



Einfluß von Forstwirtschaft, Landwirtschaft und Ernährung auf das Klima

Klima schützen



Zukunft sichern

LAND- UND FORSTWIRTSCHAFT

Eine Studie erstellt im Auftrag der NÖ Landesregierung und
des NÖ Klimabündnisarbeitskreises Land & Forstwirtschaft

Impressum: Herausgeber, Verleger & Medieninhaber: Amt der NÖ Landesregierung,
Abteilung RU4-Koordinierungsstelle für Umweltschutz, A-3109 St. Pölten,
Landhausplatz 1, Haus 16, Tel.: +43 2742 200 5271.
Redaktion: DI. Dr. Horst Steinmüller, DI. Otto Schütz, DI. Franziska Kunyik.
Layout: Norbert Schiffmann.
Vervielfältigung: Amt der NÖ Landesregierung, 1999.



Vorwort

Auch wenn die möglichen Folgen eines durch den Menschen verursachten Klimawandels nicht exakt prognostizierbar sind, so sind wir es uns, den künftigen Generationen und der gesamten Schöpfung schuldig, folgenschwere Veränderungen abzuwehren.

Die maßlose Nutzung der fossilen Vorräte unserer Erde stört empfindlich das Stoffgleichgewicht der Atmosphäre. In einem, im Vergleich zur Erdgeschichte, enorm kurzen Zeitabschnitt von rund 200 Jahren hat der Mensch den CO₂-Gehalt der Luft nahezu verdoppelt! Ähnliche Entwicklungen sind auch bei Methan und anderen Gasen meßbar.

Doch wie kein anderer Wirtschaftszweig ist gerade die Land- und Forstwirtschaft von den natürlichen Produktionsgrundlagen unmittelbar abhängig. Die in letzter Zeit verstärkt auftretenden Wetterextreme wie Hagel, Sturm, Trockenperioden und Überschwemmungen führen uns die Ereignisse deutlich vor Augen, die mit einem Klimawandel künftig verbunden sein können.

Den Bauern ist auch bewußt, daß die Nutzung biologischer Kreisläufe zu großteils unvermeidbaren Emissionen von klimarelevantem Methan und Lachgas führt.

Im internationalen Vergleich erfolgt die Landwirtschaft in Österreich jedoch sehr extensiv. Sinkender Düngemittel- und rückläufiger Pflanzenschutzmitteleinsatz, die vermehrte Anwendung integrierter und biologischer Bewirtschaftungsformen sowie die Auflockerung der Fruchtfolge durch Zwischenbegrünung, Alternativ- und Sonderkulturen kennzeichnen den Wandel der österreichischen Landwirtschaft während der letzten Jahre. Die land- und forstwirtschaftliche Beratung hat hier wesentliche Dienste geleistet.

Die im Zusammenhang mit Methanemissionen relevanten Rinder- und Schafbestände sind heute nicht höher als zu Beginn unseres Jahrhunderts.

Der Hinweis auf diese Fakten bedeutet natürlich nicht, daß die Bauern nicht bereit wären, wo angebracht, weitere Schritte in Richtung Nachhaltigkeit zu setzen!

Die Land- und Forstwirtschaft ist ein ganz wesentlicher Partner im Klimaschutz. Durch die heutige Bereitstellung CO₂-neutraler nachwachsender Bioenergie im Umfang von rund 132 PJ/Jahr werden jährlich ca. 13 Millionen Tonnen CO₂ vermieden, die bei der Verbrennung fossiler Energieträger freigesetzt würden. In Österreich sind bereits 400 Biomasse-Fernheizwerke in Betrieb, 113 davon allein in

Niederösterreich. In den nächsten Jahren ist der weitere Ausbau geplant. Mittelfristig könnten sogar noch weitere 70 Petajoule aus Biomasse von der Land- und Forstwirtschaft bereitgestellt werden. In Summe wäre dadurch ein Viertel der gesamten österreichischen CO₂-Emissionen verhinderbar. In diesem Sinne muß die österreichische und die europäische Energiepolitik umorientiert und die Nutzung erneuerbarer Energiequellen forciert werden. Eine wichtige Weiche wurde mit dem Elektrizitätswengesetz (Elwog) gestellt, das einen Anteil von erneuerbarer Energie an der Gesamtstromerzeugung von drei Prozent bis zum Jahr 2005 vorsieht. Auch das EU-Weißbuch zur erneuerbaren Energie sieht den kontinuierlichen Ausbau der Energie aus Biomasse vor, ohne jedoch im operationalen Bereich entsprechende Vorsorge zu treffen. In der Agenda 2000-Vereinbarung der EU finden die erneuerbaren Energieträger viel zu wenig Berücksichtigung. Die Politik ist in den nächsten Jahren gefordert hier neue Ansätze in Angriff zu nehmen.

Statt endlosen Diskussionen, ob die Zielsetzungen exakt genug sind, ist es weit wichtiger, den Weg der nachhaltigen Entwicklung ohne Verzögerungen zu beschreiten. Die vorliegende Studie ist ein guter Anfang, bereits bestehende Konzepte auf regionaler Ebene umzusetzen. Die Autoren haben aber auch gezeigt, daß noch umfassende politische Arbeit nötig ist, die aktuellen Wertmaßstäbe unserer Gesellschaft abzuwägen und zu verändern. Dieser Prozeß muß durch die Ergebnisse weiterer praxisbezogener Forschungsarbeiten untermauert werden.

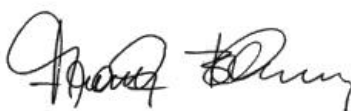
Die Agrarpolitik wird sich den aus diesen Überlegungen abgeleiteten Herausforderungen stellen. Eine nachhaltige Land- und Forstwirtschaft ist letztlich aber nur dann realisierbar, wenn auch sämtliche Rahmenbedingungen für die bäuerliche Wirtschaft an den Zielen der Nachhaltigkeit orientiert werden.

Im Sinne des Klimabündnisses zu handeln ist nicht nur auf lange Frist verlockend. Wir haben die Erfahrung gemacht, daß durch klimarelevante Maßnahmen eine Steigerung der Lebensqualität für den Menschen deutlich erkennbar ist.

Mittlerweile ist uns klar, daß durch die Vernetzung von Mensch, Umwelt und Wirtschaft ein Faktor die beiden anderen nachhaltig beeinflussen kann. Gerade die Forstwirtschaft, die Landwirtschaft und die Ernährung sind drei mitentscheidende Teilfaktoren. Faktoren, die unser Leben und das zukünftiger Generationen beeinflussen können. Alle drei liegen aber in unserem Verantwortungsbereich. Mit diesem Bewußtsein sollen wir auch handeln – im Sinne des Klimabündnisses.



Mag. Wolfgang Sobotka
NÖ Umweltlandesrat



Franz Blochberger
NÖ Agrarlandesrat



Rudolf Schwarzböck
Präsident NÖ-LWK

1 IST-STAND	7
1.1 Treibhauswirksame Spurengase	7
2 DIE ROLLE DER LANDWIRTSCHAFT BEI DER EMISSION TREIBHAUSWIRKSAMER SPURENGASE	9
2.1 Methan CH ₄	10
2.1.1 Allgemeines	10
2.1.2 Emissionsquellen	10
2.2 Lachgas N ₂ O	13
2.2.1 Allgemeines	13
2.2.2 Emissionsquellen	13
2.2.3 Stickstoffeinträge in den Boden	14
2.3 Kohlendioxid CO ₂	17
2.3.1 Allgemeines	17
2.3.2 Landnutzungsänderungen	18
2.3.3 Humusabbau und Bodendegradation	20
2.3.4 Humusregeneration	21
2.3.5 Biomasse als Senke für Kohlendioxid	21
2.4 Indirekt wirksame Spurengase	22
2.4.1 Ammoniak (NH ₃)	22
2.4.2 Kohlenmonoxid (CO)	23
2.4.3 Stickoxide (NO _x)	23
2.4.4 Nicht-Methan-Kohlenwasserstoffe (NMHC)	23
2.4.5 Gasförmige Schwefelverbindungen (z.B. Carbonylsulfid)	23
3 DIE ROLLE DER FORSTWIRTSCHAFT	24
3.1 Ziele einer klimarelevanten Forstwirtschaft	24
3.1.1 Die Erhöhung der Biomassedichte in bestehenden Wäldern	24
3.1.2 Die Erhöhung der Kohlenstoffspeicher durch Steigerung der Holzproduktion	25
3.1.3 Ersatz fossiler Energieträger durch Holz	25
3.1.4 Aufforstungen	25
3.1.5 Beitrag der Forstwirtschaft in Österreich	26
3.2 Reduktion von Treibhausgasen in der Forstwirtschaft	27

4 DIE ROLLE DER ERNÄHRUNG 28

4.1 Der Fleischverbrauch in Österreich 29

4.2 Treibhausgas-Emissionen in CO₂-Äquivalent bei der Erzeugung von 1 Kilogramm Rindfleisch 31

4.2.1 Definitionen und Abgrenzung	31
4.2.2 CO ₂ -Emissionsfaktoren für die Umrechnung von MJ Energie in g CO ₂ -Äquivalent	32
4.2.3 Vorleistungen für die Rinderaufzucht	33
4.2.3.1 Futtermittelerzeugung	33
4.2.3.1.1 Energiebedarf für konventionell erzeugte Futtermittel	34
4.2.3.1.2 Energiebedarf für ökologisch erzeugte Futtermittel	35
4.2.3.2 Energie- und Flächenbedarf für Futterrationen bei konventioneller Produktion	36
4.2.3.2.1 CO ₂ -Emissionen beim Transport von Sojabohnen aus Übersee	36
4.2.3.2.2 Energie- und Flächenbedarf der Milchkuh bei konventioneller Produktion	38
4.2.3.2.3 Energie- und Flächenbedarf des Kalbes bei konventioneller Produktion	39
4.2.3.2.4 Energie- und Flächenbedarf des Stieres bei konventioneller Produktion	40
4.2.3.3 Energie- und Flächenbedarf für Futterrationen bei ökologischer Produktion	42
4.2.3.3.1 Energie- und Flächenbedarf der Milchkuh bei ökologischer Produktion	42
4.2.3.3.2 Energie- und Flächenbedarf des Kalbes bei ökologischer Produktion	44
4.2.3.3.3 Energie- und Flächenbedarf des Stieres bei ökologischer Produktion	45
4.2.3.4 Übersicht über den Energie- und Flächenbedarf von Milchkuh, Kalb, und Stier bei ökologischer und bei konventioneller Produktion	46
4.2.3.5 Energie- und Flächenbedarf für 1 kg Rindfleisch	47
4.2.3.6 Emissionen in CO ₂ -Äquivalent für Vorleistungen in der Rinderaufzucht	48
4.2.4 Landwirtschaftliche Produktion	49
4.2.4.1 Methanemissionen	49
4.2.4.2 Lachgasemissionen	51
4.2.5 Verarbeitung	52
4.2.6 Distribution und Konsument	52
4.2.6.1 Transportszenarien	53
4.2.6.2 Szenario 1: Einkauf im Supermarkt von Grimmerstein	53
4.2.6.3 Szenario 2: Bäuerliche Direktvermarktung	54
4.2.7 Übersicht über die Treibhausgas-Emissionen bei der Erzeugung von 1 kg Rindfleisch	56

5 REDUKTIONSPOTENTIAL VON TREIBHAUSGASEN IN DER LANDWIRTSCHAFT 58

5.1 Reduktion von Methan CH₄ 58

5.1.1 Methanemissionen aus der Tierhaltung in Österreich	58
5.1.2 Methanemissionen aus der Tierhaltung in Niederösterreich	59
5.1.3 Reduktion von verdauungsbedingten Emissionen aus der Tierhaltung	60
5.1.4 Reduktion von Emissionen bei der Lagerung von Exkrementen	61
5.1.5 Die Nutzung von Biogas	61

5.1.5.1 Allgemeines	61
5.1.5.2 Biogaspotential	62
5.2 Reduktion von Lachgas N₂O	64
5.2.1 Lachgasemissionen aus dem Mineraldünger in Österreich	64
5.2.2 Lachgasemissionen aus dem Mineraldünger in Niederösterreich	64
5.2.3 Reduktionspotential	65
5.2.4 Nicht quantifizierbare Maßnahmen	65
5.3 Reduktion von Kohlendioxid CO₂	66
5.3.1 Erhaltung der CO ₂ Senke Boden	66
5.3.2 Reduktion der energieintensiven Vorleistungen und Aktivitäten der Produktionskette	69
5.3.3 Nachwachsende Rohstoffe und erneuerbare Energie	69
6 MODELLGEMEINDEN GRIMMENSTEIN UND GARS AM KAMP	70
6.1 Treibhausgas-Emissionen aus der Landwirtschaft in Grimmenstein, Gars am Kamp und Niederösterreich	70
6.1.1 Methanemissionen aus der Tierhaltung	70
6.1.2 Kohlendioxidemissionen aus den Vorleistungen für die Pflanzenproduktion	74
6.1.2.1 Berechnung des verfügbaren Wirtschaftsdüngers für das Ackerland in Grimmenstein und Gars am Kamp	76
6.1.2.2 Berechnung des N-Mineraldüngeraufwands für Gars und Grimmenstein	77
6.1.2.3 Umstellungs-Szenarien in Grimmenstein und Gars am Kamp	85
6.1.3 Mineraldüngerbedingte Lachgasemissionen	86
7 MAßNAHMEN IN DEN GEMEINDEN GRIMMENSTEIN UND GARS AM KAMP	88
7.1 Reduktionsmaßnahmen in Grimmenstein	88
7.1.1 Nachhaltige Landwirtschaft	88
7.1.2 Nahversorgung	90
7.1.3 Energienutzung	92
7.1.3.1 Substitution der fossilen Energie durch erneuerbare Rohstoffe	92
7.1.3.2 Die Senkung des Energieverbrauchs durch Sparmaßnahmen und Beratung	95
7.1.4 Zusammenfassung der Reduktionsmaßnahmen in Grimmenstein	97
7.2 Reduktionsmaßnahmen in Gars am Kamp	99
7.2.1 Nachhaltige Landwirtschaft	99
7.2.2 Nahversorgung	101
7.2.3 Energienutzung	102
7.2.3.1 Substitution der fossilen Energie durch erneuerbare Rohstoffe	102
7.2.3.2 Senkung des Energieverbrauchs durch Sparmaßnahmen und Beratung	104
7.2.4 Zusammenfassung der Reduktionsmaßnahmen in Gars am Kamp	106

8 HANDLUNGSEMPFEHLUNGEN FÜR NIEDERÖSTERREICH	108
8.1 Allgemein	108
8.2 Notwendige Rahmenbedingungen	108
8.3 Förderungswesen	109
8.4 Informationen	110
8.5 Zusammenfassung der Handlungsempfehlungen	111
9 ZUSAMMENFASSUNG	113
9.1 Die Rolle der Landwirtschaft	113
9.2 Die Rolle der Forstwirtschaft	113
9.3 Die Rolle der Ernährung	113
9.4 Die Produktionskette Rindfleisch	114
9.5 Der Transportaufwand für importierte Eiweiß-Futtermittel	115
9.6 Treibhausgas-Emissionen aus der Landwirtschaft in Niederösterreich	115
9.6.1 Methan CH ₄	115
9.6.2 Lachgas N ₂ O	116
9.6.3 Kohlendioxid CO ₂	116
9.7 Maßnahmen in Grimmenstein	117
9.8 Maßnahmen in Gars am Kamp	118
10 LITERATURVERZEICHNIS	119

1 IST-STAND

1.1 Treibhauswirksame Spurengase

Der natürliche Treibhauseffekt der Atmosphäre wird hauptsächlich durch fünf Spurengase verursacht: Kohlendioxid (CO_2), Methan (CH_4), Lachgas (N_2O), Wasserdampf (H_2O) und troposphärisches oder bodennahes Ozon (O_3). Er bewirkt, daß die mittlere Temperatur auf der Erdoberfläche, statt -18°C um 33°C höher ist, und daher $+15^\circ\text{C}$ beträgt. Welchen Anteil die einzelnen Spurengase daran haben, ist aus Tabelle 1 ersichtlich. Anthropogene Aktivitäten und die daraus folgenden Emissionen tragen zusätzlich zur Bildung von treibhauswirksamen Spurengasen bei und zwar sowohl durch Steigerung der Konzentration von natürlichen Spurengasen, als auch durch Freisetzung von in der Natur nicht vorkommenden Spurengasen (z. B. FCKW). Setzt sich deren Anstieg fort, ist Mitte des 21. Jahrhunderts mit einer Verdoppelung der Treibhausgase - gemessen in CO_2 -Äquivalent gegenüber dem vorindustriellen Wert - zu rechnen¹. Nach dem derzeitigen Wissensstand wird die globale Durchschnittstemperatur gegen Ende des nächsten Jahrhunderts um 3°C (2 bis 5°C) über dem heutigen Wert liegen. Diese Differenz ist mit jener zwischen der letzten Eiszeit und der jetzigen Warmzeit vergleichbar. Jedoch mit dem großen Unterschied, daß die derzeit sich abzeichnende Temperaturänderung um vieles schneller erfolgt. Von den daraus resultierenden regionalen und globalen Anpassungsproblemen für Flora und Fauna wird zwangsläufig auch die Landwirtschaft betroffen sein.

Tabelle 1: Zusammensetzung des natürlichen Treibhauseffektes

Spurengas	Derzeitige Konzentration	Temperatureffekt	
		absolut	relativ
Wasserdampf (H_2O)	2,6 %	$20,6^\circ\text{C}$	62 %
Kohlendioxid (CO_2)	357,0 ppmv	$7,2^\circ\text{C}$	22 %
bodennahes Ozon (O_3)	0,03 ppmv	$2,4^\circ\text{C}$	7 %
Distickstoffoxid (Lachgas) (N_2O)	0,3 ppmv	$1,4^\circ\text{C}$	4 %
Methan (CH_4)	1,7 ppmv	$0,8^\circ\text{C}$	2 %
weitere Spurengase	--	ca. $0,8^\circ\text{C}$	ca. 3 %

Quelle: Schönwiese C. D. [1992a]

¹ Burdik [1994]

Das Treibhauspotential einer bestimmten Substanz wird relativ zu Kohlendioxid mit CO₂-Äquivalent angegeben. In Abhängigkeit von ihrer Verweilzeit in der Atmosphäre haben verschiedene Gase unterschiedliche Wirkungszeiten. Heijungs [1992] et al. berechnet Klassifizierungsfaktoren für Zeithorizonte von 20, 100 und 500 Jahren (GWP 20, GWP 100, GWP 500²). Während GWP 20 kurzfristige Auswirkungen der Emissionen berücksichtigt, werden durch GWP 100 und GWP 500 kumulative Effekte angezeigt. Umrechnungsfaktoren für Methan und Lachgas sind in Tabelle 2 dargestellt. Für die Berechnungen dieser Arbeit wird ein Zeithorizont von 100 Jahren gewählt (GWP 100).

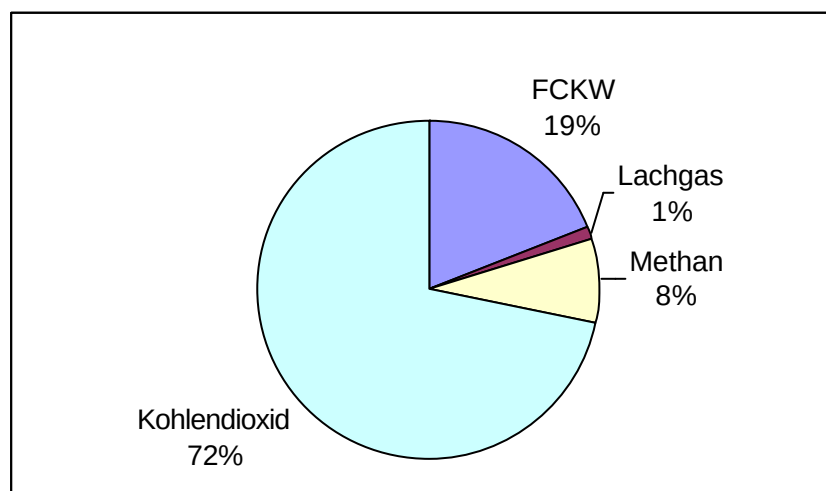
Tabelle 2: Klassifizierungsfaktoren für das Treibhauspotential (Zeithorizont 20, 100 und 500 Jahre)

	GWP 20	GWP 100	GWP 500
Kohlendioxid	1	1	1
Methan	35	11	4
Lachgas	260	270	170

Quelle: Heijungs [1992]

Am globalen **anthropogenen** Treibhauseffekt haben die einzelnen Spurengase bezogen auf den Zeitraum von 1980 - 1990 folgenden Anteil³: Kohlendioxid 50%, Methan 13%, halogenierte Kohlenwasserstoffe (FCKW) 24%, Lachgas 5%, stratosphärischer Wasserdampfgehalt und troposphärisches Ozon gemeinsam 8%. Entsprechende Zahlen für Österreich bei einem Zeithorizont von 20 Jahren zeigt Abbildung 1.

Abbildung 1: Anteil der Treibhausgase am anthropogenen Treibhauseffekt, bezogen auf die österreichischen Treibhausgas-Emissionen im Jahr 1990 (GWP 100)



Quelle: Nationaler Klimabericht der Österreichischen Bundesregierung [1994]

² GWP = Global Warming Potential

2 Die Rolle der Landwirtschaft bei der Emission treibhauswirksamer Spurengase

Weltweit stammt die Hälfte der anthropogenen Treibhausgase von der Energiebereitstellung und dem Verkehr, 20% kommen aus der chemischen Industrie, die Landbewirtschaftung ist mit 15% an der Emission klimawirksamer Spurengase beteiligt. Weitere 15% werden durch Vernichtung der Wälder (oft auch für die Bereitstellung zusätzlicher landwirtschaftlicher Nutzfläche) verursacht.

Tabelle 3: Anteile der verschiedenen Verursacherbereiche weltweit am zusätzlichen, anthropogenen Treibhauseffekt in den 80er Jahren

Verursacher	Anteile	Aufteilung auf die Spurengase
Energie einschließlich Verkehr	50 %	40 % CO ₂ 10 % CH ₄ und O ₃ ⁴
Chemische Produkte	20 %	20 % FCKW, Halone etc.
Vernichtung der Tropenwälder	15 %	10 % CO ₂ 5 % N ₂ O, CH ₄ , CO
Landwirtschaft	15 %	15 % CH ₄ , CO ₂ , N ₂ O

Quelle: Enquete-Kommission [1994]

Bei der Emission von Methan, Kohlendioxid und Lachgas ist die Landwirtschaft, vor allem wegen des derzeitigen Konsummusters in der Ernährung, weltweit wesentlicher Mitverursacher. Dabei haben folgende Aktivitäten Bedeutung:

- Die Nutztierhaltung, insbesondere die Haltung von Wiederkäuern, sowie die regional konzentrierte Lagerung und Ausbringung von Wirtschaftsdünger (CH₄, N₂O).
- Die Ausbringung von mineralischem Stickstoffdünger und gemeinsam mit anderen Quellen, die damit verbundene Anreicherung des Stickstoffkreislaufs (N₂O).
- Die (unsachgemäße) Bodenbearbeitung landwirtschaftlich genutzter Flächen, die langfristig die Senkenfunktion des Bodens für Methan und Kohlendioxid negativ beeinflusst (CH₄, CO₂).
- Der Energieeinsatz in der Landwirtschaft und die Bereitstellung von Vorleistungen z.B. Transport, Maschinen, Treibstoffe, Düngemittel, Pflanzenschutzmittel, Futtermittel (CO₂).

³ Enquete-Kommission [1991]

⁴ O₃ wird gebildet durch die Vorläufersubstanzen NO_x, CO und NMVOC, Enquete-Kommission [1994]

- Die energieintensive Weiterverarbeitung und der Ferntransport landwirtschaftlicher Produkte durch Industrie, Handel, und Gewerbe (CO_2 , CH_4).
- Die Brandrodung und Bewirtschaftungsbrände zur Gewinnung und Erhaltung landwirtschaftlicher Nutzfläche (CO_2 , CH_4 , N_2O).
- Die Zunahme von Ernteflächen für Reis durch Steigerung der Anbaufläche und Mehrfachernten pro Jahr (CH_4).

2.1 Methan CH_4

2.1.1 Allgemeines

Weltweit entstehen drei Viertel der anthropogenen Methanemissionen durch die Landbewirtschaftung. Hauptursachen sind der Reisanbau in den tropischen und subtropischen Regionen Asiens, die weltweite Zunahme der Rinderhaltung in Verbindung mit wachsendem Fleischkonsum, die Verbrennung von Biomasse durch Brandrodung und der Abbau von organischer Substanz⁵.

2.1.2 Emissionsquellen

Die globalen Methanemissionen betragen 500 Mio. t CH_4 / Jahr; 350 Mio. t (70%) stammen von menschlichen Aktivitäten, davon werden 60% (205 Mio. t) durch die Landwirtschaft verursacht. 420 Mio. t CH_4 werden durch Reaktion mit $\text{OH}^\cdot$ in der Troposphäre oxidiert, wobei auch O_3 , CO_2 und CO gebildet werden, 30 Mio. t werden mikrobiell im Boden, 10 Mio. t durch Reaktion mit $\text{OH}^\cdot$ in der Stratosphäre abgebaut. In den vergangenen 200 Jahren ist die atmosphärische Methankonzentration von 0,8 ppmv⁶ auf derzeit 1,72 ppmv gestiegen. Der jährliche Anstieg betrug 1989 ca. 0,75%, das sind 0,013 ppmv⁷ (siehe Tabelle 4).

In Deutschland wurden im Jahr 1990 insgesamt 6 Mio. t CH_4 durch menschliche Aktivitäten freigesetzt, die zu je einem Drittel auf die Landwirtschaft (Tierverdauung und Wirtschaftsdünger), auf die Abfallwirtschaft sowie auf die Gewinnung bzw. Verteilung von fossiler Energie und auf sonstige Quellen zurückgeführt werden (siehe Abbildung 2, Seite 12)⁸.

⁵ Burdick [1994]

⁶ ppmv = parts per million Volumseinheit

⁷ IPCC, [1992] in: Enquete-Kommission [1994]

⁸ BMU [1993a] in Enquete-Kommission [1994], Basisjahr 1990

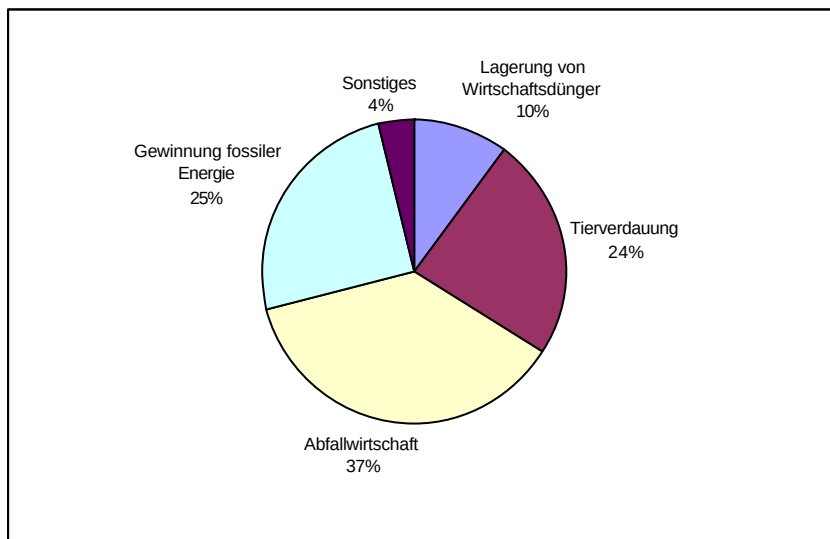
Tabelle 4: Schätzungen der Methanquellen und -senken in Mio. t CH₄ / Jahr

	Emissionsraten in Mio. t CH ₄ / Jahr	Anteil an den Gesamtemissionen in %
Natürliche Quellen		
Feuchtgebiete	115	23
Ozeane Seen	15	3
Termiten	20	4
Summe	150	30
Anthropogene Quellen		
Nutztiere	80	16
Tierexkreme	25	5
Biomasseverbrennung	40	8
Reisfelder	60	12
Mülldeponien	30	6
Abwassersysteme	25	5
Erdöl/Erdgassysteme	50	10
Kohlebergbau	40	8
Summe	350	70
Gesamt	500	100
Senken		
Reaktion mit OH in Troposphäre	420	91
Mikrobieller Abbau in Böden	30	6
Reaktion mit OH in Stratosphäre	10	2
Summe	460	
Zunahme	37	

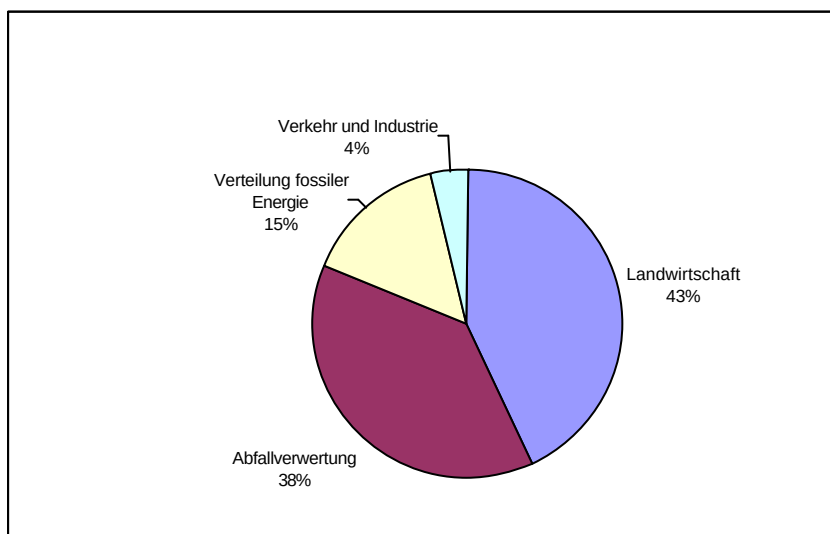
Quelle: IPCC [1992] in: Enquete-Kommission [1994]

Eine Abschätzung der anthropogenen Methanemissionen in Österreich wurde erstmals 1991 für das Basisjahr 1988 durchgeführt⁹. Demnach werden die Methanemissionen mit 630.000 t / Jahr mit einer Bandbreite von 290.000 bis 960.000 t angegeben, das entspricht etwa 70 kg pro Kopf und ist verglichen mit anderen europäischen Ländern verhältnismäßig hoch. Orthofer [1994] weist auf eine mögliche Überschätzung dieser Zahlen hin.

⁹ Orthofer, [1991], Hackl et al. [1993]

Abbildung 2: Methanemissionen in Deutschland

Quelle: BMU [1993a] in: Enquete-Kommission [1994] Basisjahr 1990

Abbildung 3: Methanemissionen in Österreich

Quelle: Steinlechner et al. [1994] Orthofer und Hackl et al. [1993], in: Nationaler Klimabericht [1994]

Wegen des geringeren Anteils der Methanquellen aus dem Bergbau ist die Relation der Verursacher in Österreich im Vergleich zu Deutschland verschoben, und der Landwirtschaft kommt eine stärkere Bedeutung zu ¹⁰. Im Nationalen Klimabericht der österreichischen Bundesregierung [1994] werden die anthropogenen Methanemissionen mit 602.800 t angegeben,

¹⁰ Boxberger et al. [1994]

eine Aufteilung zeigt Abbildung 3, Seite 12. Die Landwirtschaft ist mit einem Anteil von 43% (258.000 t) einer der Hauptverursacher von Methan, gefolgt von Emissionsquellen aus der Abfallverwertung (38%), der Verteilung fossiler Energie (15%), sowie den Verursachern Verkehr, Industrie, Kleinverbraucher, Kraft- und Heizwerke mit insgesamt 4%¹¹. Blum et al. [1993] gibt die Methanemissionen aus der Nutztierhaltung in Österreich¹² mit durchschnittlich 228.000 t / Jahr an. Bezogen auf die gesamten Methanemissionen in Österreich von 602.800 t sind das ca. 38%¹³.

2.2 Lachgas N₂O

2.2.1 Allgemeines

Lachgas entsteht bei der Umsetzung von organischen und mineralischen Stickstoffverbindungen in Böden und Gewässern. Der Anstieg des Stickstoff-Düngerverbrauches in den letzten Jahrzehnten und die damit einhergehende lokale Überfrachtung des Stickstoffkreislaufes, sowohl in landwirtschaftlichen als auch in natürlichen Ökosystemen, führt neben der Nitratbelastung des Grundwassers, der Überdüngung von Ökosystemen und der Versauerung des Bodens auch zu einem Anstieg der Lachgas-Emissionen. Neben seiner Treibhauswirksamkeit trägt Lachgas auch ebenso wie die FCKW zum Ozonabbau in der Stratosphäre bei ¹⁴.

2.2.2 Emissionsquellen

Die globale jährliche Zunahme von Stickstoff in der Atmosphäre in Form von N₂O beträgt 3 - 4,5 Mio. t. Die atmosphärische Konzentration ist von 288 ppvb in vorindustrieller Zeit auf 311 ppvb (1991) gestiegen. Der Zuwachs korreliert stark mit der Ausweitung der landwirtschaftlichen Nutzfläche und mit dem intensiven Einsatz stickstoffhaltiger Düngemittel seit Mitte dieses Jahrhunderts. In Deutschland betragen die anthropogenen Emissionen 225.000 t / Jahr (1990), wobei 75.000 t (33%) auf die Landwirtschaft zurückgeführt werden, 100.000 t (44%) auf Produktionsprozesse, die restlichen 22% entfallen auf Verkehr, Heizung und sonstiges¹⁵.

¹¹ Steinlechner et al. [1994] Orthofer und Hackl et al. [1993], in: Nationaler Klimabericht [1994]

¹² auf der Basis von Kirchgessner [1991], Sedmidubsky [1992]

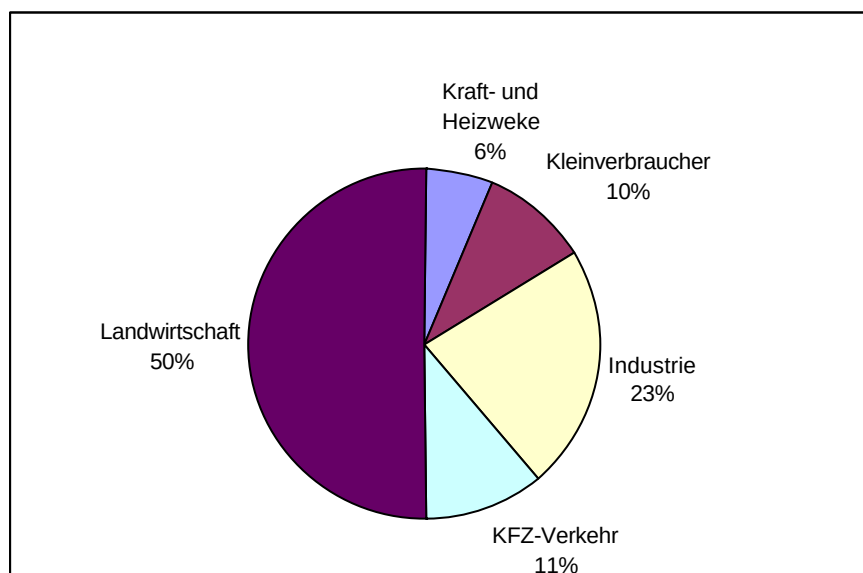
¹³ Köchl [1994]

¹⁴ Burdick [1994]

¹⁵ Enquete-Kommission [1994]

In Österreich wurden im Jahr 1990 4.070 t N₂O emittiert, davon entfallen ca. 50%, 2.000 t auf die Landwirtschaft und weitere 50%, 2.000 t auf Kraft- und Heizwerke, Kleinverbraucher, Industrie sowie den Kfz-Verkehr¹⁶ (Abbildung 4).

Abbildung 4: Lachgasemissionen in Österreich in t



Quelle: Orthofer, Knoflacher [1994] in Nationaler Klimabericht der Österreichischen Bundesregierung

2.2.3 Stickstoffeinträge in den Boden

Für die vorliegende Arbeit sind die Stickstoffeinträge in den Boden interessant. Diese kommen vorwiegend aus folgenden Quellen:

- Mineralische Stickstoffdüngung

Der weltweite Eintrag von Stickstoff durch die Mineraldüngung in das System betrug 1990 80 Mio. t, davon wurden allein in der Europäischen Union 10,5 Mio. t N (13%), in der Bundesrepublik Deutschland (ABL+NBL) 2,4 Mio. t (3%) verbraucht. In Niederösterreich wurden im Wirtschaftsjahr 93/94 59.768 t abgesetzt, das sind 47% des Stickstoffdüngerabsatzes von 126.700 t in Österreich¹⁷.

Die düngerbedingte Freisetzung von N₂O beträgt weltweit 2,5 Mio. t N₂O -N / Jahr. N₂O-Emissionen nehmen mit steigendem N-Bilanzüberschuß überproportional im Boden zu¹⁸.

¹⁶ Orthofer, Knoflacher [1994], in: Nationaler Klimabericht der Österreichischen Bundesregierung

¹⁷ Grüner Bericht [1995]

¹⁸ Munack [1993], Beese [1994] in: Enquete-Kommission [1994]

- Organische Düngung durch Mist, Gülle, Erntereste, Siedlungsabfälle etc.

Überregional befindet sich Stickstoff aus organischer Düngung in einem Kreislauf. Durch lokale Konzentration in der Tierhaltung, der eine räumlich getrennte intensive Pflanzenproduktion gegenübersteht, ist der Kreislauf auf regionaler Ebene jedoch unterbrochen, bzw. es kommt lokal zu Überfrachtungen. Ebenso trägt der Import von eiweißhaltigen Futtermitteln zu einer Anreicherung von Stickstoff in den lokalen Kreisläufen bei. Das Schließen von Stickstoffkreisläufen kann neben der Ausgasung von Lachgas auch die Nitrat-Auswaschung in Grund- und Oberflächenwasser verringern und zudem eine Einsparung an fossiler Energie für die Erzeugung von mineralischem Stickstoffdünger bewirken.

- Biologische N₂-Bindung durch freilebende und symbiontische Mikroorganismen

Der weltweite Stickstoffeintrag in die Landwirtschaft durch den Anbau von Leguminosen für Futter- und Nahrungsmittelzwecke wird auf 80 Mio. t N / Jahr geschätzt¹⁹. In Österreich beträgt die Stickstofffixierung durch den Leguminosenanbau (Luzerne, Klee gras, Körnererbse, Pferdebohne, Sojabohne, Rotklee und sonstige Kleearten) 28.000 t N / Jahr, in Niederösterreich 9.800 t N / Jahr²⁰.

- Trockene und naße Deposition von Stickstoffverbindungen aus der Atmosphäre

Sie ist auf Verbrennung fossiler Energieträger, Verbrennung von Biomasse, Brandrodung, elektrische Entladungen (Blitzschlag) sowie mikrobielle Prozesse in Böden und Gewässern zurückzuführen. Stickstoffeinträge durch Deposition liegen zwischen 10 und 80 kg N / ha und Jahr und können regional bis zu 200 kg N / ha und Jahr betragen²¹. Der Eintrag erfolgt einerseits in landwirtschaftliche Ökosysteme sowie in benachbarte naturnahe und natürliche Ökosysteme²². Aus der Verbrennung fossiler Vorräte stammen 14-28 Mio. t N / Jahr²³. Tabelle 5 zeigt den Umfang der N-Deposition in regionalen österreichischen Stickstoffbilanzen:

Tabelle 5: Stickstoffeintrag aus der Luft in Österreich

	kg/ha*a	
Atzmüller C. et al. [1990] Stickstoffbilanz Österreich	15-40	Gesamtdeposition
Kaas T. et al. 1994 Stickstoffbilanz des Kremstales	32-48	Gesamtdeposition
Puxbaum [1995] in Götz B. G. Zethner [1996] Strem, Bgld.	20	naße Deposition

¹⁹ Hauck, [1988], in Beese, [1994]; IPCC, [1992];

²⁰ eigene Berechnungen; Quellen: ÖSTAT 1994, ÖSTAT 1990, Werte für die symbiontische N-Fixierung: Götz B., G. Zethner [1996]

²¹ Kreutzer, [1993] in Beese, [1994]

²² Beese, [1994]

²³ Robertson, [1993] in Beese [1994]

Eine umfassende Quantifizierung der N_2O -Ausgasungen aus Böden ist auf Grund der vorwiegend biotischen Bildung und der Variabilität von Ökosystemen schwierig. Die Vorgänge der Nitrifikation und Denitrifikation, von denen das Ausmaß der N_2O -Ausgasungen abhängt, werden von zahlreichen Faktoren beeinflusst. Beese [1994] unterteilt sie in **Umweltfaktoren**, wie z. B. den *Wasserhaushalt* oder die *Bodentemperatur* und **Nutzungsfaktoren**, wie die *Düngermenge* oder die *Bodenbearbeitung* (eine Übersicht gibt Tabelle 6). Zusätzlich besteht eine starke zeitliche und räumliche Variabilität der N_2O -Freisetzung. Messungen beruhen auf einem kleinen Datensatz auf kleinen Flächen in kurzen Zeiträumen. **Die daraus abgeleiteten Emissionsmengen unterliegen daher einem großen Schwankungsbereich.**

Bei den Nutzungsfaktoren gibt es die Möglichkeit, durch geeignete Maßnahmen Veränderungen der Emissionen vorzunehmen, beispielsweise in der *Bodenbearbeitung*: Anaerobes Milieu im Boden begünstigt die Denitrifikation und ist eine wichtige Ursache für erhöhte N_2O -Emissionen. Daher sind Bodenverdichtungen durch den Einsatz schwerer Maschinen zu vermeiden. Auf schweren Böden ist flaches Einarbeiten organischer Rückstände von Vorteil um eine gute Sauerstoffzufuhr zu gewährleisten. Im Grünland trägt die möglichst homogene Verteilung von organischem Dünger zu einer Verringerung gasförmiger N-Verluste bei. Die Wirkung der Nutzungsfaktoren ist äußerst komplex, für die Entwicklung und Durchführung geeigneter Maßnahmen besteht daher noch Forschungs- und Beratungsbedarf.

Tabelle 6: Einflußfaktoren auf die Freisetzung von N_2O und NO_x aus Böden

Umweltfaktoren	Nutzungsfaktoren
Temperatur	Düngerform
Niederschlag	Düngermenge
Porosität	Ausbringungsort und Ausbringungszeit
Bodenwassergehalt	Bodenbearbeitung
Sauerstoffverfügbarkeit	Agrochemikalien
pH-Wert	Fruchtfolge
Gehalt an org. Kohlenstoff	Bewässerung
Gefrieren und Auftauen	Menge und Qualität von org. Dünger
Mikroorganismen	Verteilung der org. Substanzen

Quelle: Beese [1994], gekürzt

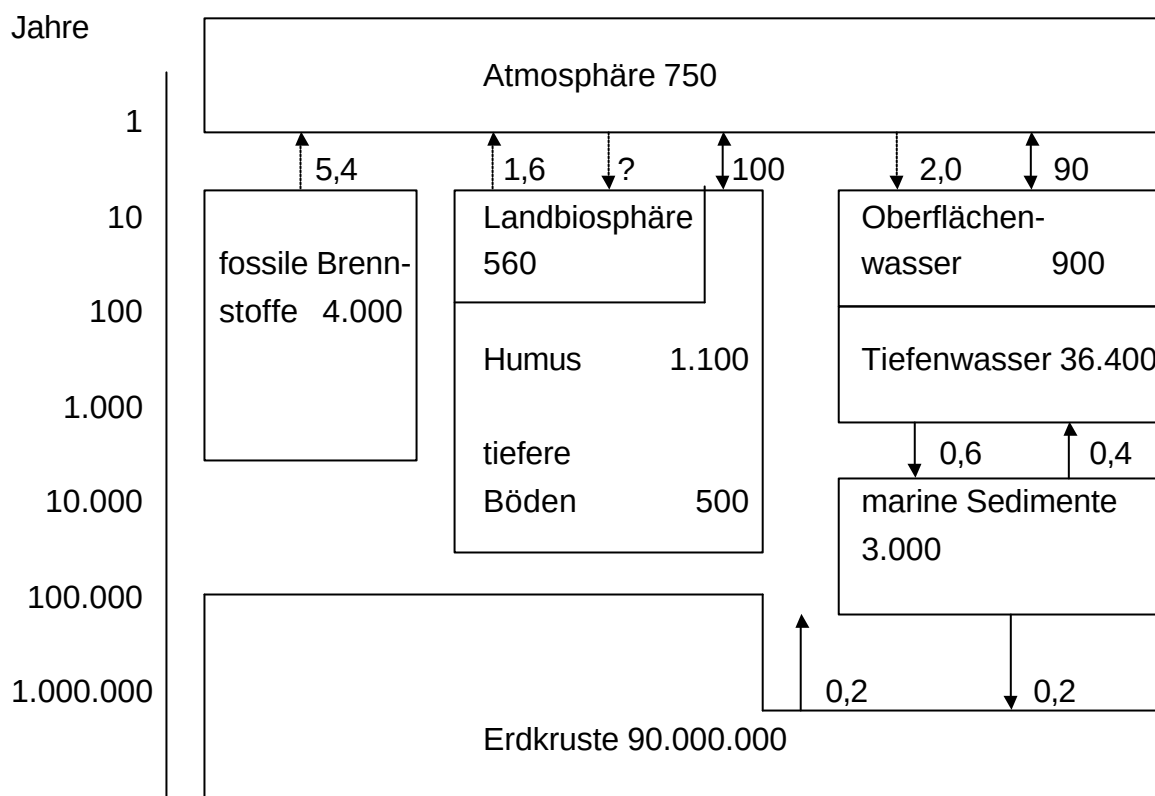
Die N_2O -Emissionen werden von zahlreichen Faktoren beeinflusst, die nach Beese [1994] in Umweltfaktoren, und Nutzungsfaktoren unterteilt werden. Für geeignete Maßnahmen bei den Nutzungsfaktoren, die zur Verringerung von N_2O -Emissionen beitragen, besteht Forschungs- und Beratungsbedarf.

2.3 Kohlendioxid CO₂

2.3.1 Allgemeines

Kohlendioxid hat am natürlichen Treibhauseffekt einen Anteil von rund 25%. Seine Quellen sind die Atmungsvorgänge in der Biosphäre, die mikrobielle Zersetzung von organischer Substanz, Brände und Umsetzungsvorgänge in Böden und Oberflächengewässern. Diesen natürlichen Emissionen stehen Senken gegenüber und zwar sind das: die Lösung von Kohlendioxid im Wasser der Ozeane und die Bindung von Kohlenstoff in Biomasse und Boden. Quellen und Senken werden durch anthropogene Aktivitäten und auch durch die Klimaänderung selbst beeinflusst. Eine quantitative Abschätzung der einzelnen Kohlenstoffströme auf derzeitigem Niveau zeigt die Abbildung 5.

Abbildung 5: Der Kohlenstoffkreislauf in Gt C bzw. Gt/Jahr



Quelle: Sundquist [1993], IPCC [1992], Siegenthaler und Sarmiento [1993], Enquete-Kommission [1994]

Die steigenden anthropogenen CO₂-Emissionen, jährlich werden zusätzlich 5,4 Mio. t fossiles C und 1,6 Mio. t C durch Änderungen der Landnutzung emittiert, verändern die CO₂-Flüsse zwischen den schnell austauschenden Reservoirs Atmosphäre, Ozeandeckschicht und Biosphäre. Nach den vorhandenen Modellen verbleiben 40% des zusätzlichen CO₂ in der Atmosphäre, der Rest wird von Ozeanen und Biosphäre aufgenommen²⁴.

Auch die Landwirtschaft hat Anteil an den zusätzlichen CO₂ -Emissionen. Im Rahmen der landwirtschaftlichen Produktion entsteht anthropogen emittiertes CO₂ durch:

1. Landnutzungsänderungen

- Brandrodung zur Gewinnung neuer Anbauflächen und bei der Verbrennung von Biomasse,
- Humusabbau durch intensive Bodenbearbeitung in der landwirtschaftlichen Produktion.

2. Energieintensive Vorleistungen

Dazu gehören

- der Einsatz fossiler Energiequellen bei der Bereitstellung und beim Einsatz von Produktionsmitteln wie Treibstoff, Mineraldünger, Pestizide, Maschinen;
- der Transportaufwand landwirtschaftlicher Produkte und Produktionsmittel.

2.3.2 Landnutzungsänderungen

CO₂ wird zunächst direkt bei der Brandrodung freigesetzt. Die nachfolgende pflanzenbauliche Nutzung der Fläche weist eine viel geringere Nettoprimärproduktivität²⁵ als die der potentiellen natürlichen Vegetation auf. Eine verminderte CO₂-Bindung in der Biomasse reduziert jedoch langfristig die Kohlenstoffzufuhr in den Speicher Bestandsabfall und Humus, wodurch Mineralisierung, Nährstoffauswaschung, weiterer Humusabbau und Bodendegradation zunehmen. Mit den Erntegütern wird ebenfalls Kohlenstoff entzogen und indirekt über den Verzehr in aquatische Systeme eingebracht. Die Qualität der Senke Biosphäre und Boden für CO₂ nimmt daher ab. Der anthropogene Anteil am CO₂-Ausstoß hat sich in den letzten 150 Jahren stark verändert (Tabelle 7). Bis 1850 war er fast ausschließlich auf Landnutzungsänderungen zurückzuführen.

Danach gewinnen die Emissionen aus fossilen Quellen durch die Entwicklung der industriellen Produktion an Bedeutung. 155 Gt C oder 71% der insgesamt seit 1750 freigesetzten Menge von 217 Gt C wurden innerhalb der letzten 40 Jahre emittiert (Tabelle 7) ²⁶. Derzeit betragen die jährlichen CO₂ Emissionen 6 Gt C / Jahr.

²⁴ Siegenthaler und Sarmiento in: Enquete-Kommission [1994]

²⁵ Die Nettoprimärproduktivität ist der Nettofluß von Kohlenstoff aus der Atmosphäre in die grünen Pflanzen.

²⁶ Enquete-Kommission [1994]

Rodungen erfolgen seit Beginn der Landwirtschaft (seit ca. 10.000 Jahren) im Mittleren Osten, im Mittelmeerraum, in Europa, in den USA, in Teilen Ostasiens und seit ca. 100 Jahren vorwiegend in den Tropen. In den Industrieländern haben die Waldflächen in den letzten Jahrzehnten durch Aufforstung wieder deutlich zugenommen.

Schätzungen von freigesetzten CO₂-Mengen durch Landnutzungsänderungen sind mit großer Unsicherheit behaftet, da Ausmaß der umgewandelten Fläche und Art der Landnutzung nicht immer genau bestimmt werden können. Quantitative Angaben reichen für den Zeitraum von 1860 - 1980 von 56 Gt bis 228 Gt CO₂-C²⁷. Die derzeit jährlich freigesetzten Mengen durch Landnutzungsänderungen werden auf $1,6 \pm 1,0$ Gt CO₂-C im Vergleich zu $5,0 \pm 0,5$ Gt CO₂-C durch Verbrennung fossiler Energieträger geschätzt²⁸. Von diesen 6,6 Mio. t gelangen nach derzeitigem Wissensstand $3,4 \pm 0,2$ Gt CO₂-C in die Atmosphäre, $2 \pm 0,2$ Gt CO₂-C werden vom Meer aufgenommen, für den Rest muß eine biosphärische, terrestrische Senke mit einer Aufnahmekapazität von $1,4 \pm 1,6$ Gt CO₂ existieren.

Tabelle 7: Entwicklung des CO₂-Haushalts in den letzten 240 Jahren

in Gt C	Zeiträume						
	1750 - 1850		1850 - 1950		1950 - 1990		1750 - 1990
Quellen							Summe
fossil	1		± 6		155 ± 18		217 ± 22
Landnutzung	40 ± 12		69 ± 21		53 ± 16		162 ± 49
gesamt	41 ± 12		61 ± 22		208 ± 23		379 ± 4
Senken							
Atmosphäre	21		50		89		160
Ozean	20 (16)		63 (49)		72 (63)		155 (118)
gesamt	41 (37)		113 (99)		161 (142)		315 (278)
Differenz	0 (4)		17 (31)		47 (66)		64 (101)

Quellen: Sundquist [1993]; Keeling [1989], Sarmiento u. a. [1992], in Enquete-Kommission [1994]; Für die Senken sind jeweils zwei Abschätzungen wiedergegeben: Keeling [1989], in Klammer: Sarmiento u. a. [1992]

²⁷ Esser [1994]

²⁸ IPCC [1992]

2.3.3 Humusabbau und Bodendegradation

Unsachgemäße landwirtschaftliche Bodenbearbeitung fördert langfristig den Humusabbau und trägt damit vermehrt zu CO₂- und CH₄-Emissionen bei. Humusabbau verstärkt die Erosion und führt damit zum Abtransport von bodenbürtigem Kohlenstoff durch Wind und Wasser, was negative Auswirkungen auf die Nettoprimärproduktivität, aber auch auf die Senkenfunktion des Bodens für CO₂ und CH₄ hat. Jährlich gelangen weltweit 1 Mrd. t Kohlenstoff sowie eutrophierend wirkende Mineralstoffe und Düngemittel in die Weltmeere ²⁹.

In Österreich nimmt die Waldfläche durch Aufforstung von Grenzertragsböden zu. Weltweit vermindert die Umwandlung von Waldböden in Ackerbaufläche den Bodenkohlenstoffgehalt um 40%, die Umwandlung in Weideflächen um 20%³⁰. Die Kohlenstofffreisetzung durch Humusabbau kann nur grob geschätzt werden, da die regionale Verteilung und die Anteile leichter und schwerer Humusfraktionen nur ungenügend bekannt sind³¹. Bouwmann, [1990] und Haider [1992] schätzen, daß es seit 1850 bei den derzeit weltweit genutzten 1,5 Mrd. ha zu einem Verlust an humusgebundenem Kohlenstoff von 40 - 80 Mrd. t C gekommen ist. Das entspricht 5 bis 10% des gegenwärtigen atmosphärischen Kohlenstoffs.

Von der Enquete-Kommission des Deutschen Bundestages [1994] werden globale Emissionen aus Brandrodung und Landnutzungsänderungen von $1,6 \pm 1,0$ Mrd. t CO₂-C, und aus der Verbrennung fossiler Energieträger von $5,4 \pm 0,5$ Mrd. t CO₂-C / Jahr angegeben (Tabelle 8).

Tabelle 8: CO₂ Emissionen durch Humusabbau im Vergleich zu fossiler Energie und Brandrodung

weltweit	C in Mrd. t	Quellen
Fossile Energie	$5,4 \pm 0,5$	Enquetekommission [1994]
Brandrodung und Landnutzungsänderung	$1,6 \pm 1,0$	Enquetekommission [1994]
Humusverlust und Erosion	1,25	Raggam [1995]*
Oxidation	4	Raggam [1995]*
in Österreich	C in Mrd. t	
Fossile Energie	0,0154	Jahresbericht 1993 ACC [1994]
Oxidation	0,0096	Raggam [1995]*

*) Die Emissionswerte für Österreich Raggam [1995] aus dem Verlust der Humusschicht und durch Oxidation konnten durch andere Autoren nicht bestätigt werden.

²⁹ WBGU [1994]

³⁰ Detwiler und Hall, [1988] in: Enquete-Kommission [1994]

Raggam [1995] nennt zusätzliche globale Emissionen von 1,25 Mrd. t CO₂-C / Jahr durch den Verlust der Humusschicht und 4 Mrd. t CO₂-C / Jahr durch Oxidation; für Österreich werden zusätzliche 9,8 Mio. t CO₂-C durch Oxidation geschätzt.

2.3.4 Humusregeneration

Global werden etwa 0,7 - 0,8% der jährlichen Nettoprimärproduktivität im Humus festgelegt. Das entspricht 0,02 - 0,03% des gesamten im Humus gebundenen Kohlenstoffs. Absolut sind das 0,4 Mrd. t C / Jahr. Die Stilllegung von landwirtschaftlichen Flächen und Wiederaufforstung führt nur sehr langsam zu einer Humusanreicherung im Boden. Während der ersten Jahrzehnte der Aufforstung sinkt sogar der Bodenkohlenstoffgehalt³². Eine dauerhafte und rasche Steigerung des Kohlenstoffgehaltes im Boden durch gesteigertes Pflanzenwachstum ist daher eher unwahrscheinlich³³.

2.3.5 Biomasse als Senke für Kohlendioxid

Pflanzliche Biomasse stellt eine wichtige **Senke** für Kohlendioxid dar. Das Kohlenstoffbindungsvermögen der anthropogenen Vegetation ist geringer als das der natürlichen Vegetation. Der Landwirtschaft kommt hier insofern eine bedeutende Rolle zu, als Qualität und Ausmaß dieser Senke, von der Art und Weise der Landbewirtschaftung bestimmt werden können.

Die Nettoprimärproduktivität des ökologischen Landbaus liegt auf Grund der geringeren Intensität (Düngemittel, Pestizide) unter der Nettoprimärproduktivität des konventionellen Landbaus. Ökologisch bewirtschaftete Böden haben jedoch einen höheren Gehalt an stabilen Humusverbindungen, was auf den Einsatz von Stallmist und Kompost, den Feldfutterbau, Zwischenfrüchte und die ganzjährige Bodenbedeckung zurückzuführen ist. Hinsichtlich des „Kohlenstoffbindungsvermögens“ unterscheiden sich die beiden Anbausysteme jedoch kaum³⁴. Jedoch werden die geringeren Erträge des ökologischen Landbaus durch die vermehrte Bildung stabiler organischer Substanz ausgeglichen: Der ökologische Landbau zeichnet sich außerdem durch ein vielfältigeres Bodenleben, bessere Bodenstabilität und geringere Erosionsanfälligkeit aus. Vor allem aber entfällt ein Großteil (etwa 60%) der energieintensiven Vorleistungen³⁵. Generell entsprechen daher ökologische Bewirtschaftungsmethoden eher

³¹ Bouwmann, [1990]; Haider [1992] in Enquete-Kommission [1994]

³² Esser [1994]

³³ Schlesinger [1990] in Enquete-Kommission [1994]

³⁴ Doran, [1992] in Haas und Köpke [1994]

³⁵ Kjer et al. [1994]

einer klimaverträglicheren, landwirtschaftlichen Produktion mit dem Ziel einer Senkung des CO₂ -Ausstoßes und zwar aus folgenden Gründen:

- Die ausgeglichene Humuswirtschaft verbessert die Speicherkapazität für CO₂ und erhält die Stabilität der Senke Boden.
- Der Verzicht auf mineralische Stickstoffdüngemittel und Pestizide verringert den indirekten fossilen Energieeinsatz und trägt ebenfalls zur Senkenstabilität des Bodens bei.
- Die Deckung des Stickstoffbedarfs aus organischen Quellen führt langfristig zu einer Entlastung des überfrachteten Stickstoffkreislaufs.

Die Nettoprimärproduktion von landwirtschaftlichen Kulturen liegt ist viel geringer, als die der potentiellen natürlichen Vegetation des jeweiligen Standortes. In Entwicklungsländern beträgt sie oft nur 10 - 20% der natürlichen Produktivität. Gründe dafür sind:

- Der geringere Anteil an Pflanzenabfall und die Entnahme von Erntegut unterbrechen den Mineralstoffkreislauf, wodurch es zur Auswaschung kommt.
- Ein später Bestandsschluß und einfache Bestandsstruktur bewirken schlechtere Lichtabsorption.
- Geringere Anpassungsfähigkeit von Monokulturen gegenüber Wetterextremen, Schädlingen und Krankheiten.

Durch Einsatz hoher Dünger- und Pestizidmengen (z. B. bei Stickstoffdünger: 120 - 150 kg N/ha und Jahr) kann die Nettoprimärproduktivität der potentiellen natürlichen Vegetation nahezu erreicht werden³⁶. In diesem Fall muß jedoch auch die Klimarelevanz der eingesetzten Mittel, z.B. durch eine Energiebilanz der Vorleistungen, beurteilt werden.

2.4 Indirekt wirksame Spurengase

Diese wirken, indem sie Bildung und Abbau direkt wirksamer Treibhausgase (z. B. troposphärisches Ozon) beeinflussen.

2.4.1 Ammoniak (NH₃)

NH₃-Emissionen entstehen fast ausschließlich in der Landwirtschaft, überwiegend in der Tierhaltung bei der Lagerung und Ausbringung von Wirtschaftsdünger. NH₃ trägt zur Eutro-

³⁶ Esser [1994]

phierung von Ökosystemen bei, verstärkt die Freisetzung von N_2O und NO_x , vermindert die Kohlenstoffaufnahme der Böden und fördert so die Senkendegradation für Methan und Kohlendioxid.

2.4.2 Kohlenmonoxid (CO)

Bei unvollständiger Biomasseverbrennung durch Brandrodung, Savannenbrände, Verbrennung von landwirtschaftlichen Abfällen sowie bei der Verbrennung fossiler Energieträger wird CO emittiert. Weiters wird durch photochemische Oxidation von Methan und Nicht-Methan-Kohlenwasserstoffen troposphärisches CO gebildet.

2.4.3 Stickoxide (NO_x)

Quellen sind ebenfalls die Verbrennung fossiler Brennstoffe, die Verbrennung von Biomasse und die Mineral - und Wirtschaftsdüngung. Bildung und Freisetzung aus Böden sind im Gesamtzusammenhang des Stickstoffkreislaufes zu sehen. Quantitative Abschätzungen sind schwierig.

2.4.4 Nicht-Methan-Kohlenwasserstoffe (NMHC)

Die Bildung erfolgt bei der unvollständigen Verbrennung fossiler Energieträger sowie biogen aus Pflanzen (z. B. Terpene von Koniferen) und aus dem Meer.

2.4.5 Gasförmige Schwefelverbindungen (z.B. Carbonylsulfid)

Der Vollständigkeit halber ist zu erwähnen, daß die Verbrennung von fossilen Energieträgern sowie die Anwendung schwefelhaltiger Düngemittel dazu einen Beitrag liefern.³⁷

³⁷ Burdick [1994]

3 Die Rolle der Forstwirtschaft

Bei der Ausschöpfung des Potentials zur Kohlenstoffbindung in der Senke Landbiomasse kann die Forstwirtschaft einen Beitrag leisten und durch zwei Maßnahmen die Senke für CO₂ erhalten und verbessern. Das sind einerseits die Pflege und Erhaltung der bestehenden Wälder, andererseits ihre Ausweitung durch zusätzliche Aufforstung. Quantitativ ist die Wirksamkeit jedoch schwierig zu bewerten³⁸. Ziel der Forstwirtschaft muß es daher sein, alle Funktionen des Waldes zu erhalten.

Die Entwicklungsstufen eines Waldes können in die Phasen Aufbau, Übergang, Fließgleichgewicht und Katastrophe gegliedert werden. Jede dieser Phasen ist durch unterschiedliche Raten des Kohlenstoffaufbaus und -abbaus charakterisiert.

Aus globaler wie aus regionaler Perspektive ist die Holzgewinnung, sowohl für Rohstoffzwecke, als auch zur Energienutzung langfristig so zu vollziehen, daß sie in ihrem Ausmaß sowie in zeitlicher und räumlicher Verteilung den natürlichen Schwankungen von Zersetzung und Zuwachs (Kohlenstoffabbau und Aufbau) entsprechen.

3.1 Ziele einer klimarelevanten Forstwirtschaft

Anzustreben ist das Einklinken anthropogener Stoffnutzungen in vorhandene, natürliche Stoffströme. So kann Holz, bevor es am Waldboden zersetzt wird, energetisch genutzt werden, ohne die CO₂ Bilanz zu verschlechtern. Auf der anderen Seite besteht im Rahmen der Herstellung von Materialien der organisch-chemischen Industrie aus Biomasse bei der Einhaltung geschlossener Stoffkreisläufe und der Verwendung von Abfallstoffen die Möglichkeit Nutzungskaskaden zu entwickeln³⁹. Dabei dürfen die Schutzfunktion des Waldes für Boden und Wasser, die Pufferfunktion, die Erholungsfunktion, etc. durch diese Art der zusätzlichen Nutzung nicht gefährdet werden.

3.1.1 Die Erhöhung der Biomassedichte in bestehenden Wäldern

Längere Umtriebszeiten können die Speicherfähigkeit erhöhen. Läßt man Wälder länger stehen, binden sie einmalig einen zusätzlichen Anteil an Biomasse, dies ist jedoch ein mittelfristiger Effekt, da diese Wälder später wieder stärker genutzt werden. Pflanzungen im Unterbau

³⁸ Enquete-Kommission [1994]

³⁹ Steinmüller H. [1995]

von älteren Beständen bewirken neben Kohlenstoffspeicherung auch einen verringerten Humusabbau bei der Ernte. Um CO₂ Emissionen durch klimabedingte Waldschäden entgegenzuwirken, soll durch veränderte Zusammensetzung der Baumarten die Anpassungsfähigkeit an künftige Klimaänderungen verbessert werden. Die Durchforstung von Jungbeständen wirken sich langfristig positiv auf das Speichervermögen des Bestandes aus. Außerdem wird auf diese Weise die Menge an energetisch nutzbarem Schwachholz erhöht. Die Substitution von fossilen Energieträgern wird dadurch möglich.

3.1.2 Die Erhöhung der Kohlenstoffspeicher durch Steigerung der Holzproduktion

Eine Vermeidung von Einwegprodukten und der Ersatz von Rohstoffen wie Stahl und Stahlbeton durch langlebige Holzprodukte, z.B. im Baubereich, kann einen zusätzlichen C-Speicher schaffen. Diese Entwicklung ist jedoch durch eine nachhaltige Bewirtschaftung aller Wälder begrenzt. Ebenso darf die erhöhte Brandlast von Holzbauwerken nicht außer acht gelassen werden, welche die Stabilität eines derartigen Speichers wieder relativiert.

Das Holznutzungspotential der österreichischen Wälder wird dzt. nur zu 2/3 ausgeschöpft.

3.1.3 Ersatz fossiler Energieträger durch Holz

In einer nachhaltigen Wirtschaft wird der Einsatz fossiler Energieträger auf ein Minimum beschränkt werden müssen. In unseren Breiten wird der Einsatz von Biomasse besonders für Heizzwecke wichtig sein. Die Nutzung von Durchforstungsholz und Schadholz ist dabei hinsichtlich der Kohlenstoffbilanz am günstigsten⁴⁰ und daher zu forcieren. Die derzeit hohen Kosten sind durch Entlastung des Faktors Arbeit zu verringern.

3.1.4 Aufforstungen

Aufforstungen tragen langfristig zu einer Kohlenstofffixierung bei, aber nach einer Rodung verringert sich der Kohlenstoffgehalt im Boden jahrzehntelang⁴¹. Die Forcierung von naturnäheren (z. B. plenterartigen) Bewirtschaftungsformen bietet jedoch eine interessante Alternative, den Kohlenstoffhaushalt der Wälder stabiler zu halten.

⁴⁰ Ahammer [1992], Ahammer [1993], Enquete-Kommission [1994]

⁴¹ Kawaguchi und Yoda, 1986 in Enquete-Kommission [1994]

3.1.5 Beitrag der Forstwirtschaft in Österreich

Schon heute werden mit einer jährlichen Bereitstellung von rund 132 PJ aus Biomasse ca. 13 Mio. t CO₂ substituiert, die bei der Verbrennung fossiler Energieträger entstehen würden. Mittelfristig könnten noch weitere 70 PJ aus Biomasse von der Land und Forstwirtschaft bereitgestellt werden. Insgesamt wäre dadurch in Summe ein Viertel der gesamten österreichischen CO₂-Emissionen substituierbar. Die österreichischen und die europäische Energiepolitik müßte in diesem Sinne umorientiert und die Nutzung erneuerbarer Energiequellen forciert werden.

Bestrebungen in Österreich, die CO₂ -Emissionen durch forstwirtschaftliche Maßnahmen in großem Ausmaß zu kompensieren sind aus mehreren Gründen begrenzt⁴². Erstens stehen nur eingeschränkt Wiederbewaldungsflächen zur Verfügung. Selbst wenn in Zukunft aus der landwirtschaftlichen Produktion genommene Böden vermehrt wiederaufgeforstet werden, so bestehen einerseits Nutzungskonflikte mit einer erhaltungswürdigen, offenen Kulturlandschaft. Andererseits sind die jährlichen Nettokohlenstoffbindungsraten und zusätzliche Speichermöglichkeiten des bestehenden Waldes relativ gering.

Der Vorratsfestmeterzuwachs im österreichischen Ertragswald beträgt 30,5 Mio. Vfm / Jahr das entspricht 7,3 Mio. t C, oder etwa 48% der jährlichen Gesamtemission aus fossilen Brennstoffen von 15,3 Mio. t C. Szenarien der Aufforstung brächten trotz beachtlicher Flächen, die zugrunde gelegt wurden, nur jährliche zusätzliche C-Bindungsraten von weniger als 10%⁴³.

Jeder Nutzungseingriff in den Wald ist in Summe gesehen eine Quelle für atmosphärischen Kohlenstoff, selbst wenn Nutzholz in Produkten gespeichert und die Fläche wieder aufgeforstet wird⁴⁴. Dies wird auch durch die Simulationsstudien in ACC [1993] bestätigt. Aus Gründen der Erhaltung der Kohlenstoff-Senkenfunktion von überalterten Beständen müßte daher deren Nutzung und Verjüngung abgelehnt werden. Aus anderen Gründen z.B. für die Erhaltung der Schutzwaldfunktion ist die Verjüngung selbstverständlich notwendig.

Holz aus nachhaltiger Produktion als Ersatz für fossile Brennstoffe sowie für energieaufwendige Produkte kann zur Verringerung von CO₂-Emissionen beitragen.

Die zweite Variante soll an einem Beispiel aus dem Baustoffsektor verdeutlicht werden. Der kumulierte Energieaufwand von Brettschichtholz beträgt 13.438,8 MJ / t, der von verzinktem Stahl 32.400,0 MJ / t⁴⁵. In jenen Fällen in denen sich verzinkter Stahl durch Holz ersetzen

⁴² Jahresbericht [1993] ACC, [1994], Nationaler Klimabericht der Österreichischen Bundesregierung, [1994]

⁴³ Jahresbericht [1993] ACC, [1994]

⁴⁴ Muselmann & Fox [1991]; Körner et al. [1991] Harmon et al. [1990] in: ACC 1993; ACC 1993

⁴⁵ Ramharter R. [1994] Energiebilanzen landwirtschaftlicher Ackerpflanzen, ILUET, BOKU Wien, 1994

läßt, gibt es ein Einsparungspotential. Da diese Substitution von energieaufwendigen Materialien durch Holz hinsichtlich des Gewichts jedoch nicht unbedingt im Faktor 1:1 erfolgen kann, bestehen Unsicherheiten über die tatsächlich eingesparte Primärenergie.

Von der Kohlenstoffmenge, die jährlich dem Wald durch Holzeinschlag entnommen wird, (2.824.000 t C / Jahr), werden etwa 22% oder 631.000 t C / Jahr in langlebigen Holzprodukten gebunden.

Alle vorliegenden Annahmen basieren auf der Voraussetzung, daß sich der Gesundheitszustand der Wälder nicht weiter verschlechtert, die jährlichen CO₂-Emissionen nicht steigen, und sich ein verändertes Klima nicht negativ auf die Waldbewirtschaftung auswirkt.

3.2 Reduktion von Treibhausgasen in der Forstwirtschaft

Voraussetzung für die folgenden Szenarien ist, daß sich der Gesundheitszustand des Waldes nicht verschlechtert und daß CO₂-Emissionen nicht weiter zunehmen.

- Eine Verdoppelung der mittel- und langlebigen Holzprodukte in Österreich von 1990 - 2005 könnte 6% (13,77 Mio. t C) des in diesem Zeitraum (15 Jahre) freigesetzten fossilen Kohlenstoffs binden. Vermehrter Gebrauch von langlebigen Holzprodukten kann in kleinem Maßstab als Senke dienen.
- Durch Aufforstungsmaßnahmen, unter der Annahme einer theoretischen zusätzlichen Fläche von 500.000 ha wären in den nächsten 100 Jahren Netto-C-Bindungsraten von, je nach Standort, 0,5 - 1,6 t C / ha und Jahr zu erreichen; das sind 1,7 - 5,3% der jährlichen fossilen CO₂-Emissionen⁴⁶. Abgesehen davon, daß diese Extremvariante unrealistisch ist, da sie mit dem Bedarf nach Grünlandnutzung und einer offenen Kulturlandschaft konkurriert, sind die gebundenen Kohlenstoffmengen vergleichsweise gering.
- Holz aus nachhaltiger Produktion wird dem Zersetzungsprozeß entzogen und dient als Ersatz für fossilen Brennstoff oder für energieaufwendige Produkte. Bei der Substitution von energieaufwendigen Erzeugnissen bestehen jedoch Unsicherheiten über die tatsächlich eingesparte Primärenergie.⁴⁷

⁴⁶ Jahresbericht [1993] ACC, [1994]

⁴⁷ Burschel [1993] et al., Grabner et al., [1992] in Jahresbericht [1993], ACC [1994]

4 Die Rolle der Ernährung

In den Sektoren Landwirtschaft und Ernährung werden in Deutschland insgesamt 260 Mio. t CO₂-Äquivalent pro Jahr emittiert (Tabelle 9). Das sind 3,18 t CO₂-Äquivalent / Kopf. Davon werden 8% durch den Pflanzenbau und seine Vorleistungen, wie dem Energieeinsatz bei der Erzeugung von Mineraldünger- und Pflanzenschutzmittel, verursacht. Der geringere Energieverbrauch im ökologischen Landbau ist vorwiegend auf den Verzicht von Mineraldünger, Pflanzenschutzmitteln und Importfuttermitteln zurückzuführen. Durch die Nutztierhaltung werden etwa 44% der Treibhausgas-Emissionen der Produktionskette verursacht, das sind 70% der Treibhausgas-Emissionen Landwirtschaft und davon stammen 75% aus der Rinderhaltung⁴⁸.

CO₂-Emissionen bei Verarbeitung, Distribution und Verbraucheraktivitäten sind vorwiegend auf den Einsatz fossiler Energieträger zurückzuführen. Die Verarbeitung hat einen Anteil von 6%, der in Zukunft durch die Zunahme weiterverarbeiteter Produkte im Steigen begriffen ist. Der Emissionsanteil von 13% im Bereich Distribution setzt sich zu je einem Drittel aus Transportvorgängen, Herstellung und Verpackung, Entsorgung, und Lagerung zusammen. Dazu kommt ein ebenfalls wachsender Energieeinsatz für die Kommunikation (Marketing, Werbung etc.).⁴⁹

Aktivitäten der Verbraucher haben einen Anteil von 29%. Ein wesentliches Potential der Einflußnahme auf den Energieverbrauch und die Emissionen der gesamten Erzeugerkette besteht daher in geänderten Konsumgewohnheiten (z. B. Art des Produkts, Wahl des Transportmittels und Weglänge beim Einkauf).

Tabelle 9: CO₂-Emissionen Landwirtschaft und Ernährung in Deutschland

	CO ₂ Emissionen	CO ₂ Äquivalente	Anteil in %
	in Mio. t / Jahr	in Mio. t / Jahr	
Pflanzenproduktion	5	20	8
Tierproduktion	15	115	44
Verarbeitungsstufen	15	15	6
Handel / Distribution	30	35	13
Verbraucheraktivitäten	70	75	29
Summe	135	260	100

Quelle: Kjer, I. u. a., [1994]

⁴⁸ Kjer, I. u. a., [1994]

⁴⁹ Kjer, I. u. a., [1994]

Um einen Überblick über die Emissionen aus den Sektoren „Landwirtschaft und Ernährung“ in Niederösterreich zu erhalten, werden mit Hilfe der Einwohnerzahl⁵⁰ und den Emissionswerten in Deutschland von 3,18 t CO₂-Äquivalent / Kopf die folgenden Zahlen abgeleitet. Es wird darauf hingewiesen, daß diese Zahlen nur als Anhaltspunkt dienen können, da sie auf den Grunddaten für Deutschland beruhen. Unter der Annahme, daß Landwirtschaft, Nahrungsmittelverarbeitung und Handel eine ähnliche Struktur aufweisen bzw. Konsumenten sich ähnlich verhalten wie in Deutschland, geben diese Zahlen eine Abschätzung von Größenordnungen wieder.

Tabelle 10: Treibhausgas-Emissionen in CO₂-Äquivalent von Landwirtschaft und Ernährung in Niederösterreich

	CO ₂ -Äquivalent pro Kopf*Jahr in Deutschland	CO ₂ -Äquivalent hochgerechnete Schätzung für NÖ	CO ₂ -Äquivalent hochgerechnete Schätzung für Ö	%
	t	Mio. t / a	Mio. t / a	
Pflanzenproduktion	0,24	0,36	1,98	8
Tierproduktion	1,41	2,07	11,40	44
Verarbeitungsstufen	0,18	0,27	1,49	6
Handel / Distribution	0,43	0,63	3,47	13
Verbraucheraktivitäten	0,92	1,35	7,44	29
Summe	3,18	4,69	25,78	100

Quellen: Kjer, I. et al. [1994], ÖSTAT [1991], Deutsche Stiftung Weltbevölkerung [1996], eigene Berechnungen, hochgerechnete Schätzung aus Werten von Kjer, I. et al. [1994],

4.1 Der Fleischverbrauch in Österreich

Der durchschnittliche Fleischverbrauch / Kopf beträgt in Österreich 63 kg / Jahr ⁵¹ bis 77 kg/Jahr ⁵² und ist bei den Männern um ein Viertel höher, bei den Frauen um ein Viertel niedriger als der gesamtösterreichische Durchschnitt. Pro Tag entspricht das einem Verbrauch von 150 g Fleisch und 120 g Wurst bei Männern und 100 g Fleisch und 60 g Wurst bei Frauen. Das ist drei bis vier mal mehr als die Empfehlung der Deutschen Gesellschaft für Ernährung (DGE) von 65 g / Tag⁵³.

⁵⁰ EW in Mio.: Niederösterreich: 1,474; Österreich: 8,100; Deutschland: 81,700; ÖSTAT [1991], Deutsche Stiftung Weltbevölkerung [1996]

⁵¹ ÖSTAT [1995]

⁵² IKUS, Ernährungskultur in Österreich, Wien [1994]

⁵³ IKUS, Ernährungskultur in Österreich, Wien [1994]

Elmadfa et al. [1994] ermittelt im 1. Wiener Ernährungsbericht einen durchschnittlichen Verbrauch von 93 kg/ Jahr oder 220 g / Kopf und Tag. Es wird darauf hingewiesen, daß der Verlauf des Verbrauchs an Fleisch und Fleischwaren in Österreich mit dem in der Bundesrepublik Deutschland während der letzten Jahrzehnte vergleichbar ist. So steigt der Verbrauch bei Geflügel, und nimmt bei Schweinefleisch noch immer deutlich zu, während er bei Rindfleisch seit Anfang der 70er Jahre stagniert. Außerdem wird zwischen dem Fleischverbrauch und der tatsächlich verzehrten Menge unterschieden, die etwa 69% des Verbrauchs beträgt. Die Differenz ergibt sich aus der Entfernung von Sehnen und Fett und der Verfütterung von Innereien an Haustiere. Die Empfehlung der DGE wird jedoch immerhin noch um den Faktor 2 - 3 überschritten (Tabelle 11)⁵⁴.

Tabelle 11: Fleischverbrauch und Fleischverzehr in Österreich

in g	Ø Frauen	Ø Männer	Ø Tagesportion	IKUS 1994
Fleisch	100	150	125	IKUS 1994
Wurst	60	120	90	
Gesamtverbrauch	160	270	215	
Gesamtverbrauch			220	Elmadfa et al. [1994]
Verzehr	130	180	155	Elmadfa et al. [1994]
			65	Empfehlung der DGE

Quelle: IKUS, Ernährungskultur in Österreich, Wien 1994, DGE=Deutsche Gesellschaft für Ernährung

Die Empfehlung der Deutschen Gesellschaft für Ernährung für einen Fleischverzehr von 65 g/Tag wird in Österreich um den Faktor 2 - 3 überschritten.

Die Fleischerzeugung ist mit hohem Energieaufwand verbunden und trägt daher im Sektor der Nahrungsmittelproduktion in erheblichem Ausmaß zu Treibhausgas-Emissionen bei. Obwohl der Rindfleischverbrauch in Österreich mit Ø 17,6 kg / Kopf (entspricht einem Verzehr von 12 kg / Kopf) nur einen Anteil von ca. 20% am gesamten Fleischverbrauch hat, wird dieser Produktionszweig genauer untersucht, da die Methanemissionen aus der Rinderhaltung zusätzlich einen beträchtlichen Anteil an treibhauswirksamen Spurengasen ausmachen.

⁵⁴ Elmadfa [1994]

4.2 Treibhausgas-Emissionen in CO₂-Äquivalent bei der Erzeugung von 1 Kilogramm Rindfleisch

In diesem Kapitel werden die wesentlichen treibhausrelevanten Emissionen, die bei der Bereitstellung von 1 kg Rindfleisch entstehen, mit Hilfe einer Produktionskettenanalyse erfaßt. Die Produktionskette von Rindfleisch stellt die Gesamtheit aller Erzeuger- und Verarbeitungsstufen dar, das sind neben der landwirtschaftlichen Produktion und deren Vorleistungen die Distribution, die Verarbeitung und der Fleischkonsum (Abbildung 6). Die Nachfrage nach einem Kilogramm Rindfleisch bewirkt entlang der Produktionskette bis zum Produzenten und den Vorleistungen entsprechende Aktivitäten, die in den Verarbeitungsstufen verschieden „ausgeprägt“ sein können und damit in unterschiedlichem Ausmaß zur Emission von Treibhausgasen beitragen. Im folgenden werden einige Ausprägungen der wichtigsten Verarbeitungsstufen (Module) ausgewählt und deren Treibhausgas-Emissionen untersucht. Eine Kombination der Module erlaubt die Darstellung verschiedener Bereitstellungspfade von Rindfleisch.

Abbildung 6: Bereitstellungspfade von Rindfleisch

Verarbeitungsstufe		Ausprägungen	
Vorleistungen	Futtermittel	konventionelle Produktion	ökologische Produktion
Landwirtschaftliche Produktion	Rindermast	konventionelle Produktion	ökologische Produktion
Verarbeitung	Schlachtung	-	-
Distribution	Handel	große Entfernung	geringe Entfernung
Konsument	Einkauf	große Entfernung	geringe Entfernung

Die Produktionskette von Rindfleisch ist die Gesamtheit aller Erzeuger- und Verarbeitungsstufen, also die landwirtschaftliche Produktion und deren Vorleistungen, die Verarbeitung, die Distribution und der Fleischkonsum.

4.2.1 Definitionen und Abgrenzung

Vorleistungen sind alle der landwirtschaftlichen Produktion vorgelagerten Input-Faktoren wie z. B. Treibstoffe, Maschinen, Dünger, Pestizide, Saatgut, etc. Aus Gründen der Übersichtlichkeit wird in diesem Beispiel der betriebseigene Pflanzenbau zur Gewinnung von Futtermitteln ebenfalls den *Vorleistungen* zugeordnet und somit die *landwirtschaftliche Produktion* in einem engeren Sinn als Tierproduktion bzw. als Rindermast definiert (Abbildung 6). Bei beiden Prozeßstufen werden die Ausprägungen konventionelle Produktion und ökologische Land-

wirtschaft einander gegenübergestellt. Unter der Prozeßstufe *Verarbeitung* ist vor allem die Schlachtung zu verstehen; wegen ihres geringen Beitrages zur Gesamtbilanz der Produktionskette wird auf eine detailliertere Untersuchung verzichtet. Die *Distribution* des Produkts erfolgt über den Handel und schließt den Transport zwischen räumlich voneinander getrennten Prozeßstufen (*landwirtschaftliche Produktion, Verarbeitung, Konsument*) ein. Für den Verteilungsaufwand zwischen Mastbetrieb, Schlachtbetrieb, Verkauf und Einkauf werden Transportszenarien mit unterschiedlicher Entfernung der einzelnen Prozeßstufen miteinander verglichen. Der Verteilungsaufwand für die *Vorleistungen* und Input-Faktoren bis zum Ort der *landwirtschaftlichen Produktion* ist bereits in der indirekten Energie der Input-Faktoren enthalten. Um den Energieaufwand und die CO₂-Emissionen von importierten Eiweißfuttermitteln darzustellen, wird für das Futtermittel Sojabohne eine Produktion in Brasilien angenommen und zusätzlich zum Vorleistungsaufwand der Transportaufwand nach Österreich berechnet.

4.2.2 CO₂-Emissionsfaktoren für die Umrechnung von MJ Energie in g CO₂-Äquivalent

Für die Ermittlung des Energieverbrauchs der für die Rinderhaltung benötigten Futterrationen werden Energiebilanzen der Anbaukulturen von Haas und Köpke [1994] in modifizierter Form herangezogen (Siehe nächstes Kapitel). Die CO₂-Emissionswerte des Energieverbrauchs sind von Art der eingesetzten Primärenergieträger abhängig. Sie werden für die einzelnen Energieträger mit Emissionsfaktoren in g CO₂ / MJ angegeben.

CO₂-Emissionsfaktoren für den Energieaufwand von Futtermitteln

In Tabelle 12 sind Faktoren für Strom, Heizöl, Diesel und Erdgas angeführt, wobei jeweils auch die energetischen Vorleistungen für Gewinnung, Aufbereitung, Verteilung etc. des Energieträgers berücksichtigt sind⁵⁵. Für die Anteile der einzelnen Energieträger an der Erzeugung von Futtermitteln wurde ein eigener Energiemix für Futtermittel abgeleitet, der die unterschiedliche Gewichtung der Energieträger im konventionellen und im ökologischen Landbau berücksichtigt.

Es wird angenommen, daß bei konventioneller Produktion 10% des Gesamtenergiebedarfs auf Strom, 15% auf Öl, 25% auf Diesel, 50% auf Erdgas entfallen. Mineralischer Stickstoffdünger wird in Österreich vorwiegend mit Hilfe von Erdgas gewonnen. Da dieser Produktionsfaktor bei ökologischer Erzeugung wegfällt, steigt der relative Anteil von Öl, Diesel und Strom und der CO₂-Emissionsfaktor für den Energieaufwand ist daher bei der Erzeugung von Futtermitteln aus ökologischer Produktion etwas höher (92 g CO₂ / MJ im Vergleich zu 77,5 g CO₂ / MJ).

⁵⁵ Kurt Schauer [1995], Ein nachhaltiges Energiesystem für Österreich

**Tabelle 12: Energiemix für Feldfrüchte, Emissionsfaktoren in g CO₂ / MJ
für den Energieaufwand bei konventioneller und bei ökologischer Produktion**

	Strom	Öl	Diesel	Gas	Strom	Öl	Diesel	Gas
g CO ₂ / MJ	89,7	95	95	61	89,7	95	95	61
	konventionell				ökologisch			
%	10	15	25	50	20	30	45	5
g CO ₂	8,97	14,25	23,75	30,5	17,94	28,5	42,75	3,05
Emissionsfaktor	77,5				92			

Wegen des höheren relativen Anteils der Energieträger Öl, Diesel und Strom in der ökologischen Produktion ist der CO₂-Emissionsfaktor in g / MJ etwas höher (92 g CO₂ / MJ im Vergleich zu 77,5 g CO₂ / MJ).

CO₂-Emissionsfaktoren für den Energieaufwand des Transports von Futtermittel

Für die Berechnung der Emissionen, die beim Transport von importierten Futtermitteln entstehen, werden CO₂-Emissionsfaktoren verwendet, die aus GEMIS-Daten, zitiert in der Studie Kjer et al. [1994], abgeleitet wurden. GEMIS (**G**esamt-**E**missions-**M**odell-**I**ntegrierter-**S**ysteme) ist ein Computermodell, das vom ÖKO-Institut Darmstadt und der Gesamthochschule Kassel zum Zweck der quantitativen und qualitativen Beurteilung von Energiesystemen im Hinblick auf Umweltverträglichkeit und Kosteneffizienz entwickelt wurde. Folgende CO₂-Emissionsfaktoren werden verwendet:

76,5 g CO₂-Äquivalent / MJ für den Transport mit einem Hochseeschiff,

81,8 g CO₂-Äquivalent / MJ für den Transport mit einem 40t-LKW-Zug.

4.2.3 Vorleistungen für die Rinderaufzucht

4.2.3.1 Futtermittelerzeugung

Daten über den Energiebedarf der für die Rindermast benötigten Futtermittel werden auf Grundlage von Energiebilanzen einzelner Anbaukulturen⁵⁶ sowie an Hand der Standarddeklarationsbeiträge [1995/96], Ausgabe Ostösterreich, ermittelt und an die Situation in Österreich angepaßt. Folgende Faktoren werden bei den kulturspezifischen Energiebilanzen⁵⁷ berück-

⁵⁶ Haas und Köpke, [1994]

⁵⁷ Haas und Köpke, [1994]

sichtigt: der direkte Energieverbrauch durch Treib- und Schmierstoffe für Feldarbeiten, Abflammen und Trocknung, der indirekte Energieverbrauch für Pflanzenschutzmittel-, Saatgut- und Mineraldüngererzeugung (NPK) und für die Herstellung und Reparatur von Maschinen und Geräten. Tabelle 13 und Tabelle 14 zeigen die geänderten Energiebilanzen der hier verwendeten Futtermittel.

4.2.3.1.1 Energiebedarf für konventionell erzeugte Futtermittel

Bei den Energiebilanzen von Haas und Köpke [1994] für konventionell erzeugte Futtermittel wurden folgende Anpassungen vorgenommen:

Beim Futtermittel Silomais wird anstelle von Wirtschaftsdünger ein Stickstoffmineraldünger aufwand von 165 kg/ha angenommen, was den Gesamtenergiebedarf um 9.157 MJ/ha auf 18.323 MJ/ha erhöht. Für die Erzeugung von Heu wird der Energiebedarf einer Mähweide eingesetzt und unter der Annahme einer Bodentrocknung der Grünmasseertrag von 375 dt auf 78,75 dt Heuertrag umgerechnet⁵⁸. Außerdem wird ein niedrigerer Stickstoffmineraldünger aufwand von 100 kg/ha anstatt 175 kg/ha veranschlagt. Dies verringert den Energiebedarf für Heu um 4.129 MJ/ha auf 13.014 MJ/ha.

Bei Produktion der Sojabohne wird der Energieaufwand für die Produktion von Ackerbohne eingesetzt und ein Ertrag von Sojabohne mit 3.500 kg/ha angenommen. Für Durchschnittserträge von Sojabohne in den Tropen stellt dieser Wert eine optimistische Schätzung dar. Geht man von 1.000 kg/ha Ertrag aus, erhöht sich der Energie- und Flächenbedarf für Sojabohne um das Dreifache. Der Energieaufwand für konventionelle Rinderfütterung erhöht sich entsprechend um ca. 20 -25 %, der Flächenbedarf um 30 - 40 % (siehe, Tabelle 30 Seite 44). Die Werte des Energiebedarfs für Gerste und Winterweizen bleiben unverändert. Unter diesen Voraussetzungen ergeben sich die in Tabelle 13 ersichtlichen Energie- und Flächenbedarfszahlen für konventionell erzeugte Futtermittel.

Tabelle 13: Energie- und Flächenbedarf für Futtermittel aus konventioneller Produktion

	Ertrag	Energieeinsatz		Flächenbedarf
	kg/ha	MJ/ha	MJ/kg	m ² /kg
Silomais TS 27,5	45.000	18.323	0,41	0,22
Heu TS 85	7.800	13.014	1,67	1,28
Soja TS 86	3.500	9.499	2,71	2,86
Gerste TS 86	6.000	16.185	2,70	1,67
Winterweizen TS 86	6.500	17.238	2,65	1,54

Quelle: Haas und Köpke [1994] verändert

⁵⁸ Standarddeckungsbeiträge [1995/96]

4.2.3.1.2 Energiebedarf für ökologisch erzeugte Futtermittel

Bei den Energiebilanzen von Haas und Köpke [1994] für ökologisch erzeugte Futtermittel wurden folgende Anpassungen vorgenommen:

Der Energiebedarf für Gerste aus ökologischer Landwirtschaft wird aus dem Wert der konventionellen Produktion abzüglich des Energiebedarfs für Stickstoffmineraldünger und Pflanzenschutzmittel abgeleitet ($16.185 - 8.325 - 764 = 7.096$ MJ/ha).

Bei Heu wird der Energiebedarf einer ökologisch bewirtschafteten Mähweide eingesetzt und der Grünmasseertrag von 250 dt auf 52,50 dt Heuertrag umgerechnet (siehe oben).

Für Grassilage wird ebenfalls der Energieaufwand einer Mähweide zugrunde gelegt und der Grünmasseertrag von 250 dt auf 128 dt Silage⁵⁹ umgerechnet. Klee gras wird einmal als Grünmasse und einmal als Anwelksilage verwendet, der Grünmasseertrag von 500 dt entspricht einem Silageertrag von 257 dt.

Die Energiebilanzen für Silomais, Ackerbohne, Winterweizen, Klee gras und Grassilage werden unverändert übernommen. Auf Grund der getroffenen Annahmen ergeben sich daher folgende Energie- und Flächenbedarfswerte für ökologisch erzeugte Futtermittel (siehe Tabelle 14).

Tabelle 14: Energie- und Flächenbedarf für Futtermittel aus ökologischer Produktion

	Ertrag	Energieeinsatz		Flächenbedarf
	kg/ha	MJ/ha	MJ/kg	m ² /kg
Silomais TS 27,5	32.000	8.346	0,26	0,31
Heu TS 85	5.200	4.538	0,87	1,92
Ackerbohnen TS 86	4.000	6.238	1,56	2,50
Gerste TS 86	4.000	7.096	1,77	2,50
Winterweizen TS 86	4.000	6.089	1,52	2,50
Klee gras TS ca. 20	50.000	6.577	0,13	0,20
Klee gras-Anwelksilage TS 40	25.700	6.577	0,26	0,39
Grassilage TS 39 %	12.800	4.538	0,35	0,78

Quelle: Haas und Köpke [1994], verändert

⁵⁹ Standarddeckungsbeiträge [1995/96]

4.2.3.2 Energie- und Flächenbedarf für Futterrationen bei konventioneller Produktion

Aus dem Energiebedarf der Feldfrüchte wird an Hand gebräuchlicher Futterrationen der Energieaufwand und der Flächenbedarf von Milchkuh, Kalb und Stier errechnet. Für die Bereitstellung der importierten Eiweißfuttermittel wird eine Produktion in Brasilien angenommen und der Energiebedarf für den Transportaufwand ermittelt. Auswirkungen der Sojaproduktion auf CO₂-Emissionen durch die Rodung des Regenwaldes für die Schaffung von Anbauflächen sind nicht berücksichtigt.

4.2.3.2.1 CO₂-Emissionen beim Transport von Sojabohnen aus Übersee

Die Entfernung Brasilien Europa beträgt 10.200 km. Als Transportmittel wird ein Hochseeschiff verwendet. In Kjer et al. [1994] werden verschiedene Quellenangaben (Knisch [1992], BUWAL [1991], GEMIS) über den Dieserverbrauch und die Emissionen von Hochseetankern miteinander verglichen. Kjer et al. [1994] verwendet die GEMIS-Daten, da sie gut innerhalb der Bandbreite der anderen Werte liegen, weshalb sie auch an dieser Stelle für die Berechnung herangezogen werden. Der Energieaufwand bzw. die Emissionen für 1.000 Tonnenkilometer betragen 122,8 MJ oder 9.396,6 g CO₂-Äquivalent. Der Transport von 1 kg Soja von Brasilien nach Europa benötigt daher 1,25 MJ Energie oder verursacht 96 g CO₂-Äquivalent.

Tabelle 15: Ferntransport mit einem Hochseeschiff

Menge * Weg	Energieverbrauch	CO ₂ -Äquivalent
1.000 tkm	122,80 MJ	9.396,6 g
1kg Ware 10.200 km mit d. Hochseeschiff transportiert	1,25 MJ	96,0 g

Für den Binnentransport auf dem Europäischen Kontinent wird eine Strecke von ca. 1.000 km (z.B. Hamburg - Wien) angenommen. Der LKW ist zu 100 % ausgelastet und fährt zum überwiegenden Teil auf der Autobahn. Aus Kjer et al. [1994] werden die Emissionswerte für einen 40 t LKW-Zug übernommen. Sowohl für den Schiffstransport, als auch für den LKW-Transport wird angenommen, daß bei der Rückfahrt andere Waren transportiert werden, also keine Leerfahrten erfolgen. Das Ergebnis bezieht sich auf die einfache Fahrt.

Tabelle 16 Transport mit 40 t LKW-Zug

	Energieverbrauch	CO ₂ -Äquivalent
1 kg Ware 1.000 km mit 40 t LKW-Zug transportiert	0,6768 MJ	55,4 g

Beim Ferntransport von 1 kg Sojabohnen von Brasilien nach Österreich entstehen daher unter den getroffenen Annahmen in Summe Emissionen von 151,4 g CO₂-Äquivalent bei einem Energieaufwand von 1,93 MJ.

Die Umrechnung von Energieaufwand in CO₂-Emissionen entspricht einem aggregierten CO₂-Emissionsfaktor von 78,44 g/MJ für Schiffs- und Straßentransport. Dieser Faktor weicht vom CO₂-Emissionsfaktor für konventionell erzeugte Futtermittel 77,5 g/MJ nur geringfügig ab (Siehe Kapitel 4.2.2, S 32).

Um den Rechenaufwand zu minimieren, wird daher bei der Umrechnung von Energie in CO₂-Emissionen sowohl für den Transport als auch für konventionell erzeugte Futtermittel der gleiche Faktor (77,5 g/MJ) verwendet.

Quantifizierung des Sojaimports

Insgesamt wurden im Jahr 1994 nach Österreich 465.300 t Soja in Form von „Anteile und Rückstände aus Soja“ und „Ölkuchen aus Soja“ importiert (Außenhandelsstatistik 1994⁶⁰).

Der Import von Sojabohnen, die nicht als Saatgut dienen, betrug im Jahr 1994 1.342 t. Die Inlandsproduktion hat sich in der Zeit von 1990 bis 1993 auf 125.300 t versiebenfacht und ist 1995 wieder auf ein Viertel der Produktionsmenge von 1993 zurückgegangen⁶¹. Der Anstieg ist auf die Förderungen der Alternativkulturen, der Rückgang vor allem auf ÖPUL-Flächenstilllegungen in Zusammenhang mit dem EU-Beitritt zurückzuführen. Importzahlen für 1995 sind wegen der künftigen Zerteilung der Außenhandelsstatistik in EU-Länder und Drittländer dzt. nicht verfügbar (Siehe Tabelle 17).

Tabelle 17: Österreichisches Aufkommen an Soja in t

	1990	1993	1994	1995
Anteile, Rückstände und Ölkuchen aus Soja Einfuhr	468.000		465.300	
Sojabohnen Inlandsproduktion	17.700	125.300	104.900	31.100
Einfuhr	3.146	4.623	1.342	
Ausfuhr	703	26.810	25.884	
Inlandsverwendung	21.549	103.113	80.358	

Quelle: AMA Außenhandelsstatistik 1990, 1993, 1994, Kapitel 12.01, Grüner Bericht 1994, 1995

Österreich importierte im Jahr 1994 465.300 t Soja in Form von „Anteile und Rückstände aus Soja“ und „Ölkuchen aus Soja“⁶².

Unter der Annahme, daß diese 465.300 t zur Gänze aus Brasilien kommen, betragen die Emissionen für den Transport 70.454 t CO₂-Äquivalent.

⁶⁰ Außenhandelstatistik 1994, Kapitel 23.04 00 900 und 23.04 00 100

⁶¹ AMA Außenhandelstatistik für 1990, 1993, 1994, Kapitel 12.01

⁶² Außenhandelstatistik 1994, Kapitel 23.04 00 900 und 23.04 00 100

4.2.3.2.2 Energie- und Flächenbedarf der Milchkuh bei konventioneller Produktion

Die Fütterung der Milchkuh:

In Österreich sind Zweinutzungsrasen in der Rinderwirtschaft vorherrschend. Daher wird ein Teil des Energiebedarfs für Futtermittel der Milcherzeugung, der andere Teil dem Kalb zugerechnet. Die Allokation erfolgt entsprechend dem wirtschaftlichen Nutzen der Kuppelprodukte (ca. öS 20.000,-- Erlös für die Milch und öS 5.000,-- Erlös für das Kalb) im Verhältnis 4 : 1. Die Ration für die Kuh mit 4.000 kg Milchleistung bei ganzjähriger Stallhaltung in einem Ackergrünlandbetrieb⁶³ besteht aus 20 kg Maissilage, 8 kg Heu, 0,7 kg Sojaschrot und 1 kg Gerstenschrot pro Tag (Tabelle 18).

Tabelle 18: Futterration der Milchkuh bei konventioneller Produktion

	Ration / Tag in kg	Bedarf / Jahr in kg
Maissilage	20	7.300,0
Heu	8	2.920,0
Sojaschrot	0,7	255,5
Gerstenschrot	1	365,0

Quelle: Löhrl [1983], S 194

Die Berechnung des Energiebedarfs für die Fütterung Milchkuh erfolgt auf Basis des Jahresfutterbedarfs der einzelnen Futtermittel (Tabelle 18) und den in Tabelle 13 erstellten Energieeinsätzen. Zu dieser Zahl muß aber noch der Energiebedarf für den Transport von Soja aus Übersee addiert werden.

Für die Futterration der Milchkuh sind 255,5 kg Soja erforderlich, was einem zusätzlichen Energieaufwand für den Transport von 493,1 MJ oder 38.215 g CO₂-Äquivalent entspricht (Siehe Tabelle 19).

Vom Gesamtenergieaufwand werden anteilmäßig 80% der Milch und 20% dem Kalb zugerechnet (Tabelle 19). Aus dem Energiebedarf der Milch von 8.012,35 MJ/a bei 4.000 kg Jahresmilchleistung wird ein Energieeinsatz von 2,00 MJ für 1 Kilogramm Milch bei konventioneller Erzeugung abgeleitet.

⁶³ Löhrl [1983]

Tabelle 19: Energie- und Flächenbedarf einer Milchkuh mit 4000 kg Milchleistung pro Jahr

konventionelle Fütterung	Energiebedarf		Fläche/Jahr
	MJ / a	%	m ²
Maissilage	2.972,40	30	1.622
Heu	4.871,91	48	3.744
Sojaschrot	693,43	7	730
<i>Transportaufwand Soja</i>	493,12	5	-
Gerstenschrot	984,59	10	608
Summe Milchkuh	10.015,43	100	6.704
80 % der Milch	8.012,35	80	
20 % dem Kalb zugerechnet	2.003,09	20	

Quelle: eigene Berechnungen

Aus dem Jahresfutterbedarf, den entsprechenden Energieeinsätzen und dem Transportaufwand ergibt sich ein Energiebedarf für die konventionelle Fütterung der Milchkuh von 10.015 MJ/Jahr und ein Flächenbedarf von 0,6704 ha/Jahr.

4.2.3.2.3 Energie- und Flächenbedarf des Kalbes bei konventioneller Produktion

Die Fütterung des Kalbes:

Die Futtermittelration für Kälberaufzucht über einen Zeitraum von 16 Wochen setzt sich aus 30 kg Milchaustauschfutter oder 195 kg Vollmilch, 130 kg Kälberstarter, 20 kg Heu und 140 kg Maissilage zusammen (Tabelle 20) ⁶⁴. Da aus dem Fütterungsaufwand für die Kuh der Energiebedarf von Milch abgeleitet werden kann und diese Zahl verfügbar ist, wird in diesem Beispiel eine Ration mit Vollmilch angenommen. Der Energiebedarf für 1 Kilogramm Milch beträgt 2,00 MJ/kg.

Kälberstarter sind Futtermittelmischungen mit unterschiedlichen Rezepturen. In diesem Beispiel wird ein Futtermittel, das zu 30% aus Sojaschrot und zu 70% aus Getreideschrot besteht, eingesetzt. Der Energieeinsatz dafür beträgt, unter Berücksichtigung des Ferntransports für Soja 3,28 MJ/ kg Kälberstarter.

⁶⁴ Löhr [1983], S 206

Tabelle 20: Futterration des Kalbes bei konventioneller Produktion

Bedarf für 16 Wochen	kg
Vollmilch	195
Kälberstarter	130
Heu	20
Maissilage	140

Quelle: Löhr [1983], S 206

Außerdem werden dem Kalb 20% des Energiebedarfs der Kuh, das sind 2.003,09 MJ zugeordnet. Somit ergibt sich für die Aufzucht eines Kalbes in 16 Wochen ein Energiebedarf von 2.910,65 MJ und ein Flächenbedarf von 0,1929 ha/Jahr (Tabelle 21).

Tabelle 21: Energie- und Flächenbedarf für 16 Wochen für die Kälberaufzucht bis 130 kg LG

konventionelle Fütterung	Energiebedarf		Fläche/Jahr
	MJ/16 Wochen	%	m ²
20 % der Kuhhaltung	2.003,09	69	1.341
Vollmilch	390,60	13	261
Kälberstarter	426,59	15	251
Heu	33,37	1	26
Maissilage	57,00	2	31
Summe Kälberaufzucht	2.910,65	100	1.910

Quelle: eigene Berechnungen

Die konventionelle Aufzucht eines Kalbes in einem Zeitraum von 16 Wochen erfordert einen Energiebedarf von 2.911 MJ und einen Flächenbedarf von 0,1929 ha/Jahr.

4.2.3.2.4 Energie- und Flächenbedarf des Stieres bei konventioneller Produktion

Die Stiermast:

In der Wirtschaftsmast bei konventioneller Produktion ist teigreife Maissilage das wichtigste Futtermittel, das durch Kraftfutter und Rauhfuttermittel ergänzt wird. Die Futterration für die Mast besteht aus Heu, Maissilage, Soja und Gerste bei einer Mastdauer von 540 Tagen mit 1000 g Tageszunahme (Tabelle 22).

Tabelle 22: Futterration für einen Maststier bei konventioneller Produktion

Bedarf für 540 Tage	kg
Heu	540
Maissilage	10.440
Sojaschrot	338
Gerstenschrot	743

Quelle: Löhr [1983], S 216

In der Stiermast beträgt der Energiebedarf der Fütterung bei konventioneller Wirtschaftsweise daher für eine Mastperiode von 540 Tagen 8.725,82 MJ bei einem Flächenbedarf von 0,5216 ha (Tabelle 23). Für die gesamte Stieraufzucht, einschließlich der Kälberfütterung, sind das 11.636,47 MJ bei einem Flächenbedarf von 0,7127 ha/ Jahr.

Tabelle 23: Energie- und Flächenbedarf für die Jungstiermast 150 - 690 kg, 540 Masttage, 1000 g Tageszunahme

konventionelle Fütterung	Energiebedarf		Fläche/Jahr
	MJ/540d	%	m ²
Heu	900,97	8	692
Maissilage	4.250,94	37	2.320
Sojaschrot	917,33	8	966
<i>Transportaufwand Soja</i>	652,34	6	
Gerstenschrot	2.004,24	17	1.238
Summe Jungstiermast	8.725,82	(75)	5.216
Summe Kälberaufzucht	2.910,65	25	1.910
Total konventionell	11.636,47	100	7.127

Quelle: eigene Berechnungen

Die gesamte Stieraufzucht inklusive der Kälberfütterung erfordert bei konventioneller Haltung und einer Mastdauer von 540 Tagen 11.636 MJ Energie und hat einem Flächenbedarf von 0,7127 ha/Jahr.

4.2.3.3 Energie- und Flächenbedarf für Futterrationen bei ökologischer Produktion

4.2.3.3.1 Energie- und Flächenbedarf der Milchkuh bei ökologischer Produktion

Die Fütterung der Milchkuh:

Die Allokation der Kuppelprodukte erfolgt analog zur konventionellen Produktion. Es wird zwischen Sommer- und Winterfütterung unterschieden, und auf andere Zusammensetzungen der Übergangsfütterung nicht eingegangen. Die beiden Fütterungsvarianten erstrecken sich daher über einen Zeitraum von je 182 Tagen. Die Sommerration besteht aus Klee gras, Heu und Gerste, die Winterration aus Heu, Grassilage und Gerstenschrot ⁶⁵ (Tabelle 24).

Tabelle 24: Futterration der Milchkuh bei ökologischer Produktion (650 kg LG 25 l Milch)

Sommer	Ration / Tag in kg	Bedarf / 182 Tage in kg
Klee gras	75	13.650
Heu	2	364
Gerste	2	364
Winter	Ration / Tag in kg	Bedarf / 182 Tage in kg
Heu	12	2.184
Grassilage	14	2.548
Gerstenschrot	2	364

Quelle: Haiger, Storhas, Bartussek 1988, Herrmann, Plakolm, [1991]

Aus den Energieeinsätzen für Futtermittel aus ökologischer Produktion ergibt sich daher ein Gesamtenergiebedarf von 6213,96 MJ und ein Flächenbedarf von 1,14 ha für 1 Jahr, von dem 80% der Milchproduktion und 20% dem Kalb zugerechnet werden. Aus dem Energiebedarf von 4971,17 MJ bei 4000 kg Jahresmilchleistung wird ein Energieeinsatz von 1,24 MJ für 1 Kilogramm Milch aus ökologischer Produktion abgeleitet.

⁶⁵ Haiger, Storhas, Bartussek 1988, Herrmann, Plakolm, [1991]

Tabelle 25: Energie und Flächenbedarf pro Jahr für eine Milchkuh mit 4.000 kg Milchleistung

ökologische Fütterung	Energiebedarf		Fläche/Jahr
Sommerfütterung	MJ/ha	%	m ²
Kleegrass 18	1.795,52	29	2.730
Heu	317,66	5	700
Gerste 87	645,74	10	910
Summe	2.758,92	44	4.340
Winterfütterung	MJ/ha	%	m ²
Heu 85	1.905,96	31	4.200
Grassilage	903,35	15	1.991
Getreideschrot	645,74	10	910
Summe	3.455,04	56	7.101

	MJ/ha	%	m ²
Sommer	2758,92	44	4.340
Winter	3.455,04	56	7.101
Summe Kuh für 1 Jahr	6.213,96	100	11.441
80 % der Milch zugeordnet	4.971,17	80	9.153
20 % dem Kalb zugeordnet	1.242,79	20	2.288

Quelle: eigene Berechnungen

Die ökologische Fütterung der Milchkuh über einen Zeitraum von einem Jahr erfordert einen Energiebedarf von 6.214 MJ und hat einen Flächenbedarf von 1,14 ha/Jahr.

4.2.3.3.2 Energie- und Flächenbedarf des Kalbes bei ökologischer Produktion

Die Fütterung des Kalbes:

Es wird die gleiche Futtermittelration wie im konventionellen Landbau angenommen. Der Energiebedarf für 1 kg Milch wird aus 80% Jahresenergiebedarfs der Milchkuh und deren Milchleistung errechnet und beträgt 1,24 MJ/kg. Für den Kälberstarter wird ein Futtermittel aus 30% Ackerbohnsenschrot und 70% Getreide eingesetzt.

Tabelle 26: Futtermittelration des Kalbes bei ökologischer Produktion

Bedarf für 16 Wochen	kg
Vollmilch	195
Kälberstarter	130
Heu	20
Maissilage	140

Quelle: Löhr [1983], S 206

Dem Kalb werden 20% des Energiebedarfs der Kuh, das sind 1242,79 MJ angerechnet. Auf Grund der Energieeinsätze für Futtermittel aus ökologischer Produktion ergibt sich daher für die Kälberaufzucht für 16 Wochen ein Gesamtenergiebedarf von 1761,36 MJ bei einem Flächenbedarf von 0,3142 ha/ Jahr.

Tabelle 27: Energie und Flächenbedarf pro Jahr in der Kälberaufzucht 16 Wochen bis 130 kg LG

	Energiebedarf		Fläche/Jahr
	MJ/16 Wo	%	m ²
20 % der Kuhhaltung	1.242,79	70	2.288
Vollmilch (kg)	242,34	14	446
Kälberstarter	222,25	13	325
Heu	17,45	1	38
Maissilage	36,51	2	44
Summe Kälberaufzucht	1.761,36	100	3.142

Quelle: eigene Berechnungen

Die Kälberaufzucht unter ökologischen Bedingungen über einen Zeitraum von 16 Wochen hat einen Energiebedarf von 1.761 MJ und einen Flächenbedarf von 0,3142 ha/Jahr.

4.2.3.3 Energie- und Flächenbedarf des Stieres bei ökologischer Produktion

Die Stiermast:

Im ökologischen Landbau hat die Stiermast einen anderen Stellenwert als in der konventionellen Produktion. Mais steht aus pflanzenbaulichen Gründen (später Bestandesschluß, Erosionsgefährdung in Hanglagen) und aus Gründen der Fruchtfolge nicht in dem gleichen Ausmaß wie im konventionellen Landbau zur Verfügung. Maissilage wird aus diesem Grund in der Mast selten verwendet und durch Ganzpflanzensilage ersetzt. Wesentlich ist die Erzielung einer möglichst guten Grundfutterqualität, um einen hohen Anteil des Nährstoffbedarfs aus dem Grundfutter abzudecken. Trotzdem sind in Ergänzung dazu Kraftfuttergaben notwendig. Eine Mastdauer von 480 Tagen mit 900 g Tageszunahme und einem Mastendgewicht von 600 kg kann mit einer Futterration aus Heu, Klee gras und Gerste bestritten werden ⁶⁶ (Tabelle 28).

Tabelle 28: Futterration für einen Maststier bei ökologischer Produktion

Bedarf für 480 Tage	kg
Heu	480
Klee gras an welksilage	7103
Gerste-Ackerbohnen schrot	720

Quelle: Herrmann und Plakolm [1991]

Der Gesamtenergiebedarf zur Bereitstellung von Futtermitteln für die Stiermast beträgt daher für 480 Tage bei ökologischer Wirtschaftsweise 3.436,71 MJ bei einem Flächenbedarf von 0,5487 ha. Gemeinsam mit der Aufzucht des Kalbes sind das 5198,07 MJ bei einem Flächenbedarf von 0,8628 ha/Jahr (Tabelle 29).

Tabelle 29: Energie- und Flächenbedarf Wirtschaftsmast 150-600 kg, 480 Masttage, 900 g Tageszunahme

	Energiebedarf		Fläche/Jahr
	MJ/480d	%	m ²
Heu 85	418,89	8	923
Klee grassilage TS 40	1.817,76	35	2.764
Gerste-Ackerbohnen schrot	1.200,06	23	1.800
Summe Wirtschaftsmast	3.436,71	(66)	5.487
Summe Kälberaufzucht	1761,36	34	3.142
Total ökologisch	5198,07	100	8.629

Quelle: eigene Berechnungen

Die Stiermast unter ökologischen Bedingungen inklusive der Aufzucht des Kalbes und einer Mastdauer von 480 Tagen erfordert 5.198 MJ Energie und hat einen Flächenbedarf von 0,8628 ha/Jahr.

⁶⁶ Herrmann, Plakolm [1991]

4.2.3.4 Übersicht über den Energie- und Flächenbedarf von Milchkuh, Kalb, und Stier bei ökologischer und bei konventioneller Produktion

Tabelle 30 stellt den Energie- und Flächenbedarf der beiden Produktionsweisen für die Fütterung von Milchkuh, Kalb, und Stier gegenüber.

Dabei zeigt sich, daß der **Energieaufwand** unter Verwendung der angeführten Futterrationen bei **ökologischer Wirtschaftsweise** für eine Laktationsperiode der **Milchkuh** und für die **Kälberaufzucht** ungefähr um **38-40%**, bei der **Stiermast** um **56% geringer** ist, als bei konventioneller Produktion.

Die benötigte **Fläche** für die Futtermittelproduktion im **ökologischem Landbau** ist, bei den gegebenen Ertragsunterschieden zwischen den beiden Produktionsweisen, bei **Milchkuh und Kälberaufzucht** um ca. **zwei Drittel**, bei der **Stiermast** um **20% höher**, als bei konventioneller Wirtschaftsweise.

Bei der Berechnung des Energieaufwands für importierte Eiweißfuttermittel wurde von einem Sojabohnenertrag von 3.500 kg / ha ausgegangen, einer für die Tropen optimistische Ertrags-einschätzung. Der Energieaufwand für konventionelle Rinderfütterung (Tabelle 30) erhöht sich entsprechend um ca. 20 -25 %, der Flächenbedarf um 30 - 40 %, wenn statt 3.500 kg / ha ein Sojabohnenertrag von 1.000 kg / ha eingesetzt wird.

Tabelle 30: Energie- und Flächenbedarf der benötigten Futtermittel für die Rinderhaltung

	konventionell		ökologisch	
Energiebedarf	MJ	%	MJ	%
Milchkuh für ein 1 Jahr	10.015,43	100	6.213,96	62
Kälberaufzucht für 16 Wochen	2.910,65	100	1.761,36	60
Stiermast für 540 Tage / 480 Tage ⁶⁷	11.636,47	100	5.198,07	44
Flächenbedarf / Jahr	m ²	%	m ²	%
Milchkuh für ein 1 Jahr	6.704	100	11.441	170
Kälberaufzucht für 16 Wochen	1.910	100	3.124	163
Stiermast für 540 Tage / 480 Tage	7.127	100	8.628	121

Quelle: eigene Berechnungen

⁶⁷ 540 Tage bei der konventionellen, 480 Tage bei der ökologischen Variante

4.2.3.5 Energie- und Flächenbedarf für 1 kg Rindfleisch

In diesem Abschnitt soll der Energie- und Flächenbedarf für die Erzeugung von 1 kg Rindfleisch dargestellt werden (Tabelle 31). Die Schlachtausbeute beträgt bei Stieren, wenn sie aus konventioneller Produktion stammen 56% des Lebendgewichts, bei Stieren aus ökologischer Produktion 53%. Bei extensiver Haltung und Fütterung ist der Anteil der übrigen, nicht für den menschlichen Verzehr geeigneten Körperpartien etwas höher.

Da an dieser Stelle die CO₂-Emissionen von 1 kg Schnitzelfleisch erhoben werden sollen, wird für die Berechnungen jedoch nicht die Schlachtausbeute, sondern der Hauptproduktanteil herangezogen. Der **Hauptproduktanteil**, der den Konsumenten unmittelbar erreicht, besteht im wesentlichen aus **Muskelfleisch** (ohne Einbeziehung von Innereien, Fettabschnitten etc.) und umfaßt bei Maststieren **44% des Lebendgewichts**⁶⁸.

Aus den unterschiedlichen Mastendgewichten von 690 kg bei konventioneller und 600 kg bei ökologischer Produktion ergeben sich bei 44% 303,6 kg bzw. 264,0 kg Hauptproduktanteil.

Tabelle 31: Energie und Flächenbedarf für 1 kg Rindfleisch aus konventioneller und aus ökologischer Produktion

	konventionell	ökologisch
Mastendgewicht in kg	690,00	600,00
Hauptproduktanteil 44%	303,60	264,00
Energiebedarf für 1 kg Fleisch in MJ	38,33	19,69
Flächenbedarf für 1 kg Fleisch in m ²	22	33

Quelle: eigene Berechnungen, siehe Tabelle 23, Tabelle 29 und Tabelle 30

Ein nach den Richtlinien des ökologischen Landbaus erzeugtes Kilogramm Rindfleisch hat demnach einen Energieverbrauch der um 51 % niedriger ist und einen Flächenbedarf der um 50 % höher ist als ein konventionell erzeugtes Kilogramm Rindfleisch.

Bei einem Vergleich der beiden Produktionsweisen hinsichtlich der **eingesetzten Energie** und dem **Energieinhalt** der Produkte zeigt sich folgendes Bild:

1 kg Fleisch hat einen Energiegehalt von durchschnittlich 5 MJ (=1181 kcal), wobei rund 50% der Energie auf den Fettgehalt des Fleisches zurückgeführt werden können⁶⁹. Daher beträgt die Output-Input-Differenz zwischen fossilem Energieeinsatz und dem Energiegehalt

⁶⁸ ÖVAF-Studie, Riedler [1996]

⁶⁹ Elmadfa I., B. Godina-Zarfl et al. [1994] 1. Wiener Ernährungsbericht

von Fleisch aus **ökologischer Erzeugung -15 MJ pro kg** Fleisch und aus **konventioneller Produktion**

-33 MJ pro kg Fleisch.

Die Differenz von gewonnener und eingesetzter Energie ist bei ökologischer Erzeugung um mehr als die Hälfte geringer als bei konventioneller. 1 kg konventionell erzeugtes Rindfleisch benötigt mehr als sieben mal soviel Energie, 1 kg ökologisch erzeugtes Rindfleisch nur vier mal soviel Energie als an Energiegehalt im Nahrungsmittel enthalten ist.

1 kg Milch hat einen Energiegehalt von 2,76 MJ (=652 kcal), wobei ebenfalls ca. 50% der Energie auf dem Fettgehalt beruhen⁷⁰. Bei 4.000 kg Jahresmilchleistung wird ein fossiler Energieeinsatz für Futtermittel von 2,00 MJ für 1 kg Milch aus konventioneller Erzeugung und von 1,24 MJ für 1 kg Milch aus ökologischer Produktion ermittelt. Die Output-Input-Differenz beträgt daher bei Milch aus **konventioneller Produktion +0,76 MJ/kg** und bei Milch aus **ökologischer Produktion +1,52 MJ/kg**.

Sie ist damit in beiden Fällen positiv, jedoch beträgt die Energieeinsparung bei ökologischer Produktion gegenüber konventioneller Erzeugung immerhin 50%.

Tabelle 32: Energieeinsatz und Energiegehalt von Fleisch und Milch aus ökologischer und konventioneller Produktion

	MJ Energie	konventionell	ökologisch
Fleisch	Input	38	20
	Output	5	5
	OI-Differenz	- 33	- 15
Milch	Input	2,0	1,2
	Output	2,7	2,7
	OI-Differenz	+ 0,7	+ 1,5

4.2.3.6 Emissionen in CO₂-Äquivalent für Vorleistungen in der Rinderaufzucht

Aus den Energiebedarfswerten für 1 kg Fleisch in Tabelle 31 und den Emissionsfaktoren in Tabelle 12 ergeben sich folgende CO₂-Emissionswerte für die Prozeßstufe *Landwirtschaftliche Vorleistungen*.

⁷⁰ Elmadfa I., B. Godina-Zarfl et al. [1994] 1. Wiener Ernährungsbericht

Tabelle 33: CO₂-Äquivalent pro Kilogramm Rindfleisch aus konventioneller und aus ökologischer Produktion

	konventionell	ökologisch
g CO ₂ / kg Fleisch	2.971	1.811

Der Energieeinsatz der Vorleistungen (einschließlich Pflanzenproduktion für Futtermittel) in der Rindermast verursacht 2,97 kg CO₂ / kg Fleisch bei konventioneller und 1,81 kg CO₂ / kg Fleisch ökologischer Produktion.

4.2.4 Landwirtschaftliche Produktion

Die emittierten treibhauswirksamen Gase sind Kohlendioxid durch fossilen Energieverbrauch, Methan durch die Rinderhaltung und Lachgas durch Freisetzung aus dem Boden. Wie schon in Abschnitt 4.2 beschrieben ist die Prozeßstufe *Landwirtschaftliche Produktion* hier in einem engeren Sinn als Rindermast definiert. Energiebedingte CO₂-Emissionen des Pflanzenbaus für die Rinderhaltung wurden in der Prozeßstufe *Vorleistungen* bei der Erzeugung von Futtermitteln behandelt. Der Energieaufwand für die Stallhaltung (Entmistungs- und Fütterungssysteme, Melktechnik, Beleuchtung, Lüftung, Heizung) beträgt nach Kjer et al. [1994] 1 - 4% des gesamten Energieverbrauchs für Futtermittel, und wird daher nicht weiter untersucht. In diesem Kapitel werden verdauungsbedingte Methanemissionen, lagerungsbedingte Methanemissionen aus den Exkrementen der Tierhaltung sowie mineraldüngerbedingte Lachgasemissionen aus dem Boden betrachtet.

4.2.4.1 Methanemissionen

Emissionen treten einerseits bei der Lagerung von Festmist und Gülle andererseits bei der Verdauung der Wiederkäuer auf und werden u.a. durch Menge und Zusammensetzung der Futterrationen beeinflusst. Intensivere Fütterung führt absolut zu höheren Methanemissionen. Bezogen auf 1 kg Milch ist die extensive Fütterung aber ungünstiger. Das Emissionspotential ist 25g CH₄/kg Milch bei einer Milchleistung von 10 kg/d, im Vergleich zu 15 g CH₄/kg Milch bei einer Milchleistung von 26 kg/d⁷¹.

Verdauungsbedingte Methanemissionen können relativ genau geschätzt werden. Emissionen, die während der Lagerung entstehen, werden von der Fütterung, vom Haltungs- und Entmistungssystem, der Art und Dauer der Lagerung und der Lagertemperatur beeinflusst. Ihre

⁷¹ Boxberger et al. [1994], Kirchgessner et al., 1990

Schätzung ist daher mit einer gewissen Unsicherheit behaftet⁷². Für die folgenden Berechnungen werden Emissionsfaktoren des Umweltbundesamts Berlin [1993] verwendet (Tabelle 34). Bei den lagerungsbedingten Emissionen wird eine tatsächliche Emission von 10% des theoretischen **Methanbildungspotentials**⁷³ angenommen. Siehe auch Kap. 6.1.1 Lagerungsbedingte Methanemissionen.

Tabelle 34: Verdauungs- und lagerungsbedingte Methanemissionen in der Rinderhaltung

	Verdauung	Lagerung	Gesamt
	kg/a	kg/a	kg/a
Milchkuh	99,8	18,14	117,9
Kalb Alter 3-6 Monate	20,9	5,90	26,8
Maststier	65,0	18,14	83,14

Für die Ermittlung der Methanemissionen eines Stiers - von der Geburt des Kalbes bis zur Schlachtung - wird analog der Berechnung des fütterungsbedingten Energieaufwands für den Maststier vorgegangen. 20% der Emissionen der Milchkuh werden dem Kalb zugeordnet, hinzu kommen die Emissionen eines Kalbes für den Zeitraum der Aufzucht und die Emissionen des Stiers für den Zeitraum von 540 Masttagen. In Summe ergibt das 154,81 kg CH₄-Emissionen für die gesamte Lebensdauer eines Maststiers (Tabelle 35).

Tabelle 35: Methanemissionen eines Maststiers vom Geburt des Kalbes bis zur Schlachtung

kg Methan / Stier	Verdauung	Lagerung	Gesamt
20 % Anteil Milchkuh	19,96	3,63	23,59
Kalb für 16 Wochen	6,41	1,81	8,22
Maststier 540 Tage	96,16	26,84	123,00
Maststier 480 Tage	85,48	23,85	109,33
Gesamtemissionen bei 540 Tagen Mast	122,53	32,28	154,81
Gesamtemissionen bei 480 Tagen Mast	111,85	2 9,29	141,14

Die Umrechnung der Methanemissionen in CO₂-Äquivalent erfolgt mit Hilfe des Klassifizierungsfaktors nach Heijungs [1992] für einen Zeitraum von 100 Jahren (GWP 100, siehe Kap. 1.1.) und ergibt die folgenden Werte.

⁷² Boxberger et al. [1994]

⁷³ Faktoren Umweltbundesamt Berlin [1993]

Tabelle 36: Emissionswerte in kg CO₂-Äquivalent pro Maststier und pro kg Fleisch

	Verdauung	Lagerung	Gesamt
CO ₂ -Äquivalent in kg/Stier 540 Masttage	1.347,83	355,08	1.702,91
CO ₂ -Äquivalent kg / kg Fleisch ₁₎	4,44	1,17	5,61
CO ₂ -Äquivalent in kg/Stier 480 Masttage	1.230,35	322,19	1.552,54
CO ₂ -Äquivalent kg / kg Fleisch ₂₎	4,66	1,22	5,88

Quelle: eigene Berechnungen; (Definition von Hauptproduktanteil: siehe Kap. 4.2.3.5 S 47)

1) Lebendgewicht 690 kg; 303,6 kg Hauptproduktanteil = 44%

2) Lebendgewicht 600 kg; 264 kg Hauptproduktanteil = 44%

Eine kürzere Mastdauer von 480 Tagen bei einem geringerem Lebendgewicht von 600 kg (Ökologische Produktion) wirkt sich in diesem Fall nur geringfügig auf die CO₂-Äquivalent/kg Fleisch aus. 141 kg CH₄-Emissionen entsprechen 1.553 kg CO₂-Äquivalent pro Tier. Das ergibt pro kg Fleisch 5,88 kg CO₂ -Äquivalent und ist ein nur geringfügig höherer Wert als bei längerer Mastdauer. Für die weiteren Berechnungen wird daher 5,61 kg CO₂ -Äquivalent/kg Fleisch verwendet.

4.2.4.2 Lachgasemissionen

Wie in Kapitel 2.2 beschrieben, ist eine umfassende Quantifizierung von Lachgasemissionen aus Böden, bedingt durch die Vielfalt der wirkenden und wechselwirkenden Faktoren, nicht möglich. Es werden daher nur jene N₂O-Mengen geschätzt, die auf Stickstoffmineraldünger zurückgeführt werden können. Dies ist vor allem deshalb sinnvoll, weil durch geänderte Formen der Bewirtschaftung gerade dieser Nutzungsfaktor⁷⁴ beeinflusst werden kann und ein Reduktionspotential besteht.

Als Basis für die Schätzung der Lachgasemissionen durch ausgebrachten Stickstoffmineraldünger, wird die Fläche zur Bereitstellung der Futtermittel für einen Maststier, das sind 0,7127 ha, herangezogen. Es wird angenommen, daß die gesamte Fläche mit 75 kg N/ ha (einem durchschnittlichen jährlichen Düngeraufwand) gedüngt wird. Diese Betrachtungsweise ist stark vereinfacht und stellt eine Überschätzung der Lachgasemissionen dar. Dabei muß betont werden, daß Ausgasungen des Wirtschaftsdüngers und anderer Quellen aus den oben erwähnten Gründe nicht berücksichtigt werden. Ryden [1981]⁷⁵ gibt einen Emissionsfaktor von Ø 1,3% N₂O-N der ausgebrachten Stickstoffmineraldüngermenge an. Unter diesen Voraussetzungen erhält man 2,3 g mineraldüngerbedingtes Lachgas / kg Fleisch bzw. 618 g CO₂-Äquivalent / kg Fleisch (siehe Tabelle 37).

⁷⁴ Siehe Tab 6 in Kap 2.2

⁷⁵ zit. in Beese [1994]

Tabelle 37: N-Mineraldüngerbedingtes N₂O

Fläche für 1 Maststier	ha/ Jahr	0,7127
N-Mineraldüngung/ha*Jahr	kg	75
N ₂ O-N-Ausgasung	%	1,3
N ₂ O-N-Ausgasung/ha*Jahr	kg	0,975
N ₂ O-N-Ausgasung/Futterfläche Stier*Jahr	kg	0,69
N ₂ O-N-Ausgasung/kg Fleisch ¹⁾	kg	0,00229
Lachgas in CO ₂ -Äquivalent/kg Fleisch ²⁾	kg	0,618

1) bei 690 kg Lebendgewicht und 303,60 kg Hauptproduktanteil;

2) bei GWP 100 (Global Warming Potential von 100), siehe S 5, erster Absatz und Tabelle 2.

4.2.5 Verarbeitung

Bei der Verarbeitung von Fleisch ist der Energiebedarf der Schlachtung der wesentliche treibhausrelevante Faktor. Der entsprechende CO₂-Emissionswert ist der Studie Arthur D. Little [1993] über den Umwelteinfluß des Verzehrs von Schweinefleisch entnommen⁷⁶. Bei der Gewinnung von 1 kg Schweinefleisch wird für die **Schlachtung** ein CO₂-Äquivalenzwert von **100 g CO₂ -Äquivalent / kg Fleisch** angegeben. Wegen des geringen Anteils an der Gesamtbilanz wird auf eine weitere Differenzierung unterschiedlicher Ausprägungen verzichtet.

4.2.6 Distribution und Konsument

Je nach Umfang hat der Transportweg des Produkts und der benötigten Hilfsstoffe einen mehr oder weniger großen Anteil an den treibhausverursachenden Emissionen der Produktionskette. Da das *Verhalten* der Konsumenten nicht einheitlich ist, wird mit Szenarien gearbeitet. Die hier dargestellten Szenarien beruhen auf Annahmen, die bei einem Workshop in Grimmenstein zum Thema „Landwirtschaft und Klimabündnis“ im Februar 1996 im Arbeitskreis „Nahversorgung - Direktvermarktung“ erarbeitet wurden. Die CO₂-Emissionswerte für LKW und PKW sind dem Kapitel „Tiertransport“ der Studie Kjer et al. [1994], Landwirtschaft und Ernährung entnommen.

⁷⁶ Arthur D. Little [1993]

4.2.6.1 Transportszenarien

Szenario 1: Einkauf im Supermarkt von Grimmenstein

Mastrinder werden von der Produktionsstätte, einem Landwirt in Grimmenstein, zu einem Schlachthof in die Südsteiermark gebracht und dort geschlachtet. Die Rinderhälften gelangen von dort in das Zentrallager der Lebensmittelkette in St. Pölten und wieder zurück in den Supermarkt nach Grimmenstein. Bei einem Einkauf wird von einer Konsumentin / einem Konsumenten ein Kilogramm Fleisch im Supermarkt gekauft und mit dem PKW an den Ort des Verzehrs gebracht.

Szenario 2: Die Rinder werden am Produktionsort geschlachtet und das Fleisch im Rahmen einer bäuerlichen Direktvermarktung verkauft.

Szenario 2a: Einkauf bei Direktvermarktung in Grimmenstein

Szenario 2b: Einkauf eines Konsumenten aus Wiener Neustadt in Grimmenstein

Szenario 2c: Einkauf eines Konsumenten aus Wien in Grimmenstein

Szenario 2d: Einkauf bei Direktvermarktung in Wiener Neustadt

4.2.6.2 Szenario 1: Einkauf im Supermarkt von Grimmenstein

Die Transporte von Grimmenstein in die Südsteiermark, nach St. Pölten und zurück erfolgen zur Gänze auf der Autobahn. Die Entfernungen zeigt Tabelle 38, die Rückwege erfolgen als Leerfahrten.

Tabelle 38: CO₂-Äquivalent für den Transportaufwand bezogen auf 1 kg Rindfleisch

Transportwege	Entfernung	Hin- + Rückfahrt	CO ₂ -Äquivalent
	km	km	g/kg
Grimmenstein - Schlachthof (Südsteiermark)	80	160	36
Schlachthof (Südstmk.) - Zentrallager St. Pölten	200	400	90
Zentrallager St. Pölten - Supermarkt Grimmenstein	120	240	54
Summe		800	180

Emissionswerte

Bei einem tiergerechten Transport sollte eine Beladung von ca. 200 kg/ m² eingehalten werden⁷⁷. Auf einem 24 t LKW mit einer Ladefläche von 20 m² können daher 4 t „Tiergewicht“ (5 -6 Tiere) transportiert werden. Der Kraftstoffverbrauch eines 24 t LKW beträgt bei 38%iger Auslastung außerhalb des Ortsgebiets 28,7 Liter Diesel/100 km. Das entspricht einem Emissionswert von 225g / Tonnenkilometer CO₂-Äquivalent⁷⁸.

Bei einem Hauptproduktanteil von 44% entsprechen 4 t Tiergewicht einer verwertbaren Menge an Muskelfleisch von 1,76 t, die vom Schlachthof weitertransportiert werden. Die Schlachtabfälle werden in diesem Beispiel nicht weiter berücksichtigt. Beim Transport von 1 Kilogramm auf einer Strecke von 800 km Autobahn werden daher 180 g CO₂-Äquivalent emittiert (Tabelle 38).

4.2.6.3 Szenario 2: Bäuerliche Direktvermarktung

Im Gegensatz zu Szenario 1 werden die Mastrinder am Produktionsort geschlachtet und das Fleisch im Rahmen der bäuerlichen Direktvermarktung verkauft, wobei die oben beschriebenen Szenarien abgebildet werden. Da die Einkäufe mit dem PKW aus unterschiedlicher Entfernung erfolgen, müssen die Emissionen eines PKWs ermittelt werden:

Der Emissionswert eines PKWs beträgt **301,4 g CO₂-Äquivalent für 1 km**⁷⁹. Es wird angenommen, daß pro Einkaufsfahrt eine Gesamtproduktmenge von 20 kg (z.B. ein Paket zum Einfrieren) mitgenommen wird. Bezogen auf 1 kg transportierte Ware erhält man einen CO₂-Äquivalenzwert von 15,07 g pro 1 km. Für die einzelnen Szenarien bei Selbstabholung ergeben sich die in Tabelle 39 dargestellten CO₂-Äquivalenzwerte.

Tabelle 39: CO₂ Emissionen beim Transport bezogen auf 1 kg Rindfleisch

Transportszenarien		Entfernung	Hin+Rückfahrt	CO ₂ -Äquivalent
		km	km	g/kgkm
2a Umgebung Grimmenstein	Selbstabholung, 20 kg	5	10	151
2b Wiener Neustadt - Grimmenstein	Selbstabholung, 20 kg	25	50	754
2c Wien - Grimmenstein	Selbstabholung, 20 kg	100	200	3.014
2d Grimmenstein - Wiener Neustadt	Transport von 500 kg	30	60	36

Quelle: eigene Berechnungen

⁷⁷ Empfehlung des Ministerkomitees des Europarates an die Mitgliedsstaaten

⁷⁸ Kjer et al. [1994]

⁷⁹ Kjer et al. [1994]

Verschiedene Transportszenarien führen zu unterschiedlich hohen CO₂-Emissionen.

Szenario 2a: Der Einkauf bei Direktvermarktung in Grimmenstein durch Kunden aus der näheren Umgebung im Umkreis von 5 km verursacht Emissionen von 151 g CO₂-Äquivalent pro kg transportierte Ware. Mit zunehmender Entfernung, bei Benutzung eines PKWs als Transportmittel, erhöht sich dieser Wert schnell, wie **Szenario 2b:** „Einkauf eines Konsumenten aus Wiener Neustadt in Grimmenstein“ verdeutlicht.

Szenario 2c: Einkauf eines Konsumenten aus Wien in Grimmenstein: Im durchaus realistischen Extremfall holen sich Kunden aus Wien das Fleisch bei „ihrem Bauern“ selbst. Wegen der geringen transportierten Menge und der noch größeren Entfernung ist der Emissionswert mit 3.014 g CO₂-Äquivalent pro kg Produkt bei dieser Variante am höchsten. Unberücksichtigt muß bei dieser Variante die Tatsache bleiben, daß derartige Wege üblicherweise mit Ausflugsfahrten kombiniert werden.

Szenario 2d: „Verkauf in Wiener Neustadt mit Direktlieferung durch die Erzeugergemeinschaft“. Es werden folgende Annahmen getroffen: Der Transport erfolgt mit einem Kleinbus und die Ware wird auf Bestellung - z.B. über die grüne Börse - den Konsumenten direkt zugestellt. Im Rahmen einer Lieferungstour werden 500 kg Ware zugeladen. Der Emissionswert für den Kleinbus ist der gleiche wie für einen PKW. Der CO₂-Äquivalenzwert bei 60 km Wegstrecke (2mal die Strecke Grimmenstein-Wr. Neustadt und 10 km für die Tour im Ballungsgebiet) beträgt daher 36 g CO₂-Äquivalent für 1 kg transportierte Ware (Tabelle 39).

4.2.7 Übersicht über die Treibhausgas-Emissionen bei der Erzeugung von 1 kg Rindfleisch

Die durch die Rinderhaltung selbst bedingten Methanemissionen verursachen den höchsten Anteil an treibhauswirksamen Gasen in der Produktionskette Rindfleisch. An zweiter Stelle stehen die CO₂-Emissionen des Energieaufwands für die Stickstoffmineraldünger- und Pesticidproduktion im konventionellen Landbau. Bei der Berechnung der Lachgasemissionen sind nur jene Mengen angeführt, die aus der Schätzung der ausgebrachten Stickstoffmineraldünger abgeleitet werden konnten, da die Emissionen aus anderen Quellen wegen der Komplexität der Wirkungsfaktoren nicht kalkulierbar sind.

**Tabelle 40: CO₂ Äquivalente in g / kg Rindfleisch für Vorleistungen,
Landwirtschaftliche Produktion und Verarbeitung**

Verarbeitungsstufe	Quelle	konventionell	%	ökologisch	%
Vorleistungen	direkter + indirekter Energieeinsatz	2.971	32	1.811	19
LW Produktion	Lagerung der Exkreme (Methan)	1.170	12	1.170	13
	Verdauung der Tiere (Methan)	4.440	48	4.440	49
	N-Mineraldünger (Lachgas)	618	7	-	-
Verarbeitung	Energieeinsatz bei der Schlachtung	100	1	100	1
Summe		9.299	100	7.521	82

Quelle: eigene Berechnungen

Der Transportaufwand der Produkte hat je nach Umfang einen mehr oder weniger großen Anteil an der Gesamtbilanz.

Tabelle 41: CO₂-Äquivalente in g/kg Rindfleisch bei der Distribution

Distribution und Konsument							
	Supermarkt		Selbstabholung			Direktvermarktung	
Szenarien	1		2a	2b	2c	2d	
			Nähe	Wr. N.	Wien	Wr. N.	
Fahrzeug	LK	PKW	PKW	PKW	PKW	Kleinbus	zu Fuß
	W						
Entfernung km	800	2	10	50	200	60	
CO ₂ Äquivalent	180	30	151	754	3.014	36	
Summe	210		151	754	3.014	36	0

Quelle: eigene Berechnungen

Was den Transportaufwand betrifft, kann es bei geringen Entfernungen durchaus günstiger sein, Fleisch mit dem PKW beim Produzenten zu kaufen als zu Fuß im Supermarkt, dessen Produkte bereits eine längere Reise hinter sich haben (Szenario 1 und 2a).

Mit steigender Entfernung geht dieser Vorsprung der „Selbstabholung“ jedoch verloren, wie das Szenario 2c „Selbstabholung in Grimmenstein aus Wien“ verdeutlicht. Ökologisch produziertes Fleisch mit dem PKW beim Biobauern in 100 km Entfernung gekauft, hat eine schlechtere CO₂--Bilanz als konventionell erzeugtes Fleisch aus dem Supermarkt ums Eck (Tabelle 40 und Tabelle 41).

Grundsätzlich sind private Einkaufsfahrten mit dem PKW bei größeren Entfernungen, wegen der geringen Transportmenge hinsichtlich der CO₂-Emissionen bezogen auf 1 kg Produkt, besonders ungünstig. Mit 36g CO₂-Emissionen/kg Fleisch schneidet das Szenario 2d „Regionale Direktvermarktung mit einem Kleinbus“ wegen der größeren Zuladung am besten ab.

5 REDUKTIONSPOTENTIAL VON TREIBHAUSGASEN IN DER LANDWIRTSCHAFT

5.1 Reduktion von Methan CH₄

Methan-Emissionen im Sektor Landwirtschaft werden durch die Tierhaltung verursacht, die Emissionsquellen sollen daher im Detail betrachtet und daraus Reduktionspotentiale abgeleitet werden.

Methanemissionen, die im Zuge der Verdauung entstehen, können relativ genau geschätzt werden. Lagerungsbedingte Emissionen, werden von der Fütterung, vom Haltungs- und Entmistungssystem, der Art und Dauer der Lagerung und der Lagertemperatur beeinflusst, Schätzungen können daher nur grobe Anhaltspunkte über die tatsächlich emittierte Menge liefern.

80

5.1.1 Methanemissionen aus der Tierhaltung in Österreich

Tabelle 42 gibt Schätzungen von lagerungsbedingten und verdauungsbedingten Methanemissionen wieder.

Tabelle 42: Verdauungs- und lagerungsbedingte Methanemissionen aus der Tierhaltung in Österreich

t Methan / Jahr	Österreich	
	Verdauung	Lagerung
Orthofer [1991]	197.000	150.000
Boxberger et al. [1994]	160.415	61.300
Blum, Krapfenbauer et al. [1993]	180.000	48.000
Steinlechner et al. [1994]	230.600	28.000

Orthofer [1991] schätzt 197.000 t / Jahr für verdauungsbedingte Methanemissionen und 150.000 t / Jahr (bei einer Bandbreite von 50.000 bis 250.000 t) für Emissionen aus der Lagerung von Exkrementen. Die Schätzung der lagerungsbedingten Emissionen beruht auf der Basis, daß 1-5% der Trockensubstanz aus den Mist- und Güllelagerstätten in Biogas umgewandelt werden.

⁸⁰ Boxberger et al. [1994]

Nach Boxberger et al. [1994] betragen Emissionen aus der Lagerung in Österreich 61.300 t Methan / Jahr. Verdauungsbedingte Methanemissionen werden mit 160.415 t / Jahr angegeben. Das ergibt eine Gesamtemission aus der Nutztierhaltung von 221.000 t Methan / Jahr. Globale Schätzungen beziffern die Relation zwischen verdauungs- und lagerungsbedingten Emissionen mit 3 : 1, in Österreich liegt sie bei ca. 2,5 : 1⁸¹. Als Grundlage für die Abschätzung werden „spezifische Methanbildungspotentiale“ nach UBA Berlin [1993] verwendet. Blum, Krapfenbauer et al. [1993] berechnen Methanemissionen aus der Lagerung von Mist und Gülle aus der Annahme einer Produktion von 0,01 - 0,05 m³ Biogas /kg OTS (organische Trockensubstanz) wobei das Biogas einen Methangehalt von 55% hat.

Steinlechner et al. [1994] verwendet Methankonversionsfaktoren von Gibbs & Woodbury [1993] und berücksichtigt außerdem den Einfluß der Faktoren *Art der Lagerung* (Fest- oder Flüssigmist), *klimatische Bedingungen* (Temperatur) sowie *regionsspezifische Gegebenheiten* wie Alpung oder Weidehaltung. Ihre Schätzung für lagerungsbedingte Methanemissionen beträgt 28.000 t / Jahr.

5.1.2 Methanemissionen aus der Tierhaltung in Niederösterreich

Für Niederösterreich werden lagerungsbedingte Methanemissionen von Steinlechner et al. [1994] mit 8.860,78 t / Jahr, verdauungsbedingte Methanemissionen mit 51.157 t / Jahr angegeben.

Mit Tierbestandszahlen ÖSTAT [1995] und Emissionsfaktoren des Umweltbundesamtes Berlin [1993] wurden 41.168 t verdauungsbedingte und 11.000 t lagerungsbedingte Emissionen errechnet.

Tabelle 43: Verdauungs- und lagerungsbedingte Methanemissionen aus der Tierhaltung in NÖ

t Methan / Jahr	Niederösterreich	
	Verdauung	Lagerung
Steinlechner et al. [1994]	51.157	8.800
ÖVAF [1996]	41.168	11.000

⁸¹ Boxberger et al. [1994]

5.1.3 Reduktion von verdauungsbedingten Emissionen aus der Tierhaltung

Der überwiegende Anteil der CH₄-Emissionen wird durch den Stoffwechsel der Wiederkäuer verursacht, es ist daher naheliegend, in diesem Bereich nach Reduktionsmöglichkeiten zu suchen.

- Bei Stallhaltung könnten Methanemissionen durch Abluftreinigung verringert werden. Technologien zu Filterung des CH₄ sind jedoch noch nicht ausgereift, die Installationskosten von Absauganlagen sind hoch und das Emissionsminderungspotential ist auf Grund der Gesamtenergiebilanz fragwürdig⁸².
- Möglichkeiten der Reduktion ergeben sich aber auch aus einer geänderten Tierfütterung (Heu statt Maissilage), da bei extensiver Fütterung weniger Methan emittiert wird als bei intensiver Fütterung. Bezogen auf 1 kg erzeugte Milch ist jedoch die intensive Produktion günstiger. Das Emissionspotential beträgt 25 g CH₄/kg Milch bei einer Milchleistung von 10 kg/Tag im Vergleich zu 15 g CH₄/kg Milch bei einer Milchleistung von 26 kg/Tag⁸³. Allerdings müssen auch die zusätzlichen Emissionen sowie andere Nebeneffekte, die bei intensiver Haltung entstehen, in der Gesamtbilanz berücksichtigt werden.
- Reduktionspotential durch Bestandsreduktion: Eine Verringerung der Tierzahlen, die mit einer Einschränkung des Fleischkonsums einhergeht, bietet weitere Reduktionsmöglichkeiten, kann aber eher nachfrageseitig durch geänderte Konsumgewohnheiten initiiert werden. Geringerer Fleischverbrauch würde sich auch positiv auf die Energiebilanz im Hinblick auf die Bereitstellung von Protein auswirken. Die Angleichung der Milch- und Rindfleischproduktion an den derzeitigen Verbrauch brächte eine Einsparung von 50.000 t Methan / Jahr, das sind 22% der geschätzten jährlichen Gesamtemissionen in der Landwirtschaft von 221.000 t / Jahr. Die Änderung der Ernährungsgewohnheiten, z.B. eine Verminderung des Rindfleischkonsums um 20%, bringt eine Einsparung von 20.000 t Methan / Jahr, das sind 9% der gesamten landwirtschaftlichen Methanemissionen pro Jahr⁸⁴. In diesem Zusammenhang muß aber auch festgestellt werden, daß der Rindermagen noch immer die beste Verwertung von Gras (Zellulose) darstellt und daher eine derartige Einschränkung im Hinblick auf die Erhaltung der Kulturlandschaft nur dort erfolgen sollte, wo die Rinder mit Ackerfrüchten gefüttert werden.

⁸² Orthofer [1994], Boxberger [1994]

⁸³ Boxberger et al. [1994]

⁸⁴ Boxberger et al. [1994]

5.1.4 Reduktion von Emissionen bei der Lagerung von Exkrementen

Boxberger et al. [1994] nennt drei Maßnahmenbereiche, die Methanemissionen aus der Lagerung von Tierexkrementen zu reduzieren und zwar die Kompostierung von Festmist sowie die Separierung und die Biogasnutzung von Flüssigmist. Die folgenden Angaben in Prozent beziehen sich auf die Gesamtemissionen in Österreich von 221.000 t / Jahr. Durch Kompostierung können 10% der Gesamtemissionen oder 22.000 t Methan eingespart werden. Die dabei auftretenden Stickstoffverluste können allerdings bis zu 40% betragen. Bei der Separierung von Flüssigmist ist eine Reduktion von 7% (16.000 t) möglich. Die Installationskosten entsprechender Anlagen sind jedoch hoch. Die energetische Nutzung von Methan durch Biogas-erzeugung erlaubt eine Verringerung der Gesamtemissionen um 14% (30.000 t) und könnte 38% des direkten Energieverbrauchs in der Landwirtschaft decken.⁸⁵

Gemeinsam mit den Einsparungsmöglichkeiten bei verdauungsbedingten Emissionen (Senkung der Produktionsmenge) ergibt das ein Einsparungspotential in Österreich von 122.000 t CH₄ / Jahr oder 55% der Gesamtemissionen von 221.000 t CH₄ / Jahr.

Von den auf Seite 58 angeführten Autoren gibt nur Steinlechner et al. [1994] für **Niederösterreich** Emissionswerte an. Ausgehend von 60.017,69 t Methanemissionen pro Jahr aus der gesamten Tierhaltung wird ein **Reduktionspotential** von 10,75% genannt, das sind 6.452 t Methan/Jahr. Verglichen mit anderen Bundesländern weist Niederösterreich damit das größte Reduktionspotential von Methan durch Nutzung tierischer Exkremente auf, was auf den hohen Anteil der Stallhaltung und die großen Tierbestände der Betriebe zurückzuführen ist⁸⁶.

5.1.5 Die Nutzung von Biogas

5.1.5.1 Allgemeines

Mit der energetischen Nutzung von Biogas können nicht nur CH₄-Emissionen verringert, sondern auch CO₂-Emissionen aus fossilen Energiequellen substituiert werden.

Weitere Vorteile sind⁸⁷:

- die Gewinnung eines organischen Düngers mit verbessertem Düngewert,
- die Geruchsbeseitigung und Teilhygienisierung der Gülle,

⁸⁵ Boxberger et al. [1994]

⁸⁶ Steinlechner et al. [1994]

⁸⁷ Krieg et al. [1995], Sedmidubsky [1994], Enquete-Kommission [1994]

- ein Beitrag zur Verbesserung der Kreislaufschließung von organischem Dünger,
- die Erhöhung der regionalen Wertschöpfung durch Erzeugung von Energie.

Nachteile ergeben sich möglicherweise aus der Konservierung von Strukturen der Flüssig-entmistung. Festmistsysteme haben generell niedrigere Methan- und Ammoniakemissionen als Flüssigmistsysteme, Festmist hat eine bessere Wirkung auf die Bodenfruchtbarkeit und entspricht eher einer artgerechten Tierhaltung. Zusätzlich wurden Forschungsarbeiten zur energetischen Nutzung von festen organischen Stoffen in den letzten Jahren intensiviert, mit dem Ergebnis, daß die Feststoffvergärung stark verbessert wurde, sodaß auch diese Form für die energetische Nutzung eingesetzt werden kann⁸⁸.

Unter derzeitigen ökonomischen Rahmenbedingungen ist die Wirtschaftlichkeit einer Biogasanlage von der Möglichkeit zusätzlicher Verarbeitung von Abfällen, Altfetten, von der Art der Anlage (Wärmeerzeugung oder Blockheizkraftwerk) und vom Einspeisetarif für Strom abhängig. Im Hinblick auf eine nachhaltige Entwicklung der Wirtschaft in der die möglichst vollständige Schließung von Stoffkreisläufen gefordert wird, muß die Qualität der zu verarbeitenden Abfälle und Reststoffe oberste Priorität haben. Diese Forderung kann aber problemlos erfüllt werden.

5.1.5.2 Biogaspotential

Krieg et al. (1995] errechnet in „Biogastechnologie - ein Beitrag zur nachhaltigen Kreislaufwirtschaft“ an Hand der Betriebe mit mehr als 20 Rindern, bzw. mit mehr als 100 Schweinen das energetische Potential von Biogasanlagen in Niederösterreich. Aufgrund der Annahme, daß die Hälfte der Rinder auf der Weide gehalten werden, reduziert sich der Gesamtanfall an erfaßbarer Gülle um 15%. 1 m³ Gülle liefert 20 m³ Biogas. Bei den Schweinen fällt pro GVE 17,3 m³ Gülle / Jahr an.

Bei der Biogasnutzung über ein Blockheizkraftwerk und unter Abzug von 5% Betriebsenergie können daher in Niederösterreich aus der Rindergülle 908 TJ/a Nettostrom und 1.465 TJ/a Nettowärme, aus der Schweinegülle 133 TJ/a Nettostrom und 214 TJ/a Nettowärme erzeugt werden⁸⁹.

Mit dem potentiell in Niederösterreich erzeugbaren **Nettostrom** von **1.041 TJ/a**⁹⁰ könnten 2,8%⁹¹ der niederösterreichischen Stromerzeugung oder **8,76 %**⁹² **der Stromerzeugung** aus

⁸⁸ Enquete-Kommission [1994],

Wallinger A., Baserga U., Edelmann W., Egger K., Seiler B., [1991] Biogas-Handbuch

⁸⁹ Krieg et al. [1995]

⁹⁰ Krieg et al. [1995]

⁹¹ eigene Berechnungen auf Basis des niederösterreichischen Energieberichts [1995]

fossilen Quellen durch die **Biogasproduktion** aus der Tierhaltung substituiert werden. Durch Cofermentation vergärbare Abfälle, die eine entsprechende Qualität aufweisen müssen, kann dieses Potential noch gesteigert werden. Bei einer Einrichtung von Speicherkapazitäten besteht mit Biogas zudem die Möglichkeit Spitzenstrom zu erzeugen. Weiters kann **Nettowärme** im Ausmaß von **1.679 TJ/a** erzeugt und damit **53%** des gegenwärtigen **Wärmebedarfs** von Niederösterreich gedeckt werden⁹³. Krieg et al. [1995] bezeichnet „dezentrale und bedarfsgeführte Kraftwerke unter Verwendung gasförmiger Brennstoffe als einen unverzichtbaren zukünftigen Baustein der Energieversorgung Niederösterreichs“.

In der Studie „Biogasnutzung aus der Landwirtschaft“ des UBA [1993] wird an Hand des durchschnittlichen Gasanfalls aus tierischen Exkrementen in m³ Gas / GVE*d eine Berechnung der theoretischen und nutzbaren Energiepotentiale für das Basisjahr 1989 vorgenommen⁹⁴. Der durchschnittliche Gasanfall beträgt für Rinder: 1,3 m³ Gas / GVE*d, für Schweine: 1,5 m³ Gas / GVE*d und für Geflügel: 2,0 m³ Gas / GVE*d.

Für **Niederösterreich** wird ein **theoretisches Energiepotential** von **6.905 TJ/ Jahr** aus tierischen Exkrementen errechnet. Unter Berücksichtigung von saisonaler Haltung bei Rindern und dem Prozessenergiebedarf bei der Biogaserzeugung beträgt das **nutzbare Energiepotential** für Niederösterreich **4.580 TJ/ Jahr**⁹⁵.

Steinlechner et al. [1994] kommt bei ihren Berechnungen wegen einer Eingrenzung der Betriebe ab 20 GVE auf einen Wert von **3.624 TJ/ Jahr nutzbares Energiepotential**.

Tabelle 44: Nutzbares und theoretisches Energiepotential aus tierischen Exkrementen in Niederösterreich in TJ/a

	Rinder	Schweine	Geflügel	GESAMT	
Nettostrom in TJ/a	908	133	-	1.041	Krieg et al. [1995]
Nettowärme TJ/a	1.465	214	-	1.679	
nutzbares Energiepotential in TJ/a	2.373	347	-	2.720	
nutzbares Energiepotential in TJ/a				3.624	Steinlechner et al.[1994]
nutzbares Energiepotential in TJ/a				4.580	UBA [1993]
theoretisches Energiepotential in TJ/a	5.072	1.510	368	6.905	UBA [1993]

Abgesehen von den Bezirken Waidhofen/Ybbs, Amstetten, Melk und Scheibbs bewegt sich der Besatz der viehhaltenden Betriebe in Niederösterreich unter 1 GVE/ ha. Bezogen auf die

⁹² eigene Berechnungen auf Basis des niederösterreichischen Energieberichts [1995]

⁹³ Krieg et al. [1995]

⁹⁴ GVE Großvieheinheit

⁹⁵ Basisjahr 1989

vorhandene landwirtschaftliche Nutzfläche in Niederösterreich liegt das Verhältnis unter 0,6 GVE/ha mit Ausnahme von Amstetten mit 0,9 GVE/ ha⁹⁶. Krieg et al. [1995] weist in diesem Zusammenhang auch auf die Tatsache hin, daß die Kulturfleichen, wegen des geringen Viehbesatzes, potentiell noch Nährstoffe aufnehmen könnten, wenn kein zusätzlicher mineralischer Dünger ausgebracht wird⁹⁷.

5.2 Reduktion von Lachgas N₂O

5.2.1 Lachgasemissionen aus dem Mineraldünger in Österreich

Wie bereits in Kapitel 2.2.3 beschrieben, werden N₂O-Emissionen von einer Reihe von Faktoren beeinflusst. Für Stickstoffmineraldünger werden in der Literatur Emissionsfaktoren für die Berechnung angegeben. Ryden [1981] gibt einen Emissionsfaktor von 1,3% N₂O-N der ausgebrachten Stickstoffmineraldüngermenge an⁹⁸.

Ausgehend vom jährlichen Stickstoffmineraldüngerumsatz in Österreich von 126.737⁹⁹ t N erhält man einen N₂O-Emissionswert von ca. **1.648 t N₂O/Jahr** oder 444.700 t CO₂-Äquivalent. (Berechnung siehe Seite 86, Kapitel 6.1.3). Zum Vergleich: Orthofer, Knoflacher [1994] geben die gesamten Lachgasemissionen aus der Landwirtschaft mit 2.000 t N₂O/ Jahr an (Siehe Kapitel 2.2 Seite 13).

5.2.2 Lachgasemissionen aus dem Mineraldünger in Niederösterreich

Die Lachgasemissionen in Niederösterreich, die auf den N-Mineraldünger zurückgeführt werden können, betragen demnach schätzungsweise **776 t N₂O/Jahr**, ausgehend von ein Düngerumsatz von 59.768¹⁰⁰ t N/ Jahr, was einem Schätzwert von 209.800 t CO₂-Äquivalent entspricht.

⁹⁶ Krieg et al. [1995]

⁹⁷ Krieg et al. [1995]

⁹⁸ zit. in Beese [1994]

⁹⁹ Grüner Bericht [1994]

¹⁰⁰ Grüner Bericht [1994]

5.2.3 Reduktionspotential

Eine detaillierte Ableitung des Reduktionspotentials von Lachgas wird ab Seite 77 Tabelle 62: Stickstoffentzug und Stickstoffnachlieferung beschrieben.

Es zeigt sich, daß in Niederösterreich die Nachlieferung von Stickstoff insgesamt in Summe höher ist, als es den Empfehlungen des Fachbeirats entspricht.

In einem Szenario "Düngung gemäß den Empfehlungen des Fachbeirats" könnten daher in Niederösterreich durchschnittlich 21.710 t N-Dünger / Jahr eingespart werden. Das entspricht eingesparten Lachgasemissionen von schätzungsweise **282 t N/ Jahr** oder **76.202 t CO₂ Äquivalent**.

5.2.4 Nicht quantifizierbare Maßnahmen

Strategien zur Vermeidung von Lachgasemissionen müssen darauf ausgerichtet sein, den externen Stickstoff-Input zu minimieren und zeitliche und räumliche Entkoppelungen einzelner Stickstoff-Umsatzprozesse zu vermeiden. Damit die Freisetzung von N₂O und NO_x verringert wird, müssen im Rahmen einer optimierten Düngieranwendung neben den landwirtschaftlichen Systemen auch die benachbarten Ökosysteme mit einbezogen werden. Daraus können folgende Maßnahmen abgeleitet werden¹⁰¹.

- Eine Senkung der Lachgasemissionen kann durch bedarfsgerechte Düngung erfolgen. Dabei spielt neben der Ausbringungsmenge auch der Zeitpunkt der Applikation eine Rolle. Vorgeschlagen wird daher eine schlags- und betriebsspezifische Düngerbilanzierung. Auf Betriebsebene kann eine Futtermittelbilanz als Ergänzung dienen. Die Umsetzung könnte durch Schulung, Beratung und Motivationsförderung auf Basis der Freiwilligkeit erfolgen. Damit sollte es möglich sein, nicht nur eine optimierte Düngung, sondern auch eine standortangepaßte, flächengebundene Tierhaltung zu erreichen. Stickstoffbilanzüberschüsse und daher auch N₂O-Emissionen sind im ökologischen Landbau aus drei Gründen niedriger: Wegen des Verzichts auf mineralischen Dünger, der flächengebundenen Tierhaltung und eines limitierten Futtermittelzukaufs¹⁰².
- In der Fruchtfolge ist der Anbau von Zwischenfrüchten nach Leguminosen sowie der Erhalt einer ganzjährigen Gründecke zur Verringerung von Auswaschung, Ausgasung und Erosion anzustreben.

¹⁰¹ Beese [1994]

¹⁰² Haas und Köpke [1994]

- Landwirtschaftliche Bewässerung darf nicht im Gegensatz zu einer effizienten Ausnützung des Stickstoffvorrats und des Düngereinsatzes stehen.
- Bodenbearbeitung soll so erfolgen, daß der Erhalt einer günstigen Bodenstruktur gewährleistet ist, Erosion verringert und Bodenverdichtung durch den geeigneten Bearbeitungszeitpunkt vermieden wird.
- Stickstoffmengen, die dem Boden über die Ernte entzogen wurden, sollen ihm wieder zugeführt werden. Um eine Rückführung von organischen Reststoffen in das System Landwirtschaft zu ermöglichen, ist es notwendig, daß diese weitgehend frei von Schwermetallen und anderen Schadstoffen sind.

Ziel aller dieser Maßnahmen ist die Optimierung des Stickstoffkreislaufs in einer Form, welche die Produktion landwirtschaftlicher Produkte, den Erhalt der Bodenfunktionen als Senke für CH₄ und CO₂, den Schutz des Grund- und Oberflächenwassers vor Stickstoffeintrag sowie den Schutz der Atmosphäre vor N₂O und NO_x Emissionen ermöglicht (siehe auch die Spalte *Nutzungsfaktoren* in Tabelle 6 auf Seite 17).

5.3 Reduktion von Kohlendioxid CO₂

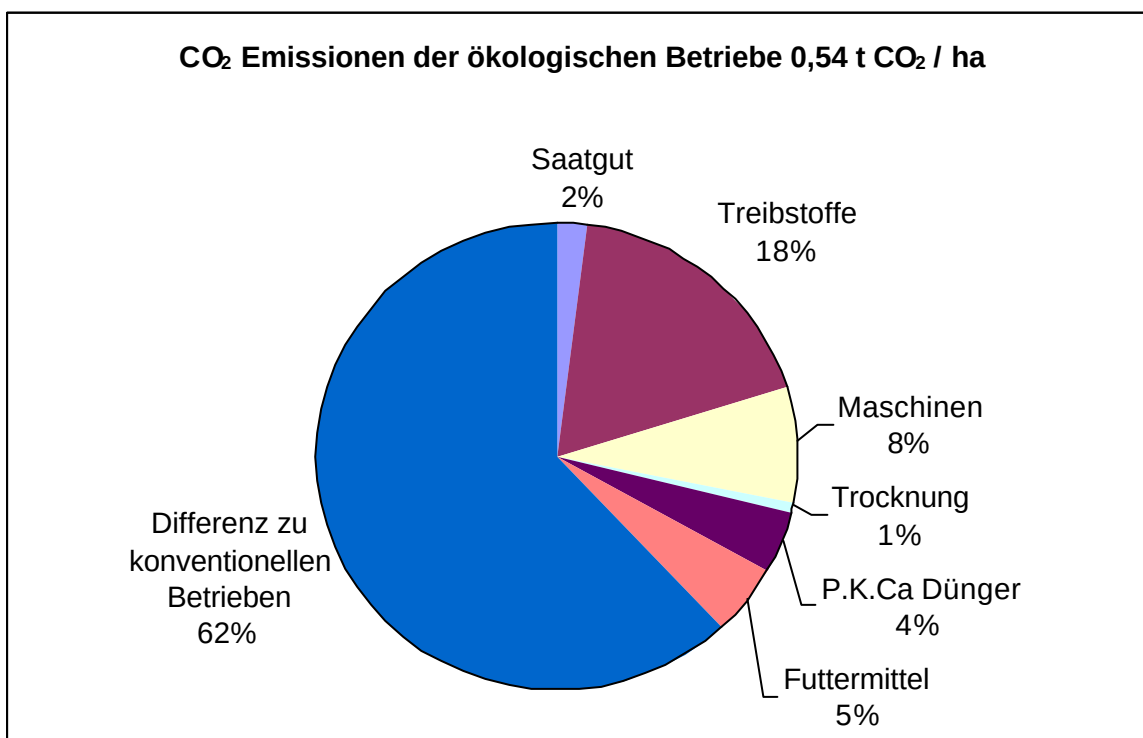
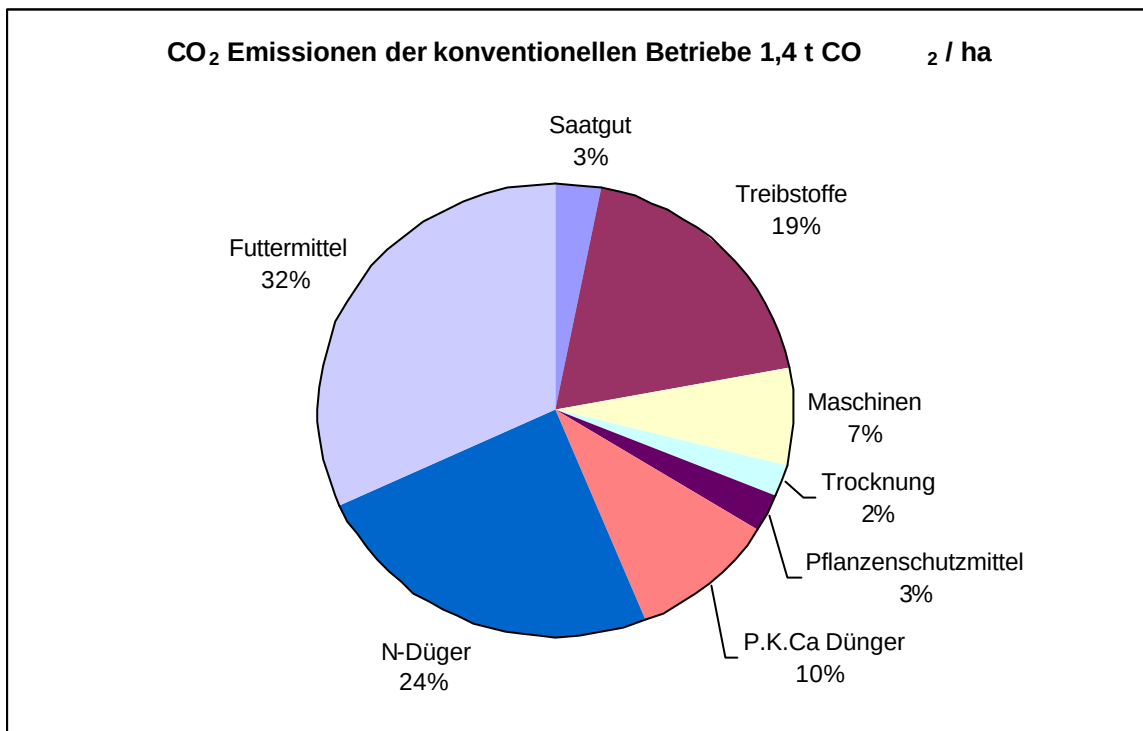
Als Beitrag zur Verringerung der direkten CO₂-Emissionen bieten sich für die Landwirtschaft drei Handlungsfelder an:

1. **Die Erhaltung der CO₂ Senke Boden.**
2. **Die Reduktion der energieintensiven Vorleistungen und Aktivitäten der Produktionskette.**
3. **Die Erzeugung und Verwendung nachwachsender Rohstoffe und erneuerbarer Energie.**

5.3.1 Erhaltung der CO₂ Senke Boden

Die organische Substanz in Böden ist eine wesentliche Kohlenstoffsенке, die durch ausgeglichene Humuswirtschaft im Einklang mit einem ausgewogenen Stickstoffhaushalt soweit wie möglich erhalten werden soll. Die Erhaltung der Pufferfunktion des Bodens setzt einem umfassenden Bodenschutz voraus, der alle ökologischen Funktionen des Bodens aber auch den Schutz vor Erosion, Degradierung, Versauerung durch Nährstoffeintrag, Schwermetalleintrag, falscher Bewässerung und Bodenbearbeitung berücksichtigt (Siehe auch Kapitel 2.3.5. S 21).

Ebensowichtig ist der Schutz des Bodens vor fortschreitender Versiegelung und Zersiedelung. In diesem Punkt haben Gemeinden mit dem Instrument der Flächenwidmung ein hohes Maß an Entscheidungskompetenz, aber auch an Verantwortung. Die großzügige, platzverbrauchende Umwidmung von Flächen in Bauland, die oftmals unüberlegt und unter dem Druck der Konkurrenz zu Nachbargemeinden erfolgt, sollte vermehrt in einer übergeordneten Raumplanung ressourcenschonender koordiniert werden.

Abbildung 7: Durchschnittliche CO₂ Emissionen bei konventioneller und ökologischer Bewirtschaftung

Quelle: Haas und Köpke [1994]

5.3.2 Reduktion der energieintensiven Vorleistungen und Aktivitäten der Produktionskette

Eine Reduktion oder der weitgehende Verzicht auf mineralischen Stickstoffdünger bringt neben der Verringerung von Lachgasemissionen und einer Aktivierung des Bodenlebens und damit einer Verbesserung der Senkenfunktion für CO₂ auch eine Energieeinsparung mit sich.

Abbildung 7 zeigt einen Vergleich der CO₂ Emissionen von konventionellen und ökologischen Betrieben in der Bundesrepublik Deutschland, Haas und Köpke [1994]. Die um fast zwei Drittel geringeren Emissionen bei den ökologischen Betrieben gehen vorwiegend auf Energieeinsparung durch den Verzicht auf Mineraldünger und Pestizide zurück.

Für die Herstellung von 1 kg Stickstoff werden 55 MJ benötigt¹⁰³ das entspricht etwa 3,4 kg CO₂ -Äquivalent / kg Stickstoff. Im Vergleich dazu ist die Ø ausgegaste N₂O-Menge pro kg Stickstoff (Reinnährstoff) mit 3,5 kg CO₂ -Äquivalent etwa gleich hoch¹⁰⁴.

Die Erhaltung und Verbesserung bestehender und die Wiedereinrichtung vernachlässigter Nahversorgungsstrukturen bei Verarbeitung und Verkauf der landwirtschaftlichen Produkte kann kürzere Transportwege und somit geringere Energieverbräuche ermöglichen. Ebenso aber liefert die Änderung der Ernährungsgewohnheiten, etwa in der Anpassung des Nahrungsmittelkonsums an saisonale und regionale Produktionsbedingungen einen Beitrag zur Reduktion des Energieverbrauches (Siehe auch Kapitel 4.2 Seite 31).

5.3.3 Nachwachsende Rohstoffe und erneuerbare Energie

Die Bereitstellung nachwachsender Rohstoffe und erneuerbarer Energieträger durch die Land- und Forstwirtschaft kann einen wesentlichen Beitrag zur Reduktion von Treibhausgasen leisten, sofern die Energie- und Klimabilanz der für die Erzeugung notwendigen Prozesse positiv ist. Dabei geht es einerseits um biogene Rohstoffe als Ersatz für energieaufwendig synthetisierte fossile Produkte, andererseits um Energiegewinnung aus Biomasse einschließlich der Verwertung organischer Reststoffe. Beispiele für die energetische Nutzung von Biomasse sind Holz (Hackschnitzel), Biogas aus Gülle und Speiseabfällen, Rapsmethylester, Pflanzenöl und Ethanol.

¹⁰³ Haas und Köpke [1994]

¹⁰⁴ Emissionsfaktor von 1,3 % pro kg N-Dünger, Ryden [1981] in: Beese [1994]

6 MODELLGEMEINDEN GRIMMENSTEIN UND GARS AM KAMP

Grimmenstein

Die Kulturlfläche von insgesamt 1.260 ha der Gemeinde Grimmenstein verteilt sich auf 720 ha Wald und 540 ha landwirtschaftliche Nutzfläche, davon sind 276 ha Ackerland. Von 120 ha Getreidefläche sind zwei Drittel Futtergetreide, die restliche Ackerfläche dient der Erzeugung von Silomais und Feldfutterpflanzen, der Rest (262 ha) entfällt auf Wiesen und Weiden.

Grimmenstein	Rinder	Schweine	Schafe
viehhaltende Betriebe	36	27	140
Tiere	920	200	7

Gars am Kamp

Gars am Kamp weist eine landwirtschaftliche Nutzfläche von 3.145 ha auf, wovon etwa 2.940 ha auf Ackerland und 200 ha auf Wiesen und Weiden entfallen. Etwa auf der Hälfte der Ackerfläche (1.570 ha) wird Getreide einschließlich 164 ha Körnermais bzw. Mais für Corn-CobMix angebaut. Die andere Hälfte setzt sich aus ca. 200 ha Silomais, 420 ha Winterraps, 200 ha Klee- und Ackerwiesen, 64 ha Sonnenblumen, 50 ha Sonderkulturen incl. Mohn und 400 ha Brachefläche zusammen. Etwa 1.000 ha des Gemeindegebietes entfallen auf Wald.

95 von 165 Betrieben wirtschaften im Haupterwerb mit einer durchschnittlichen Betriebsgröße von 29,7 ha, 67 Nebenerwerbsbetriebe haben eine Ø Größe von 9,4 ha, 3 Betriebe mit Ø 213,7 ha sind im Besitz juristischer Personen.

Gars am Kamp	Rinder	Schweine	Schafe	Hühner
viehhaltende Betriebe	60	70	14	81
Tiere	1.250	7.850	300	2.850

6.1 Treibhausgas-Emissionen aus der Landwirtschaft in Grimmenstein, Gars am Kamp und Niederösterreich

6.1.1 Methanemissionen aus der Tierhaltung

Mit den Tierbestandszahlen ÖSTAT [1995] und Emissionsfaktoren des Umweltbundesamtes Berlin [1993] werden die verdauungsbedingten Methanemissionen von Gars, Grimmenstein und Niederösterreich ermittelt und in den Tabelle 45 bis 47 dargestellt.

Tabelle 45: Verdauungsbedingte Methanemissionen des Tierbestandes in Grimmenstein

Tierart	Tierzahl (3.12.95)	Emissionsfaktor kg/Tier a	Emission kg / a
Kälber 3 - 6 Monate	24	20,9	502
Jungvieh 6 Mo. - 1 J.	260	49,9	12.974
Jungvieh 1 - 2 J.	245	57,4	14.063
Schlachtstiere Ochsen	13	65	845
Kalbinnen	20	61	1.220
Milchkühe	227	99,8	22.655
Mutterkühe	131	65	8.515
Pferde	32	18	576
Schafe	140	10,3	1.442
Schweine	197	1,3	256
Geflügel	494	0,09	44
Summe			63.092

Quelle: eigene Berechnungen

Tabelle 46: Verdauungsbedingte Methanemissionen des Tierbestandes in Gars am Kamp

Tierart	Tierzahl 3.12.95	Emissionsfaktor kg/Tier a	Emission kg / a
Kälber 3 - 6 Monate	12	20,9	251
Jungvieh 6 Mo. - 1 J.	436	49,9	21.756
Jungvieh 1 - 2 J.	437	57,4	25.084
Schlachtstiere Ochsen	8	65	520
Kalbinnen	24	61	1.464
Milchkühe	264	99,8	26.347
Mutterkühe	58	65	3.770
Pferde	43	18	774
Schafe	301	10,3	3.100
Schweine	7852	1,3	10.208
Ziegen	18	6,5	117
Geflügel	3020	0,09	272
Summe			93.663

Quelle: eigene Berechnungen

Tabelle 47: Verdauungsbedingte Methanemissionen des Tierbestandes in Niederösterreich

Tierart	Tierzahl 3.12.	Emissionsfaktor kg/Tier a	Emission kg / a
Kälber 3 - 6 Monate	12.704	20,9	265.514
Jungvieh 6 Mo. - 1 J.	184.784	49,9	9.220.722
Jungvieh 1 - 2 J.	162.991	57,4	9.355.683
Schlachtstiere, Ochsen	6.427	65	417.755
Kalbinnen	22.345	61	1.363.045
Milchkühe	171.681	99,8	17.133.764
Mutterkühe	9.606	65	624.390
Pferde	16.501	18	297.018
Schafe	54.074	10,3	556.962
Schweine	1.161.073	1,3	1.509.395
Geflügel	4.711.114	0,09	424.000
Summe			41.168.248

Quelle: eigene Berechnungen

Tabelle 48: Übersicht über verdauungsbedingte Methanemissionen in kg/Jahr

kg / Jahr	Rinder	andere Tiere	Summe
Grimmenstein	60.773	2.319	63.092
Gars	79.192	14.471	93.663
Niederösterreich	38.380.872	2.787.375	41.168.248

Quelle: eigene Berechnungen

Lagerungsbedingte Methanemissionen

Das theoretische Methanbildungspotential einzelner Tierarten für Emissionen während der Lagerung der Exkremente wird durch Emissionsfaktoren in Tabelle 49 wiedergegeben. Ausgehend von diesem Potential werden die tatsächlichen Emissionen in der Literatur (Grassel et al.[1991], Bouwman et al. [1992], Casada und Safly, [1990]) im Mittel mit 10% angegeben¹⁰⁵. Mit aggregierten Tierbestandszahlen werden aus dem Methanbildungspotential die lagerungsbedingten Methanemissionen von Gars, Grimmenstein und Niederösterreich geschätzt. Es wird darauf hingewiesen, daß die Zahlen für lagerungsbedingte Emissionen in Tabelle 51 Richtwerte darstellen, von denen die tatsächlichen Methanemissionen, die durch eine Vielzahl von Faktoren beeinflussbar sind, abweichen können.

¹⁰⁵ Boxberger et al. [1994]

Tabelle 49: Methanbildungspotential bei verschiedenen Tierarten während der Lagerung

Tierart	spezifisches Potential kg/Tier a
Rinder gesamt	161,7
Kälber	59,0
übrige Rinder	181,4
Schafe	23,6
Schweine	32,0
Pferde	221,8
Geflügel	2,4

Quelle: Umweltbundesamt Berlin, [1993] in: Boxberger et al. [1994]

Tabelle 50: Methanbildungspotential während der Lagerung in Gars, Grimmenstein und NÖ

	kg / Jahr
Grimmenstein	117.582
Gars	388.646
Niederösterreich	110.035.013

Tabelle 51: Verdauungsbedingte und lagerungsbedingte Methan-Emissionen der gesamten Tierhaltung in t / Jahr (Übersicht)

	Emissionen bei der Verdauung	Emissionen bei Lagerung
Grimmenstein	63	12
Gars am Kamp	94	39
Niederösterreich; ÖVAF [1996]	41.168	11.000
Niederösterreich; Steinlechner [1994]	51.157	8.861

Quellen: Emissionsfaktor nach Umweltbundesamt Berlin [1993]; Tierbestandszahlen ÖSTAT 3. 12. 1995; Lagerungsbedingte Emissionen entsprechen 10 % des Methanbildungspotentials während der Lagerung der Exkremente.

Die CH₄-Emissionen der Tierhaltung in Niederösterreich betragen daher insgesamt 52.168 t / Jahr. Steinlechner [1994] kommt für Niederösterreich auf einen Wert von 60.018 t / Jahr. Bei einer Ausschöpfung des Nutzungspotentials für Biogas besteht ein Reduktionspotential von 6.452 t mit einem Rückgang auf 53.566 t / Jahr, das ist eine Reduktion um 10,75% der Gesamtmenge. Überträgt man diesen Prozentsatz auf die beiden Gemeinden, so erhält man für Grimmenstein bei 75 t Gesamtemissionen eine **theoretische Reduktionsmöglichkeit** von etwa 8 t Methan und für Gars am Kamp ein **theoretisches Potential** von 14 t bei 133 t Methan aus der Tierhaltung. Die tatsächlichen Reduktionsmöglichkeiten sind jedoch geringer (Siehe Kap. 7.1.1 und 7.2.1).

6.1.2 Kohlendioxidemissionen aus den Vorleistungen für die Pflanzenproduktion

Tabelle 52 gibt eine Übersicht des Energieeinsatzes bei einzelnen Feldfrüchten nach Haas und Köpke [1994] wieder.

In der Spalte konventionelle Bewirtschaftung wird der Energiebedarf einmal mit und einmal ohne die benötigte Energie für den N-Mineraldünger dargestellt. Der Energiebedarf wird auf Basis des Mineraldüngereinsatzes in Niederösterreich getrennt errechnet.

Tabelle 52 Übersicht über kulturspezifische Energiebilanzen bei ökologischer und konventioneller Wirtschaftsweise

	konventionelle Bewirtschaftung					ökologische Bewirtschaftung		
	Ertrag	Energie ₁₎		Energie ohne Energie für N-Mineraldünger ₂₎		Ertrag	Energie	
Kulturart	kg/ha	MJ/ha	MJ/kg	MJ/ha	MJ/kg	kg/ha	MJ/ha	MJ/kg
Winterweizen	6.500	17.238	2,65	8.358	1,29	4.000	6.089	1,52
Winterroggen	5.000	12.980	2,60	6.875	1,38	3.000	5.128	1,71
Wintergerste	6.000	16.185	2,70	7.860	1,31	4.000	5.997	1,49
Hafer	5.500	13.430	2,44	6.881	1,25	3.600	5.151	1,43
Kartoffeln	30.000	24.001	0,80	15.010	0,50	20.000	13.760	0,69
Zuckerrüben	50.000	24.021	0,48	12.505	0,25	40.000	11.258	0,28
Möhren	75.000	22.084	0,29	16.534	0,22	60.000	13.760	0,23
Winterraps	3.500	17.661	5,05	7.671	2,19	-	5.907	
Körnermais	9.000	27.544	3,60	17.841	1,98	-	16.273	
Silomais	45.000	18.265	0,41	7.165	0,16	32.000	8.364	0,26
Ackerbohnen	3.500	9.499	2,71	7.834	2,24	4.000	6.238	1,56
Kleegras/Feldgras	70.000	29.127	0,42	13.343	0,19	50.000	6.577	0,13
Mähweide	37.500	17.143	0,46	7.464	0,20	25.000	4.538	0,18

Quelle: Haas & Köpke [1994], Erträge verändert nach Standarddeckungsbeiträge 1995/96

1) Haas & Köpke [1994]

2) *Energieaufwand für N-Mineraldünger ist ausgenommen Haas & Köpke [1994] verändert, nach Standard-DB

Aus den kulturspezifischen Energiebilanzen der Feldfrüchte - dargestellt in Tabelle 52 - und der Flächenstrukturerhebung der Frucht- und Kulturarten von Gars am Kamp, Grimmenstein und Niederösterreich ¹⁰⁶ wird nun eine Abschätzung des Energieaufwandes und der CO₂-Emissionen der Vorleistungen für die Pflanzenproduktion vorgenommen.

Als Grundlage wird die Ackerfläche herangezogen. Um die Reduktionsmöglichkeiten darzustellen, werden zwei theoretische Szenarien, nämlich *konventionelle Bewirtschaftung* und *ökologische Bewirtschaftung* der Ackerfläche von Niederösterreich und den beiden Gemeinden, miteinander verglichen.

Die hier verwendeten Energiezahlen der Feldfrüchte von Haas und Köpke, [1994] berücksichtigen den direkten Energieverbrauch durch Treib- und Schmierstoffe (incl. Herstellungsaufwand) für Feldarbeiten, Abflammen und Trocknung, den indirekten Energieverbrauch für Pflanzenschutzmittel-, Saatgut- und Mineraldünger (Phosphor (P), Kalium (K), Kalzium (Ca)) sowie für die Herstellung und Reparatur von Maschinen und Geräten.

Der **Energieverbrauch** für **mineralischen Stickstoff (N)** wurde zunächst ausgeklammert, da er auf Düngergaben, die in Deutschland üblich sind, beruht. Statt dessen **wird** er auf Basis des N-Mineraldüngerumsatzes in Niederösterreich (59.768 t N/Jahr) **getrennt errechnet**.

Zunächst aber erfolgt die Bestimmung der CO₂-Emissionen der übrigen Vorleistungen für Feldfrüchte. Multipliziert man die **Energiebilanzen** aus Tabelle 52 mit den einzelnen Flächen aus der Agrarstrukturerhebung und mit dem CO₂-Emissionsfaktor von 92 g /MJ, so erhält man CO₂-Emissionen für den konventionellen sowie für den ökologischen Landbau in Tabelle 53 bis Tabelle 55.

Tabelle 53: CO₂-Emissionen durch Energieeinsatz in der Pflanzenproduktion in Grimmenstein (ausgenommen Energie für Stickstoffmineraldünger)

Grimmenstein		konventionell	ökologisch
	ha	MJ	MJ
Getreide	120	915.445	681.918
Hackfrüchte (+ Körnererbsen)	40	371.114	336.463
Feldfutter	116	1.546.143	752.737
Wiesen (ein- und mehrmahdig)	236	3.071.304	1.070.968
SUMME	512	5.904.006	2.842.086
CO₂-Emissionen in t		543	261

Quelle: eigene Berechnungen

¹⁰⁶ ÖSTAT 1995

Tabelle 54: CO₂-Emissionen durch Energieeinsatz in der Pflanzenproduktion in Gars am Kamp (ausgenommen Energie für Stickstoffmineraldünger)

Gars am Kamp		konventionell	ökologisch
	ha	MJ	MJ
Getreide	1.583	14.041.846	10.932.578
Öl- und Hackfrüchte, Körnererbse	667	5.546.687	4.564.717
Feldfutter	185	2.442.135	1.053.625
Wiesen (ein- und mehrmahdig)	155	2.017.170	703.390
LW Fläche	2.590	24.047.838	17.254.310
CO₂ Emissionen in t		2.212	1.589

Quelle: eigene Berechnungen auf Basis von Haas & Köpke [1994]

Tabelle 55: CO₂-Emissionen durch Energieeinsatz in der Pflanzenproduktion in Niederösterreich (ausgenommen Energie für Stickstoffmineraldünger)

Niederösterreich		konventionell	ökologisch
	ha	MJ	MJ
Getreide	398.450	3.540.442.229	2.750.751.634
Öl- und Hackfrüchte, Leguminosen	144.382	1.616.575.273	1.385.398.588
Feldfutter	43.897	585.717.671	288.710.569
Wiesen (ein- und mehrmahdig)	180.814	2.353.113.396	820.533.932
LW Fläche	723.646	8.095.848.569	5.245.394.693
CO₂ Emissionen in t		744.818	482.576

Quelle: eigene Berechnungen auf Basis von Haas & Köpke [1994]

Um nun den Energiebedarf und die CO₂-Emissionen für Stickstoffmineraldünger in Niederösterreich Gars und Grimmenstein zu errechnen, werden Zahlen für die Aufwandmengen in Gars und Grimmenstein aus dem Mineraldüngeraufwand in Niederösterreich abgeleitet. Für diese Ableitung wird zunächst der verfügbare Wirtschaftsdünger errechnet.

6.1.2.1 Berechnung des verfügbaren Wirtschaftsdüngers für das Ackerland in Grimmenstein und Gars am Kamp

Für die Berechnung des für das Ackerland verfügbaren Wirtschaftsdüngers in Gars und Grimmenstein wird von der niederösterreichischen Gesamtmenge an anfallendem Wirtschaftsdünger (feldfallend) ausgegangen.

Tabelle 56: Mineraldünger und Wirtschaftsdünger in Niederösterreich in t/Jahr

t N/Jahr	Wirtschaftsdünger	Mineraldünger
Niederösterreich	42.414,48	59.768
Gars	179,45	
Grimmenstein	41,76	

Quelle: WD eigene Berechnungen, MD Grüner Bericht 1994

Es wird angenommen, daß der N-Düngeaufwand für das Grünland ausschließlich aus dem Wirtschaftsdünger gedeckt wird. Entsprechende Bedarfszahlen werden aus Düngeempfehlungen für Grünland abgeleitet¹⁰⁷.

Aus der Differenz des anfallenden Wirtschaftsdüngers und dem Düngerbedarf für das Grünland wird der zur Verfügung stehende Wirtschaftsdünger für das Ackerland ermittelt.

Tabelle 57: Stickstoffdüngerbedarf Grünland und verfügbarer Wirtschaftsdünger Ackerland in t N/ Jahr

	Grünland			Ackerland
t N/Jahr	Düngebedarf Grünland in t	Bezugsfläche in ha	Ø kg/ha	verfügbarer Wirtschaftsdünger Ackerland (WD _A)
Niederösterreich	10.040,43	220.803	45,5	32.373,98
Gars	8,40	181	46,0	171,05
Grimmenstein	12,45	262	47,5	29,31

Stickstoffmenge aus dem anfallenden Wirtschaftsdünger abzüglich dem Stickstoffbedarf für das Grünland ergibt die für das Ackerland verfügbare Stickstoffmenge in t N/ Jahr.

6.1.2.2 Berechnung des N-Mineraldüngeraufwands für Gars und Grimmenstein

Aus der Summe des für die Ackerfläche verfügbaren Wirtschaftsdüngers, dem N-Mineraldüngeraufwand in Niederösterreich und dem Stickstoff-Nettoentzug auf der Ackerfläche wird ein Faktor (x) errechnet, der das Verhältnis zwischen der tatsächlichen Stickstoffnachlieferung und dem Stickstoffentzug angibt.

¹⁰⁷ Richtlinien für die sachgerechte Düngung [1996] S 32

Für den Stickstoffentzug auf dem Ackerland werden Entzugszahlen des Fachbeirats für Bodenfruchtbarkeit und Bodenschutz verwendet. Die Entzüge der einzelnen Feldfrüchte sind in Tabelle 58 bis Tabelle 61 dargestellt.

Bei einem Szenario *Düngung auf Entzug* wird davon ausgegangen, daß jene N-Mengen, die durch das Erntegut entzogen werden, durch Düngung nachgeliefert werden müssen. Bei einzelnen Feldfrüchten kann durch Ernterückstände ein Vorfruchtwert für die Stickstoffnachlieferung gutgeschrieben werden. Tabelle 58 gibt N-Entzugszahlen der Feldfrüchte und den Gesamtentzug auf der Ackerfläche in Niederösterreich wieder. Stickstoffverluste durch Auswaschung sowie Einträge durch Deposition (siehe Seite 15 Tabelle 5) sind hier jedoch nicht berücksichtigt.

Tabelle 58: Stickstoffentzug auf dem Ackerland durch die Feldfrüchte in Niederösterreich

	Fläche	Ertrag	Menge	N- Entzug*	N- Entzug	Vor- frucht- wirkung	Gut- schrift	Empfeh- lung *)	Summe Empf.	Ertrag* Entzug
	ha	t / ha	t/a	kgN/t*a	t N/a	kg/ha		kgN/ha	tN/a	kgN/ha* a
Weizen	155.242	5,13	796.391	25,0	19.910		0	120	18.629	128
Roggen	53.268	3,77	200.820	22,0	4.418		0	100	5.327	83
Gerste	125.688	4,64	583.192	21,0	12.247		0	100	1.2569	97
Hafer	14.851	3,61	53.612	24,0	1.287		0	90	1.337	87
Triticale	6.363	5,13	32.642	25,0	816		0	120	764	128
Wintermengg.	1.153	4,11	4.739	24,0	114		0	100	115	99
Sommermeng.	1.950	3,81	7.430	24,0	178		0	100	195	91
Körnermais	39.935	7,78	310.694	25,0	7.767	20	799	140	5.591	195
Silomais	32.722	44,77	1.464.964	3,8	5.567		0	120	3.927	170
Körnererbse	11.538	3,30	38.075	50,0	577	70	808	0	0	165
Ackerbohne	760	2,51	1.908	55,0	42	70	53	0	0	138
Sojabohnen	2.738	1,98	5.421	66,0	181	50	137	0	0	131
Winterraps	51.719	2,58	133.435	33,1	4.419	30	1.552	140	7.241	85
Sonstige Ölpflanzen	23.288	2,35	54.727	52,0	2.846	20	466	60	1.397	122
Mohn	876	0,81	710				0		0	0
Ölkürbis	1.059	40,77	43.175				0		0	0
Sonstige Ölf Früchte	892	2,25	2.007	51,0	102		0	120	107	115
Zuckerrübe	38.948	54,52	2.123.445	4,4	9.343	60	2.337	90	3.505	240
Futtermübe	619	47,83	29.607	2,6	77		0	140	87	124
Kartoffeln	20.993	25,83	542.249	4,4	2.386	20	420	110	2.309	114
Kleegras	13.786	7,75	106.842	16,0	1.709		0	200	2.757	124 1)
Rotklee	5.554	7,58	42.099	6,0	33	60	333	30	167	45 2)
Luzerne	7.067	8,14	57.525	6,5	46	60	424	30	212	53 2)
Sonst. Feldfutter	17.490	7,82	136.772	20,0	2.735		0	240	4.198	156 1)
Ungen. Ackerland	75.542		0,00	0	0		0		0	
Summe Ackerbau	704.041				76.801		7.328		70.432	

1) bei 4-maligem Aufwuchs

2) Als Startdüngung

Quelle: eigene Berechnungen auf der Basis von ÖSTAT, Durchschnittserträge 1994/1995/1996 von Niederösterreich; * Fachbeirat für Bodenfruchtbarkeit und Bodenschutz

Tabelle 59: Stickstoffentzug auf dem Ackerland durch die Feldfrüchte in Gars am Kamp

	Fläche	Ertrag	Menge	N-Entzug	N-Entzug	Vorfruchtwirkung	Gutschrift	Empfehlung	Summe Empf	Ertrag* Entzug
	ha	t / ha	t/a	kgN/t	t N/a	kg/ha	t N/ a	kgN/ha	t N/a	kg/ha
Weizen + Triticale	592	4,92	2913	25,0	72,8			120	71,0	123
Roggen	262	4,42	1158	22,0	25,5			100	26,2	97
Gerste	491	4,71	2313	21,0	48,6			100	49,1	99
Hafer	48	4,12	198	24,0	4,7			90	4,3	99
Menggetreide	13	4,33	56	24,0	1,4			100	1,3	104
Körnermais	164	5,93	973	25,0	24,3	20	3,3	140	23,0	148
Silomais	194	44,83	8697	3,8	33,0	0	0	120	23,3	170
Sojabohnen	5	1,98	10	66,0	0,7	50	0,3	0	0	131
Winterraps	423	2,58	1091	51,0	55,7	30	12,7	140	59,2	132
Sonstige Ölpflanzen	64	2,35	150	52,0	7,8	20	1,3	60	3,9	122
Mohn	24	0,81	19				0	70	1,7	0
Körnererbse	21	3,14	66	50,0	1,1	70	1,5	0	0	157
Ölkürbis	2	40,77	82		0,0		0	50	0,1	0
Sonstige Ölfrüchte	11	2,25	25	51,0	1,3	30	0,3	120	1,3	115
Zuckerrübe	15	54,52	818	4,4	3,6	60	0,9	90	1,4	240
Futterrübe	1	47,83	48	2,6	0,3		0	140	0,1	124
Handelsgewächse	13				0,0		0	0	0	0
Feldgemüse	2		0		0,0		0	0	0	0
Kleegrass	22	7,75	171	16,0	2,7		0	200	4,4	124 1)
Klee	37	7,58	280	6,0	1,7	60	2,2	30	1,1	45 2)
Luzerne	44	8,14	358	6,5	2,3	60	2,6	30	1,3	53 2)
Sonst. Feldfutter	2	7,81	16	20,0	0,3			240	0,5	172 1)
Ackerwiesen und Weiden	80	7,50	600	20,0	12,0			240	19,2	150
Futtersämereien	1	5,40	5	23,0	0,1				0	124
Kartoffeln	8	25,83	207	4,4	0,9			110	0,9	114
Ungen. Ackerland	18		0	0	0,0					0
Geförd. Brache	382		0	0	0,0					0
Summe Ackerbau	2.939				300,6		25,1		293,2	0

1) bei 4-maligem Aufwuchs

2) Als Startdüngung

Quelle: eigene Berechnungen auf der Basis von ÖSTAT, Durchschnittserträge 1994/1995/1996 von Niederösterreich; *Kursiv: ÖSTAT, Durchschnittserträge 1995 des Bezirks Horn*; * Fachbeirat für Bodenfruchtbarkeit und Bodenschutz

Tabelle 60: Stickstoffentzug auf dem Ackerland durch die Feldfrüchte in Grimmerstein

	Fläche	Ertrag	Menge	N-Entzug	N-Entzug	Vorfrucht		Empfehlung		Ertrag* Entzug
	ha	t / ha	t/a	kgN/t	t N/a	kg/ha	tN/ Jahr	kgN/ha	tN/a	
Weizen + Triticale	37	4,25	157	25,0	3,9			120	4,4	106
Roggen	28	3,78	106	22,0	2,3			100	2,8	83
Gerste	36	3,78	136	21,0	2,9			100	3,6	79
Hafer	19	3,38	64	24,0	1,5			90	1,7	81
Silomais	38	48,31	1836	3,8	7,0	0,00	0,0	120	4,6	184
Körnererbse	1	2,65	3	50,0	0,1	70,00	0,1		0	133
Kleegras	75	7,75	581	16,0	9,3		0,0	100	7,5	124 1)
Rotklee und sonst. Klee	7	7,58	53	6,0	0,0	60,00	0,4	30	0,2	45 2)
Luzerne	16	8,14	130	6,5	0,1	60,00	1,0	30	0,5	53 2)
Sonstiges Feldfutter	13	7,50	98	20,0	2,0			240	3,1	150 1)
Ackerwiesen u. Weiden	5	7,50	38	20,0	0,8			100	0,5	150
Kartoffel	1	25,83	26	4,4	0,1			110	0,1	114
Summe Ackerbau	276				29,9		1,5		29,0	

1) bei 4-maligem Aufwuchs

2) Als Startdüngung

Quelle: eigene Berechnungen auf der Basis von ÖSTAT, Durchschnittserträge 1994/1995/1996 von Niederösterreich; *Kursiv: ÖSTAT, Durchschnittserträge 1995 des Bezirks Wiener Neustadt*; * Fachbeirat für Bodenfruchtbarkeit und Bodenschutz

Tabelle 61: Übersicht Stickstoff-Nettoentzug auf dem Ackerland

t N/Jahr	Stickstoff-Nettoentzug Ackerland
Niederösterreich	69.473
Gars	275
Grimmenstein	28

Quelle: eigene Berechnungen

Eine Gegenüberstellung zwischen Stickstoffentzug und Stickstoffnachlieferung zeigt Tabelle 62. Aus dem Verhältnis zwischen Nettoentzug und der Summe der N-Nachlieferung (bestehend aus dem Mineraldüngeraufwand in Niederösterreich und dem verfügbaren Wirtschaftsdünger für das Ackerland) wird der Mineraldüngeraufwand für Grimmenstein und Gars geschätzt (*kursiv*). Dabei wird zunächst angenommen, daß das Düngeverhalten sowohl in Gars als auch in Grimmenstein dem niederösterreichischen Durchschnitt entspricht. ($x=92.142/69.473=1,33$).

Man erhält auf diese Weise 194 t N für Gars und 8 t N für Grimmenstein.

Es ist erkennbar, daß in Niederösterreich der Netto-Entzug von Stickstoff ungefähr der Empfehlung des Fachbeirats entspricht. Tatsächlich ist aber die Summe der Stickstoffnachlieferung aus dem verbleibendem Wirtschaftsdünger für das Ackerland und Mineraldüngeraufwand in Niederösterreich in diesem Modell um ein Drittel höher, als die Empfehlung des Fachbeirats.

Tabelle 62: Stickstoffentzug und Stickstoffnachlieferung in t N/ Jahr

	Niederösterreich	Gars	Grimmenstein
N-Entzug (Frucht+Ernterückstand)	76.801	300	30
Vorfruchtwirkung	-7.328	-25	-2
Netto-Entzug	69.473	275	28

N Nachlieferung aus Wirtschaftsdünger	32.374	171	29
N Mineraldüngung	59.768	<i>194</i>	<i>8</i>
Summe N-Nachlieferung	92.142	365	37

Empfehlung des Fachbeirats		70.432	293	29
----------------------------	--	--------	-----	----

Quelle: eigene Berechnungen

Für die Gemeinden Gars und Grimmenstein stellt sich die Situation folgendermaßen dar:

Auf Grund der Tatsache, daß für die Berechnung des Entzugs der beiden Gemeinden Ertragszahlen der Bezirke Horn und Neunkirchen verwendet wurden, die Düngempfehlungen sich jedoch im Durchschnitt auf einen mittleren Ertrag beziehen, kann eine Gegenüberstellung nicht mit einer Genauigkeit im Bereich von kg erfolgen.

Die errechneten Mineraldüngermengen 194 t N/Jahr für Gars und 8t N/ Jahr für Grimmenstein geben ein Düngeverhalten wieder, das dem niederösterreichischen Durchschnitt entspricht. Diese Zahlen werden mit Angaben des Lagerhaus Horn Reg. GenmbH für Gars und der FS Warth für Grimmenstein verglichen.

Nach Angaben des Lagerhauses Horn reg GenmbH, wurden im Jahr 1995 über die Filiale Nondorf insgesamt 703 t Mineraldünger abgesetzt. Davon werden ca. 80% für Gars am Kamp incl. den Katastralgemeinden Nondorf, Kotzendorf, Maiersch und Zitternberg eingekauft, 20% entfallen auf Zeingrub und Mörtersdorf außerhalb von Gars. Sieht man von Unsicherheitsfaktoren wie Vorziehkäufen und Preisunterschieden ab, so kann aus den verbleibenden 562 t eine Reinstickstoffdüngermenge von 107 - 129 t N für das Ackerland abgeleitet werden.

Nach Angaben der LWFS Warth beträgt die durchschnittliche N-Ausbringung von Mineral- und Wirtschaftsdünger einiger Betriebe in Grimmenstein auf dem Acker 123 kg/ ha. Bei 276 ha sind das insgesamt ungefähr 34 t. Abzüglich 29 t Wirtschaftsdünger verbleibt eine Menge von 5 t, die in Grimmenstein durch Mineraldünger ausgebracht wird.

Für die weiteren Berechnungen werden die niedrigeren Werte von 129 t für Gars und 5 t für Grimmenstein verwendet. Bezüglich der N-Nachlieferung kommt man für die beiden Gemeinden daher zu folgendem Ergebnis:

Tabelle 63 Stickstoffnachlieferung in t N/ Jahr

	Gars	Grimmenstein
N-Nachlieferung aus Wirtschafts-Dünger	171	29
N Mineraldüngung gemäß Angaben	129	5
Summe N-Nachlieferung	300	34

Gars am Kamp:

Der Netto-Entzug an Stickstoff entspricht ungefähr der Empfehlung des Fachbeirats. Auf Grund der Berechnungen in Kapitel 6.1.2.1 verbleibt ein verfügbarer Wirtschaftsdünger für das Ackerland von 171 t / Jahr. Geht man von 129 t aus und addiert sie mit dem verfügbaren Wirtschaftsdünger für das Ackerland von 171 t erhält man 300 t N / Jahr. Diese Menge entspricht den Empfehlungen des Fachbeirats. In Gars am Kamp kann also gemäß den Empfehlungen des Fachbeirates die Düngemenge und damit auch die Lachgasmenge nicht weiter reduziert werden.

Grimmenstein:

In Grimmenstein entspricht der Nettoentzug an Stickstoff von 28 t / Jahr der Empfehlung des Fachbeirats von 29 t N / Jahr. Die verfügbare Wirtschaftsdüngermenge für das Ackerland beträgt ebenfalls 29 t N / Jahr. Die insgesamt ausgebrachte Düngermenge beträgt jedoch 34 t N/Jahr. Gemäß den Empfehlungen des Fachbeirates könnte die Düngemenge um 5 t N auf 29 t N /Jahr reduziert werden.

Aus dem Energiebedarf von 55,5 MJ/ kg N-Mineraldünger und dem CO₂-Emissionsfaktor für Erdgas von 61 g/MJ können nun die CO₂ -Emissionen errechnet werden.

Tabelle 64: Energiebedarf und CO₂ -Emissionen von N-Mineraldünger in Niederösterreich, Gars und Grimmenstein

t/Jahr	Mineraldünger in t / Jahr	Energiebedarf in MJ	CO ₂ -Emissionen in t
Niederösterreich	59.768	3.317.124.000	202.345
Gars	129	7.159.500	437
Grimmenstein	5	277.500	17

Tabelle 65 stellt nun eine Schätzung für die CO₂ -Emissionen in der Pflanzenproduktion für Niederösterreich, Gars und Grimmenstein dar. Es werden zwei Szenarien gegenübergestellt.

Tabelle 65: CO₂ -Emissionen durch Energieeinsatz in der Pflanzenproduktion

	CO ₂ -Äquivalent in t für den Energieaufwand von	konventionell	ökologisch	Diff. %
Niederösterreich	sonstigen Vorleistungen	744.818	482.576	
	N-Mineraldünger	202.345	-	
	Summe	947.163	482.576	49
Gars	sonstigen Vorleistungen	2.212	1.589	
	N-Mineraldünger	437	-	
	Summe	2.649	1.589	40
Grimmenstein	sonstigen Vorleistungen	543	261	
	N-Mineraldünger	17	-	
	Summe	560	261	53

Zusammenfassung der CO₂ -Emissionen durch Energieeinsatz in der Pflanzenproduktion mit und ohne Energieeinsatz für Stickstoffmineraldünger unter der Annahme einer flächendeckend konventionellen bzw. einer flächendeckend ökologischen Produktion.

6.1.2.3 Umstellungs-Szenarien in Grimmenstein und Gars am Kamp

Gars am Kamp:

Ausgehend von der oben beschriebenen Modellrechnung kommt man zu folgendem Ergebnis: Einem **N-Entzug** durch Feldfrüchte von **275 t N** steht eine Deckung aus dem **Wirtschaftsdünger** von **171t N** und aus dem **Mineraldünger** von **129 t N¹⁰⁸**, also insgesamt **300 t N**, gegenüber.

Die Deckung des N-Entzugs kann zu 65% aus dem Wirtschaftsdünger gedeckt werden. Der Stickstoffentzug wird durch den Wirtschaftsdünger und die ergänzende Mineraldüngergabe ausgeglichen.

Bei einem vorgeschlagenen Dünge-Szenario, das der Empfehlung des Fachbeirats entspricht, kann keine zusätzliche Tonne N eingespart werden.

Im Falle eines theoretischen Umstellungsszenarios von flächendeckend konventioneller auf flächendeckend ökologische Landwirtschaft könnte der fehlende Stickstoff durch eine geänderte Fruchtfolge (Erhöhung des Anteils der Leguminosen) unter sonst gleichen Bedingungen zugeführt werden. In diesem Fall ist eine Einsparung des gesamten Mineraldüngers von 129 t N möglich, das entspricht 437 t CO₂-Äquivalent durch eingesparte Energie.

Tabelle 66: Umstellungsszenarien in Gars am Kamp

	Energieaufwand Vorleistungen	Energieaufwand N-Dünger	Summe	Einsparung	Einsparung in %
Szenarien	CO₂-Äquivalent in Tonnen				
flächendeckend konventionell	2.212	437	2.649		
N-Düngung auf Entzug	2.212	437	2.649	-	-
flächendeckend ökologisch	1.589	-	1.589	1.060	40

¹⁰⁸ LH Horn

Grimmenstein:

Einem **N-Entzug** durch Feldfrüchte von **28 t N** steht eine Deckung aus dem Wirtschaftsdünger von **29 t N** und aus Mineraldünger von **5 t N**¹⁰⁹ gegenüber.

Die Deckung des N-Entzugs kann zur Gänze aus dem Wirtschaftsdünger erfolgen.

Bei einem vorgeschlagenen Dünge-Szenario, das der Empfehlung des Fachbeirats entspricht könnten 5t N oder 17t CO₂-Äquivalent eingespart werden.

Tabelle 67: Umstellungsszenarien in Grimmenstein

	Energieaufwand Vorleistungen	Energieaufwand N-Dünger	Summe	Einsparung	Einsparung in %
Szenarien	CO₂-Äquivalent in Tonnen				
flächendeckend konventionell	543	17	560		
N-Düngung auf Entzug	543		543	17	6
flächendeckend ökologisch	261	-	261	299	53

Beim Szenario einer Umstellung von flächendeckend konventioneller auf flächendeckend ökologische Bewirtschaftung besteht in diesem Modell ein Reduktionspotential von CO₂-Äquivalent auf Basis der Gesamtemissionen aus fossilen Vorleistungen der Pflanzenproduktion von 40% in Gars am Kamp und von 53% in Grimmenstein.

Beim Szenario Verringerung der Stickstoffmineraldüngung durch Düngung gemäß den Empfehlungen des Fachbeirates beträgt die Einsparung 0% in Gars am Kamp und 3% in Grimmenstein.

6.1.3 Mineraldüngerbedingte Lachgasemissionen

In den Tabelle 68 und 66 wird auf Basis des im vorigen Kapitel dargestellten Mineraldünger-
aufwands mit einem N₂O Emissionsfaktor¹¹⁰, eine Abschätzung der mineraldüngerbedingten
N₂O-Emissionen von Niederösterreich, Gars und Grimmenstein vorgenommen.

Ausgasungen aus dem Wirtschaftsdünger und aus anderen Quellen werden nicht berücksichtigt, da die Abschätzung auf Grund der Komplexität des N-Kreislaufs, wie schon in Kap. 2.2 erwähnt, schwierig ist. Es ergibt sich für Grimmenstein ein Emissionswert von ca. 18 t CO₂-Äquivalent und für Gars am Kamp von 453 t CO₂-Äquivalent.

¹⁰⁹ FS Warth

¹¹⁰ 1,3% N₂O-N/ kg Stickstoffmineraldünger; Ryden [1981] in: Beese [1994]

Zum Vergleich: Mit dieser Methode erhält man, ausgehend von der gesamten in Österreich ausgebrachten Stickstoffmineraldüngermenge von 126.737 t, einen N₂O-Emissionswert von 1.648 t N₂O. Orthofer, Knoflacher [1994]¹¹¹ geben die Gesamtemissionen aus der Landwirtschaft in Österreich mit 2.000 t N₂O/ Jahr an (Siehe Kapitel 2.2).

Tabelle 68: Abschätzung der N₂O-Emissionen durch Stickstoffmineraldünger in Grimmenstein

Grimmenstein		
Ausgebrachte Menge	t	5
N ₂ O-N-Ausgasung in % der Düngermenge	%	1,3
N ₂ O-N-Ausgasung	t	0,1
CO ₂ -Äquivalent	t	18

Tabelle 69: Abschätzung der N₂O-Emissionen durch Stickstoffmineraldünger in Gars am Kamp

Gars		
Ausgebrachte Menge	t	129
N ₂ O-N-Ausgasung in % der Düngermenge	%	1,3
N ₂ O-N-Ausgasung	t	1,7
CO ₂ -Äquivalent	t	453

Tabelle 70: Abschätzung der N₂O-Emissionen durch Stickstoffmineraldünger in Niederösterreich und Österreich

		Niederösterreich	Österreich
N-Mineraldüngerabsatz in NÖ bzw. Ö*	t	59.768	126.700
N ₂ O-N-Ausgasung in % / kg Dünger	%	1,3	1,3
N ₂ O-N-Ausgasung	t	776	1.647
CO ₂ -Äquivalent	t	209.800	444.700

Quelle: Eigene Berechnungen; Düngerabsatz: Grüner Ber. [1994] Umrechnungsfaktor: Ryden [1981]

¹¹¹ in: Nationaler Klimabericht der Österreichischen Bundesregierung

7 Maßnahmen in den Gemeinden Grimmenstein und Gars am Kamp

In diesem Kapitel werden, ausgehend vom Sektor Landwirtschaft, die konkreten Aktivitäten in den Gemeinden Grimmenstein und Gars am Kamp zur Reduktion von Treibhausgasen beschrieben. In je einem Workshop zum Thema „Einfluß der Landwirtschaft auf den Treibhauseffekt“ wurden in beiden Gemeinden Inhalte und Ziele einer klimaverträglicheren Landwirtschaft vorgestellt. In Arbeitskreisen zu den Themen *Nachhaltige Landwirtschaft*, *Nahversorgung - Direktvermarktung*, *Erneuerbare Energien* und *Wald* wurden realisierbare Vorschläge erarbeitet und in weiteren darauffolgenden Arbeitstreffen konkretisiert. Die folgenden Kapitel geben den Stand der Planung bzw. der Umsetzung in den beiden Gemeinden, Stand September 1996, wieder.

Mit der Beschreibung einzelner Maßnahmen wurde auch eine Abschätzung der jeweiligen eingesparten Emissionen in CO₂-Äquivalent vorgenommen. Die Erstellung einer vollständigen Bilanz bzw. die Darstellung des gesamten Einsparungspotentials im Verhältnis zur gesamten CO₂-Emission war nicht Aufgabe dieses Projekts. Die Abschätzungen erlauben es jedoch, Größenordnungen zu erkennen und daraus abgeleitet Prioritäten zu setzen.

7.1 Reduktionsmaßnahmen in Grimmenstein

Die vorgeschlagenen Maßnahmen beziehen sich auf die Treibhausgase Methan aus der Tierhaltung, fossiles Kohlendioxid durch den Energieaufwand sowie mineraldüngerbedingte Lachgasemissionen und betreffen die Handlungsfelder Nachhaltige Landwirtschaft, Nahversorgung und Energienutzung.

7.1.1 Nachhaltige Landwirtschaft

Maßnahme 1: Reduktion des Rinderbestandes

Eine Vermeidung von Methanemissionen durch Reduktion des Rinderbestandes ist in Grimmenstein aus betriebswirtschaftlichen Überlegungen begrenzt, da die Betriebsgrößen eher gering sind und bestehende Milchkontingente ausgeschöpft werden. Eine weiterer Mindestbestand ergibt sich aber auch aus der Forderung nach Erhaltung und Pflege der Grünlandgebiete, sodaß auch die volkswirtschaftlichen Aspekte gegen eine starke Reduktion sprechen. Der

Anteil der Wiesen und Weiden an der gesamten landwirtschaftlichen Nutzfläche beträgt in Grimmenstein ca. 50%.

In Grimmenstein liegen die verdauungsbedingten Methanemissionen aus der *gesamten Tierhaltung* bei 63 t / Jahr, und die lagerungsbedingten Methanemissionen bei 12 t / Jahr, zusammen 75 t / Jahr (Siehe Tabelle 51, Kap. 6.1.1). Um einen Vergleich mit anderen Reduktionspotentialen zu haben, wird eine **theoretische Verringerung** des Rinderbestandes um **20%** angenommen. In diesem Fall würden sich die Emissionen aus der Rinderhaltung ebenfalls um 20% reduzieren.

Der *Rinderbestand* in Grimmenstein verursacht insgesamt 73 t/Jahr. Eine Reduktion um 20% ergibt eine Einsparung von 14,6 t Methan bzw. einen Rückgang von 73 t auf 58,4 t Methan aus der Rinderhaltung. In CO₂-Äquivalent beträgt die Einsparung 160 t. Aus betriebswirtschaftlicher Sicht ist diese Maßnahme jedoch aufgrund fehlender Alternativen für die Nutzung des Grünlands nicht realistisch.

Maßnahme 2: Methanreduktion durch Biogasnutzung für Energie

Nur sechs Betriebe von insgesamt 36 Rinderhaltern haben Gülleentmistung und liegen weit verstreut, sodaß aufgrund der Betriebsstruktur die Biogaserzeugung neben der bereits bestehenden Anlage Pichler nicht ohne weiteres ausgedehnt werden kann.

Das theoretische Reduktionspotential von Methan durch Biogasnutzung wird für Niederösterreich mit 10,75% der Gesamtmenge angegeben; (Steinlechner et al. [1994]). Das würde einen Rückgang um 8 t Methan von 73 t auf 65 t oder 88 t in CO₂ Äquivalent bedeuten.

In der Praxis:

Die bereits bestehende Biogasanlage (Standort Pichler) ist eine Speicher-Durchfluß-Biogasanlage und nimmt die Gülle von 25 Mutterkühen und 40 Mastschweinen sowie Speisereste des Altersheims mit 250 Betten auf. Die produzierte Gasmenge ist 100 - 150 m³ / Tag, ca. 41,5 m³ kommen aus der tierischen Gülle. Es werden 40.000 kWh Strom / Jahr erzeugt, das entspricht, bei einer vergleichweisen Erzeugung dieser Energiemenge mit Öl einem Wert von **14 t** substituierten **CO₂-Äquivalent**.

Maßnahme 3: N-Mineraldüngerreduktion durch Umstellung auf ökologischen Landbau

Lachgasemissionen aus dem Boden nehmen, sobald sich verfügbarer Stickstoff im Überschuß befindet, überproportional zu. Ein genereller Verzicht auf mineralischen Stickstoffdünger z. B. im Rahmen einer flächendeckenden Umstellung auf ökologischen Landbau, verringert diese Emissionen. Da sich, siehe Kap 2.2, nur Lachgas aus dem Mineraldünger einigermaßen

verlässlich schätzen läßt, werden nur diese Emissionen betrachtet. Bei einer Mineraldünger-menge von 18 kg/ha und der ausschließlichen Düngung von Ackerland (276 ha) in Grimmenstein, ergibt das eine gesamte Düngermenge von 5 t. Die Einsparung von *mineraldüngerbedingten* Lachgasemissionen, gemessen in **CO₂-Äquivalent**, beträgt daher bei Verzicht von Mineraldünger 18t.

Realistische Aktivitäten:

Ein wichtiger Schritt in Richtung einer nachhaltigen Landwirtschaft ist die bedarfsgerechte Düngung. Für die Durchführung von **Bodenuntersuchungen** und einer begleitenden Düngeberatung wird nach Erstellung eines Zeitplans die Anschaffung eines Photometers ins Auge gefaßt. Dabei bietet sich eine Zusammenarbeit mit dem Absolventenverband der Fachschule Warth an. Durch ihn kann das Gerät überregional eingesetzt und gleichzeitig ein gewisser Multiplikatoreffekt über die Absolventen erreicht werden. Für Anschaffungen dieser Art kann über das 5b-Programm, Maßnahme 6 „Qualifizierung, Beratung, Forschung“; EAGFL eine finanzielle Förderung beantragt werden, wenn sie im Rahmen eines Projekts mit dem Ziel einer ökologischen Verbesserung der gegenwärtigen Situation erfolgen.

Maßnahme 4: Energieeinsparung durch Umstellung auf ökologischen Landbau

Das gleiche Szenario wie in Maßnahme 3 (flächendeckende Umstellung auf ökologischen Landbau) hat neben der Einsparung von Lachgasemissionen auch den Effekt einer Reduktion der energiebedingten fossilen Kohlendioxidemissionen. Hochgerechnet auf die Ackerfläche in Grimmenstein wird eine Einsparung von **299 t CO₂-Äquivalent** erzielt.

Emissionen	konventionell	ökologisch
t CO ₂ Äquivalent	560	261

7.1.2 Nahversorgung

Maßnahme 5: Direktvermarktung

Die landwirtschaftliche Direktvermarktung kann zu einer funktionierenden Nahversorgung und zur Verringerung langer Transportwege beitragen. Außerdem kann sie ein zusätzliches wirtschaftliches Standbein für landwirtschaftliche Betriebe bieten. Wegen der Fülle der Einflußfaktoren ist jedoch schwierig ein CO₂-Einsparungspotential zu quantifizieren und es einzelnen Maßnahmen zuzurechnen. Dennoch wird die Direktvermarktung erwähnt, da sie neben

ihrer Funktion als Einkommensquelle durch den unmittelbaren Kontakt zu den Produzenten auch das Bewußtsein der Konsumenten für eine nachhaltige, klimaverträglichere Landwirtschaft stärken kann.

Seitens der Konsumenten bestünde die Möglichkeit, daß z.B. das Altersheim die Nachfrage nach regional erzeugten Lebensmitteln stimulieren könnte. Im Rahmen einer Ausschreibung sind öffentliche Einrichtungen jedoch verpflichtet den Billigstbieter zu wählen. Eine Änderung im Sinne der Resolution des Landtags vom Jänner 1995 wäre daher dahingehend empfehlenswert, daß im Beschaffungswesen der öffentlichen Gebietskörperschaften des Landes Mehrkosten für klima- und umweltschonende Produkte und Verfahren gerechtfertigt sind. Weiters sind bestehende Förderrichtlinien auf ihre Klimarelevanz zu überprüfen und gegebenenfalls neu anzupassen.

Potential: nicht quantifizierbar.

Konkrete Aktivitäten:

- **Neue Vermarktungsstrategien:**

Die Direktvermarktung von Fleisch wird derzeit von vier Landwirten in Einzelinitiative betrieben. Ein im Rahmen des Workshops „Einfluß der Landwirtschaft auf das Klima“ gefaßter Plan, die Vermarktung durch eine Erzeugergemeinschaft auf eine breitere Basis zu stellen, wird vorerst nicht verwirklicht, da die in Frage kommenden Betriebe großteils im Nebenerwerb wirtschaften und keine Zeit für zusätzliche Initiativen zur Verfügung steht.

Nach einer Schätzung des Arbeitskreises „Direktvermarktung“ könnten 50% der Produktion zur Selbstversorgung von Grimmenstein beitragen, weitere 50% müßten in der näheren Umgebung (z. B. Wiener Neustadt) abgesetzt werden. Es ist daher sinnvoll neue Kooperationen und Partnerschaften aufzubauen. Ein neues Verhältnis „Landwirtschaft -. Handel“ könnte zu einer Ausweitung der Aktivitäten beitragen.

- **Planung und Investition in gemeinsame Verarbeitungseinrichtungen:**

Da die Fleischproduktion einen Hauptproduktionszweig in Grimmenstein darstellt, wurde im Rahmen des Arbeitskreises „Direktvermarktung“ die Errichtung eines gemeinsamen Verarbeitungsraumes in Erwägung gezogen. Aus den bereits oben erwähnten Gründen (Zeitmangel für zusätzliche Initiativen) wird dieser Plan zunächst nicht realisiert.

- **Substitution von importierten Soja durch heimische Eiweißfuttermittel**

Nahversorgung bedeutet jedoch auch, daß die Bereitstellung der Inputfaktoren für die Produktion aus den Ressourcen der Region gedeckt wird. Der Arbeitskreis „Nachhaltige Landwirtschaft“ ist bestrebt, importiertes Eiweiß durch heimische Futtermittel und hochwertiges Grundfutter nach Möglichkeit zu ersetzen. Die derzeit geführte Diskussion über gentechnisch verändertes Soja könnte auch zu einer diesbezüglichen Bewußtseinsbildung beitragen.

7.1.3 Energienutzung

In der Energieversorgung gibt es grundsätzlich zwei Handlungsmöglichkeiten, die zur Verringerung von Treibhausgasen einen Beitrag liefern: Erstens die Energieproduktion aus erneuerbaren Rohstoffen und zweitens die Senkung des Energieverbrauchs durch Einsparung und Beratung.

7.1.3.1 Substitution der fossilen Energie durch erneuerbare Rohstoffe

Maßnahme 6: Energie aus Holz

57% des Gemeindegebiets von Grimmenstein ist Wald, der sich größtenteils in bäuerlichem Besitz befindet. Die potentielle Energieholzproduktion von Grimmenstein beträgt nach einer Schätzung des Arbeitskreises „Energie“ 1000 fm Brennholz (hart); 800 fm Brennholz (weich) und Hackschnitzel im Ausmaß von umgerechnet 400 fm Holz (weich). Ausgehend von 1.000 fm Hartholz und 1.200 fm Weichholz, könnte bei angenommener 50%iger Ausschöpfung dieser Menge eine Einsparung von **650 t CO₂ Äquivalent** erreicht werden.

Die Suche nach Abnehmern zur Verwertung dieses Potentials mit dem Ziel einer Substitution fossiler Energiequellen ist daher naheliegend.

Praktische Aktivitäten:

Auf einer Fläche von 2 ha ist der Bau von 30 Einfamilienhäusern vorgesehen. Allerdings kann der Vorschlag, die Energieversorgung der zukünftigen Siedlung mit Nahwärme aus einer Hackschnitzelanlage (bzw. einem Blockheizkraftwerk) bereitzustellen, aus zwei Gründen nur in modifizierter Form verwirklicht werden.

Erstens verläuft die Erdgasleitung in unmittelbarer Nähe des parzellierten Gebiets, und zweitens werden die Häuser über einen Zeitraum von mehreren Jahren errichtet. Eine gemeinsame Versorgung mit erneuerbaren Energieträgern kann logischerweise nur bei jeweils gleichzeitig entstehenden Gebäuden erfolgen. Ein Biomasseheizwerk für 30 Einfamilienhäuser ist nur dann wirtschaftlich realistisch, wenn die Siedlung innerhalb von drei Jahren gebaut wird und der überwiegende Teil der Haushalte bereit ist, sich anzuschließen. Die Wirtschaftlichkeit von Kleinbiomasseheizwerken (Hackschnitzelheizungen für 3 - 4 Wohneinheiten) ist auch im Hinblick auf die Konkurrenz mit Erdgas eher gering.

Eine Versorgung mittels zentraler Biomasseheizanlage ist wirtschaftlich nur bei Betreibern aus dem landwirtschaftlichen Bereich interessant, da nur dann der Förderungsrahmen voll ausgeschöpft werden kann.

Um bei künftigen Wohnbauprojekten dieser Art bessere Voraussetzungen für die wirtschaftliche Energieversorgung aus Biomasse zu schaffen, müssten folgende Punkte berücksichtigt werden:

- Forcierung von Projekten mit hoher Baudichte (Reihenhausanlagen, Wohnhausanlagen, etc.).
- Prüfung, ob für konkrete Wohnanlagen Biomasseheizwerke zur Energieversorgung in Frage kommen.
- Bildung einer landwirtschaftlichen Gruppe (Gemeinschaft, Verein, o.ä.), die als Betreiber und Lieferant auftritt.
- Stopp des weiteren Ausbaus des Erdgasnetzes.

Holzvergasung:

Eine weitere Möglichkeit Biomasse für eine energetische Nutzung zu erschließen, ist die Vergasung von Holz und die Verwendung des Gases als Energieträger zur Versorgung von Haushalten. Der Vorteil liegt in den wesentlich geringeren Baukosten für das Netz und in der möglichen Nutzung des bestehenden Erdgasnetzes.

Die Vergasung selbst stellt dabei eine Technologie dar, die zwar sehr alt ist, sich aber in den letzten Jahrzehnten wegen der billigen fossilen Energieträger nicht entscheidend weiterentwickelt hat. Erst in den letzten Jahren wird wieder verstärkt auf diesem Bereich geforscht. Die Verfahren reichen dabei von der Pyrolyse von Abfallholz bis zum Steam-reforming von Biomasse zur Produktion von reinem Wasserstoff. Derzeit sind die neu entwickelten Verfahren aber noch nicht im Stadium kommerzieller Verwertbarkeit.

Im Vorfeld dieser Entwicklung sind noch verschiedene Rahmenbedingungen zu klären. Zum Beispiel ist erforderlich zu untersuchen, ob und unter welchen Umständen (Menge, Gasqualität, Versorgungssicherheit, Preis, usw.) ein Erdgasversorger auch zu einer Gasabnahme bereit ist. Da jedoch grundsätzlich angebracht ist, bei Investitionen in Infrastruktur mit langer Lebensdauer auch zukünftige Entwicklungen einzuplanen, sollte diese Aufgabe den Anbietern von Erdgas zugemutet werden. Investitionen dieser Art sollten nur dann erfolgen, wenn eine spätere Umstellung auf ein nachhaltiges Energiesystem möglich ist.

Maßnahme 7: Windenergie

Windmessungen werden in Grimmenstein bereits seit Juli 1995 am Standort Hohegg I (Engelbert Pichler) durchgeführt.

Auf Initiative des Arbeitskreises „Energie“ wurden mit einer von der Umweltberatung Niederösterreich Süd durchgeführten Windenergie-Standortberatung zusätzlich drei weitere potentielle Standorte ermittelt (Hohegg II, Eben und Luka).

Theoretisch sind alle vier Standorte für die Errichtung einer Einzelanlage geeignet. Unter der Annahme, daß an allen Standorten Windkraftanlagen mit einer Leistung von je 300 kW errichtet werden, kann jährlich mit einer Stromproduktion von 1.500 - 2.100 Mwh gerechnet werden. Diese Menge entspricht dem Jahresbedarf von 430 - 600 Haushalten.

Genauere Aussagen über die *Windertragssituation* und die wirtschaftliche Rentabilität sind erst nach Fertigstellung von Windgutachten möglich. Als Betreiberform für die Projektrealisierung wird von der Umweltberatung NÖ Süd eine Beteiligungsgesellschaft empfohlen, bei der sich Anrainer und Gemeindebürger an der Projektierung und Finanzierung beteiligen.

Bereits bei der Standortsuche für potentielle Windkraftwerke ist auf eine breite Beteiligung der Bevölkerung zu achten, um gleich zu Beginn möglichen Konflikten zuvorzukommen und um eine hohe Akzeptanz bei der Planung und Errichtung zu erreichen ¹¹².

Eine Stromproduktion von 1.500 - 2.100 MWh entspricht einem Substitutionspotential mit einer Einsparung von:

510 - 720 t CO₂-Äquivalent.

Dieser Wert stellt eine Maximalvariante bei Vollausbau dar, die in der Praxis nur zu 50% realisierbar ist (255 - 360 t CO₂-Äquivalent).

Maßnahme: Energie aus Biogas (siehe Maßnahme 2)

Wie bereits in Maßnahme 2 im Detail beschrieben können 14 t CO₂-Äquivalent durch die Biogaserzeugung substituiert werden.

¹¹² Protokoll der Windenergie-Standortberatung Gemeindegebiet Grimmenstein am 6. 5. 1996, durchgeführt von Hubert Fragner, Umweltberatung NÖ Süd

Maßnahme 8: Solarenergie

Wegen der oben beschriebenen Schwierigkeiten bei der gemeinsamen Versorgung der neuen Siedlung mit Nahwärme aus Hackschnitzeln soll als Alternative der „dezentrale“ Bau von Solaranlagen durch Beratung und kostenneutrale finanzielle Unterstützung gefördert werden. Wesentlich dabei ist die **rechtzeitige** Information der Bauträger, bevor bereits eine Entscheidung über die Energieform getroffen wurde. Im parzellierten Gebiet in Grimmenstein soll dies durch eine große Werbetafel mit Hinweisen auf Beratung, Förderungen und Anreizen für erneuerbare Energien durch die Gemeinde geschehen. Werbung soll z. B. mit einem Logo in Verbindung mit dem Flurnamen (z.B.: Grimmenstein fördert das „Solarzentrum Steinmühle“) erfolgen.

„Solarzentrum Steinmühle“: Wenn 30 Einfamilienhäusern mit je 10 m² Sonnenkollektoren ausgerüstet werden, entspricht das einer Kollektorfläche von 300 m². Bei einem Energieertrag von 150 - 600 kWh/ m² und Jahr ergibt das (Vergleichswert Erdgas 61 g / MJ CO₂-Äquivalent) ein **Substitutionspotential von : 10 - 40 t CO₂-Äquivalent**.

7.1.3.2 Die Senkung des Energieverbrauchs durch Sparmaßnahmen und Beratung

Maßnahme 9: Sparen und Beraten

Die Auseinandersetzung der Bevölkerung in der Gemeinde Grimmenstein mit Fragen der Energieeinsparung soll durch folgende Initiativen erreicht werden:

1. Ist-Stands-Erhebung des Bauzustands der bestehenden Häuser
2. Erarbeitung einer offenen Liste von Maßnahmen zur Vorlage im Gemeinderat
3. Informationen der Bevölkerung über Energieberatung

ad 1: Ist-Stand-Erhebung

Der Ist-Stand von energierelevanten baulichen Maßnahmen bei bestehenden Häusern (z.B. Wärmedämmung, Materialien) wurde mit einem von der ÖVAF vorgeschlagenen und vom Arbeitskreis Energie und der Umweltberatung NÖ Süd ausgearbeiteten Fragebogen, erhoben.

ad 2: Erarbeitung einer offenen Liste mit Maßnahmen zur Vorlage im Gemeinderat

Der Erfolg von Beratung und Motivation zur Durchführung von energieeffizienten Maßnahmen hängt auch von der Bereitschaft des Gemeinderates ab, zur Umsetzung beizutragen. Die folgenden Punkte sollen dazu dienen, den Gemeinderäten einen Überblick über die vorerst wichtigsten Schritte zu verschaffen.

- Bekenntnis zum Klimabündnis und daraus folgenden Konsequenzen in der Tätigkeit des Gemeinderates.
- Durchforstung aller den Treibhauseffekt beeinflussenden Tätigkeiten und Aufgabenbereiche der Gemeinde und des Gemeinderates (z.B. Bauordnung, Planungsfunktion). Aufzeigen und Umsetzen von Verbesserungsmöglichkeiten.
- Sofortiger Ausstieg aus dem weiteren Ausbau des Erdgasnetzes (außer bei einer Einspeisemöglichkeit von Biogas oder Holzgas).
- Unterstützung bei der Datenerhebung (Daten über Raumheizung, Isolierung und Heizmaterialverbrauch).
- Zustimmung zur Ausarbeitung und zum Einsatz kostenneutraler finanzieller Förderung über Einnahmen aus der Grundstücksaufschließung, um über die Bauordnung hinausgehende Energiesparmaßnahmen bei Einfamilienhäusern zu initiieren.
- Finanzielle und motivierende Förderung von solar orientierten Energieformen, wie Windkraft, Sonnenenergie, Biomasse und Wasserkraft und verpflichtende Energieberatung beim Neubau von Gebäuden.
- Schaffung von Möglichkeiten für den Besuch von Beratungsveranstaltungen über energiesparende Bauweise (Niedrigenergiehäuser, Solarenergiehäuser).
- Ausarbeitung eines für Gröden angepaßten Modells für die Übernahme der Beratungskosten.
- Maßnahmen zur rechtzeitigen Information von Bauträgern über erneuerbare Energie und energiesparende Bauweise (vor der Einreichung des Bauplans am Gemeindeamt).
- Einbeziehung der Energieraumplanung in den Planungsprozeß.

ad 3: Informationen der Bevölkerung über Energieberatung:

Sie soll durch Informationsveranstaltungen der Gemeinde gemeinsam mit der Energieberatung NÖ Süd erfolgen. Themen sind z. B. Niedrigenergiehäuser, Solarenergiehäuser, nachträgliche Isolierung etc.). Eine verpflichtende Energieberatung und kostenneutrale finanzielle Förderung erneuerbarer Energieformen bei der Neuerrichtung von Häusern soll eingeführt werden.

7.1.4 Zusammenfassung der Reduktionsmaßnahmen in Grimmenstein

Für Grimmenstein wurden - nach der hier verwendeten Modellrechnung - Treibhausgas-Emissionen aus der Pflanzenproduktion von 560 t CO₂-Äquivalent / Jahr errechnet, unter der Annahme, daß flächendeckend konventionelle Landwirtschaft betrieben wird. Diese Emissionen können nun mit folgenden realistisch durchführbaren Maßnahmen verringert bzw. substituiert werden.

Mit Stickstoffdüngung auf Entzug und dem dadurch möglichen Verzicht auf Mineralstickstoff könnten in Grimmenstein 17 t CO₂-Äquivalent durch nicht gebrauchte Energie und 17 t CO₂-Äquivalent durch Verringerung der Lachgasemissionen eingespart werden.

Mit einer flächendeckenden ökologischen Landwirtschaft können insgesamt 299 t CO₂-Äquivalent oder 53% der Treibhausgase aus der Pflanzenproduktion eingespart werden.

Emissionen aus der Tierhaltung in Grimmenstein betragen 825 t CO₂-Äquivalent. Durch die erzeugte Energie der bestehenden Biogasanlage, die allerdings auch Speisereste verwertet, werden 14 t CO₂-Äquivalent substituiert.

Mit der Förderung von erneuerbarer Energie (Holz, Windkraft, Solarenergie) können ca. 400 - 530 t CO₂-Äquivalent substituiert werden, wobei angenommen wurde, daß die Hälfte des theoretischen Windkraftpotentials und nur 10% der potentiellen Holzenergie genutzt werden.

Berücksichtigt man auch das Potential der Landwirtschaft erneuerbare Energieträger bereitzustellen, so kann die Forderung, Treibhausgas-Emissionen der Landwirtschaft in Grimmenstein auf die Hälfte zu reduzieren, erfüllt werden.

Weitere nicht quantifizierbare Reduktionsmöglichkeiten ergeben sich aus einer funktionierenden Nahversorgung zur Vermeidung langer Transportwege durch die Ausweitung der bäuerlichen Direktvermarktung und die Stärkung regionaler Strukturen.

Grimmenstein: Mögliche Treibhausgas-Reduktion in t CO₂-Äquivalent, ÖVAF 1996

Quelle	Emissionen	Maßnahme	Reduktions- potential	Realisier- barkeit	realistisch	Nebeneffekt	Rahmen- bedingungen
	t CO₂-Äqu.		t CO₂-Äqu.		t CO₂-Äqu.		
LANDWIRTSCHAFT							
Methan aus der Tierhaltung	825	20 % weniger Rinder	160	schlecht	-	-	Förderung von Alternativen
davon Methan aus Exkrementen	132	Biogaserzeugung	88	schlecht	14	Zusatzzeitkommen	
Lachgas durch N - Mineraldünger	18	N-Düngung auf Entzug	18	gut	18	Einsparung	Bodenuntersuchungen
Kohlendioxid aus LW Vorleistungen	560	Umstellung auf Ökolandbau	299	gut	?	Einsparung	Information
Fossiles Kohlendioxid durch Feritransport	n. q.	Nahversorgung, Direktvermarktung	n. q.	gut	n.q.	Stärkung regionaler Strukturen	Klare Rechtslage investitionsförderungen
ENERGIE							
Fossiles Kohlendioxid	1.300	Holz für Energie	650 (50% Ausschöpfung)	mittel	130 (10 %)	Einkommen, Autarkie, Regionalentwicklung	Information, Bauberatung, Organisation, Vorgaben durch Bauinstanzen
Fossiles Kohlendioxid		Holzvergasung		schlecht		Zusatzzeitkommen	Technische Entwicklung
Fossiles Kohlendioxid		Windenergie	510 - 710	gut	255 - 360 (50 %)	Zusatzzeitkommen	Suche nach Betreibern
Fossiles Kohlendioxid		Solarenergie	10 - 40	gut	10 - 40	Kostenersparnis	Information

7.2 Reduktionsmaßnahmen in Gars am Kamp

Die vorgeschlagenen Reduktionsmaßnahmen beziehen sich auf die Treibhausgase Methan aus der Tierhaltung, fossiles Kohlendioxid durch den Energieaufwand sowie mineraldüngerbedingte Lachgasemissionen und betreffen die Bereiche Nachhaltige Landwirtschaft, Nahversorgung und Energienutzung.

7.2.1 Nachhaltige Landwirtschaft

Gemeinsam mit den Arbeitskreisen des Klimaworkshops in Gars am Kamp konnten, ausgehend vom theoretischen Reduktionspotential, die folgenden realisierbaren Maßnahmen durch eine nachhaltigere Landwirtschaft erarbeitet werden:

Maßnahme 1: Methanreduktion durch Tierbestandsverringerung

Eine Reduktion durch Verringerung des Tierbestandes wird aus betriebswirtschaftlicher Sicht unter derzeitigen Rahmenbedingungen nicht erfolgen.

Die verdauungsbedingten Methanemissionen aus der Tierhaltung in Gars am Kamp liegen bei 94 t / Jahr, die lagerungsbedingten Methanemissionen bei 39 t / Jahr (Siehe Tabelle 51, Kap. 6.1.1). Es wird wieder eine **theoretische Verringerung** des Rinderbestandes um **20%** angenommen.

Übertragen auf den *Rinderbestand* in Gars ergibt das eine Einsparung von ca. -23,4 t bzw. einen Rückgang von 118 t auf 94,4 t Methan. In CO₂-Äquivalent beträgt die Einsparung 259 t. Diese Maßnahme ist jedoch aus betriebswirtschaftlicher Sicht aufgrund fehlender Alternativen zur Rinderproduktion nicht realistisch.

Maßnahme 2: Methanreduktion durch Biogasnutzung für Energie

Für Gars kann ein theoretisches Potential von 14 t Methan oder 157 t CO₂ -Äquivalent angegeben werden, ausgehend von 10,75% Methanreduktion durch Biogasnutzung in Niederösterreich Steinlechner et al. [1994].

Für die Biogaserzeugung kommt ein Betrieb mit 400 Mastschweinen und Gülleentmistung in Frage. Eine Kombination mit der besprochenen Kleetrocknungsanlage würde sich anbieten, vor allem um auch im Sommer eine Auslastung zu erreichen.

400 Mastschweine entsprechen 60 GVE oder 90 m³ Biogas / Tag, bei einem Heizwert von Biogas von 25 MJ sind das 821.250 MJ / Jahr.

Das Einsparungspotential einer Anlage in dieser Größe beträgt daher durch Substitution von fossilem Brennstoff 78 t CO₂ (Vergleichswert mit Öl 95g CO₂ / MJ).

Das Reduktionspotential durch Verwertung von Methan aus der Schweinegülle beträgt 193 kg Methan oder 2 t CO₂-Äquivalent.

Maßnahme 3: Substitution von importierten Futtermitteln

Sowohl in der Schweinemast als auch in der Rindermast werden importierte Eiweißfuttermittel auf Sojabasis verwendet. Importierte Futtermittel belasten die globale CO₂ -Bilanz durch den verursachten Ferntransport.

Beispielsweise verursacht der Transport von 1 kg Soja von Brasilien nach Österreich CO₂-Emissionen in der Höhe von 151,4 g / kg. Im Jahr 1994 wurden 465.300 t Soja in Form von „Anteile und Rückstände aus Soja“ und „Ölkuchen aus Soja“ nach Österreich importiert. Unter der Annahme, daß diese 465.300 t zur Gänze aus Brasilien kommen, betragen die Emissionen für den Transportwand 70.454 t CO₂-Äquivalent (siehe Kapitel 4.2.3.2.1, Seite 36).

Die Deckung des Eiweißbedarfs durch heimische Futtermittel wie Rapsschrot, Erbsen, Magermilch, Kleemehl, etc. und durch qualitativ hochwertiges Grundfutter ist daher nach Möglichkeit anzustreben.

Konkrete Aktivität in diesem Bereich ist die diskutierte Errichtung einer Kleetrocknungsanlage, wobei die dazu benötigte Energie über eine Biogasanlage gewonnen werden soll. Eine finanzielle Förderung kann im Rahmen des 5b-Programms beantragt werden.

Maßnahme 4: N-Mineraldüngerreduktion durch Umstellung auf ökologischen Landbau

Beim Szenario flächendeckender Umstellung von konventionellem auf ökologischen Landbau ergibt sich ein eingespartes Potential von 1,7 t N₂O-Reduktion bzw. 453 t CO₂ Äquivalent.

Realisierbare Schritte sind:

1. *N_{min}*-Untersuchungen
2. schlagbezogene Düngerbilanzen
3. Umstellung auf ökologischen Landbau

Durch Initiative des Arbeitskreises „Nachhaltige Landwirtschaft“ ist in Gars am Kamp die Anschaffung eines Photometers zur Durchführung von laufenden *N_{min}*-Untersuchungen an einzelnen Demonstrationsbetrieben geplant. Mit der Einhaltung einer Düngerbilanz auf Entzug durch das Erntegut kann sofort begonnen werden.

Maßnahme 5: Energieeinsparung durch Umstellung auf ökologischen Landbau

Das gleiche Szenario wie in Maßnahme 4 (flächendeckende Umstellung auf ökologischen Landbau) hat neben der Einsparung von Lachgasemissionen auch den Effekt einer Reduktion der energiebedingten fossilen Kohlendioxidemissionen. Hochgerechnet auf die Ackerfläche in Gars am Kamp wird eine Einsparung von **1.060 t CO₂-Äquivalent** erzielt.

Emissionen	konventionell	ökologisch
t CO ₂ Äquivalent	2.649	1.589

Maßnahme 6: Erhaltung der landwirtschaftlichen Ökosysteme als CO₂-Senke

Anlage von Windschutzstreifen zum Schutz vor Erosion, vor Austrocknung, zur Verbesserung des Mikroklimas, zur Förderung von Nützlingen etc. Konkrete Aktionen bestehen zunächst in Informationsveranstaltungen für Landwirte zu folgenden Themen:

- Möglichkeiten der 20-jährigen Stilllegung für die Landschaftsgestaltung: Die Planung zur Stilllegung von 1% der Katastralgemeinde-Fläche zum Zweck der Schaffung eines Biotopverbundsystems ist bereits vergeben.
- Humusaufbau: Verbesserung der Gründecken durch geänderte Anbautechniken, Pflanzenzusammensetzung, Dauer der Begrünung.
- Vermeidung von Bodenverdichtungen; Feldbegehungen, Spatenproben etc.

Die Quantifizierung der CO₂-einsparenden Effekte dieser Maßnahmen ist nicht möglich.

7.2.2 Nahversorgung

Maßnahme 7: Direktvermarktung

Vor allem der Bedarf der Gastronomie nach typischen Produkten, die von landwirtschaftlichen Betrieben aus der unmittelbaren Umgebung erzeugt werden können, ist im Steigen begriffen. Zwei Möglichkeiten bieten sich an: Die bäuerliche Direktvermarktung und die Zusammenarbeit mit Verarbeitungs- und Handelsbetrieben. Die erste Variante, wird vom Arbeitskreis wegen des höheren Arbeitsaufwands kritisch beurteilt. Modelle, die das bestehende Gewerbe (Schlachthöfe, Fleischhauer, Gastronomie etc.) einbeziehen, werden bevorzugt.

Bereits bestehende Ansätze in der Direktvermarktung sind der Viktualienmarkt in Gars, der von Produzenten aus der Umgebung beliefert wird, sowie Einzelinitiativen, etwa im Bereich der Vermarktung von Biomilch in Flaschen, in Kooperation mit dem Lebensmittelhandel. Ausbaufähiges Ziel ist eine möglichst umfangreiche Versorgung der Konsumenten und der Gastronomie in Gars mit landwirtschaftlichen Produkten aus der Region unter Einbindung der (noch) bestehenden Strukturen.

Realistische Wege der Umsetzung eines weiteren Ausbaus sind:

- Die Bildung einer Vermarktungsgemeinschaft zur Bündelung des Angebots und eventuell auch zur gemeinsamen Ausnützung von Verarbeitungsstrukturen.
- Die Einrichtung einer „Regionalecke“ in einem bestehenden Geschäft oder Supermarkt.
- Die Ausweitung des Angebots an die Gastronomie, z. B. mit einer Rubrik lokale „Garser Schmankerln“ in der Speisekarte mit Namen und Herkunft der Produzenten (o. ä.).

Als wichtiger Schritt wird die Zusammenstellung einer Angebotsliste seitens der Produzenten vorgeschlagen, um durch gemeinsames Auftreten den Kunden eine größere Angebotsvielfalt anbieten zu können. Außerdem sollte eine Bedarfserhebung der Konsumenten unterteilt in Gastronomie und Einzelkunden (*Garser, Zweitwohnungsbesitzer, Kurgäste*) erstellt werden. Eine weitere Aufgabe ist die Suche nach potentiellen Großabnehmern zur Sicherung der kontinuierlichen Absetzbarkeit (z.B. Krankenhaus Horn, Dungl, Schulen). In welchem Ausmaß eine gestärkte Direktvermarktung durch die verbesserte Nahversorgung zu einer CO₂-Einsparung beiträgt, kann im Detail nicht quantifiziert werden.

7.2.3 Energienutzung

7.2.3.1 Substitution der fossilen Energie durch erneuerbare Rohstoffe

Maßnahme 8: Energie aus Holz

Gars ist Fremdenverkehrsgemeinde mit etwa 44.000 Übernachtungen pro Jahr (bei einer Saisonspitze im Sommer) und einem hohen Anteil an Zweitwohnsitzen (17%) und der damit verbundenen Problematik der Energieversorgung von Wochenendhäusern. Der Ausbau des Erdgasnetzes ist weitgehend abgeschlossen, größere Abnehmer sind die Schule und das Biozentrum. Hackschnitzelheizungen zur Nahwärmeversorgung sind in diesem Fall nicht von vornherein konkurrenzfähig, jedoch könnte überlegt werden die bestehende Gasleitung zur Einspeisung von Biogas oder Holzgas zu nutzen.

Stromheizungen sind im Wohnbau stark vertreten, von 1981 bis 91 ist ihr Anteil von 2% auf 20% der Wohnungsheizungen gestiegen. Im gleichen Zeitraum ist der Verbrauch von Kohle von 18% auf 7% zurückgegangen. Die Verwendung von Holz als Brennstoff beträgt 55%, und ist zwischen 1981 und 1991 um 3% gesunken. Ungefähr zwei Drittel der Gebäude sind mangelhaft isoliert¹¹³.

Konkrete Aktivität

Die Möglichkeit der Errichtung einer Hackschnitzelanlage in Kamegg soll geprüft werden. Da die Versorgung dieses Gebietes mit Erdgas über eine Leitung von etwa 300 Meter Länge erfolgen müsste, deren Baukosten 300,-- bis 1200,-- öS / Laufmeter betragen, wäre eine Hackschnitzelheizung eventuell konkurrenzfähig.

Die Wohnungsgenossenschaften sollen angeschrieben werden, wobei einerseits der Wunsch der Gemeinde auf den Verzicht von E-Heizungen bei Neubauten und die Aufforderung für die Erarbeitung von Lösungen zur Umstellung der bestehenden E-Heizungen deponiert werden.

Maßnahme 9: Windenergie

Eine durchgeführtes Standortgutachten kommt hinsichtlich des Potentials zu folgenden Ergebnissen. Unter der Annahme von Anlagen mit einer Leistung von 500 kW kann mit einer jährlichen Stromproduktion von 1.000 - 3.000 Mwh gerechnet werden. Dies entspricht einem Substitutionspotential mit einer Einsparung von:

340 - 1.020 t CO₂-Äquivalent.

Dieser Wert stellt eine Maximalvariante bei theoretischem Vollausbau dar, der in der Praxis etwa zu 50% realisierbar ist.

Maßnahme 10: Solarenergie

In der Gemeinde werden jährlich im Durchschnitt 10 Gebäude oder 20 Wohnungen fertiggestellt. Mit Solarzellen von 10 m² ergäbe das eine Kollektorfläche von 100 m² allein auf den Neubauten. Bei einem Energieertrag von 150 - 600 kWh/ m² und Jahr ist das ein **Substitutionspotential von 3 - 13 t CO₂-Äquivalent** (Vergleichswert mit Erdgas 61 g / MJ CO₂ Äquivalent). Konkrete Aktivität ist die Organisation einer Solarselbstbaugruppe durch den Arbeitskreis „Energie“, wie sie bereits vor einigen Jahren bestanden hat.

¹¹³ ÖSTAT [1991]

7.2.3.2 Senkung des Energieverbrauchs durch Sparmaßnahmen und Beratung

Vom Arbeitskreis „Energie“ wird eine Liste vorgestellt, mit welchen unterstützenden Aktivitäten des Gemeinderats Energiesparmaßnahmen in der Bevölkerung gefördert werden können.

Maßnahme 11: Sparen und Beratung

- Als Vorbildwirkung soll durch Gemeinderatsbeschluß die Verwendung von Energiesparlampen für die Beleuchtung öffentlicher Gebäude erfolgen.
- Die kostenneutrale finanzielle Förderung von erneuerbarer Energie und Wärmedämmung über die Erschließungsgebühren ist seitens der Gemeinde zu prüfen. Förderungen könnten bei Neubauten und bei der Althausanierung in Verbindung mit einer obligaten Energieberatung erfolgen.
- Erstellung eines Konzepts zur Energieraumplanung bezüglich der Entwicklungsziele der Gemeinde in Zusammenarbeit mit dem Arbeitskreis „Energie“ und dem Bausachverständigen der Gemeinde.
- Der Beitritt der Gemeinde zum „Klimabündnis“ kann in der Öffentlichkeit werbewirksam verwendet werden.
- Prüfung der rechtlichen Möglichkeiten seitens der Gemeinde, die Errichtung weiterer Stromheizungen unattraktiv zu machen z. B. durch Förderung anderer Energieträger.

Aktivitäten, die vom Arbeitskreis „Energie“ selbst in die Wege geleitet werden können um den Gedanken des effizienten Umgangs mit Energie zu propagieren, lassen sich in die Bereiche Datenerhebung, Informationsverbreitung und Organisation gliedern:

Erhebung

- Erhebung von Schwachstellen in der Wärmedämmung beim Gebäudebestand mittels Infrarotkamera.
- Prüfung des Potentials der nutzbaren Windenergie durch eine Standortberatung.
- Wiederaufnahme und Prüfung des geplanten Projekts eines Kleinwasserkraftwerks am Kamp, deren Errichtung an einem Konkurrenznachteil von nur 10g/kWh vorerst gescheitert ist.
- Nutzung des in Grimmenstein erarbeiteten Fragebogens zur detaillierten Erhebung des Potentials von energierelevanten Maßnahmen.

Informationsverbreitung

- Kontaktaufnahme mit Baumeistern und Bauträgern, um zukünftig verstärkt über energiesparende Bauweise und erneuerbare Energieformen zu informieren.
- Verpflichtende Energieberatung bei der Planung von Neubauten. In fast allen Bauangelegenheiten besteht das lokale Monopol einer Firma. Sie sollte daher als Partner gewonnen werden.
- Motivation zum Energiesparen im Alltag über Informationsveranstaltungen und Sondernummern, bzw. Fachartikel in den Lokalblättern, (z. B. Sondernummer des Garser Kulturbriefes zum Thema „Prima Klima“).
- Nutzung des GARSNET (ein lokales EDV-Netzwerk) zur Verbreitung von Informationen und zur Publikation von Energiesparthemen.

Organisation

- Organisation von Energieberatungstagen in Kooperation mit der Umweltberatung und den regionalen Energieberatungsstellen des Landes.
- Einrichtung eines Energiesparkoffers mit der Möglichkeit der Entlehnung am Gemeindeamt, nach dem Vorbild Eggenburgs.
- Organisation einer Selbstbaugruppe für Solaranlagen.

7.2.4 Zusammenfassung der Reduktionsmaßnahmen in Gars am Kamp

Nach dem hier verwendeten Modell betragen die Treibhausgasemissionen der Pflanzenproduktion in Gars am Kamp 2.649 t CO₂-Äquivalent / Jahr unter der Annahme, daß flächendeckend konventionell gewirtschaftet wird. Folgende Maßnahmen zur Reduktion und Substitution bieten sich an:

Bei der Variante Stickstoffdüngung auf Entzug gemäß den Empfehlungen des Fachbeirats ist keine Einsparung von N-Mineraldünger möglich.

Bei flächendeckender Umstellung auf ökologische Bewirtschaftung könnten 1.060 t CO₂-Äquivalent oder 40% der emittierten Treibhausgase aus der Pflanzenproduktion eingespart werden, wobei 15% auf die Energieeinsparung des nicht benötigten Mineraldüngers zurückgeht.

Emissionen aus der Tierhaltung in Gars am Kamp betragen 1.463 t. Für die erzeugte Energie der geplanten Biogasanlage werden 2 t CO₂-Äquivalent substituiert.

Der Ausbau der erneuerbaren Energie (Holz, Biogas, Solarenergie, Windkraft,) kann ca. 675 t CO₂-Äquivalent ersetzen. Die Hälfte des theoretischen Windkraftpotentials und nur 10 % der potentiellen Holzenergie werden genutzt.

Ebenso wie in Grimmenstein kann die Forderung, Treibhausgas-Emissionen der Landwirtschaft auf die Hälfte zu reduzieren erfüllt werden, wenn die Bereitstellung von erneuerbarer Energie durch die Landwirtschaft berücksichtigt wird. Eine funktionierende Nahversorgung zur Vermeidung langer Transportwege durch die Ausweitung der bäuerlichen Direktvermarktung und die Stärkung regionaler Strukturen liefert dazu einen nicht quantifizierbaren Beitrag.

Gars am Kamp: Mögliche Treibhausgas-Reduktion in t CO₂-Äquivalent, ÖVAF 1996

Quelle	Emissionen	Maßnahme	Reduktions- potential	Realisier- barkeit	realistisch	Nebeneffekt	Rahmen- bedingungen
	t CO₂-Äqu.		t CO₂-Äqu.		t CO₂-Äqu.		
LANDWIRTSCHAFT							
Methan aus der Tierhaltung	1.463	20 % weniger Rinder	259	schlecht	-	-	Förderung von Alternativen
davon Methan aus Exkrementen	429	Biogaserzeugung	157	mittel	2	Zusatzzeit-kommen	
Lachgas durch N - Mineraldünger	453	N-Düngung auf Entzug	-	gut	-	Einsparung	Bodenunter-suchungen
Kohlendioxid aus LW Vorleistungen	2.649	Umstellung auf Öko-landbau	1060	gut	?	Einsparung	Information
Fossiles Kohlendioxid durch Feritransport	n. q.	Nahversor-gung, Direkt-vermarktung	n. q.	gut	n.q.	Stärkung re-gionaler Strukturen	Organisation Investitions-förderungen
ENERGIE							
Fossiles Kohlendioxid		Holz für Energie		mittel	150	Einkommen, Autarkie, Regiona-lenwicklung	Information, Baube-ratung, Organisation, Vorgaben durch Bauinstanzen
Fossiles Kohlendioxid		Holzverga-sung		schlecht		Zusatzzeit-kommen	Technische Entwicklung
Fossiles Kohlendioxid		Windenergie	340 - 1.020	gut	170 - 510 (50 %)	Zusatzzeit-kommen	Suche nach Betreibern
Fossiles Kohlendioxid		Solarenergie	3 - 13	gut	3 - 13	Kosten-ersparnis	Information

8 Handlungsempfehlungen für Niederösterreich

8.1 Allgemein

Im vorliegenden Projekt haben sich Wissenschaftler und Verwaltungsbeamte mit dem Einfluß von Ernährung (landwirtschaftliche Urproduktion, Nahrungsmittelverarbeitung, Transport) auf den Ausstoß von Treibhausgasen und deren Vermeidungsmöglichkeiten sowie mit dem Beitrag der Land- und Forstwirtschaft zur Reduktion von klimarelevanten Emissionen in anderen Bereichen unserer Volkswirtschaft (Energie und Rohstoffe aus Biomasse) auseinandergesetzt.

Die theoretischen Erkenntnisse wurden in zwei Modellgemeinden mit Gemeindevertretern und engagierten Bürgern diskutiert, um lokal umsetzbare Strategien zu entwickeln. Die Ergebnisse der Arbeiten in den Modellgemeinden sind in den Kapiteln 6 und 7 beschrieben.

Aus den theoretischen, noch mehr aber aus den praktischen Erkenntnissen lassen sich Handlungsanweisungen für das Bundesland Niederösterreich, welches eingebettet in die österreichische und europäische Ordnung zu agieren hat, ableiten.

8.2 Notwendige Rahmenbedingungen

Die derzeitigen Rahmenbedingungen ermöglichen eine Verzerrung der Märkte sowohl auf regionaler als auch auf globaler Ebene. Dabei sind vor allem die Duldung des plündernden und naturzerstörenden Gebrauchs von mineralischen und fossilen Rohstoffen, die Subventionierung des Verkehrs, die vorausseilende und subventionierte Bereitstellung von Energie aus fossilen Energieträgern und die Limitierung der Haftung bei gefährlichen Großsystemen (z.B. Kernkraftwerke) hervorzuheben.

Wenn also die Umsetzung der in diesem Bericht vorgeschlagenen Maßnahmen zur Reduktion von Treibhausgasen erfolgreich sein soll, müssen die Rahmenbedingungen, die auf obigen Voraussetzungen aufbauen, drastisch verändert werden.

So ist der Umstieg auf erneuerbare Rohstoffe technisch sofort möglich, wenn die wirtschaftspolitischen Rahmenbedingungen attraktive Preise für Produkte aus landwirtschaftlicher Produktion ermöglichen. Dafür bedarf es einer wesentlichen Verteuerung fossiler Rohstoffe¹¹⁴, wobei die Einführung einer Steuer auf fossile Energieträger die marktwirtschaftlich interes-

¹¹⁴ Schneider F. und Steinmüller H. [1995]

santeste Alternative zu sein scheint. Studien, wie beispielsweise jene des Deutschen Instituts für Wirtschaftsforschung¹¹⁵ über die wirtschaftlichen Auswirkungen einer ökologischen Steuerreform für Deutschland und Österreich, aber auch Beispiele einzelner Staaten (Dänemark oder Schweden) haben gezeigt, daß diese Einführung auch von kleinen, offenen Volkswirtschaften durchführbar ist.

Die Verantwortungsträger des Bundeslandes Niederösterreich sind daher angehalten, zur Erreichung der energiepolitischen Ziele, die sie mit dem Beitritt zum Klimabündnis vertraglich festgelegt haben, entsprechenden Druck auf die Bundesregierung auszuüben, eine Ökologisierung des Steuersystems zu beginnen. Dabei müßte auch die Unterstützung der andern Länder gegeben sein, da mit Ausnahme Vorarlbergs, wo jedoch viele Gemeinden dem Klimabündnis beigetreten sind, alle Länder Klimabündnisvereinbarungen eingegangen sind.

Eine Verteuerung fossiler Energieträger, bei gleichzeitiger Reduktion der Arbeitskosten, macht nicht nur nachwachsende Rohstoffe konkurrenzfähiger, sie trägt auch dazu bei, daß die Landwirtschaft durch die Produktion biogener Ressourcen für die Industrie weiterhin flächendeckend wirtschaften kann. Außerdem werden durch eine Optimierung des Stoff- und Energieeinsatzes weniger klimarelevante Gase emittiert. Weiters wird durch die Verteuerung des Transportes die Konkurrenzfähigkeit von regionalen Produkten gesteigert und die Attraktivität von Nahversorgungssystemen erhöht.

Obwohl diese makroökonomischen Rahmenbedingungen durch das Bundesland Niederösterreich nur indirekt beeinflußt werden können, gibt es doch Möglichkeiten, entsprechende Schritte zu setzen. So wären etwa durch eine Änderung der Resolution des Landtags vom Jänner 1995 im Beschaffungswesen der öffentlichen Gebietskörperschaften des Landes Mehrkosten für klima- und umweltschonende Produkte und Verfahren gerechtfertigt. Diese Maßnahme kann dadurch verstärkt werden, daß an alle Dienststellen entsprechende Anweisungen ausgesandt werden, um den Inhalt dieser Resolution auch publikumswirksam zu vermarkten. Damit könnte eine Vorbildwirkung der „Öffentlichen Hand“ auf das Konsumverhalten der Bevölkerung erreicht werden.

8.3 Förderungswesen

Da die vorgeschlagenen Maßnahmen unter derzeitigen Rahmenbedingungen teurer sind und eine Änderung nicht sofort und gravierend erfolgt, bedarf es zur Umsetzung entsprechender finanzieller Hilfen. Solche werden bereits bei der Umstellung auf erneuerbare Energieträger

¹¹⁵ DIW, Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung, Wirtschaftliche Auswirkungen einer ökologischen Steuerreform, Berlin [1994]

gewährt. Bei der Förderungsvergabe wäre darauf zu achten, daß jene Projekte ausgewählt werden, die in einer Wirtschaft unter geänderten Rahmenbedingungen (Abgabe auf fossile Energieträger und Reduktion der Lohnnebenkosten) weiter wirtschaftlich betrieben werden können.

Ebenfalls überlegenswert wäre, inwieweit es zu einer Kopplung von Unterstützungen für Arbeitslose und Förderungen für Produktion und Dienstleistungen kommen kann. Gedacht wäre hier beispielsweise an eine Arbeitsstiftung, in der einerseits Ausbildungen zu neuen Berufen (Solarteur, Energieberater, Verkehrsberater etc.) angeboten, aber auch Leihpersonal für den Aufbau neuer Betriebe kostengünstiger zur Verfügung gestellt werden. Die neuen Betriebe haben den Ansprüchen einer klimagerechten Dienstleistungserfüllung zu entsprechen. Ein solches Beispiel wäre etwa die Förderung eines mobilen Greißlers, der schwerpunktmäßig lokale Produkte, die von Landwirten „klimagerecht“ produziert wurden, anbietet.

Außerdem könnten derzeit vergebene Förderungen aus dem Titel Umweltleistungen an Kriterien des Klimaschutzes gebunden werden. So scheint es angebracht, Förderungen für die Landwirtschaft beispielsweise an das Vorhandensein von Düngebilanzierungen zu koppeln, wenn festgestellt wird, daß durch übermäßige Stickstoffdüngung die Lachgasemissionen gravierend erhöht werden. Dafür ist die Beratung für die Landwirtschaft entsprechend anzupassen, damit die Notwendigkeit der Düngerbilanzierung, die, optimal eingesetzt Kosten spart, akzeptiert wird.

8.4 Informationen

Regionale Produkte und Dienstleistungen müssen wieder in den Vordergrund gestellt werden. Der lokalen und regionalen Identität von Produkten ist daher verstärkt Rechnung zu tragen. Beispielsweise hat die Problematik auf dem Rindfleischmarkt durch BSE deutlich gemacht, daß die sichere Nachvollziehbarkeit der Produktion von wesentlicher Bedeutung für die Vermarktung qualitativ hochwertiger Erzeugnisse ist.

Das von der AMA forcierte Gütesiegel, in dem als wichtigstes Kriterium die Rückverfolgbarkeit des Produktes vom Einkaufsregal bis zum Produzenten sichergestellt werden soll, ist eine mögliche Antwort. Denn dadurch können die Vorteile einer Region für die eine oder andere Produktion entsprechend vermarktet werden. Jedem Konsumenten wird der Unterschied offenkundig, ob das Produkt von einem in der Umgebung auf Weide gehaltenen oder ausschließlich im Anbindestall gemästeten Rind kommt.

Derartige Qualitätsunterschiede sind derzeit nicht immer nachvollziehbar. Deshalb sind solche Strategien solange zu fördern, bis sie sich selbst tragen, wobei damit nicht ausschließlich die finanzielle Förderung gemeint ist. Auch Aufklärungsarbeit bei den Konsumenten, Einbau dieser Themen in den Schulunterricht, Verbesserung der Ausbildung der Landwirte und der

Aufbau eines Naheverhältnisses von Produzent und Konsument sind ein wichtiger Bestandteil. Beispielhaft seien hier die Anstrengungen von Oberösterreich und Niederösterreich zum Thema „Pro Nahversorgung“ erwähnt. Dies ist eine zu befürwortende Strategie, da dadurch einerseits die Sensibilisierung dieses Themas forciert und andererseits dem Geldabfluß aus ländlichen Regionen entgegengewirkt wird, wodurch Strukturen erhalten bleiben.

Außerdem sollten die Vorteile von Energie aus nachwachsenden Rohstoffen verstärkt propagiert werden. Erhebungen haben gezeigt, daß beim Kauf von Energieträgern nicht unbedingt der Preis entscheidend ist.

Tabelle 71 zeigt die Auswertung einer Preiserhebung der Energieträger in Grimmenstein und gibt eine Übersicht über den höchsten bzw. niedrigsten Preis, der für einen bestimmten Energieträger gezahlt wird. Die letzte Spalte zeigt Preisunterschiede von bis zu 162%, bezogen auf den Durchschnittswert (Bsp. Hartholz).

Tabelle 71: Preise von Energieträgern in Grimmenstein

		Preis in öS / Einheit			Heizwert kWh/t	öS pro kWh Heizwert			Differenz % min. zu max.
		min	max	Æ		min.	max.	Æ	
Weichholz	fm	250	750	436	1500	0,17	0,50	0,29	115
Hartholz	fm	400	1500	680	2050	0,20	0,73	0,33	162
Hackschnitzel	srm	260			760	0,34		0,34	
Heizöl	l	3,2	6,07	3,9	10	0,32	0,61	0,39	74
Flüssiggas	m ³	8,57	11,36	10	12,8	0,67	0,89	0,78	28
Erdgas	m ³		4,8		10		0,48	0,48	
Steinkohle	kg	2,2	4	2,7	7,9	0,28	0,51	0,34	67

Daraus ist ersichtlich, daß nicht nur der Preis für die Wahl des Energieträgers entscheidend ist. Offenbar spielen auch andere Gründe, wie beispielsweise der Komfort, die Verfügbarkeit, die vorhandene Information, Werbung etc. eine Rolle. Darauf ist bei der Forcierung von erneuerbaren Energieträgern Rücksicht zu nehmen.

8.5 Zusammenfassung der Handlungsempfehlungen

Die Möglichkeiten der Landespolitik zur Umsetzung von Klimaschutzstrategien sind vielfältig. Wie in letzter Zeit immer deutlicher sichtbar, kann es keine eindimensionalen Empfehlungen geben, vielmehr müssen Maßnahmenbündel geschnürt werden. So bedarf es beispielsweise zur Reduktion von Lachgasemissionen aus der Landwirtschaft einer verstärkten Aufklärungs- und Beratungstätigkeit für Landwirte, einer Verschränkung der Förderung mit

Aufzeichnungen sowie einer entsprechenden Kontrolle. Zusätzlich müssen die verwendeten Zahlen aus der Literatur durch weiterführende Untersuchungen einer genaueren Verifikation in Österreich unterzogen werden. Hierbei ist insbesondere die Vernetzung der einzelnen Instrumente sehr wichtig.

Die Umstellung des Konsums auf standörtlich angepaßt produzierte Lebensmittel hängt vom Informationsstand der Konsumenten, von der Produktionsmöglichkeit der Landwirte, aber auch vom Willen der lokalen Gewerbetreibenden ab. Optimal organisiert müßte eine solche Strategie dazu führen, regional erzeugte Produkte konkurrenzfähig anbieten zu können.

Die Umstellung auf erneuerbare Energieträger wiederum bedarf neben der Informationspolitik auch einer entsprechenden Förderung. Im Vorfeld ist abzuklären, was gefördert werden soll. So scheinen Gesamtkonzepte, bei denen sowohl Einsparungspotentiale (z.B. Isolierungsmaßnahmen) als auch Umstellungsinvestitionen (z.B. der Bau einer Nahwärmeversorgung) durchgeführt werden, wirksamer zu sein. Daher ist die Frage zu stellen, ob es sinnvoll ist, nur die Investition des Nahwärmesystems zu fördern. Gesamtkonzepte hätten den Vorteil, daß arbeitsintensive Projekte (z.B. Isolierarbeiten etc.) unter Nutzung regionaler Arbeitsmarktkapazitäten durchgeführt werden. Dafür wären die Förderungsinstrumente *Investition* und *Arbeitsplätze* zu kombinieren. Damit könnte zur Lösung von zwei Problemen, der Reduktion von treibhausrelevanten Gasen sowie der Integration von Langzeitarbeitslosen, beigetragen werden. Weiters sind die Instrumente der Raumplanung zu nutzen, wobei im Bereich erneuerbare Energieträger einer effizienten Energieraumplanung große Chancen zugemessen werden.

9 Zusammenfassung

9.1 Die Rolle der Landwirtschaft

Die Landwirtschaft ist vorwiegend durch energieintensive Landbewirtschaftung in Industrieländern und durch Brandrodung in den Tropen weltweit zu einem Drittel am globalen anthropogenen Treibhauseffekt beteiligt. Die wesentlichen wirksamen Spurengase sind Methan (CH_4), Lachgas (N_2O) und Kohlendioxid (CO_2).

Methanemissionen aus der Landwirtschaft werden weltweit durch die Rinderhaltung und den Reisanbau verursacht. Lachgas emittiert aus dem Boden, Kohlendioxid entsteht bei der Brandrodung, beim Humusabbau aber auch durch den fossilen Energieeinsatz im Rahmen der landwirtschaftlichen Produktion.

In Österreich entstehen etwas mehr als die Hälfte der anthropogenen Methanemissionen von 600.000 t / Jahr bei der Abfallverwertung und der Verteilung fossiler Brennstoffen (vor allem Erdgas), die andere Hälfte stammt aus der Landwirtschaft (ungefähr 260.000 t/Jahr) und wird zu 95 % durch die Rinderhaltung verursacht. Von 4.000 t Lachgasemissionen pro Jahr in Österreich stammen 2.000 t aus der Landwirtschaft, 2.000 t entfallen auf Industrie, Verkehr, Kleinverbraucher sowie Heizwerke.

9.2 Die Rolle der Forstwirtschaft

Waldflächen stellen eine Kohlenstoffsенке dar. Bestrebungen, die Speicherfähigkeit des Waldes in Österreich durch forstwirtschaftliche Maßnahmen zu steigern, sind einerseits durch die Fläche begrenzt, andererseits ist das zusätzliche Kohlenstoffbindungsvermögen im Vergleich zu den jährlichen Gesamtemissionen gering. Der Vorratsfestmeterzuwachs im österreichischen Ertragswald beträgt 30,5 Mio. Vfm/Jahr oder 7,3 Mio. t Kohlenstoff, das sind 48% der jährlichen Gesamtemission aus fossilen Brennstoffen von 15,3 Mio. t Kohlenstoff. Die Anwendung von plenterartigen Bewirtschaftungsmethoden trägt zu einem stabileren Kohlenstoffhaushalt der Wälder bei.

9.3 Die Rolle der Ernährung

Die Deckung des menschlichen Nahrungsmittelbedarfs hat massiven Einfluß auf die Landbewirtschaftung und damit auf jene Flächen, die gleichzeitig als Senke für Treibhausgase dienen

können. Außerdem ist die Erzeugung, Verarbeitung und Verteilung von Nahrungsmitteln mit einem hohen, fossilen Energieaufwand verbunden. In der gegenständlichen Arbeit wird dies durch die Untersuchung der Treibhausgas-Emissionen der Produktionskette Rindfleisch dargestellt.

9.4 Die Produktionskette Rindfleisch

Wieviel Treibhausgas-Emissionen entstehen bei der Erzeugung von 1 kg Rindfleisch?

Die Produktionskette Rindfleisch besteht aus den Prozeßstufen *Vorleistungen für die Rinderhaltung, Rindermast, Verarbeitung und Verteilung*. Für jede Prozeßstufe werden die Treibhausgas-Emissionen ermittelt. In den Prozeßstufen *Vorleistungen* und *Rindermast* werden außerdem die Produktionsweisen ökologischer Landbau und konventioneller Landbau miteinander verglichen.

1 kg verzehrsfähiges Rindfleisch verursacht

9,3 kg CO₂-Äquivalent aus konventioneller Produktion und

7,5 kg CO₂-Äquivalent aus ökologischer Produktion.

Tabelle 70: Treibhausgas-Emissionen bei der Erzeugung von 1 kg Rindfleisch in g CO₂-Äquivalent

	konventionelle Produktion	ökologische Produktion
	kg CO ₂ -Äquivalent	kg CO ₂ -Äquivalent
Methanemissionen	5,6	5,6
Lachgas	0,6	-
Energie für Futtermittel	3,0	1,8
Schlachtung	0,1	0,1
Summe	9,3	7,5

Die durch die Rinderhaltung selbst bedingten Methanemissionen verursachen den höchsten Anteil an treibhauswirksamen Gasen in der Produktionskette. An zweiter Stelle stehen die CO₂-Emissionen des Energieaufwands für Futtermittel. Bei der Berechnung der Lachgasemissionen sind nur jene Mengen angeführt, die aus Stickstoffmineraldünger abgeleitet werden können. Lachgasemissionen aus dem Wirtschaftsdünger werden nicht berücksichtigt, da sie nicht genau geschätzt werden können.

Der Transportaufwand der Produkte hat, ausgehend von verschiedenen Szenarien, einen unterschiedlichem Anteil an der Gesamtbilanz. Die geringsten Emissionen von 0,03 kg CO₂-Äquivalent / kg Rindfleisch verursacht die Direktvermarktung bei Zustellung durch den Pro-

duzenten. Im Szenario „Selbstabholung durch den Konsumenten“ bei einer Entfernung von 100 km werden 3,0 kg CO₂-Äquivalent / kg Rindfleisch erreicht. Die Verteilung über den Supermarkt verursacht 0,18 kg CO₂-Äquivalent / kg.

Bei geringen Entfernungen kann es daher günstiger sein, Fleisch mit dem PKW beim Produzenten zu kaufen als zu Fuß im Supermarkt, dessen Produkte bereits eine längere Reise hinter sich haben. Bei größeren Distanzen sind private Einkaufsfahrten mit dem PKW wegen der geringen Transportmenge - hinsichtlich der CO₂-Emissionen bezogen auf 1 kg Produkt - besonders unwirtschaftlich.

9.5 Der Transportaufwand für importierte Eiweiß-Futtermittel

Beim Ferntransport von 1 kg Sojabohnen von Brasilien nach Österreich entstehen in Summe Emissionen von 151,4 g CO₂-Äquivalent.

465.000 t Soja für Futtermittelzwecke werden im Durchschnitt pro Jahr nach Österreich in Form von „Anteile und Rückstände aus Soja“ und „Ölkuchen aus Soja“ importiert. Unter der Annahme, daß diese Menge zur Gänze aus Brasilien kommt, betragen die Emissionen für den Transport 70.454 t CO₂-Äquivalent. Indirekte Auswirkungen der Sojaproduktion auf Treibhausgas-Emissionen, wie etwa die Rodung des Regenwaldes zur Gewinnung von Anbauflächen, sind nicht berücksichtigt.

9.6 Treibhausgas-Emissionen aus der Landwirtschaft in Niederösterreich

9.6.1 Methan CH₄

In Niederösterreich betragen die Methan-Emissionen aus der **Tierhaltung** 52.168 t / Jahr, 41.168 t entstehen durch die Tierverdauung, und 11.000 t emittieren bei der Lagerung von Mist und Gülle. Insgesamt entspricht das einer Menge von **573.848 t CO₂-Äquivalent**.

Reduktionspotential von Methan

Nach Steinlechner [1994] besteht in Niederösterreich die Möglichkeit, Methan aus der Tierhaltung durch Biogasnutzung im Ausmaß von 6.452 t CH₄, das entspricht 70.900 t CO₂-Äquivalent, zu reduzieren.

9.6.2 Lachgas N₂O

Aus der Menge des jährlichen Umsatzes von **Stickstoffmineraldünger**, das sind 59.768 t / Jahr werden die mineraldüngerbedingten Lachgasemissionen für Niederösterreich mit 776 t Lachgas oder **209.785 t CO₂-Äquivalent** errechnet.

Reduktionspotential von mineraldüngerbedingtem Lachgas

Beim Szenario einer flächendeckenden Umstellung auf ökologischen Landbau würden diese Emissionen von 209.785 t CO₂-Äquivalent auf der Basis von 59.768 t N-Mineraldünger zur Gänze wegfallen.

9.6.3 Kohlendioxid CO₂

Aus den kulturspezifischen Energiebilanzen der flächenmäßig wichtigsten Feldfrüchte werden die CO₂-Emissionen der **Vorleistungen** (ohne N-Mineraldünger) **der Pflanzenproduktion** unter der Annahme, daß flächendeckend konventionell gewirtschaftet wird, mit 744.818 t CO₂-Äquivalent errechnet.

In Niederösterreich liegt der Anteil der ökologischen Landwirtschaft mit 3.100 Betrieben oder 95.118 ha bei ca. 15 % (Stand September 1996). Die Gesamtemissionen betragen aus den Vorleistungen der Pflanzenproduktion (ohne N-Mineraldünger) 705.481 t CO₂-Äquivalent. Dazu sind 202.345 t CO₂-Äquivalent für den Energieaufwand von N-Mineraldünger zu addieren, was insgesamt **907.826 t CO₂-Äquivalent** ergibt.

Reduktionspotential von Kohlendioxid

Die Emissionen würden sich bei flächendeckender Umstellung auf ökologischen Landbau von derzeit 907.826 t auf 482.576 t CO₂-Äquivalent reduzieren, die Differenz beträgt 425.250 t CO₂-Äquivalent.

Mit einer Umstellung auf flächendeckende ökologische Landwirtschaft könnten daher 46% der Kohlendioxidemissionen und zusätzlich jene Lachgasemissionen, die auf Stickstoffmineraldünger zurückführbar sind, eingespart werden. Durch volle Ausschöpfung des Biogaspotentials wären ca. 11% der Methanemissionen aus der Tierhaltung zu verringern.

Tabelle 72: Treibhausgasemissionen der Landwirtschaft in Niederösterreich und Reduktionspotential

Tonnen CO ₂ -Äquivalent	derzeitige Emissionen	Reduktionspotential	%
Methan	573.848	70.900	11
Lachgas	209.785	209.785	100
Kohlendioxid	907.826	425.250	46
Summe	1.777.811	705.935	40

9.7 Maßnahmen in Grimmenstein

Für Grimmenstein wurden - nach der hier verwendeten Modellrechnung - Treibhausgas-Emissionen aus der Pflanzenproduktion von 560 t CO₂-Äquivalent / Jahr errechnet, unter der Annahme, daß flächendeckend konventionelle Landwirtschaft betrieben wird. Diese Emissionen können mit folgenden Maßnahmen verringert bzw. substituiert werden.

Mit Stickstoffdüngung auf Entzug und dem dadurch möglichen Verzicht auf Mineralstickstoff könnten in Grimmenstein 17 t CO₂-Äquivalent durch nicht gebrauchte Energie und 17 t CO₂-Äquivalent durch Verringerung der Lachgasemissionen vermieden werden.

Mit einer flächendeckenden ökologischen Landwirtschaft können insgesamt 299 t CO₂-Äquivalent oder 53% der Treibhausgase aus der Pflanzenproduktion eingespart werden.

Emissionen aus der Tierhaltung betragen in Grimmenstein 825 t CO₂-Äquivalent. Durch die erzeugte Energie der bestehenden Biogasanlage, die allerdings auch Speisereste verwertet, werden 14 t CO₂-Äquivalent substituiert.

Mit verstärktem Einsatz von erneuerbarer Energie (Holz, Windkraft, Solarenergie) lassen sich ca. 400 - 530 t CO₂-Äquivalent substituieren, unter der Annahme, daß die Hälfte des theoretischen Windkraftpotentials und nur 10% der potentiellen Holzenergie genutzt werden.

	Emissionen CO ₂ -Äquivalent	eingesparte u. substituierte CO ₂ -Äquivalent	
Tierhaltung	825		
Pflanzenbau	560	299	53 %
Energiebereitstellung		530	
Summe	1.385	829	60 %

Berücksichtigt man auch das Potential der Landwirtschaft erneuerbare Energieträger bereitzustellen, so kann die Forderung, Treibhausgas-Emissionen der Landwirtschaft in Grimmenstein auf die Hälfte zu reduzieren, erfüllt werden.

Weitere nicht quantifizierbare Reduktionsmöglichkeiten ergeben sich aus einer funktionierenden Nahversorgung durch die Ausweitung der bäuerlichen Direktvermarktung sowie die Stärkung regionaler Strukturen und damit zur Vermeidung langer Transportwege

9.8 Maßnahmen in Gars am Kamp

Nach dem hier verwendeten Modell betragen die Treibhausgasemissionen der Pflanzenproduktion in Gars am Kamp 2.649 t CO₂-Äquivalent / Jahr unter der Annahme, daß flächendeckend konventionell gewirtschaftet wird. Folgende Maßnahmen zur Reduktion und Substitution bieten sich an:

Bei Stickstoffdüngung auf Entzug und kann gemäß den Düngeempfehlung des Fachbeirats kein N-Mineraldünger eingespart werden.

Bei flächendeckender Umstellung auf ökologische Bewirtschaftung könnten 1.060 t CO₂-Äquivalent oder 40% der emittierten Treibhausgase aus der Pflanzenproduktion vermieden werden, wobei 15% auf die Energieeinsparung des nicht benötigten Mineraldüngers zurückgehen.

Emissionen aus der Tierhaltung betragen in Gars am Kamp 1.463 t. Für die erzeugte Energie der geplanten Biogasanlage werden 2 t CO₂-Äquivalent substituiert.

Die Bereitstellung der erneuerbaren Energie (Holz, Biogas, Solarenergie, Windkraft,) kann ca. 675 t CO₂-Äquivalent ersetzen, unter der Annahme, daß die Hälfte des theoretischen Windkraftpotentials und nur 10% der potentiellen Holzenergie genutzt werden.

	Emissionen CO ₂ -Äquivalent	eingesparte u. substituierte CO ₂ -Äquivalent	
Tierhaltung	1.463		
Pflanzenbau	2.649	1.060	40 %
Energiebereitstellung		673	
Summe	4.112	1.733	42 %

Ebenso wie in Grimmenstein kann die Forderung, Treibhausgas-Emissionen der Landwirtschaft auf die Hälfte zu reduzieren, erfüllt werden, wenn die Bereitstellung von erneuerbarer Energie durch die Landwirtschaft berücksichtigt wird. Eine funktionierende Nahversorgung zur Vermeidung langer Transportwege durch die Ausweitung der bäuerlichen Direktvermarktung und die Stärkung regionaler Strukturen liefert dazu einen nicht quantifizierbaren Beitrag.

10 Literaturverzeichnis

- AKADEMIE FÜR UMWELT UND ENERGIE, BMUJF, [1994] Österreichische CO₂-Kommission (ACC) (Hrsg.), Jahresbericht der Österreichischen CO₂-Kommission, Empfehlungen 1993 für ein Aktionsprogramm zur Erreichung des Torontozieles, Reihe Forschung, Band 5, Wien - Laxenburg, 1994
- AKADEMIE FÜR UMWELT UND ENERGIE, BMUJF, [1994] Österreichische CO₂-Kommission (ACC) (Hrsg.), CH₄-Emissionen in Österreich Referate des CH₄-Workshops, 23. November 1993, Reihe Dokumentation, Band 6, Wien - Laxenburg, 1994
- AKADEMIE FÜR UMWELT UND ENERGIE, BMU, [1995] Österreichische CO₂-Kommission (ACC) (Hrsg.), Jahresbericht 1994 der Österreichischen CO₂-Kommission, Empfehlungen 1994 für ein Aktionsprogramm zur Erreichung des Torontozieles, Reihe Forschung, Band 7, Wien - Laxenburg, 1995
- AKADEMIE FÜR UMWELT UND ENERGIE, Amt der NÖ Landesregierung., Abt R/4 KfU, NÖ Geschäftsstelle für Energiewirtschaft, BMU, [1995] Biogastechnologie - ein Beitrag zur nachhaltigen Kreislaufwirtschaft, Reihe Forschung, Band 5, Laxenburg, 1995
- ARTHUR D LITTLE [1993] Definition Study Novel Protein Foods; Delft, November 4 1993
- BACCINI P., STEIGER B. v. [1994] Regionale Stoffbilanzierung von landwirtschaftlichen Böden mit meßbarem Ein- und Austrag, Bedeutung der Stoffbilanzierung für den qualitativen Bodenschutz, Liebefeld, Bern, 1994
- BEESE, F. [1994] Gasförmige Stickstoffverbindungen: Studienprogramm Landwirtschaft der Enquete-Kommission „Schutz der Erdatmosphäre“, Deutscher Bundestag (Hrsg.), Economica, Bonn, 1994
- BERICHT über die Lage der Österreichischen Landwirtschaft (Grüner Bericht) 1990; BMLF, Wien 1991
- BERICHT über die Lage der Österreichischen Landwirtschaft (Grüner Bericht) 1994; BMLF, Wien 1995
- BERICHT über die Lage der Österreichischen Landwirtschaft (Grüner Bericht) 1995; BMLF, Wien 1996
- BOXBERGER J., AMMON Th., DISSEMOND H., [1994] Biogene Emissionen in der Landwirtschaft; CH₄-Emissionen in Österreich, Reihe Dokumentation, Band 6, Wien - Laxenburg, Österreichische CO₂-Kommission (ACC), 1994

- BLUM W.E.H., KRAPPENBAUER A. et al.: [1993] Beitrag der Landwirtschaft und landwirtschaftlich genutzter Böden zum troposphärischen Ozonproblem; Institut für Bodenforschung und Baugeologie, Institut für Waldökologie; im Auftrag des Bundesministerium für Wissenschaft und Forschung und Bundesministerium für Land und Forstwirtschaft, Wien, 1993
- BÖGE ST. [1991] Die Transportaufwandsanalyse - Ein Instrument zur Erfassung und Auswertung des betrieblichen Verkehrs; Wuppertal Institut für Klima Umwelt und Energie, Wuppertal Paper Nr. 21, August, 1991
- BRÄUER W. [1994] Was kostet uns die Klimaänderung? in: Agrarische Rundschau 6/1994
- BUNDESMINISTERIUM FÜR UMWELT, [1994] Nationaler Klimabericht der Österreichischen Bundesregierung, Wien, 1994
- BUNDESMINISTERIUM FÜR LAND- UND FORSTWIRTSCHAFT, [1996] Standarddeckungsbeiträge für die Betriebsberatung, 1995/96, Ausgabe Ostösterreich, Wien, 1996
- BUNDESMINISTERIUM FÜR LAND- UND FORSTWIRTSCHAFT, [1996] Fachbeirat für Bodenfruchtbarkeit und Bodenschutz, Richtlinien für die sachgerechte Düngung, 4. Auflage, Wien, 1996
- BUNDESMINISTERIUM FÜR UMWELT, [1994] Vienna - UNITED STATES DEPARTMENT OF ENERGY Washington D. C. Proceedings of the Austria United States Conference on Opportunities for International Cooperation to Mitigate Emissions of Greenhouse Gases, Vienna, December, 1994
- BURDICK B. [1994] Klimaänderung und Landbau - Die Agrarwirtschaft als Täter und Opfer, Verlag C. F. Müller, Alternative Konzepte 85, Heidelberg, 1994
- DISSEMOND H., EILMSTEINER W., NOWAK H., SEDLAR Ch., RAUCHENBERGER M., [1993] Biogasnutzung aus der Landwirtschaft UBA-93-088, Wien, 1993
- DEUTSCHE STIFTUNG WELTBEVÖLKERUNG, [1996] Bevölkerungsstatistik, Hannover, 1996
- DEUTSCHES INSTITUT FÜR WIRTSCHAFTSFORSCHUNG, DIW, [1994] Wirtschaftliche Auswirkungen einer ökologischen Steuerreform, Berlin 1994
- ENQUETE-KOMMISSION [1992] „Schutz der Erdatmosphäre“ des Deutschen Bundestages (Hrsg.) Klimaänderung gefährdet die globale Entwicklung, Zukunft sichern- Jetzt handeln, Bonn, 1992
- ENQUETE-KOMMISSION [1992] „Schutz der Erdatmosphäre“ des Deutschen Bundestages (Hrsg.) Fragen- und Sachverständigenkatalog für eine öffentliche Anhörung der Enquete-Kommission Schutz der Erdatmosphäre zum Thema: Auswirkungen der Klimaänderungen auf die Landwirtschaft, Bonn, 1992

-
- ENQUETE-KOMMISSION [1994] „Schutz der Erdatmosphäre“ des Deutschen Bundestages (Hrsg.) Schutz der grünen Erde - Klimaschutz durch umweltgerechte Landwirtschaft und Erhalt der Wälder, Economica Verlag, Bonn, 1994
- ESSER, G. [1994] Eingriffe der Landwirtschaft in den Kohlenstoffkreislauf: Studienprogramm Landwirtschaft der Enquete-Kommission „Schutz der Erdatmosphäre“, Deutscher Bundestag (Hrsg.), Economica, Bonn, 1994
- ELMADFA I., B. GODINA-ZARFL, et al. [1994] 1. Wiener Ernährungsbericht, Institut für Ernährungswissenschaften der Universität Wien, 1994
- FACHBEIRAT FÜR BODENFRUCHTBARKEIT UND BODENSCHUTZ [1991], Wirtschaftsdünger - Richtige Anwendung und Gewinnung, Sonderausgabe der Zeitschrift Förderungsdienst, 1991
- FACHBEIRAT FÜR BODENFRUCHTBARKEIT UND BODENSCHUTZ [1996] Richtlinien für die sachgerechte Düngung, 1996
- FINDEIS G. [1995] Der Beitrag des österreichischen Waldes zur Bindung von Kohlenstoff in: Der Förderungsdienst 9/1995, Wien, 1995
- GALLER, J. [1994] Emissionen aus der Landwirtschaft, in: Der Förderungsdienst 2/1994, Wien, 1994
- GÖTZ B., ZETHNER G. [1996] Regionale Stoffbilanzen in der Landwirtschaft - Der Nährstoffhaushalt im Hinblick auf seine Umweltwirkung am Beispiel des Einzugsgebietes der Strem, Umweltbundesamt, Monographien Band 78
- GRÜBEL A., HRUBY R., DELL G., EGGER Ch., [1994] Biomasse -Technologien in Österreich, O.Ö. Energiesparverband, Linz, 1994
- HAAS G., KÖPKE U., [1994] Vergleich der Klimarelevanz ökologischer und konventioneller Landbewirtschaftung: Studienprogramm Landwirtschaft der Enquete-Kommission „Schutz der Erdatmosphäre“, Deutscher Bundestag (Hrsg.), Economica, Bonn, 1994
- HAIGER A., STORHAS R., BARTUSSEK H., [1988] Naturgemäße Viehwirtschaft, Zucht, Fütterung Haltung von Rind und Schwein, Stuttgart Ulmervelag, 1988
- HERRMANN G., PLAKOLM G., [1991] Ökologischer Landbau, Grundwissen für die Praxis, Verlagsunion Agrar ,Wien, 1991
- HEIJUNGS [1992] J. B., Guinee, G. Huppes, R. M. Lankreijer, H. A. Udo de Haes, A. Wegener Sleeswijk, Environmental Life Cycle Assessment of Products, Guide and Backgrounds, R. Heijungs (Editor), CML Leiden, 1992
- HEYER J. [1994] Methan: Studienprogramm Landwirtschaft der Enquete-Kommission „Schutz der Erdatmosphäre“, Deutscher Bundestag (Hrsg.), Economica, Bonn, 1994

- HOHMEYER O., GÄRTNER M. [1992] Die Kosten der Klimaänderung, Eine grobe Abschätzung der Größenordnungen, Bericht an die Kommission der Europäischen Gemeinschaft DG XII, Fraunhofer Institut für Systemtechnik und Innovationsforschung, Karlsruhe, 1992
- IKUS - Institut für Kulturelle Studien, [1994] Ernährungsweisen- und Eß- und Trinkkulturen in Österreich; Endbericht des multidisziplinären Forschungsprojektes Ernährungskultur in Österreich, Zusammenfassung der Ergebnisse, Zusammenfassung der Teilprojekte, Inhaltsverzeichnis des Endberichtes; Wien, April 1994
- ISERMANN K. [1994] Ammoniakemissionen in der Landwirtschaft, Ihre Auswirkungen auf die Umwelt und ursachenorientierte Lösungsansätze: Studienprogramm Landwirtschaft der Enquete-Kommission „Schutz der Erdatmosphäre“, Deutscher Bundestag (Hrsg.), Economica, Bonn, 1994
- KJER, I. u. a., [1994] Landwirtschaft und Ernährung: Studienprogramm Landwirtschaft der Enquete-Kommission „Schutz der Erdatmosphäre“, Deutscher Bundestag (Hrsg.), Economica, Bonn, 1994
- KÖCHL A., DERSCH G., [1994] Langzeitanalyse zu Herkunft und Entwicklung der Ozonvorläufersubstanzen, Bundesamt und Forschungszentrum für Landwirtschaft, Wien 1994
- KRAPFENBAUER A., SAGL W., GASCH J., HOLTERMANN CH., Ozon, Oxidantienbelastungen in der Land- und Forstwirtschaft - Oxidantien und ihre Effekte auf das Pflanzenwachstum, Wien 1995
- KRIEG A., BRAUN M., EULER H., KLINGLER B. [1995] Biogas-Studie Österreich - unter besonderer Berücksichtigung Niederösterreichs in: Biogastechnologie - ein Beitrag zur nachhaltigen Kreislaufwirtschaft, Reihe Forschung, Band 5, Laxenburg Akademie für Umwelt und Energie, Amt der NÖ Landesregierung, Abt R/4 KfU, NÖ Geschäftsstelle für Energiewirtschaft, BMU, 1995
- LEGGET J., [1991] (Hrsg.), Global Warming, Die Wärmekatastrophe und wie wir sie verhindern können, Der Greenpeace Report R., Deutsche Ausgabe, Piper GmbH & Co. KG München, 1991
- LEGGET J., [1996] Ed. Climate Change and the Financial Sector the Emerging Threat - The Solar Solution, München, 1996
- LÖHR L. [1983] Faustzahlen für den Landwirt, 6. Auflage, 1983
- NARODOSLAVSKI M., WALLNER H.P., STEINMÜLLER H. [1995] ÖKOFIT Ökologischer Bezirk Feldbach durch integrierte Technik, Graz 1995
- ORTHOFFER R. [1994] Methan-Emissionen in Österreich: Verbrennungsprozesse Abfallentsorgung und Abwasserbehandlung; CH₄-Emissionen in Österreich, Reihe

- Dokumentation, Band 6, Wien - Laxenburg, Österreichische CO₂-Kommission (ACC), 1994
- ÖSTERREICHISCHES STATISTISCHES ZENTRALAMT, ÖSTAT [1993], Viehbestandszählung 1993
- ÖSTERREICHISCHES STATISTISCHES ZENTRALAMT, ÖSTAT [1995] Energieversorgung Österreichs - Endgültige Energiebilanz 1992
- ÖSTERREICHISCHES ÖKOLOGIEINSTITUT [1995] Klimaschutzstrategien österreichischer Städte und Gemeinden: Analyse und Optimierungsvorschläge, Nationalbericht Österreich zum Projekt Optimierung der Klimaschutzstrategien europäischer Kommunen, Wien September 1995
- ÖSTERREICHISCHES ÖKOLOGIEINSTITUT [1995] Leitfaden Klimaschutz auf kommunaler Ebene, Baustein 7 Landwirtschaft, 1995
- ÖSTERREICHISCHE AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN [1992] Bestandsaufnahme Anthropogene Klimaänderungen: Mögliche Auswirkungen auf Österreich - Mögliche Maßnahmen in Österreich, Wien, 1992
- RAGGAM A. [1996] Zukunft durch Biomasse, Ausreichend Energie aus einer flächendeckenden ökologischen Landwirtschaft löst Klima-, Gesundheits- und Wirtschaftsprobleme - Pilotland Österreich; Forschungsinstitut für alternative Energienutzung und Biomasseverwertung, Graz, 1996
- RAMHARTER R. [1994] Energiebilanzen landwirtschaftlicher Ackerpflanzen, Institut für Land- Umwelt- und Energietechnik, BOKU Wien, 1994
- REINER I., CH. LAMPERT, M. PITERKOVA, P.H. BRUNNER [1996] Stoffbilanzen landwirtschaftlicher Böden von ausgewählten Betriebstypen bei Verwendung von Klärschlamm und Kompost BKKB2 1 Teil, TU Wien, Abt. Abfallwirtschaft, 1996
- RIEDLER CH. [1996] Waren- und Geldströme in der österreichischen Ernährungswirtschaft; Teil 2 Materialströme bei der Erzeugung von Rindfleisch, Milchprodukten und Backwaren, Studie der ÖVAF, Wien 1996
- SCHAUER K. [1995]: Ein nachhaltiges Energiesystem für Österreich mit Solartechnologien und Biomasse, Grazer Schriftenreihe für Verfahrenstechnik, TU Graz, 1995
- SCHLAMADINGER B., SPITZER J. [1995] Biomasse-Energiestrategien und Kohlenstoffkreislauf Phase 1, Der Einfluß zukünftiger Biomasse-Energiestrategien auf den Kohlenstoffkreislauf und die Kohlendioxidkonzentrationen der Atmosphäre, Report, Institut für Energieforschung, Joanneum Research, Graz, 1995
- SEDMIDUBSKY A. [1994] Methan - Globale Bedeutung und Reduktionsmöglichkeiten, CH₄-Emissionen in Österreich, Reihe Dokumentation, Band 6, Wien - Laxenburg, Österreichische CO₂-Kommission (ACC), 1994

- SEDMIDUBSKY A. [1992] Die Umweltpolitik des Methans. Entstehung - Auswirkung - Lösungsstrategien; Diplomarbeit Universität für Bodenkultur - 1992
- SCHMALZL F. [1990 - 1992] Verfahrenstechnische Vergleichsuntersuchung von Rundballenwickelvorrichtungen, Merkblatt BLT Wieselburg
- SCHNEIDER F., STEINMÜLLER H. [1995] H. Raw Material Strategies: Economical Problems, Invited contribution for the volume Biotechnology, Second Edition, Volume 6: "Products of Primary Metabolisms"(Ed.:Prof.Dr.M.Röhr), 1995
- SCHÖNWIESE C.-D. [1992a] Das Wetter morgen - Ursachen und Gefahren der Klimaveränderungen, Deutsches Institut für Fernstudien an der Universität Tübingen, Funkkolleg, Humanökologie Studienbrief 11, S 49 - 84. 1992
- STEINLECHNER E., BERGHOLD H., CATE F. M., JUNGMEIER G., SPITZER J., WUTZEL Ch., [1994] Möglichkeiten der Vermeidung und Nutzung anthropogener Methanemissionen, Joanneum Research, Institut für Umweltgeologie und Ökosystemforschung, Graz 1994
- STEINMÜLLER H. [1995] Potential der heimischen Land- und Forstwirtschaft für die Bereitstellung von nachwachsenden Rohstoffen, ökonomische Bewertungen. ÖVAF, Vortrag am UTEC Fachkongreß ,Wien, 19. Oktober 1995
- INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE Energy and Industry Subgroup Report, May [1990] Bericht über die International Energy Agency Executive Conference on Solar Photo Conversion Processes for Recycling Carbon Dioxide from the Atmosphere, March 1990 Colorado Springs USA, 1990
- WALLINGER A., BASERGA U., EDELMANN W., EGGER K., SEILER B., [1991] Biogas-Handbuch Grundlagen-Planung-Betrieb landwirtschaftlicher Anlagen, Aarau, 1991
- WINKLER-RIEDER W. [1993] Biomasse und Klima, ÖAR Regionalberatung GesmbH, Wien, 1993
- WBGU [1994] Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung für Globale Umweltveränderungen, WBGU, Jahresgutachten 1994, Welt im Wandel: Die Gefährdung der Böden, Economica Verlag, Bonn, 1994