

FOREST TRANSITION IN ÖSTERREICH: EINE SOZIALÖKOLOGISCHE ANNÄHERUNG

Fridolin KRAUSMANN, Wien*

mit 3 Abb. und 1 Tab. im Text

INHALT

Summary	75
Zusammenfassung	76
1 Einleitung	76
2 Daten und Methoden	77
3 Forest Transition in Österreich	79
4 Forest Transition als Teil einer sozialökologischen Transformation des Agrarsystems	80
5 Schlussfolgerungen	88
6 Dank	90
7 Literaturverzeichnis	90

Summary

Forest transition in Austria: a socio-ecological approach

The term "forest transition" refers to the phenomenon that in many countries undergoing economic growth, deforestation comes to a halt and forest areas begin to expand again. The author presents data on the development of woodland in Austria since the early 19th century and provides evidence for the forest transition in Austria. Based on the Austrian case, forest transition and its driving forces are discussed from a socio-ecological perspective. The results demonstrate that the changes in forest cover must be regarded as an integral part of vast changes in the land-use system and that the land-use and forest cover are closely linked to the transformation of the socio-economic energy system.

* Dr. Fridolin KRAUSMANN, Institut für Soziale Ökologie der Universität Klagenfurt in Wien, A-1070 Wien, Schottenfeldgasse 29; email: fridolin.krausmann@uni-klu.ac.at, <http://www.iff.ac.at/socec>

Zusammenfassung

„Forest Transition“ beschreibt das in vielen Ländern beobachtbare Phänomen, dass mit zunehmender ökonomischer Entwicklung eine Umkehr des Entwaldungstrends und eine Nettounnahme der Waldfläche einsetzt. In diesem Aufsatz wird die Entwicklung der Waldfläche in Österreich seit dem frühen 19. Jahrhundert untersucht und gezeigt, dass auch in Österreich eine Forest Transition beobachtet werden kann. In der Folge werden die Hintergründe der Forest Transition aus einem sozialökologischen Blickwinkel betrachtet. Es wird gezeigt, dass die Entwicklung der Waldfläche als Teil eines Veränderungsprozesses des gesamten Landnutzungssystems zu sehen ist und ein enger Zusammenhang zwischen Veränderungen in den gesellschaftlichen Material- und Energieflüssen und Landnutzung besteht.

1 Einleitung

Dieser Beitrag wirft einen sozialökologischen Blick auf langfristige historische Veränderungen in der Landnutzung in Österreich. Ausgangspunkt ist eine Quantifizierung der Entwicklung von Landbedeckung in Österreich seit dem frühen 19. Jahrhundert und die Frage, ob auch in diesem Fall eine so genannte „Forest Transition“ beobachtet werden kann. Der Begriff „Forest Transition“ wurde Anfang der 1990er-Jahre vom schottischen Geographen ALEXANDER (MATHER 1992, MATHER & FAIRBAIRN 1990) eingeführt. Er beschreibt das vor allem in Industrieländern beobachtete Phänomen, dass es mit ökonomischer Modernisierung zu einem Wechsel von Nettoentwaldung zu einer Zunahme der Waldfläche kommen kann. In der Folge wurden Überlegungen angestellt, ob aus den empirischen Befunden verallgemeinerbare Annahmen zum Zusammenhang zwischen Veränderungen in der Landnutzung, speziell der Wiederbewaldung, und wirtschaftlicher Entwicklung, Industrialisierung und Urbanisierung abgeleitet werden können. Damit hat sich der Befund der Forest Transition zu einem viel diskutierten theoretischen Ansatz in der globalen Landnutzungsforschung entwickelt, und es sind eine Reihe von Beiträgen zu den Ursachen und den möglichen Implikationen einer Forest Transition auf globaler Ebene erschienen.¹⁾

Für eine Untersuchung der Hintergründe des Phänomens der Forest Transition beziehen wir uns auf die konzeptuellen Grundlagen der Sozialen Ökologie: Soziale Ökologie begreift Gesellschaft und Natur als gekoppelte Systeme, die jeweils einem naturalen und kulturalen Wirkungszusammenhang unterliegen (FISCHER-KOWALSKI & WEISZ 1999). Demnach interagieren gesellschaftliche Systeme über ihre physischen

¹⁾ Die Forest Transition wurde unter anderem beim 6th Open Meeting on Human Dimensions of Global Environmental Change Research Community im Oktober 2005 in Bonn im Rahmen von Session 9.22 „Forest Transition“ (Hesse et al. 2005) diskutiert; in diesem Rahmen wurden auch die hier beschriebenen Überlegungen zum Fall der Forest Transition in Österreich zur Diskussion gestellt. Für eine intensivere Auseinandersetzung mit der Frage der Forest Transition sei unter anderem auch auf die Beiträge von GRAINGER 1995, MATHER & NEEDLE 1998, PERZ & SKOLE 2003, KAUPPI et al. (2006) verwiesen.

Subsysteme (Bevölkerung, Artefakte) mit natürlichen Systemen. Auf diese Weise lassen sich Veränderungen in Ökosystemen über die physischen Austauschprozesse von Gesellschaft und Natur mit immateriellen gesellschaftlichen Prozessen in Verbindung bringen. In der Sozialen Ökologie existieren zwei Schlüsselkonzepte zur Beschreibung von Gesellschaft-Natur-Interaktionen (FISCHER-KOWALSKI et al. 1997): Das Konzept des gesellschaftlichen Metabolismus geht davon aus, dass – analog zu Organismen – sozioökonomische Systeme zur Aufrechterhaltung ihrer Produktion und Reproduktion auf einen ständigen Durchsatz von Material und Energie angewiesen sind. Mit dem Konzept der Kolonisierung von Natur wird die gezielte Umgestaltung von Ökosystemen beschrieben. Um die Ökosysteme in diesem Zustand fern vom Gleichgewicht zu halten, müssen permanent Interventionen gesetzt werden bzw. Arbeit und Energie aufgewandt werden. Für eine Untersuchung von Landnutzungsveränderungen sind diese Konzepte gut geeignet: Landwirtschaft ist einerseits der Prototyp gezielter gesellschaftlicher Veränderung von Natur, andererseits weisen Landnutzungssysteme auch charakteristische metabolische Eigenschaften auf bzw. haben einen wichtigen Stellenwert in den materiellen Austauschbeziehungen zwischen Gesellschaft und Natur (HABERL et al. 2004).

Im ersten Abschnitt dieses Aufsatzes werden empirische Belege für die Forest Transition und ihren Verlauf in Österreich präsentiert. In der Folge wird gezeigt, dass die Forest Transition zumindest in Mitteleuropa als Teil eines komplexen Prozesses der sozialökologischen Transformation des Landnutzungssystems im Zuge der Industrialisierung gesehen werden muss. Hinter dieser Transformation stehen Veränderungen im gesellschaftlichen Metabolismus und der Funktionsweise der Landwirtschaft, d. h. den Mustern der Kolonisierung. Darüber hinaus wird deutlich, dass bei einer Diskussion der ökologischen und gesellschaftlichen Implikationen der Zunahme der Waldfläche nicht nur das quantitative Ausmaß der Wiederbewaldung, sondern auch räumliche Aspekte (wo findet eine Waldzunahme statt?) und qualitative Veränderungen (wie verändert sich die Waldnutzung und Ausstattung?) berücksichtigt werden müssen (PERZ & SKOLE 2003).

2 Daten und Methoden

In diesem Beitrag werden empirische Belege für die Veränderung der Landbedeckung in Österreich auf aggregierter Ebene und auf der Ebene politisch-administrativer Einheiten präsentiert (landwirtschaftliche Kleinproduktionsgebiete und Gemeinden). Grundsätzlich können für eine solche quantitative Untersuchung die Daten der amtlichen Statistik herangezogen werden,²⁾ die für das heutige Gebiet der Republik Österreich

²⁾ Daten aus der Fernerkundung stehen nur für einzelne Zeitschnitte innerhalb eines relativ kurzen Zeitraumes in publizierter Form zur Verfügung (z.B. verschiedene Versionen des CORINE Landcover Datensatzes, UBA 1998). Darüber hinaus sind diese Daten, die aus der statistischen Auswertung von Bildinformationen stammen, mit Daten der amtlichen Statistik, die nach sozioökonomischen Kriterien erstellt wurden, nur schwer vergleichbar.

ab der Erstellung des Franziscäischen Katasters (1825 bis 1856) mehr oder weniger flächendeckend vorliegen. Vor dem Kataster gibt es praktisch keine verlässlichen Zahlen zur Entwicklung der Flächennutzung (SANDGRUBER 1978). Seither werden Daten zur Waldnutzung in verschiedenen statistischen Quellen veröffentlicht. Dazu zählen neben den ab der Revision von 1883 jährlich evident gehaltenen Katasterwerken die amtliche Agrarstatistik (jährlich ab 1869) und die Forststatistik (seit 1954 alle fünf bis zehn Jahre stattfindende Forstinventuren; UMWELTBUNDESAMT 1988; SANDGRUBER 1978). Die unterschiedlichen Quellen kommen für das Ausmaß der Waldfläche zu jeweils sehr unterschiedlichen Ergebnissen – und eine Interpretation der Daten muss die Spezifika der jeweiligen Quellen berücksichtigen (BITTERMANN et al. 1995). Ein weiteres Problem, das bei Verwendung von Daten aus der sozioökonomischen Statistik auftritt, ergibt sich durch mögliche Änderungen bei der Abgrenzung einzelner Landnutzungskategorien. Insbesondere in der vorindustriellen Landwirtschaft, die ja durch Mehrfachnutzungen geprägt war,³⁾ ist eine eindeutige Unterscheidung zwischen Ackerland, Grünland und Wald problematisch. Die Grenzen zwischen Wald, Hutweide und seminaturlicher Vegetation im alpinen Raum waren vermutlich fließend. Die klare Trennung einzelner Landnutzungstypen, die uns heute so selbstverständlich erscheint, ist ein Phänomen der Agrarmodernisierung des 19. und 20. Jahrhunderts. Aus dieser Perspektive stellt sich die Frage, zu welcher Landnutzungskategorie eine Parzelle nun zu welcher Zeit zugeordnet wurde und welche Veränderungen in einer Nutzung auch auf eine neue Klassifikation zurückgeführt werden können. Insgesamt lässt sich aber trotz der Unterschiede und Abgrenzungsprobleme bei kritischer Betrachtung aus den verschiedenen Quellen ein konsistentes Bild der Landnutzungsentwicklung in Österreich seit dem frühen 19. Jahrhundert zeichnen, das zumindest die großen Trends in hinreichender Genauigkeit wiedergibt. Zur Absicherung der Daten haben wir schließlich noch einen modellhaften Zugang zur Rekonstruktion der Landnutzungsveränderungen in Österreich gewählt, der Daten aus verschiedenen Quellen verbindet. Die Daten zur Waldflächenentwicklung in landwirtschaftlichen Kleinproduktionsgebieten (KPG; WAGNER 1990) für die Jahre 1959 und 1999 wurden über ein Restflächen-Modell auf Basis von Gemeindedaten aus der Agrarstatistik (Ackerland, Grünland, Almen nach Höhenstufen) und des Grundstückkatasters (Siedlungs-, Infrastruktur- und Gewässerflächen) unter Verwendung eines digitalen Höhenmodells berechnet und dann zu KPGs hochaggregiert (HABERL 1995).

Die Erkenntnisse zum sozialen Metabolismus der Landwirtschaft, die für die Diskussion der sozialökologischen Hintergründe der Forest Transition in Mitteleuropa herangezogen wurden, beruhen auf quantitativen Untersuchungen zur Entwicklung des Agrarsystems auf nationaler Ebene und in einer Reihe von Katastralgemeinden in unterschiedlichen landwirtschaftlichen Produktionsgebieten Österreichs seit dem frühen 19. Jahrhundert. Eine detaillierte Beschreibung der verwendeten Methoden und Quellen findet sich unter anderem bei GINGRICH (2004), KRAUSMANN (2004) und KRAUSMANN et al. (2003).

³⁾ Wald wurde beispielsweise bis weit ins 20. Jahrhundert großflächig als Hoch- und Niederwald zur Holzgewinnung, zur Streugewinnung und zur Weide genutzt. Eine eindeutige Abgrenzung zwischen beweideten Waldflächen und baumbestandenen Weideflächen ist daher oft problematisch.

3 Forest Transition in Österreich

Österreich ist eines der walddreichsten Länder Mitteleuropas und verfügt am Beginn des 21. Jahrhunderts über einen Waldanteil von etwa 47%. Die Landnutzung in Österreich ist räumlich sehr heterogen (vgl. Abb. 2 und 3): Im Alpenraum ist sie geprägt von Waldwirtschaft und Grünland-basierter Milchwirtschaft; in den Tiefländern des Donautals und in den Flachländern im Osten und Süden des Landes konzentriert sich der Ackerbau sowie regional auch Wein- und Obstbau. In den hügeligen Regionen im Alpenvorland sowie in den nördlichen Hochlagen des Wald- und Mühlviertels finden sich vorwiegend gemischtwirtschaftliche Betriebsformen – je nach klimatischen und geländemorphologischen Voraussetzungen mit unterschiedlichen Nutzungsschwerpunkten (LICHTENBERGER 1997).

	Ackerland	Grünland	Almen	Wald	Siedlungsflächen	sonstige Flächen
1830	22%	19%	11%	38%	1%	8%
1880	24%	16%	12%	40%	1%	8%
1910	23%	16%	12%	40%	1%	8%
1930	21%	17%	11%	41%	2%	8%
1950	17%	20%	11%	42%	2%	8%
1960	18%	19%	12%	42%	2%	8%
1970	17%	18%	11%	43%	3%	8%
1980	17%	17%	10%	44%	3%	9%
1986	16%	15%	11%	46%	4%	8%
1990	16%	14%	11%	46%	4%	8%
1995	15%	15%	11%	47%	4%	9%
2000	16%	13%	10%	47%	5%	9%
Veränderung	-27%	-32%	-8%	+23%	+430%	+5%

Quelle: KRAUSMANN 2001, eigene Berechnungen für 2000

Tab. 1: Landnutzung in Österreich (ohne Burgenland) 1830 bis 2000

Wie in den meisten europäischen Industrieländern lässt sich auch in Österreich eine absolute Zunahme der Waldfläche feststellen.⁴⁾ Unsere Rekonstruktion der Landbedeckung zeigt, dass der Waldanteil auf dem Gebiet der heutigen Republik während des

⁴⁾ Schweiz (MATHER & FAIRBAIRN 1990)), Frankreich (MATHER et al. 1999), Dänemark (MATHER et al. 1998), Slowenien (GABROVEC & PETEK 2006).

gesamten Zeitraums, für den statistische Daten zur Verfügung standen, zugenommen hat. Demzufolge waren 1830 knapp 38% der Fläche Österreichs mit Wald bedeckt. Bis zum Jahr 2000 hat dieser Anteil mit unterschiedlichen Wachstumsraten um insgesamt 23% zugenommen und beträgt heute rund 47%. Die Zunahme verlief im 19. Jahrhundert langsam und beschleunigte sich vor allem nach dem Zweiten Weltkrieg zusehends: Zwischen 1830 und 1950 wuchs die Waldfläche um durchschnittlich 2.500 ha/Jahr oder insgesamt um 9%, in den 50 Jahren zwischen 1950 und 2000 um 9.000 ha/Jahr oder um insgesamt 13%. Seit Ende der 1980er-Jahre verlangsamte sich die Zunahme etwas, aber die Tendenz ist weiter steigend. Wann die Forest Transition in Österreich genau einsetzte, also wann sich eine Umkehr von Nettoentwaldung zu Wiederbewaldung eingestellt hat, ist schwer zu sagen. Es ist aber anzunehmen, dass der Zeitpunkt nicht wesentlich vor unserem ersten Datenpunkt (1830) gelegen haben dürfte. Wenn man die Unschärfe in den historischen Daten und die Tatsache in Betracht zieht, dass für den langen Zeitraum zwischen 1830 und 1880 keine Datenpunkte, welche die genaue Entwicklung belegen, vorliegen, ist es durchaus auch möglich, dass der Zeitpunkt der Trendumkehr in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts gelegen haben könnte.

Die Zunahme der Waldfläche hat eine Reihe von positiv zu beurteilenden Umweltfolgen: Mit dem Wald wuchs die in der Vegetation gespeicherte Menge an Kohlenstoff, ein Effekt, der in der politischen Diskussion zur Reduktion der Emission von Treibhausgasen als „Carbon Sequestration“ bezeichnet wird und als potenzielle Strategie zur Reduktion von atmosphärischem CO₂ heftig diskutiert wird (LACKNER 2003). Unseren Berechnungen zufolge stieg die in der oberirdischen Vegetation gespeicherte C-Menge zwischen 1830 und 2000 von 230 auf 350 Mio. Tonnen an (GINGRICH et al. 2006). Diese Zunahme entspricht bei einer gegenwärtigen jährlichen Emissionsmenge von ca. 16 Mio. Tonnen Kohlenstoff aus der Verbrennung fossiler Energieträger einem Emissionszeitraum von 7,5 Jahren. Die Zunahme der Waldfläche drückt sich auch in einem graduellen Rückgang der gesellschaftlichen Aneignung von Nettoprimärproduktion (HANPP) in Österreich aus. Auch dieser Effekt ist positiv zu bewerten: Trotz einer Verdoppelung der Ernte von Biomasse ist die HANPP von 60 auf 50% zurückgegangen und die in Ökosystemen jährlich verbleibende Biomasse um etwa 23% angestiegen (KRAUSMANN 2001).

4 Forest Transition als Teil einer sozialökologischen Transformation des Agrarsystems

4.1 Die vorindustrielle Landwirtschaft

Was lässt sich nun über die sozialökologischen Hintergründe dieser Entwicklung sagen? Dazu ist es erforderlich, auf einige grundlegende Aspekte der vorindustriellen Landwirtschaft, wie sie sich in Österreich am Beginn des 19. Jahrhunderts präsentiert, einzugehen. Bis ins 20. Jahrhundert hinein war die Landwirtschaft in Bezug auf die

Erhaltung der Bodenfruchtbarkeit weitgehend auf interne Ressourcen und natürliche Erneuerungsraten angewiesen, externe Energiesubventionen blieben gering. Die Kohletechnologie erreichte die Landwirtschaft nur in Form von Geräten aus Eisen, die einen Beitrag zur Erhöhung der Arbeitsproduktivität leisteten; der Einfluss von dampfbetriebenen Maschinen und industriell hergestellten mineralischen Düngemitteln (Superphosphat, Guano) blieb auf einige Nischen begrenzt und entfaltete kaum Flächenwirksamkeit (SMIL 2001). Die vorindustrielle Landwirtschaft blieb also bis ins 20. Jahrhundert eine „Low Input-Low Output“-Landwirtschaft, die sich dadurch auszeichnete, dass mit Hilfe menschlicher und tierischer Arbeit lokale Ressourcen und ökosystemare Prozesse so organisiert und optimiert werden mussten, dass ein langfristiger stabiler Ertrag erzielt werden konnte. Das bedeutete etwa, dass alle Nährstoffe, die dem Boden entzogen wurden, durch Recycling, interne Nährstofftransfers bzw. unter Ausnutzung natürlicher Erneuerungsraten ersetzt werden mussten. Zu den wesentlichen Elementen der traditionellen Landwirtschaft gehörte aus diesem Grund eine gemischte Wirtschaftsform, die verschiedene Landnutzungsformen und Viehwirtschaft auf betrieblicher Ebene räumlich und in zeitlicher Abfolge integrierte (WINIWARDER & SONNLECHNER 2001). Diese Verzahnung unterschiedlicher Landnutzungstypen auf lokaler Ebene und Nutzungsrhythmen (wie etwa die Dreifelderwirtschaft) wird als „non-uniform land use“ bezeichnet (LOOMIS & CONNOR 1992). Dem Nutzvieh kommt dabei eine besondere Rolle zu: Wichtiger als die Produktion von Milch und Fleisch ist die Funktion des Viehs im landwirtschaftlichen Nährstoffmanagement, insbesondere für die Aufbereitung und Transfers von Pflanzennährstoffen, und für die Leistung von Arbeit. Darüber hinaus erlaubt Viehhaltung die Verwertung von Biomasse, die vom Menschen nicht verzehrt werden kann. Als Futter dienten vor allem Erntenebenprodukte, Raufutter von Flächen, die für Ackerbau nicht geeignet waren, und Abfallprodukte. Damit trat Nutzvieh im 19. Jahrhundert kaum in direkte Nahrungskonkurrenz mit dem Menschen.

Wald ist unter diesen Bedingungen als integraler Bestandteil des agrarischen Produktionssystems zu sehen, der einerseits für die lokale Energieversorgung benötigt wurde, andererseits der Landwirtschaft als Weidefläche und zur Streuentnahme diente. Damit ist Wald im agrarischen Kontext eine weitgehend extraktiv genutzte Ressource: Viele Bauernwälder zeichneten sich durch lichten Baumbestand aus, und die Holzerträge lagen niedrig, oft nur bei 2 bis 3 fm pro Jahr (STUBER & BÜRGI 2001, 2002).

Dieses Landnutzungssystem führte in Bezug auf die Waldfläche zu einer Stabilisierung auf niedrigem Niveau: Der Wald wurde bei entsprechender Bevölkerungsdichte weitgehend auf Standorte zurückgedrängt, die auch unter subsistenzwirtschaftlichen Bedingungen schlecht für andere agrarische Nutzungen geeignet waren. Wo genau dieses Niveau lag, war regional vermutlich sehr unterschiedlich und hing von verschiedenen, zum Teil von einander abhängigen Faktoren ab. Zu den wichtigsten physischen Einflussfaktoren sind die Bevölkerungsdichte, die Art des Bewirtschaftungssystems und naturräumliche Voraussetzungen wie Klima und Geländemorphologie zu zählen. Für Österreich nehme ich an, dass der Wald im großräumigen Durchschnitt auf einen Anteil von 35% bis maximal 20%, im Alpenraum auch weniger stark, zurückgedrängt wurde.

Aus heutiger Perspektive erscheint das Bewirtschaftungssystem der lokal optimierten Low-Input-Landwirtschaft hochgradig ineffizient, hemmt sie doch eine entsprechende räumliche Ausdifferenzierung und Spezialisierung der Landwirtschaft und damit wichtige Voraussetzungen für eine Steigerung der Produktivität. Allerdings ließ sich auf diese Weise in vorindustriellen Agrarsystemen ein gewisses Ertragsniveau langfristig halten, ohne die Bodenfruchtbarkeit zu verringern. Das Portfolio unterschiedlicher Produkte und Nutzungen bedeutete schließlich auch eine Minimierung von Risiken (etwa durch Ernteausfälle etc.), ein Aspekt, der für eine subsistenzwirtschaftlich ausgelegte Landbewirtschaftung mit dem Ziel der Ernährungssicherung auf Haushaltsebene Priorität vor einer Strategie der Gewinnmaximierung hatte (MÜLLER-HEROLD & SIEFERLE 1998). Aus dieser Perspektive sind die über lange Zeiträume gewachsenen mitteleuropäischen Landnutzungsmuster durchaus als hochoptimiert und sehr standortangepasst zu verstehen. Allerdings waren Spezialisierung, Wachstum und insbesondere der Export von Biomasse in wachsende urbane Zentren unter diesen Umständen für die Stabilität des agrarischen Systems problematisch. Diese Beschränkungen blieben im Wesentlichen bis zur Industrialisierung der Landwirtschaft im 20. Jahrhundert aufrecht und begrenzten die Steigerung von Flächen- und Arbeitsproduktivität sowie die räumliche Ausdifferenzierung.

4.2 Agrarische Optimierung im 19. Jahrhundert

Mit dem Bevölkerungswachstum und der Urbanisierung im 19. Jahrhundert konnte die Landwirtschaft durch einen Optimierungsprozess mithalten, der eine Steigerung der Produktion ermöglichte, ohne dass die Systemgrenzen des alten sozialökologischen Regimes grundsätzlich überwunden wurden. Noch um 1830 wurde ein großer Teil des Ackerlandes in Österreich in Dreifelderwirtschaft genutzt, wie ein Bracheanteil von 15% nahe legt. Neue Feldfrüchte, allen voran Kartoffel und Futterleguminosen, später auch Mais, ermöglichten es, auf die Brache vollständig zu verzichten und das Ackerland in Fruchtwechselwirtschaft zu nutzen. Der Anbau von Leguminosen bedeutete eine Erhöhung des Stickstoffeintrages in die Ackerflächen. Insgesamt führten diese Maßnahmen zu einer Steigerung der verfügbaren Futtermenge, es konnte mehr Vieh gehalten, die Weide zugunsten der Stallhaltung reduziert und die Mistwirtschaft verbessert werden. Zwischen 1830 und 1910 haben sich dadurch in Österreich der Viehbestand und der Stickstoffeintrag in die Landwirtschaft fast verdoppelt. Dem erhöhten Bedarf an Arbeit stand eine Steigerung der Arbeitsproduktivität durch neue Geräte und mehr Zugvieh gegenüber, sodass die Anzahl der landwirtschaftlichen Arbeitskräfte konstant bleiben konnte, während die Nahrungsproduktion der Landwirtschaft fast verdoppelt wurde. Dies bedeutete eine überproportionale Steigerung des landwirtschaftlichen Surplus und stellte die Basis für das Wachstum der urban-industriellen Bevölkerung im 19. Jahrhundert dar. In Österreich hielt zwischen 1830 und 1910 die Nahrungsproduktion mit dem Bevölkerungswachstum annähernd Schritt.

Auf die Waldfläche wirkte sich diese Entwicklung über verschiedene Mechanismen aus: Die Optimierung des landwirtschaftlichen Produktionssystems bewirkte zwar keine völlige Entflechtung der über räumliche und zeitliche Nutzungsveränderlichkeit verwobenen

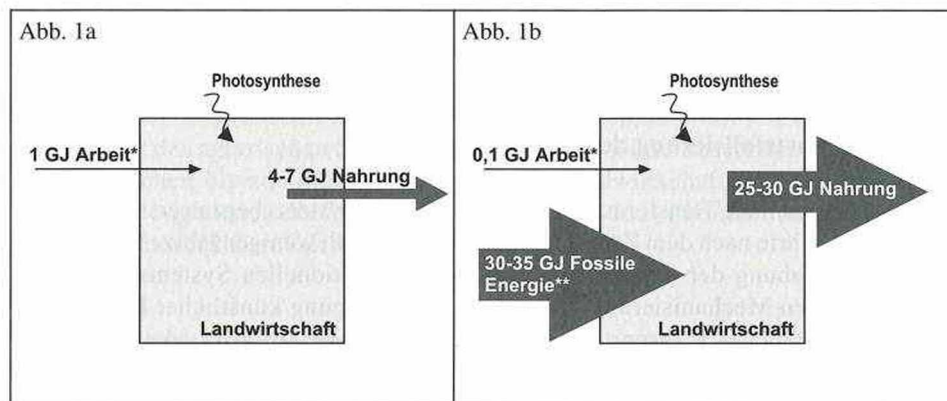
Landnutzungstypen, aber sie erlaubte einen Schritt in Richtung einer klareren funktionalen Trennung verschiedener Landnutzungsformen, insbesondere von Wald und Weide. Durch die zunehmende Stallhaltung wurden die alten Hutweideflächen zunehmend obsolet. In vielen Fällen waren dies Flächen auf flachgründigen oder geländemorphologisch ungünstigen Standorten, die eine intensivere Bewirtschaftung (als Acker oder Wiesen) nicht lohnten. Sie wurden daher oft aufgeforstet oder der Wiederbewaldung überlassen. Dieser Trend drückt sich in der leichten Zunahme der Waldfläche während des 19. Jhs. aus (vgl. Tab. 1). Mit zunehmender Marktintegration verschärfte sich darüber hinaus die ökonomische Situation für die Landwirtschaft. Vor allem die Grundentlastung nach 1848 zwang viele kleine Bauernwirtschaften zur Aufgabe, und auch das führte zu einer Aufforstung von Grenzertragböden. Insgesamt blieb der Effekt der Zunahme der Waldfläche im 19. Jh. aber vergleichsweise bescheiden (vgl. Tab. 1).

4.3 Die Industrialisierung der Landwirtschaft

Eine fundamentale Transformation des Landnutzungssystems begann erst im 20. Jahrhundert und führte nach dem Zweiten Weltkrieg innerhalb weniger Jahrzehnte zu einer völligen Aufhebung der Grundeigenschaften des traditionellen Systems. In diesem Prozess spielten Mechanisierung, Verfahren zur Erzeugung künstlicher Düngemittel und KFZ-gebundener Transport eine entscheidende Rolle. Im Verbund ermöglichten diese Technologien zwischen 1950 und 1980 eine rasante Steigerung der Flächen- und Arbeitsproduktivität der Landwirtschaft: Traktoren ersetzen nicht nur menschliche und tierische Arbeitskraft, sondern die pro Flächeneinheit verfügbare Arbeitskraft stieg um zwei Größenordnungen. Durch das Verschwinden der Zugtiere wurden 25% der Agrarfläche, die vorher zur Futterproduktion benötigt wurden für andere Nutzungen frei. Mit der Verfügbarkeit industriell gefertigter Düngemittel wurde die alte Nährstofflimitation aufgehoben. Die N-Fixierung durch Futterleguminosen, eine der Schlüsseltechnologien in der Agrarmodernisierung des 19. Jahrhunderts, erreichte mit 30.000 t um 1950 ihren Höhepunkt und wurde dann rasch durch industriell gefertigten N-Dünger ersetzt, der den N-Input bis Mitte der 1980er-Jahre auf 160.000 t erhöhte. Die im alten System unabdingbare Kombination verschiedener Landnutzungsformen und Viehwirtschaft auf betrieblicher Ebene wurde auf diese Weise nicht nur obsolet, sondern kontraproduktiv. Gemeinsam mit dem KFZ-gebundenen Transport kam es innerhalb kurzer Zeit zu einer großräumigen Ausdifferenzierung der Agrarproduktion. All diese Entwicklungen bewirkten eine noch nie da gewesene Steigerung der landwirtschaftlichen Arbeits- und Flächenproduktivität. Die Nahrungsproduktion begann deutlich schneller zu wachsen als die Bevölkerung, und am Zenit dieser Entwicklung, Mitte der 80er-Jahre, produzierte die österreichische Landwirtschaft nahrungstaugliche Pflanzenprodukte, mit denen 18 Mio. Menschen ernährt werden konnten.⁵⁾

⁵⁾ Das Personenäquivalent der Agrarproduktion wurde unter Annahme eines durchschnittlichen Nahrungsbedarfes von 4,5 GJ pro Person und Jahr berechnet. Der tatsächliche Nahrungsoutput der österreichischen Landwirtschaft ist geringer, da ein großer Teil der pflanzlichen Produktion in der Viehwirtschaft „veredelt“ wird. Aber auch „Netto“ könnte die österreichische Landwirtschaft rein rechnerisch immer noch 12 Mio. Menschen mit ausreichend Nahrung versorgen, bei tatsächlichen 8 Mio. Einwohnern.

Die Steigerung der Agrarproduktion wurde mit einem hohen Einsatz von (fossiler) Energie erkaufte (LEACH 1976, PIMENTEL et al. 1973): Nach unseren Berechnungen hat sich das Verhältnis von Energieertrag zu Energieaufwand in der Landwirtschaft von etwa 5:1 im frühen 19. Jahrhundert mit der Industrialisierung seit den 1950er-Jahren auf gegenwärtig 0,8:1 verschoben (KRAUSMANN 2004). Das heißt, dass heute in der Landwirtschaft mehr Energie eingesetzt als in Form von Nahrungsmitteln (und sonstigen Produkten) erzeugt wird (vgl. Abb. 1). Die Landwirtschaft hat sich also von einem Element des gesellschaftlichen Energiesystems zu einer Senke gesellschaftlich nutzbarer Energie entwickelt.



* Menschliche Arbeit ausgedrückt als Primärenergieäquivalent. Tierische Arbeit wird als interne Systemleistung der Landwirtschaft verstanden und nicht zu den Energieinputs gerechnet.

** Direkter (Treibstoffe, Elektrizität etc.) und indirekter Einsatz (Düngemittel etc.) von fossilen Energieträgern.

Alle Angaben in GJ je ha landwirtschaftlich genutzter Fläche.

Quelle: Eigene Berechnungen auf Basis von KRAUSMANN et al. 2003 und 2004.

Abb. 1: Das Grundmuster des sozialökologischen Regimes der traditionellen Landwirtschaft am Beginn des 19. Jahrhunderts (Abb. 1a) und der industrialisierten Landwirtschaft am Ende des 20. Jahrhunderts (Abb. 1b)

Die Transformation des Agrarsystems spiegelt sich in einem Prozess räumlicher Ausdifferenzierung der Landnutzung wider, die von MATHER (1992) als „adjustment of agriculture to land capability“ und als eine wesentliche Rahmenbedingung für die Forest Transition bezeichnet wird. Wie Abbildung 2 zeigt, konzentriert sich der Ackerbau in den Jahrzehnten nach dem Zweiten Weltkrieg in den Flachländern in der Donauebene und den Tieflagen im Osten und Süden – während er im Alpenraum völlig aufgegeben wird. Umgekehrt verschwinden aus den Ackerbauregionen mit der Viehhaltung auch die letzten Grünlandflächen, und gemischtbetriebliche Strukturen halten sich vorwiegend in bestimmten Rand- und Hügellagen. Das zeigt sich auch in der Entwicklung der Viehdichten (KRAUSMANN et al. 2003). Darüber hinaus wirkt sich dieser Ausdifferenzierungsprozess auf die räumlichen Muster des gesellschaftlichen Metabolismus aus und ist mit einer enormen Zunahme des Transfers von Material und

Abb. 2a: Verhältnis von Ackerland zu Grünland 1949

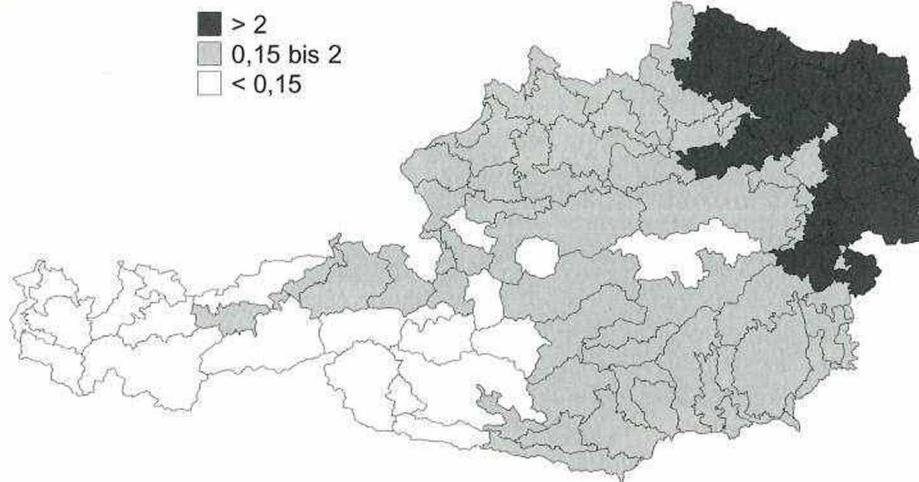
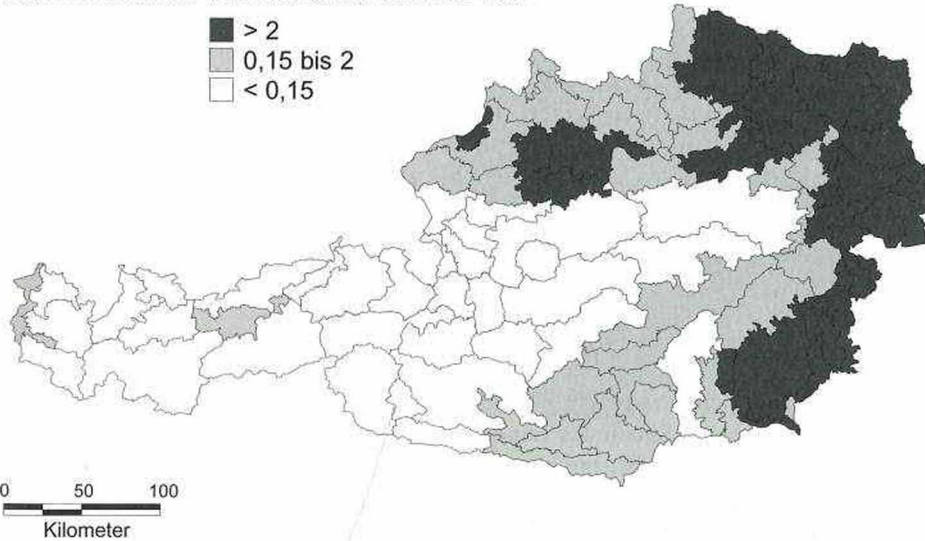


Abb. 2b: Verhältnis von Ackerland zu Grünland 1999



Quelle: Eigene Berechnungen auf Basis der Bodennutzungserhebung 1949 und der Ergebnisse der Agrarstrukturerhebungen 1999 des Österreichischen Statistischen Zentralamtes (siehe auch KRAUSMANN et al. 2003)

Abb. 2: Veränderungen in der Landbedeckung in landwirtschaftlichen Kleinproduktionsgebieten (WAGNER 1990) nach dem Zweiten Weltkrieg: das Verhältnis von Ackerland zu Grünland in Österreich im Jahr 1949 (Abb. 2a) und 1999 (Abb. 2b)

Energie (Futter- und Düngemittel etc.) über große Distanzen verbunden (KRAUSMANN et al. 2003, NAYLOR et al. 2005).

Die zunehmende Marktintegration der Landwirtschaft und die enorme Steigerung der Arbeits- und Flächenproduktivität führten auch unter der protektionistischen österreichischen Agrarpolitik, die in dieser Periode vom Dogma der Selbstversorgung geprägt war, zu einer Erhöhung des ökonomischen Drucks auf die Landwirtschaft. Bereits in den 1930er- und dann vor allem in den 1950er-Jahren wurden im Zuge der räumlichen Ausdifferenzierung mit der Verschiebung der Grenzertragsschwelle immer mehr landwirtschaftliche Flächen aus der Produktion genommen und aufgeforstet. Trotzdem führte das protektionistische Agrarsystem ab den 1970er-Jahren in vielen Bereichen zu einer empfindlichen Überproduktion (SCHNEIDER & HOFREITHER 1988). Die Verschärfung der ökonomischen Situation der Landwirte sowie politische Anreize für eine Extensivierung der Produktion und eine Reduktion agrarisch genutzter Flächen schlugen sich in besonders hohen Aufforstungsraten in den 1970er- und 1980er-Jahren nieder.

Diese Zunahme der Waldfläche findet sich prinzipiell in allen Agrarregionen Österreichs, da es überall zu einer Verschiebung der Grenzertragsschwelle kommt und unrentable Flächen innerhalb einer Betriebseinheit aufgeforstet werden. Entscheidend für die räumlichen Muster der Waldentwicklung sind dabei nicht die politische Steuerung, sondern lokale betriebliche Faktoren: Dazu gehören physische Faktoren, wie Bodenqualität, lokale Klimabedingungen, Geländemorphologie, ebenso wie die spezifische ökonomische Situation des landwirtschaftlichen Betriebes, also die Relationen von verfügbarer (Familien-)Arbeitskraft, Kapital- und Betriebsmittelausstattung und Ertrag. Für bäuerliche Betriebe stellt die Aufforstung von Grenzertragsböden auch heute noch eine Kapitalanlageform dar, da nach einer Anfangsinvestition nur geringe Fixkosten anfallen und der Wert bis zur Schlagreife steigt und schließlich zur raschen Kapitalmobilisierung genutzt werden kann. Auf Ebene des forstlichen Großgrundbesitzes stellt sich die Situation anders dar: Hier steht die Schaffung großer, möglichst homogener Waldareale, die eine rationelle Waldbewirtschaftung erlauben, im Vordergrund.

Abbildung 3a zeigt die Verteilung der Waldfläche in Österreich im Jahr 1959 in landwirtschaftlichen Kleinproduktionsgebieten. Der höchste Waldanteil findet sich im Alpenraum und Alpenvorland, die geringsten Waldanteile in den intensiven Ackerbau-regionen im Osten und Süden des Landes sowie in den Südalpen. Ebenso heterogen wie die Verteilung der Waldfläche ist die Veränderung der Waldfläche in den Regionen (vgl. Abb. 3b). Die höchsten Zuwachsraten zwischen 1950 und 1999 finden sich in den Randalpen in Regionen mit hügeligem Terrain und gemischtbetrieblichen Strukturen. Das betrifft insbesondere Regionen mit einer traditionellen, diversen Kulturlandschaft und extensiven Wirtschaftsformen mit hohem ökologischem und touristischem Wert. In den weitgehend ausgeräumten Landschaften im Osten bleiben die Zuwächse dagegen gering. Eine Abnahme der Waldfläche gibt es nur in ganz wenigen Regionen, was auch mit forstrechtlichen Rahmenbedingungen zusammenhängt, die eine Umwandlung von Forstflächen praktisch nur für Infrastrukturprojekte erlauben.

Abb. 3a: Anteil der Waldfläche 1959
in Prozent der Gesamtfläche

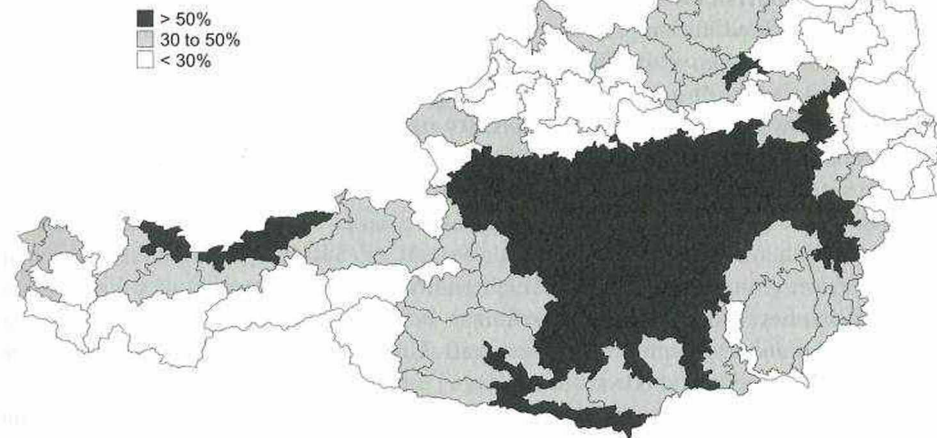
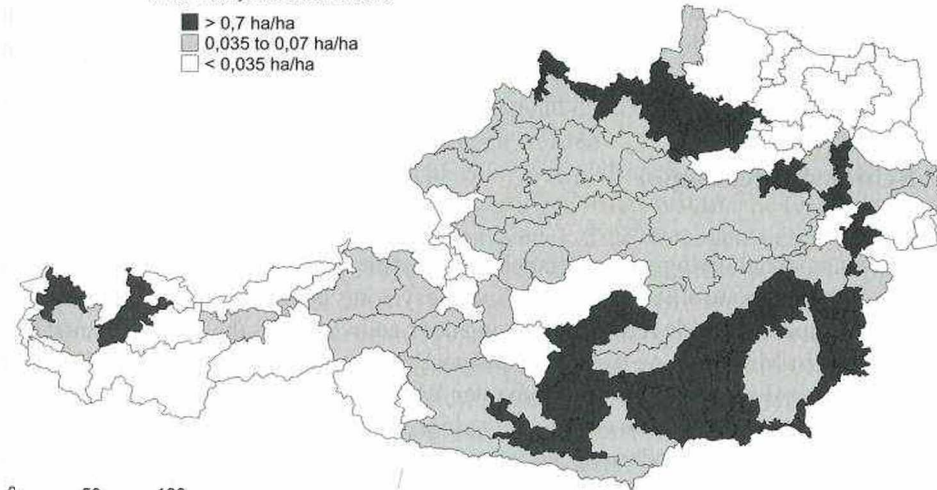


Abb. 3b: Zuwachsrate der Waldfläche 1959 bis 1999
in ha Wald je ha Gesamtfläche



0 50 100
Kilometer

Quelle: Eigene Berechnungen der Waldfläche auf Basis der Bodennutzungserhebung 1959 und Ergebnisse der Agrarstrukturerhebungen 1999 des Österreichischen Statistischen Zentralamtes

Abb. 3: Die Entwicklung der Waldfläche in landwirtschaftlichen Kleinproduktionsgebieten (WAGNER 1990) zwischen 1959 und 1999. Der Anteil der Waldfläche an der Gesamtfläche im Jahr 1959 (Abb. 3a) und Zuwachs der Waldfläche (in ha Zunahme je ha Gesamtfläche) im Zeitraum 1959 bis 1999 (Abb. 3b)

Die Industrialisierung der Landwirtschaft führte aber nicht nur zu quantitativen Verschiebungen in der Landbedeckung, sie führte vor allem auch zu qualitativen Veränderungen in der Waldnutzung. Eine klare Abgrenzung von Land- und Forstwirtschaft, die bereits in der agrarischen Optimierung des 19. Jahrhunderts tendenziell angelegt war, wurde nach dem Zweiten Weltkrieg vollzogen. Die landwirtschaftliche Nutzung des Waldes wurde weitestgehend reduziert, forstwirtschaftliche Flächen werden nunmehr ausschließlich zur Holzproduktion (bzw. zur Jagd) genutzt. Eine geregelte forstliche Nutzung setzte sich flächendeckend durch und die Niederwaldwirtschaft verschwand. Insgesamt kam es auch in der Forstwirtschaft zu einer Industrialisierung mit einem entsprechenden Ausbau des Wegenetzes (derzeit ca. 140.000 km Forststraßen) und einer Uniformierung des Bestandes (Fichtenmonokulturen), wobei auch hier in den letzten Jahrzehnten gegenläufige Tendenzen bemerkbar sind (vermehrte natürliche Verjüngung, standortgerechte Waldwirtschaft, Unterschutzstellungen etc.; ÖSTAT & FORSTLICHE BUNDESVERSUCHSANSTALT 1995).

Mit der Industrialisierung im Landnutzungsbereich stiegen die Zuwächse und die pro Flächeneinheit bei nachhaltiger Waldbewirtschaftung erzielbaren Erträge deutlich an. Wurde laut Kataster im 19. Jahrhundert im Durchschnitt ein nachhaltiger Ertrag von 2-4 fm/ha erreicht, gibt die österreichische Forstinventur in den letzten Jahren Werte von 5-9 fm/ha an (SCHIELER et al. 1996). Insgesamt wird heute trotz einer etwa 30%igen Unternutzung (Durchforstungsrückstand) mehr Holz denn je eingeschlagen und genutzt.⁶⁾

5 Schlussfolgerungen

Aus einer sozialökologischen Perspektive stellt die Überwindung der Restriktionen des Regimes des kontrollierten solaren Energiesystems der Agrargesellschaft und die damit zusammenhängende Industrialisierung der Landwirtschaft die Voraussetzung dar, unter der es in Mitteleuropa trotz steigendem Bevölkerungsdruck zu einem Wechsel von Nettoentwaldung zu einer Zunahme der Waldfläche kommen konnte. In diesem Sinne ist die Forest Transition ein Element eines sozialökologischen Regimewechsels und im Kontext der Veränderung des gesamten Landnutzungssystems zu sehen. Zu den Grundeigenschaften dieses Regimewechsels gehört es, dass durch energetische Subventionierung der Landwirtschaft mit fossiler Energie a) die Möglichkeiten zur großräumigen Ausdifferenzierung der Landbewirtschaftung geschaffen und b) eine enorme Steigerung der landwirtschaftlichen Flächen- und Arbeitsproduktivität ausgelöst wurden. Die Industrialisierung des Agrarsystems gibt durch die Steigerung der Nahrungsproduktion den prinzipiellen Rahmen vor, innerhalb dessen Agrarflächen aus der Produktion genommen und aufgeforstet werden können.⁷⁾ Die konkrete räumliche

⁶⁾ Der Holzeinschlag ist von 12 bis 15 Mio. fm im Jahr 1830 auf 22 Mio. fm im Jahr 2003 gestiegen.

⁷⁾ Mit dem Abbau von Handelsbeschränkungen im Agrarbereich spielen zunehmend globale Handelsbeziehungen und Weltmarktpreise eine gewichtige Rolle im Zusammenhang mit lokalen Landnutzungsveränderungen, aber letztlich hängen auch diese Faktoren eng mit der globalen Industrialisierung und Steigerung der Agrarproduktion zusammen.

Realisierung dieser prinzipiellen Möglichkeit hängt mit den spezifischen ökonomischen und institutionellen Rahmenbedingungen zusammen. Grundsätzlich erhöhen Marktintegration und Kapitalisierung den ökonomischen Druck auf die Landwirtschaft, was dazu führt, dass sich die subsistenzwirtschaftliche Grenzertragsschwelle dramatisch verschiebt und zunehmend (Grenzertrags-)Flächen aus der Produktion genommen werden. Dieser Druck selbst oder seine Übersetzung in Landnutzungsveränderungen wird durch politische Maßnahmen, wie etwa durch eine protektionistische Agrarpolitik oder Extensivierungsanreize, beeinflusst. Daneben spielen auch besitzrechtliche Fragen (Bauernwald vs. forstlicher Großgrundbesitz) eine wichtige Rolle. Damit unterstützen unsere Ergebnisse die These von MATHER (1992, S. 123), der meint, „that agricultural adjustment can serve as a theoretical basis for the forest transition, this is not to deny or exclude other factors. It functions in a passive way, permitting reforestation rather than causing it“.⁸⁾ Nach unseren Ergebnissen lässt sich das Argument wohl sogar stärker formulieren und die Passivität bis zu einem gewissen Grad in Frage stellen. Der Übergang von der Low-Input-Landwirtschaft mit Subsistenzcharakter zur Marktintegration führt unweigerlich zu „agricultural adjustment“, da, wie in diesem Beitrag auch gezeigt wurde, unter subsistenzwirtschaftlichen Bedingungen etwas fundamental anderes unter Optimierung der Flächennutzung zu verstehen ist als unter den Bedingungen der marktorientierten Landwirtschaft. Unter den spezifischen Bedingungen der mitteleuropäischen Landwirtschaft (mittlere bis hohe Bevölkerungsdichte, praktisch flächendeckende Einbeziehung aller Ökosysteme in die Nutzung) führt der beschriebene Regimewechsel dann aber zwingend dazu, dass Grenzertragsböden aus der landwirtschaftlichen Nutzung genommen werden.

Schließlich ließ sich am österreichischen Beispiel auch zeigen, dass die Forest Transition nicht nur zu quantitativen Veränderungen in der Waldfläche führt, sie bringt auch qualitative Veränderungen des Waldzustandes. Eine Homogenisierung der Waldnutzung führt zu deutlich höheren Holzerträgen, was aus der Sicht der Forstwirtschaft positiv zu bewerten ist, aber unter Umständen mit anderen Funktionen des Waldes (Biodiversität, Erholung; siehe etwa STUBER & BÜRGI 2001, 2002) konterkariert. Das bedeutet aber auch, dass für eine gesellschaftliche Bewertung des Phänomens der Forest Transition nicht nur der aggregierte Effekt, sondern auch die räumlichen Muster und qualitativen Aspekte berücksichtigt werden müssen, denn die Wiederbewaldung findet oft gerade dort statt, wo sie aus ökologischer, touristischer oder demographischer Sicht wenig erwünscht ist.

⁸⁾ Unter „agricultural adjustment“ versteht MATHER (1992, S. 117) hier „progressive adjustment of agriculture to land capability“ und weiter: „as a better fit is achieved between agriculture and agricultural land capability, a given volume of agricultural production can be achieved from decreasing land area (even without intensification and technological advance).“

6 Dank

Dieser Beitrag beruht auf Forschungsarbeiten, die im Rahmen des vom FWF geförderten Projektes „The transformation of society's natural relations“ (Projekt Nummer P16759, Leitung: Marina FISCHER-KOWALSKI) durchgeführt wurden. Die empirische Arbeit wurde in enger Kooperation mit Helmut HABERL und Karl-Heinz ERB durchgeführt; ihnen sei hiermit ganz besonders für ihre Zusammenarbeit gedankt. Weiters möchte ich noch Marina FISCHER-KOWALSKI, Rolf-Peter SIEFERLE, Ivan BICIK, Alexander MATHER, Matej GABROVEC und Franci PETEK erwähnen; die Diskussionen mit ihnen waren wesentlich für das Entstehen dieses Beitrages.

7 Literaturverzeichnis

- AUBRECHT P. (1997), CORINE Landcover-Österreich (= Band Monographien, 093). Wien, Umweltbundesamt.
- BITTERMANN W. et al. (1995), Der österreichische Wald: Verteilung, Entwicklung und Bewirtschaftung. In: ÖSTAT (Hrsg.), Ökobilanz Wald. Österreich, S. 5-17. Wien, Kommissionsverlag.
- FISCHER-KOWALSKI M., WEISZ H. (1999), Society as Hybrid between Material and Symbolic Realms. Toward a Theoretical Framework of Society-Nature Interrelation. In: *Advances in Human Ecology*, 8, S. 215-251.
- FISCHER-KOWALSKI M. et al. (1997), Gesellschaftlicher Stoffwechsel und Kolonisierung von Natur. Ein Versuch in Sozialer Ökologie. Amsterdam, Gordon & Breach Fakultas.
- GABROVEC M., PETEK F. (2006), Forest transition in Slovenia: Is further afforestation of Slovenia to be desired? In: *Land Science* (eingereicht).
- GINGRICH S. (2004), Veränderungen von Landnutzung und Energieflüssen in ausgewählten Agrarökosystemen Oberösterreichs 1866-2000. Wien, Univ. Wien, Dipl.Arb.
- GINGRICH S. (2007), Long-term dynamics of terrestrial carbon stocks in Austria. A comprehensive assessment of the time period from 1830 to 2000. In: *Regional Environmental Change* (submitted for publication, Nov. 2006).
- GRAINGER A. (1995), The forest transition: an alternative approach. In: *Area*, 27, S. 242-251.
- HABERL H. (1995), Menschliche Eingriffe in den natürlichen Energiefluß von Ökosystemen: Sozio-ökonomische Aneignung von Nettoprimärproduktion in den Bezirken Österreichs (= Social Ecology Working Paper, 43). Wien, IFF Social Ecology.
- HABERL H. et al. (2004), Progress towards sustainability? What the conceptual framework of material and energy flow accounting (MEFA) can offer. In: *Land Use Policy*, 21, 3, S. 199-213.
- HESSE A. et al. (2005), Conference Book for the 6th Open Science Meeting of the Human Dimensions of Global Environmental Change Research Community. Bonn, IHDP.
- KRAUSMANN F. (2001), Land use and industrial modernization: an empirical analysis of human influence on the functioning of ecosystems in Austria 1830-1995. In: *Land Use Policy*, 18, 1, S. 17-26.
- KRAUSMANN F. (2004), Milk, Manure and Muscular Power. Livestock and the Industrialization of Agriculture. In: *Human Ecology*, 32, 6, S. 735-773.

- KRAUSMANN F. et al. (2003), Land-use change and socio-economic metabolism in Austria. Part I: Driving forces of land-use change: 1950-1995. In: *Land Use Policy*, 20, 1, S. 1-20.
- KAUPPI P.E. et al. (2006), Returning forests analyzed with the forest identity. In: *PNAS*, 103, 46, S. 17574-17579.
- LACKNER K.S. (2003), A Guide to CO₂ Sequestration. In: *Science*, 300, S. 1677-1678.
- LEACH G. (1976), Energy and food production. Guildford, IPC Science and Technology Press.
- LICHTENBERGER E. (1997), Österreich. Darmstadt, Wiss. Buchgemeinschaft.
- LOOMIS R.S., CONNOR D.J. (1992), *Crop Ecology: Productivity and Management in Agricultural Systems*. Cambridge, Cambridge Univ. Press.
- MATHER A.S. (1992), The forest transition. In: *Area*, 24, 4, S. 367-379.
- MATHER A.S., FAIRBAIRN J. (1990), From Floods to Reforestation: The Forest Transition in Switzerland. In: *The American Historical Review*, 95, 3, S. 693-714.
- MATHER A.S., NEEDLE C.L. (1998), The forest transition: a theoretical basis. In: *Area*, 30, 2, S. 117-124.
- MATHER A.S., NEEDLE C.L., COULL J.R. (1998), From Resource Crisis to Sustainability: The Forest Transition in Denmark. In: *Intern. Journal of Sustainable Development*, 5, S. 182-193.
- MATHER A.S., FAIRBAIRN J., NEEDLE C.L. (1999), The course and drivers of the forest transition: The case of France. In: *Journal of Rural Studies*, 15, 1, S. 65-90.
- MÜLLER-HEROLD U., SIEFERLE R.P. (1998), Surplus and Survival: Risk, Ruin and Luxury in the Evolution of Early Forms of Subsistence. In: *Advances in Human Ecology*, 6, S. 201-220.
- NAYLOR R. et al. (2005), Agriculture: Losing the Links between Livestock and Land. In: *Science*, 310, 5754, S. 1621-1622.
- ÖSTAT, FORSTLICHE BUNDESVERSUCHSANSTALT (Hrsg.) (1995), *Ökobilanz Wald. Österreich. Ausgabe 1995*. Wien, Österr. Staatsdruckerei.
- PERZ S.G., SKOLE D.L. (2003), Secondary forest expansion in the Brazilian Amazon and the refinement of forest transition theory. In: *Society and Natural Resources*, 16, 4, S. 277-294.
- PIMENTEL D. et al. (1973), Food production and the energy crisis. In: *Science*, 182, S. 443-449.
- SANDGRUBER R. (1978), *Österreichische Agrarstatistik 1750-1918*. Wien.
- SCHIELER K., BÜCHSENMEISTER R., SCHADENAUER K. (1996), *Österreichische Forstinventur, Ergebnisse 1986/90*. Wien, Forstl. Bundesversuchsanstalt, Waldforschungszentrum u. BM f. Land- u. Forstwirtschaft.
- SCHNEIDER F., HOFREITHER M. (Hrsg.) (1988), *Chance Landwirtschaft: Wege und Perspektiven für die neunziger Jahre*. Wien, Agrarverlag.
- SMIL V. (2001), *Enriching the Earth. Fritz Haber, Carl Bosch, and the Transformation of World Food Production*. Cambridge, MA, MIT Press.
- STUBER M., BÜRGI M. (2001), Agrarische Waldnutzung in der Schweiz 1800-1950. Waldweide, Waldheu, Nadel- und Laubfutter. In: *Schweizer. Zeitschrift f. Forstwesen*, 152, 12, S. 490-508.
- STUBER M., BÜRGI M. (2002), Agrarische Waldnutzungen in der Schweiz 1800-1950. Nadel- und Laubstreue. In: *Schweizer. Zeitschrift f. Forstwesen*, 153, 10, S. 397-410.
- UMWELTBUNDESAMT (1988), *Bodenschutz: Probleme und Ziele*. Wien, BMUJF.
- UMWELTBUNDESAMT (1998), *Corine Landcover Österreich (= Monography, 93)*. Wien, Environmental Agency Austria.
- WAGNER K. (1990), *Neuabgrenzung landwirtschaftlicher Produktionsgebiete in Österreich (= Schriftenreihe, 60)*. Wien, Bundesanstalt f. Agrarwirtschaft.
- WINIWARTER V., SONNLECHNER C. (2001), *Der soziale Metabolismus der vorindustriellen Landwirtschaft in Europa (= Der europäische Sonderweg, 2)*. Stuttgart, Breuninger Stiftung.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Mitteilungen der Österreichischen Geographischen Gesellschaft](#)

Jahr/Year: 2006

Band/Volume: [148](#)

Autor(en)/Author(s): Krausmann Fridolin

Artikel/Article: [Forest transition in Österreich: Eine sozialökologische Annäherung 75-91](#)