© Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft

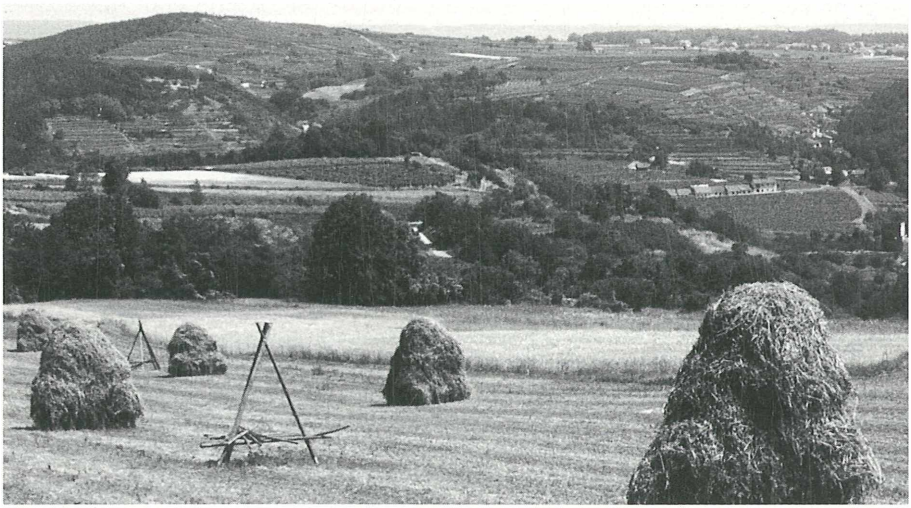

# 5 Energieumsatz – ein Maßstab für naturnahe Kulturlandschaft?

*Andrea Höltl*

Spätestens seit dem ersten Ölpreisschock im Jahr 1973 ist uns bewußt, daß wir mit Energie sorgsamer umgehen müssen. Es wird nach effizienteren Technologien geforscht, um die vorhandene Energie besser ausnutzen zu können, Häuser werden gedämmt, um den Energieverbrauch zu verringern, Sonnenenergie im weitesten Sinne wird als Alternative zu den fossilen Energiequellen (Erdöl, Erdgas, Kohle) forciert etc. Weniger Beachtung findet jedoch noch der Energiehaushalt der Landschaft und inwieweit wir diesen durch Überbauung und land- und forstwirtschaftliche Nutzung beeinflussen.

Zur Zeit der Jäger und Sammler reichte die wildlebende Pflanzen- und Tierwelt für die Ernährung der Menschen aus. Zumindest ein Familienmitglied sorgte selbst für die Nahrung. Durchschnittlich wendeten sie zwei Tage in der Woche zu jeweils 8 Stunden für den Nahrungserwerb auf und konnten damit eine 4köpfige Familie eine Woche lang ernähren. Allein die Körperkraft war dazu notwendig. So konnten mit einer Kilokalorie menschlicher Arbeit 40 Kilokalorien Nahrungsenergie geschaffen werden (RIESEBERG 1991).

Heute sorgen in Österreich lediglich noch 5 % der berufstätigen Bevölkerung – die Landwirte und Landwirtinnen – für unseren direkten Nahrungserwerb. Der gesamte Energieeinsatz dafür ist bereits so groß, daß die Energie der menschlichen Arbeitskraft, die bei den Jägern und Sammlern der alleinige Energieinput war, fast vernachlässigbar ist. Es überwiegen der Energieeinsatz für mineralischen Dünger, Pflanzenschutzmittel, Maschinenmaterial, Treibstoff, Wärme und Strom.



*„Eine kleinstrukturierende Kulturlandschaft bietet Platz für Menschen, „Tiere und Pflanzen."*

**Karin Hochegger, Wolfgang Holzner (Hrg.) (1999): Kulturlandschaft – Natur in Menschenhand. Naturnahe Kulturlandschaften: Bedeutung, Schutz und Erhaltung bedrohter Lebensräume. (= Grüne Reihe Bd. 11), S. 122–154.**

© Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft


Diese massive Energieeinbringung in die Landschaft durch den Menschen einerseits und der Energieentzug durch die pflanzliche Ernte andererseits bestimmen maßgeblich die Entwicklung und Gestalt von Raum und Landschaft. Der eigentliche Zweck der Bewirtschaftung ist zwar die geplante und gelenkte Nutzung von Pflanzen und Tieren zur Versorgung des Menschen mit Nahrungsmitteln und Rohstoffen. Die dadurch bedingte „Störung" des natürlichen Energiehaushaltes unserer Landschaft bedeutet jedoch auch die Umgestaltung von Naturlandschaft in Kulturlandschaft mit neuen Lebensbedingungen für Tier- und Pflanzenarten.

## 5.1 Wieviel Energie produziert die Natur?

In der Photosynthese wandelt die grüne Pflanze die eingestrahlte Sonnenenergie in chemische Energie um und speichert sie in Form energiereicher chemischer Verbindungen (primär in Form von Kohlenhydraten). Einen Teil davon brauchen die Pflanzen für ihren eigenen Stoffwechsel, übrig bleibt die Nettoprimärproduktion (NPP).

*Die Nettoprimärproduktion ist also die Biomassezunahme pro Zeiteinheit auf einer bestimmten Fläche.*

Sie setzt sich zusammen aus der oberirdischen (ANPP) und der unterirdischen (SNPP) Nettoprimärproduktion und wird in diesem Beitrag in der Energieeinheit Joule[1] angegeben. Zur oberirdischen NPP werden die Pflanzenteile, die über dem Erdboden wachsen (Holz, Blätter, Früchte etc.), gezählt, zur unterirdischen NPP jene unter der Erdoberfläche (Wurzeln, unterirdische Speicherorgane – z. B. Kartoffeln, Zuckerrüben).

Die Aneignung der Nettoprimärproduktion (NPP-Aneignung) durch den Menschen ergibt sich aus der Differenz zwischen der Nettoprimärproduktion der grünen Pflanzen in der hypothetischen natürlichen Vegetationsdecke ($NPP_0$: die NPP einer Vegetation zum heutigen Zeitpunkt ohne menschliche Einflüsse) und der tatsächlich im Ökosystem verbleibenden NPP ($NPP_t$) und erfolgt im wesentlichen auf folgende zwei Arten:

- *Erste Aneignungsstufe:* Das Wachstum der Pflanzen wird durch Verdrängung und Umgestaltung der Vegetation beeinflußt – z. B. durch Umwandlung von Wald in Acker- oder Grasland oder durch Straßen- und Wohnungsbau.
- *Zweite Aneignungsstufe:* Biomasse wird der Natur entnommen – z. B. Ernte von landwirtschaftlichen Produkten, Entnahme von Brenn- und Bauholz aus dem Wald.

*Der Mensch eignet sich die Nettoprimärproduktion somit durch die Beeinflussung des Wachstums der Pflanzen und durch die Ernte auf dem Ackerland, dem Grünland und aus dem Wald an.*

Um das Ausmaß der Nettoprimärproduktion-Aneignung durch den Menschen untersuchen zu können, muß zuerst abgeschätzt werden, wie hoch die NPP zum heutigen Zeit-

1 Joule (J) = 239 Kilokalorien
1 Kilojoule (KJ) = 1.000 J
1 Megajoule (MJ) = 1.000 KJ
1 Gigajoule (GJ) = 1.000 MJ
1 Terajoule (TJ) = 1.000 GJ
1 Petajoule (PJ) = 1.000 TJ
1 Exajoule (EJ) = 1.000 PJ

© Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft


punkt ohne menschlichen Einfluß wäre. (Die Schwierigkeit der Bestimmung der hypothetischen natürlichen Vegetation wird im Kapitel von Ruth Wokac dieses Buches beschrieben.) Neben zwei Arbeiten zur weltweiten Situation ist Österreich das einzige Land, für das die Nettoprimärproduktion der hypothetischen natürlichen Vegetation (die NPP einer Vegetation zum heutigen Zeitpunkt ohne menschliche Einflüsse) berechnet wurde (HABERL 1995). Der Autor untersucht sowohl die oberirdische hypothetische Nettoprimärproduktion ($ANPP_0$: NPP über dem Erdboden) als auch die gesamte hypothetische NPP ($NPP_0$: $ANPP_0$ plus Wurzeln und unterirdische Speicherorgane).

Tab. 1: Die oberirdische ($ANPP_0$) und die gesamte ($NPP_0$) Nettoprimärproduktion der hypothetischen natürlichen Vegetation in Österreich.

| Bundesland | Fläche [in km²] | $ANPP_0$ [in PJ/a] | oberirdische Produktivität [in MJ/m².a] | $NPP_0$ [in PJ/a] | gesamte Produktivität [in MJ/m².a] |
|---|---|---|---|---|---|
| Burgenland | 3966 | 83,1 | 20,96 | 149,6 | 37,7 |
| Kärnten | 9533 | 163,0 | 17,10 | 294,7 | 30,9 |
| NÖ | 19174 | 395,5 | 20,63 | 711,9 | 37,1 |
| OÖ | 11980 | 242,6 | 20,26 | 436,9 | 36,5 |
| Salzburg | 7154 | 109,1 | 15,24 | 198,1 | 27,7 |
| Steiermark | 16388 | 307,2 | 18,74 | 554,2 | 33,8 |
| Tirol | 12648 | 152,1 | 12,03 | 278,1 | 22,0 |
| Vorarlberg | 2601 | 40,0 | 15,38 | 72,7 | 27,9 |
| Wien | 415 | 8,7 | 21,00 | 15,7 | 37,8 |
| Österreich | 83859 | 1.501,3 | 17,90 | 2.711,9 | 32,3 |

*Quelle: HABERL 1995*

HABERL nimmt als hypothetische natürliche Vegetation in erster Linie Wald an. Die unterschiedliche Nettoprimärproduktion pro Quadratmeter in den einzelnen Bundesländern ist dadurch vor allem auf die Höhenunterschiede (Baumgrenze!) zurückzuführen. Die jährliche oberirdische Nettoprimärproduktion der hypothetischen natürlichen Vegetation in Österreich wird auf 1.501 Petajoule (PJ) geschätzt, die gesamte NPP auf 2.712 PJ.

## 5.2 Der Energiehaushalt in der österreichischen Kulturlandschaft

Im nächsten Schritt berechnet HABERL die Nettoprimärproduktion der tatsächlichen Vegetation in Österreich. Die NPP von verbauten Flächen wurde mit Null angenommen, die von Ackerland, Gärten und Wiesen mit Erntefaktoren berechnet, die NPP von Weiden, Almen, Wein-, Haus-, Obstgärten und Wald abgeschätzt.

Die jährliche Nettoprimärproduktion der aktuellen Vegetation in Österreich beträgt oberirdisch 1.396 PJ und insgesamt 2.354 PJ. Die Differenz zwischen der jährlichen NPP der hypothetischen und der aktuellen Vegetation ist die NPP-Aneignung des Menschen durch Beein-

© Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft


Tab. 2: Die oberirdische ($ANPP_{akt}$) und die gesamte ($NPP_{akt}$) Nettoprimärproduktion der aktuellen Vegetation in Österreich.

| Bundesland | Fläche [in km²] | $ANPP_{akt}$ [in PJ/a] | oberirdische Produktivität [in MJ/m².a] | $NPP_{akt}$ [in PJ/a] | gesamte Produktivität [in MJ/m².a] |
|---|---|---|---|---|---|
| Burgenland | 3966 | 78,0 | 19,7 | 123,0 | 31,0 |
| Kärnten | 9533 | 148,0 | 15,5 | 261,0 | 27,4 |
| NÖ | 19174 | 374,5 | 19,5 | 593,9 | 31,0 |
| OÖ | 11980 | 231,5 | 19,3 | 374,4 | 31,3 |
| Salzburg | 7154 | 92,4 | 12,9 | 167,4 | 23,4 |
| Steiermark | 16388 | 294,4 | 18,0 | 508,7 | 31,0 |
| Tirol | 12648 | 137,4 | 10,9 | 254,3 | 20,1 |
| Vorarlberg | 2601 | 33,0 | 12,7 | 60,3 | 23,2 |
| Wien | 415 | 6,8 | 16,3 | 11,4 | 27,5 |
| Österreich | 83859 | 1.396,0 | 16,6 | 2.354,4 | 28,1 |

*Quelle: HABERL 1995*

flussung des Wachstums der Pflanzen (1. Aneignungsstufe: Umwandlung von Wald in Ackerland, Verbauung etc.) und beträgt oberirdisch 7% (105 PJ) und insgesamt 13% (358 PJ).

*Durch Umwandlung von Wald in Ackerland und Grünland und durch die Verbauung natürlicher Vegetation mit Straßen und Gebäuden eignen wir uns bereits 13% der natürlichen Energieproduktion an.*

Die gesamte NPP-Aneignung ist relativ gesehen höher als die oberirdische, da Ackerbauprodukte und intensiv genutztes Grünland im Vergleich zur natürlichen Vegetation wenig Wurzeln produzieren. Die Aneignung der oberirdischen Nettoprimärproduktion durch Umwandlung von Wald in Acker- und Grünland ist relativ gering, da Feldfrüchte und stark gedüngte Wiesen verstärkt auf oberirdisches Wachstum – die Pflanzenteile, die der Mensch vorwiegend nützt – ausgerichtet sind.

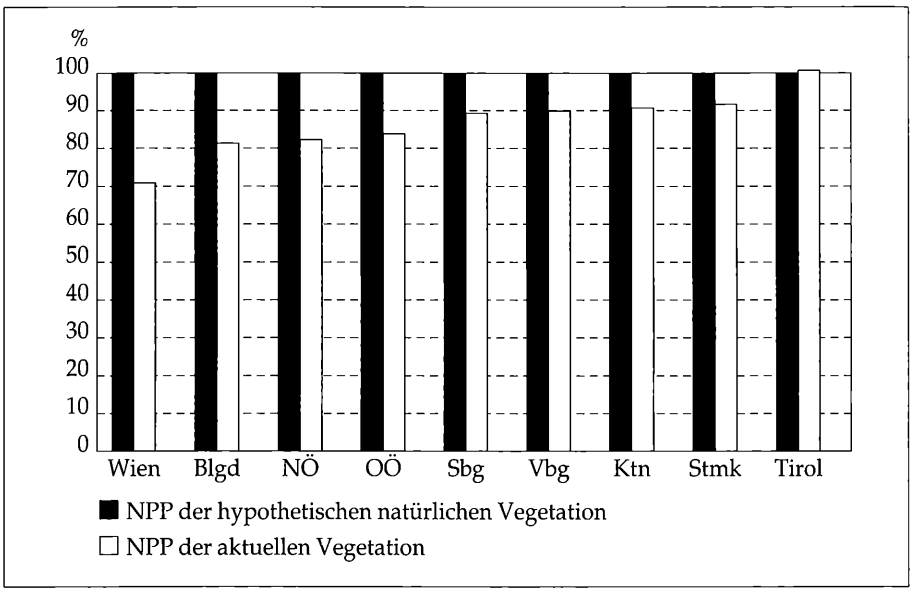
Die Untersuchung der NPP-Aneignung auf der ersten Aneignungsstufe (also ohne Ernte) bis zu einer Meereshöhe von 1700 m (dies entspricht in etwa der Höhengrenze für die landwirtschaftliche Produktion) läßt die landwirtschaftliche Nutzung in den einzelnen Bundesländern deutlich erkennen.

Die höchste NPP-Aneignung auf der ersten Aneignungsstufe zeigt Wien mit 27 % aufgrund der starken Verbauung. Burgenland, NÖ und OÖ weisen mit 18 %, 17 % und 14 % die höchste Aneignung durch Umwandlung der natürlichen Vegetation in Ackerland auf. Im Mittelfeld liegen Salzburg mit 11 %, Vorarlberg mit 10 %, Kärnten mit 8 % und die Steiermark mit 7 %. Eine negative Aneignung auf den ersten 3 Höhenstufen zeigt Tirol mit – 3,5 %, was bedeutet, daß die heutige Vegetation um 3,5 % mehr Energie produziert als die hypothetische natürliche Vegetation. Eine mögliche Ursache dieses Ergebnisses könn-

© Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft


ten ungenaue Schätzmethoden sein. Theoretisch wäre es jedoch auch denkbar, daß dies z.B. durch die Umwandlung von natürlichem Grasland in stark gedüngtes Grünland bedingt ist. Um solche Aussagen zu treffen, bedarf es allerdings genauerer Untersuchungen.

Abb. 1: Verhältnis der Nettoprimärproduktion der aktuellen zu der NPP der hypothetischen natürlichen Vegetation bis 1700 Höhenmeter in den Bundesländern Österreichs




*Quelle: HABERL 1995, eigene Berechnungen*

## 5.3 Welche Vegetationsform produziert wieviel Energie?

Tabelle 3 gibt einen Überblick über die Nettoprimärproduktion verschiedener Vegetationstypen. Der erste Teil dieser Tabelle zeigt deutlich, wie die Produktivität der natürlichen Vegetation mit zunehmenden Höhenmetern abnimmt.

Feldfrüchte weisen eine geringere gesamte Nettoprimärproduktion als Laubmischwälder auf, energiereiche Ackerbauprodukte erzielen jedoch eine höhere oberirdische NPP. Dies ist auf die geringere unterirdische NPP (SNPP) von Ackerbauprodukten zurückzuführen, die im Bereich von 20 % der gesamten NPP liegt. Im Gegensatz dazu weisen Wälder eine unterirdische Nettoprimärproduktion von rund 45 % auf.

Die geringe SNPP von Ackerbauprodukten ergibt sich u.a. durch starke Düngung, da Stickstoff vor allem das oberirdische Wachstum fördert. Mehrmähdige Wiesen (stark gedüngt) weisen mit ca. 40 % aus demselben Grund eine geringere SNPP auf als natürliches und naturnahes Grasland, dessen unterirdische Nettoprimärproduktion einen Anteil von 45 % bis 77 % an der gesamten NPP erreicht.

© Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft


Die Auswirkungen der Intensität der Nutzung zeigen sich z. B. gut bei ein- und mehrmähdigen Wiesen. Bei einmähdigen Wiesen verteilt sich die Energieproduktion je zur Hälfte auf das oberirdische und das unterirdische Wachstum. Mehrmähdige Wiesen, die in der Regel stark gedüngt werden, produzieren 60 % ihrer Energie über dem Erdboden. Durch die Düngung und das mehrmalige Mähen in einer Vegetationsperiode läßt sich ein Mehrertrag von 30 % erreichen. Allerdings um den Preis, daß hier aufgrund mehrerer, sich negativ auswirkender Komponenten wesentlich weniger Pflanzenarten wachsen können als auf einmähdigen Wiesen.

Wie Tabelle 3 zeigt, wird die hohe Produktivität eines Laubmischwaldes von keinem anderen Vegetationstyp erreicht. Aus diesem Grund kann die Energieproduktion der heutigen Pflanzendecke trotz massiver Energieaufwendungen der Landwirtschaft das Ausmaß der Energieproduktion der natürlichen Vegetation nicht erreichen.

Tab. 3: Größenordnungen zur Nettoprimärproduktion verschiedener Vegetationstypen in Österreich

| Vegetationstyp | oberirdische NPP [in MJ/m².a] | gesamte NPP [in MJ/m².a] | Anteil von ANPP an NPP [in %] |
|---|---|---|---|
| Laubmischwald (bis 600 Höhenmeter) | 21,0 | 37,8 | 56 |
| Fichten-Tannen-Buchen-Mischwälder (600–1300 m) | 19,5 | 35,1 | 56 |
| Subalpine Fichtenwälder, Latschen-Buschwälder (1300–1700 m) | 18,4 | 33,1 | 56 |
| Subalpine Fichtenwälder, Latschen-Buschwälder, lockere Zirben- oder Latschenwälder, Zwergstrauchgesellschaften (1700–2200 m) | 8,7 | 16,6 | 52 |
| Alpine Rasen, Zwergsträucher, Pionierrasen (2200–2800 m) | 2,0 | 4,0 | 50 |
| Moose, Flechten, Polsterpflanzen (über 2800 m) | 0,2 | 0,5 | 40 |
| Kulturweiden | 14,6 | 29,4 | 50 |
| Hutweiden, Mittelalmen | 10,0 | 20,0 | 50 |
| Niederalmen | 12,3 | 24,6 | 50 |
| Hochalmen | 8,2 | 16,4 | 50 |
| Einmähdige Wiesen | 9,2 | 18,4 | 50 |
| Mehrmähdige Wiesen | 14,8 | 24,2 | 61 |
| Streuwiesen | 17,9 | 31,0 | 58 |
| Hausgärten | 16,7 | 28,3 | 59 |
| Obstkulturen | 20,0 | 30,0 | 67 |
| Weingärten | 18,0 | 25,0 | 72 |
| Erwerbsgartenland | 25,0 | 32,5 | 77 |
| Kartoffeln | 22,3 | 26,8 | 83 |
| Weizen | 15,8 | 20,5 | 77 |
| Roggen | 11,8 | 15,4 | 77 |
| Gerste | 14,2 | 18,4 | 77 |
| Hafer | 12,4 | 16,1 | 77 |
| Körnermais | 26,1 | 33,9 | 77 |
| Verbaute Fläche | 0 | 0 | |

*Quelle: HABERL 1995, HABERL 1991, eigene Berechnungen und Schätzungen*

© Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft


## 5.4 Der Energiegehalt unserer jährlichen Ernte

Die gesamte Biomasseentnahme durch den Menschen berechnet HABERL anhand der landwirtschaftlichen Ernte im Jahr 1990 und der forstwirtschaftlichen Ernte gemittelt für die Jahre 1989–1991 (Tabelle 4).

Tab. 4 : Gesamte Ernte durch den Menschen in Österreich im Jahr 1990

| Bundesland | Äcker u. Gärten | Grünland | Wald | Summe | Ernte pro m² |
|---|---|---|---|---|---|
| | [in PJ/a] | | | | [in MJ/a] |
| Burgenland | 20,9 | 1,1 | 10,7 | 32,7 | 8,2 |
| Kärnten | 11,4 | 10,7 | 24,7 | 46,8 | 4,9 |
| NÖ | 90,8 | 19,3 | 51,4 | 161,5 | 8,4 |
| OÖ | 43,4 | 29,1 | 32,2 | 104,7 | 8,7 |
| Salzburg | 0,9 | 11,2 | 12,2 | 24,3 | 3,4 |
| Steiermark | 27,8 | 21,9 | 53,4 | 103,1 | 6,3 |
| Tirol | 2,1 | 11,8 | 14,6 | 28,4 | 2,2 |
| Vorarlberg | 0,4 | 4,3 | 3,5 | 8,2 | 3,2 |
| Wien | 0,6 | 0,1 | 1,3 | 2,1 | 5,1 |
| Österreich | 198,3 | 109,5 | 204,0 | 511,8 | 6,1 |

*Quelle: HABERL 1995*

Von der aktuellen Nettoprimärproduktion wurden in Österreich im Jahr 1990 ca. 512 PJ in Form von Getreide, Heu, Holz etc. vom Menschen geerntet, das sind über 20 % des Pflanzenzuwachses dieses Jahres. Im Ökosystem verblieben somit noch rund 884 PJ an oberirdischer NPP, das sind 63 % der aktuellen NPP bzw. 59 % der NPP der hypothetischen natürlichen Vegetation, und insgesamt (ober- und unterirdisch) ca. 1.843 PJ, das sind 78 % der aktuellen NPP bzw. 68 % der NPP der hypothetischen natürlichen Vegetation.

*Die Nettoprimärproduktion-Aneignung durch den Menschen erreicht in Österreich 41 % (617 PJ) der oberirdischen NPP, bzw. 32 % (869 PJ) der gesamten Nettoprimärproduktion und liegt damit über dem weltweiten Durchschnitt.*

In bezug auf die bewirtschaftete Fläche beträgt die Ernte im österreichischen Durchschnitt im Wald 6,3 Megajoule(MJ)/m², auf dem Grünland 5,6 MJ/m² und auf dem Ackerland (inkl. Gärten) mehr als doppelt soviel, nämlich 13,2 MJ/m². Die höchste Aneignung von Nettoprimärproduktion pro Quadratmeter durch die menschliche Ernte geschieht somit auf dem Ackerland.

Die Ernte pro Quadratmeter, in der letzten Spalte von Tabelle 4, zeigt eindeutig das unterschiedliche Ausmaß der land- und forstwirtschaftlichen Nutzung in den verschiedenen Bundesländern. Die Aneignung der Nettoprimärproduktion durch Ernte liegt in Salzburg, Tirol und Vorarlberg weit unter dem österreichischen Durchschnitt, in den stark ackerbaulich genutzten Bundesländern Niederösterreich, Oberösterreich und Burgenland weit darüber. Die NPP-Aneignung durch Ernte erfolgt im Burgenland, in Nieder- und Oberösterreich zum größten Teil auf dem Ackerland (inkl. Gärten). In Kärnten, Salzburg, Tirol, Wien und

© Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft

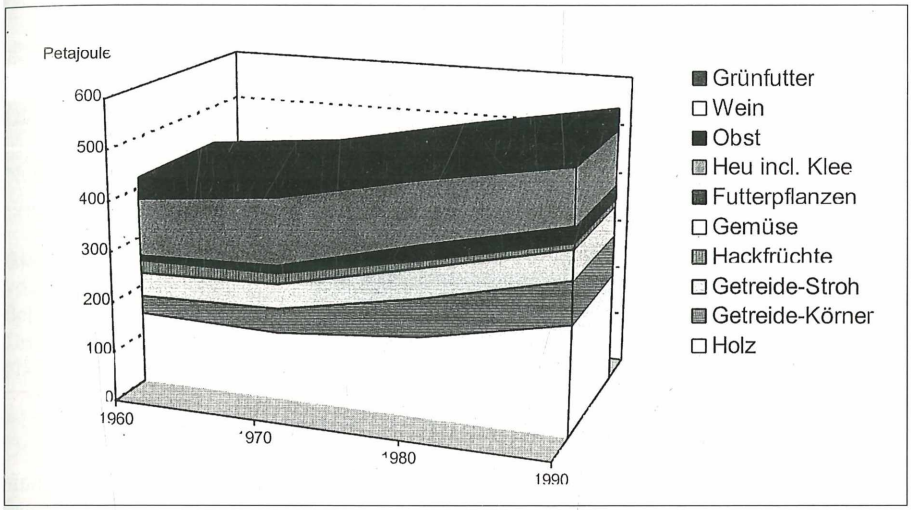


der Steiermark liefert der Wald die Hälfte und mehr der gesamten Ernte in diesen Bundesländern. In Vorarlberg macht die Ernte auf dem Grünland energetisch den größten Teil aus.

Die gesamte Aneignung der Nettoprimärproduktion (1. und 2. Aneignungsstufe) variiert in den einzelnen Bundesländern zwischen 19 % der NPP der hypothetischen natürlichen Vegetation in Tirol und 40 % in Wien. Ähnlich hoch wie in Wien ist die NPP-Aneignung im Burgenland, in NÖ und in OÖ. Die unterschiedliche Höhe in den verschiedenen Bundesländern ergibt sich in ersten Linie durch das Ausmaß der landwirtschaftlichen Nutzung (Biomasseentnahme durch Ernte!) bzw. in Wien durch die starke Verbauung. Die übrigen Bundesländer liegen mit 27 % bis 28 % zwischen den Werten von Wien und Tirol.

Im Laufe der letzten Jahrzehnte haben wir der Natur immer mehr Energie entzogen. Allein zwischen 1960 und 1990 ist der Energiegehalt unserer jährlichen Ernte um beinahe 40 % gestiegen. Abbildung 2 zeigt die stetige Zunahme der Biomasseentnahme durch Land- und Forstwirtschaft in Österreich.

Abb. 2: Entwicklung der Biomasseentnahme der österreichischen Land- und Forstwirtschaft zwischen 1960 und 1990 in Petajoule




*Quelle: HABERL 1994*

In Form von Holz, Heu und Getreide wurde 1990 am meisten geerntet. Die Entnahme von Holz stieg zwischen 1960 und 1990 um mehr als die Hälfte, die von Getreide-Körnern um 36 %, die Ernte von Heu verringerte sich in diesem Zeitraum geringfügig um 6 %.

## 5.5 Nettoprimärproduktion-Aneignung und Artenvielfalt

Beim derzeitigen Stand der Forschung können genaue Aussagen über die Auswirkungen solcher Eingriffe in den Energiehaushalt der Erde noch nicht gemacht werden. Einen Versuch, die Bedeutung der NPP-Aneignung durch den Menschen auf die Artenvielfalt dar-

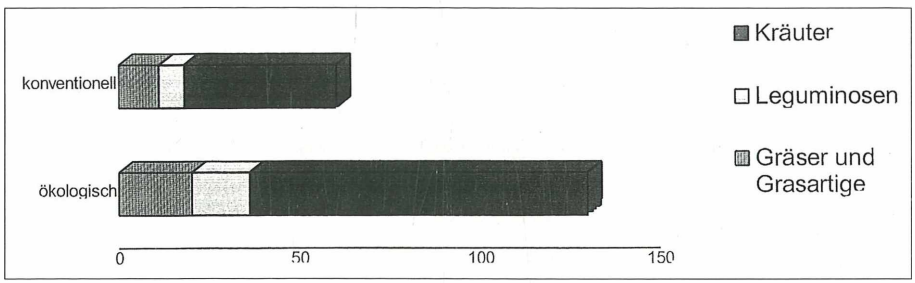
© Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft


zustellen, ist die Artenzahl-Energietheorie. Sie unterstellt einen Zusammenhang zwischen dem Energiefluß (z. B. NPP) und der Anzahl der Arten. Begründet wird diese Theorie (sehr vereinfacht dargestellt) folgendermaßen: Ist genügend Energie in Form von pflanzlicher Nahrung in einem Gebiet vorhanden, kann eine Vielzahl von Arten existieren, ohne daß der (energetische) Konkurrenzdruck unter ihnen zu hoch wäre. Steht wenig Energie zur Verfügung, sterben viele Arten wegen des zu hohen Konkurrenzdrucks aus. Durch Ackerbau und Viehzucht hat der Mensch die natürliche Landschaft verändert. Die so über lange Zeit entstandene naturnahe Kulturlandschaft bedeutete eine Bereicherung der Tier- und Pflanzenwelt in Österreich. Im mitteleuropäischen Vergleich gehört Österreich zu den artenreichsten Ländern. Mit der Intensivierung der Landwirtschaft in den letzten Jahrzehnten ging jedoch ein Teil dieser menschlich geschaffenen Biotope wieder verloren.

*Rund 50 % der bedrohten Tier- und Pflanzenarten brauchen eine naturnahe Kulturlandschaft für ihr Überleben.*

In einer naturnahen Kulturlandschaft, die extensiv bewirtschaftet wird, lassen sich wesentlich mehr Pflanzenarten finden als in intensiv bewirtschafteten Gebieten (siehe Abbildung 3). Die Ursachen dafür sind u. a. neben Mangel an Lebensraum bei intensiver Bewirtschaftung auch die geringere Menge an im Ökosystem verbleibender Energie.

Abb. 3: Vergleich der Artenzahl auf je 23 ökologisch bzw. konventionell bewirtschafteten Ackerflächen




*Quelle: THOMAS et al. 1989*

Auch auf dem Grünland ist die vorhandene Artenzahl von der Intensität der Bewirtschaftung abhängig. Auf Österreichs extensiv bewirtschafteten Wiesen wachsen 40 bis 70 verschiedene Pflanzenarten, auf intensiv bewirtschafteten, 3- bis 4-mähdigen Wiesen lassen sich nur noch 20 bis 40 Arten finden.

In Österreich sind bereits 52,4 % aller Säugetierarten bedroht oder ausgestorben, 55,7 % aller Vögel, 65 % aller Fische und 97,3 % aller Kriechtiere und Lurche.

## 5.6 Energiebilanz der Pflanzenproduktion in Österreich

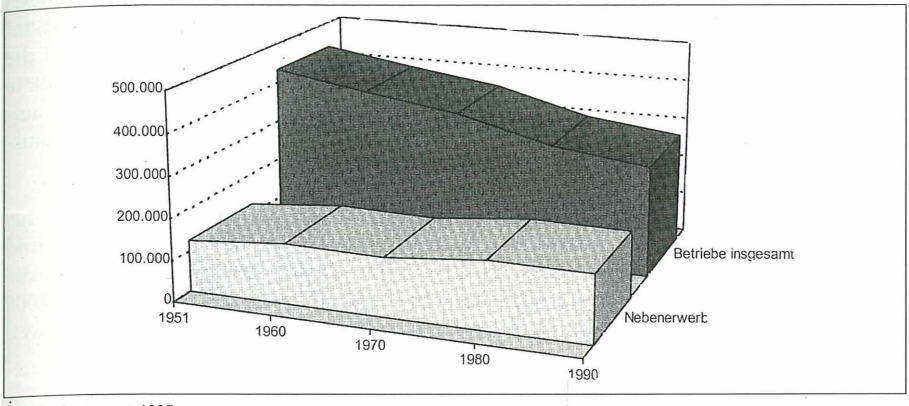
Die Veränderung des Energieeinsatzes in der österreichischen Landwirtschaft vom Menschen und Zugtier hin zur Maschine hat sowohl unser Landschaftsbild als auch die Struktur der landwirtschaftlichen Betriebe stark beeinflußt (Abbildung 4).

© Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft



Zwischen den Jahren 1951 und 1990 wurden ca. 160.000 land- und forstwirtschaftliche Betriebe aufgegeben, heute wirtschaften noch rund 60 % der Betriebe von 1951.

Abb. 4: Die Entwicklung der Zahl der land- und forstwirtschaftlichen Betriebe in Österreich zwischen 1951 und 1990

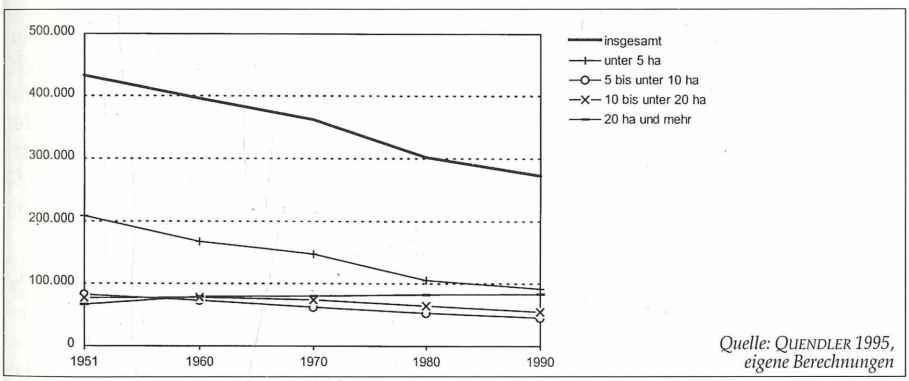



*Quelle: QUENDLER 1995*

Die Zahl der Nebenerwerbsbetriebe stieg im Gegensatz zu der der Haupterwerbsbetriebe in den letzten Jahrzehnten stetig an. Wurden im Jahr 1951 nicht ganz 30 % der Betriebe im Nebenerwerb geführt, waren es 1990 bereits an die 60 %. Der Anteil der Nebenerwerbsbetriebe in der Land- und Forstwirtschaft hat sich in 40 Jahren verdoppelt.

Abbildung 5 zeigt, daß nur die Zahl der Betriebe mit einer selbstbewirtschafteten Fläche von 20 Hektar (ha) und mehr seit 1950 gestiegen ist. Die stärksten Rückgänge lagen bei Betrieben mit einer Fläche von unter 5 ha. Nicht einmal die Hälfte der Betriebe mit dieser Größenstruktur von 1951 existierte noch im Jahr 1990. Die Zahl der Betriebe mit einer Fläche zwischen 5 und 20 Hektar verringerte sich um 40 %.

Abb. 5: Entwicklung der Größenstruktur der land- und forstwirtschaftlichen Betriebe in Österreich zwischen 1951 und 1990




*Quelle: QUENDLER 1995, eigene Berechnungen*

© Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft


*Die Zahl der land- und forstwirtschaftlichen Betriebe ist in den letzten Jahren drastisch zurückgegangen. Vor allem kleine Wirtschaften wurden aufgegeben. Der Anteil der größeren Betriebe mit einer selbstbewirtschafteten Fläche von 20 Hektar und mehr nimmt zu.*

Die land- und forstwirtschaftlich bewirtschaftete Fläche in Österreich ist ebenfalls rückläufig. Im Jahr 1960 wurden 48 % der Gesamtfläche Österreichs, das waren gute 4 Millionen Hektar, landwirtschaftlich und 37 % bzw. 3,1 Millionen ha forstwirtschaftlich genutzt, im Jahr 1995 bewirtschaftete die österreichische Landwirtschaft 41 % (3,5 Mio. ha) und die Forstwirtschaft 39 % (knapp 3,3 Mio. ha) unseres Landes. Die landwirtschaftlich genutzte Fläche hat sich damit in den letzten 35 Jahren um 15 % verringert. Ein kleiner Teil der aufgegebenen Ackerfläche wird als Wiese genutzt, der Rest ist verwaldet. Das Flächenausmaß der forstwirtschaftlichen Nutzung stieg in den letzten 35 Jahren um 4,5 %.

Im Jahr 1995 wurden nur noch 85 % der Ackerfläche von 1960, nämlich 1,4 Mio. ha, bewirtschaftet, die Kulturart Extensives Grünland (einmähdige Wiesen, Hutweiden und Streuwiesen) ist auf 150.000 ha, das ist ein Viertel der Fläche von 1960, geschrumpft, die Bewirtschaftung von Almen und Bergmähder ging flächenmäßig um 7 % auf ca. 850.000 ha zurück. Die Fläche von Wirtschaftsgrünland (mehrmähdige Wiesen und Kulturweiden) stieg hingegen um beinahe 20 % auf 930.000 ha.

*Die landwirtschaftlich genutzte Fläche in Österreich verringerte sich in den letzten 35 Jahren um 15 Prozent. Das bedeutet, daß Kulturlandschaft in einem nicht unbeträchtlichen Ausmaß bereits verlorengegangen ist.*

Ganz massiv gesunken ist die Zahl der Berufstätigen in der österreichischen Land- und Forstwirtschaft und damit auch ihr Anteil an den Erwerbstätigen insgesamt. Im Jahr 1951 bewirtschafteten noch über 1 Million Menschen Äcker, Wiesen, Gärten und Wälder, 1991 waren es nur noch etwas über 200.000. Heute gibt es in der Land- und Forstwirtschaft somit nur noch 20 % der Arbeitsplätze von 1951. Im Jahr 1951 arbeiteten 32 % aller Erwerbstätigen in diesem Produktionszweig, heute nicht einmal mehr 6 %.

Abbildung 6 zeigt klar die Verdrängung der Arbeitskraft von Mensch und Zugtier in diesem Jahrhundert. Im Jahr 1930 waren die Arbeit des Menschen und der Zugtiere mit rund 80 % die wesentlichen Inputfaktoren der landwirtschaftlichen Pflanzenproduktion und haben sich bis zum Jahr 1970 zu einem fast vernachlässigbaren Anteil von 0,5 % entwickelt. Den energetisch größten Aufwand verursachte 1970 der Handelsdünger mit rund 60 %, gefolgt von Treibstoff, Wärme- und Strombedarf mit ca. 27 %.

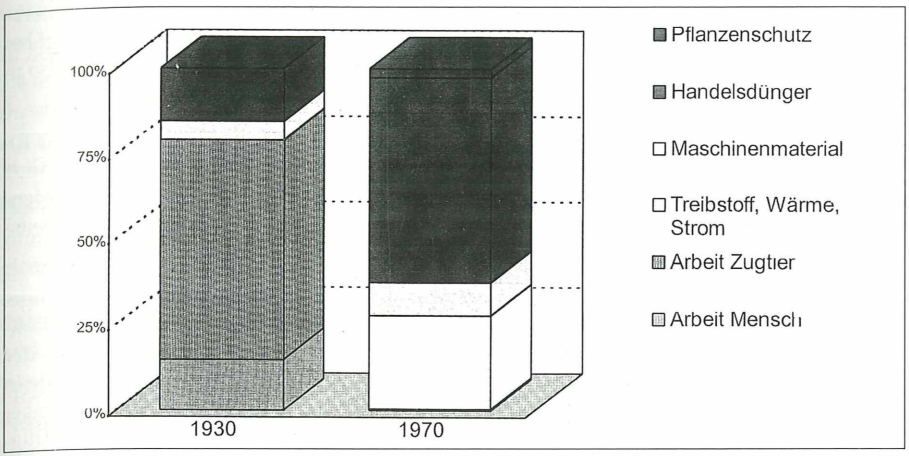
REHRL (1976) vergleicht den Arbeit- und Betriebsmittelaufwand der landwirtschaftlichen Pflanzenproduktion in Österreich in den Jahren 1930 und 1970. Er wählt diese beiden Jahre, da 1930 ein typisches Jahr der Handarbeit-Gespannstufe und 1970 ein typisches Jahr der vollmotorisierten Landwirtschaft war. Von den Berufstätigen waren 1930 50 % in der Land- und Forstwirtschaft beschäftigt, 1970 nur noch 18 %. Die bewirtschaftete Ackerfläche hat von 1930 bis 1970 um 14 % abgenommen, die Fläche der Wiesen stieg um 5 % und die des Waldes um beinahe 9 %. Abbildung 7 zeigt die von REHRL berechnete Energiebilanz der landwirtschaftlichen Produktion in den beiden Vergleichsjahren.

Der Gesamt-Energiebedarf der landwirtschaftlichen Pflanzenproduktion (Arbeit, Treibstoff, Wärme, Strom, Vorleistungen – Maschinenmaterial, Handelsdünger, Pflanzenschutz) stieg zwischen 1930 bis 1970 von ca. 6 Petajoule auf 24 PJ um 300 %, während der Energieoutput (die berücksichtigten Hauptfruchtarten umfassen 95% der bebauten Acker-

© Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft



Abb. 6: Verteilung des Energiebedarfs der österreichishen Landwirtschaft in den Jahren 1930 und 1970

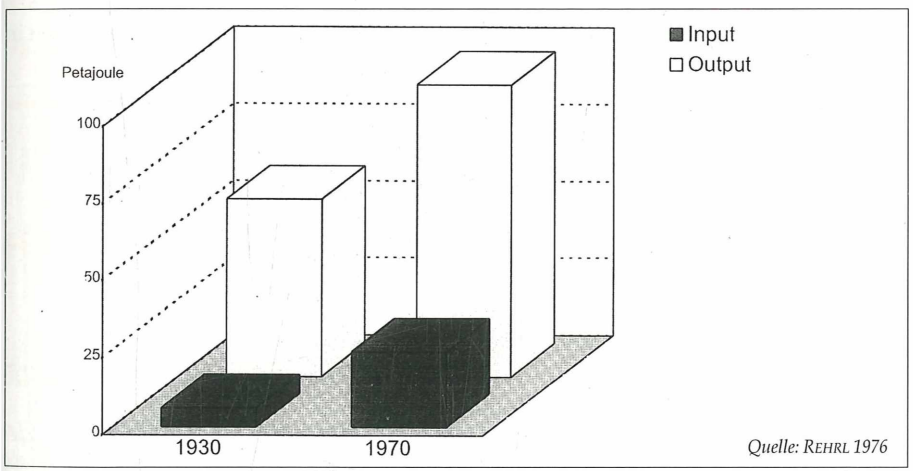



*Quelle: REHRL 1976, eigene Berechnungen*

fläche und des bewirtschafteten Grünlands) von 57 PJ auf knapp 95 PJ um lediglich 65 % zunahm. Die Entwicklung im Zeitraum zwischen den Vergleichsjahren führte somit zu einer enormen Verschlechterung des energetischen Output/Input-Verhältnisses der landwirtschaftlichen Pflanzenproduktion in Österreich. Konnten im Jahr 1930 mit einer Einheit Energieaufwand noch 9,48 Einheiten Energieertrag geerntet werden, waren es 1970 nur noch 3,88 Einheiten.

*Die energetische Effizienz der landwirtschaftlichen Pflanzenproduktion in Österreich sank zwischen 1930 und 1970 um beinahe 60 Prozent.*

Abb. 7: Der energetische Input und Output der österreichischen Pflanzenproduktion in den Jahren 1930 und 1970




*Quelle: REHRL 1976*

© Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft


## 5.7 Der Energieaufwand für eine Arbeitsstunde

Die Energie der menschlichen Arbeitskraft wird aus der wöchentlichen Nahrungsaufnahme dividiert durch die durchschnittliche wöchentliche Arbeitszeit berechnet und liegt bei 1,76 MJ pro Arbeitskraftstunde. Eine Arbeitskraft in der Landwirtschaft verbraucht also in jeder Stunde, die sie arbeitet, 1,76 MJ.

Ein Zugtier (Pferd von 600 kg Lebendgewicht oder Zugochse von 800 kg) verbraucht 10-mal soviel Energie pro Stunde als der Mensch, nämlich 17,6 MJ, hat dadurch jedoch auch eine höhere Arbeitsleistung. Der Energiebedarf einer Zugkraftstunde wird wie beim Menschen anhand der täglichen Nahrungsaufnahme dividiert durch die täglichen Arbeitsstunden berechnet.

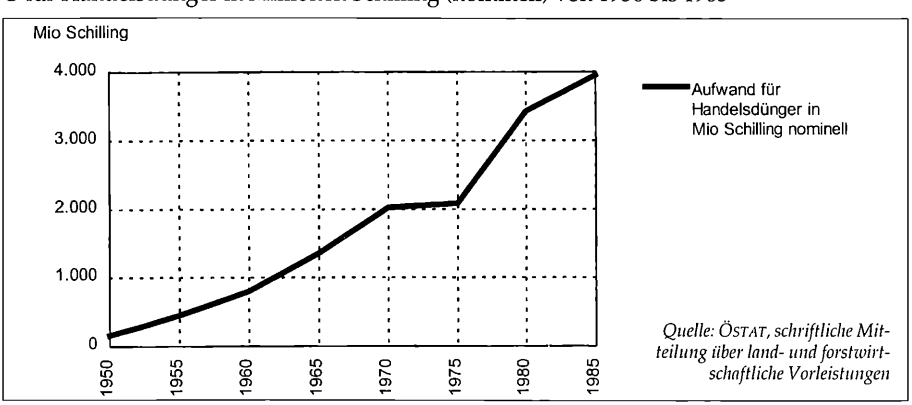
Die Energie, die durch die Benutzung eines Traktors, eines Mähdreschers etc. aufgewendet wird, setzt sich einerseits aus der Energie, die zur Herstellung der benötigten Rohstoffe und für die Herstellung des Gerätes selbst notwendig ist und andererseits aus der Energie für die Instandhaltung (Reparatur) des Gerätes zusammen. Eine Traktorstunde in der Landwirtschaft bedeutet z. B. einen Energieeinsatz von 11,8 MJ pro Tonne Eigengewicht des Traktors, bei einer Mähdrescherstunde sind es 46,2 MJ/t und bei einer Pflugstunde 105 MJ/t. Dazu kommt noch der Treibstoffbedarf, der einem Energieinput von 42 MJ pro Liter Dieseltreibstoff entspricht.

Die Herstellung von Stickstoffdünger aus Luftstickstoff benötigt 80 MJ/kg, von Phosphatdünger 14 MJ/kg und von Kalidünger 9 MJ/kg. Für die Bereitstellung von Pflanzenschutzmitteln müssen im Durchschnitt 100 MJ/kg aufgewendet werden. Pro Kilogramm Saatgut benötigt man z. B. für Weizen 30 MJ, für Mais 44 MJ, für Zuckerhirse 76 MJ und für Kartoffeln 6,5 MJ.

## 5.8 Handelsdünger

Heute ist die größte energiemäßige Inputgröße in der landwirtschaftlichen Pflanzenproduktion der Einsatz von mineralischen Düngemitteln. Abbildung 8 zeigt, wie sich der finanzielle Aufwand für Mineraldünger in der Landwirtschaft entwickelt hat.

Abb. 8: Entwicklung der monetären Aufwendungen von landwirtschaftlichen Betrieben in Ö für Handelsdünger in Millionen Schilling (nominell) von 1950 bis 1985



© Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft


Die Kosten, die der Einsatz von Handelsdünger in der österreichischen Landwirtschaft verursachte, stiegen zwischen 1955 und 1965 um beinahe 200 %, zwischen 1965 und 1975 um 50 % und zwischen 1975 und 1985 wieder verstärkt um 90 %.

In den letzten Jahren zeigt sich ein leichter Rückgang sowohl beim finanziellen Aufwand als auch bei der gewichtsmäßigen Verwendung von Handelsdünger. Dies ist vermutlich darauf zurückzuführen, daß einerseits die Düngemittelgabe pro Hektar auch ihre wirtschaftliche Grenze bereits erreicht hat und andererseits die begonnene Förderungspolitik in Richtung umweltgerechte Landwirtschaft bereits leichte Auswirkungen zeigt.

Die Effizienz des Handelsdüngereinsatzes hat sich zwischen 1930 und 1970 im Verhältnis zum Ertrag um den Faktor 10 verringert, d. h. erreichte man im Jahr 1930 mit einer Energieeinheit Handelsdünger einen Output von 60 Energieeinheiten, waren es im Jahr 1970 nur noch rund 6 Energieeinheiten. Zu berücksichtigen ist natürlich die verstärkte Anwendung von betriebseigenem, organischem Dünger im Jahr 1930, die jedoch Teil einer landwirtschaftlichen Kreislaufwirtschaft war.

Eine Größenordnung über den Einsatz von Mineraldünger beim Anbau verschiedener Feldfrüchte zeigt Abbildung 9. Vergleicht man die Werte von CABELA et al. mit anderen Untersuchungen (meist von einzelnen Betrieben), so variiert der Düngemitteleinsatz pro Hektar bei manchen Feldfrüchten stark, die relativen Unterschiede der Anwendung von mineralischem Dünger bei verschiedenen Feldfrüchten bestätigt sich jedoch. Den geringsten Mineraldüngeraufwand pro Hektar haben die Feldfrüchte Winterweizen und Kartoffel, am meisten Dünger brauchen Mais und Raps.

Der Stickstoffentzug und somit auch der Stickstoffbedarf des Grünlandes ist wesentlich von der Nutzungsintensität abhängig und beträgt zwischen 30 und 400 kg/ha/Jahr.

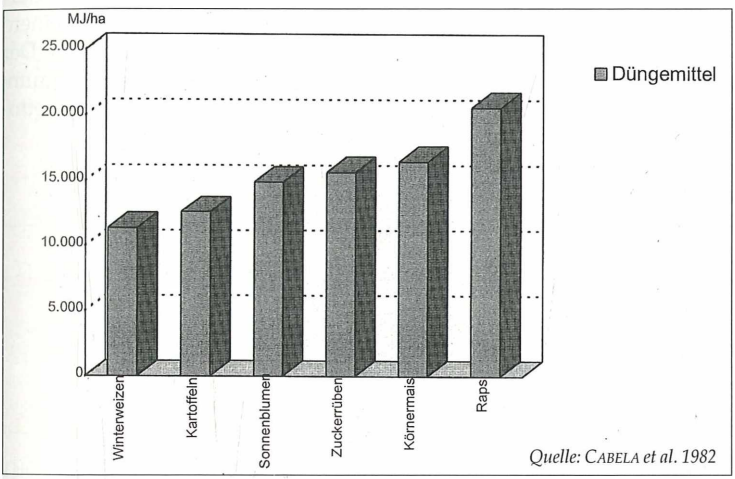



Abb. 9: Einsatz von mineralischem Dünger bei verschiedenen Feldfrüchten pro Hektar (durchschnittliche Werte einiger untersuchter Betriebe im Marchfeld im Jahr 1981)

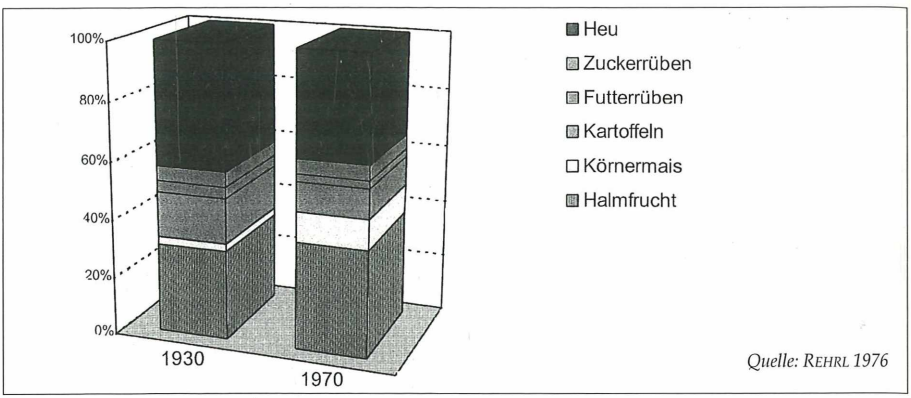
## 5.9 Feldfrüchteanbau in Österreich

Abbildung 10 zeigt die Veränderung der Zusammensetzung der landwirtschaftlichen Ernte in Österreich zwischen den Jahren 1930 und 1970. Zu erkennen ist vor allem der anteils-

© Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft


mäßige Zuwachs von Halmfrüchten und Körnermais sowie der Rückgang von Heu und Kartoffeln.

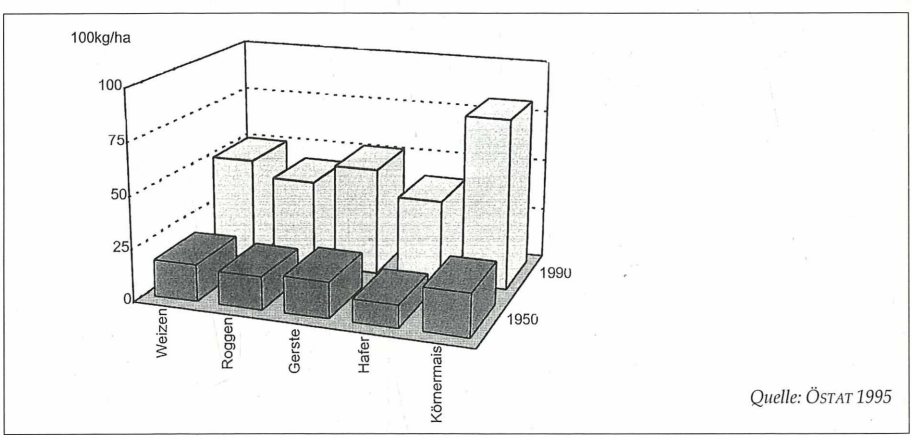
Abb. 10: Der (energetische) Anteil der verschiedenen Feldfrüchte an der österreichischen Ernte im Jahr 1930 und 1970




Bezüglich des Energiegehalts stieg die Ernte von Halmfrüchten (Weizen, Roggen, Hafer, Gerste, Gemenge) in den 40 Jahren um 100 %, von Zuckerrüben um 60 %, von Heu um 40 % und von Körnermais um über 500 %. Bei Kartoffeln und Futterrüben gab es nur geringe Zuwächse. Mit Ausnahme des Körnermaises sank bei allen Hauptfruchtarten das Ausmaß der Anbaufläche.

Dagegen ist die Intensität der Bewirtschaftung und dadurch der Ertrag pro Hektar Ackerland gestiegen (siehe Abbildung 11). Körnermais wurde 1970 fast dreimal soviel auf einem Hektar geerntet als 1930, ebenso Futterrüben, Halmfrüchte mehr als zweimal soviel. Der Heuertrag pro Hektar auf Dauerwiesen verdoppelte sich ebenfalls in diesem Zeitraum. Die Steigerung der Hektarerträge bedeutet natürlich auch eine hohe Zunahme der Nettoprimärproduktion-Aneignung pro Hektar.

Abb. 11: Hektarerträge verschiedener Feldfrüchte 1950 und 1990



© Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft



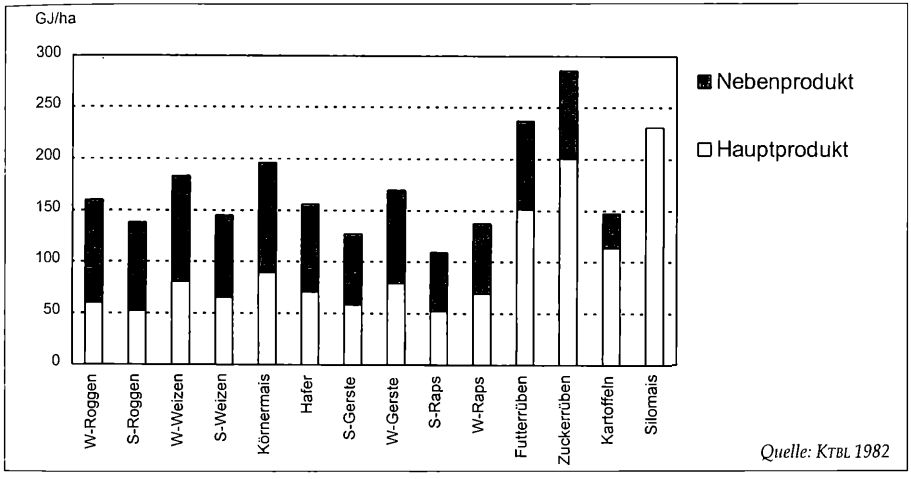
Die Entwicklung der steigenden Hektarerträge hat sich auch nach 1970 weiter fortgesetzt. Zwischen 1970 und 1994 machte die Zunahme bei Getreide weitere 50 % aus und bei Körnermais 60 %. Dies brachte in den letzten zwei Jahrzehnten, trotz weiter verringerter Anbaufläche bei einigen der Hauptfruchtarten, das Problem der Überproduktion mit sich.

Um der Überproduktion entgegenzuwirken, wurde ab dem Jahr 1991 die Bracheförderung massiv ausgedehnt, was die Brachefläche zwischen 1990 und 1994 vervierfachte. Setzt sich Österreich das Ziel, Kulturlandschaften zu erhalten, erscheint es sinnvoller, extensive Bewirtschaftungsweise mit geringeren Hektarerträgen und all ihren ökologischen Vorteilen zu fördern, anstatt die Nichtbewirtschaftung von Äckern und Gärten finanziell abzugelten und die übrige Fläche weiterhin intensiv zu bewirtschaften.

## 5.10 Die Energiebilanz verschiedener Feldfrüchte

Aus Abbildung 12 läßt sich interpretieren, wie sich der Anbau von verschiedenen Feldfrüchten auf die Nettoprimärproduktion-Aneignung auswirken kann. Je geringer der Anteil des Nebenprodukts (z. B. Stroh von Getreide, Blätter von Zuckerrüben) der angebauten Fruchtart ist, desto größer ist die prozentuelle Aneignung der Nettorprimärproduktion, wenn angenommen wird, daß das Nebenprodukt auf dem Feld bleibt und dem Ökosystem zur Verfügung steht.

Abb. 12: Energiegehalte der Haupt- und Nebenprodukte verschiedener landwirtschaftlicher Fruchtarten




Die Feldfrüchte in Abbildung 12 sind nach dem prozentuellen Anteil ihres Energiegehalts des Nebenproduktes an dem des Hauptprodukts gereiht, wobei Winter-Roggen den höchsten und Silomais den geringsten Anteil hat. Die oberirdische Nettorprimärproduktion-Aneignung liegt bei Silomais annähernd bei 100 %, bei Winter-Roggen hingegen nur bei 60 %. Beim Anbau von Silomais verbleibt somit dem oberirdischen Ökosystem so gut wie keine Energie, beim Anbau von Winter-Roggen jedoch 40 % der gesamten Energie, die die Pflanze produziert hat.

© Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft


*Je geringer der Anteil des Nebenprodukts einer Feldfrucht ist, desto höher ist die Nettoprimärproduktion-Aneignung beim Anbau dieser Pflanze und desto weniger Energie verbleibt im Ökosystem.* Es gibt Untersuchungen, die zu dem Ergebnis kommen, daß durch die Intensivierung in der landwirtschaftlichen Produktion der Energieeinsatz in diesem Bereich bereits so hoch ist, daß er den Energiegehalt der für den Menschen nutzbaren Ernte bereits übersteigt. So ergibt eine Energiebilanz für Maisanbau bei amerikanischen Verhältnissen zw. 1969 und 1971 ein Output/Input-Verhältnis von 0,71 für den Nettoertrag (für menschliche Ernährung nutzbar). Das bedeutet, daß für eine Kilokalorie Nahrung 1,4 kcal an Energie aufgewendet werden mußten.

Energiebilanzen in der Landwirtschaft stellen den Gesamtenergiebedarf, der direkt und indirekt zur Herstellung eines Produktes aufgewendet wird, dem für den Menschen nutzbaren Energiegehalt des gewonnenen Produktes gegenüber. Der Energieinput setzt sich einerseits aus der direkten Arbeitsleistung des Landwirts und der Landwirtin, von Zugtieren, aus dem Treibstoffbedarf für Maschinen, dem Aufwand für die Erhaltung der Gebäude und Maschinen, aus Dünge- und Pflanzenschutzmitteln und andererseits aus den Vorleistungen, die für die Bereitstellung des Treibstoffs, die für die Herstellung der Maschinen und Agrochemikalien etc. notwendig sind, zusammen. Der Energieoutput ist der Energiegehalt der geernteten Frucht, die für den Menschen verwertbar ist. Dieser Output dividiert durch den gesamten Energieinput ergibt den Output/Input-Faktor (O/I-Faktor), der zeigt, um welchen Faktor der Energieeinsatz vermehrt werden konnte.

Bei der Energieanalyse eines landwirtschaftlichen Systems werden nur die Energieströme berücksichtigt, die vom Menschen beeinflußt sind. Die von den Pflanzen über die Photosynthese gebundene Sonnenenergie geht nicht als Inputgröße in die Energiebilanz ein, da bei ihrer Berücksichtigung die fossile Energie auf der Inputseite nur einen verschwindend geringen Anteil (ca. 0,2 % der photosynthetisch aktiven Strahlung der Sonne) ausmacht, ihre Auswirkungen auf das Ökosystem dagegen unverhältnismäßig groß sind.

Die Optimierung des Energieeinsatzes im landwirtschaftlichen Betrieb selbst ist notwendig und sinnvoll. Stoff- und Energieflüsse müssen den LandwirtInnen neben den bisher im Vordergrund stehenden Geldflüssen bewußter werden. Landwirtschaftliche Energiebilanzen haben implizit den Zweck, Einsparpotentiale zu orten. Eine umfassende Energiebilanz berücksichtigt auch die Verwertung von Ernterückständen, z. B. zur Substitution bisher im Betrieb eingesetzter fossiler Energie. In manchen Untersuchungen wird die Energiebilanz mit einer Wirtschaftlichkeitsbilanz verknüpft, um auch die wirtschaftlichen Grenzen des vermehrten Energieeinsatzes aufzuzeigen. Ein landwirtschaftliches Gesamtoptimierungsmodell kann für einen Betrieb sämtliche Energieverbraucher und -potentiale analysieren, um den Gesamtwirkungsgrad zu erhöhen. Da eine Energiebilanz allein die ökologischen Folgen vieler Arten menschlicher Tätigkeiten nicht erfaßt, sollte ein Gesamtoptimierungsmodell auch eine Umweltbilanz enthalten, die sowohl positive als auch negative Auswirkungen der landwirtschaftlichen Produktion auf die Umwelt und den Energiehaushalt der Natur miteinbezieht.

Mittlerweile gibt es zahlreiche Untersuchungen von Energieflüssen einzelner landwirtschaftlicher Betriebe in Österreich, die durchwegs positive O/I-Faktoren ergeben (Tabelle 5). Wir ernten also in der landwirtschaftlichen Pflanzenproduktion mehr Energie als wir aufwenden müssen. Allein dieser Aspekt wird hier betrachtet. Berücksichtigt man nachge-

© Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft


lagerte Prozesse (Lagerung, Kühlung, Verpackung, Transport etc.) können diese positiven Bilanzen nicht mehr gehalten werden. Die Nahrungsmittelverarbeitung erfordert in den EU-Ländern einen etwa dreimal höheren Energieeinsatz als die landwirtschaftliche Produktion selbst. Bis ein landwirtschaftliches Produkt im Regal eines Geschäftes zum Verkauf bereitliegt, hat es bereits um ein vielfaches mehr Energie verbraucht, als es selbst an Nahrungsenergie enthält.

Tab. 5: Bandbreite der Ergebnisse verschiedener Untersuchungen zum Output-Input Verhältnis einzelner Feldfrüchte in Österreich

| **Feldfrucht** | **O/I-Verhältnis** |
|---|---|
| Winter-Roggen | 2,1 – 3,8 |
| Winter-Weizen | 3,0 – 5,3 |
| Sommer-Weizen | 3,8 |
| Körnermais | 3,0 – 4,2 |
| Hafer | 3,8 |
| Sommer-Gerste | 4,1 – 4,3 |
| Winter-Gerste | 1,8 – 3,8 |
| Winter-Raps | 2,4 – 3,3 |
| Zuckerrüben | 6,9 – 7,3 |
| Kartoffeln | 1,6 – 3,3 |
| Silomais | 6,3 – 7,6 |
| Sojabohne | 4,1 – 4,8 |
| Körnererbse | 3,9 – 9,4 |

*Quelle: BÖHM 1987, FUNDER 1988, GANZBERGER 1992, KOROSCHITZ 1986, ÖMER 1988, PUMPLER 1993*

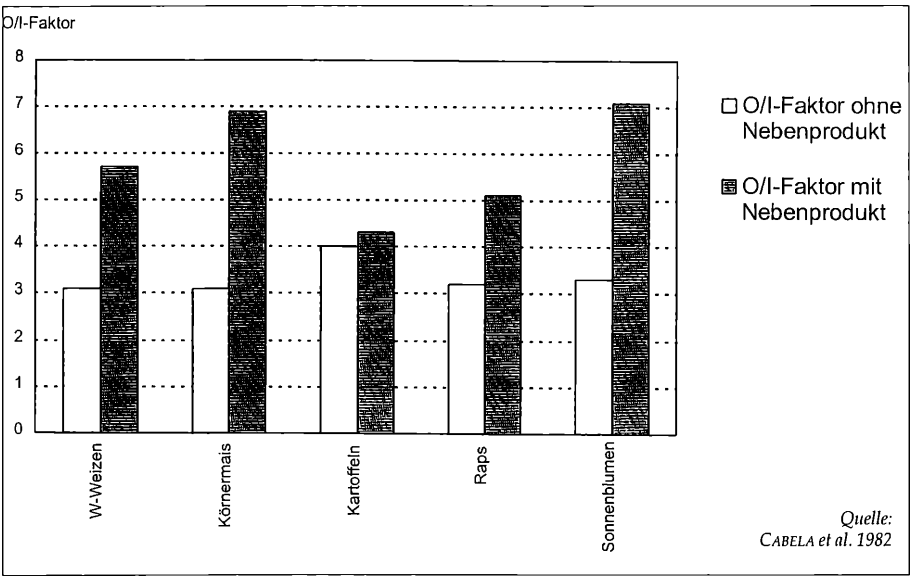
Die Ergebnisse von Energiebilanzen einzelner Feldfrüchte hängen stark von Struktur und Bewirtschaftungsmethode der untersuchten Betriebe, von der Ertragslage im Untersuchungsjahr und von den Berechnungsmethoden der verschiedenen AutorInnen ab. Untersucht man z. B. die große Differenz der O/I-Faktoren für die Körnererbse in Tabelle 5, stellt sich heraus, daß dies in erster Linie durch stark variierende Annahmen für den Energiebedarf des Saatgutes entsteht und weniger durch Unterschiede in der Bewirtschaftung. Die Differenz der Untersuchungen für Winter-Gerste ergeben sich fast ausschließlich durch die Outputhöhe, wobei BÖHM auf die weit unterdurchschnittlichen Ernteerträge im Untersuchungsjahr hinweist.

Die Feldfrüchte aus Tabelle 5 in den leicht schattierten Zeilen können mit dem Verhältnis von Nebenprodukt zu Hauptprodukt aus Abbildung 12 verglichen werden. Mit Ausnahme der Kartoffel, ist die Tendenz die, daß Feldfrüchte mit einem höheren O/I-Verhältnis eine höhere prozentuelle Nettoprimärproduktion-Aneignung mit sich bringen. Zum Beispiel ist bei Silomais das Nebenprodukt, das am Feld bleiben könnte, gleich Null, was bedeutet, daß die prozentuelle NPP-Aneignung beim Anbau dieser Pflanze sehr hoch ist. Von den untersuchten Feldfrüchten erzielt Silomais den höchsten O/I-Faktor.

© Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft


Noch deutlicher wird dies durch die Untersuchung der Output/Input-Faktoren von Feldfrüchten mit und ohne Nebenprodukt (Abbildung 13).

Abb. 13: Vergleich der Output/Input-Faktoren verschiedener Feldfrüchte ohne und mit Verwertung des Nebenproduktes (Stroh, Spindel, Blätter)




Wie Abbildung 13 zeigt, ist bei der Beurteilung des Output/Input-Verhältnisses innerhalb einer Anbauperiode der Faktor logischerweise höher, wenn das Nebenprodukt mit abgeerntet und verwertet wird.

*Je mehr Pflanzenteile abgeerntet werden, desto höher ist das Output/Input-Verhältnis und somit die energetische Effizienz für den Landwirt, desto höher ist jedoch auch die Nettoprimärproduktion-Aneignung und desto weniger Energie verbleibt im Ökosystem.*

## 5.11 Kreislaufwirtschaft

Wird der Großteil der Pflanzenteile abgeerntet, muß dem Boden für die nächste Anbauperiode mehr Energie (meist über anorganischen Dünger) zugeführt werden. Für eine Kreislaufwirtschaft in der Landwirtschaft ist u. a. die Fruchtfolge ein entscheidender Faktor. Bei vielen heute angebauten Kulturpflanzen muß dem Boden Stickstoff in Form von mineralischem Handelsdünger zugeführt werden, Leguminosen hingegen reichern Stickstoff im Boden an. Diese Anreicherung im Boden bewirkt eine Ersparnis beim Düngemittelaufwand für die Folgefrucht. Tabelle 6 zeigt für einige Feldfrüchte, wieviel Stickstoffdüngung diese für ihr Wachstum benötigen bzw. wieviel Stickstoff nach deren Anbau im Boden für die Folgefrucht zur Verfügung steht.

© Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft


Tab. 6: Stickstoff-Bilanzen von Leguminosen im Vergleich zu anderen Kulturpflanzen

| Feldfrucht | benötigter N-Dünger [in kg/ha] | N-Restmengen im Boden [in kg/ha] |
|---|---|---|
| Luzerne | 0 | 33 |
| Pferdebohne | 0 | 50 |
| Frühlingserbse | 0 | 50 |
| Mais (siliert) | 100–150 | 0 |
| Winter-Weizen | 120 | 0 |
| Sommer-Gerste | 80 | 0 |

*Quelle: KOROSCHITZ 1986*

Aber nicht nur der Anbau von Leguminosen bringt eine Stickstoff-Anreicherung des Bodens, sondern auch das Belassen von Erntenebenprodukten auf dem Feld. Verwendet man Rübenblatt zur Gründüngung, führt dies zu 20–30 kg/ha ausnutzbarem Stickstoff im ersten Folgejahr und zu 10–15 kg/ha im zweiten.

Um einer Kreislaufwirtschaft halbwegs gerecht zu werden, bedarf es eines großen Wissens der Landwirte und Landwirtinnen, das in den letzten Jahrzehnten durch intensive Wirtschaftsweise (Monokulturen, vorwiegend Einsatz von chemischen Mitteln) großteils unberücksichtigt blieb und dadurch bereits teilweise verloren gegangen ist.

*Sinnvolle Fruchtfolge und das Belassen von Erntenebenprodukten auf dem Feld sparen mineralischen Dünger und damit Energie, schonen den Ackerboden und sind Merkmale für naturnahe Kulturlandschaften.*

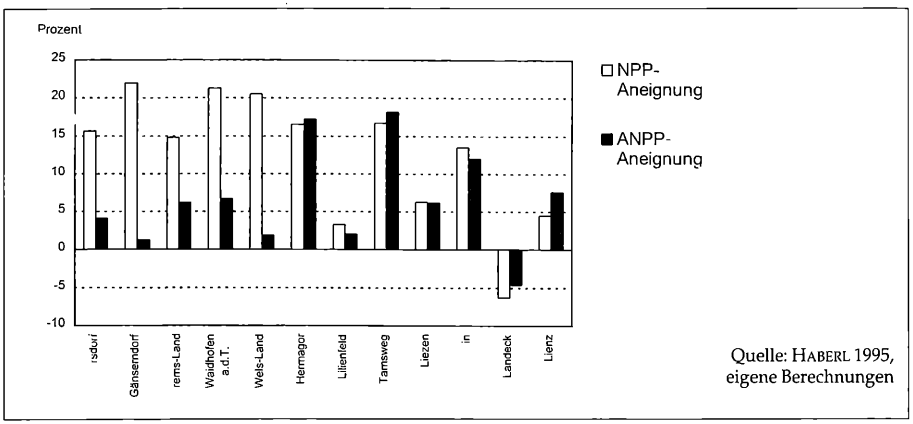
Ein wichtiger Aspekt der Kreislaufwirtschaft landwirtschaftlicher Betriebe ist die Viehhaltung. Wird die Zahl der gehaltenen Tiere auf die bewirtschafteten Acker- und Grünflächen abgestimmt, kann der anfallende organische Dünger sinnvoll verwertet werden. Die Entwicklung der landwirtschaftlichen Betriebe in den letzten Jahrzehnten zeigt jedoch eine dieser Kreislaufwirtschaft entgegengesetzte Tendenz. Der Anteil der Landwirtschaften ohne Tierhaltung nahm ständig zu. Waren im Jahr 1970 nur 5 % der Vollerwerbsbetriebe ohne Tierhaltung, lag der Anteil im Jahr 1990 bei fast 15 %. Bei den Nebenerwerbsbetrieben stieg der Anteil der Betriebe ohne Viehhaltung in diesen 20 Jahren von rund 40 % auf 60 %.

## 5.12 Der Energiehaushalt als Indikator für naturnahe Kulturlandschaft

Energiebilanzen und Output/Input-Faktoren einzelner Feldfrüchte sind natürlich nur ein kleiner Ausschnitt aus einer Landschaft. Deshalb wird an dieser Stelle versucht, anhand der Vegetationsformen und Nettoprimärproduktionsdaten einiger Bezirke Österreichs energetische Richtlinien für naturnahe Kulturlandschaften abzuschätzen.

© Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft


Abb. 14: Vergleich der prozentuellen Aneignung der gesamten Nettoprimärproduktion (NPP) und der oberirdischen Nettoprimärproduktion (ANNP) durch Beeinflussung des Pflanzenwachstums (1. Aneignungsstufe) in ausgewählten Bezirken Österreichs




Quelle: HABERL 1995, eigene Berechnungen

Aus Abbildung 14 läßt sich ersehen, daß in ackerbaulich stark genutzten Bezirken die NPP-Aneignung durch Umwandlung der natürlichen Vegetation in Acker- und Grünland (1. Aneignungsstufe) insgesamt (oberirdisch und unterirdisch) viel höher ist als die oberirdische NPP-Aneignung. Der Grund dafür ist die hohe oberirdische Produktivität und die im Vergleich zu Wald geringe unterirdische Produktivität von Feldfrüchten.

In Gänserndorf ist die NPP-Aneignung siebzehnmal höher als die ANPP-Aneignung, in Wels-Land elfmal, in Jennersdorf viermal. Hingegen weisen Bezirke mit wenig Ackerbau (Hermagor, Lilienfeld, Tamsweg, Liezen, Kufstein, Landeck, Lienz) ähnliche Aneignungsrelationen von gesamter und oberirdischer Nettoprimärproduktion auf.

Eine zum Teil sogar höhere oberirdische NPP-Aneignung in diesen Bezirken ist möglicherweise auf einen großen Anteil von naturnahem Grünland zurückzuführen, das fallweise eine anteilsmäßig höhere unterirdische NPP als Wald erreichen kann. Die negative Aneignung im Bezirk Landeck – hier produziert die Vegetation heute mehr Energie als die hypothetische natürliche Vegetation – könnte sich dadurch ergeben, daß der Mensch in einigen Gebieten Pflanzen kultiviert hat, die einen höheren Energiegehalt haben, als die Pflanzen, die ohne menschlichen Einfluß wachsen würden.

In der hypothetischen natürlichen Vegetation Österreichs (Vegetation zum heutigen Zeitpunkt ohne menschliche Einflüsse) teilt sich die Energieproduktion der Pflanzen ziemlich konstant mit 55 % auf das oberirdische und mit 45 % auf das unterirdische Wachstum auf. Der Anteil der oberiridischen Nettoprimärproduktion an der gesamten NPP heute entspricht in etwa der Intensität der landschaftlichen Nutzung durch den Menschen, da im Ackerbau die oberirdische NPP einen sehr hohen Anteil an der gesamten NPP hat, ebenso bei mehrmähdigen Wiesen im Vergleich zu einmähdigen Wiesen, naturnahem Grünland und Wald, und liegt im österreichweiten Durchschnitt bei 59,3 % (Tabelle 7, Spalte 3).

In Gänserndorf erreicht der Anteil 70,3 %, im Bezirk Wels-Land 68,6 %, in Krems-Land mit weniger landwirtschaftlicher Nutzung 61,2 %, in den Bezirken mit nahezu keinem Acker-

© Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft


bau entspricht der Anteil mit ca. 55 % in etwa dem in der hypothetischen natürlichen Vegetation.

*In einer naturnahen Kulturlandschaft liegt der Anteil der oberirdischen Nettoprimärproduktion an der gesamten NPP der aktuellen Vegetation bei höchstens 60 Prozent. Je stärker die landwirtschaftliche Nutzung in einem Bezirk ist, desto höher ist dieser Anteil.*

Tab. 7: Vergleich von Nettoprimärproduktionsdaten aus dem Jahr 1990 auf Bezirksebene

| Bezirk | Größenverhältnis: Ackerland zu Grünland zu Wald [Σ=100] | | | NPP-Aneignung (1. und 2. Aneignungsstufe) [in %] | Anteil ANPP an NPP der aktuellen Vegetation [in %] | Oberirdische NPP auf dem Ackerland [in MJ/m².a] | Anteil der Ernte an der NPP der aktuellen Vegetation [in %] | Ernte Ackerland und Gärten [in MJ/m².a] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Jennersdorf (Bgld) | 47 | 15 | 39 | 41 | 63,0 | 22,9 | 30 | 16,2 |
| Gänserndorf (NÖ) | 81 | 2 | 17 | 48 | 70,3 | 21,3 | 34 | 12,2 |
| Krems-Land (NÖ) | 35 | 14 | 51 | 34 | 61,2 | 18,7 | 23 | 11,4 |
| Waidhofen/T (NÖ) | 60 | 14 | 26 | 47 | 65,9 | 20,5 | 33 | 12,9 |
| Wels-Land (OÖ) | 73 | 10 | 17 | 52 | 68,6 | 22,0 | 39 | 15,1 |
| Feldbach (Stmk) | 44 | 18 | 38 | 42 | 64,6 | 25,2 | 34 | 19,4 |
| Hermagor (Ktn) | 5 | 40 | 55 | 28 | 54,8 | 15,5 | 13 | 12,0 |
| Lilienfeld (NÖ) | 1 | 21 | 78 | 20 | 56,2 | 18,5 | 17 | 11,5 |
| Tamsweg (Sbg) | 4 | 57 | 39 | 25 | 53,6 | 13,4 | 10 | 9,4 |
| Liezen (Stmk) | 0 | 32 | 68 | 20 | 55,3 | 19,5 | 14 | 15,1 |
| Kufstein (Tirol) | 2 | 41 | 57 | 29 | 56,5 | 17,0 | 18 | 13,5 |
| Landeck (Tirol) | 1 | 62 | 37 | 0 | 53,0 | 19,0 | 6 | 13,3 |
| Lienz (Tirol) | 1 | 60 | 39 | 11 | 52,3 | 16,5 | 7 | 13,1 |
| Österreich | 23 | 29 | 48 | 32 | 59,3 | 20,6 | 22 | 13,2 |

*Quelle: HABERL 1995, schriftliche Mitteilungen von HABERL, ÖSTAT-ISIS, eigene Berechnungen*

Der Anteil der oberirdischen an der gesamten Nettoprimärproduktion korreliert ganz eindeutig mit der Aufteilung der Vegetationsflächen Ackerland, Grünland und Wald in den verschiedenen Bezirken. In Gänserndorf sind 81 % der bewirtschafteten Fläche Ackerland, entsprechend hoch ist der Anteil des oberirdischen Pflanzenwachstums, nämlich über 70 %. In Tamsweg hingegen liegt der Anteil bei knapp 54 %. Hier gibt es kaum Ackerland, über ein Drittel der Fläche ist Wald, der Rest Grünland. Die bewirtschaftete Fläche in Krems-Land ist zur Hälfte Wald, gut ein Drittel Ackerland, 14 % Grünland. Der Anteil der oberirdischen an der gesamten NPP ist mit rund 61 % weit geringer als in Gänserndorf. Der Bezirk Krems-Land kann unter den ausgewählten Bezirken noch am ehesten als naturnahe unter den ackerbaulich stark genutzten Bezirken bezeichnet werden, wenn aufgrund des Anteils der oberirdischen an der gesamten NPP (Tabelle 7, Spalte 3) und der entsprechenden Flächenaufteilung (Spalte 1) angenommen wird, daß eine naturnahe Kulturlandschaft aus (höchstens) einem Drittel Ackerland und Gärten, einem Drittel Grünland und (mindestens) einem Drittel Wald besteht.

Bei der Überlegung, ob die oberirdische Nettoprimärproduktion pro Quadratmeter auf dem Ackerland (Tabelle 7, Spalte 4) Auskunft über die Intensität der Bewirtschaftung

© Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft


geben kann, muß berücksichtigt werden, daß die Produktivität neben der Bewirtschaftungsweise auch von anderen Faktoren wie den Klimaverhältnissen und den angebauten Feldfrüchten (mehr oder weniger energiereiche Pflanzen) abhängt. Betrachtet man nur die ackerbaulich stark genutzten Bezirke, so wäre Krems-Land der Bezirk mit der am wenigsten intensiven Bewirtschaftungsweise.

HABERL (1993) unterscheidet vier Typen von Nettoprimärproduktion-Aneignung, um die ökologische Bedeutung dieses Indikators abzuschätzen:

(1) Biomasseentnahme in ansonsten weitgehend naturbelassenen Biotopen → NPP-Aneignung unter 5 %.
(2) Biomasseentnahme in Biotopen unter Beibehaltung der dominanten Wuchsform, aber unter Beeinflussung wesentlicher Parameter → NPP-Aneignung 10 % bis 20 %.
(3) Biomasseentnahme in anthropogen stark beeinflußten Biotopen → NPP-Aneignung 20 % bis 90 %.
(4) Völlige Biotopzerstörung → NPP-Aneignung 90 % bis 100 %.

Folgende Einteilung zur Beurteilung über die Naturnähe einer Kulturlandschaft wird hier auf der Grundlage dieser Typenunterscheidung vorgeschlagen:

| | | |
|---|---|---|
| Naturlandschaft | ➜ | NPP-Aneignung unter 5 % |
| Naturnahe Kulturlandschaft | ➜ | NPP-Aneignung 10 % bis 35 % |
| Naturferne Kulturlandschaft | ➜ | NPP-Aneignung über 35 % |

*Naturnahe Kulturlandschaft braucht ein Mindestmaß an Nettoprimärproduktion-Aneignung und somit eine Mindestmaß an menschlicher Bewirtschaftung. In einer naturnahen Kulturlandschaft werden dem Ökosystem höchstens 35 Prozent der dort möglichen Energieproduktion entzogen.*

Dieser hier getroffenen Einteilung zufolge ist unter den ausgewählten, ackerbaulich stark genutzten Bezirken (siehe Tabelle 7, Spalte 2) nur Krems-Land als naturnahe Kulturlandschaft zu bezeichnen.

Für die Beurteilung der Intensität der land- und forstwirtschaftlichen Nutzung in verschiedenen Bezirken werden hier mit Hilfe des Anteils der Biomasseentnahme durch Ernte an der Nettoprimärproduktion der aktuellen Vegetation (Tabelle 7, Spalte 5) folgende Richtwerte abgeschätzt:

| | | |
|---|---|---|
| Extensive Nutzung | ➜ | Biomasseentnahme bis zu 25 % |
| Intensive Nutzung | ➜ | Biomasseentnahme von 25 % und mehr |

*Extensive land- und forstwirtschaftliche Bewirtschaftungsweise erlaubt eine Biomasseentnahme von bis zu 25 % der Nettoprimärproduktion der aktuellen Vegetation.*

Vergleicht man die Prozentsätze in den Spalten 2 und 5 der Tabelle 7 mit den abgeschätzten Richtlinien über „Naturnahe Kulturlandschaft" (höchstens 35 % NPP-Aneignung) und „Extensive Bewirtschaftungsweise" (höchstens 25 % Biomasseentnahme), so läßt sich die gegenseitige Abhängigkeit dieser beiden Ausprägungen erkennen. Bezirke wie Gänserndorf und Wels-Land, die einen großen Teil ihrer Fläche ackerbaulich bewirtschaften,

© Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft


haben mit 48 % bzw. 52 % eine sehr hohe NPP-Aneignung und mit 34 % bzw. 39 % eine sehr große Biomasseentnahme. Krems-Land liegt mit 34 % NPP-Aneignung und 23 % Biomasseentnahme innerhalb der erstellten Richtlinien für eine naturnahe Kulturlandschaft. Die ausgewählten Bezirke in Tabelle 7, mit wenig Ackerbau, sind nach diesen Richtlinien alle (bis auf Landeck, das unter Naturlandschaft fallen würde) als naturnahe Kulturlandschaften zu bezeichnen.

## 5.13 Realisierbare Alternativen

Pro Jahr werden in Österreich mehr als 2.000 land- und forstwirtschaftliche Betriebe aufgegeben. Pro Tag verwildert oder verwaldet die Fläche von 10 Hektar Wiesen und Weiden, was der Fläche eines durchschnittlichen Grünland- und Viehbetriebes entspricht. Wir entziehen der Natur auf einem Hektar Boden immer mehr Energie. Die Relation von unseren Energieaufwendungen zu den Ernteerträgen ist heute schlechter als im Jahr 1930. Der hohe Energieeinsatz, besonders in Form von Agrochemikalien und schweren Maschinen, beeinflußt die Qualität der Böden, des Grundwassers, der erzeugten Nahrungsmittel, die Lebensbedingungen für viele Pflanzen- und Tierarten und auch von uns Menschen, und das Erscheinungsbild unserer Kulturlandschaft. Die Bezahlung der überbetrieblichen Leistungen der Land- und ForstwirtInnen und/oder die Umstellung der gesamten Landwirtschaft auf ökologischen Landbau sind zwei mögliche, realisierbare Alternativen.

## 5.14 Naturnahe Kulturlandschaft als Gratisprodukt der Land- und Forstwirtschaft

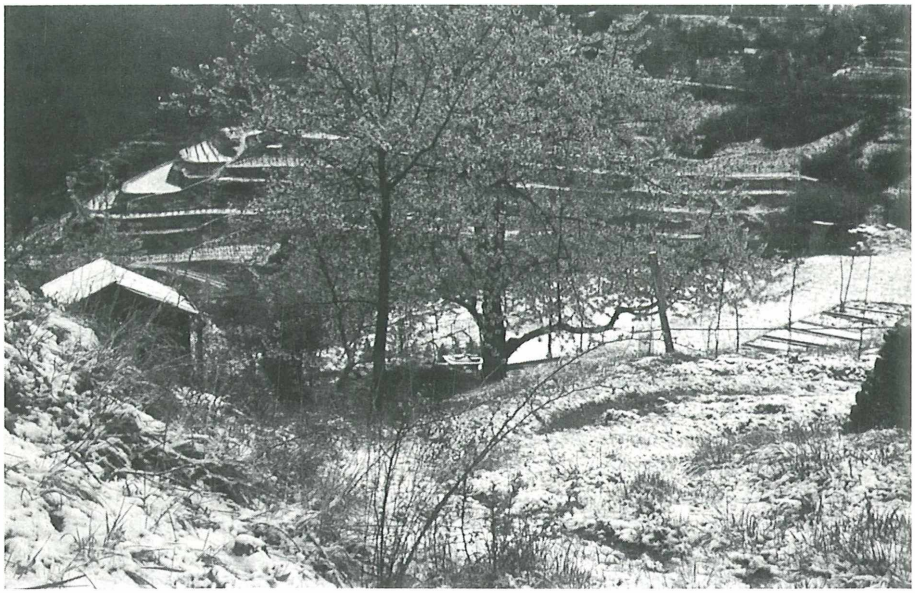
Die Land- und Forstwirtschaft nimmt mit ihrem Produktionswert einen immer kleineren Stellenwert in der Gesamtwirtschaft von Österreich ein, kann jedoch nicht wie jeder andere Produktionszweig gesehen und behandelt werden. Parallel zu unserer Lebensgrundlage, den Nahrungsmitteln, wird als Nebenprodukt[2] unsere Landschaft, in der wir leben, arbeiten und uns erholen, erzeugt. Die Entstehung dieses Nebenprodukts wird auch als „überbetriebliche Leistung" der Land- und Forstwirtschaft bezeichnet und schlägt sich nicht in der Kostenrechnung der Land- und ForstwirtInnen nieder. Bezahlt bekommen sie nur für die Produkte (Getreide, Heu, Holz etc.), die sich verkaufen lassen. Die Landschaft selbst hat keinen Preis.

*„Die Bauern als gesellschaftliche Minderheit tragen eine große, aber nicht ausreichend honorierte Verantwortung für die übrigen 95 % der Bevölkerung"* (POSCHACHER 1996).

Naturnahe Kulturlandschaft hat für uns zwar einen Wert, es besteht jedoch kein Mechanismus, der diesem Wert einen Preis zuteilt. Unter den heutigen Bedingungen können sich die LandwirtInnen zwischen intensiver Bewirtschaftung ohne Rücksichtnahme auf Artenvielfalt und geringerer Produktion mit mehr Artenvielfalt entscheiden. Da für die Artenvielfalt und die schöne Kulturlandschaft keine Preise existieren, müssen sie sich

Als Nebenprodukt werden in der ökonomischen Fachsprache sämtliche Erzeugnisse eines Produktionsprozesses verstanden, die nicht gewollt produziert werden. Diese sind oft negativer Natur, wie z. B. Schadstoffemissionen bei der kalorischen Erzeugung von Elektrizität oder Lärm aus einer Fabrik, der die AnrainerInnen belästigt, kann sich aber auch positiv auswirken, wie die Gestaltung einer naturnahen Kulturlandschaft durch die landwirtschaftliche Bewirtschaftung.

© Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft

*„Den Anblick einer schönen Kulturlandschaft verdanken wir in erster Linie den Landwirten."*

meist für die intensive Produktion von landwirtschaftlichen Gütern entscheiden. Zu oft kann nicht einmal mehr die intensive Bewirtschaftung eine Lebensgrundlage für den landwirtschaftlichen Betrieb garantieren.

Einen besonderen Einschnitt für die finanzielle Überlebensfrage der Landwirtschaft in Österreich brachte unser Beitritt zur Europäischen Union sowie die Einführung der Gemeinsamen Agrarpolitik (GAP). Der damit entstandene Preisverfall landwirtschaftlicher Produkte ließ den wertmäßigen Ertrag der österreichischen Pflanzenproduktion von 1994 auf 1995 um fast 23 % sinken, der gesamten Land- und Forstwirtschaft um beinahe 21 %. Die Einkommensverluste konnten zwar durch Ausgleichszahlungen, Flächenprämien usw. ausgeglichen werden, ein großer Teil dieser als Subvention titulierten Zahlungen (1995 bereits ein Drittel des Gesamteinkommens der Landwirtschaft) verringert sich aber jährlich und ist auf vier Jahre beschränkt. Die heimische Landwirtschaft muß sich in diesen Jahren also den Wettbewerbsbedingungen der Europäischen Union stellen, was einerseits eine weitere Auflassung von Betrieben und andererseits eine fortschreitende Betriebsvergrößerung bedingt.

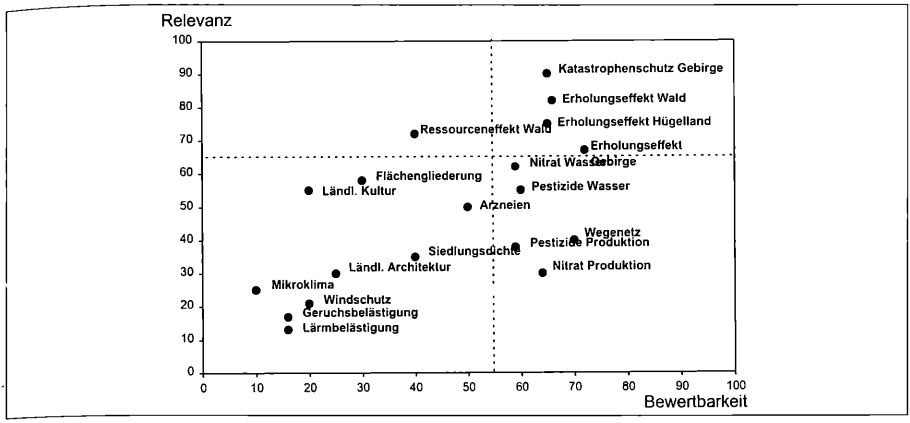
Durch die Gefährdung der naturnahen Kulturlandschaft, vor allem durch betriebswirtschaftliche Kriterien, entstand die Idee, die positiven externen Effekte einer extensiven Bewirtschaftung in der Land- und Forstwirtschaft – also deren überbetrieblichen Leistungen – finanziell abzugelten. Da es für eine naturnahe Kulturlandschaft keinen Preis gibt, lohnt es sich für den Bauern finanziell nicht, darauf Rücksicht zu nehmen. Könnte dafür ein Preis erzielt werden, wäre es vermehrt möglich, extensiv zu bewirtschaften und dadurch naturnahe Kulturlandschaft zu erhalten.

PRUCKNER, HOFREITHER (1992) haben versucht, die überbetrieblichen Leistungen der Land- und Forstwirtschaft in eine zweidimensionale Systematik (siehe Abbildung 15) zu bringen.

© Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft


Die „volkswirtschaftliche Relevanz" steht für die (regional variierende) gesamtgesellschaftliche Bedeutung des jeweiligen Effektes, die „monetäre Bewertbarkeit" für die Einschätzung der Möglichkeit einer Quantifizierung des jeweiligen Effektes in Geldeinheiten.

Abb. 15 : Überbetriebliche Leistungen der Land- und Forstwirtschaft – Systematisierung




*Quelle:* PRUCKNER, HOFREITHER 1992

Aus der Systematik in Abbildung 15 läßt sich z. B. ablesen, daß nach Meinung der Autoren der Artenschutz und der Genpool von sehr hoher gesamtgesellschaftlicher Bedeutung sind, es jedoch beinahe unmöglich ist, diese beiden Aspekte in Geldeinheiten zu bewerten. Dem Katastrophenschutz im Gebirge durch die forstwirtschaftliche Nutzung und dem Erholungseffekt unserer Landschaft wird ebenfalls sehr hohe Bedeutung zugesprochen, wobei diese Leistungen der Land- und Forstwirtschaft relativ gut in Geldeinheiten zu bewerten wären.

PRUCKNER (1994) stellt die Ergebnisse einer erstmals in Österreich durchgeführten Umfrage der Zahlungsbereitschaften für die von der Landwirtschaft bereitgestellte Erholungslandschaft dar. Im Sommer 1991 wurden 4585 Österreich-UrlauberInnen über die Bedeutung einer gepflegten Kulturlandschaft für den Tourismus befragt. Die Ergebnisse bestätigen die Unverzichtbarkeit einer intakten Landschaft für den Fremdenverkehr in Österreich. (Der Fremdenverkehr in unserem Land hat einen Anteil von 15 Prozent am Bruttoinlandsprodukt.) Eine Zahlungsbereitschaftsanalyse für Landschaftspflegeleistungen der Land- und Forstwirtschaft brachte das Ergebnis, daß Österreich-UrlauberInnen rund ATS 9,– pro Urlaubstag bereit wären, in einen zweckgebundenen Fonds einzubezahlen.

Eine Untersuchung der Wertschätzung der heimischen Land- und Forstwirtschaft durch die österreichische Bevölkerung (BAASKE, VILLANI 1996) hat folgende Wunschvorstellung zum Ergebnis: bäuerlich, fein strukturiert, als Sicherer der Nahversorgung, Naherholung und einer lebenswerten eigenständigen Kultur im ländlichen Raum. Der Beitrag der Landwirtschaft zur Erhaltung der schönen Landschaft für die Naherholung, zur Pflege der Landschaft für den Fremdenverkehr und zur gesunden Ernährung durch naturnahe Produkte wird von 72 % der Befragten als sehr wichtig eingestuft. Die größte Wichtigkeit hat für die österreichische Bevölkerung die Sicherung der Ernährung in Krisenzeiten.

© Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft


Staatliche Direktzahlungen sollen nach Meinung der ÖsterreicherInnen an klare Leistungen gebunden werden. Als wichtigste Leistungen, die finanziell vergütet werden sollten, werten die Befragten die Erhaltung von Wald und Almen zum Schutz gegen Lawinen, Vermurungen und Hochwasser (86 %), den Schutz von Boden und Grundwasser gegen Umweltverschmutzung (80 %) sowie die Landschaftserhaltung (78 %). Als klares Informationsdefizit werten die Autoren der Studie die geringwertigere Einschätzung der Pflege von Genreserven in sonst vom Aussterben bedrohten Haustierrassen und Kulturpflanzenarten (38 %).

Die ebenfalls untersuchte Zahlungsbereitschaft der Bevölkerung für die Erhaltung der Landwirtschaft erreicht für ganz Österreich eine Summe von 17,7 Milliarden Schilling pro Jahr.

Mit den vorhandenen öffentlichen Mitteln, die derzeit als Subvention in die österreichische Land- und Forstwirtschaft fließen (1995 waren es fast 37 Milliarden Schilling), besteht ein großer Spielraum, um die Anreize weg von der Intensivierung hin zu einer umweltverträglichen Bewirtschaftung zu lenken.

Einen kleinen Schritt in diese Richtung hat die Europäische Union mit dem Österreichischen Programm zur Förderung einer umweltgerechten Landwirtschaft (ÖPUL) gemacht. Hier werden u.a. extensiver Getreidebau, biologische Wirtschaftsweise, extensive Grünlandbewirtschaftung in traditionellen Gebieten, Fruchtfolgestabilisierung und seltene landwirtschaftliche Kulturpflanzen gefördert. Diese Förderungsmaßnahmen gelten jedoch nach wie vor als Subventionen und werden nicht als Bezahlung der ökologischen Leistungen der Landwirtschaft verstanden.

*Das Ausmaß der Zahlungsbereitschaft der österreichischen Bevölkerung für die heimische Landwirtschaft und die damit bekundete Wertschätzung der überbetrieblichen Leistungen, also auch der naturnahen Kulturlandschaft, ist ein politischer Auftrag, diese Leistungen der heimischen Land- und Forstwirtschaft finanziell abzugelten.*

## 5.15 Ökologischer Landbau

Die Mechanisierung und Intensivierung in der Landwirtschaft ist mit der Entkoppelung von Pflanzenbau und Tierhaltung, mit der Verarmung der Fruchtfolgen, mit dem Rückgang einer geregelten Stallmist-Humuswirtschaft, mit der Schädigung der Bodenstruktur durch den Einsatz schwerer Maschinen, mit der Verschlechterung der Lebensumwelt und der Nahrungsmittelqualität etc. verbunden. Die vielen wirtschaftlichen, gesellschaftspolitischen und ökologischen Probleme der Landwirtschaft in ihrer heutigen Form zwingen uns, nach Lösungsmodellen zu suchen. Die Umstellung der gesamten Landwirtschaft auf ökologischen Landbau scheint ein sinnvoller Weg zu sein.

Die ENQUETE-KOMMISSION „Schutz der Erdatmosphäre" (1994) empfiehlt folgendes Leitbild für eine nachhaltige (ökologische) Landbewirtschaftung:

*„Eine dauerhafte umweltverträgliche Landbewirtschaftung arbeitet weitgehend in Kreisläufen bei Schonung und dauerhaftem Erhalt der natürlichen Lebensgrundlagen (Boden, Wasser, Luft, Artenvielfalt) und der knappen Ressourcen (fossile Energieträger, mineralische Rohstoffe). Voraus-*

© Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft


*setzung hierfür ist die Wiederherstellung der natürlichen ökosystemaren Regelsysteme und Stoffkreisläufe und die Einbindung und Anpassung der Landbewirtschaftungsmethoden in den Naturhaushalt. Der Energiebedarf in der Landwirtschaft und im ländlichen Raum ist weitgehend mit Hilfe regenerativer Energiequellen zu decken. Ziele der Landbewirtschaftung sind sowohl eine auf die Region ausgerichtete Versorgung der Bevölkerung mit gesunden Nahrungsmitteln und Rohstoffen als auch gleichermaßen die Schaffung bzw. Wiederherstellung und der Erhalt einer abwechslungsreichen, vielfältig strukturierten, arten- und biotopreichen Kulturlandschaft und die Sicherung und Entwicklung des ländlichen Raumes. Im Sinne einer Kreislaufwirtschaft ist außerdem die möglichst vollständige Rückführung unbedenklicher biogener Abfälle und Reststoffe und deren Verwertung innerhalb der Landwirtschaft anzustreben."*

Eine Untersuchung für Deutschland über die Auswirkungen einer Umstellung der gesamten Landwirtschaft auf ökologischen Landbau auf die Ernährungssituation und hinsichtlich der Finanzierbarkeit kommt zu einem positiven Ergebnis. Die menschliche Ernährung wäre weiterhin gesichert, Überschüsse würden abgebaut und die Finanzierung könnte ohne Zusatzkosten und bei gleichbleibenden Preisen für die Konsumenten, lediglich durch eine Umverteilung der Marktordnungsausgaben, erfolgen.

Neben den positiven ökologischen Auswirkungen einer extensiveren Bewirtschaftung bringt die Umstellung auf ökologischen Landbau die Förderung des ländlichen Raumes, die Erhaltung und Verbesserung naturnaher Kulturlandschaft und die Sicherung von Arbeitsplätzen mit sich.

Für Österreich gibt es keine vergleichbare Studie (Stand Ende 1997), ebensowenig gibt es genauere Untersuchungen zum Energieeinsatz in österreichischen, ökologisch wirtschaftenden Betrieben. Aus diesem Grund wird an dieser Stelle eine Vergleichsuntersuchung zum Energieeinsatz in konventionellen und ökologischen Betrieben aus Deutschland vorgestellt, um die unterschiedlichen Größenordnungen bezüglich der Energie aufzuzeigen.

HAAS und KÖPKE (1994) untersuchten die Energieflüsse der deutschen Landwirtschaft. Im konventionellen Landbau wird bis zu dreimal mehr Energie pro Hektar für dieselbe Feldfrucht eingesetzt als im ökologischen Landbau. Dies ist vor allem auf die mineralische Stickstoffdüngung bei konventioneller Bewirtschaftung zurückzuführen. Umgelegt auf das gesamte landwirtschafliche System liegt der Einsatz von fossiler Energie im konventionellen Landbau bei 19,4 GJ/ha und beim ökologischen Landbau bei 6,8 GJ/ha.

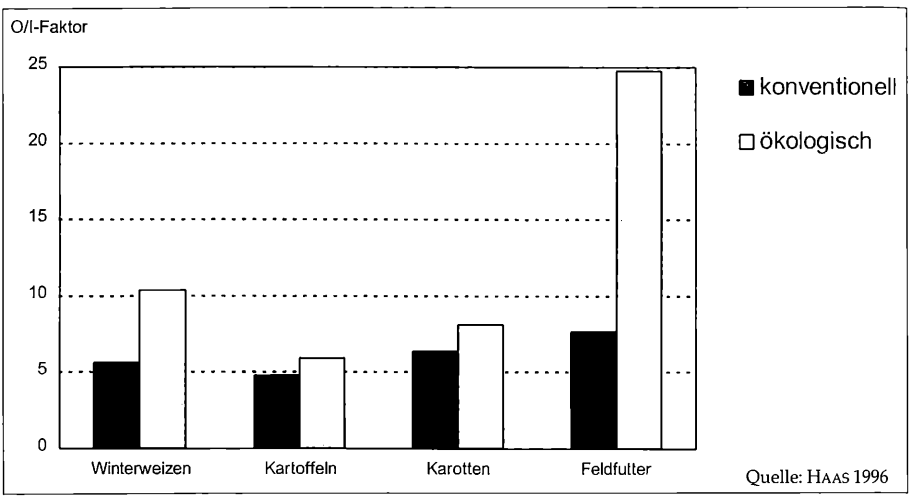
So muß z. B. im ökologischen Landbau 47 % weniger Energie für eine Tonne geernteten Winterweizen aufgewendet werden als im konventionellen Landbau. Bei Hafer verringert sich der Energieeinsatz um 41 %, bei Kartoffeln um 18 %, bei einer Mähweide um 63 % und bei Feldfutter sogar um 68 %.

Durch den höheren Energieeinsatz im konventionellen Anbau ergeben sich auch höhere Erträge pro Hektar Anbaufläche. Dennoch ist die Relation von eingesetzter zu geernteter Energie durchwegs bei allen untersuchten Pflanzenarten im ökologischen Landbau weitaus günstiger. Dies veranschaulichen die Output/Input-Faktoren in Abbildung 16. Werden beim konventionellen Anbau von Winterweizen pro eingesetzter Energieeinheit rund 6 Energieeinheiten geerntet, so sind es bei ökologischer Bewirtschaftung über 10 Einheiten. Bei Feldfutter steigt die Relation sogar von 7 auf 25, der ökologische Landbau ist in diesem Fall im Hinblick auf den Energieeinsatz um das 3,5 fache effizienter.

© Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft


Pro geernteter Energieeinheit muß der ökologische Landbau also beachtlich weniger Energie aufwenden als im konventionellen Anbau. Der einzige Vorteil der konventionellen Methoden ist die Möglichkeit, auf derselben Fläche einen höheren Ertrag – natürlich mit all seinen negativen Folgen für Lebensmittelqualität, Boden, Grundwasser etc. – zu erzielten. Da jedoch auch bei flächendeckender Umstellung auf ökologischen Landbau mit niedrigeren Hektarertägen die Bevölkerung ernährt werden könnte, geht das letzte Argument für die konventionelle, intensive Bewirtschaftungsweise verloren.

Abb. 16: Verhältnis von geernteter Energie zum Energieeinsatz verschiedener Feldfrüchte im Vergleich bei konventioneller und ökologischer Bewirtschaftung



Quelle: HAAS 1996

## Zusammenfassung

Durch den Bau von Gebäuden und Straßen sowie die Umwandlung von Wald in Acker- und Grünland reduzieren wir die jährliche Energieproduktion des Ökosystems in Österreich um 13 Prozent. Weiters entziehen wir unserer Landschaft Energie durch die Ernte auf dem Acker- und Grünland und aus dem Wald. Letztendlich stehen dem Ökosystem jährlich um 32 Prozent weniger Energie zur Verfügung, als es ohne menschliche Einflüsse produzieren würde. Dieser massive Eingriff in den Energiehaushalt hat schwerwiegende Folgen für die Pflanzen-, Tier- und Biotopvielfalt in Österreich und prägt unser Landschaftsbild.

Die Bewirtschaftung des Bodens durch den Menschen ließ anfangs neue Biotoptypen entstehen, die eine Bereicherung der Pflanzen- und Tierwelt mit sich brachten. Die Intensivierung der Landwirtschaft in den letzten Jahrzehnten verringerte deren Beitrag zur naturnahen Kulturlandschaft und zum Artenschutz, da sie mit Flächenvergrößerung und Konzentration auf einige wenige Anbauprodukte verbunden war. Betrachtet man die Entwicklung der Kulturlandschaft im letzten Jahrhundert, den Rückgang der Artenvielfalt und die Mechanisierung der Landwirtschaft (d. h. enorm gestiegener Energieumsatz pro ha), so können die Höhe des Energieeinsatzes in Land- und Forstwirtschaft und deren Energie-

© Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft


entzug aus der Landschaft als Indikatoren für naturnahe Kulturlandschaft angesehen werden. Intensivste Bewirtschaftung führt zu verringerter Artenzahl, Verwaldung von nicht mehr bewirtschafteten Flächen, zu immer schlechteren energetischen Output/Input-Verhältnissen und zu einer Vielzahl von Umweltbelastungen.

In der frühen Phase der Mechanisierung und des Einsatzes von Agrochemikalien brachte der Fremdenergieeinsatz (Maschinen, Handelsdünger etc.) noch rasch steigende Erträge. Mit dem Fortschreiten der Industrialisierung der landwirtschaftlichen Produktion stieg jedoch der Fremdenergieinput rascher als der Energieoutput. Die Produktivität des Fremdenergieeinsatzes nahm wieder ab. Es kann angenommen werden, daß sich am Beginn der Mechanisierung der Landwirtschaft auch in Österreich das energetische Output/ Input-Verhältnis verbessert hat. Im vollmechanisierten Zustand ist die landwirtschaftliche Pflanzenproduktion jedoch nicht halb so effizient wie auf der Handarbeit-Gespannstufe im Jahr 1930.

Es gilt, ein Maß an Intensität bzw. Extensität der landwirtschaftlichen Bewirtschaftung zu finden, bei dem wirtschaftlicher und energetischer Aufwand in einem akzeptablen Verhältnis zum produzierten Output stehen und gleichzeitig noch bestehende naturnahe Kulturlandschaften erhalten bzw. solche wiedergewonnen werden können, dies ganz besonders wegen der damit wiederentstehenden Artenvielfalt und der geringeren Umweltbelastung, aber auch aufgrund von Ästhetik und Erholungswert der Landschaft für die Bevölkerung.

Letztendlich bedarf es nur der Entscheidung, ob wir möglichst viel mit hohem Einsatz an Energie und Agrochemikalien auf möglichst kleiner Fläche produzieren wollen und den Rest verwalden lassen, mit den negativen Folgen für die Umwelt, die Bevölkerung und insbesonders für den Bauernstand, oder ob wir naturnahe Kulturlandschaft, Artenvielfalt, Erholungsraum, ein Bauerntum und gesündere Böden und Lebensmittel bevorzugen. Die besten Voraussetzungen für letzeres bietet der ökologische Landbau. Wirtschaftlichkeits-, Energie- und Umweltbilanzen können gemeinsam als Grundlage dienen, um die Förderungspolitik den neuen Zielen anzupassen.

**Literatur:**

BAASKE, W., VILLANI, O. (1996): Abgeltungen für Leistungen der Landwirtschaft aus Sicht der Konsumenten. In: BUNDESMINISTERIUM FÜR LAND- UND FORSTWIRTSCHAFT (Hrsg.). Der Förderungsdienst. Fachzeitschrift für Agrarwirtschaft, Ernährung und Ökologie. Heft 10/1996. Wien. 323-332.

BÖHM, M. M. (1987): Energiebilanz und Deckungsbeitragsrechnung in der Landwirtschaft. Diplomarbeit an der Wirtschaftsuniversität Wien. Wien.

BOWERS, W. (1992): Agricultural Field Equipment. In: STOUT, B. A. (Hrsg.): Energy in World Agriculture. Amsterdam. 117-129.

BUNDESMINISTERIUM FÜR LAND- UND FORSTWIRTSCHAFT (Hrsg.) (1995): Jahresbericht 1994. Landwirtschaft – Forstwirtschaft – Wasserwirtschaft. Wien.

BUNDESMINISTERIUM FÜR LAND- UND FORSTWIRTSCHAFT (Hrsg.) (1996): Grüner Bericht 1995. Bericht über die Lage der österreichischen Landwirtschaft 1995. Wien.

BREITSCHUH, G., ECKERT, H., ROTH, D. (1995): Vorstellungen zur Optimierung von Förderstrategien. In: DACHVERBAND WISSENSCHAFTLICHER GESELLSCHAFTEN DER AGRAR-, FORST-, ERNÄHRUNGS-, VETE-

© Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft

RINÄR- UND UMWELTFORSCHUNG E.V. (Hrsg): Ökologische Leistungen der Landwirtschaft. Schriftenreihe Agrarspectrum. Band 24. Frankfurt am Main. 171-180.

BUCHGRABER, K. (1995): Österreich braucht die Wiesen, Weiden, das Vieh und seine Landwirte. In: ÖSTERREICHISCHE ARBEITSGEMEINSCHAFT FÜR GRÜNLAND UND FUTTERBAU (Hrsg.): Der fortschrittliche Landwirt, Heft 19/1995. Sonderbeilage. Irdning.

CABELA, E. et al. (1982): Energie aus Biomasse – Energiebilanzstudie. Seibersdorf Report, Wien.

DIEPENBROCK, W., PELZER, B., RADTKE, J. (1995): Energiebilanz im Ackerbaubetrieb. KURATORIUM FÜR TECHNIK UND BAUWESEN IN DER LANDWIRTSCHAFT (Hrsg.), Arbeitspapier 211. Darmstadt.

ENQUETE-KOMMISION „SCHUTZ DER ERDATMOSPHÄRE" DES DEUTSCHEN BUNDESTAGES (Hrsg.) (1994): Schutz der Grünen Erde. Klimaschutz durch umweltgerechte Landwirtschaft und Erhalt der Wälder. Bonn.

FISCHER-KOWALSKI, M., HABERL, H., PAYER, H., STREUER, A., ZANGERL-WEISZ, H. (1991): Verursacherbezogene Umweltindikatoren. Kurzfassung. Wien.

FISCHER-KOWALSKI, M., HABERL, H. (1993): Metabolism and Colonisation. Modes of Production and the Physical Exchange between Societies and Nature. Schriftenreihe Soziale Ökologie Nr. 32, IFF. Wien.

FLUCK, R.C. (1992): Energy of Agricultural Products. In: FLUCK, R. C.(Hrsg.): Energy in Farm Production. Amsterdam. 39-43.

FREY, R. L., BLÖCHINGER, H. (1991): Schützen oder Nutzen. Ausgleichszahlungen im Natur- und Landschaftsschutz. WWZ-Beiträge, Band 1. Chur.

GANZBERGER, F. (1992): Material-, Energie- und Umweltbilanz der Körnererbse und Sojabohne. Diplomarbeit an der Wirtschaftsuniversität Wien. Wien.

GALLER, J. (1996): Stickstoffbilanz am Dauergrünland. In: BUNDESMINISTERIUM FÜR LAND- UND FORSTWIRTSCHAFT (Hrsg.): Der Förderungsdienst. Fachzeitschrift für Agrarwirtschaft, Ernährung und Ökologie. Heft 8/1996, Wien. 53-58.

GERHOLD, S. (1995): Problemorientierte Umweltindikatoren – Ein Erfahrungsbericht. In: ÖSTERREICHISCHES STATISTISCHES ZENTRALAMT (Hrsg.): Statistische Nachrichten, 5/1995, Wien. 376-393.

GOSWAMI, D. Y. (Hrsg.) (1986): Alternative Energy in Agriculture. Vol.1. Florida.

HAAS, G. (1996): Ressourcenverbrauch im Organischen und Konventionellen Landbau – Einsatz fossiler Energie. In: KURATORIUM FÜR TECHNIK UND BAUWESEN IN DER LANDWIRTSCHAFT e.V. (KTBL) (Hrsg.): Aktuelle Arbeiten aus Landtechnik und landwirtschaftlichem Bauwesen. BML-Arbeitstagung `96. Darmstadt. 95-101.

HABERL, H. (1991): Gezielte Eingriffe in Lebensprozesse. Vorschlag für verursacherbezogene Umweltindikatoren. Schriftenreihe Soziale Ökologie Nr. 11, IFF. Wien.

HABERL, H. (1993): Theoretische Überlegungen zur ökologischen Bedeutung der menschlichen Aneignung von Nettoprimärproduktion. Schriftenreihe Soziale Ökologie Nr. 33, IFF. Wien.

HABERL H. (1994): Der Gesamtenergieinput des sozioökonomischen Systems in Österreich 1960-1991. Schriftenreihe Soziale Ökologie Nr. 35, IFF. Wien.

HABERL, H. (1995): Menschliche Eingriffe in den natürlichen Energiefluß von Ökosystemen. Schriftenreihe Soziale Ökologie Nr. 43, IFF. Wien.

HAMPICKE, U. (1991): Naturschutz-Ökonomie. Stuttgart.

HAMPICKE, U. (1995): Ökonomische Bewertung ökologischer Leistungen. In: DACHVERBAND WISSENSCHAFTLICHER GESELLSCHAFTEN DER AGRAR-, FORST-, ERNÄHRUNGS-, VETERINÄR- UND UMWELTFORSCHUNG E.V. (Hrsg): Ökologische Leistungen der Landwirtschaft. Schriftenreihe Agrarspectrum, Band 24. Frankfurt am Main. 109-121.

HARTMANN, L. (1992): Ökologie und Technik. Analyse, Bewertung und Nutzung von Ökosystemen. Berlin.

HEISSENHUBER, A. (1995): Betriebswirtschaftliche Aspekte der Honorierung von Umweltleistungen der Landwirtschaft. In: DACHVERBAND WISSENSCHAFTLICHER GESELLSCHAFTEN DER AGRAR-, FORST-, ERNÄHRUNGS-, VETERINÄR- UND UMWELTFORSCHUNG E.V. (Hrsg): Ökologische Leistungen der Landwirtschaft. Schriftenreihe Agrarspectrum, Band 24. Frankfurt am Main. 123-141.

© Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft


HEYLAND, K.-U., SOLANSKY, S. (1979): Energieeinsatz und Energieumsetzung im Bereich der Pflanzenproduktion. In: BUNDESMINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT UND FORSTEN (Hrsg.): Berichte über Landwirtschaft. Zeitschrift für Agrarpolitik und Landwirtschaft. Neue Folge, 195. Sonderheft, Agrarwirtschaft und Energie, Vortragstagung vom November 1978 in München. Hamburg und Berlin. 15-30.

HOFREITHER, M. F., PRUCKNER, G. J., WEISS, Ch. R. (1991): Ökonomische Interaktion zwischen Gesamtwirtschaft und Agrarsektor. Kiel.

KOROSCHITZ, E. (1986): Energieanalyse in der Landwirtschaft und ihre Anwendung auf die österreichische Pflanzenproduktion. Dissertation an der Wirtschaftsuniversität Wien. Wien.

KLÖTZLI, F. A. (1989): Ökosysteme. Stuttgart.

KURATORIUM FÜR TECHNIK UND BAUWESEN IN DER LANDWIRTSCHAFT (KTBL 1982): Musterhof Liebenau. Eine Energiebilanz-Studie. KTBL-Schrift 274. Darmstadt.

LEACH, G. (1976): Energy and food production. Guildford.

MALINSKY, A. H., PICHLER, A., PRIEWASSER, R. (1990): Umweltverträgliche Landwirtschaft. Der Integrierte Landbau als betriebliches Lösungskonzept. Schriftenreihe für Umwelt und Gesellschaft. Linz.

MORAWETZ, W. (Hrsg.) (1994): Ökologische Grundwerte in Österreich – Modell für Europa? Wien.

ÖMER, K. (1988): Energiebilanzstudie über die Ölsaat Winterraps. Diplomarbeit an der Wirtschaftsuniversität Wien. Wien.

ÖSTERREICHISCHES STATISTISCHES ZENTRALAMT (ÖSTAT) (Hrsg.) (1995): Statistisches Jahrbuch für die Republik Österreich. Wien.

ODUM, E. P. (1980): Grundlagen der Ökologie. Stuttgart.

PERLEMAN, M. (1972): Farming with Petroleum. In: Environment, 8.

PIMENTEL, D. (1973): Food Production and the Energy. In: Science, Vol.182. 444 f.

POSCHACHER, G. (1996): Vom Landwirt zum Lebenswirt. Thesen für die Ökologisierung der Agrarpolitik. In: BUNDESMINISTERIUM FÜR LAND- UND FORSTWIRTSCHAFT (Hrsg.): Der Förderungsdienst. Fachzeitschrift für Agrarwirtschaft, Ernährung und Ökologie. Heft 3/1996. Wien. 68-69.

PRUCKNER, G.J. (1994): Die ökonomische Quantifizierung natürlicher Ressourcen. Eine Bewertung überbetrieblicher Leistungen der österreichischen Land- und Forstwirtschaft. Wien.

PRUCKNER, G. J., HOFREITHER, M. F. (1992): Überbetriebliche Effekte der österreichischen Landwirtschaft. WPR-Diskussionspapier Nr.6-W-92. Wien.

PUMPLER, Ch. (1993): Modulare Energiebilanz im landwirtschaftlichen Ackerbau. Diplomarbeit an der Wirtschaftsuniversität Wien. Wien.

QUENDLER, T. (1995): Liberalisierter Agrarmarkt, Agrareinkommen und Regionalförderung, GATT-Neuordnung als Problem der Regionalentwicklung. In: BUNDESMINISTERIUM FÜR LAND- UND FORSTWIRTSCHAFT (Hrsg.): Der Förderungsdienst. Fachzeitschrift für Agrarwirtschaft, Ernährung und Ökologie. Heft 12/1995. Wien. 378-385.

QUENDLER, T. (1996): Bäuerliche Landwirtschaft an der Schwelle zum 21. Jahrhundert. In: BUNDESMINISTERIUM FÜR LAND- UND FORSTWIRTSCHAFT (Hrsg.): Der Förderungsdienst. Fachzeitschrift für Agrarwirtschaft, Ernährung und Ökologie. Heft 8/1996. Wien. Förderungsdienst – Spezial, Sonderbeilage.

REHRL, K. (1976): Der Energiebedarf der Landwirtschaft – Ein Vergleich der pflanzenbaulichen Produktion der Jahre 1930 und 1970. Landtechnische Schriftreihe, Heft 18, 193. ÖKL-Arbeit. Wien.

REINHARDT, G. A. (1993): Energie- und $CO_2$-Bilanzierung nachwachsender Rohstoffe. Theoretische Grundlagen und Fallstudie Raps. Braunschweig/Wiesbaden.

RIESEBERG, H. J. (1991): Verbrauchte Welt. Berlin.

SCHNEIDER, M. (1996): Agrarsektor 1995 im Zeichen der EU-Integration. In: BUNDESMINISTERIUM FÜR LAND- UND FORSTWIRTSCHAFT (Hrsg.): Der Förderungsdienst. Fachzeitschrift für Agrarwirtschaft, Ernährung und Ökologie. Heft 10/1996. Wien. 306-318.

SCHUMACHER, W. (1995): Ökologische Leistungen der Landwirtschaft und ihre Honorierung – The-

© Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft



sen, Rahmenbedingungen, Empfehlungen. In: DACHVERBAND WISSENSCHAFTLICHER GESELLSCHAFTEN DER AGRAR-, FORST-, ERNÄHRUNGS-, VETERINÄR- UND UMWELTFORSCHUNG E.V. (Hrsg): Ökologische Leistungen der Landwirtschaft. Schriftenreihe Agrarspectrum. Band 24. Frankfurt am Main. 181-185.

SLESSER, M. (1984): Energy Use in the Food producing Sector of the European Economic Community. In: STANHILL, G. (Hrsg.): Energy and agriculture. Berlin.

STOUT, B.A. (1979): Energy for World Agriculture. FAO Agriculture Series No.7. Rom.

THOMAS, F., VÖGEL, R. (1989): Gute Argumente: Ökologische Landwirtschaft. München.

VITOUSSEK, P. M., EHRLICH, P. R., EHRLICH, A. H., MATSON, P. A. (1986): Human Appropriation of the Products of Photosynthesis. In: BioScience, Vol.36, No.6. 368-373.

WAGNER, K. (1996): Regional differenzierte Wirkungen des ÖPUL. In: BUNDESMINISTERIUM FÜR LAND- UND FORSTWIRTSCHAFT (Hrsg.): Der Förderungsdienst. Fachzeitschrift für Agrarwirtschaft, Ernährung und Ökologie. Heft 7/1996. Wien. 207-214.

WERSCHNITZKY, U. (1979): Energieeinsatz und Energieumsetzung im Bereich der Ernährungswirtschaft. In: BUNDESMINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT UND FORSTEN (Hrsg.): Berichte über Landwirtschaft. Zeitschrift für Agrarpolitik und Landwirtschaft. Neue Folge, 195. Sonderheft, Agrarwirtschaft und Energie, Vortragstagung vom November 1978 in München. Hamburg und Berlin. 78-97.

WIEDENROTH, E.-M. (1981): Das grüne Kraftwerk. Die Primärproduktivität der Erde. Leipzig.

WOHLMEYER, H. (1996): Ohne Bauern? Besser leben oder die Lebensgrundlagen verspielen? In: BUNDESMINISTERIUM FÜR LAND- UND FORSTWIRTSCHAFT (Hrsg.): Der Förderungsdienst. Fachzeitschrift für Agrarwirtschaft, Ernährung und Ökologie. Heft 2/1996. Wien. 36-43.

WRIGHT, D. H. (1990): Human Impacts on Energy Flow Through Natural Ecosystems, and Implications for Species Endangerment. In: Ambio, Vol. 19, No.4. 189-194.

# ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Grüne Reihe des Lebensministeriums

Jahr/Year: 1997

Band/Volume: 11

Autor(en)/Author(s): Höltl Andrea

Artikel/Article: 5 Energieumsatz - ein Maßstab für naturnahe Kulturlandschaft? 122-154