionsbilanz für österreichische Gebäude.

2. Methodik der Energiebilanzierung

Der Ablauf der Energiebilanzierung im Rahmen des Projekts GERN entspricht der ISO Norm 14040-Vorgangsweise zur Erstellung einer Ökobilanz. Es erscheint zweckmäßig, diesen klar strukturierten Ablauf nach ISO 14040 für die Energie- und Emissionsbilanzierung zu übernehmen. Die durchgeführte Energiebilanzierung gliedert sich in vier Schritte (ÖNORM EN ISO 14040, 2006):

- Festlegung des Ziels und des Untersuchungsrahmens
- Erstellung der Sachbilanz
- Erstellung der Wirkungsbilanz und Bilanzbewertung.

Integraler Bestandteil der Sachbilanz ist die Energiebilanzierung. Genauso wie im Rahmen einer Ökobilanzierung, müssen auch bei Erstellung einer Energiebilanz sämtliche mit dem betrachteten System verbundenen Stoff- und Energieströme erhoben werden. Da eine Bilanz per Definitionem immer Inputs und Outputs umfasst, muss angemerkt werden, dass der Terminus Energiebilanz, wie er im vorliegenden Fall verwendet wird nicht ganz korrekt ist, da der kumulierte Energieaufwand lediglich die energetischen Inputs entlang der Produktionskette und der damit in Beziehung stehenden Vorketten abbildet. Der Energiegehalt der Outputs wird nicht den Inputs gegenübergestellt. Da jedoch in der VDI 4600 Richtlinie zum kumulierten Energieaufwand der KEA als eine Ausgestaltungsmöglichkeit der Energiebilanz angesehen wird (Rauch-Schwegler/Rock, 2005), wird im vorliegenden Beitrag von einer Energiebilanz gesprochen, auch wenn der KEA nicht den energetischen Outputs gegenübergestellt wird. Auch in anderen Arbeiten wird der KEA ausdrücklich als Bilanzierungsmethode angeführt (Scholz, 1996).

2.1. Festlegung des Ziels und des Untersuchungsrahmens

Um das Ziel festlegen zu können, muss eine Klärung der Fragen nach dem Anwendungsbereich, dem Erkenntnisinteresse, der Zielgruppe sowie einer etwaigen Publikation der Ergebnisse der Ökobilanz bzw. Energiebilanz erfolgen (Klöpffer W., Grahl B., 2009). Im vorliegenden Fall kann

als Anwendungsbereich die wissenschaftliche Forschung genannt werden, wobei das Erkenntnisinteresse der vorliegenden Energiebilanzierung klar auf die Darstellung der mit der Landwirtschaft verbundenen Umweltauswirkungen im Bereich Energie und Treibhausgasemissionen unter derzeitigen und geänderten Ernährungsgewohnheiten ist.

Untersuchungsgegenstand der vorliegenden Energiebilanzierung ist die österreichische Landwirtschaft zum Referenzzustand unter derzeit gegebenen Ernährungsgewohnheiten der ÖsterreicherInnen und der somit gegebenen landwirtschaftlichen Produktion. Im Szenario „Eigenversorgung konventionell“ (siehe auch Zessner et al., 2011a) werden die Umwelteinwirkungen der österreichischen Landwirtschaft in Bezug auf den kumulierten Energieverbrauch und die Treibhausgasemissionen unter, nach DGE Empfehlungen, optimalen Ernährungsgewohnheiten der ÖsterreicherInnen und der somit geänderten landwirtschaftlichen Produktion betrachtet.

Gemäß der Zieldefinition fließen sämtliche Prozessschritte der österreichischen landwirtschaftlichen Produktion inklusive ihrer Vorketten in die Bilanzierung mit ein. Somit finden sich in der Energiebilanz anteilig die Dünge- und Pflanzenschutzmittelproduktion sowie die Vorketten der Energiebereitstellung für landwirtschaftliche Arbeitsschritte wieder. Ausnahme ist die Kalkdüngung. Da keine validen Daten zum Einsatz von Kalk als Dünger für durchschnittliche österreichische Verhältnisse vorhanden sind bzw. auch nicht generiert werden können, ist es nicht möglich die Kalkdüngung in der Berechnung mit zu berücksichtigen. Als grundlegende Systemgrenze wurde der landwirtschaftliche Hof festgelegt. Nachgelagerte Prozessschritte, wie beispielsweise die Getreidetrocknung oder Arbeitsschritte der Lebensmittelverarbeitenden Industrie, werden nicht betrachtet. Um die Systemgrenzen sowohl für die Tierhaltung, als auch für den Ackerbau und die Grünlandwirtschaft konsistent zu halten, wurde für Ackerfrüchte und Grünlandmasse ein Transport vom Feld zum landwirtschaftlichen Hof angenommen. Es muss an dieser Stelle erwähnt werden, dass die Erstellung

der Infrastruktur (z.B.: landwirtschaftliche Gebäude, Straßen) nicht in die Bilanzierung mit einfließt.

2.2. Die Erstellung der Sachbilanz als wesentlicher Schritt zur Erhebung und Darstellung des kumulierten Energieaufwands und der Emissionen

In diesem Arbeitsschritt erfolgt die Quantifizierung der erhobenen relevanten Inputs und Outputs, die mit einem Produktsystem, im vorliegenden Fall die landwirtschaftliche Produktion, verbunden sind. Die erhobenen stofflichen und energetischen Ressourcen stellen dabei Inputs dar. Als Output werden die mit den Inputs korrelierenden Emissionen bzw. das Produktionsergebnis bezeichnet. Die Sachbilanz stellt eine deskriptive Aufschlüsselung ohne Wertung dar, wobei angemerkt werden muss, dass eine implizite Wertung aufgrund der vorher definierten Systemgrenzen gegeben ist. Die Sachbilanz wird für den Referenzzustand und jedes der ausgewählten Szenarien erstellt. Das Resultat der Sachbilanzierung ist eine Gegenüberstellung der Inputs und Outputs für den Referenzzustand und die betrachteten Szenarien (Klöpffer W., Grahl B., 2009).

Die Erstellung der Gesamtbilanz für die österreichische Landwirtschaft erfolgt mittels dem Globalen Emissions Modell Integrierter Systeme (GEMIS) unter Zuhilfenahme des Tabellenkalkulationsprogramms Excel. Auf die genaue Vorgangsweise bei der Sachbilanzierung mittels GEMIS wird nachfolgend eingegangen.

2.2.1. GEMIS als wesentliches Tool zur Sachbilanzierung

Das Globale Emissions Modell Integrierter Systeme (Institut für angewandte Ökologie e.V., 2008) dient als wesentliches Hilfsmittel zur Erstellung der Energiebilanz. Das Modell GEMIS umfasst unter anderem zahlreiche landwirtschaftliche Produktionsprozesse und die mit den Prozessen verbundenen Emissionen und Energieeinsätze. Somit ist eine Inventarisierung der relevanten Stoff- und Energieflüsse und der damit korrelierenden Emissionen inklusive der ökologischen Rucksäcke möglich. Die in GEMIS vorhandenen landwirtschaftlichen Produktionsprozesse mussten teilweise an die Anforderungen des Projektes GERN angepasst werden. Hierfür war es notwendig eine Anpassung der Inputs in GEMIS vorzunehmen. Durch die Anpassung der Inputs

¹ Unter konventioneller Landwirtschaft, wird jene Form der Landbewirtschaftung verstanden, die keinem alternativen agrarwirtschaftlichem Konzept, wie beispielsweise dem Bio-Landbau, folgt. In der konventionellen Landwirtschaft dürfen ertragsteigernde Mittel wie Kunstdünger und/oder Pflanzenschutzmittel eingesetzt werden.

wird auch der regionale Bezug der Ergebnisse gewährleistet. Es muss festgehalten werden, dass die Prozessergebnisse Resultate einer Prozesskettenanalyse sind und somit in den Ergebnissen auch die verbrauchte Energie und die Emissionen aus vorgelagerten Prozessen (Transport, Energiebereitstellungsprozess, usw...) enthalten sind. In weiterer Folge werden im Zuge der Sachbilanzerstellung die Prozessergebnisse (Outputs) aggregiert.

Abbildung 2-1 zeigt als Beispiel für einen landwirtschaftlichen Prozess aus GEMIS, den konventionellen Anbau von Weizen. Der Output, sowie der von GEMIS berechnete kumulierte Energieaufwand, dieses Prozesses beziehen sich auf 1 t Weizen. Die Energieeinsätze und Emissionen aus den Vorketten der Düngemittel- und Pflanzenschutzmittelproduktion sowie aus der Energiebereitstellung fließen in GEMIS automatisch in die Berechnung mit ein. Um den gesamten kumulierten Energieaufwand sowie die gesamten Treibhausgasemissionen für die österreichische Weizenproduktion zu ermitteln muss das Ergebnis für 1 t Weizen mit der tatsächlich in Österreich zum Referenzzustand bzw. im Szenario produzierten Weizenmenge multipliziert werden. Für sämtliche in Österreich produzierten agrarischen Produkte wurde entsprechend vorgegangen.

2.2.2. Beschreibung der Datengrundlage zur Erstellung der Energiebilanz

2.2.2.1. Energieeinsatz auf Ackerflächen und Grünland

Um den Energieverbrauch für die Bearbeitung der Felder und Wiesen zu erheben, wurde auf die Daten des Österreichischen Kuratoriums für Landtechnik und Landentwicklung (ÖKL) zum Kraftstoffverbrauch in der Landwirtschaft 2009 zurückgegriffen (ÖKL, 2009). Da die einzelnen Arbeitsschritte im vorliegenden Fall von der erstmaligen Bodenbearbeitung bis zur

Ernte nicht im Detail festgelegt werden können, wurde für jeden Arbeitsschritt von österreichischen Durchschnittswerten ausgegangen. Anschließend wurde die benötigte Dieselmenge in kWh umgerechnet und in das Programm GEMIS eingefügt. Um auch den Energieverbrauch beim Silieren bzw. Heuballen Pressen berücksichtigen zu können, wurde eine telefonische Auskunft bezüglich des durchschnittlichen Siloballen- bzw. Heuballengewichtes bei der Forschungsanstalt Raumberg-Gumpenstein eingeholt.

2.2.2.2. Energieeinsatz im Obst- und Gemüsebau

Der Energieeinsatz im Obstbau wurde ebenfalls über die ÖKL Richtwerte zum Kraftstoffverbrauch in der Land- und Forstwirtschaft 2009 ermittelt. Die eingesetzte Menge an Düngemittel- und Pflanzenschutzmitteln wurde aus den von der ÖVAF gelieferten Daten übernommen.

Da für den Energieeinsatz im Gemüseanbau das ÖKL über keine spezifischen Werte verfügt und auch ein Gespräch mit Fr. Prof. Jezik (Universität für Bodenkultur, Department für angewandte Pflanzenwissenschaften) kein Ergebnis brachte, da keine detaillierten Analysen zum Energieeinsatz im Gemüsebau vorliegen, wurde zur Quantifizierung des Energieeinsatzes angenommen, dass die Bodenbearbeitung, die Saatbeetbereitung, die Aussaat, die Ausbringung von Wirtschafts- und Mineraldünger sowie die Ausbringung der Pflanzenschutzmittel wie im Ackerbau erfolgen.

Daten zum Energieeinsatz im österreichischen Unterglasanbau wurden aus Demerci 2001 entnommen. Die Unterglasanbauflächen wurden mithilfe der Statistik zur Gemüseernte der Statistik Austria festgelegt. Anschließend fand eine prozentuelle Aufteilung der Gemüseanbauflächen in Freiland und Unterglasflächen statt. Der Unterglasanbau wurde für die Kulturarten Tomaten, Paprika, Salat und Gurken betrachtet.

2.2.2.3. Energieeinsatz in der Tierhaltung

Der Energieeinsatz in der Tierhaltung wurde mithilfe der Werte vom Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft (KTBL) (Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft, 2008) festgelegt. Das KTBL stellt sowohl den Stromeinsatz, als auch den Einsatz an Heizenergie in der Tierhaltung, gegliedert nach Tierkategorien, dar. Eine Aufteilung des Heizenergiebedarfs nach Energieträgern findet sich in der Aufstellung nicht. Daher musste zur Festlegung der verwendeten Energieträger der, von der Statistik Austria erhobene Endenergieverbrauch in der Landwirtschaft herangezogen werden. Basierend auf der Verteilung der Energieträger am Endenergieverbrauch in der Landwirtschaft aus der Energiegesamt-rechnung für Österreich (im Durchschnitt von 2001 bis 2006) (Statistik Austria, 2010). Es wird angenommen, dass die Heizenergiebereitstellung in Stallungen durch 50 % Heizöl, 20 % Erdgas und 30 % Hackschnitzel erfolgt.

2.3. Erstellung der Wirkungsbilanz

Unter Wirkungsbilanzierung versteht man das Erkennen und die Beurteilung der Größe und Bedeutung von potenziellen Umweltwirkungen des betrachteten Produktsystems. Der Arbeitsschritt der Wirkungsbilanzierung kann in die Teilschritte Klassifizierung und Charakterisierung zerlegt werden. Wobei unter Klassifizierung die Zuordnung von Sachbilanzposten zu Wirkungskategorien verstanden wird. Im Teilschritt der Charakterisierung werden die zuvor zu Wirkungskategorien zusammengefassten Sachbilanzergebnisse mit Charakterisierungsfaktoren belegt, um schlussendlich einen Wirkungsindikator zu erhalten. Der Wirkungskategorie „Klimaänderung“ werden beispielsweise die Sachbilanzergebnisse CO_2 , CH_4 , N_2O zugeordnet. Als Charakterisierungsfaktor kann das Treibhauspotential (GWP100) nach dem Intergovernmental Panel on Climate Change herangezogen werden. Der Wirkungsindikatorwert ist somit kg CO_2 -Äquivalente (Klöpffer W., Grahl B., 2009).

Grundsätzlich wird im Rahmen des Projekts GERN keine vollständige Wirkungsbilanzierung vorgenommen.

Allerdings werden die Ergebnisse zu CO_2 -Äquivalenten, SO_2 -Äquivalenten und TOPP-Äquivalenten zusammengeführt. Da die Ergebnisse der Energiebilanz in den Einheiten kumulierter Energie-

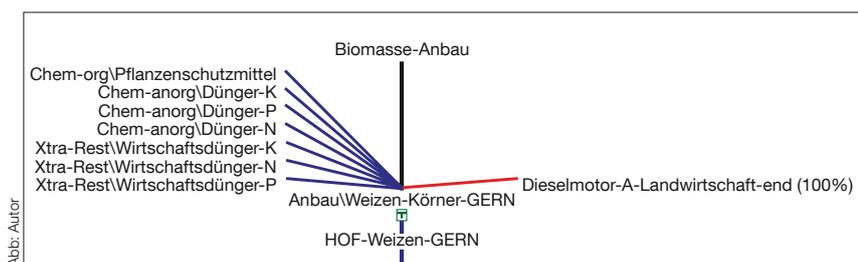


Abb. 2-1: Beispiel für einen landwirtschaftlichen Prozess in GEMIS- Der Weizenanbau. Eigene Darstellung auf Basis von 4.42-2007

aufwand (Wirkungskategorie: Ressourcenverbrauch) und CO₂-Äquivalente (Wirkungskategorie: Klimaänderung) präsentiert werden, ist offensichtlich, dass die Erstellung der Energiebilanz nicht mit der Sachbilanzerstellung endet, sondern auch die Schritte der Klassifizierung und Charakterisierung im Rahmen der Wirkungsbilanzierung umfasst. Die Klassifizierung und Charakterisierung der Sachbilanzergebnisse wird von GEMIS unter Anwendung der Charakterisierungsfaktoren nach IPCC 2001 vorgenommen.

2.3.1. Der Kumulierte Energieaufwand (KEA) als Maß zur Prozessbewertung

Der KEA als Maßzahl wurde in den 1980er Jahren entwickelt und entstammt einer Debatte zur Effizienz von Produkten über ihren gesamten Lebenszyklus. In GEMIS wird der KEA als Maß für den Ressourcenverbrauch herangezogen. Ziel ist es, den Energieaufwand zur Erzeugung eines Produkts über den gesamten Produktlebenszyklus inklusive der gesamten Vorkette erfassen. Es werden alle, entlang des Produktlebenszyklus (inkl. Vorketten) auftretenden Energieaufwendungen kumuliert. Dabei spielt die Herkunft des Energieträgers keine Rolle. Grundsätzlich geht der KEA davon aus, dass beim derzeitigen Energiesystem der Energieeinsatz der prioritäre Umwelteinfluss ist. Um ein Gesamtbild zu erhalten, ist es allerdings notwendig auch die damit verbundenen Emissionen auszuweisen. Zusammengefasst kann festgehalten werden, dass der KEA für den Vergleich von unterschiedlichen Produkten herangezogen werden kann (IFZ/Institut für industrielle Ökologie, 2003). Somit eignet sich der KEA für den Vergleich des Referenzzustands und der Szenarien im Rahmen des Projekts GERN. Vor allem deshalb, weil die Untersuchung der Auswirkungen einer geänderten Ernährung und veränderten landwirtschaftlichen Produktion auf den Energieverbrauch der Landwirtschaft eines der wesentlichen Projektziele darstellt. Da der KEA allerdings keine Auskunft über die mit dem Energieaufwand

verbundenen Emissionen liefert, ist es notwendig treibhausgasrelevante Emissionen zusätzlich in Form von CO₂-Äquivalenten darzustellen. Zusätzlich zu den CO₂-Äquivalenten werden auch das Versauerungspotential in SO₂-Äquivalenten und das troposphärische Ozonbildungspotential in TOPP-Äquivalenten dargestellt. In diesem Zusammenhang gilt es auch zu erwähnen, dass durch den vermehrten Anbau von Energiepflanzen auf den freiwerdenden Flächen auch eine Änderung zwischen nichterneuerbaren KEA und erneuerbaren KEA eintreten kann.

3. Darstellung und Vergleich der Energie- und Emissionsbilanz der österreichischen Landwirtschaft zum Referenzzustand und im Szenario 1

Im nachfolgenden Kapitel werden zunächst die Energie- und Emissionsbilanz für den Referenzzustand und das Szenario 1 und dessen Subsznarien (1a, 1b, 1c) (siehe auch Zessner et al., 2011) gesondert dargestellt und schlussendlich diese in einem Vergleich zusammengeführt. Weiters wird erläutert, warum eine Vergleichbarkeit des KEA und der damit verbundenen Emissionen mit existierenden Zahlenmaterial (z.B: Treibhausgasinventur für Österreich) nicht möglich ist. Um die Energiebilanz für das Szenario 1 zu verstehen, ist es notwendig in einem ersten Schritt die zusätzliche Produktion von nachwachsenden Rohstoffen im Szenario 1 zu errechnen, denn der Aufwand für deren Anbau fließt in die Energiebilanz ein.

3.1. Darstellung der Energie- und Emissionsbilanz für die Landwirtschaft zum Referenzzustand

Nachfolgend wird zunächst die Energiebilanz der österreichischen Landwirtschaft im Referenzzustand dargestellt. Als Darstellungsgröße dient der KEA. Dieser umfasst, wie bereits erwähnt, sämtliche Energieströme entlang des Produktlebenszyklus inklusive jener Einsätze die in den Vorketten (Düngemittelproduktion,

Energiebereitstellung) der landwirtschaftlichen Produktion stattfinden. Um den Einfluss der Vorketten auf die Energiebilanz zu verdeutlichen, soll an dieser Stelle, der Anteil der Vorkette der Düngerproduktion an der Energie- und Emissionsbilanz für 1t Weizen ausgewiesen werden. Für die Produktion von einer Tonne Weizen wird ein Kumulierten Energieaufwand in Höhe von 676 kWh und Emissionen von CO₂-Äquivalenten in der Größenordnung von 360 kg errechnet. Rund 31 % des Kumulierten Energieaufwands und 27 % der mit der Weizenproduktion verbundenen CO₂-Äquivalente sind auf die Nutzung von Mineraldünger zurückzuführen. Auch der Transport von Nahrungsmitteln kann mit einem erheblichen Energieaufwand verbunden sein. Beispielsweise verbraucht der Transport von einer Tonne eines bestimmten Gutes über 100 km mit der Bahn 12,5 kWh bzw. auf der Straße (mittels LKW) 52,2 kWh Energie (Innovationsreport, 2004). In *Tabelle 3-1* werden nun die Ergebnisse des Referenzzustandes bezogen auf einen österreichischen Bürger pro Jahr dargestellt.

Aus *Tabelle 3-1* ist ersichtlich, dass der Kumulierte Energieaufwand aus der Landwirtschaft ausgedrückt als Leistung pro EinwohnerIn in Summe 127W ausmacht. Das entspricht einem Verbrauch von 1.115 kWh pro EinwohnerIn und Jahr. Insgesamt verursacht die Landwirtschaft zum Referenzzustand 887 kg CO₂-Äquivalente pro EinwohnerInnen und Jahr. Ein Großteil der von der Landwirtschaft verbrauchten Energie stammt aus nicht-erneuerbaren Quellen. Eine detaillierte Darstellung der Energiebilanz wird in *Tabelle 3-2* gezeigt. Aufgrund des hohen Fleischkonsums im Referenzzustand ist die Tierhaltung mit 71 W pro EinwohnerInnen und Jahr der größte Posten der Energiebilanz. Weiters ist auch ein Großteil der von der Grünlandbewirtschaftung und vom Futterbau beanspruchten Energie und die damit verbundenen Emissionen an klimarelevanten Gasen der Tierhaltung zuzuschreiben, da diese landwirtschaftlichen Sektoren hauptsächlich Futter produzieren. Es muss an dieser Stelle erwähnt

TABELLE 3-1
EinwohnerInnenspezifische Energiebilanz der österreichischen Landwirtschaft im Referenzzustand

	CO2-Äquivalente in [kg/(E.a)]	SO2-Äquivalente [kg/(E.a)]	TOPP-Äquivalen- te [kg/(E.a)]	KEA-nicht erneuerbar [W/E]	KEA-erneuerbar [W/E]	KEA-andere [W/E]	KEA Summe [W/E]
pro EinwohnerInnen und Jahr	887	10	3	120	6	1	127

Quelle: Eigene Berechnungen und eigene Darstellung auf Basis von GEMIS Österreich 4.42-2007

werden, dass im Posten Ackerbau nur der für die menschliche Ernährung notwendige Ackerbau sowie der im Referenzzustand stattfindende Anbau von Ackerfrüchten zur energetischen Verwertung enthalten ist. Der Futterbau umfasst folglich auch jene Ackerfrüchte (hauptsächlich Getreide), die für die Tierernährung verwendet werden. Der Obst- und Gemüseanbau spielen zum Referenzzustand eine unbedeutende Rolle.

Als Vergleichszahl, um den Energieverbrauch pro Kopf für die Landwirtschaft zu verdeutlichen, kann beispielsweise der Primärenergieverbrauch pro Kopf in Österreich herangezogen werden. Dieser betrug im Jahr 2007 laut den Weltentwicklungsindikatoren der Weltbank umgerechnet rund 5.307 W/E (Weltbank, 2010). Die österreichische Landwirtschaft zum Referenzzustand hat somit einen Anteil von rund 2,4 % am gesamten Primärenergieverbrauch pro EinwohnerInnen und Jahr. Der Vergleich der Ergebnisse aus der durchgeführten Energiebilanzierung mit dem Primärenergieverbrauch pro Kopf der Weltbank oder anderen Quellen ist allerdings problematisch, da der Erhebungsmodus bei derartigen Statistiken meist wenig transparent ist. In der vorliegenden Energiebilanzierung wurde der kumulierte Energieaufwand über die gesamten Vorketten erhoben. Es bleibt allerdings die Frage offen, ob im Primärenergieverbrauch pro EinwohnerInnen auch jene Vorketten quantifiziert werden die Verbräuche und Emissionen außerhalb Österreichs verursachen. Andere Vergleichszahlen könnten der durchschnittliche Treibhausgasausstoß sowie der Stromverbrauch sein. Gemäß der Europäischen Umweltbehörde (EEA) verursacht ein durchschnittlicher Europäer ca. 11 t Treibhausgasemissionen. Der Ausstoß an CO₂-Äquivalenten pro Kopf in Österreich beträgt 10,4 t pro Jahr und somit geringfügig unter dem europäischen Durchschnitt (Umweltgemeindeservice, 2010). Als weitere Vergleichszahl kann der Stromverbrauch pro Haushalt in Österreich dienen. Der aus den Zählerablesungen 2008 ermittelte Gesamtstromverbrauch eines durchschnittlichen Haushalts beläuft sich auf umgerechnet auf rund 504 Watt (Statistik Austria, 2008).

3.2. Darstellung der Energie- und Emissionsbilanz für die österreichische Landwirtschaft im Szenario 1

Die Energiebilanz für das Szenario 1 stellt die Energie- und Emissionsbilanz für die

österreichische Landwirtschaft unter geänderten Ernährungsgewohnheiten der ÖsterreicherInnen sowie einer angemessenen Eigenversorgung der österreichischen Bevölkerung durch die österreichische Landwirtschaft und somit einer dementsprechend geänderten landwirtschaftlichen Produktion dar. Eine Änderung der Ernährungsgewohnheiten hin zu einer ausgewogenen Ernährung bedingt in der Landwirtschaft einen starken Rückgang der Fleischproduktion. Als Folge wird ein Teil jener Flächen frei, auf denen im Referenzzustand Futtermittel produziert wurden. Ein wesentlicher Punkt ist dabei das frei werdende Grünland. In den Unterszenarien 1 b und c werden nun die Auswirkungen auf die Energiebilanz betrachtet, wenn diese Flächen zum Teil oder gänzlich einer energetischen Nutzung in Form von Biogas zugeführt werden. Das Szenario 1b soll dabei sicher stellen, dass neben der Eigenversorgung mit Nahrungsmitteln auch eine Bereitstellung der gesetzlichen Vorgaben zur Beimischung von Biodiesel und Bioethanol zu Diesel bzw. Benzin und eine energetische Eigenversorgung der Landwirtschaft aus nachwachsenden Rohstoffen gewährleistet ist. Szenario 1 c geht von einer maximalen Nutzung des Potentials der österreichischen Landwirtschaft zur Produktion von Energie aus.

3.2.1. Festlegung der Produktion von nachwachsenden Rohstoffen im Szenario 1b und 1c sowie darauf basierende Ergebnisse

Um die Vollständigkeit der Energiebilanz für die Szenarien 1b und 1c zu gewährleisten, ist es zunächst notwendig, die benötigten Flächen und Mengen an nachwachsenden Rohstoffen für die energetische Eigenversorgung der Landwirtschaft festzulegen. Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass für eine Eigenversorgung der Landwirtschaft pro Jahr rund 713 GWh Treibstoff in Form von Biodiesel, rund 815 GWh Wärme und rund 134 GWh Strom bereitgestellt aus Biogas benötigt werden. Die auf den nachfolgend genannten Flächen produzierten Mengen an nachwachsenden Rohstoffen sind in der Energiebilanz für das Szenario 1b und 1c integriert.

Eine Erweiterung der Biodieselproduktion aus Ölfrüchten ist aufgrund von Fruchtfolgebestimmungen in den Szenarien 1b und 1c nicht möglich. Allerdings sind in der Szenarioberechnung jene Anbauflächen für Raps und Sonnenblume

zur Biodieselproduktion enthalten, die bereits im Referenzzustand genutzt wurden. Es wird daher angenommen, dass im Szenario 1b und 1c die gleiche Menge Biodiesel, wie im Referenzzustand produziert werden kann und diese Menge ausschließlich zur Verwendung in der Landwirtschaft genutzt wird. Konkret sind im Szenario 1b und 1c rund 59.600 ha zum Anbau von Ölfrüchten zur Biodieselproduktion vorgesehen. Wird mit einem Ölertrag von 1 t/ha gerechnet, so können aus dieser Fläche rund 608 GWh Biodiesel produziert werden. Es ergibt sich somit eine Versorgungslücke von ca. 105 GWh Biodiesel. Folglich ist in den Szenarien 1b und 1c weder die komplette Eigenversorgung der Landwirtschaft mit Biodiesel möglich, noch kann die seit Oktober 2008 bestehende Beimischungsverpflichtung von 5,75 % am Gesamtenergieinhalt aller in Verkehr gebrachten Kraftstoffe erfüllt werden. Die Möglichkeit des Grünlandumbruchs zur Gewinnung von Ackerflächen ist im Rahmen des Projekts aus ökologischen Gründen nicht vorgesehen. Zusätzlich zu den Einschränkungen durch Fläche und Fruchtfolge, existiert auch eine Einschränkung bezüglich der zur Herstellung von Biotreibstoffen genutzten Technologie. Die Produktion von synthetischem Diesel (Biodiesel 2. Generation) aus Rohstoffen von Kurzumtriebsplantage befindet sich derzeit noch Demonstrationsmaßstab. Da im vorliegenden Projekt keine Technologievorschau getroffen wird, wird auch die Erzeugung von synthetischem Diesel nicht betrachtet.

Die Wärme- und Stromeigenversorgung der Landwirtschaft wird aus Biogas bereitgestellt. Da im Szenario ein enormer Grünlandüberschuss vorliegt, wird angenommen, dass diese Biogasversorgung aus Gras bereitgestellt wird. Als Optionen zur Strom- und Wärmeversorgung wird einmal ein Kraft-Wärme-Kopplungs Prozess (KWK) angenommen und einmal die Einspeisung des Biogases ins Erdgasnetz. Um die von der Landwirtschaft nachgefragte Energie bereitstellen zu können, werden in einem Mix der beiden Technologien (KWK, Einspeisung) rund 87.000 ha Wirtschaftsgrünland benötigt. Die Biogasproduktion für die Eigenversorgung der Landwirtschaft erfolgt zusätzlich zur bestehenden Biogasproduktion. Die für die bestehende Biogasproduktion benötigten Flächen wurden aus dem Mittelwert von 2004 bis 2007 aus der AMA Energiepflanzenstatistik ermittelt (Agrarmarkt Austria, 2010). Zusätzlich zu der Eigenversorgung der Landwirtschaft werden im Szenario 1b

TABELLE 3-2
Detaillierte Darstellung der Energiebilanz für die österreichische Landwirtschaft zum Referenzzustand

	CO ₂ -Äquivalente [kg/E/a]	SO ₂ -Äquivalente [kg/E/a]	TOPP-Äquivalen- te [kg/E/a]	KEA-nicht erneuerbar [W/E/a]	KEA-erneuerbar [W/E]	KEA-andere [W/E]	KEA Summe [W/E]
Ackerbau IST	104	1	0	23	0	0	23
Grünland IST	118	1	1	15	0	0	15
Futterbau IST	62	0	0	11	0	0	12
Gemüseanbau IST	22	0	0	2	0	0	3
Obstanbau IST	7	0	0	3	0	0	4
Tierhaltung IST	573	7	2	65	6	1	71
Summe	887	10	3	120	6	1	127

Quelle: Eigene Berechnungen und eigene Darstellung auf Basis von GEMIS Österreich 4.42-2007

TABELLE 3-3
EinwohnerInnenspezifische Energiebilanz für die österreichische Landwirtschaft im Szenario 1a

	CO ₂ -Äquivalente in kg/a	SO ₂ -Äquivalente in kg/a	TOPP-Äquivalen- te in kg/a	KEA-nicht erneuerbar in W	KEA-erneuerbar in W	KEA-andere in W	KEA Summe in W
pro EinwohnerInnen	578	4	1	73	5	1	79

Quelle: Eigene Berechnungen und eigene Darstellung auf Basis von GEMIS Österreich 4.42-2007

und 1c zusätzliche Ackerflächen zur Mais- und Weizenproduktion für die Versorgung der Agrana Bioethanolproduktionsanlage in Pischelsdorf herangezogen. Diese Flächen sind im Referenzzustand (2001 bis 2006) noch nicht enthalten, da diese Bioethanolanlage erst im Jahre 2008 in Betrieb gegangen ist. Unter der Annahme, dass die Anlage voll ausgelastet ist und die Rohstoffe Weizen und Mais im Verhältnis 1:1 eingesetzt werden, liegt die benötigte Fläche für den Weizenanbau bei rund 52.000 ha und die Maisanbaufläche bei rund 25.000 ha. Daten aus dem Jahr 2009 zu Folge wurden 70.323 t Bioethanol in der Agrana Bioethanolanlage produziert. Davon wurde mehr als die Hälfte an die Mineralölindustrie zur Beimischung geliefert. Nur ein geringer Teil wurde als Superethanol abgesetzt (Winter R., 2009). Unter der im Szenario angenommenen Vollausslastung der Bioethanolanlage können 200.000 m³ Bioethanol produziert werden. Dies ist zur Erfüllung der Beimischungsverpflichtung ausreichend. Da im Projekt keine Technologievorschau getroffen wird, ist auch die Produktion von Bioethanol auf die Herstellung von Bioethanol der 1. Generation beschränkt. Folglich wird die Verarbeitung von agrarischen Reststoffen, wie beispielsweise Stroh, zur Bioethanolproduktion der 2. Generation im Szenario nicht näher betrachtet, da die Technologie zur Verwertung von lignozel-

lulosehaltigen Rohstoffen zu Bioethanol sich derzeit noch im Demonstrationsmaßstab befindet.

Bezüglich der Ackerflächen für die Produktion von nachwachsenden Rohstoffen unterscheiden sich die Szenarien 1b und 1c nicht. Im Szenario 1c, welches eine maximale Energieproduktion auf den freien Flächen annimmt, kann die Anbaufläche für NAWAROs nicht mehr ausgeweitet werden, da die freie Ackerfläche bereits mit dem Anbau der Rohstoffe für die Biodiesel-, Bioethanol- und Biogasproduktion in Szenario 1b ausgeschöpft wurde. Als markanter Unterschied zum Szenario 1b wird in Szenario 1c allerdings das gesamte Wirtschaftsgrünland, welches nicht mehr zur Tierernährung benötigt wird einer Biogasverwertung zugeführt. Zusätzlich besteht auch die Möglichkeit, den gesamten anfallenden Wirtschaftsdünger einer Biogasproduktion zuzuführen. Allerdings wird diese Variante in Szenario 1 nicht näher betrachtet, da die Verwertung des frei werdenden Grünlands im Vordergrund steht. Es wurde gezeigt, dass in Szenario 1c, wenn das gesamte am Wirtschaftsgrünland erntbare Gras einer Biogasproduktion zugeführt wird, dies bereits bewirkt, dass die Landwirtschaft mehr Energie bzw. die Rohstoffe zur Energieproduktion bereitstellt, als diese samt ihrer Vorketten konsumiert. Des weiteren wird im Rahmen des Projekts „GERN“

eine Humusbilanz berechnet. Diese hat ergeben, dass im Szenario 1 die Ausbringung des anfallenden Wirtschaftsdüngers auf die Ackerflächen wesentlich zu einer positiven Humusbilanz und somit zum Erhalt der Bodenfruchtbarkeit beiträgt. Theoretisch stehen im Szenario 1 insgesamt circa 20 Mio. m³ Wirtschaftsdünger pro Jahr zur Verfügung, die einer Biogasverwertung zugeführt werden könnten. Es müssen jedoch Limitierungen aufgrund der Humusbilanz beachtet werden. Dies zeigt auch, dass eine Steigerung der im Szenario 1c aus landwirtschaftlichen Rohstoffen erzeugte Energie noch möglich wäre.

3.2.2. Energie- und Emissionsbilanz wie zum Referenzzustand im Szenario

Die Energie- und Emissionsbilanz wird unterteilt in die landwirtschaftlichen Sektoren Ackerbau, Grünland, Futterbau, Obstbau, Gemüsebau und Tierhaltung dargestellt. Unter dem Bilanzposten Futterbau ist der Anbau von Luzerne, Klee, Rotklee, sonst. Feldfutterbau und Wechselgrünland sowie jene Teile des Ackerbaus, die für die Bereitstellung von Futtermitteln verwendet werden z.B. die Produktion von Körnermais zur Schweine- und Geflügelmast zusammengefasst.

Tabelle 3-3 zeigt die Energiebilanz für die österreichische Landwirtschaft zum

Szenariozustand. Es wird hier lediglich die Energiebilanz der Landwirtschaft für die menschliche Ernährung gezeigt. Szenario 1a dient als Vergleichsszenario für den Referenzzustand. Das heißt, es wurde noch keine zusätzliche Produktion von nachwachsenden Rohstoffen auf den frei gewordenen Flächen angenommen. Der KEA beläuft sich auf 79 W pro Einwohner, umgerechnet sind das rund 696 kWh/a. Mit diesem Energieaufwand sind CO₂-Emissionen in Höhe von 578 kg pro EinwohnerInnen und Jahr verbunden.

Wie *Tabelle 3-4* zeigt, ist die Tierhaltung, trotz der Reduktion des Tierbestandes, analog zum Energieverbrauch, der größte Emittent von Treibhausgasemissionen, SO₂-Äquivalenten und TOPP-Äquivalenten. Stark gesunken im Gegensatz zum Referenzzustand sind der KEA für die Tierhaltung (Referenz: 71 W/E; Szenario 1a: 36 W/E), die Grünlandwirtschaft (Referenz: 15 W/E; Szenario 1a: 5 W/E) und für den Futterbau (Referenz: 12 W/E; Szenario 1a: 10 W/E). Gestiegen sind im Szenario 1a allerdings der Obstanbau (Referenz: 4 W/E; Szenario 1a: 8 W/E) sowie der Gemüsebau (Referenz: 3 W/E; Szenario

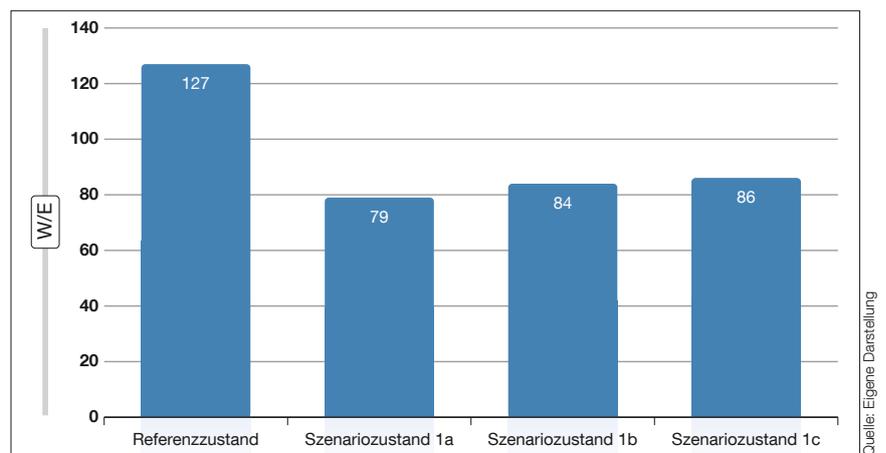


Abb. 3-1: Gegenüberstellung KEA Summe im Referenzzustand und im Szenario 1

1a: 6 W/E). Diese Veränderungen werden vor allem durch die postulierte Ernährungsumstellung der Bevölkerung hervorgerufen. Es muss weniger Fleisch produziert werden, allerdings steigt die zu produzierende Menge an Obst und Gemüse (siehe auch Zessner et al., 2011b).

Zu Beginn dieses Kapitels wurde ausgeführt, dass im Szenario 1 auf den frei gewordenen Flächen nachwachsende Roh-

stoffe zur Energieproduktion angebaut werden. Nachfolgend wird die Energiebilanz für die Erzeugung von Nahrungsmitteln inklusive dem Anbau von NAWAROS dargestellt und wird in einer Energiebilanz gezeigt, welche Auswirkungen eine maximale Energieproduktion aus landwirtschaftlichen Rohstoffen hat.

Tabelle 3-5 zeigt den kumulierten Energieverbrauch und die damit korrele-

Quelle: Eigene Darstellung

TABELLE 3-4

Detaillierte Energiebilanz der österreichischen Landwirtschaft im Szenario 1a

	CO ₂ -Äquivalente [kg/EW/a]	SO ₂ -Äquivalente [kg/EW/a]	TOPP-Äquivalente [kg/EW/a]	KEA-nicht erneuerbar [W/EW/a]	KEA-erneuerbar [W/EW/a]	KEA-andere [W/EW/a]	KEA Summe [W/EW/a]
Ackerbau	69	0,5	0,3	14	0,1	0,1	15
Grünland	39	0,4	0,2	5	0,0	0,0	4,54
Futterbau	56	0,4	0,2	10	0,0	0,1	10,124
Gemüseanbau	43	0,3	0,1	5	0,2	0,4	6
Obstanbau	16	0,1	0,1	8	0,1	0,1	8
Tierhaltung	355	2	1	31	4,4	0,2	36
Summe	578	4	1	73	5	1	79

Quelle: Eigene Berechnungen und eigene Darstellung auf Basis von GEMIS Österreich 4.42-2007

TABELLE 3-5

Energiebilanz für die österreichische Landwirtschaft im Szenario 1b

	CO ₂ -Äquivalente in t	SO ₂ -Äquivalente in t	TOPP-Äquivalente in t	KEA-nicht erneuerbar in W	KEA-erneuerbar in W	KEA-andere in W	KEA Summe in W
pro EinwohnerInnen und Jahr	601	4	1	77	5	1	84

Quelle: Eigene Berechnungen und eigene Darstellung auf Basis von GEMIS Österreich 4.42-2007

TABELLE 3-6

Energiebilanz für die österreichische Landwirtschaft im Szenario 1c

	CO ₂ -Äquivalente in kg	SO ₂ -Äquivalente in kg	TOPP-Äquivalente in kg	KEA-nicht erneuerbar in W	KEA-erneuerbar in W	KEA-andere in W	KEA Summe in W
pro EinwohnerInnen und Jahr	622	4	2	79	5	1	86

Quelle: Eigene Berechnungen und eigene Darstellung auf Basis von GEMIS Österreich 4.42-2007

renden Emissionen pro Einwohner und Jahr für das Szenario 1b, in dem von der Landwirtschaft sowohl Nahrungsmittel, als auch NAWAROs zur energetischen Eigenversorgung und Einhaltung der gesetzlichen Bestimmungen der Beimengungen von Biodiesel und Bioethanol zu Diesel und Benzin produziert werden. Die Summe des KEA beträgt in diesem Szenario 84 W/E. Umgerechnet sind das rund 736 kWh pro Einwohner und Jahr. Versorgt sich die Landwirtschaft selbst mit Energie so steigt der KEA im Vergleich mit der reinen Nahrungsmittelproduktion um 5 W/E. Vergleichsweise werden im Szenario 1b rund 53 W/E an Energie aus landwirtschaftlichen Rohstoffen in Form von Biodiesel, Bioethanol und Biogas bereitgestellt. Dementsprechend wird durch die Eigenversorgung der Landwirtschaft mit Energie aus NAWAROs auch CO₂ eingespart. Die Einsparung beträgt in etwa 96 kg CO₂/E. Die dargestellten Werte verstehen sich als Abschätzungen. Jene CO₂-Emissionen, die bei der Produktion von Biodiesel, Bioethanol und Biogas anfallen, werden nicht quantifiziert, da dies den Untersuchungsrahmen der durchgeführten Studie überschreiten würde. Die CO₂-Äquivalente steigen in diesem Szenario 1b um 23 kg/EW/a. Diese Steigerung stammt im Wesentlichen aus dem Ackerbau, da nun auch Raps zur Biodieselproduktion, Weizen und Mais zur Bioethanolproduktion angebaut werden müssen. Geringfügige Steigerungen entstehen auch im Futterbau und in der Grünlandwirtschaft, da hier zusätzliche Mengen für die Biogasproduktion mobilisiert werden müssen.

Als nächstes Szenario wird jene Variante präsentiert, in der zusätzlich zur Nahrungsmittelproduktion und Produktion von NAWAROs zur energetischen Eigenversorgung der Landwirtschaft, das gesamte noch übrige Wirtschaftsgrünland einer Biogasnutzung zugeführt wird. Bei der maximalen Energieproduktion wird zusätzlich zur energetischen Eigenversorgung der Landwirtschaft noch das gesamte übrige Wirtschaftsgrünland einer Biogasnutzung zugeführt. Dabei handelt es sich um 1.790.770 t Grünmaterial. Die Darstellung der Energiebilanz beschränkt sich nun auf die Darstellung der aggregierten Energiebilanz, da sich die Änderungen in diesem Szenario rein aus einer Steigerung des Energieverbrauchs und der Emissionen im Sektor der Grünlandbewirtschaftung ergeben.

Tabelle 3-6 zeigt, dass unter Annahme einer maximalen Energieproduktion aus dem Wirtschaftsgrünland eine Steigerung

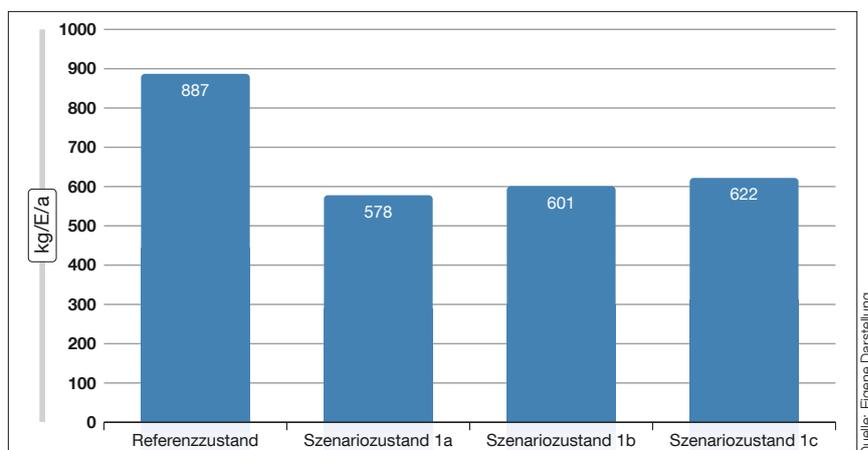


Abb. 3-2: Gegenüberstellung CO₂-Äquivalent Emissionen im Referenzzustand und im Szenario 1

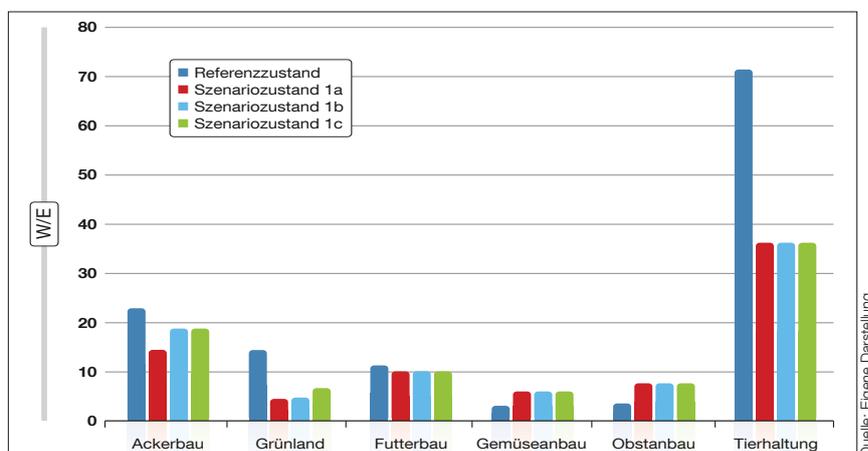


Abb. 3-3: Gegenüberstellung KEA Summe Referenzzustand und Szenario 1

des KEA um 2 W/EW/a resultiert. Insgesamt beläuft sich der KEA auf 86 W/EW. Das entspricht rund 755 kWh/a. Die CO₂-Äquivalente steigen dabei um 21 kg/EW an. Für diese Variante im Szenario 1c wird die detaillierte Energiebilanz gegliedert nach landwirtschaftlichen Sektoren nicht gezeigt, da die entstandene Steigerung rein aus der verstärkten Grünlandbewirtschaftung resultiert. Für alle anderen landwirtschaftlichen Sektoren sieht die Energiebilanz wie in Tabelle 3-4 (Szenario 1b) gezeigt aus.

3.3. Gegenüberstellung der Energiebilanz Referenzzustand und Szenario 1

Die nachfolgenden Ausführungen stellen die Energiebilanzen zum Referenzzustand und der Szenarien gegenüber. Abbildung 3-1 zeigt den Kumulierten Energieaufwand der österreichischen Landwirtschaft zum Referenzzustand sowie in den betrachteten Szenarien 1a bis 1c. Das Ergebnis verdeutlicht, dass ein geringerer

Fleischkonsum die Umweltwirkungen der Landwirtschaft verringern kann und dass die Umweltwirkungen in Szenario 1 selbst unter maximaler Energieproduktion auf den Flächen gegenüber dem Referenzzustand sinkt. Folglich kann auch ein verringerter Fleischverzehr in der Bevölkerung erheblich zu einer Reduzierung des Energieverbrauchs in der landwirtschaftlichen Produktion unter Berücksichtigung der Vorketten beitragen.

Die nachfolgende Gegenüberstellung der CO₂-Äquivalente zum Referenzzustand und zum Szenario 1 zeigt deutlich, wie sich der Ausstoß von Treibhausgasemissionen unter geänderten Ernährungsgewohnheiten und einer angenommenen Eigenversorgung der Landwirtschaft mit Energie ändert.

Wie zu erwarten, zeigt die Gegenüberstellung wesentlich höhere CO₂-Äquivalent Emissionen im Referenzzustand, als im Szenariozustand. Weniger Fleischkonsum und damit einhergehend weniger Fleischproduktion wirkt sich positiv auf die Emissionen an Treibhausgasen

der österreichischen Landwirtschaft aus. Die in *Abbildung 3-3* gezeigte Gegenüberstellung verdeutlicht nochmals, in welchen landwirtschaftlichen Sektoren im Szenario 1 eine Verminderung bzw. Steigerung des kumulierten Energieaufwands gemessen werden kann. Wie bereits ausgeführt beinhaltet der Futterbau, jene Ackerkulturen die für die Tierernährung verwendet werden. Die landwirtschaftliche Produktion von nachwachsenden Rohstoffen ist in den Sektoren Ackerbau (Silomais, Raps, Weizen, Körnermais) und Grünland (Wirtschaftsgrünland, Feldfutter) enthalten. Auch Freyer B. und Weik S., 2008 kommen zu dem Ergebnis, dass eine Ernährungsumstellung vor allem aufgrund eines reduzierten Fleischkonsums mit einer Senkung des Energieverbrauchs und der Treibhausgasemissionen der Landwirtschaft verbunden ist.

Freyer B. und Weik S. kommen in ihrer Arbeit zum Ergebnis, dass eine Ernährung nach den gültigen Ernährungsempfehlungen mit konventionellen Produkten mit 1.031 kg CO₂-Äquivalenten pro Kopf einhergeht. Die Ergebnisse dieser Autoren differieren im Vergleich mit den im Projekt GERN gefundenen Ergebnissen zum Szenario 1 stark. Die Differenz zwischen dem Ergebnis aus der von Freyer B. und Weik S. durchgeführten Studie und den hier gezeigten Ergebnissen ergibt sich aus unterschiedlichen Systemgrenzen, denn Freyer B. und Weik S. betrachten in ihrer Studie nicht nur die CO₂-Äquivalente für die landwirtschaftliche Produktion, sondern auch die nachfolgenden Prozessschritte der Lebensmittelverarbeitung (Freyer B., Weik S., 2008).

Zusätzlich muss festgehalten werden, dass jener Energieverbrauch und die damit korrelierenden Emissionen aus den als Futtermittel verwendeten Nebenprodukten der Energieproduktion (Actiprot) nicht der Tierhaltung zugerechnet werden, sondern der Energieproduktion. Da es sich bei dem Futtermittel um ein Kuppelprodukt handelt und keine speziellen Allokationsverfahren angewandt werden, werden der Energieverbrauch und die Emissionen zur Gänze dem Bioethanol als Hauptprodukt zugerechnet. Es wird im Rahmen des Projekts GERN auch davon abgesehen, der Landwirtschaft Emissions- und/oder Energiegutschriften zuzuteilen, da dies ein eventuell verzerrtes Bild der tatsächlichen Situation in der Landwirtschaft liefern könnte. Es muss allerdings im Rahmen dieses Beitrags angesprochen werden, dass vor allem im Szenario 1 eine Vergabe von Gutschriften

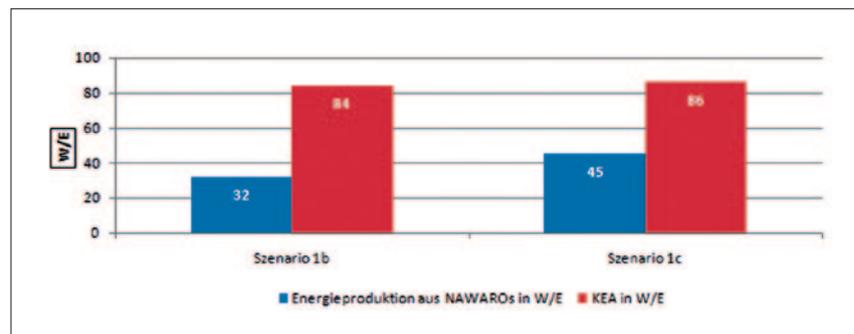


Abb. 3-4: Gegenüberstellung des KEA der Landwirtschaft und der Energieproduktion aus NAWAROs im Szenario 1b und 1c

für die Agrarwirtschaft möglich wäre, denn aufgrund des frei werdenden Grünlands und der frei werdenden Ackerfläche kommt es im Vergleich zum Referenzzustand zu einem Zuwachs der Energieproduktion aus landwirtschaftlichen Rohstoffen. Nachfolgend wird die Energieerzeugung in den Szenarien 1b und 1c gegenübergestellt. Auf Basis dessen wird ersichtlich, dass die Landwirtschaft nicht nur ein Energiekonsument, sondern auch ein Energieproduzent ist.

Tabelle 3-7 zeigt verdeutlicht den Unterschied zwischen Szenario 1b und 1c. In Szenario 1c steigt die Energieproduktion in Form von Biogas von 23 W/E auf rund 26 W/E. Dies resultiert aus der Biogasverwertung des gesamten Wirtschaftsgrünlands in Szenario 1c. Zusätzlich zeigt sich, warum die Vergabe von Gutschriften nicht problematisch sein kann. In Szenario 1c kann mehr als die Hälfte des kumulierten Energieverbrauchs der Landwirtschaft durch die Produktion von Energie aus nachwachsenden Rohstoffen kompensiert werden. Somit stellt sich die Landwirtschaft nicht nur als reiner Energiekonsument dar, sondern auch als ein wesentlicher Energieproduzent.

4. Schlussfolgerungen und Ausblick

Die Ausführungen in diesem Beitrag haben nicht nur gezeigt, welchen Energieeinsatz und Emissionsausstoß die österreichische Landwirtschaft aufweist, sondern es wurde herausgearbeitet, wie die Umweltwirkungen der Landwirtschaft durch eine Umstellung der menschlichen Ernährung reduziert werden könnten. Diese positive Beeinflussung resultiert im Wesentlichen aus dem geringeren Fleischkonsum im Szenario, welche durch eine verringerte Fleischproduktion zu einem deutlich verringertem KEA und zu einem deutlich verringerten Ausstoß an CO₂-

TABELLE 3-7

Gegenüberstellung Energieproduktion Szenario 1b und 1c

	Szenario 1b	Szenario 1c
W/E		
Biodiesel	0,008	0,008
Bioethanol	19	19
Biogas	13	26

Quelle: Eigene Darstellung und eigene Berechnungen

Äquivalenten führt. Zusätzlich ergeben sich im Szenario 1 frei werdenden Flächen, da die Produktion von Futtermitteln auf dem Ackerland und dem Grünland deutlich zurückgeht.

Diese frei werdenden Flächen können zur Produktion von nachwachsenden Rohstoffen genutzt werden, um zumindest einen Teil des Energieeinsatzes der Landwirtschaft aus erneuerbaren Energieträgern bereitstellen zu können. Auch wenn aufgrund von Fruchtfolgebestimmungen und der begrenzten freien Flächen nicht der gesamte Dieselbedarf der Landwirtschaft aus Biodiesel bereitgestellt werden kann, so kann doch im Szenario 1b der Wärme- und Strombedarf der Landwirtschaft durch Biogas aus Silomais und Grünland gedeckt werden. Zusätzlich kann auch die volle Auslastung der Agrana Bioethanolanlage mit den Rohstoffen Weizen und Mais garantiert werden. Zur Zeit sind die technischen Möglichkeiten zur Bioethanolproduktion aus landwirtschaftlichen Reststoffen nur im Demonstrationsmaßstab vorhanden, deshalb ist eine Verwertung von Stroh zu Bioethanolproduktion der 2. Generation im Szenario nicht angedacht. Auch die Herstellungstechnologie von Biodiesel der 2. Generation aus Rohstoffen aus Kurzumtriebsplantagen befindet sich noch Demonstrationsstadium und wird deshalb im Szenario zur Deckung des Bio-

Quelle: Eigene Darstellung und eigene Berechnung

dieselbedarfs in der Landwirtschaft nicht herangezogen.

Das Szenario 1c, in dem das gesamte Wirtschaftsgrünland einer Biogasverwertung zugeführt wird, zeigt sogar, dass es durch den Einsatz von landwirtschaftlichen Rohstoffen zur Energieproduktion möglich ist, den Kumulierten Energieaufwand der Landwirtschaft mehr als zu kompensieren. Dies wird vor allem aufgrund des freien, für andere Nutzungen, bereitstehenden Grünlands möglich. Szenario 1b zeigt, dass selbst hier, auch wenn nicht das gesamte Wirtschaftsgrünland einer Biogasnutzung zugeführt wird, ein Großteil des von der Landwirtschaft verursachten Kumulierten Energieaufwands, durch die Energieproduktion aus landwirtschaftlichen Rohstoffen, kompensiert werden kann.

Das Projekt zeigt folglich, dass ein stark rückläufiger Fleischkonsum bzw. eine stark rückläufige Tierproduktion zu einem deutlich verringerten Energieaufwand und frei werdenden Flächen führt. Werden auf den frei werdenden Flächen NAWAROs zur Energieproduktion erzeugt, kann mehr als die Hälfte des KEA der Landwirtschaft kompensiert werden. Aus den Ergebnissen lässt sich ableiten, dass eine zurückgehende Tierproduktion das Potenzial zur Produktion und energetischen Nutzung von NAWAROs in Öster-

reich steigert. Somit ist nicht nur der Energieverbrauch und der Emissionsausstoß der Landwirtschaft stark von der Größenordnung der Tierproduktion abhängig, sondern auch vom möglichen Produktionspotential von nachwachsenden Rohstoffen auf den frei werdenden Flächen.

5. ProVISION

Diese Veröffentlichung ist aus dem Projekt „GERN“ hervorgegangen. „GERN“ ist ein Projekt im Rahmen des Programmes proVISION, welches durch das Bundesministerium für Wissenschaft und Forschung gefördert wird. Das Programm proVISION setzt die österreichische Strategie „Forschung für nachhaltige Entwicklung (FORNE)“ um und erarbeitet – gemeinsam mit komplementären Forschungsprogrammen – das wissenschaftliche Fundament der österreichischen Nachhaltigkeitsstrategie.

(<http://www.provision-research.at/index.html>). ■

Korrespondenz:

Dr. Horst Steinmüller,
Energieinstitut an der Johannes Kepler Universität Linz,
Altenberger Straße 69,
A-4040 Linz
Tel: +43 732 2468 5650,
Fax: +43-732-2468-5651
E-Mail: steinmueller@energieinstitut-linz.at

LITERATUR

Adensam ■ et al. (2000) „Wieviel Umwelt braucht ein Produkt?“ Studie zur Nutzbarkeit von Ökobilanzen für Prozess- und Produktvergleiche. Analyse von Methoden, Problemen und Forschungsbedarf. Wien 2000

Agrarmarkt Austria (2010) „Energiepflanzen. Statistik“, URL: <http://www.ama.at/Portal.Node/ama/public?gentic.am=PCP&p.contentid=10007.21512>

Agroscope (2010) „Ökobilanzen“ URL: <http://www.agroscope.admin.ch/oekobilanzen/index.html?lang=de>

BMLFUW (2008) „Biokraftstoffe aktuell- Fakten und Zahlen.“ URL: <http://land.lebensministerium.at/article/articleview/71373/1/1465> (dl: 06.10.2010)

Demerci M (2001) „Ermittlung der Deckungsbeiträge für die wichtigsten Gemüsekulturen im Gewächshaus in Österreich, Wien 2001

Die Umweltberatung (2010) „Energieverbrauch in Zahlen“, URL: <http://www.umweltberatung.at/start.asp?ID=8765>

Favry E. et al (2002) „Fast Food-Slow Food: Lebensmittelwirtschaft und Kulturlandschaft“ Synthesericht, Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft und Kultur.

Freyer B, Weik S: (2008) „Impact of different Agricultural Systems and Patterns of Consumption on Greenhouse-Gas Emissions in Austria“ 16. IFOAM Organic World Congress, Modena 2008

IFZ/Institut für industrielle Ökologie (2003) „Produktbezogene Umweltinformationssysteme (PIUS) in Theorie und Praxis“,

URL: http://www.fabrikderzukunft.at/fdz_pdf/puis.pdf (dl: 14.10.2010)

Innovationsreport (2004) „Energieverbrauch und Kohlendioxidausstoß des Güterverkehrs deutlich gestiegen“

URL: <http://www.innovations-report.de/html/berichte/statistiken/bericht-35623.html>

Institut für angewandte Ökologie e.V. (2008) „Globales Emissionsmodell Integrierter Systeme Version 4.5“

Klöpffer W, Grahl B (2009) „Ökobilanz (LCA). Ein Leitfaden für Ausbildung und Beruf“, Weinheim 2009.

Kränzlein T, Mack G (2006) „Vergleich der Energieeffizienz der schweizerischen und österreichischen Landwirtschaft: ein regionalisierter Ansatz“, ÖGA Tagungsband 2006.

Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft (2008) „Betriebsplanung Landwirtschaft 2008/09“, Datensammlung

Österreichisches Kuratorium für Landtechnik und Landentwicklung (2009) „Treibstoffverbrauch in der Land- und Forstwirtschaft“

Statistik Austria (2005) „Gartenbau-, Feldgemüsebau“, URL: http://www.statistik.at/web_de/statistiken/land_und_forstwirtschaft/agrarstruktur_flaechen_ertraege/gartenbau_feldgemueesebau/index.html

Statistik Austria (2010a) „Energiegesamtrechnung“, URL: http://www.statistik.at/web_de/statistiken/energie_und_umwelt/energie/energiegesamtrechnung/index.html

Statistik Austria (2010b) „Energieeinsatz der Haushalte“, URL: http://www.statistik.at/web_de/statistiken/energie_und_umwelt/energie/energieeinsatz_der_haushalte/index.html

energie_und_umwelt/energie/energieeinsatz_der_haushalte/index.html
Umweltbundesamt (o.J.) „Methan“, URL: <http://www.umweltbundesamt.at/umweltschutz/luft/treibhausgase/methan/> (dl: 14.10.2010)

Umweltbundesamt (2007) „GEMIS Österreich Version 4.42-2007“
Umwelt Gemeindeservice (2010)

„Treibhausgas-Emissionen in Österreich“ URL: <http://www.umweltgemeinde.at/start.asp?ID=38675&b=6932> (dl: 17.02.2011)

Weltbank (2010) „Weltentwicklungsindikatoren“ URL: http://www.google.com/publicdata?ds=wb-wdi&met=eg_use_pcap_kg_oe&idm=country:AUT&dl=de&hl=de&q=energieverbrauch+pro+kopf+%C3%B6sterreich

Winter R (2009) „Biokraftstoffe im Verkehrssektor. Zusammenfassung der Daten der Republik Österreich gemäß Art. 4, Abs. 1 der Richtlinie 2003/30/EG für das Berichtsjahr 2008.“

Zessner M, H Steinmüller, KH Wagner, MM Krachler, Thaler S, Farzeni K, Helmich K, Weigl M, Ruzicka K, Heigl S, Kroiss H (2011a) „Gesunde Ernährung und Nachhaltigkeit – Grundlagen, Methodik und Erkenntnisse eines Forschungsprojektes in Rahmen des proVISION Programmes des BMWF, Österreichischen Wasser- und Abfallwirtschaft, ÖWAW, Heft 5-6/2011.“

Zessner M, Helmich K, Thaler S, Weigl M, Wagner KH, Haider T, Mayr MM, Heigl S (2011b) „Ernährung und Flächennutzung in Österreich, Österreichischen Wasser- und Abfallwirtschaft, ÖWAW, Heft 5-6/2011.“