

Agentenbasierte Modellierung von Szenarien für Landwirtschaft und Landnutzung im Jahr 2020, Traisental, Niederösterreich

Veronika GAUBE, Harald REISINGER, Heidi ADENSAM,
Bettina AIGNER, Armand COLARD, Helmut HABERL, Juliana LUTZ, Rudolf MAIER,
Wolfgang PUNZ & Barbara SMETSCHKA

In der Nachhaltigkeitswissenschaft (*sustainability science*) wird zunehmend die Entwicklung von Methoden gefordert, welche die notwendige Integration unterschiedlicher wissenschaftlicher Disziplinen leisten können. In diesem Aufsatz wird ein agentenbasiertes Modell vorgestellt, das in der Lage ist, Entscheidungen landwirtschaftlicher Betriebe in Abhängigkeit von Annahmen über die Entwicklung politischer und ökonomischer Rahmenbedingungen zu simulieren und die damit verbundenen Veränderungen in der Landnutzung, ihre ökologischen Auswirkungen auf den Stickstoffkreislauf, aber auch die soziale und ökonomische Situation der Landwirtschaftsbetriebe abzubilden. Das Modell bezieht sich auf das Traisental in Niederösterreich und wurde in einem partizipativen Prozess in Kooperation mit regionalen Betroffenen erarbeitet. Das Modell wurde dazu genutzt, Entwicklungen in Bezug auf Landnutzung unter Annahme unterschiedlicher Rahmenbedingungen in Form von Szenarien zu berechnen.

GAUBE V., REISINGER H., ADENSAM H., AIGNER B., COLARD A., HABERL H., LUTZ J., MAIER R., PUNZ W. & SMETSCHKA B., 2009: Agent-based modeling of scenarios for farming and land use in the year 2020, Traisental, Lower Austria.

Progress in sustainability science depends on our ability to understand society-nature interactions through interdisciplinary approaches. This article presents an agent-based model that simulates changes in decision making on farms depending on assumptions about political and economic framework conditions, in particular agricultural subsidy schemes. The model calculates changes in land use and their ecological implications regarding the nitrogen cycle as well as changes in the social and economic situation of farms. The model was applied to the Traisental valley in central Lower Austria. It was constructed in a participatory process in cooperation with regional stakeholders. The article presents model runs that simulate changes in agriculture and land use under different scenario assumptions.

Keywords: Agent-based modeling, Land use, Nitrogen balances, Participatory research, Sustainability.

Einleitung

Entscheidungen landwirtschaftlicher Betriebe über Fragen wie Weiterführung oder Aufgabe des Betriebes, Haupt- oder Nebenerwerb, Betriebstyp (z. B. Ackerbau versus Grünland versus Forstwirtschaft) und Intensität der Bewirtschaftung (konventionell, biologisch oder intensiv) beeinflussen maßgeblich die Raumentwicklung und Landnutzung ländlicher Regionen. Derartige Entscheidungen treffen Landwirte in Abhängigkeit von einer Vielzahl ökonomischer, sozialer und ökologischer Variablen und Rahmenbedingungen (PENZ 1997). Um ein verbessertes Verständnis der vergangenen Raumentwicklung, vor allem aber möglicher zukünftiger Entwicklungen, zu gewinnen, ist es notwendig, diese Zusammenhänge einer systemisch-integrativen Analyse zu unterziehen (BERGER 2004).

Das Ziel einer nachhaltigen Entwicklung gewinnt im politischen Diskussionsprozess zunehmend an Bedeutung (ÖSTERREICHISCHE BUNDESREGIERUNG 2002, CEC 2001, CEC 2005) und führt zur Forderung an das Wissenschaftssystem, entsprechende Informa-

tionsgrundlagen und Erkenntnisse bereitzustellen. Eine Reaktion darauf ist die Entwicklung der „Nachhaltigkeitswissenschaft“ (*sustainability science*), welche die Analyse der Wechselbeziehungen zwischen Gesellschaft und Natur in den Vordergrund stellt (KATES et al. 2001, KATES & PARRIS 2003). Am Beispiel der Landwirtschaft wird dieser Zusammenhang deutlich: Landwirtschaft bedeutet auf der einen Seite Eingriffe in die Ökosysteme mit Folgen für Wasserhaushalt, Boden, Biodiversität und viele weitere natürliche Prozesse, auf der anderen Seite stellt die Landwirtschaft gesellschaftlich wichtige Ressourcen wie Getreide oder tierische Produkte bereit, schafft Einkommen, benötigt Arbeit, trägt zur Wertschöpfung bei und findet in einem bestimmten sozialen Rahmen statt. Veränderungen in diesem gekoppelten sozial-ökologischen System sind von zentraler Bedeutung für die Nachhaltigkeit der Entwicklung ländlicher Räume, der Kulturlandschaften bzw. der lokalen, regionalen, nationalen und globalen Landsysteme (GLP 2005).

Der immer noch voranschreitende Prozess der Industrialisierung der Landwirtschaft führt zu einem Übergang von einer kleinräumigen, lokalen Kreislaufwirtschaft zu großräumig, tendenziell weltweit vernetzten Wirtschaftssystemen, die zu einem großen Teil auf nicht erneuerbaren Ressourcen beruhen. Diese Prozesse tragen zu einem großräumigen Umstrukturierungs- und Konzentrationsprozess in der Landwirtschaft und Landnutzung bei (KRAUSMANN et al. 2003, FISCHER-KOWALSKI & HABERL 2007). Dennoch sind viele ländliche Regionen in Österreich immer noch durch eine vielfältige, kleinräumig strukturierte Landwirtschaft gekennzeichnet, deren Erhaltung ein wichtiges Ziel politischer Strategien für die nachhaltige Landschaftsentwicklung darstellt (HOHENSEE 1996, ÖSTERREICHISCHE BUNDESREGIERUNG 2002).

Die Umstrukturierungs- und Konzentrationsprozesse in der Landwirtschaft gehen mit der Entstehung völlig neuer Akteurskonstellationen einher. So gewinnen etwa nationale und transnationale Akteure sowie Organisationen wie WTO, EU, UNO, Großkonzerne und international vernetzte NGOs (Nichtregierungsorganisationen) zunehmend an Bedeutung. Vieles deutet darauf hin, dass eine weitere Liberalisierung der Agrarmärkte und der damit einhergehende Preisverfall für agrarische Produkte sowie die Reduktion von Agrarförderungen den Industrialisierungsprozess der österreichischen Landwirtschaft weiter beschleunigen könnten (SCHNEIDER 1988, SCHNEIDER 1989).

Im Hinblick auf das Ziel einer nachhaltigen Entwicklung stellt sich daher die Frage, auf welcher räumlichen Ebene, von welchen Akteuren und durch welche gesellschaftlich-wirtschaftlichen Prozesse der Landschaftswandel vorangetrieben wird, wie die dafür relevanten Entscheidungsstrukturen beschaffen sind, und wie sich diese Entscheidungen auf die Landschaften, aber auch auf die Landwirtschaftsbetriebe auswirken. Auf der lokalen und regionalen Ebene stellt sich die Frage, wie die auf dieser Ebene tätigen Akteure auf Veränderungen in den nationalen und internationalen politischen und ökonomischen Rahmenbedingungen reagieren können, wie sich diese Veränderungen auf ihre soziale und wirtschaftliche Situation auswirken, und in welcher Weise sich dies in der Landnutzung und damit in der Raum- und Landschaftsentwicklung niederschlägt. Damit Forschung in die Lage versetzt wird, dem Wissens- und Informationsbedarf lokaler und regionaler Akteure entgegen zu kommen und sie so zu unterstützen, ist es wichtig, diese in den gesamten Forschungsprozess einzubeziehen, von der Definition der Forschungsfrage bis hin zur Präsentation der Ergebnisse („Transdisziplinarität“, vgl. SCHERRINGER et al. 2005) bzw. „partizipative Forschung“, HEINRICH 2005).

Eine innovative Methodik, die sich zur integrierten Analyse von komplexen Mensch-Umwelt Verhältnissen eignet, ist die agentenbasierte Modellierung. Agentenbasierte Simula-

tionsmodelle haben in den letzten Jahren nicht nur in der Ökologie (DEANGELIS & GROSS 1992, DEANGELIS & MOOIJ 2005), sondern auch in anderen Disziplinen, die mit komplexen Systemen konfrontiert sind, immer mehr an Bedeutung gewonnen. Dazu gehören Sozialwissenschaften (EPSTEIN & AXTELL 1996, GILBERT & TROITZSCH 1999), Ökonomie (TESFATSION 2001), Geographie (PARKER & MERETSKY 2004) und Politikwissenschaften (AXELROD 1984). Mit Hilfe agentenbasierter Modellierung können menschliche Handlungen und deren Auswirkungen unter Berücksichtigung bestimmter Rahmenbedingungen räumlich disaggregiert abgebildet und analysiert werden. Dadurch ist es möglich, biophysische und sozioökonomische Teilmodelle zu verknüpfen und im Falle von Landnutzungsmodellen die Zusammenhänge zwischen agrar- und umweltpolitischen Maßnahmen, betrieblichen Landnutzungsentscheidungen und Umweltprozessen abzubilden (BERGER 2004).

Im vorliegenden Artikel wird ein Modell vorgestellt, das für zwei Gemeinden im Traisental (NÖ) entwickelt wurde. Dieses agentenbasierte Modell zielt einerseits darauf ab, die Auswirkungen verschiedener Annahmen über die zukünftige Entwicklung landwirtschaftlicher Förderungen sowie anderer wichtiger Rahmenbedingungen (z. B. Preise) auf die Veränderung der Landnutzung zu berechnen, auf der anderen Seite gibt es auch Auskunft darüber, wie sich die ökonomische und soziale Situation der landwirtschaftlichen Haushalte unter verschiedenen Rahmenbedingungen entwickelt. Der Artikel präsentiert drei Szenarien, die mit Hilfe des Modells durchgespielt und in einem partizipativen Prozess mit lokalen Stakeholdern diskutiert wurden.

Problemlage und Fragestellung

Mit der Industrialisierung der Landwirtschaft und der Verfügbarkeit von Maschinen und industriell gefertigten Düngemitteln wurden Nährstofflimitierungen in der agrarischen Produktion aufgehoben. Somit entstand die Möglichkeit, die früher auf Grund der Notwendigkeiten, einen Nährstoffkreislauf auf betrieblicher bzw. regionaler Ebene aufrecht zu erhalten, gekoppelten Bewirtschaftungsformen Ackerbau und Viehzucht von einander zu trennen. Eine Ausdifferenzierung der Agrarproduktion war die Folge. Der Ackerbau konzentriert sich heute in den Flachländern und Tieflagen, während Grünland und Viehhaltung vorwiegend im Alpenraum angesiedelt sind (KRAUSMANN 2006). Die zunehmende Marktintegration der Landwirtschaft und die enorme Steigerung der Produktivität führten zu einer Erhöhung des ökonomischen Drucks auf die Landwirte. Mit dem Beitritt zur EU und der Einrichtung nationaler Förderungen, die darauf abzielen, ökonomische und politische Anreize für eine Extensivierung der Produktion zu bieten, geben agrarische Subventionen – eine der wesentlichsten Einflussgrößen auf die Entscheidungen von Landwirten und somit auf die Entwicklung der österreichischen Landwirtschaft – eine neue Richtung der Landwirtschaftsentwicklung vor. Zwei Gruppen von Förderinstrumenten sind in Österreich besonders wichtig und wurden in dieser Studie explizit untersucht: Die europäischen Förderungen im Rahmen der Gemeinsamen Agrarpolitik (GAP) und das nationale ÖPUL-Programm.

Vor dem Hintergrund zunehmender struktureller Probleme in der österreichischen Landwirtschaft wurde ein agentenbasiertes Modell entwickelt, das sich speziell mit den Auswirkungen veränderter agrarischer Rahmenbedingungen auf die soziale, ökonomische und ökologische Situation der Landwirtschaft in der Untersuchungsregion beschäftigt. Folgende Fragen wurden bearbeitet:

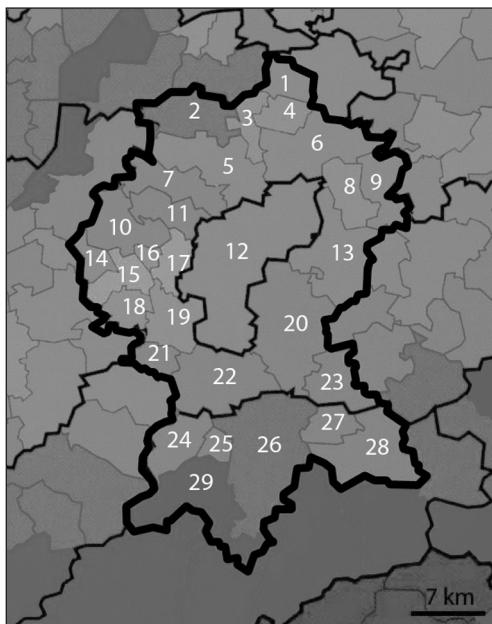


Abb. 1: Karte des Untersuchungsgebietes mit Gemeindepolygonen. Bezirk St. Pölten Land: 1 Nussdorf ob der Traisen, 2 Wölbling, 3 Statzendorf, 4 Inzersdorf-Getzersdorf, 5 Obritzberg-Rust, 6 Herzogenburg, 7 Karlstetten, 8 Kapelln, 9 Weißenkirchen an der Perschling, 10 Hafnerbach, 11 Neidling, 13 Böheimkirchen, 14 Haunoldstein, 15 Markersdorf-Haindorf, 16 Prinzersdorf, 17 Gerersdorf, 18 St. Margarethen an der Sierning, 19 Ober-Grafendorf, 20 Pyhra, 21 Weinburg, 22 Wilhelmsburg, 23 Michelbach. Bezirk St. Pölten Stadt: 12 St. Pölten. Bezirk Lilienfeld: 24 Eschenau, 25 Traisen, 26 St. Veit an der Gölsen, 27 Rohrbach an der Gölsen, 28 Hainfeld, 29 Lilienfeld. Quelle: nach ÖSTAT (1996), bearbeitet von A. COLARD & B. AIGNER. – Fig. 1: Map of the study region with municipality polygons. District St. Pölten Land: 1 Nussdorf ob der Traisen, 2 Wölbling, 3 Statzendorf, 4 Inzersdorf-Getzersdorf, 5 Obritzberg-Rust, 6 Herzogenburg, 7 Karlstetten, 8 Kapelln, 9 Weißenkirchen an der Perschling, 10 Hafnerbach, 11 Neidling, 13 Böheimkirchen, 14 Haunoldstein, 15 Markersdorf-Haindorf, 16 Prinzersdorf, 17 Gerersdorf, 18 St. Margarethen an der Sierning, 19 Ober-Grafendorf, 20 Pyhra, 21 Weinburg, 22 Wilhelmsburg, 23 Michelbach. District St. Pölten Stadt: 12 St. Pölten. District Lilienfeld: 24 Eschenau, 25 Traisen, 26 St. Veit an der Gölsen, 27 Rohrbach an der Gölsen, 28 Hainfeld, 29 Lilienfeld. Source: ÖSTAT (1996), edited by A. COLARD & B. AIGNER.

1. Welche Auswirkungen haben Veränderungen der Förderungen sowie der Agrarproduktpreise auf die soziale und wirtschaftliche Situation landwirtschaftlicher Haushalte?
2. Welchen Einfluss haben veränderte sozioökonomische Bedingungen auf Entscheidungen der landwirtschaftlichen Akteure?
3. Wie wirken sich die veränderten Entscheidungsmuster auf die Landnutzung und damit auch die Nährstoffflüsse in landwirtschaftlich geprägten Regionen aus?

Um diese Fragen mit einem agentenbasierten Modell bearbeiten zu können, wurde im Rahmen einer Fallstudie ein solches Modell für das Traisental in Niederösterreich entwickelt.

Räumlicher Bezug: Zwei Gemeinden im Traisental

Die Gebietsgrenzen der Untersuchungsregion orientieren sich an naturräumlichen Gegebenheiten und politischen Grenzen. Die Untersuchungsregion wird weitgehend durch das Einzugsgebiet der beiden Flüsse Traisen und Gölsen definiert, wobei die exakte Abgrenzung aus Gründen der Datenverfügbarkeit entlang von Gemeindegrenzen erfolgte. Entsprechend der Heterogenität der landschaftlichen Struktur liefert das Gebiet entlang der Traisen eine repräsentative Vielfalt landwirtschaftlicher Produktionsformen. Nördlich von St. Pölten Stadt überwiegen Ackerbau mit Schweinehaltung und Weinbau, gegen Süden hin wird die Region durch Grünlandwirtschaft mit Futterbau, Mutterkuh- und Milchkuhhaltung und forstwirtschaftlich dominierte Gebiete geprägt. Das Gebiet umfasst 29 Gemeinden und liegt im Bundesland Niederösterreich südlich der Donau in den politischen Bezirken St. Pölten und Lilienfeld.

In den nördlich, im Bezirk St. Pölten Umland, liegenden Gemeinden liegt der Anteil der landwirtschaftlichen Nutzfläche zwischen 30 und 70 Prozent der Gemeindefläche. Zugleich sind die Gemeinden waldärmer, nicht zuletzt auf Grund der landschaftlichen Strukturen des Oberstalpin, die für den Acker- und Weinbau attraktiver sind. Die Gemeinde Nussdorf ob der Traisen diente als Modellgemeinde für die Repräsentation des nördlichen Teils der Region. Der größte Teil der Gemeinde liegt auf einer Terrassenstufe, die mit Löß bedeckt ist und sich dementsprechend speziell für Wein- und Obstbau eignet. Die Zahl der land- und forstwirtschaftlichen Betriebe nahm in der Vergangenheit kontinuierlich ab und belief sich 1999 auf 107 Betriebe. Die dominierenden – und das Landschaftsbild prägenden – Betriebstypen sind Weinbau und andere Dauerkulturen sowie Marktfruchtbetriebe in Kombination mit Schweinehaltung. Die überwiegend (60 Prozent) im Nebenerwerb geführten Betriebe sind selten größer als 20 Hektar.

Im Gegensatz zum Norden entfallen in den im südlichen Bezirk Lilienfeld liegenden Gemeinden lediglich 5 bis 30 Prozent der gesamten Gemeindefläche auf landwirtschaftliche Kulturflächen. Hingegen liegt in den Gemeinden des Bezirkes Lilienfeld der Waldflächenanteil im Schnitt bei 50 bis 70 Prozent (STATISTIK AUSTRIA 2003 & SCHNEIDER, pers. comm.). Die Landnutzung in Hainfeld ist, typisch für den mittelgebirgigen Charakter im Süden der Untersuchungsregion, von einem hohen Anteil an forstwirtschaftlich genutzten Flächen geprägt, und innerhalb der landwirtschaftlich genutzten Flächen dominiert erwartungsgemäß das Dauergrünland. Dazu passend weist der Viehbestand einen hohen Anteil an Rindern auf. Viele der im Nebenerwerb geführten landwirtschaftlichen Kleinbetriebe gaben zwischen 1991 und 2001 die Bewirtschaftung auf. Hainfeld stellt eine typische Mittelgebirgslandschaft dar und ist geologisch der Flyschzone zuzuordnen, wobei im Gebiet südlich der Gölsen bereits die eher kantigen, schroffen Formen der nördlichen Kalkalpenzone mit ihrem Kalk- und Dolomitgestein anschließen. Die Zahl der Betriebe ging in den letzten Jahrzehnten auf rund 100 Milchviehbetriebe oder reine Forstwirtschafts- sowie gemischte Forst- und Landwirtschaftsbetriebe zurück. Die knapp über 60 Prozent im Haupterwerb geführten Betriebe weisen durchschnittlich eine Flächenausstattung pro Betrieb zwischen 30 und 100 Hektar auf, wobei die Fläche seit 1990 leicht anstieg. Dies ist auf bereits erfolgte Hofaufgaben kleiner Nebenerwerbsbetriebe zurückzuführen, womit die freiwerdenden Flächen von den verbleibenden Landwirten zugepachtet oder gekauft wurden.

Methode

Die oben angeführten Fragestellungen erfordern eine integrierte Analyse ökologischer, sozialer und ökonomischer Faktoren und ihrer Interdependenzen. Eine Veränderung der ökonomischen Rahmenbedingung (z. B. Förderungen) bewirkt zugleich neue Präferenzen der Landwirte bezüglich Landnutzung und Arbeitszeitverwendung, hat also auch soziale und ökologische Auswirkungen. Um das Zusammenwirken dieser unterschiedlichen Faktoren analysieren und Szenarien möglicher Entwicklungen sozioökonomischer wie auch biophysischer Prozesse entwickeln zu können, wurde ein agentenbasiertes Modell entwickelt, welches mit einem Stoffflussmodell zur Berechnung von Stickstoffbilanzen verknüpft wurde.

Allgemeine Informationen zur agentenbasierten Modellierung

Agentenbasierte Modelle umfassen autonome Entscheidungseinheiten (die sogenannten Agenten), eine Umwelt in der diese interagieren und Regeln, welche die Beziehungen zwischen Agenten und ihrer Umwelt definieren und für die Abfolge von Entscheidungen und Handlungen verantwortlich sind. Die Agenten, welche als eigenständige, physische

oder virtuelle Einheiten miteinander kommunizieren und kooperieren können, weisen zentrale Eigenschaften, wie u. a. Interaktions- und Reaktionsfähigkeit, proaktives und autonomes Handeln auf (vgl. FERBER 1999).

Im Gegensatz zu Modellen der konventionellen Simulation, in denen die Akteure aggregiert dargestellt werden (*top-down*), besteht bei dieser Methode die Möglichkeit, die Entscheidungen von Akteuren individuell zu modellieren (*bottom-up*), was zu einer realitätsnahen Simulation führt. Durch die Modellierung entsteht ein sich selbst entwickelndes dynamisches System, welches einen besseren Einblick in die Prozesse und Ergebnisse von strategischen Entscheidungen erlaubt (vgl. BALDASSARRE 2001, TESFATSION 2001). Multi-Agenten-Systeme sind, anders als z. B. solche auf der Basis von Differentialgleichungen, auch Nicht-Programmierern intuitiv leicht zugänglich und ermöglichen es, biophysische und sozioökonomische Teilmodelle räumlich disaggregiert zu verknüpfen und somit beispielsweise agrar- und umweltpolitische Maßnahmen, betriebliche Landnutzungentscheidungen und Umweltprozesse abzubilden (vgl. BERGER 2004).

Die agentenbasierten Modelle für die beiden Gemeinden Nussdorf und Hainfeld wurden in einem dreijährigen Partizipationsprozess gemeinsam mit regionalen Akteuren entwickelt und im Rahmen dieses Prozesses Szenarien definiert.

Allgemeine Informationen zum Stoffflussmodell

Unter Begriffen wie Ökobilanz, Stoffflussanalyse (*substance flow analysis*), Materialflussanalyse (*material flow analysis*), physische Input-Output Tabellen (PIOT), Lebenszyklusanalyse (*life cycle assessment*) etc. werden Methoden zusammengefasst, die sich mit Importen in ein und Exporten aus einem gesellschaftlichen oder natürlichen System auseinandersetzen (vgl. BONGARDT 2002, DANIELS & MOORE 2002, DANIELS 2002, EISENMENGER et al. 2005, COLARD 2009). Die verschiedenen Ansätze gehorchen dabei streng den Regeln der ersten beiden Hauptsätze der Thermodynamik (vgl. AYRES et al. 1994, FISCHER-KOWALSKI et al. 1997). Der ursprünglich aus der Technik stammende Begriff Stoffflussanalyse wurde bereits seit langem in Produktionsprozessen angewandt, doch auch erste Untersuchungen für geographische Großräume wurden mit dieser Methode durchgeführt (vgl. BACCINI & BRUNNER 1991, BACCINI et al. 1993, BACCINI & BADER 1996). Die natürliche Komponente wurde erst in späteren Untersuchungen verstärkt berücksichtigt (vgl. DÖRFLINGER et al. 1995, MAIER et al. 1995, BRUNNER et al. 1995, PUNZ et al. 1996), was letztlich zur Entwicklung der Methode der „Ökosystemaren Struktur- und Stoffflussanalyse“ (ÖSSA) führte. Die ÖSSA berücksichtigt natürliche und anthropogene Material-, Stoff- und Energieflüsse. Sie wird hauptsächlich zur Berechnung von kommunalen und regionalen Energie-, Wasser-, Kohlenstoff- und Stickstoffbilanzen verwendet und besteht aus einer flächenbasierten Strukturanalyse mit anschließender Detailanalyse des Ökosystems (vgl. MAIER et al. 1997, GEISLER et al. 1999, MAIER & PUNZ 2004, PUNZ & MAIER 2006, COLARD 2009).

Für die Untersuchungen der landwirtschaftlichen Betriebe der beiden Gemeinden Nussdorf und Hainfeld wurden Stickstoffbilanzen nach der Methode der ÖSSA für die Prozesse „Land- und Viehwirtschaft“ sowie „Forstwirtschaft“ durchgeführt. Die Berechnungen für die beiden Untersuchungsgemeinden wurden jeweils für den Ist-Zustand und die im Partizipationsprozess definierten Szenarien durchgeführt.

Folgende Parameter bilden die Schnittstelle zwischen agentenbasiertem Modell und Stoffflussmodell (vgl. HABERL et al. 2007): Flächennutzung in Hektar, Erntedaten in Kilogramm pro Hektar, Stickstoffdünger pro Hektar und Viehstückzahlen in Großviecheinheiten.

Modelldesign

Jeder im agentenbasierten Modell abgebildete Agent stellt einen Landwirtschaftsbetrieb dar, der durch mehr als 50 verschiedene Merkmale charakterisiert ist. In Anlehnung an die Daten in der Statistik (STATISTIK AUSTRIA 2003) werden Forstbetriebe, Futterbaubetriebe, Gemischtbetriebe, Marktfruchtbetriebe, Dauerkulturbetriebe und Veredelungsbetriebe unterschieden. Demographische Eigenschaften wie z. B. die Anzahl der Bewohner im Haushalt und die Alters- und Geschlechterstruktur werden ebenfalls aufgenommen. Gemäß der drei zentralen Dimensionen der Nachhaltigkeit werden die Eigenschaften und Merkmale der landwirtschaftlichen Betriebe den drei Bereichen Soziales, Ökonomie und Ökologie zugeordnet:

- Ökologische Dimension: Landnutzung wird durch die bewirtschaftete Fläche, differenziert nach Wald, Acker und Grünlandfläche sowie durch die Intensität der Bewirtschaftung, differenziert nach biologischer, konventioneller und intensiver Landwirtschaft abgebildet. Weiters wird abhängig von der zugeteilten Flächenausstattung für jeden landwirtschaftlichen Haushalt der Tierbestand – gegliedert nach Rindern, Milchkühen und Schweinen – ermittelt.
- Ökonomische Dimension: Das betriebliche Einkommen beschreibt die ökonomische Situation jedes einzelnen Haushaltes und setzt sich aus dem land- und forstwirtschaftlichen Ertrag (je nach Fläche, Kulturart und Standarddeckungsbeitrag), den Förderungen (GAP, ÖPUL, Ausgleichszahlung) und dem außerbetrieblichen Einkommen zusammen.
- Soziale Dimension: Für die soziale Dimension wurde die Arbeitsbelastung als Parameter gewählt. Diese zeigt, wie viel Zeit auf Basis der am Betrieb lebenden Menschen, in Abhängigkeit von deren Geschlecht und Alter, maximal zur Verfügung steht, um den landwirtschaftlichen Haushalt zu bewirtschaften. Inkludiert ist dabei auch jene Zeit, die für Hausarbeit und außerlandwirtschaftliche Tätigkeiten aufgewendet wird.

Weitere wichtige Merkmale, die in das Modell einfließen, beziehen sich unter anderem auf die Familienstruktur, die Hof-Nachfolge, die Frage ob der Betrieb im Haupt- oder Nebenerwerb geführt wird und ob die Betreiber expansiv agieren.

Die Umwelt der Agenten umfasst sowohl naturräumliche Gegebenheiten als auch deren wirtschaftliches (z. B. Agrarproduktpreise, Förderungen), soziales (z. B. Arbeitsmarkt) und politisches Umfeld. Die Agenten verfügen über eine Sensorik, mit deren Hilfe sie Teile ihrer Umwelt wahrnehmen. Die Betriebe entscheiden einmal pro Jahr über neue Landnutzungsmuster und den Einsatz ihrer Arbeitszeit. Die konkreten Entscheidungen der Betriebe werden von ihrer internen Struktur – z. B. die Anzahl der landwirtschaftlichen Arbeitskräfte am Hof – und durch Rahmenbedingungen wie u. a. Agrarproduktpreisen und Förderungen beeinflusst. Die landwirtschaftlichen Betriebe haben als Agenten die Möglichkeit, unterschiedlich gewichteten Wahrscheinlichkeiten folgend, auf Veränderungen ihrer Umwelt (z. B. Reduktion der landwirtschaftlichen Förderungen) zu reagieren und eine Reihe von Aktionen zu setzen: Intensivieren, Verkleinern, Expandieren, Extensivieren, Hof aufgeben, Produktion umstellen, in den Nebenerwerb gehen, externe Arbeitskräfte aufnehmen, Direktvermarktung usw.

Die Interaktion der landwirtschaftlichen Betriebe untereinander besteht aus dem Pachten und Verpachten von Fläche: Am Pachtmarkt werden Pacht- und Verpachtangebote gesammelt und Pachtgeschäfte abgeschlossen. Ein Pachtgeschäft kommt nur dann zustande, wenn Pächter und Verpächter innerhalb einer bestimmten maximalen Distanz von

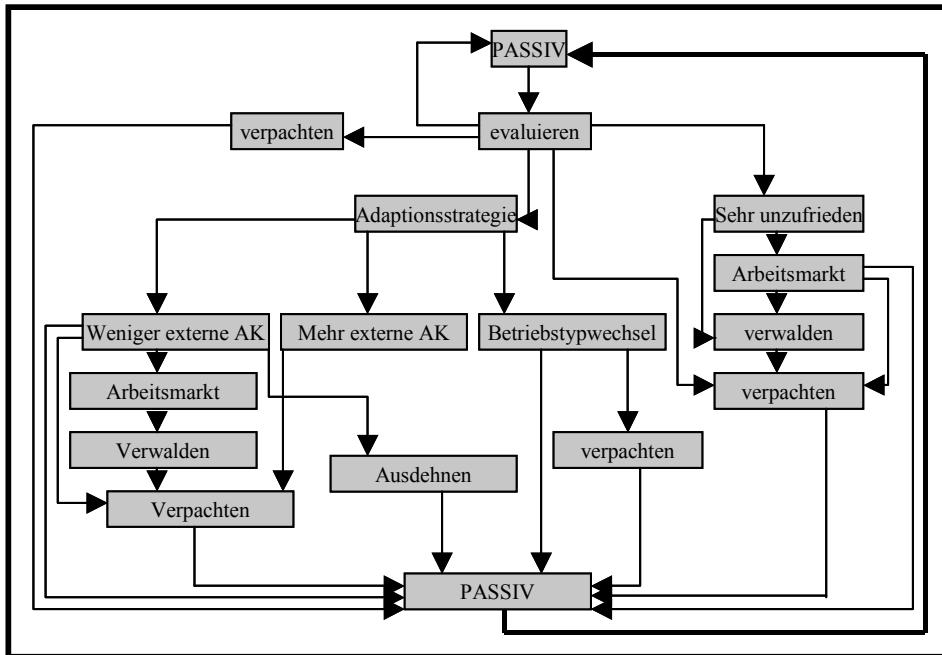


Abb. 2: Beispiel für einen Entscheidungsbaum eines landwirtschaftlichen Betriebes (AK = Arbeitskraft). Quelle: eigene Darstellung. – Fig. 2: Example for a decision-tree of a single farm (AK = worker). Source: own diagram.

einander liegen – die Interviews mit den ExpertInnen bestätigen, dass ab einer Distanz von mehr als 20 Kilometer kaum gepachtet wird. Kommen für einen Pächter mehrere Verpächter in Frage, wird zufällig ein Pächter bzw. Verpächter ausgewählt.

Das Modell wurde mit der auf der Programmiersprache Java basierenden Modellierungs- und Simulationssoftware AnyLogic implementiert. Für die Initialisierung der Merkmale jedes einzelnen landwirtschaftlichen Betriebes beim Start der Modellsimulation waren Daten über die Betriebe der Gemeinden wie Erwerbsstruktur, durchschnittliche Größe, Betriebstyp aber auch Daten zur Flächennutzung und Demografie der Gemeinde erforderlich. Es mussten Daten aus verschiedenen Quellen zusammengeführt werden, um homogene, stichhaltige Datenblätter auf Betriebsebene zu erstellen. Die Methoden, die dabei zur Anwendung kamen, waren im Wesentlichen Zufallsverfahren. Differenziert nach Betriebstypen, Flächen, Tierbestand usw. wurde zufällig rund um den aus der Statistik stammenden Mittelwert verteilt. Auf Basis der Familienstruktur wurden die landwirtschaftlichen Betriebe mit Einkommen und verfügbarer Arbeitszeit ausgestattet. Die Summe der Parameter aller Betriebe einer Gemeinde reproduzieren die Zahlen aus der Statistik auf Gemeindeebene.

Neben dieser – auf empirischen Daten beruhenden – Strukturbeschreibung, galt es, die Verhaltenslogik der einzelnen Betriebe abzubilden. Die dazu benötigten qualitativen Informationen über innerbetriebliche Entscheidungsabläufe stammen einerseits aus Experteninterviews mit der Agrarberatungsfirma Agrarplus, andererseits aus zahlreichen

Interviews und Treffen von Fokusgruppen, die im Rahmen des 36 Monate andauernden Partizipationsprozesses durchgeführt wurden.

Partizipationsprozess

Für ein ganzheitliches Verständnis von Landnutzungsdynamiken und Raumentwicklung sind die involvierten sozialen Akteure, ihre Problemwahrnehmungen, ihre Interessen, ihre Verflechtungen und ihr soziales Handeln von hoher Bedeutung. Die involvierten regionalen Akteure spielten eine zentrale und aktive Rolle bei der Entwicklung des Modellkonzeptes und wurden frühzeitig und langfristig in den Prozess eingebunden.

Im Ablauf der Modellentwicklung bzw. -verfeinerung wurde zunächst ein konzeptionelles Modell entworfen. Dieses wurde mit der Software AnyLogic implementiert, sodass ein erstes Simulationsmodell entstand. Diese erste Version des Computermodells wurde danach wieder den Stakeholdern präsentiert und gemeinsam mit ihnen diskutiert, mit dem Ziel, das zugrunde liegende heuristische Modell weiter zu verfeinern und die so gewonnenen Erkenntnisse wiederum in die Formalisierung und Simulation einfließen zu lassen. Derartige Modellverfeinerungsschleifen fanden mehrere Male statt, bis letztlich die finale Version des Modells vorlag.

Im Rahmen der Modellverfeinerung wurden Experteninterviews mit EntscheidungsträgerInnen, InteressensvertreterInnen und LandwirtInnen sowie Fokusgruppentreffen in der Region durchgeführt. Ziel war es, Informationen über die Entscheidungsabläufe unterschiedlicher landwirtschaftlicher Betriebsführer zu gewinnen und die Auswirkungen sich verändernder Rahmenbedingungen auf deren Entscheidungsfindung abschätzen zu können.

Die Interviews wurden in Form von Leitfaden-Interviews geführt, die sich an dem Prinzip der Offenheit anlehnten, wobei sich die Auswertungsmethode an den Prinzipien der Grobanalyse orientierte (FROSCHAUER & LUEGER 1992).

Die Einrichtung einer Fokusgruppe (LITTIG & WALLACE 1997) stellte ein weiteres Element der Felderhebung in der Region dar. Eine Fokusgruppe bestehend aus sechs Bäuerinnen der Region und drei Vertreterinnen der Landwirtschaftskammer wurde eingerichtet. Diese Gruppe kam zum ersten Mal nach dem Abschluss der Interviews zusammen, um die aus den Interviewtranskripten entwickelten Thesen über Zeitverwendung und Entscheidungsstrukturen am bäuerlichen Betrieb zu diskutieren. Im Zuge der weiteren Modell-evaluation und der Szenarienentwicklung traf sich diese Gruppe dann noch weitere drei Mal. Gemeinsam mit den Teilnehmerinnen der Fokusgruppe wurden im Anschluss an die Modellentwicklung und -verfeinerung drei verschiedene Szenarien definiert.

Definition der Szenarien

Als Zukunftsannahme für die beiden untersuchten Fallbeispiele Nussdorf ob der Traisen und Hainfeld wurden die drei Szenarien Trend-, Globalisierungs- und Nachhaltigkeits-szenario entwickelt und in weiterer Folge im Computermodell berechnet und visualisiert. Grundlage für die Diskussion und Definition der beiden Nicht-Trendszenarien war eine Reihe globaler bzw. auf EU-Ebene angesiedelter Szenarien aus der Literatur. Herangezogen wurden unter anderen die SRES Szenarien (NAKICENOVIC & SWART 2000), Scenarios Europe 2010 (BERTRAND et al. 1999), Future environments of Europe (STIGLIANI et al. 1989) und Szenarien zum Globalen Wandel (ALCAMO et al. 1996, LEEMAN et al. 1996). Die drei Szenarien basieren auf deutlich unterschiedlichen sozioökonomischen Entwicklungen und sind sowohl auf globaler wie auch auf regionaler Ebene definiert (Tab.1)

Tabelle 1: Überblick über die wichtigsten Annahmen in den drei Szenarien. Quelle: Eigene Annahmen, festgesetzt in Diskussion mit lokalen Stakeholdern und ExpertInnen der Bundesanstalt für Agrarwirtschaft. – Table 1: Overview of the most important assumptions for the three scenarios. Source: Own assumptions, developed during discussions with local stakeholders and experts of the Bundesanstalt für Agrarwirtschaft.

| | Trendszenario | Globalisierungsszenario | Nachhaltigkeitsszenario |
|---------------------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| Außenlandwirtschaftlicher Stundenlohn | 10 €/h | 8 €/h | 12 €/h |
| GAP-Förderung | Reduktion um 25 Prozent | Reduktion um 80 Prozent | gleichbleibend |
| ÖPUL-Förderung | Reduktion um 15 Prozent | Reduktion um 80 Prozent | Anstieg um 10 Prozent |
| Ausgleichszahlung | gleichbleibend | Reduktion um 80 Prozent | Anstieg um 10 Prozent |
| Preis konventioneller Produkte | gleichbleibend | Reduktion um 20 Prozent | Anstieg um 10 Prozent |
| Kosten konventioneller Produkte | gleichbleibend | Reduktion um 20 Prozent | Anstieg um 10 Prozent |
| Preis für Bioprodukte | gleichbleibend | Reduktion um 20 Prozent | gleichbleibend |
| Kosten für Bioprodukte | gleichbleibend | Reduktion um 20 Prozent | gleichbleibend |

Im Trendszenario gibt es keine gravierende Preisveränderung, weder für konventionell hergestellte Produkte noch für Bioprodukte, ebenso werden auch keine groben Veränderungen bei den anfallenden Kosten erwartet. Sowohl die EU-Förderungen (GAP), als auch die nationalen Förderungen (ÖPUL) werden dem Trend der letzten Jahre folgend um 15 bis 25 Prozent sinken. Unverändert bleiben die Bedingungen einschließlich durchschnittlichen Stundenlohns am regionalen Arbeitsmarkt. Ebenso wird der Trend, dass die Anzahl potentieller Hofnachfolger sinkt, fortgeschrieben.

Das Globalisierungsszenario ist geprägt durch eine allgemeine Verschlechterung der ökonomischen Situation der Landwirte. Bei allen Subventionen kommt es zu einem drastischen Absinken der Zahlungen. Auch die Erwerbsmöglichkeiten durch den Vertrieb landwirtschaftlicher Produkte verschlechtern sich durch eine Abnahme sämtlicher Preise um 20 Prozent. Nach Einschätzung der Experten werden in diesem Szenario allerdings auch die Kosten für die Produktion um denselben Prozentsatz sinken. Die Bedingungen am außenlandwirtschaftlichen Arbeitsmarkt bleiben unverändert, nur der Stundenlohn fällt um 20 Prozent.

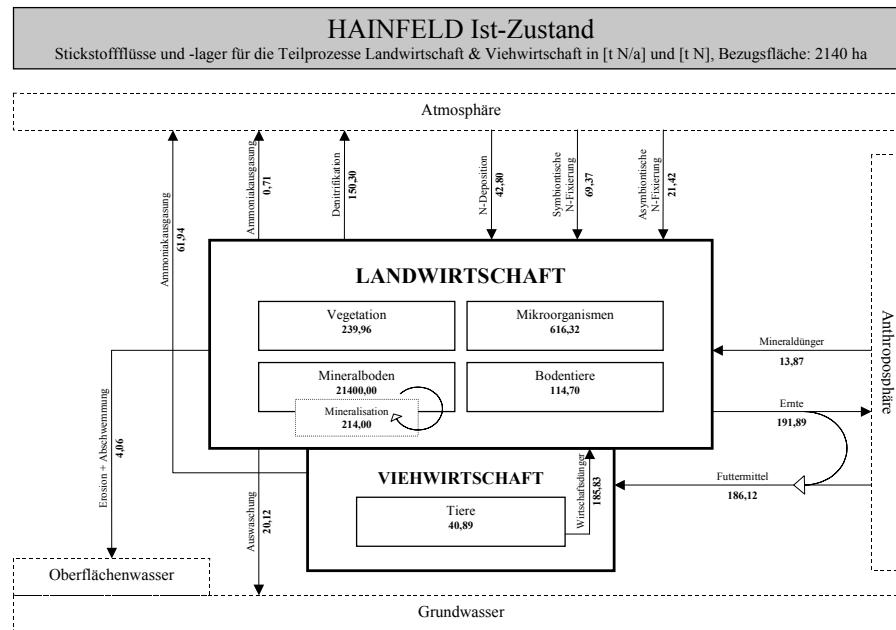
Auch in einem Nachhaltigkeitsszenario werden laut Einschätzungen von Experten der niederösterreichischen Landeslandwirtschaftskammer und Landesregierung sowie der Agrarmarkt Austria die Förderungen etwa auf dem derzeitigen Niveau stagnieren bzw. die nationalen Subventionen werden leicht ansteigen (plus 10 Prozent). Preise wie Kosten für konventionelle Produkte werden leicht ansteigen, dagegen bleiben die Preise und Kosten der Bioprodukte auf heutigem Niveau. Zusätzlich verbessern sich die Bedingungen am außenlandwirtschaftlichen Arbeitsmarkt. Der Stundenlohn steigt im Durchschnitt um 20 Prozent, da in einem Nachhaltigkeitsszenario „gerechtere“ Löhne gezahlt werden, die, nachdem die Produkte mehr kosten, ebenso steigen müssen.

Ergebnisse und Diskussion der Szenarioanalyse

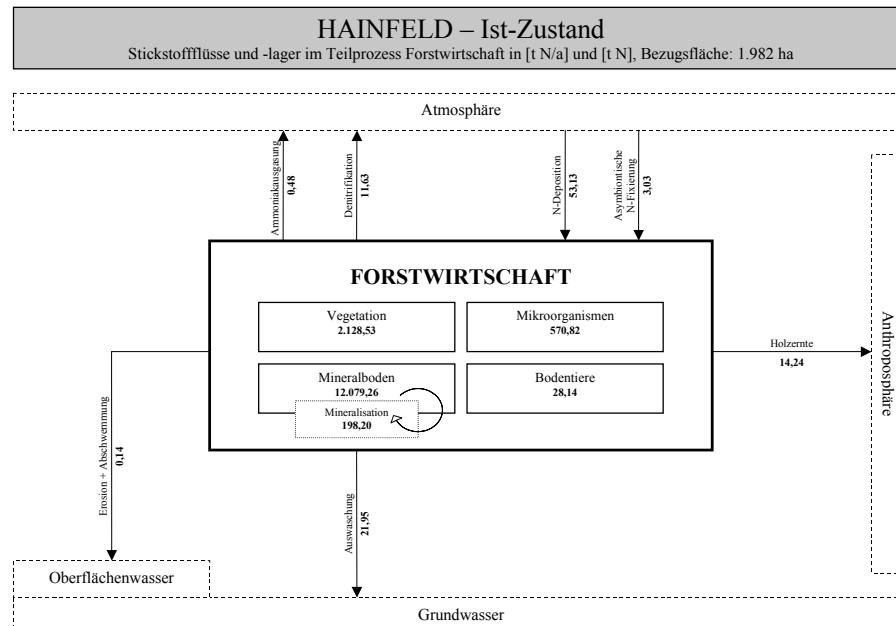
Trotz der unterschiedlichen naturräumlichen Situation und der damit einhergehenden unterschiedlichen Produktionsschwerpunkten der beiden Fallstudiengemeinden, weisen viele Entwicklungen unter den drei Szenarienannahmen in beiden Gemeinden ähnliche Trends auf. Die in diesem Kapitel dargestellten Ergebnisse blenden Spezifika der einzelnen Gemeinden aus und erlauben es so, allgemeine Schlüsse für die gesamte Untersuchungsregion zu ziehen. Ergebnisse auf Gemeindeebene für eine Vielzahl an Modelloutputs (Aufgabe von Betrieben, Betriebstypwechsel, Betriebseinkommen, Arbeitszeit u. v. a.) können in ADENSAM et al. 2007 nachgelesen werden.

Tabelle 2: Überblick über die wichtigsten Ergebnisse der drei Szenarien für die Gemeinden Hainfeld und Nussdorf ob der Traisen. – Table 2: Overview of the key results of the three scenarios calculated for the municipalities Hainfeld and Nussdorf ob der Traisen.

| | HAINFELD | | | | NUSSDORF TRAISEN | | | |
|--|----------|--------|--------|--------|------------------|--------|--------|--------|
| | Start | Trend | Sust | Glob | Start | Trend | Sust | Glob |
| Anzahl der Betriebe gesamt | 101 | 49 | 56 | 27 | 105 | 59 | 77 | 34 |
| Anzahl der Biobetriebe | 7 | 1 | 5 | 2 | 9 | 9 | 9 | 6 |
| Anzahl der Intensiven Betriebe | 3 | 1 | 1 | 17 | 3 | 1 | 2 | 25 |
| Anzahl der Konventionellen Betriebe | 91 | 47 | 50 | 8 | 93 | 49 | 66 | 1 |
| Anzahl der Dauerkulturbetriebe | 3 | 3 | 3 | 2 | 88 | 48 | 61 | 30 |
| Anzahl der Forstbetriebe | 22 | 15 | 10 | 6 | 4 | 2 | 3 | 2 |
| Anzahl der Forst-gemischt Betriebe | 16 | 4 | 6 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Anzahl der Marktfruchtbetriebe | 5 | 3 | 8 | 7 | 13 | 9 | 10 | 2 |
| Anzahl der Milchbetriebe | 39 | 12 | 18 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Anzahl der Mutterkuhbetriebe | 7 | 10 | 7 | 3 | 0 | 0 | 3 | 1 |
| Anzahl der Veredelungsbetriebe | 3 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Anzahl der Stiermastbetriebe | 6 | 1 | 3 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Anzahl der Nebenerwerbsbetriebe | 54 | 29 | 33 | 20 | 52 | 28 | 43 | 16 |
| Anzahl der Vollerwerbsbetriebe | 47 | 20 | 23 | 7 | 53 | 31 | 34 | 18 |
| außerlandwirtschaftliche Arbeitszeit pro Betrieb [h] | 2.725 | 8.238 | 7.002 | 9.557 | 2.737 | 5.982 | 4.714 | 7.566 |
| landwirtschaftliche Arbeitszeit pro Betrieb [h] | 3.341 | 3.601 | 4.098 | 3.290 | 3.440 | 4.404 | 3.949 | 6.612 |
| Durchschnittsfläche pro Betrieb [ha] | 41 | 45 | 47 | 37 | 18 | 25 | 21 | 26 |
| Ackerfläche [ha] | 187 | 109 | 153 | 54 | 800 | 698 | 739 | 376 |
| Grünlandfläche [ha] | 1.977 | 1.068 | 1.298 | 456 | 72 | 52 | 60 | 20 |
| Waldfläche [ha] | 1.982 | 2.944 | 2.670 | 3.610 | 980 | 1.112 | 1.063 | 1.465 |
| Milchkühe [Stk] | 1.050 | 945 | 1.086 | 650 | 39 | 31 | 31 | 15 |
| Rinder gesamt [Stk] | 2.294 | 1.224 | 1.603 | 555 | 122 | 105 | 113 | 55 |
| Schweine [Stk] | 66 | 21 | 28 | 5 | 39 | 33 | 36 | 19 |
| Brutto-Jahreseinkommen pro Person [Euro] | 11.870 | 24.290 | 27.455 | 21.322 | 14.866 | 27.253 | 30.863 | 27.679 |
| außerlandw. Brutto-Einkommen pro Person [Euro] | 6.010 | 18.689 | 18.379 | 18.939 | 6.180 | 13.980 | 13.443 | 14.596 |
| landw. Brutto-Einkommen pro Person [Euro] | 1.122 | 637 | 2.014 | 1.117 | 4.718 | 6.550 | 11.689 | 9.667 |
| Gesamtstickstoff-Input Landwirtschaft [t N/a] | 333 | 203 | 251 | 102 | 114 | 84 | 104 | 71 |
| Gesamtstickstoff-Input Viehwirtschaft [t N/a] | 186 | 128 | 154 | 78 | 19 | 8 | 9 | 5 |
| Gesamtstickstoff-Input Forstwirtschaft [t N/a] | 48 | 72 | 65 | 88 | 31 | 35 | 33 | 46 |
| Gesamtstickstoff-Output Landwirtschaft [t N/a] | 367 | 201 | 247 | 87 | 104 | 88 | 95 | 47 |
| Gesamtstickstoff-Output Viehwirtschaft [t N/a] | 248 | 171 | 207 | 114 | 21 | 10 | 11 | 6 |
| Gesamtstickstoff-Output Forstwirtschaft [t N/a] | 56 | 83 | 76 | 102 | 28 | 32 | 30 | 42 |
| Gesamtstickstoff-Lager Landwirtschaft [t N] | 22.371 | 12.302 | 15.163 | 5.330 | 9.171 | 7.797 | 8.274 | 4.116 |
| Gesamtstickstoff-Lager Viehwirtschaft [t N] | 41 | 28 | 34 | 17 | 2,4 | 1,6 | 1,8 | 0,9 |
| Gesamtstickstoff-Lager Forstwirtschaft [t N] | 14.807 | 21.993 | 19.947 | 26.969 | 7.645 | 8.675 | 8.292 | 11.428 |

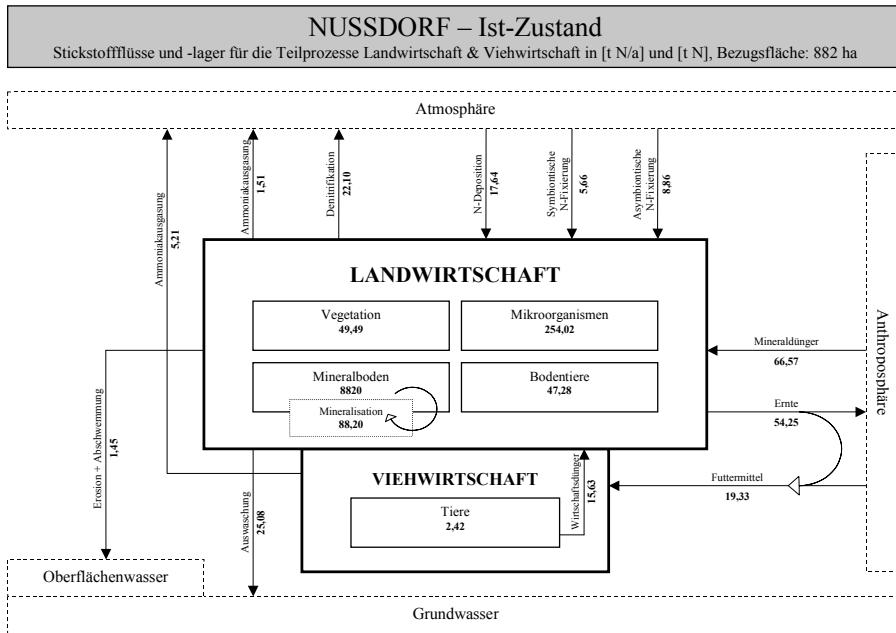


a

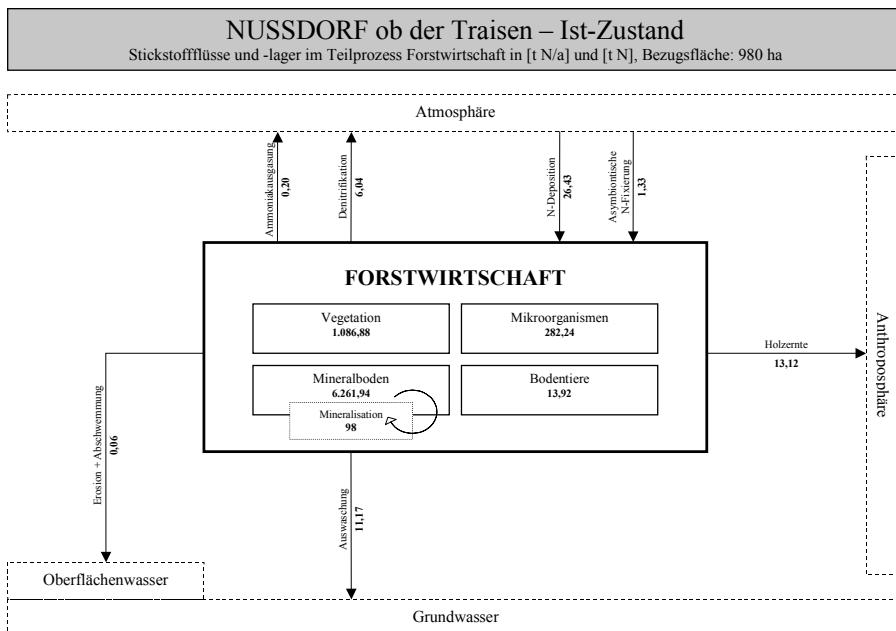


b

Abb. 3a,b: Stickstofflager und -flüsse für die Prozesse Landwirtschaft und Forstwirtschaft in Hainfeld. – Fig. 3a,b: Nitrogen stores and flows for the processes farming and forestry in Hainfeld.



a



b

Abb. 4a,b: Stickstofflager und -flüsse für die Prozesse Landwirtschaft und Forstwirtschaft in Nussdorf ob der Traisen. – Fig. 4a,b: Nitrogen stores and flows for the processes farming and forestry in Nussdorf ob der Traisen.

Tabelle 2 zeigt einen Überblick über die Veränderungen der wichtigsten Parameter für die beiden Fallstudiengemeinden Hainfeld und Nussdorf ob der Traisen in den drei Szenarien. Kernergebnisse aller Szenarienanalysen zeigen, dass unter jeder Annahme die landwirtschaftliche Nutzfläche zurückgeht. Sogar im für die Landwirtschaft relativ günstigen Nachhaltigkeitsszenario kommt es zu einer Reduktion der landwirtschaftlichen Fläche vor allem im Grünlandgebiet. Die Tendenz einer Konzentration auf wenige, intensiv wirtschaftende größere Betriebe, die schon seit einiger Zeit beobachtbar ist, setzt sich in allen drei Szenarien fort. Im Globalisierungsszenario ist der Rückgang der Anzahl der landwirtschaftlichen Betriebe am höchsten. Die übrigen Betriebe finden relativ gute Lebens- und Arbeitsbedingungen vor (d. h. geringe Überlastung, relativ gutes Einkommen). Auf den ersten Blick kontraintuitiv war das Ergebnis, dass eine Stärkung des regionalen Arbeitsmarktes nicht etwa Arbeitskraft aus der Landwirtschaft abzieht, sondern eher dazu beiträgt, Landwirtschaft aufrecht zu erhalten, indem es möglich wird, den Betrieb durch einigermaßen attraktive außerlandwirtschaftliche Arbeit zu stabilisieren.

Abbildung 3 und 4 zeigen Ist-(Start-)Zustandsanalysen der Stoffflussberechnungen bezogen auf den Parameter Stickstoff, jeweils für die Prozesse Land- und Vieh- sowie Forstwirtschaft (eigene Darstellungen). Darin werden Stickstoffeinträge in einen Prozess als Inputpfeile und Stickstoffausträge aus einem Prozess als Outputpfeile dargestellt; weiters werden Herkunfts- und Zielprozesse angeführt (z. B. Mineraldünger als Eintrag aus der Anthrophosphäre in die Landwirtschaft oder Ammoniakausgasung als Austrag aus der Viehwirtschaft in die Atmosphäre etc.). Lager werden in den Prozessen als kleinere Kästchen graphisch berücksichtigt (z. B. Vegetation, Mineralboden, Tiere etc.); Mineralisation wird als Mischform zwischen Fluss und Lager gesehen und im Stoffflussdiagramm innerhalb des Lagers Mineralboden als Teilprozess bzw. Kreislauf dargestellt. Alle Flüsse und Lager sind mit den Ergebnissen der nach der Methode der ÖSSA durchgeführ-

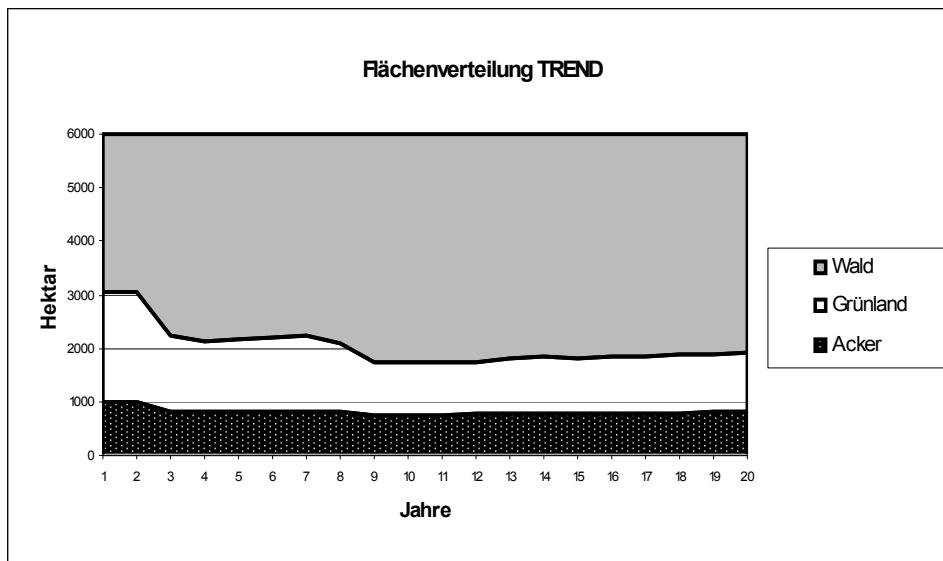


Abb. 5: Entwicklung der Flächen Acker, Grünland und Wald in Hainfeld und Nussdorf unter den Rahmenbedingungen des Trendszenarios. Quelle: eigene Abbildung. – Fig. 5: Development of the land use categories arable land, grassland and forest in Hainfeld and Nussdorf under the framework conditions of the Trend scenario. Source: own diagram.

ten Stickstoffberechnungen versehen. Mit Hilfe der Stoffflussdiagramme kann man die wichtigsten Flüsse und Lager der unterschiedlichen Prozesse auf den ersten Blick quantifizieren und ihre Wechselwirkungen zueinander erkennen.

Trendszenario

Die Anteile von Acker und Grünland gehen in Summe erheblich zurück. Im selben Ausmaß steigt die Größe der Waldflächen und der brachliegenden Flächen, welche auf längere Sicht gesehen ebenfalls verwaldeten werden (Abb. 5). Berechnungen für die Gemeinde Hainfeld weisen eine Abnahme der Grünlandfläche von nahezu 50 Prozent auf. In Nussdorf wird innerhalb der nächsten 20 Jahre ein Rückgang der Acker- und Grünlandfläche von etwa 20 Prozent prognostiziert.

Die Anzahl der Betriebe sinkt stärker als die bewirtschaftete landwirtschaftliche Fläche, wodurch die verbleibenden Betriebe im Durchschnitt pro Betrieb mehr Fläche bewirtschaften. Der Rückgang landwirtschaftlicher Betriebe fällt dabei im Grünlandgebiet stärker aus als im Acker- und Weinbaugebiet. Die Anzahl der intensiv oder biologisch wirtschaftenden Betriebe umfasst bereits bei der Initialisierung insgesamt unter 10 Prozent aller Betriebe, somit fällt deren Reduktion während des Modelllaufes kaum ins Gewicht. Hingegen bedeutet die fünfzigprozentige Reduktion der Anzahl an ÖPUL-Betrieben nahezu eine Halbierung der Anzahl aller ansässigen konventionell wirtschaftenden Betriebe. Bei der Entwicklung einzelner Betriebstypen muss man zwischen den beiden Fallstudien deutlich unterscheiden. In Nussdorf bleiben die Dauerkulturbetriebe dominant, wenngleich auch hier die Anzahl der Betriebe dem Rücklauf der Gesamtzahl der Betriebe folgend deutlich abnimmt. Diese Tendenz äußert sich ebenfalls in der Analyse der Stickstoffflüsse, wo der Input in die Landwirtschaft um ca. 26 Prozent und die Summe der Stickstoff-Outputs sowie das Gesamtstickstoff-Lager gegenüber dem Ist-Stand jeweils um rund 15 Prozent abnehmen. In Hainfeld nimmt die Zahl der Milchbetriebe, der ursprünglich dominierende Betriebstyp, im Modelllauf deutlich ab, sodass nach 20 Jahren die in geringerem Maße reduzierten Forstbetriebe zahlenmäßig am stärksten vertreten sind. Die Stoffflussanalyse zeigt allgemein einen deutlichen Rückgang der Stickstoffeinträge aus der Viehwirtschaft von rund 31 Prozent. Umgekehrt verhält es sich bei den Stickstoffeinträgen aus der Forstwirtschaft, wo es aufgrund der absoluten Zunahme von Waldflächen im Trendszenario zu einem Anstieg um rund 50 Prozent gegenüber dem Ist-Zustand kommt.

Das durchschnittliche Brutto-Einkommen pro Person verdoppelt sich auf etwa 28.000 Euro pro Jahr, wobei das außerlandwirtschaftliche Brutto-Einkommen stets höher als das landwirtschaftliche ist. Vor allem im Grünland wird die Differenz der beiden Einkommensquellen deutlich, wo schließlich auch ein großer Teil der landwirtschaftlichen Betriebe aufgibt und die Bewohner einem außerlandwirtschaftlichen Erwerb nachgehen. Wie beim Einkommen liegt die außerlandwirtschaftliche Arbeitszeit über der landwirtschaftlichen um das Doppelte auf etwa 6.000 Stunden pro Betrieb im Weinbaugebiet und auf über 8.000 Stunden pro Betrieb im Grünlandgebiet. Die leicht sinkende Arbeitszeit für Reproduktion weist auf die geringere Anzahl der zukünftig am Hof lebenden Menschen hin.

Zusammenfassend zeigt das Trendszenario eine Fortführung der Entwicklungen der letzten Jahre im Landwirtschaftssektor auf. Es entsteht der Eindruck, dass sich der Strukturwandel bei gleich bleibender Entwicklung der ökonomischen Anreize und Rahmenbedingungen für die Landwirtschaft noch einige Jahre fortsetzen dürfte. Nach etwa zehn Jahren stellt sich im Szenario schließlich ein gewisses Gleichgewicht ein. Jene Betriebe die bis dahin bestehen konnten, werden einen Weg finden, um mit einem akzep-

tablen Arbeitsaufwand und ausreichendem Einkommen unter den bestehenden Rahmenbedingungen gut zu wirtschaften und dem Landwirtschaftssektor längerfristig erhalten zu bleiben.

Globalisierungsszenario

Unter den verschärften Rahmenbedingungen des Globalisierungsszenarios kommt es zu einem sehr starken Rückzug der Landwirtschaft aus der Fläche und damit einhergehend auch zu dramatischen Veränderungen in der Landnutzung (Abb. 6). Mehr als drei Viertel der Gesamtfläche werden zu Wald beziehungsweise verwaldeter Fläche. Während die Betriebe im Weinbaugebiet noch besser mit den geänderten Rahmenbedingungen zurecht kommen und „nur“ 20 Prozent der landwirtschaftlich bewirtschafteten Fläche verloren gehen, werden im Grünland über 50 Prozent der ursprünglichen Acker- und Grünlandflächen nicht mehr bewirtschaftet.

Die Anzahl der Betriebe sinkt auf etwa ein Drittel des Ausgangswertes. Die verbliebenen Betriebe zeichnen sich durch eine gestiegene Durchschnittsfläche von etwa 30 Hektar und eine intensivere Wirtschaftsweise aus. Dass die Intensität der Bewirtschaftung zunimmt, ist dem Wegfall der ÖPUL-Förderungen geschuldet, umso mehr als es dadurch für ehemals konventionelle Betriebe keinen ökonomischen Anreiz mehr gibt, den Richtlinien der ÖPUL (welche die Intensität der Bewirtschaftung begrenzen) zu folgen. Aus diesem Grund versuchen sie, durch eine intensive Wirtschaftsweise die Einkommensverluste durch eine Ertragssteigerung wettzumachen. Vereinzelt schaffen es Biobetriebe, ihr Nischendasein zu nutzen und trotz der schlechteren Voraussetzungen bestehen zu bleiben. Während es in Nussdorf bei den Betriebstypen zu keinen gravierenden Verschiebungen kommt, brechen in Hainfeld die ursprünglich stark dominierenden Milchbetriebe fast zur Gänze weg und auch die ehemals zahlreichen Forstbetriebe verlieren an Bedeutung, während die Marktfruchtbetriebe als einzige Gruppe zulegen. Auch die Ver-

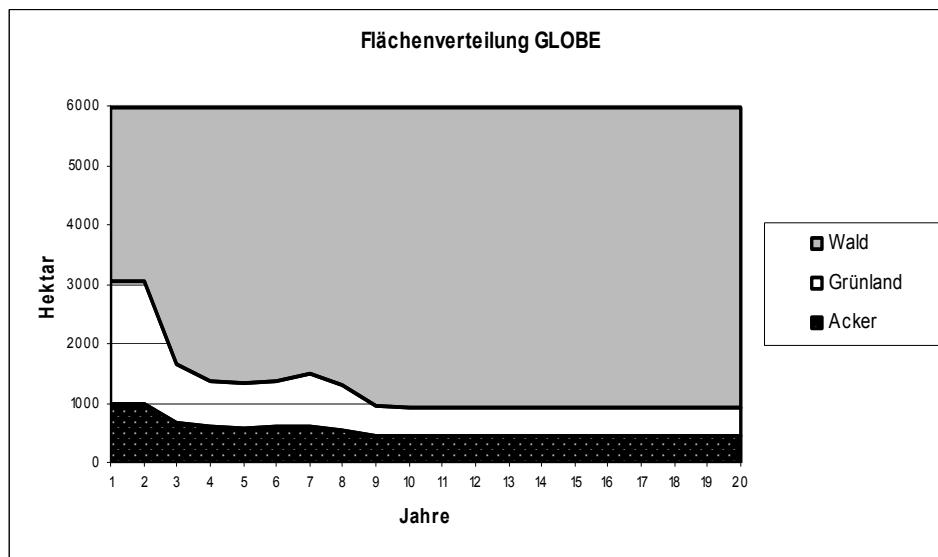


Abb. 6: Entwicklung der Flächen Acker, Grünland und Wald in Hainfeld und Nussdorf unter den Rahmenbedingungen des Globalisierungsszenarios. Quelle: eigene Abbildung. – Fig. 6: Development of the land use categories arable land, grassland and forest in Hainfeld and Nussdorf under the framework conditions of the Globe scenario. Source: own diagram.

änderung der Stickstoffeinträge in den Bereichen Landwirtschaft (minus 38 Prozent) und Viehwirtschaft (minus 74 Prozent) zeichnen für Nussdorf im Vergleich zum Ist-Stand ein ähnliches Bild. Einzig im Prozess Forstwirtschaft gibt es beim Gesamt-Stickstoffeintrag eine Zunahme von 48 Prozent, allerdings lässt sich dies aufgrund der absoluten Zunahme der Waldflächen um rund 82 Prozent gut erklären.

Das geringfügig ansteigende Einkommen je Person liegt im Weinbaugebiet tendenziell über jenem des Grünlandgebietes. Die diesem Szenario zugrunde liegenden erschweren Rahmenbedingungen bewirken eine gravierende Verschiebung der Relationen vom landwirtschaftlichen zum außerlandwirtschaftlichen Einkommen. Speziell im Grünlandgebiet stammen nach 20 Jahren etwa 95 Prozent des Gesamteinkommens aus außerlandwirtschaftlichen Tätigkeiten. In Bezug auf die Arbeitszeit ist eine Verdoppelung der Gesamtarbeitsbelastung zu erwarten. Während im Grünlandgebiet der Mehraufwand an Arbeitszeit ausschließlich im außerlandwirtschaftlichen Erwerb stattfindet, steigt im Wein- und Ackerbaugebiet die landwirtschaftliche Arbeitszeit stärker als die außerlandwirtschaftliche. Dies ist auf die landwirtschaftlichen Stundenlohnunterschiede zwischen tendenziell ärmeren Grünlandbauern und reicherem Weinbauern zurückzuführen.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass unter den Rahmenbedingungen des Globalisierungsszenarios ein Trend in Richtung einer stark zunehmenden Verwaldung sowie zur Herausbildung weniger, großer und intensiv wirtschaftender Betriebe zu erwarten ist, was sich auch mit den Erwartungen der Experten deckt.

Nachhaltigkeitsszenario

Trotz der vergleichsweise günstigen Förderbedingungen des Nachhaltigkeitsszenarios und der positiven Preisentwicklung für landwirtschaftliche Produkte kommt es auch in

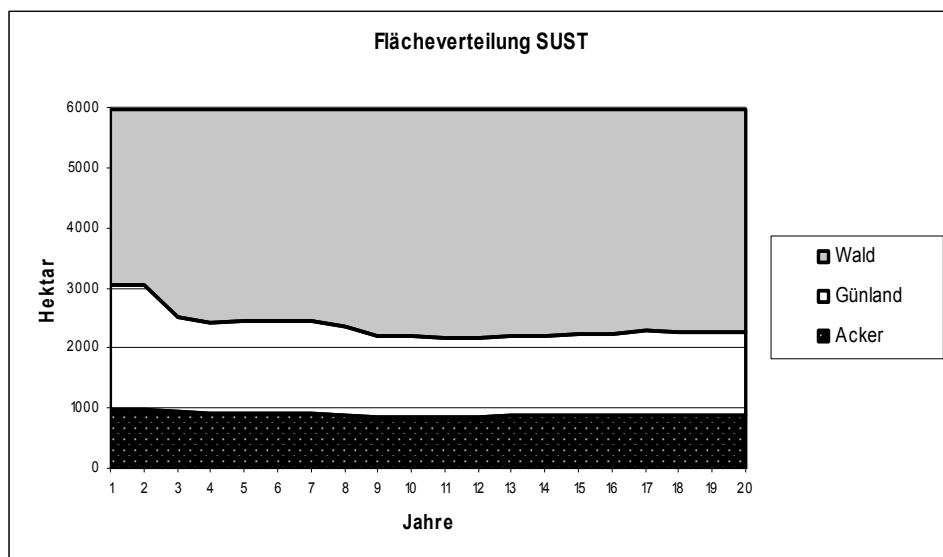


Abb. 7: Entwicklung der Flächen Acker, Grünland und Wald in Hainfeld und Nussdorf unter den Rahmenbedingungen des Globalisierungsszenarios. Quelle: eigene Abbildung. – Fig. 7: Development of the land use categories arable land, grassland and forest in Hainfeld and Nussdorf under the framework conditions of the Sust scenario. Source: own diagram.

diesem Szenario zu einer Abnahme der Acker- und Grünlandflächen und dementsprechend zu einer zunehmenden Verwaldung (Abb. 7). Während im Weinbaugebiet nur 10 Prozent der landwirtschaftlichen Fläche verloren gehen, sind es im Grünlandgebiet 35 Prozent.

Bemerkenswerterweise nimmt in beiden Gemeinden die Anzahl der Betriebe in den kommenden 20 Jahren um 50 Prozent ab. Es scheint, dass bereits die derzeit herrschenden Bedingungen so schwierig sind – besonders in Hainfeld –, dass trotz einer Verbesserung der Förder- und Preissituation viele der heutigen Betriebe aus der landwirtschaftlichen Produktion aussteigen werden. Ebenso steigt die Durchschnittsfläche je Betrieb, wenngleich in einem geringeren Ausmaß als in den anderen beiden Szenarien. Speziell im Norden der Region kommt es zu einer Verschiebung der Erwerbsart zugunsten der Nebenerwerbsbetriebe. Biobetriebe nehmen zwar in absoluten Zahlen leicht ab (minus 2 Betriebe), dennoch gewinnt die biologische Produktion in Relation zu den anderen beiden Intensitätsstufen an Bedeutung.

Betrachtet man die Entwicklung der Betriebstypen im Weinbaugebiet, so fällt auf, dass mit den Mutterkuhbetrieben eine neue Kategorie dazu kommt. Im Grünland steigt die Zahl der Marktfruchtbetriebe (wie schon im Globalisierungsszenario) und stellt damit nach Milch- und Forstbetrieben die drittstärkste Gruppe dar. Die Veränderungen in den Stickstoffeinträgen gegenüber dem Ist-Stand für Hainfeld lauten minus 24 Prozent Landwirtschaft, minus 17 Prozent Viehwirtschaft, plus 35 Prozent Forstwirtschaft; in Nussdorf sind es minus 8 Prozent Landwirtschaft, minus 53 Prozent Viehwirtschaft und plus 6,5 Prozent Forstwirtschaft.

Das Einkommen pro Person steigt in diesem Szenario erwartungsgemäß am stärksten. Auch im Vergleich von landwirtschaftlichen zu außerlandwirtschaftlichen Einkommen schneidet das landwirtschaftliche Einkommen besser ab als in den zuvor beschriebenen Szenarien, liegt aber weiterhin deutlich unter dem außerlandwirtschaftlichen Einkommen. Diametral entgegengesetzt verhält es sich mit der Arbeitszeit je Betrieb. Die Gesamtarbeitszeit steigt zwar weiter leicht an, allerdings in einem im Szenariovergleich geringeren und zum Anstieg des Einkommens in Relation stehenden Ausmaß.

Fazit des Nachhaltigkeitsszenarios ist, dass die Landwirtschaft trotz besserer Bedingungen überraschend viele Betriebe verlieren wird und auch einige Grünland- und Ackerflächen aus der Bewirtschaftung genommen werden. Allerdings wirtschaften die verbleibenden Betriebe weniger intensiv und erhalten ein faires Einkommen für die geleistete Arbeit. Bemerkenswerterweise zeigen die Ergebnisse des Nachhaltigkeitsszenarios, dass eine Stärkung des regionalen Arbeitsmarktes den Betrieben ermöglicht, vor allem durch ein stabiles und höheres Einkommen aus dem relativ attraktiven außerlandwirtschaftlichen Arbeitsmarkt, eher in der landwirtschaftlichen Produktion zu bleiben.

Ausblick

Ziel der Modellentwicklung war es, gemeinsam mit regionalen Akteuren den Einfluss von Veränderungen in den landwirtschaftlichen Förderungen auf Entscheidungen von Landwirten bezüglich ihrer Produktionsweise und in weiterer Folge auf Landnutzung und ökosystemare Stoffströme in ländlichen Regionen zu analysieren. Im Laufe der beschriebenen Projektarbeit zeigte sich, dass die gewählte Form der Modellierung – agentenbasierte Modellierung verknüpft mit ökosystemarer Stoffflussanalyse – bei den regionalen Akteuren auf großes Interesse stieß. Der Einsatz des Computermodells in den

Workshops und Fokusgruppen strukturierte und fokussierte den Diskussionsprozess. Die Tatsache, dass das Modell von Beginn an in Kooperation mit den Betroffenen entwickelt wurde und im Laufe der Modellierung Anregungen von Seiten der Akteure immer wieder aufgenommen wurden, förderte die Akzeptanz des Modells bei den Akteuren. Zweifelsohne handelt es sich bei dem vorgestellten Modell um einen ersten Schritt, an Fragestellungen wie Strukturwandel in der Landwirtschaft und der Analyse von Entscheidungen, die zu diesem Wandel führen, mit einem integrierten agentenbasierten Modell heranzutreten. Viele der modellierten Aspekte könnten weitaus detaillierter berücksichtigt werden. Dennoch bietet diese Modellversion eine gute Möglichkeit, das gekoppelte System Gesellschaft und Natur im landwirtschaftlichen Bereich zu analysieren und mit Hilfe der Szenarien Aussagen über Entwicklungsmöglichkeiten der Landwirtschaft im Traisental zu treffen.

Die Modellierung der verschiedenen Szenarien zeigt, dass der landwirtschaftliche Strukturwandel in der Untersuchungsregion noch keinesfalls abgeschlossen ist. Ökonomische Veränderungen, wie sie in den Szenarien durchgespielt wurden, führen selbst unter verhältnismäßig günstigen Annahmen, wie sie im Nachhaltigkeitsszenario unterstellt wurden, zu einem fortgesetzten Rückgang der Landwirtschaft, also zu einer weiteren Reduktion von Betrieben und der Anzahl der in der Landwirtschaft tätigen Menschen. Damit verbunden ist eine je nach Förderlandschaft und naturräumlichen Gegebenheiten unterschiedlich stark ausgeprägte Veränderung der Landnutzung. Insbesondere die Waldfächen nehmen eindeutig zu, unter anderem auch durch eine allmähliche Verwaldung von Brachflächen, sodass sich das Landschaftsbild der agrarisch geprägten Untersuchungsregion entlang der Traisen in wenigen Jahrzehnten stark wandeln könnte.

Vor allem unter der Annahme einer massiven Reduktion der landwirtschaftlichen Förderungen, wie sie im Globalisierungsszenario angenommen wurden, erscheint eine zunehmende Intensivierung der Landwirtschaft wahrscheinlich. Damit verbunden wäre eine steigende Mechanisierung der Landwirtschaft, gepaart mit einem steigenden Einsatz auf Fossilenergie basierender Dünge- und Pflanzenschutzmittel. Die Ergebnisse der Stoffflussanalysen zeigen, dass in allen betrachteten Szenarien im südlichen Teil der Region beinahe der gesamte Düngeraufwand durch den anfallenden Wirtschaftsdünger gedeckt werden kann. Im Globalisierungsszenario ist sogar mehr Dünger vorhanden, als maximal nach den gesetzlichen Vorschriften aufgebracht werden darf. Da im Gegensatz dazu die Wirtschaftsdüngerproduktion im Norden aufgrund des geringen Anteils an Viehwirtschaft nicht einmal genügt, um biologisch bewirtschaftete Flächen ausreichend zu düngen, könnte man in Erwägung ziehen, den Wirtschaftsdüngerüberschuss regional von Süden nach Norden umzuverteilen.

Besonders im Grünland hätte der prognostizierte Einbruch bei den Milchviehbetrieben einen großen Einfluss auf die Landnutzung, zumal die Milchbetriebe die hügeligen Regionen des Alpenvorlandes vor Verwaldung bewahren. Den zu Beginn des Artikels beschriebenen, nicht nachhaltigen Entwicklungen der Landwirtschaft würde dadurch weiter Vorschub geleistet.

Die Tatsache, dass sich die Landwirtschaft trotz vergleichsweise günstiger ökonomischer Rahmenbedingungen aus der Fläche zurückzieht, ist vor allem durch den Anstieg des notwendigen Arbeitsaufwandes bei gleichzeitig steigenden Freizeitbedürfnissen jüngerer (potenzieller) BetriebsführerInnen erklärbar. Dementsprechend essentiell ist zum Verständnis und zur planvollen Steuerung landwirtschaftlicher Entwicklungen, neben naturräumlichen und ökonomischen Parametern, die Berücksichtigung sozialer Faktoren wie

Zeitpräferenz, gesicherte Hofnachfolge oder das Vorhandensein eines/-er Partners/-in. Mit Stoffflussanalysen können sich AkteurInnen zudem ein Bild über die ökologischen Auswirkungen ihrer Bewirtschaftungsweise (beispielsweise konventionell versus biologisch) machen.

Literatur

- ADENSAM H., GAUBE V., HABERL H., LUTZ J., REISINGER H., BREINESBERGER J., COLARD A., AIGNER B., MAIER R. & PUNZ W., 2007: Landnutzung und landwirtschaftliche Entscheidungsstrukturen. Partizipative Entwicklung von Szenarien für das Traisental mit Hilfe eines agentenbasierten Modells. Social Ecology Working Paper No. 93, Institute of Social Ecology, Vienna.
- ALCAMO J., KREILEMAN G. J. J., BOLLEN J. C., VAN DEN BORN G. J., GERLAGH R., KROL M. S., TOET A. M. C. & DE VRIES H. J. M., 1996: Baseline scenarios of global environmental change. *Global Environmental Change* 6(4), 261–303.
- AXELROD R. (1984): *The Evolution of Cooperation*. Basic Books, New York.
- AYRES R. U. SCHLESINGER W. & SOCOLOW R., 1994: *Industrial Metabolism – Restructuring for Sustainable Development*. United Nations University Press, New York.
- BACCINI P. & BRUNNER P. H., 1991: *Metabolism of the Anthroposphere*. Springer, Berlin.
- BACCINI P., DAXBECK H., GLENCK E. & HENSELER G., 1993: Metropolis. Güterumsatz und Stoffwechselprozesse in den Privathaushalten einer Stadt. Schweizerischer Nationalfonds zur Förderung der Wissenschaft, Zürich.
- BACCINI P. & BADER H., 1996: *Regionaler Stoffhaushalt. Erfassung, Bewertung und Steuerung*. Spektrum Verlag, Heidelberg.
- BALDASSARRE G., 2001: Cultural evolution of “guiding criteria” and behaviour in a population of neural- network agents. http://jom-emit.cfpm.org/2001/vol4/baldassarre_g.html.
- BERGER T., 2004: Agentenbasierte Modellierung von Landnutzungsdynamiken und Politikoptionen. *Agrarwirtschaft* 53(2), 77–87.
- BERTRAND G., MICHALSKI A. & PENCH L., 1999: Scenarios Europe 2010: Five possible futures for Europe. Working paper; European Commission Forward Studies Unit. http://europa.eu.int/comm/cdp/scenario/resume/index_en.html, Brussels.
- BONGARDT B. P. S., 2002: Materialflussrechnung London. Social Ecology Working Paper 67. IFF – Soziale Ökologie, Wien.
- BRUNNER P. H., DAXBECK H., LAMPERT C., MORF L., OBERNOSTERER R., RECHBERGER H. & REINER I., 1995: Der anthropogene Stoffhaushalt der Stadt Wien. Stoffbilanzen. Institut für Wassergüte und Abfallwirtschaft, Abteilung Abfallwirtschaft der TU Wien.
- CEC, 2001: A Sustainable Europe for a Better World: A European Strategy for Sustainable Development. Commission of the European Communities (CEC), COM (2001) 264 final, Brussels.
- CEC, 2005: The 2005 Review of the EU Sustainable Development Strategy: Initial Stocktaking and Future Orientations. COM (2005) 37 final, Communication from the Commission to the Council and the European Parliament, Brussels.
- COLARD A. (2009): *Praxishandbuch “Stoffflussanalyse”*. Grundlagen und Methoden zur Berechnung von Material-, Stoff- und Energiebilanzen. Verlag Dr. Müller, Saarbrücken.
- DANIELS P. L. & MOORE S., 2002: Approaches for Quantifying the Metabolism of Physical Economies. Part I: Methodological Overview. *J. Industrial Ecology* 5 (4), 69–93.
- DANIELS P. L., 2002: Approaches for Quantifying the Metabolism of Physical Economies: A Comparative Survey. Part II: Review of Individual Approaches. *J. Industrial Ecology* 6 (1), 65–88.

- DE ANGELIS D. L. & MOOIJ W. M., 2005: Individual-based modeling of ecological and evolutionary processes. *Annual Reviews in Ecology, Evolution and Systematics* 36, 147–168.
- DE ANGELIS D. L. & GROSS L. J., 1992: Individual Based Models and Approaches in Ecology. Chapman und Hall, New York.
- DÖRFLINGER A. N., HIETZ P. MAIER, R., PUNZ W. & FUSSENEGGER K., 1995: Ökosystem Großstadt Wien. Quantifizierung ökologischer Parameter unter besonderer Berücksichtigung der Vegetation. Im Auftrag des Bundesministeriums für Wissenschaft und Forschung der Stadt Wien, Magistratsabteilung 22.
- EISENMINGER N., KRATOCHVIL R., KRAUSMANN F., BAART I., COLARD A., EHGARTNER C., EICHINGER M., HEMPEL G., LEHRNER A., MÜLLAUER R., NOURBAKHCH-SABET R., PALER M., PATSCH B., RIEDER F., SCHEMBERA E., SCHIEDER W., SCHMIEDL C., SCHWARZLmüLLER E., STADLER W., WIRL C., ZANDL S. & ZIKA M., 2005: Materialflüsse in den USA, Saudi Arabien und der Schweiz. *Social Ecology Working Paper 74*. IFF – Soziale Ökologie, Wien.
- EPSTEIN J. M. & AXTELL R. L., 1996: *Growing Artificial Societies: Social Science From the Bottom Up*. The MIT Press, Washington DC.
- FERBER J., 1999: Agent and Society. In: FERBER J. (Hg.), *Multi-Agent Systems; An Introduction To Distributed Artificial Intelligence*. Addison Wesley, Harlow, England, 8–24.
- FISCHER-KOWALSKI M., HABERL H., HÜTTLER W., PAYER H., SCHANDL H., WINIWARTER V. & ZANGERL-WEISZ H., 1997: *Gesellschaftlicher Stoffwechsel und Kolonisierung von Natur. Ein Versuch in Sozialer Ökologie*. Gordon and Breach Fakultas, Amsterdam.
- FISCHER-KOWALSKI M. & HABERL H., 2007: *Socioecological transitions and global change: Trajectories of Social Metabolism and Land Use*. Edward Elgar, Cheltenham, UK, Northampton, USA.
- FROSCHAUER U. & LUEGER M., 1992: *Das qualitative Interview zur Analyse sozialer Systeme*. WUV-Universitätsverlag, Wien.
- GEISLER A., MAIER R., PUNZ W., AIGNER B. & PAVLICEV M., 1999: Die Dynamik der Urbanen Agglomeration als Determinante der Kulturlandschaftsentwicklung – Ökosystemare Struktur- und Stoffflussanalyse. Teil 2: Bisamberg, Niedernsill, Hirschegg. 189pp, mit umfangreichen Tabellenanhang u. 9 Farbkarten. Institut für Pflanzenphysiologie der Universität Wien. Im Auftrag der BMWF, BKA, BMU, Wien.
- GILBERT N. & TROITSCH K. G., 1999: *Simulation for the Social Scientist*. Open University Press, Buckingham.
- GLP, 2005: *Global Land Project. Science Plan and Implementation Strategy*. IGBP Secretariat, Stockholm.
- HABERL H., ADENSAM H., GAUBE V., LUTZ J., REISINGER H., BREINESBERGER J., AIGNER B., COLARD A., MAIER R., PUNZ W., 2007: *PartizipA – Partizipative Modellbildung, Akteurs- und Ökosystemanalyse in Agrarintensivregionen*. Endbericht zur österreichischen Fallstudie. Im Auftrag des bm:bwk – Kulturlandschaftsforschung, Wien. HEINRICH H., 2005: *Partizipationsforschung und nachhaltige Entwicklung*. GAIA 14 (1), 30–31.
- HOHENSEE J., 1996: *Der erste Ölpreisschock 1973/74. Die politischen und gesellschaftlichen Auswirkungen der arabischen Erdölpolitik auf die Bundesrepublik Deutschland und Westeuropa*. Steiner, Stuttgart.
- KATES R. W., CLARK W. C., CORELL R., HALL J. M., JAEGER C. C., LOWE I., MC CARTHY J. J., SCHELLN-HUBER H. J., BOLIN B., DICKSON N. M., FAUCHEUX S., GALLOPIN G. C., GRÜBLER A., HUNTLEY B., JÄGER J., JODHA N. S., KASPERSON R. E., MABOGUNJE A., MATSON P. A., MOONEY H. A., MOORE III B., O'RIORDAN T. & SVEDIN U., 2001: *Sustainability science*. *Science* 292, 641–642.
- KATES R. W. & PARRIS T. M., 2003: *Science and Technology for Sustainable Development Special Feature: Long-term trends and a sustainability transition*. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 100(14), 8062–8067.

- KRAUSMANN F., 2006: Die Forest Transition in Österreich: Eine sozialökologische Annäherung. *Mitt. Österr. Geographischen Ges.* 148, 75–91.
- KRAUSMANN F., HABERL H., SCHULZ N. B., ERB K.-H., DARGE E. & GAUBE V., 2003: Land-use change and socio-economic metabolism in Austria. Part I: driving forces of land-use change: 1950–1995. *Land Use Policy* 20(1), 1–20.
- LEEMAN R., CRAMER W. & VAN MINNEN J. G., 1996: Prediction of Global Biome Distribution Using Bioclimatic Equilibrium Models. In: BREYMEYER A. I., HALL D. O., MELILLO J. M. & AGREN G. I. (Hg.), *Global Change: Effects on Coniferous Forests and Grasslands*. Wiley, U.K.
- LITTIG B. & WALLACE C., 1997: Möglichkeiten und Grenzen von Fokus-Gruppendiskussionen für die sozialwissenschaftliche Forschung. IHS, Wien.
- MAIER R., PUNZ W., WEIHS P., DÖRFLINGER A. N., EISINGER K., FUSSENEGGER K., GEISLER A., GERGELYI H., 1995: Der natürliche Stoffhaushalt als Grundlage für eine nachhaltige Entwicklung Wiens. *Wissenschaftliche Berichte der Wiener Internationalen Zukunftskonferenz* 19, Wien.
- MAIER R., GEISLER A., AIGNER B., EISINGER K., GÖD U., PUNZ W., 1997: Die Dynamik der urbanen Agglomeration als Determinante der Kulturlandschaftsforschung. *Ökosystemare Struktur- und Stoffflussanalyse der Marktgemeinde Bisamberg*. Institut für Pflanzenphysiologie der Universität Wien. Im Auftrag BMWV, BKA, BMU, Wien.
- MAIER R. & PUNZ W., 2004: Die ökosystemare Struktur- und Stoffflussanalyse (ÖSSA). 3 Fallstudien: Bisamberg, Hainfeld, Krems. Verlag Zoologisch-Botanische Gesellschaft in Österreich, Wien.
- NAKICENOVIC N. & SWART R., 2000: Special Report on Emission Scenarios. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), Cambridge University Press, Cambridge.
- ÖSTAT, 1996: Statistisches Jahrbuch für die Republik Österreich 1996. Österr. Staatsdruckerei, Wien.
- Österreichische Bundesregierung, 2002: Österreichs Zukunft Nachhaltig Gestalten. Die Österreichische Strategie zur Nachhaltigen Entwicklung. BM f. Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Wien.
- PARKER D.C. & MERETSKY V., 2004: Measuring pattern outcomes in an agent-based model of edge-effect externalities using spatial metrics. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 101, 233–250.
- PENZ H. (1997): Die Stellung der Landwirtschaft im Modernisierungsprozess Österreichs nach dem Zweiten Weltkrieg. *Mitt. Österr. Geographischen Ges.* 139, 77–100.
- PUNZ W., MAIER R., HIETZ P. & DÖRFLINGER A. N., 1996: Der Energie- und Stoffhaushalt Wiens. *Verh. Zool.-Bot. Ges.* 133, 27–39, Wien.
- PUNZ W. & MAIER R., 2006: Die ökosystemare Struktur- und Stoffflussanalyse (ÖSSA). *Sauteria* 14, Landschaft im Wandel, 257–269.
- SCHERINGER M., VALSANGIACOMO A., HIRSCH HADORN G., POHL C. & ULBRICH ZÜRNI S., 2005: Transdisziplinäre Umweltforschung: eine Typologie. In: GAIA 14(2), 92–195.
- SCHNEIDER M., 1988: Agrarstrukturwandel: Erfahrungen, Perspektiven, Illusionen. In: F. SCHNEIDER & HOFREITHER M. (Hg.), *Chance Landwirtschaft: Wege und Perspektiven für die neunziger Jahre*, 61–71. Agrarverlag Wien.
- SCHNEIDER M., 1989: Landwirtschaft und Agrarpolitik. In: ABELE H., NOWOTNY E., SCHLEICHER S. & WINCKLER G. (Hg.), *Handbuch der österreichischen Wirtschaftspolitik*, 317–333. Bastei Verlag, Wien.
- STATISTIK AUSTRIA (Hg.), 2003: *Statistik der Landwirtschaft 2001*. Wien.

STIGLIANI W. M., BROUWER F., MUNN R. E., SHAW M. R. & ANTONOWSKI M., 1989: Future environments for Europe: Some implications of alternative development paths. *The Science of the Total Environment* 80, 1–102.

TESFATSION L., 2001: Introduction to the special issue on agent-based computational economics. *J. Economic Dynamics and Control* 25, 281–293.

Manuskript eingelangt: 2009 11 04

Anschrift:

Dr. Veronika GAUBE (corresponding author), Univ.-Prof. Mag. Dr. Helmut HABERL, Dr. Juliana LUTZ, Mag. Barbara SMETSCHKA, Institut für Soziale Ökologie, Wien, Fakultät für interdisziplinäre Forschung und Fortbildung (Klagenfurt-Graz-Wien), Alpen-Adria Universität Klagenfurt. E-Mail corresponding author: veronika.gaube@uni-klu.ac.at, Tel +43-1-5224000-414, Fax +43-1-5224000-477, Schottenfeldgasse 29, 1070 Wien, Austria, <http://www.iff.ac.at/socec>.

Dipl.-Ing. Harald REISINGER, p l e n u m – gesellschaft für ganzheitlich nachhaltige entwicklung gmbh, Lindengasse 2/14, 1070 Wien.

Dr. Heidi ADENSAM, Austrian Energy Agency, Mariahilfer Straße 136, 1150 Wien.

Mag. Dr. Bettina AIGNER, Mag. Armand COLARD, Univ.-Prof. Dr. Rudolf MAIER, Ass.-Prof. Mag. Dr. Wolfgang PUNZ, Department für Molekulare Systembiologie, Fakultät für Lebenswissenschaften der Universität Wien, Althanstraße 14, 1090 Wien.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Verhandlungen der Zoologisch-Botanischen Gesellschaft in Wien.](#)
[Frueher: Verh.des Zoologisch-Botanischen Vereins in Wien. seit 2014 "Acta ZooBot Austria"](#)

Jahr/Year: 2009

Band/Volume: [146](#)

Autor(en)/Author(s): Gaube Veronika, Reisinger Harald, Adensam Heidi, Aigner Bettina, Colard Armand, Haberl Helmut, Lutz Juliana, Maier Rudolf, Punz Wolfgang, Smetschka Barbara

Artikel/Article: [Agentenbasierte Modellierung von Szenarien für Landwirtschaft und Landnutzung im Jahr 2020, Traisental, Niederösterreich 79-101](#)