

| Dezember 2011



# Ex-ante-Analyse der Politikinstrumente für die Sömmerungsgebiete in der Schweiz mittels eines Multiagentenmodells

Schlussbericht des Moduls 8 des AlpFUTUR-  
Teilprojekts 13, Politikanalyse

## Autoren

Calabrese Chiara, Agroscope ART

Mack Gabriele, Agroscope ART

Mann Stefan, Agroscope ART

---

Dezember 2011

**Autoren:**

Chiara Calabrese, Gabriele Mack und Stefan Mann  
Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART  
Tänikon, CH-8356 Ettenhausen  
Tel: +41 (0)52 368 31 31  
info@agroscope.ch, www.agroscope.ch

---

Dieses Projekt wurde durch das Bundesamt für Landwirtschaft BLW finanziell unterstützt

---

Grafik Karin Sannwald, ART

---

Redaktion Etel Keller, ART

---

Titelbild Diemtigtal, Kanton Bern, Alpweiden, Juni 2010 (Quelle: Chiara Calabrese, ART)

---

ISBN 978-3-905733-24-2

---

Copyright 2011 ART

---

# Inhalt

Danksagung .....	5
<b>1 Einführung</b> .....	<b>6</b>
<b>2 Theoretische Grundlagen</b> .....	<b>7</b>
<b>3 Methode und Modellstruktur</b> .....	<b>9</b>
3.1 Überblick über das SWISSland Alpmodel .....	9
3.2 Input und Output.....	9
3.3 Der Agent «Sömmerungsbetrieb» .....	12
3.4 Modellierung der Zielfunktion .....	12
3.5 Darstellung der räumlichen Umgebung .....	12
3.6 Interaktionen und traditionelles Verhalten der Sömmerungsbetriebs-Agenten .....	14
3.7 Modellieren von strukturellen Veränderungen .....	14
<b>4 Datenquellen und Organisation der Daten</b> .....	<b>16</b>
<b>5 Kalibrierung und Validierung</b> .....	<b>18</b>
<b>6 Informatikressourcen</b> .....	<b>19</b>
<b>7 Szenarien</b> .....	<b>20</b>
7.1 Landwirtschaftspolitik 2011 (AP 2011) .....	20
7.2 Erhöhung der Direktzahlungen für die Alpenregion (DPA) .....	20
7.3 Agroökologische Direktzahlungen gebunden an die beweideten Flächen (ECODP) ..	20
<b>8 Modellergebnisse</b> .....	<b>21</b>
<b>9 Schlussfolgerungen</b> .....	<b>26</b>
<b>10 Literatur</b> .....	<b>27</b>
<b>11 Abkürzungen und Akronyme</b> .....	<b>29</b>

## Tabellen

Tabelle 1. Wichtigste Input- und Output-Variablen des SWISSland Alpmodells .....	9
Tabelle 2. Wichtigste Alpbetriebstypen in Bezug auf die Höhe, Nutzungsintensität und Futtersystem .....	10
Tabelle 3. Produktattribute des SWISSland Alpmodells .....	10
Tabelle 4. Preiserwartungen ausgedrückt in sich ändernden Faktoren, 2008 = 1,00 .....	11
Tabelle 5. Erwartete Kostenentwicklung ausgedrückt in sich ändernden Faktoren, 2008 = 1,00 .....	11
Tabelle 6. Überblick über die Szenarien .....	20

## Abbildungen

Abbildung 1. SWISSland-Model allgemeiner Rahmen .....	13
Abbildung 2. Darstellung der Tierübergabe und der Folgen für die Heimbetriebe und die Sömmerungsbetriebe ....	13
Abbildung 3. Vereinfachte Darstellung der Agenteninteraktionen, des Einflusses der Softfactors und des Strukturwandels .....	15
Abbildung 4. Methode zur Verknüpfung von AGIS-Betrieben und FADN-Betrieben .....	16
Abbildung 5. Methode zur Assoziierung der Sömmerungsbetriebe mit den Heimbetrieben .....	17
Abbildung 6. Durchschnittsertrag der Sömmerungsbetriebe unter den Szenarien AP 2011, DPA und ECODP .....	21
Abbildung 7. Durchschnittseinkommen der Sömmerungsbetriebe nach Typen unter den Szenarien AP 2011, DPA und ECODP .....	21
Abbildung 8. Durchschnittseinkommen der Sömmerungsbetriebe, unterschieden nach Grösse unter den Szenarien AP 2011, DPA und ECODP .....	22
Abbildung 9. Trend der total gesömmerten NST unter Szenario AP 2011 .....	22
Abbildung 10. Trend der total gesömmerten NST unter Szenario DPA .....	22
Abbildung 11. Trend der total gesömmerten NST unter Szenario ECODP .....	23
Abbildung 12. Gesamte Milchkäseproduktion in der Alpenregion unter den Szenarien AP 2011, DPA und ECODP .....	23
Abbildung 13. Total der erwarteten Ausgaben für Beiträge an die Alpenregion unter den Szenarien AP 2011, DPA und ECODP .....	23
Abbildung 14. Gesamtnachfrage nach Arbeitskräften für die Alpenregion unter den Szenarien AP 2011, DPA und ECODP .....	24
Abbildung 15. Entwicklung der Viehbestände in der Talregion unter dem Szenario AP 2011 .....	24
Abbildung 16. Entwicklung der genutzten Weideflächen in der Talregion unter dem Szenario AP 2011 .....	24
Abbildung 17. Verteilung der Schweizer Sömmerungsbetriebe 2008 und 2020 nach Grösse unter dem Szenario AP 2011 .....	24
Abbildung 18. Verteilung der Schweizer Sömmerungsbetriebe 2008 und 2020 nach Grösse unter dem Szenario DPA .....	25
Abbildung 19. Verteilung der Schweizer Sömmerungsbetriebe 2008 und 2020 nach Grösse unter dem Szenario ECODP .....	25

## Danksagung

Die Zusammenarbeit mit dem gesamten Team, das sich mit dem SWISSland-Modell beschäftigt, war eine grosse Hilfe für dieses Projekt: Anke Möhring, Maria-Pia Gennaio-Franscini, Ali Ferjani und Albert Zimmermann.

Weitere wichtige Beiträge stammen aus der Zusammenarbeit mit der Eidgenössischen Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (WSL).

Ein besonderer Dank gebührt Stefan Lauber für sein konstantes Monitoring und seine konstruktiven Feedbacks.

Dieses Projekt konnte dank der finanziellen Unterstützung des Bundesamtes für Landwirtschaft BLW realisiert werden.

# 1 Einführung

Die Forschungsgruppe Sozioökonomie der Forschungsanstalt Agroscope-Tänikon ART entwickelt derzeit das multiagentenbasierte Prognosemodell SWISSland (SWISS = StrukturWandel-InformationSystem-Schweiz). Ziel dieses Modells sind die ex ante Analyse und Prognose der Auswirkungen von landwirtschaftspolitischen Veränderungen auf die Schweizer Landwirtschaft bis zum Jahr 2020. Das Modell erhebt den Anspruch, die rund 50 000 Familienbetriebe der gesamten Schweizer Landwirtschaft in ihrer Heterogenität möglichst realitätsnah abzubilden. Die Zahl der Agenten in SWISSland orientiert sich an den rund 3300 Referenzbetrieben des Datenpools der FADN-Datenbank (Farm Accountancy Data Network; Möhring *et al.*, 2010). Alle diese landwirtschaftlichen Betriebe liegen in Tal-, Hügel- oder Bergregionen, wobei die alpinen Sömmerungsbetriebe in der Datenbank nicht erfasst sind. Im Rahmen der Evaluation der Direktzahlungen für die Alpenregion, wurden im Modell Alpbetriebe als Agenten integriert, um die Alpenregion und die Sömmerung mit zu erfassen. Dieser Teil von SWISSland, der in Bezug zur Alpenregion steht, wird im Folgenden «SWISSland Alpmodel» genannt.

Mit dem Sektormodell SILAS wurden die Beiträge an die Alpbewirtschaftung bereits einmal untersucht. Die Prognosen mit diesem Sektormodell zeigen, dass der Alpmilchwirtschaft für das Einkommen der Bergregion auch in Zukunft grosse Bedeutung zukommt (SILAS: 2005–2011), zumindest solange das Direktzahlungssystem stark auf

tierbezogene Direktzahlungen ausgerichtet bleibt (Mack und Flury, 2008). Die Ergebnisse dieses Modells haben gezeigt, dass die Alpbewirtschaftung für die Schweizer Bergregion ökonomisch äusserst bedeutend ist, trägt sie doch direkt und indirekt mit über 30 % zum Einkommen dieser Region bei (Mack *et al.*, 2008). Überdies ist davon auszugehen, dass das landwirtschaftliche Nettoeinkommen der Schweiz (NBI) ohne die Nutzung der Sömmerungsweiden um 10 bis 11 % sinken würde (Mack *et al.*, 2010). Ziel des SWISSland Alpmodells ist eine Ex-ante-Evaluation politischer Veränderungen für die Alpenregion unter verschiedenen Szenarien. Zukünftige Strukturveränderungen und die Nachfrage nach alpinen Weideflächen werden unter verschiedenen sozioökonomischen Voraussetzungen prognostiziert. Zukünftige Trends wie Veränderungen der Zahl und der Kategorien der gesömmerten Tiere, die Aufgabe von Alpweiden und die Entwicklung der Alpenregion im Allgemeinen, werden aufgezeigt, und die Auswirkungen möglicher Politikinstrumente simuliert. Auch wenn sich die simulierten Szenarien auf Änderungen des Direktzahlungssystems konzentrieren, können jederzeit auch andere Politikinstrumente getestet werden. Im nächsten Abschnitt werden die wesentlichen theoretischen Grundlagen vorgestellt. Es folgt eine Erklärung der allgemeinen Struktur des Modells, der Datenbeschaffung, der Datenquellen sowie der Hypothesen. Schliesslich werden die Ergebnisse präsentiert und diskutiert, wobei auf die gegenwärtigen Grenzen des Modells und zukünftige Entwicklungstendenzen hingewiesen wird.

## 2 Theoretische Grundlagen

Optimierungsmodelle gehören seit langem zu den Methoden der Agrarökonomien und sind für landwirtschaftspolitische Analysen von grosser Bedeutung. Dies widerspiegelt sich nicht nur in der grossen Nachfrage nach wissenschaftlicher Politikberatung, sondern auch in der äusserst grossen Anzahl an Projekten, welche mit solchen Optimierungsmodellen arbeiten sowie der Menge an finanziellen Ressourcen, die in die Entwicklung und Anwendung solcher Modelle fliessen (Happe und Balmann, 2008). Agentenbasierte Simulationsmodelle (ABM) finden zunehmend Verwendung bei der agrarpolitischen Entscheidungsfindung (Happe, 2005). Diese Art von Modell, bei dem mehrere Agenten unabhängig voneinander optimiert werden, bietet diverse Vorteile gegenüber konventionelleren Ansätzen wie den Sektormodellen (zum Beispiel das Sektormodell SILAS). Solche Vorteile sind insbesondere ihre Fähigkeit, einzelne Entscheidungsträger und ihre Interaktionen zu modellieren, soziale Prozesse und nicht-finanzielle Einflüsse auf das Entscheidungsverhalten zu integrieren sowie soziale und ökologische Prozesse dynamisch zu verbinden (Matthews *et al.*, 2007).

Ein agentenbasiertes Modell besteht normalerweise aus einer Anzahl individueller Entscheidungsträger (Agenten), die miteinander und mit der Umgebung interagieren können. Agenten werden als «Entscheidungsträger» definiert, da sie ihre Aktivitäten innerhalb gewisser Möglichkeiten wählen oder ändern können und möglicherweise sogar zwischen verschiedenen Investitionsalternativen wählen können. Die Eigenschaften der Agenten werden nicht im Voraus festgelegt, sondern ändern ständig, was zum Beispiel durch die Interaktion mit anderen Agenten oder durch Lernmechanismen ausgelöst wird (LeBaron *et al.*, 2008). Diese Art von Modell erlaubt eine gewisse Flexibilität in der Anwendung, da die Verhaltensweisen der Agenten entweder auf theoretischem Hintergrund, auf empirischen Beobachtungen oder auf ad hoc Annahmen gegründet werden können und entspricht in etwa der Art und Weise wie Stakeholders über Aktionen und Interaktionen zwischen Entscheidungsträgern denken (Matthews *et al.*, 2007). Angewendet auf den Agrarsektor, können agentenbasierte Modelle, auf Mikroebene, die Verhaltensweisen von Einzelbetrieben abbilden, ohne diese zu repräsentativen Referenzbetrieben zusammenschliessen und so den Nachweis auf der Makroebene (durch Zusammenschluss) erbringen zu müssen (Lobianco und Esposti, 2010).

Die Agentenpopulation kann auf mehrere Arten definiert werden. Das Konzept der Definition «typischer Betriebe» (Balmann, 2000; Happe, 2004) verwendet im Allgemeinen eine ausgewählte Stichprobe von INLB-Betrieben (InformationsNetz Landwirtschaftlicher Buchführungen) als Datenbasis für die Agenten. Durch Vervielfältigen der Betriebe («klonen») wird eine Agentenpopulation generiert, die der realen Grösse der Region entspricht. Der von

Berger (2001) realisierte Ansatz nutzt zur Definition der Agenten sogenannte «Referenzbetriebe», die eine repräsentative Stichprobe aller Betriebe einer untersuchten Region darstellen, und mit der die betrieblichen Ausprägungen definiert werden können. Auf der Basis der Referenzbetriebe produziert eine Monte Carlo Simulation weitere Modellagenten entsprechend der Anzahl Betriebe in der Grundgesamtheit. Der Vorteil dieser Methode ist, dass so genannte «Klone» in der Population vermieden werden können.

Wie die anderen Modelle auch, basieren auch Multiagentenmodelle auf gewissen Annahmen. Explizite Annahmen sind für die Definition des Modells erforderlich. Sie können entweder axiomatisch abgeleitet werden oder auf theoretischen Grundlagen und/oder empirischen Beobachtungen des untersuchten Systems basieren. Zum Teil sind Annahmen also nötig, um die Komplexität des Modells zu beschränken, zum Beispiel, um den Input für das Modellieren oder für die Datenerfassung zu begrenzen (Balmann, 1997). Dies kann aber nicht über die Tatsache hinwegtäuschen, dass Vereinfachungen die Modellresultate entscheidend beeinflussen (Hamilton *et al.*, 1985). Einige Grundannahmen liegen in den Ausprägungen des landwirtschaftlichen Systems begründet. Natürlich existieren auch verschiedene andere modellspezifische Annahmen, insbesondere in Bezug auf das Verhalten und die Interaktionen der Agenten. Wann immer möglich, werden solche Annahmen im Beschrieb der Modellstruktur erwähnt.

Beispiele von neuen europäischen Multiagenten-Optimierungsmodellen für den Agrarsektor sind: AgriPolis (Happe *et al.*, 2004) in Deutschland, SULAPS (Lauber, 2006) und SWISSland (Möhring *et al.*, 2010) in der Schweiz und RegMAS (Lobianco und Esposti, 2010) in Italien.

Happe, Balmann und Kellermann stellten 2004 das Modell AgriPolis (Agricultural Policy Simulator) vor, das gleichzeitig eine Vielzahl individuell agierender Landwirtschaftsbetriebe, die Produktionsmärkte, die Investitionsaktivitäten und auch den Landmarkt innerhalb einer einfachen räumlichen Abbildung betrachtet. Das Modell AgriPolis basiert auf so genannt «typischen Betrieben». Ziel von AgriPolis ist die Betrachtung der Agenteninteraktionen bezüglich Pacht von landwirtschaftlichen Flächen, technischem Wandel, Produktpreisen, Investitionen, Produktion und politischen Massnahmen, den strukturellen Auswirkungen dieser Faktoren sowie die Analyse der Gewinner und Verlierer der Agrarpolitik und die Kosten und Effizienz verschiedener politischer Massnahmen (Happe *et al.*, 2004). 2006 entwickelte Lauber den räumlich expliziten, empirischen, agentenbasierten Modellansatz SULAPS zur Vorhersage von Veränderungen der Betriebsstrukturen im Agrarsektor für alle Betriebe der beiden Fallstudienregionen in der Ostschweiz (Lauber, 2006).

RegMAS (Regional Multi Agent Simulator) ist ein geographisch genau definiertes Open-source-Multiagenten-Modell, das speziell zur langfristigen Simulation der Auswirkungen politischer Massnahmen auf landwirtschaftliche Systeme entwickelt worden ist. Indem das Modell wiederkehrende herkömmliche Optimierungsprobleme wie die Verhaltensregeln der Agenten verwendet, ermöglicht es die bidirektionale Integration der geophysischen Aspekte und der sozialen Modelle, so dass den in dem Raum vorkommenden Charakteristiken in der linearen Programmierung der zu optimierenden Agenten als individuelle Ressourcen Rechnung getragen wird (Lobianco and Esposti, 2010). Das Modell SWISSland (Swiss Agriculture Structural Change Information System) erhebt den Anspruch, die 50 000 Familienbetriebe der gesamten Schweizer Landwirtschaft in ihrer Heterogenität bezüglich Betriebs- und Kostenstrukturen sowie Verhaltensweisen möglichst realitätsnah abzubilden, mit dem Ziel, die Simulation und Prognose des Strukturwandels zu verbessern (Möhring *et al.*, 2010).

## 3 Methode und Modellstruktur

### 3.1 Überblick über das SWISSland Alpmodel

Das SWISSland-Alpmodel basiert auf mathematischen Programmiermethoden. Die grosse Heterogenität der Sömmerungsbetriebe ist einer der Gründe, warum einzelbetriebliche Multiagentenmodelle am besten geeignet sind, um die Politikfolgen zu simulieren. Das Modell optimiert jeden einzelnen Sömmerungsbetrieb unabhängig durch rekursive lineare Programmierung. Die Agenten simulieren wiederholt die 675 gegenwärtig (2008) bestehenden Schweizer Sömmerungsbetriebe. Der untersuchte Zeithorizont geht von 2008 bis 2020, wobei 2008 als Referenzjahr gilt. Hauptziel der Programmierphase ist die korrekte Simulation der Betriebsstruktur im Jahr 2008. Aus diesem Grund werden die für das Referenzjahr verfügbaren Daten dazu verwendet, die Resultate des Modells mit statistischen Daten zu vergleichen. Ist dieses Ziel erreicht, kann die Simulation auf die gesamte Zeitspanne ausgedehnt werden. Indem das Modell rekursiv und unter Anpassung der erwarteten Kosten und Preise angewendet wird, erhält man Resultate für das Szenario «AP 2011», welches die gegenwärtige Instrumente der Schweizer Agrarpolitik abbildet. Um andere Szenarien zu testen, müssen die entsprechenden Parameter angepasst werden. Das Hauptergebnis ist die Summe des Betriebseinkommens der Sömmerungsbetriebe.

Neben ihrer Fähigkeit, die Heterogenität der einzelnen Betriebe abzubilden, sind agentenbasierte Modelle auch sehr gut für Agrarpolitikanalysen geeignet, da sie die Interaktionen zwischen den Agenten simulieren können. Das Modell liefert Ergebnisse in Bezug auf die einzelne Alpenregion für sich, aber auch im Verhältnis zu anderen Landwirtschaftszonen, indem Aktionen und Interaktionen wie Produktion und Markt simuliert werden. Andere Typen von Simulationsmodellen wie die Sektormodelle (z. B. SILAS), tragen solchen Interaktionen nicht Rechnung. Dies ist, wie wenn das Modell unter der Annahme simuliert wird, dass es keine solchen Interaktionen gibt. Da der Zeithorizont von SWISSland bis 2020 geht, muss auch der Strukturwandel analysiert werden. Verschiedene Faktoren beeinflussen die zukünftigen Entwicklungen eines Sömmerungsbetriebs. Die zukünftige Führung eines Sömmerungsbetriebs hängt zum Beispiel unter anderem von seiner Infrastruktur sowie von seinem sozioökonomischen und techni-

schen Umfeld ab. Auch Traditionen spielen eine wichtige Rolle. Aus diesen Gründen ist die Simulation des Strukturwandels in der Alpenregion ein hoch komplexer Prozess.

### 3.2 Input und Output

Zur Definition der Agenten im Referenzjahr sind zahlreiche Inputs notwendig in Bezug auf zur Verfügung stehende menschliche und natürliche Ressourcen, auf Futterproduktion, Rohstoffe und verarbeitete Produkte sowie auch bezüglich der agrarpolitischen Massnahmen. Die meisten dieser Inputs werden nach dem Referenzjahr zu Outputs. Die folgenden Tabellen und Abschnitte geben eine Beschreibung und einen Überblick über die wichtigsten Input- und Output-Variablen des SWISSland Alpmodels.

Die Produktionsfaktoren im SWISSland-Alpmodel betreffen im Wesentlichen die Anzahl Tiere, die notwendigen Weideflächen und die Arbeitskraft.

#### Tierbestände

Der Viehbestand des Sömmerungsbetriebes ist wahrscheinlich die einflussreichste Input-Variable des SWISSland Alpmodels. Die maximale Anzahl Tiere ist exogen beschränkt. Die kantonale Verwaltung legt für jeden Sömmerungsbetrieb den Normalstoss für drei Kategorien fest (Milchtiere, Nicht-Milchschafe und andere Nicht-Milchtiere), basierend auf den Weideflächen und den möglichen Erosionsschäden. Solange jedoch der Tierbestand nicht unter 75 % oder über 110 % des maximal gestatteten Bestands (100 %) geht, erhält der Bewirtschafter des Alp-

**Tabelle 1. Wichtigste Input- und Output-Variablen des SWISSland Alpmodels**

#### AGENT SÖMMERUNGSBETRIEB (n=1,...,N=675)

Farm_Alpincome_Var	Einkommen des Sömmerungsbetriebs
Family_Var	Familienarbeitskräfte
Employee_Var	angestellte Arbeitskräfte
Wage_costs_Var	Gehälter für angestellte Arbeitskräfte
PastureMin_Var	Weideland: minimale pro GVE zur Verfügung stehende Fläche
PastureMax_Var	Weideland: maximale pro GVE zur Verfügung stehende Fläche
Pasture_Var	beweidete Fläche des Sömmerungsgebiets
DPA_Var	an die Tierzahl gebundene Sömmerungsbeiträge
DPP_Var	an die Weidefläche gebundene Sömmerungsbeiträge
Fixed_costs_Var	Fixkosten des Sömmerungsbetriebs (Miete, Maschinen, usw.)
Variable_costs_Var	Variable Kosten des Sömmerungsbetriebs (pro Tierbestand)
Milk_revenue_Var	Gesamteinkommen aus der Milchkäseproduktion
ALP_Mltp_Var	Gesamteinkommen aus der Wertzunahme des Tiervermögens
Alp_Animal_Var	Einheit gesömmerter Tiere
Alp_NST_Var	Normalstoss auf dem Sömmerungsbetrieb (NST)
Alp_Used_capacity_Var	Nutzung des Sömmerungsbetriebs
Alp_AT_Labouruse_Var	minimale Arbeitskraft für die Viehzucht
Alp_PT_Labouruse_Var	minimale Arbeitskraft für die Bewirtschaftung der Weideflächen

1 GVE (Grossvieheinheit) entspricht einer 650 kg Kuh.

1 NST (Normalstoss) entspricht dem Wert 1 GVE multipliziert mit der Sömmerungsdauer, geteilt durch 100.

betriebs 100 % der Direktzahlungen. Weitere Einschränkungen ergeben sich aus der Arbeitskraft und der Verfügbarkeit des Futters. Konkret bedeutet dies, dass der Gesamttierbestand eines Sömmerungsbetriebs pro Jahr nicht grösser sein kann, als die zur Verfügung stehenden Weideflächen an Futter bieten oder als Arbeitskräfte vorhanden sind. Innerhalb dieser Einschränkungen sind die Bewirtschafter frei, zwischen verschiedenen Tierkategorien zu wählen (Milchkühe, Milchschafe, Milchziegen, Mutterkühe, Jungtiere, über zweijährige Tiere, Pferde, Schweine, Schafe und Ziegen (ohne Milchschafe und Milchziegen)).

**Weideflächen**

In der Bergregion sind die Schwierigkeiten bei Ausbau der landwirtschaftlichen Produktion nicht nur in den Technologien oder in der Arbeitskraft zu suchen, sondern sind auch darin begründet, dass in gewissen Gebieten die Weideflächen begrenzt sind. Da es keine Daten über die geographische Struktur und die Ausdehnung der Weideflächen der modellierten Alpbetriebe gibt, beziehen wir uns hier immer auf die genutzten Flächen. Im Referenzjahr werden die genutzten Weideflächen der Sömmerungsbetriebe basierend auf der Anzahl gesömmerter Tiere, ihrer Futterbedürfnisse, der Höhe des Alpbetriebs und der Qualität der Weiden berechnet. Die Nachfrage an Gras ist als Tagesdurchschnitt für jede Tierkategorie exogen gegeben. Als zusätzliche Einschränkung wird für jeden Sömmerungsbetrieb ein Minimum von 0,5 Hektaren (gemäss Sömmerungsbeitragsverordnung) und ein Maximum von 1,3 Hektaren Weideland pro GVE festgelegt. Des Weiteren wird die gesamte verfügbare Fläche basierend auf der Auslastung des Sömmerungsbetriebs geschätzt. Ist beispielsweise die Auslastung des Alpbetriebs bei 0,6, bedeutet dies, dass 0,4 der Weideflächen noch verfügbar sind.

**Arbeitskräfte**

Die Verfügbarkeit von Arbeitskräften wird in zwei Typen eingeteilt. Die erste Art von Arbeitskräften stellen gemäss Untersuchungen des WSL die Familienarbeitskräfte dar

(von Felten, 2011a). Sömmerungsbetriebe können überdies jährlich zusätzliche Arbeitskräfte für den Sommer einstellen, abhängig von der Anzahl und Kategorie von Tieren auf dem Alpbetrieb und den bewirtschafteten Weideflächen.

**Produktionsaktivitäten**

Im SWISSland-Alpmodel werden die Produktionsaktivitäten hauptsächlich durch Viehwirtschaft (z. B. Milchkühe, Rinder, Mastschweine usw.) und Pflanzenproduktion (Weideland) abgebildet. Die meisten Aktivitäten bestehen in der Herstellung von marktfähigen tierischen Erzeugnissen, mit Ausnahme der Grünlandproduktion, welche ausschliesslich als Zwischenprodukt dient (Futter für die Tiere). Die Arbeitskräfte werden gebraucht, um die Kapazitäten auszugleichen. Jeder Agent kann, während er simuliert wird, die Zusammensetzung seiner Tierkategorien so anpassen, dass es den sich ändernden Bedingungen am Markt entspricht. Milchkäseprodukte sind Milch, Käse und Butter. Die Produktionssysteme können unterteilt werden in Nicht-Milchprodukte, auf der Alp verarbeiteter Käse, industrielle Milchproduktion und in einer nahegelegenen Ortschaft verarbeitete Milch. In den verschiedenen simulierten Szenarien können die Produktpreise je nach Entwicklung des Markts ändern, wodurch der Entscheidungsprozess des Alpbewirtschafters beeinflusst wird.

Tabelle 3. Produktattribute des SWISSland Alpmodels	
Produktattribute	
Kategorie des Alpprodukts (Milch, Käse, Butter)	
Preis des Alpprodukts (CHF/Einheit)	
Variabler Preis pro Produkteinheit (CHF/Einheit)	
Preiserwartungen (erwartete Veränderungen in %)	
Verarbeitungsbeiträge (CHF/Einheit)	

Tabelle 2. Wichtigste Alpbetriebstypen in Bezug auf die Höhe, Nutzungsintensität und Futtersystem (Bruttoertrag in Tonnen Trockensubstanz/ha, • = auf dieser Höhe nicht vorkommend)				
Höhe (m. ü. M.)	Mittleres bis sehr intensives turnusmässiges Beweiden	Nicht intensives turnusmässiges Beweiden	Nicht intensive genutzte Weiden	Extensive Weiden
1200	7.5	4.8	3.1	2.1
1500	6.0	3.6	2.3	1.6
1800	4.5	2.4	1.7	1.2
2100	•	•	1.1	0.7

Quelle: Zusammengestellt gemäss Dietl et al. (1997)

### Preis- und Kostenerwartungen

Für die Simulation von Szenarien bis 2020 müssen Parameter zur Kosten- und Preisfunktion angewendet werden, um erwarteten Zukunftsentwicklungen Rechnung zu tragen. Diese Werte können für die Auslegung der Ergebnisse grundlegend sein und werden daher in der folgenden Tabelle im Detail aufgeführt.

**Tabelle 4. Preiserwartungen ausgedrückt in sich ändernden Faktoren, 2008 = 1,00**

	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Milchkühe	1,00	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91
Rindvieh (> 2 Jahre)	1,00	0,96	0,93	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89
Rindvieh (< 2 Jahre)	1,00	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94
Milch/Käse	1,00	0,83	0,81	0,77	0,77	0,77	0,77	0,77	0,77	0,77	0,77	0,77	0,77
Mutterkühe	1,00	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92
Mastschweine	1,00	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87
Ziegen	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Schafe	1,00	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99
Pferde	1,00	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98

**Tabelle 5. Erwartete Kostenentwicklung ausgedrückt in sich ändernden Faktoren, 2008 = 1,00**

	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Milch/Käse	1,00	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82
Viehversicherung	1,00	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82
andere direkte Kosten	1,00	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93
Gehälter für Angestellte	1,00	1,02	1,04	1,06	1,08	1,10	1,12	1,14	1,16	1,18	1,21	1,23	1,25
Sömmerungskosten	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
tierärztliche Versorgung	1,00	1,00	1,01	1,01	1,01	1,01	1,01	1,01	1,01	1,02	1,02	1,02	1,02
Rindvieh	1,00	1,00	0,99	0,99	0,98	0,98	0,98	0,97	0,97	0,96	0,96	0,95	0,95
Gebäudeunterhalt	1,00	1,01	1,03	1,05	1,07	1,09	1,11	1,13	1,16	1,18	1,20	1,22	1,25
Gebäudeversicherung	1,00	1,00	0,99	0,99	0,98	0,98	0,98	0,97	0,97	0,96	0,96	0,95	0,95
Energie	1,00	0,83	0,86	0,89	0,92	0,95	0,98	1,02	1,05	1,09	1,12	1,16	1,20
Heizung	1,00	0,83	0,86	0,89	0,92	0,95	0,98	1,02	1,05	1,09	1,12	1,16	1,20
Wasser	1,00	1,00	0,99	0,99	0,98	0,98	0,98	0,97	0,97	0,96	0,96	0,95	0,95
andere Variablen	1,00	1,00	0,99	0,99	0,98	0,98	0,98	0,97	0,97	0,96	0,96	0,95	0,95
Mietzinsen	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Mahlzeiten	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Miete	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Angestellte	1,00	1,02	1,04	1,06	1,08	1,10	1,12	1,14	1,16	1,18	1,21	1,23	1,25

### Beiträge

Berücksichtigt wird der Betrag der Direktzahlungsbeiträge pro NST (1 NST = 1 GVE \* Anzahl Tage auf dem Sömmerungsbetrieb / 100) und die Beiträge pro Kilogramm zu Käse verarbeiteter Milch gemäss der aktuellen Schweizer Landwirtschaftspolitik AP 2011. Das Direktzahlungssystem für die Alpenregion der Schweiz ist ziemlich komplex. Um den Direktzahlungsbetrag nicht exogen festlegen zu müssen und trotzdem eine gewisse Flexibilität zu erlauben, wird das Direktzahlungssystem mit einem nicht linearen gemischt-ganzzahligen Modell (Mixed integer Model, MINLP) dargestellt.

### 3.3 Der Agent «Sömmerungsbetrieb»

In dem Modell werden zwei Arten von Agenten unterschieden: die private und jene Sömmerungsbetriebe, die im Besitz privat- oder öffentlich-rechtlicher Körperschaften sind. Die privaten Sömmerungsbetriebe werden so modelliert, dass ihrer starken Verbindung zu ihrem Heimbetrieb in Bezug auf die Ressourcen und die Art, wie der Betrieb geführt wird, Rechnung getragen wird. Bei den privat- oder öffentlich-rechtlich organisierten Sömmerungsbetrieben, beschränkt sich die Abhängigkeit vom Heimbetrieb auf die Versorgung mit Vieh und teilweise auch auf die Arbeitskräfte. Ein weiterer Grund für die oben genannte Unterteilung der Agenten ist, dass Agenten normalerweise so modelliert werden, dass ihr erwartetes Haushaltseinkommen in der Zielfunktion maximiert wird. Dies ist jedoch für Sömmerungsbetriebe nicht immer die geeignete Wahl. Für unsere Zwecke ist eine differenzierte Programmierung für private Sömmerungsbetriebe und Korporationen wünschenswert, damit deren Entscheidungsverhalten adäquat simuliert werden kann. Während es bei privaten Sömmerungsbetrieben darum geht, ihr Haushaltseinkommen zu maximieren, ist dies bei Korporationen nicht der Fall, weshalb in diesem Fall eine andere Zielfunktion notwendig ist. Korporationen schliessen ihre Bilanz am Ende der Saison normalerweise nicht mit Gewinn ab, ihr primäres Ziel ist es, kostendeckend gearbeitet zu haben. Natürlich ist es auch bei den privaten Sömmerungsbetrieben selten so, dass ihre Betreiber das Haushaltseinkommen optimieren. Aus diesem Grund müssen im Modell Regeln definiert werden, mit welchen sowohl soziale wie auch geophysische Aspekte integriert werden können, während die Agenten wie nachfolgend beschrieben optimiert werden.

### 3.4 Modellierung der Zielfunktion

Eine der Hauptannahmen des Modells besteht darin, dass das übergeordnete Ziel des Betreibers die Maximierung seines Haushaltseinkommens ist. Dies wird erreicht, indem eine Zielfunktion gelöst wird, welche das landwirtschaftli-

che Haushaltseinkommen des Sömmerungsbetriebs maximiert, unter Berücksichtigung der Ausstattung und der Produktionsaktivitäten des Betriebs (z. B. verfügbares Weideland, Arbeitskräfte). Indem es die Zielfunktion löst, findet das SWISSland-Modell den optimalen Level für alle seine endogenen Variablen zur Maximierung des Haushaltseinkommens unter Berücksichtigung der verschiedenen Restriktionen. Die Zielfunktion zur Optimierung des Haushaltseinkommens kann folgendermassen dargestellt werden:

$$\begin{aligned} \text{Max } Z_i &= \sum_i p_i y_i + \sum_j p_j x_j - \sum_i v_i x_i - \sum_g s_g l_g - \sum_j \alpha_j x_j - 0.5 \sum_j \beta_j x_j^2 \\ \text{s.t. } m_n(x_{i=1, j=1, \dots, X_{i=T, j=J}}) &\leq 0 \end{aligned}$$

Z repräsentiert das Haushaltseinkommen; i den Index der Käufe und Verkäufe; y den Vektor des erwarteten Ertrags; p den Vektor des erwarteten Preises; j den Index der Produktionsaktivitäten; t den Zeitindex; dp den Vektor des finanziellen Beitrags; x den Vektor der Tieraktivitäten; v den Vektor der variablen Kosten; s den Vektor für die Gehälter der Arbeitskräfte; l den Vektor für angestellte Arbeitskräfte; g den Index für die Aktivitäten der Arbeitskräfte; mn Restriktionen für alle Entscheidungsvariablen mit n verschiedenen Variablen; a = Vektor mit Parametern des linearen Terms (positive mathematische Programmierung); b = Matrix mit Parametern des quadratischen Terms (positive mathematische Programmierung).

### 3.5 Darstellung der räumlichen Umgebung

Das SWISSland-Alpmodel ist geographisch nicht explizit. Dies bedeutet, dass keine Darstellungen des Raumes in Bezug auf Input und Output angewendet werden. Die wichtigste Folge daraus ist, dass das Modell in Bezug auf den Raum ortsfest ist. Dies stellt jedoch keinen restriktiven Faktor dar, da für die Alpenregion kein Landtausch in Betracht gezogen wird. Der Einfluss der Infrastruktur und der Zugänglichkeit werden jedoch in den Transportkosten (für das Vieh, den Handel mit den Produkten und die Arbeitskräfte) sowie durch die Festlegung von Interaktionsmöglichkeiten der Agenten nicht nur in Bezug auf die Nutzung der Weideflächen, sondern auch bezüglich zahlreicher anderer Ressourcen, berücksichtigt. Während die meisten Tiere während des Sommers innerhalb des gleichen Kantons vom Heimbetrieb zum Sömmerungsbetrieb gebracht werden, werden auf gewissen Alpweiden traditionellerweise Tiere aus verschiedenen Kantonen aufgenommen. Solche traditionellen Systeme werden im Modell durch die Anwendung von Restriktionen in der Entscheidungsphase der Heimbetriebsleitung, wohin sie ihr Vieh zur Sömmerung bringen will, berücksichtigt (siehe nachstehenden Abschnitt).

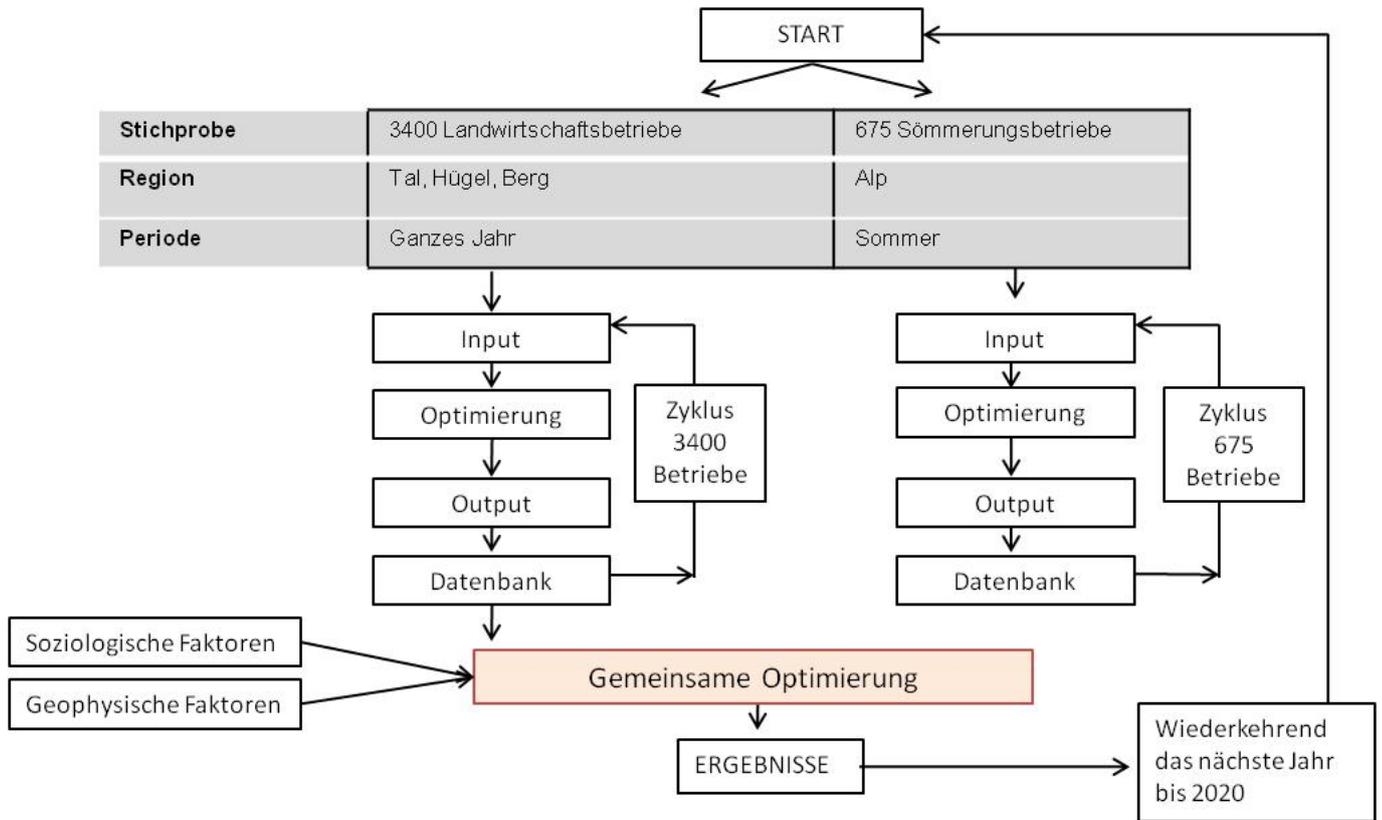


Abbildung 1. SWISSland-Model allgemeiner Rahmen (Quelle: eigene Darstellung)

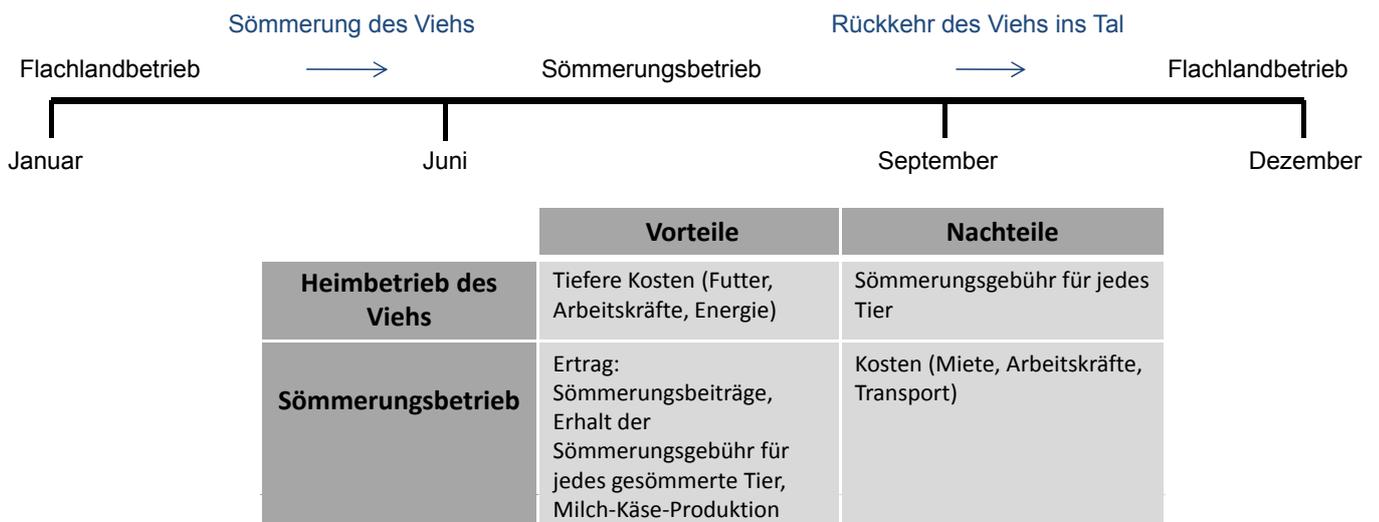


Abbildung 2. Darstellung der Tierübergabe und der Folgen für die Heimbetriebe und die Sömmerungsbetriebe (Quelle: eigene Darstellung)

### 3.6 Interaktionen und traditionelles Verhalten der Sömmerungsbetriebs-Agenten

Im Modell SWISSland können die Agenten, welche die landwirtschaftlichen Betriebe repräsentieren, untereinander oder mit ihrer Umgebung interagieren. Während die einzelbetriebliche Optimierung mit der mathematischen Programmiersoftware GAMS ausgeführt wird, erlaubt eine JAVA-Plattform (siehe Abschnitt: Informatiklösungen) das Kombinieren von soziologischen und geophysikalischen Aspekten mit den wirtschaftlichen Ergebnissen der Optimierung. Die «Softfactors» bestimmen zusammen mit den ökonomischen Aspekten die zukünftige Führung oder den etwaigen Ausstieg eines Sömmerungsbetriebs und seiner Weideflächen. In diesem Kontext verstehen wir die «Softfactors» als qualitative, nicht messbare Faktoren in Bezug auf traditionelles Verhalten, im Gegensatz zu messbaren Hardfacts.

Im Falle der Sömmerungsbetriebe zum Beispiel, ist die Verfügbarkeit von Vieh ein wichtiger Faktor für eine nachhaltige zukünftige Tätigkeit. Hat ein Sömmerungsbetrieb nicht genügend Tiere, ist die Gefahr gross, dass der Betrieb eingestellt wird. In diesem Modell ist die Hauptinteraktion zwischen den Agenten (die Sömmerungsbetriebe) die Übergabe von Tieren zwischen den Heimbetrieben und den Sömmerungsbetrieben zu Beginn und am Ende des Sommers.

Traditionelles Verhalten spielt eine äusserst wichtige Rolle und bestimmt die Zukunft eines Alpbetriebs. Um das Verhalten der Betreiber modellieren zu können, müssen zudem einige Annahmen über deren persönliche Ziele und Erwartungen getroffen werden. Die Modelloptimierung liefert die Nachfrage der Alpbetriebe an Vieh und die mögliche Verfügbarkeit aus dem Flachland. Die wirtschaftliche Rentabilität der Sömmerung ist mit Sicherheit ein wichtiger Faktor für deren zukünftige Nachhaltigkeit. Auch hier spielt das traditionelle Verhalten eine Rolle. Aus diesem Grund wäre es nicht sinnvoll, den Viehtransfer während des Sommers nur unter Berücksichtigung wirtschaftlicher Gründe zu modellieren. Basierend auf einer Erhebung des WSL (Von Felten, 2011a und b) ist für jeden befragten Heimbetrieb bekannt, ob für den Betreiber der wirtschaftliche Output oder der Erhalt der Tradition massgeblich dafür ist, ob er seine Tiere auf die Alp bringt oder nicht. Für all jene Heimbetriebe, für welche die Wirtschaftlichkeit der Sömmerung wichtig ist, wird im Modell eine doppelte Optimierung durchgeführt. Dies bedeutet im Wesentlichen, dass für diese Heimbetriebe ihr Einkommen immer zweimal optimiert wird: Einmal unter Berücksichtigung der Kosten und der Einnahmen aus der Sömmerungstätigkeit und einmal ohne. Nach diesem Verfahren werden die beiden landwirtschaftlichen Einkommen verglichen und die Unterschiede festgestellt. Je nachdem wel-

ches Einkommen das der anderen Variante übersteigt, wird der Betrieb die Sömmerungstätigkeit entweder aufnehmen oder einstellen. Im Modell interagieren die Agenten nicht nur mit den Betrieben des Flachlands, um Tiere für die Sömmerung zu bekommen, sondern konkurrieren auch untereinander, um die gewünschte Anzahl Tiere zu erhalten.

### 3.7 Modellieren von strukturellen Veränderungen

Eine der wichtigsten Auswirkungen einer Agrarpolitik ist sicherlich ihre Wirksamkeit im Steuern der landwirtschaftlichen Landnutzung und des Strukturwandels. Diverse Faktoren können hierbei eine Rolle spielen. Ein Teil der Auswirkungen hängt möglicherweise von den Interaktionen zwischen den Landwirtschaftsbetrieben ab, zum Beispiel vom Verhältnis zwischen Sömmerungsbetrieb und Heimbetrieb. Im Modell SWISSland werden insgesamt mehr als 4000 Agenten mit all ihren Interaktionen modelliert (3400 Landwirtschaftsbetriebe und 675 Sömmerungsbetriebe). Agrarpolitische Massnahmen oder der Strukturwandel in Talregionen zeigen auch Auswirkungen auf die Führung der Alpbetriebe, was mit diesem Modell erfasst werden kann. Es ist nämlich so, dass nicht nur die Ansicht der Alpbetreiberin bzw. des Alpbetreibers die Sömmerungsaktivität beeinflusst, sondern auch die Zweckmässigkeit der Sömmerung für den Heimbetrieb eine wesentliche Rolle spielen kann. Die Agenten, welche die Betriebe des Talgebiets repräsentieren, werden während ihres Entscheidungsprozesses so modelliert, dass sie die Sömmerungstätigkeit beginnen (oder beenden) können, wenn dies für sie wirtschaftlicher ist (Vergrösserung der Futterfläche, Einsparung von Arbeitskräften und Kapital im Falle von Bergkorporationen, Vorteile für die Nährstoffbilanz).

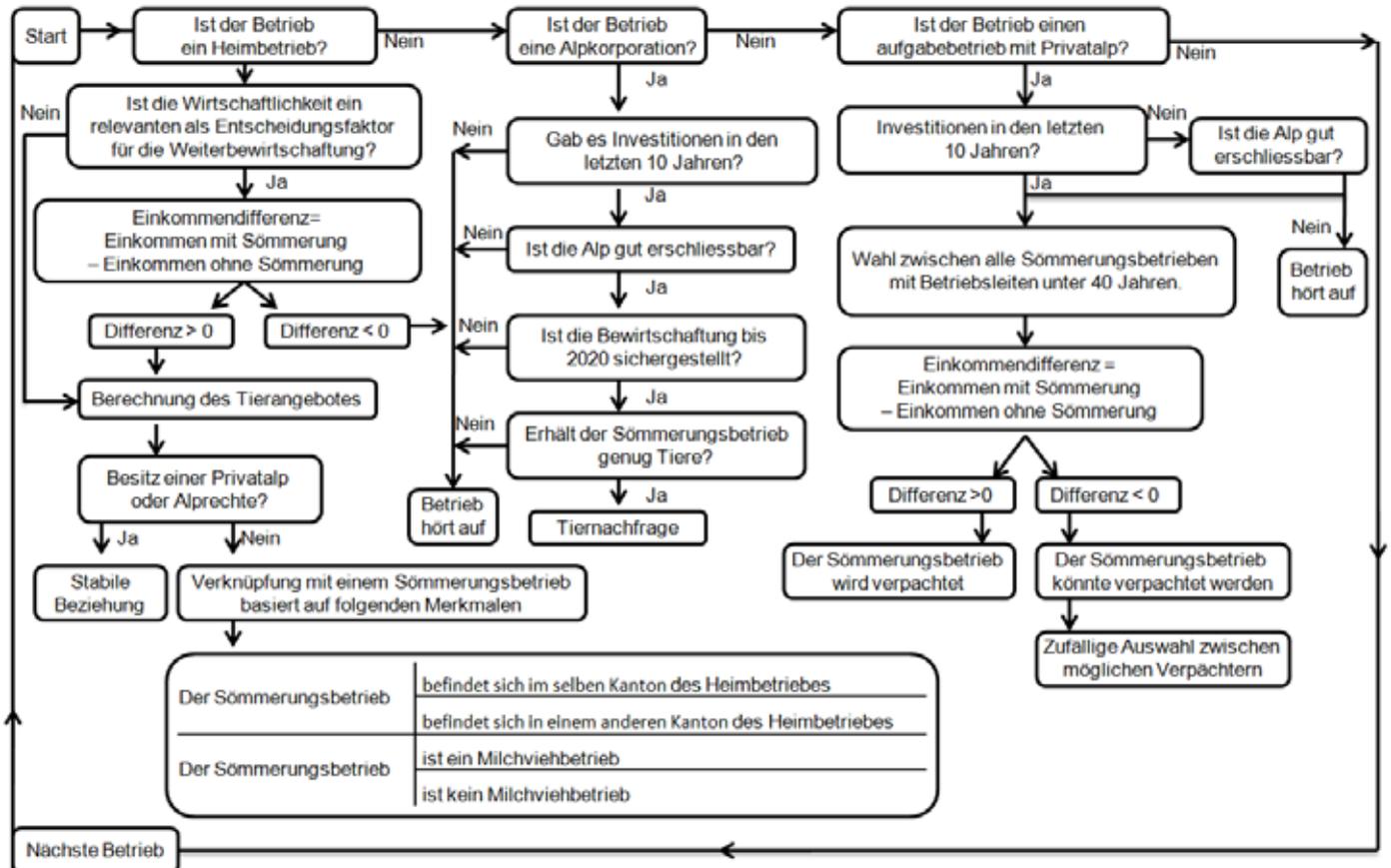


Abbildung 3. Vereinfachte Darstellung der Agenteninteraktionen, des Einflusses der Softfactors und des Strukturwandels (Quelle: eigene Darstellung)

## 4 Datenquellen und Organisation der Daten

Für die Definition eines repräsentativen Modells mussten zunächst wirtschaftliche, soziologische und räumliche Daten auf Betriebsebene gesammelt werden. Aufgrund der bei Multiagentenmodellen nötigen grossen Datenmenge mussten mehrere Datenbanken genutzt werden, was einige Schwierigkeiten beinhaltete. Um eine vollständige und robuste Datenbank zu erhalten, waren eine gute Datenorganisation und das Treffen einiger Annahmen notwendig.

Die im Modell verwendeten Daten können in drei Hauptkategorien unterteilt werden. Die Daten des einzelnen Sömmerungsbetriebs bilden den Kern des Optimierungsmodells hinsichtlich der Produktionskoeffizienten, die «Softfactors» aus den drei verschiedenen Umfragen des WSL definieren die Agenten in qualitativer Hinsicht. Die dritte Gruppe von Daten umfasst die Daten zu den regionalen und nationalen Preisen, welche für die Simulation über die gesamte Zeitspanne benötigt werden. Die Auswahl an modellierten Agenten entspricht eins zu eins den vom WSL befragten Sömmerungsbetrieben (Von Felten, 2011a). Die Stichprobe entspricht rund 9,5 % (N=675) aller gegenwärtig in der Schweiz existierenden Sömmerungsbetriebe. Die Daten für diese Betriebe (auf einzelbetrieblicher Ebene) wurden dem schweizerischen Agrarinformationssystem (AGIS) entnommen und mit Datenmaterial aus den drei WSL-Umfragen kombiniert. Eine dieser drei Umfragen erforschte die sozioökonomischen Bedingungen der Sömmerungsbetriebe (Von Felten, 2011a.) und zwei bezogen sich auf die Heimbetriebe (Von Felten, 2011b; Fischer, 2011), wobei eine dieser beiden Umfragen Heimbetriebe befragte, die ihre Tiere sömmeren und die andere Heimbetriebe befragte, welche ihre Tiere nicht oder nicht mehr sömmeren. Die Stichprobe wurde immer aus der AGIS-Datenbank ausgewählt und ist – innerhalb von AGIS – für die schweizerische Alpenregion repräsentativ hinsichtlich der Zahl und der Kategorien der gesömmerten Tiere, der Direktzahlungen und der Anzahl Söm-

merungsbetriebe pro Tierkategorie. Schafe und Ziegen sind in der Stichprobe jedoch überrepräsentiert, was problematisch sein könnte, wenn die Ergebnisse der Simulation auf die ganze Schweiz übertragen werden. Die Verfügbarkeit der AGIS-ID ermöglichte die perfekte Verbindung der qualitativen Daten (Umfragen AlpFUTUR) mit den quantitativen Daten (AGIS-Datenbank) der Sömmerungsbetriebe. Die Anonymisierung der ID-Daten verhindert jedoch das Erkennen der tatsächlichen Betriebe.

Zur Modellierung der Heimbetriebe musste ein ziemlich komplexer Ansatz gewählt werden. Im Modell SWISSland stellt die FADN-Datenbank die Hauptdatenquelle für die Heimbetriebe dar, und für diese gibt es keine AGIS-ID. Eine Methode zur Kombination der FADN-Betriebe und der AGIS-Betriebe war demzufolge hauptsächlich aus zwei Gründen notwendig: Erstens war es, wie bereits erwähnt, nötig, um die «Softfactors»-Daten aus der AlpFUTUR-Umfrage auf die modellierten Heimbetriebe zu übertragen. Die Verknüpfung der beiden Gruppen von Heimbetrieben (AGIS und FADN) erfolgte über die Selektion und den Vergleich einiger Charakteristika jedes Betriebs und die Minimierung der quadrierten Abweichungen. In Abbildung 4 wird dieser Ansatz erläutert.

Zusätzlich war für jeden Alpbetrieb nötig, den Heimbetrieb auszumachen, der das Vieh für die Sömmerungszeit zur Verfügung stellt. Für einen Teil der Alpbetriebe konnte die AGIS-ID des Heimbetriebs aus der AGIS-Datenbank entnommen werden. Diese Informationen waren jedoch für unsere Zwecke nicht vollständig, weshalb eine zweite Annahme getroffen werden musste. Im Modell werden die Alpbetriebe und die Heimbetriebe aufgrund bestimmter Parameter miteinander assoziiert, welche für beide Arten von Betrieben dank der Umfrage des WSL zur Verfügung standen. Diese Methode ist in Abbildung 5 dargestellt.

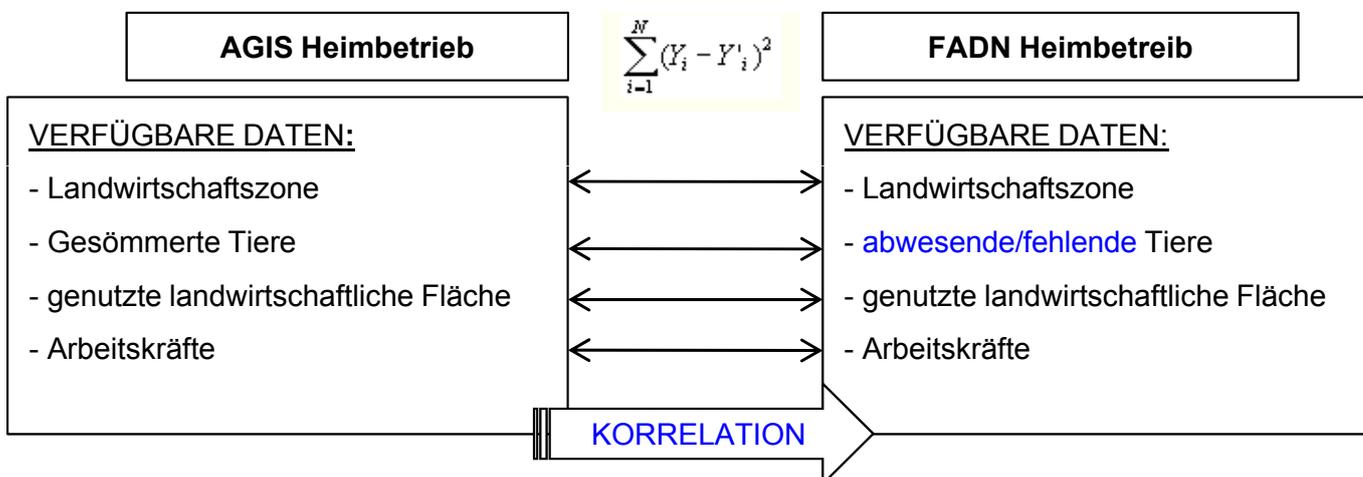


Abbildung 4. Methode zur Verknüpfung von AGIS-Betrieben und FADN-Betrieben (Quelle: eigene Darstellung)

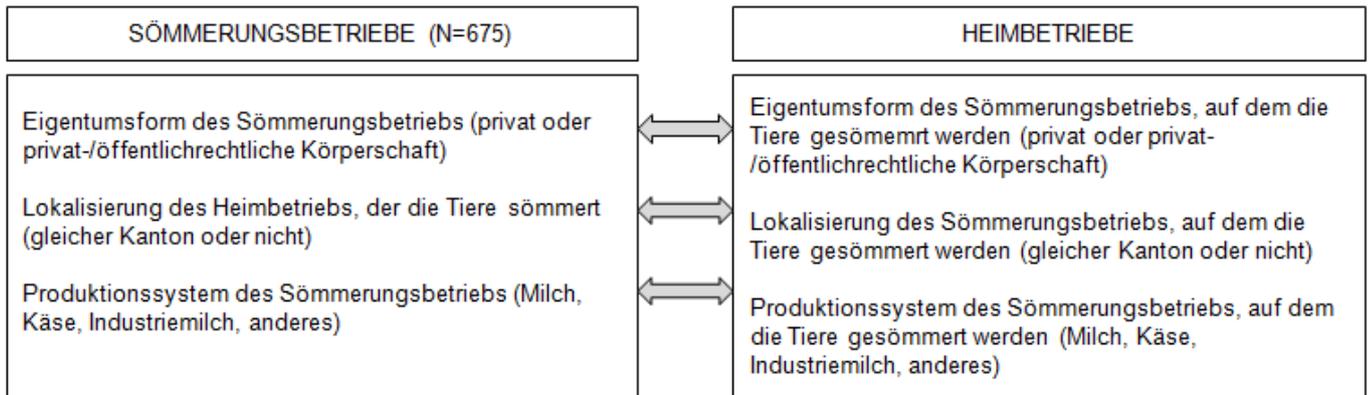


Abbildung 5. Methode zur Assoziierung der Sömmerungsbetriebe mit den Heimbetrieben (Quelle: eigene Darstellung)

Auch andere Datenquellen wurden in dieser Forschungsarbeit verwendet. Daten aus dem Teilprojekt «Alp-Wirtschaft» des Projekts AlpFUTUR waren besonders hilfreich für die Validierungsphase des Modells (siehe nächster Abschnitt).

Auch Daten des Schweizer Alp-Katasters (Werthemann und Imboden, 1982) wurden mit einbezogen, insbesondere um fehlende Daten durch Normdaten zu ersetzen.

Dass Normdaten eingesetzt werden mussten, mindert die Fähigkeit dieses Modells, genaue Resultate auf der einzelbetrieblichen Ebene zu liefern. Die mathematische Formel des Modells erlaubt jedoch zu jedem Zeitpunkt die Integration von aktualisierten oder detaillierteren Daten in die Datenbank, was die Ergebnisse verbessert.

## 5 Kalibrierung und Validierung

Die Phase der Kalibrierung und Validierung liefert den Nachweis für das korrekte Setting des Modells. Die grosse Flexibilität, welche agentenbasierte Modelle hinsichtlich ihres Setups bieten, und die beinahe unbegrenzt möglichen Modellparameter, lassen dem Modellierenden grosse Freiheiten und machen es schwierig, das Spektrum an auf empirischen Daten basierenden Modellparametern einzuschränken (Herbert und Fagiolo, 2008). Aus diesem Grund sind die Kalibrierungs- und Validierungsphasen von grösster Wichtigkeit. Das Basisjahr des Modells für die Kalibrierung ist das Jahr 2008. Dies bedeutet, dass ein Referenzjahr verwendet wird, für welches statistischerwiesenes Datenmaterial vorhanden ist, so dass die Verlässlichkeit der Ergebnisse überprüfbar ist. Trotz der klar definierten Struktur und den gemäss Theorie korrekten Parameter, ist es äusserst unwahrscheinlich, dass ein Modell ähnlich wie die Referenzjahrdaten kalibriert. Dies ist bei Modellen, welche per Definition vereinfachte Abstrahierungen des realen Systems darstellen, systeminhärent. Dadurch, dass ein reales System abstrahiert und vereinfacht wird, verliert das Modell Informationen und muss überprüft werden, indem es mit dem tatsächlichen Verhalten verglichen wird (Howitt, 2002). Durch reine positive lineare Programmierung, treten häufig Überspezialisierungen auf. Um dieses Problem zu überwinden und plausiblere Lösungen zu erhalten, wurde die positive mathematische Programmierung (PMP) entwickelt. Modelle, die mit der PMP-Methode kalibriert werden, erreichen treffende Antworten auf exogene Veränderungen (Howitt, 1995). Bei der PMP-Vorgehensweise werden in der Zielfunktion des Modells einige nichtlineare Terme hinzugefügt, um das Modell exakt mit dem Referenzjahr zu kalibrieren, und zwar in Bezug auf Output, Verwendung des Inputs, Zielfunktionswerte und

Dualwerte zu Modellbeschränkungen, indem die im Datenset enthaltenen Informationen verwendet werden (Howitt, 1995). Dieser Ansatz wird gegenwärtig im Modell SWISSland genutzt, wobei für die Alpenregion die beobachtete Allokation von Vieh dazu eingesetzt wird, um nichtlineare Kostenfunktionen zur Kalibrierung des Modells abzuleiten, ohne unrealistische Beschränkungen hinzuzufügen. Es ist jedoch wichtig festzuhalten, dass dieser Ansatz wissenschaftlich nicht vollständig validiert werden kann, da die Verwendung der quadratischen Kostenfunktion bloss eine Annahme darstellt. Es ist möglich, dass in Zukunft weitere Methoden getestet werden. Die Modellkalibrierung basiert auf verfügbaren Parametern, und Interviews mit Experten ermöglichen die Validierung der Resultate. Die Zusammenarbeit mit der Schweizerischen Hochschule für Landwirtschaft (SHL) stellt eine weitere wichtige Quelle für das Validierungsverfahren dar, da diese ein Projekt durchführt, in dem rund zwanzig Sömmerungsbetriebe einer detaillierten ökonomischen Analyse unterzogen werden. Die gleichen zwanzig Sömmerungsbetriebe werden auch im SWISSland-Alpmodel simuliert. Die Ergebnisse der ökonomischen Analyse können mit den Modellergebnissen verglichen werden, um dessen Robustheit diesbezüglich zu validieren, wobei mit «validieren» gemeint ist, die Fähigkeit des Modells zu testen, korrekte Ergebnisse zu liefern. Ein Multiagentenmodell, welches die schweizerische Alpenregion simulieren können soll, muss grosse Datenmengen verarbeiten können. Aus diesem Grund ist es unumgänglich, bestimmte Fälle zu abstrahieren und zu vereinfachen, nicht nur aus computer-technischen Gründen, sondern auch, um eine klare Auslegung der Ergebnisse zu erlauben.

## 6 Informatikressourcen

Das PMP basierte Optimierungsmodell wird durch den Einsatz der GAMS-Software (General Algebraic Modeling System) realisiert. GAMS ist eine hoch komplexe Modellierungssprache für mathematische Programmierung und Optimierung. Es ist zugeschnitten auf komplexe Modelle und ermöglicht die Entwicklung grosser Modelle, die rasch an neue Situationen angepasst werden können. Für die Handhabung der Interaktionen zwischen den Agenten wurde die Objekt orientierte Open-Source-Software «REPAST Simphony» eingesetzt (Recursive Porous Agent Simulation Toolkit). Diese Software ist speziell auf Modellentwicklerinnen und -entwickler ausgerichtet, welche mit Java oder ähnlichen Programmiersprachen arbeiten. REPAST erlaubt das Design von Agenten und den Erhalt ihrer Eigenschaften und Verhaltensweisen, die flexible Wahl der für das Szenario gewünschten Simulationsparameter, der Anzahl Jahre und der betroffenen Agenten. Diese Eigenschaft des Programms ist äusserst wichtig für die Beschleunigung der Validierungsphasen, da eine Simulation aller Agenten während des gesamten Zeitrahmens bis zu 48 Stunden betragen kann.

## 7 Szenarien

Mit dem SWISSland-Alpmodel können Vorhersagen bezüglich der Auswirkungen von verschiedenen landwirtschaftspolitischen Massnahmen auf die Alpenregion gemacht werden. Auf der Grundlage der wahrscheinlichsten zukünftigen Entwicklung der alpinen Landwirtschaft wurden Szenarien geplant und simuliert, um einige Alternativen zu testen. In den simulierten Szenarien werden einige Parameter ständig eingesetzt, während andere nur für spezifische Szenarien verwendet werden. Die nachfolgende Tabelle enthält eine Übersicht über die getesteten Szenarien.

### 7.1 Landwirtschaftspolitik 2011 (AP 2011)

In diesem Szenario werden die zukünftigen Entwicklungen der Alpenregion geschätzt unter der Annahme, dass sich die Struktur des Milchmarktes in der Schweiz und in der EU bis 2020 nicht grundlegend verändern wird. Im Modell werden demnach die heutigen Marktbedingungen berücksichtigt, wie der Ausstieg aus der Milchkontingentierung (2009), der Freihandel von Käseprodukten mit der EU (2007) und die Verkäsungszulage. In den Jahren nach dem Ausstieg aus der Milchkontingentierung sanken die Preise für Milch um 20 %, und es ist möglich, die Auswirkungen auf das Einkommen der Sömmerungsbetriebe zwischen 2008 und 2012 zu bestimmen. Die Finanzkrise 2009/2010 verstärkte diesen Trend noch. Es wird jedoch angenommen, dass die Abschaffung der Milchpreiskontrolle und der Milchquoten-Regulierung die wirtschaftliche Effizienz des Sektors mittel- bis langfristig verbessert. In diesem Szenario werden keine Änderungen des gegenwärtigen Direktzahlungssystems vorgenommen.

### 7.2 Erhöhung der Direktzahlungen für die Alpenregion (DPA)

Direktzahlungen spielen für die Alpenregion eine wichtige Rolle. Um die Wichtigkeit dieser Beiträge zu evaluieren,

wurden einige Änderungen im Direktzahlungssystem für Raufutter verzehrende Tiere getestet, die den Sommer auf den Alpweiden verbringen. Mack und Flury gingen 2008 davon aus, dass eine deutliche Erhöhung der Zahlungen von Nöten sei, um den Erhalt der Alpwirtschaft auf dem heutigen Niveau zu gewährleisten (Mack und Flury, 2008). Aus diesen Gründen werden die heutigen Direktzahlungen in diesem Szenario gegenüber 2008 um 50 % erhöht. Ansonsten wurden in diesem Szenario keine Änderungen vorgenommen.

### 7.3 Agroökologische Direktzahlungen gebunden an die beweideten Flächen (ECODP)

Eine der grössten Herausforderungen der nächsten Jahrzehnte wird es sein, auf lokaler Ebene eine angemessene Bewirtschaftung für naturnahes Land zu erhalten, das aus Produktionsgründen kaum weitergeführt werden dürfte (Ostermann, 1998). Aus diesem Grund werden in einem Szenario auch die Auswirkungen der nicht an Tiere, sondern an die Beweidung gebundenen Direktzahlungen simuliert. Mit dem SWISSland-Alpmodel ist auch eine Schätzung der Nutzung der Weiden sowie der Intensität der Nutzung möglich. Ziel dieses Szenarios ist es, ein System zu finden, wie die Polarisierung der Bodennutzung vermieden und der Erhalt der Biodiversität von Flora und Fauna auf den Alpflächen gesichert werden kann. In diesem Szenario werden die Auswirkungen der an eine extensive Nutzung und Bewirtschaftung der Alpweiden gebundenen Direktzahlungen geschätzt. Auf der Grundlage der Resultate von Greif und Riemerth (2006), welche die wirtschaftliche Bedeutung der Alpwirtschaft in Österreich (in Bezug auf den Nutzen für die Bewirtschafter, die Waldwirtschaft und den Tourismus) auf 300 Euro pro Hektare Weideland schätzten, wurden die Beiträge auf 400 Franken pro Hektare festgelegt.

Tabelle 6. Überblick über die Szenarien

	Struktur des Direktzahlungssystems	Direktzahlungen für das Sömmerungsgebiet	Direktzahlungen für die anderen Regionen
AP2011	Tierbezogene Sömmerungsbeiträge	300 Fr./NST (220-120 Fr./NST)	AP2011
DPA	Tierbezogene Sömmerungsbeiträge	450 Fr./NST (330-180 Fr./NST)	AP2011
ECODP	Weidebezogene Sömmerungsbeiträge	400 Fr./ha	AP2011

AP2011: Agrarpolitik 2011

DPA: Erhöhung der tierbezogenen Sömmerungsbeiträge

ECODP: Ökologische weidebezogene Sömmerungsbeiträge

## 8 Modellergebnisse

Im Folgenden werden die Ergebnisse der Simulation der Alpenregion (ohne Interaktion mit anderen Regionen) präsentiert. Da das Modell auf einer Stichprobe (9,5 %) basiert, wurden die Ergebnisse für die Schweiz hochgerechnet.

### Einkommen

Die folgende Abbildung zeigt das zu erwartende Durchschnittseinkommen der Sömmerungsbetriebe unter den simulierten Szenarien, wobei zwischen den beiden weiter oben beschriebenen Eigentümer-Systemen unterschieden wird. Der Rückgang des landwirtschaftlichen Einkommens zwischen 2008 und 2011 ist hauptsächlich auf den Ausstieg aus der Milchkontingentierung und den gefallenem Milchpreis zurückzuführen.

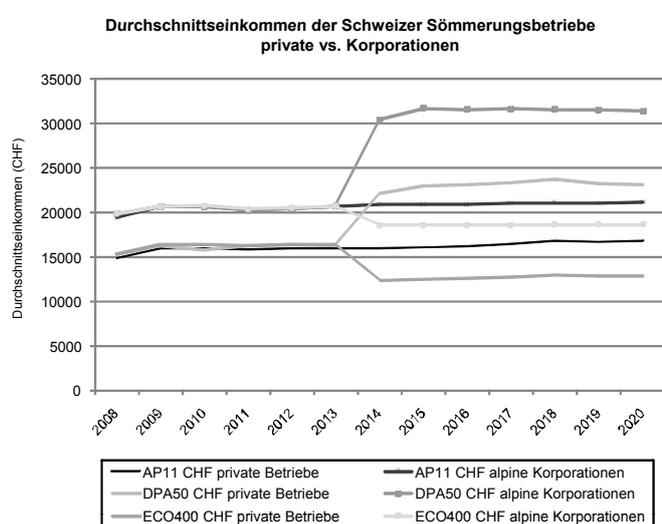


Abbildung 6. Durchschnittsertrag der Sömmerungsbetriebe unter den Szenarien AP 2011, DPA und ECODP (N = 476 private Betriebe und 199 alpine Korporationen)

Wie in dieser Darstellung zu erkennen ist, scheinen die als Korporationen organisierten Sömmerungsbetriebe weniger an den Folgen des Ausstiegs aus der Milchkontingentierung zu leiden als die privaten Sömmerungsbetriebe. Dies ist darauf zurückzuführen, dass die Erträge aus der Milchkäseproduktion den Tierbesitzern zurückbezahlt werden. Der leichte Anstieg des Durchschnittseinkommens der Korporationen zwischen 2008 und 2009 liegt an der Erhöhung um 10 % der Direktzahlungen für gealpte Tiere. Im Szenario DPA, welches im Jahr 2014 beginnt, wird eine Erhöhung um 50 % (im Vergleich zu 2009) der Direktzahlungen pro Einheit gealpeter Tiere simuliert. Die in diesem Szenario erkennbaren positiven Auswirkungen auf das landwirtschaftliche Einkommen der Sömmerungsbetriebe, entsprechen der Zunahme der Direktzahlungen und der gesömmerten Tiere.

Im Szenario ECODP, welches ebenfalls im Jahr 2014 gestartet wird, wird die Abschaffung der an die gesömmerten Tiere gebundenen Direktzahlungen durch Beiträge von 400 Franken pro Hektare bewirtschafteter Alpflächen kompensiert. Hier sind langfristig positive Auswirkungen auf das landwirtschaftliche Einkommen feststellbar, was auf die Beiträge und eine extensivere Bewirtschaftung der Alpflächen zurückzuführen ist, da die Zahl der gesömmerten Tiere stark zurückgeht.

In der folgenden Abbildung wird der Übersicht halber das durchschnittliche landwirtschaftliche Einkommen für Milchbetriebe und Nichtmilchbetriebe unterschieden.

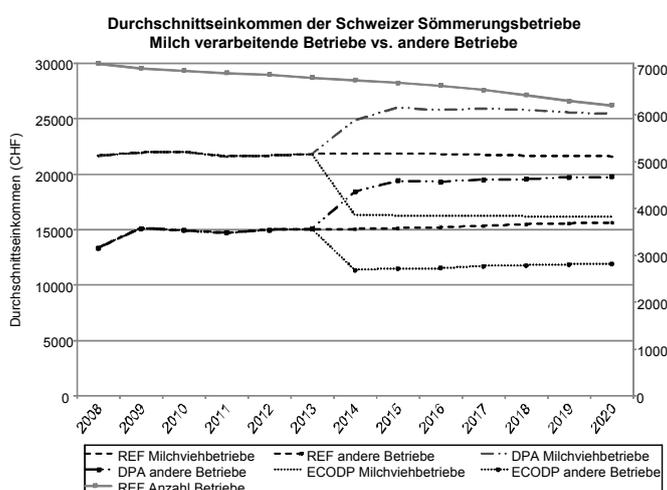


Abbildung 7. Durchschnittseinkommen der Sömmerungsbetriebe nach Typen unter den Szenarien AP 2011, DPA und ECODP (N = 109 Alpmilchbetriebe und N = 565 Alpnichtmilchbetriebe)

Diese Unterscheidung dient dem besseren Verständnis der Auswirkungen des Milchpreises. Bis 2011 nimmt das landwirtschaftliche Einkommen der Alpmilchbetriebe stärker ab als dasjenige der nicht milchwirtschaftlichen Alpbetriebe. Letztere zeigen in den beiden alternativen Szenarien DPA und ECODP stärkere Reaktionen. Dies erklärt sich dadurch, dass nicht milchwirtschaftliche Alpbetriebe stärker von der Erhöhung der Direktzahlungen um 50 % profitieren als Alpmilchbetriebe, während sie bei einer Änderung der Politik auf flächengebundene Beiträge stärker leiden. Diese Reaktion zeigt, dass nicht milchwirtschaftliche Alpbetriebe stärker von den tiergebundenen Beiträgen abhängen, als Alpmilchbetriebe. Gleichzeitig ist es so, dass bei einer Erhöhung der Direktzahlungen um 50 % (DPA), die Kosten und die für das Milchvieh notwendigen Arbeitskräfte, den Ertrag immer noch beschränken. Bei flächenbezogenen Direktzahlungen hingegen, würde der Ertrag der Milchproduktion das Durchschnittseinkommen stabiler halten.

Die folgende Abbildung zeigt die erwarteten Durchschnittseinkommen der Alpbetriebe, wobei zwei Grössen von Betrieben unterschieden werden (<70 NST und >70 NST).

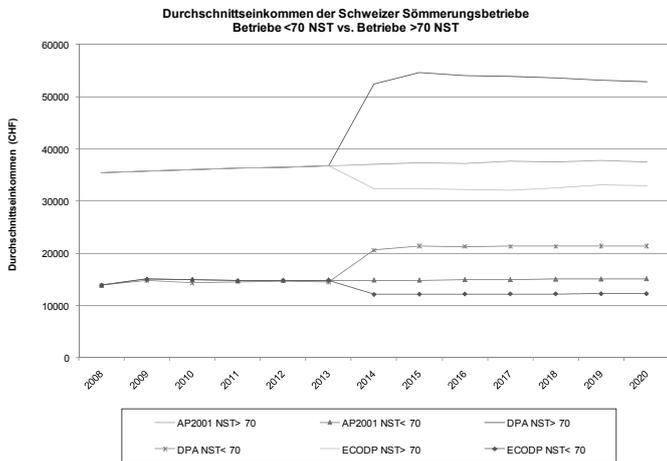


Abbildung 8. Durchschnittseinkommen der Sömmerungsbetriebe, unterschieden nach Grösse unter den Szenarien AP 2011, DPA und ECODP (N = 242 Sömmerungsbetriebe > 70 NST und N = 432 < 70 NST)

Gemäss diesen Ergebnissen hätte ein Wechsel des Direktzahlungssystems (Szenarien DPA und ECODP) stärkere Auswirkungen auf die Sömmerungsbetriebe mit mehr als 70 NST als auf die kleineren Betriebe. Unter ECODP würde das Durchschnittseinkommen der grösseren Betriebe langfristig fast den Trend der AP 2011 erreichen, bei den kleineren Betrieben würde dieses sogar überschritten. Mit Blick auf das Szenario AP 2011 ist festzuhalten, dass das Einkommen der kleineren Alpbetriebe im analysierten Zeitrahmen ziemlich konstant bleibt, während grössere Sömmerungsbetriebe über ein höheres Potenzial verfügen, ihre Erträge zu steigern. Dies könnte mehrere Gründe haben, wie die Verfügbarkeit von grösseren Weideflächen oder effizientere Arbeitskräfte auf den Sömmerungsbetrieben.

**Gesömmerte Tiere**

Verschiedene Entwicklungen in der Bewirtschaftung von Weideflächen unter den simulierten Szenarien machen deutlich, wie gross die Auswirkungen von agrarpolitischen Änderungen auf die Alpenregion sein könnten. Das Szenario AP 2011 zeigt eine relativ konstante Zahl gesömmelter Tiere. Der beobachtbare Rückgang der gealpten Tiere bis 2013 entspricht dem Rückgang der Milchkühe und gründet auf Preistrends.

Würden 2014 die Beiträge für die Alpenregion um 50 % erhöht (Szenario DPA), nähme die Zahl der insgesamt gesömmerten Tiere tendenziell auch in den folgenden Jahren zu. Diese Zunahme könnte jedoch ihre Grenze in

den zur Verfügung stehenden Weideflächen haben. Der Trend bei den Milchkühen zeigt eine kaum wahrnehmbare Zunahme nach Einführung der Massnahme. Dies könnte auf die höheren Kosten zurückzuführen sein, die in dieser Kategorie durch die Bewirtschaftung anfallen.

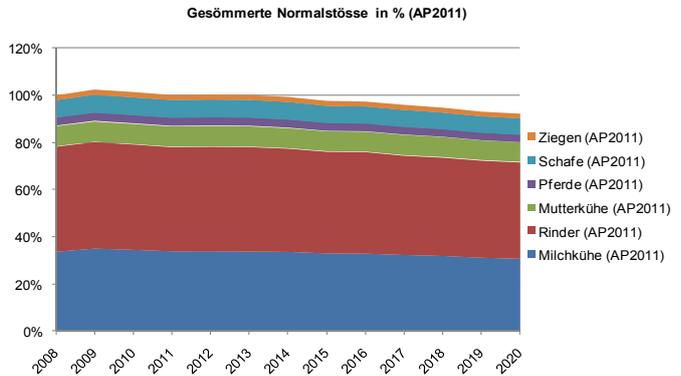


Abbildung 9. Trend der total gesömmerten NST (in % im Vergleich zu 2008) unter Szenario AP 2011 (N = 675 Sömmerungsbetriebe; 1 NST = 1 GVE\*Dauer/100)

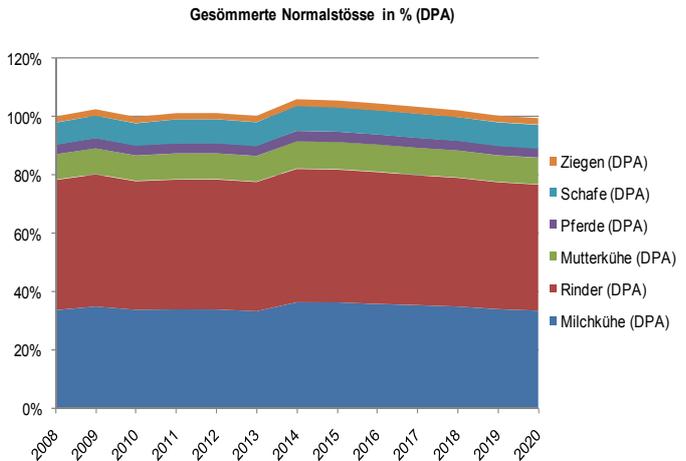


Abbildung 10. Trend der total gesömmerten NST (in % im Vergleich zu 2008) unter Szenario DPA (N = 675 Sömmerungsbetriebe; 1 NST = 1 GVE\*Dauer/100)

Eine Änderung im Direktzahlungssystem hin zu Beiträgen an die genutzten Weideflächen (Szenario ECODP), würde zu einer extensiveren Nutzung der Weiden führen, teilweise bedingt durch den Rückgang der total gesömmerten Tiere direkt nach der Einführung des neuen Systems. Aus der Abbildung wird ersichtlich, dass die Zahl der gesömmerten Tiere mit der Zeit wieder zunimmt. Trotzdem wird bei dieser Massnahme die Dichte an Tieren pro Hektare sicherlich auf einem Minimum gehalten werden. Auch bei diesem Szenario bleiben die Milchkühe von den verschiedenen Kategorien während und nach der Einführung der neuen Massnahme die konstantesten.

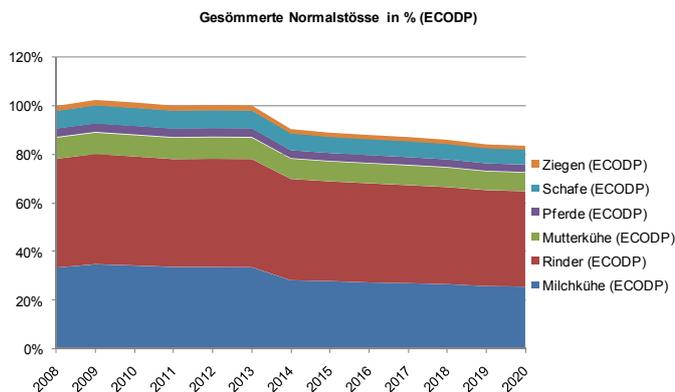


Abbildung 11. Trend der total gesömmerten NST (in % im Vergleich zu 2008) unter Szenario ECODP (N = 675 Sömmerebetriebe; 1 NST = 1 GVE\*Dauer/100)

### Milchkäseproduktion

Die Entwicklung der Milchkäseproduktion in der Alpenregion hängt klar von den Entwicklungen der Milchviehsömmere ab. Auch andere Faktoren beeinflussen die Herstellung dieser Produkte, wie die Verfügbarkeit von qualifizierten Arbeitskräften und der Milchpreis. In der folgenden Abbildung werden die Menge (in Tonnen) an zu Käse verarbeiteter Milch und die Menge an unverarbeiteter Milch für jedes Szenario dargestellt.

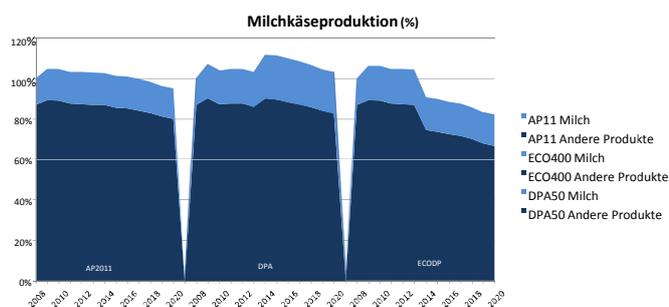


Abbildung 12. Gesamte Milchkäseproduktion in der Alpenregion unter den Szenarien AP 2011, DPA und ECODP (N= 675 Sömmerebetriebe)

Unter allen Szenarien tendiert die Milchkäseproduktion bis 2012 zurückzugehen und sich anschliessend zu stabilisieren. Unter dem Szenario AP 2011 scheint nicht verarbeitete Milch und Butter relativ stabil zu bleiben und gegen Ende des Zeitrahmens sogar leicht anzusteigen, während die Käseproduktion immer einen Abwärtstrend zeigt.

Im Szenario DPA steigt die Milchkäseproduktion nach 2014 an. Dies ist hauptsächlich eine Folge der erhöhten Zahl der gesömmerten Vieheinheiten. Die Käseproduktion steigt nach der Einführung der neuen Massnahme an, sinkt

jedoch anschliessend wieder. Nicht verarbeitete Milch und Butter reagieren hingegen langfristig positiv auf die Massnahme.

Auch unter dem Szenario ECODP sinkt die Milchkäseproduktion aufgrund des Rückgangs des gesömmerten Milchviehs. Auch wenn sich diese Tendenz später wendet, bleibt die Produktion stark unter dem Niveau von 2008. Dieser Trend erscheint plausibel, da in diesem Szenario die Beiträge an die beweideten Flächen gebunden sind und keine Unterscheidung zwischen der Art der gesömmerten Tiere gemacht wird.

### Sömmerebeiträge

Die Entwicklung der durch die Sömmerebeiträge unter den Szenarien entstehenden Gesamtkosten, wird in der folgenden Abbildung dargestellt.

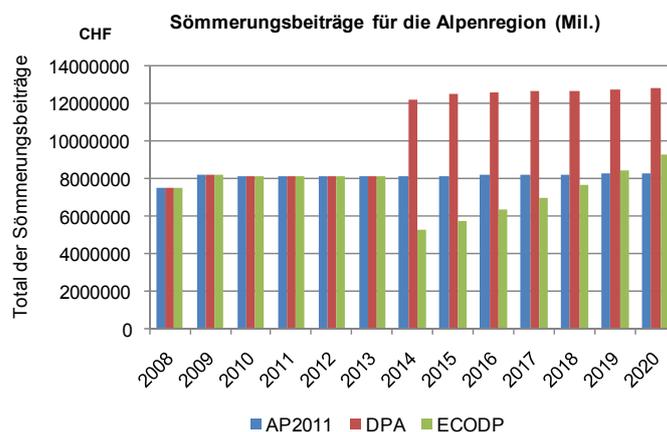


Abbildung 13. Total der erwarteten Ausgaben für Beiträge an die Alpenregion unter den Szenarien AP 2011, DPA und ECODP (N = 675 Sömmerebetriebe)

Wie aus dieser Abbildung ersichtlich wird, bleibt unter AP 2011 die Höhe der Beiträge für die Alpenregion bis 2020 relativ konstant. Unter dem Szenario DPA würden die Direktzahlungskosten offensichtlich deutlich steigen. Interessanter ist wohl die Kostenentwicklung der an die Weideflächen gebundenen Beiträge. Unter dem Szenario ECODP würden die Gesamtkosten für die Beiträge an die Alpenregion nach der Einführung der Massnahme zunächst sinken, anschliessend jedoch wieder steigen. Der Gesamtbetrag der Direktzahlungen wird möglicherweise durch die in der Stichprobe überrepräsentierten Schafe und Ziegen beeinflusst und dürfte unter der gegenwärtigen Summe liegen.

### Arbeitsmarkt

Die Entwicklung des Arbeitsmarktes der Alpenregion unter den simulierten Szenarien entwickelt sich gemäss den Erwartungen wie folgt:

Einheit Gesamtnachfrage nach Arbeitskräften der Sömmerungsbetriebe

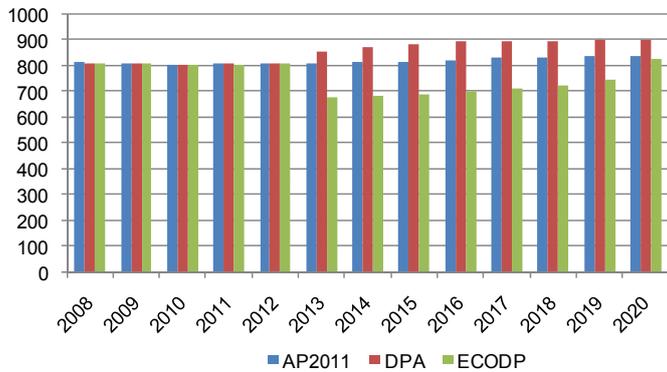


Abbildung 14. Gesamtnachfrage nach Arbeitskräften (nach Anzahl Vollzeitbeschäftigter) für die Alpenregion unter den Szenarien AP 2011, DPA und ECODP (N = 675 Sömmerungsbetriebe)

Unter dem Szenario AP 2011 bleibt die Nachfrage nach Arbeitskräften trotz Fluktuationen (aufgrund der Preiserwartungen und des Ausstiegs aus der Milchkontingentierung) relativ konstant.

Im Szenario DPA verursacht die Zunahme des Sömmerungsviehbestands eine erhöhte Nachfrage nach Arbeitskräften. Auch wenn die beobachtete Zunahme nicht sehr hoch ist, könnten daraus doch insofern Probleme entstehen, als eine solche erhöhte Nachfrage nach Arbeitskräften aufgrund der geringen Verfügbarkeit von qualifizierten Arbeitskräften und beschränkten finanziellen Mitteln immer schwieriger zu befriedigen ist. Unter dem Szenario ECODP ist das Sinken der Nachfrage nach Arbeitskräften an den Rückgang der gesömmernten Tiere gekoppelt. In ein paar Jahren erreicht die Nachfrage an Arbeitskräften gemäss den Erwartungen jedoch wieder das Niveau der anderen beiden Szenarien.

**Die Heimbetriebe**

Die Entwicklung der Viehbestände der Talregion unter dem Szenario AP 2011 ist in der folgenden Abbildung dargestellt. Gemäss den Ergebnissen dieses Szenarios, steigen die Viehbestände in der Schweiz bis 2010 und sinken dann bis 2020.

Die Alpweiden stellen eine wichtige Erweiterung der Grünflächen während der Vegetationsperiode dar. Um die Entwicklungen in der Bergregion zu verstehen, ist es daher auch von Interesse, die Nutzung der Weideflächen der Talregion zu untersuchen. Die nachstehende Abbildung zeigt die erwartete Nutzung der Weideflächen in der Schweiz für die Tal-, Hügel- und Bergregion bis 2020. Die Ergebnisse bestätigen den Trend in Bezug auf die Entwicklung der Viehbestände: Zunahme bis 2010 und anschliessend langsame Abnahme.

Viehbestand in der Talregion (AP2011)

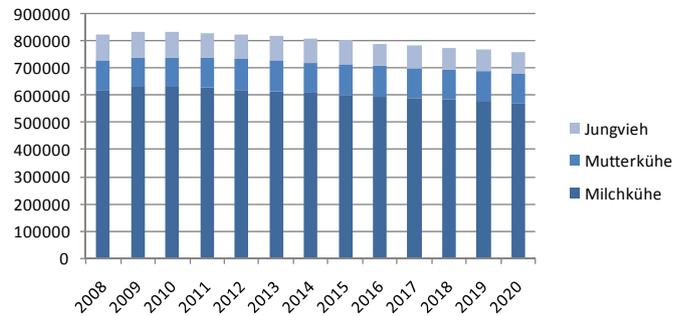


Abbildung 15. Entwicklung der Viehbestände in der Talregion unter dem Szenario AP 2011 (N= 3420 Landwirtschaftsbetriebe)

Total der bewirtschafteten Weideflächen in der Talregion (AP2011)

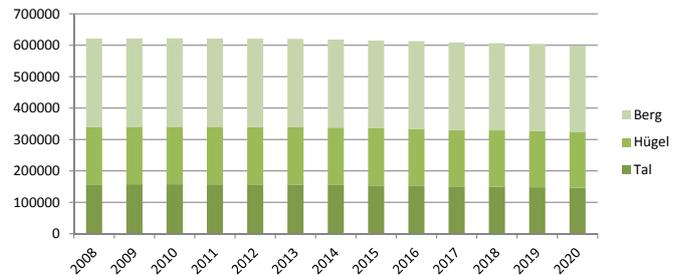


Abbildung 16. Entwicklung der genutzten Weideflächen in der Talregion unter dem Szenario AP 2011 (N = 3420 Landwirtschaftsbetriebe)

**Strukturwandel**

Politische Veränderungen können die Struktur der Sömmerungsbetriebe beeinflussen. Unter AP 2011 sind keine grösseren Auswirkungen auf die Struktur der Sömmerungsbetriebe erkennbar. Am interessantesten sind die Daten in Bezug auf den Rückgang der Betriebe mit NST zwischen 20 und 40, welche gleichzeitig auch die am stärksten vertretene Gruppe in diesem Datensatz ist. Die Zahl der Sömmerungsbetriebe mit zwischen 100 bis 160 NST scheint hingegen zu steigen.

Verteilung der Sömmerungsbetriebe nach Grösse (AP2011)

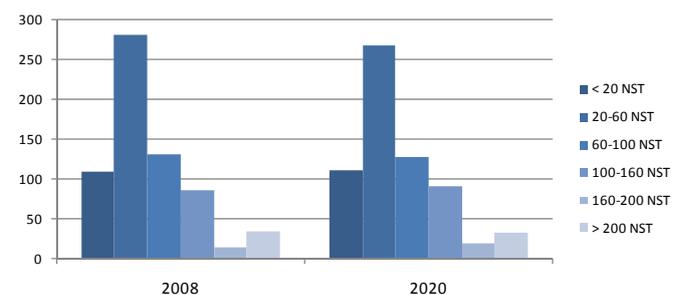


Abbildung 17. Verteilung der Schweizer Sömmerungsbetriebe 2008 und 2020 nach Grösse unter dem Szenario AP 2011

Unter dem Szenario DPA nimmt die Zahl der gesömmerten Tiere nach 2014 zu. In der nachstehenden Graphik ist erkennbar, dass zur Kategorie der kleinen Sömmerebetriebe gehörende Betriebe zu grösseren Kategorien wechseln.

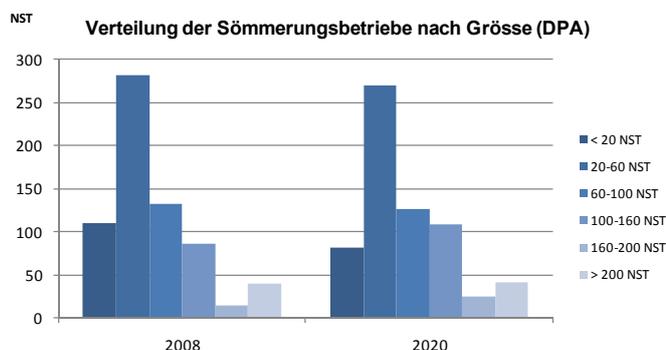


Abbildung 18. Verteilung der Schweizer Sömmerebetriebe 2008 und 2020 nach Grösse unter dem Szenario DPA

Bei Einführen von an Weideflächen gebundenen Direktzahlungen (Szenario ECODP) nimmt die Zahl der gesömmerten Tiere ab, was einen Strukturwandel in der Alpenregion zur Folge hat. Die Zahl der Sömmerebetriebe mit weniger als 60 NST nimmt zu, während die Zahl der Alpbetriebe der grösseren Kategorien abnimmt.

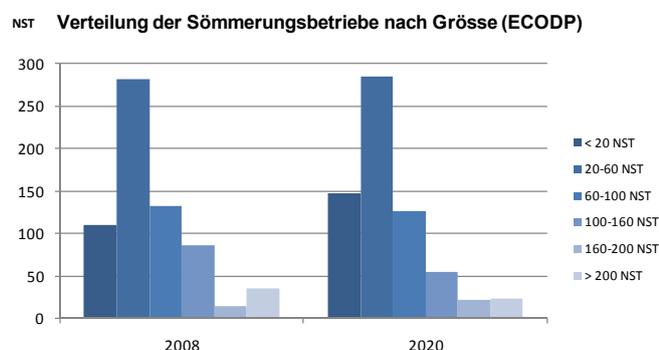


Abbildung 19. Verteilung der Schweizer Sömmerebetriebe 2008 und 2020 nach Grösse unter dem Szenario ECODP

## 9 Schlussfolgerungen

In diesem Bericht wird die mathematische Struktur des SWISSland Alpmodels beschrieben. Dieses Modell wurde entwickelt, um die ökologischen und ökonomischen Auswirkungen landwirtschaftspolitischer Veränderungen auf die Alpenregion zu untersuchen. Zweck des Modells ist es also, landwirtschaftspolitische Analysen zu unterstützen, insbesondere was das Direktzahlungssystem und mögliche strukturelle Folgen für die Bergregion betrifft. Die Entwicklung unter den simulierten Szenarien hängt teilweise von den Strukturveränderungen der Heim- und Sömmerungsbetriebe ab, teilweise auch von der wirtschaftlichen Effizienz und der Tätigkeit an sich. Das Szenario AP 2011 zeigt die zu erwartenden Trends, wenn das landwirtschaftspolitische System unverändert bleibt. Ohne politische Veränderung, bleibt die Entwicklung der Alpenregion gemäss den Modellergebnissen in etwa die gleiche wie bisher. Unter dem Szenario DPA würden mehr Tiere gesömmert werden. Folge davon wäre eine Zunahme der bewirtschafteten Weideflächen und eine intensivere Nutzung derselben. Wie Abbildung 7 zeigt, würden Alpbetriebe ohne Milchwirtschaft stärker von dieser Massnahme profitieren als Milchbetriebe. Unter diesem Szenario ist mit Schwierigkeiten bei der Verfügbarkeit von Arbeitskräften und mit einer Übernutzung der Weideflächen zu rechnen. Bereits heute stehen den Sömmerungsbetrieben immer weniger qualifizierte Arbeitskräfte zur Verfügung und es ist unwahrscheinlich, dass eine erhöhte Nachfrage befriedigt werden kann. Aus dem gleichen Grund und wegen der hohen Arbeitslast auf diesen Betrieben ist auch eine Übernutzung der Weideflächen möglich. Die korrekte Bewirtschaftung der Weiden, die Kontrolle der Wiederaufforstung sowie die richtige Aufstellung von Zäunen setzen gut vorbereitete Bewirtschafterinnen und Bewirtschafter voraus, was auch Kosten bedeutet. Unter diesem Szenario würden ausserdem die Gesamtausgaben in Form von Direktzahlungen stark zunehmen. Das Szenario ECODP zeigt positive Auswirkungen in Bezug auf die Aufrechterhaltung der Alpwirtschaft. Nach der Einführung dieser Politik nimmt jedoch die Zahl der gesömmerten Tiere stark ab und erholt sich nach einigen Jahren ein wenig. Die Ergebnisse legen den Schluss nahe, dass die optimale Strategie für die Alpwirtschaft von den politischen Zielen für diese Region abhängt. Unter dem Aspekt, dass die Landbewirtschaftung in der Alpenregion öffentliche Güter hervorbringt, wäre es sinnvoll, diejenigen Beiträge zu erhöhen, die das gesömmerte Gebiet maximieren (gemäss dem Szenario, das die flächengebundenen Beiträge erhöht). In diesem Fall wären allerdings strenge Kontrollen von Nöten, welche die Übernutzung der Weideflächen überwachen.

## 10 Literatur

- Balmann, A. (1997). „Farm-based modelling of regional structural change: A cellular automata approach.“ *European Review of Agricultural Economics* 24(1): 85-108.
- Balmann, A. (2000). *Modelling Land Use with Multi-Agent Systems. Perspectives for the Analysis of Agricultural Policies. Proceedings of the IIFET 2000: Microbehavior and Macroresults.*
- Dietl, W., Hug, L., Indermühle, P., Lauener, H., Peterer, R., Schäppi, W., Stadler, F., Wäfler, P. (1997). *Alpwirtschaft. Landwirtschaftliche Lehrmittelzentrale Zollikofen.*
- European Commission (1998): *Communication of the European Commission to the Council and to the Parliament on a European Community Biodiversity Strategy, February 1998. EC, Brussels.*
- Fischer M. (2011). *Einflussfaktoren der Sömmerungsnachfrage. Unter welchen Umständen würden Sie Tiere sömmeren? Resultate einer Befragung von landwirtschaftlichen Betrieben in der Schweiz, die keine Tiere sömmeren. Technischer Bericht aus dem AlpFUTUR-Teilprojekt 13 „Politikanalyse – Evaluation bestehender und alternativer Steuerungsinstrumente für das Sömmerungsgebiet“. Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL, Birmensdorf.*
- Greif, F., Riemerth, A. (2006). *Gesamtökonomische Bedeutung der Almen Österreichs, eine statistische Komplexanalyse. – Teilprojekt von Alp-Austria, Programm zur Sicherung und Entwicklung der alpinen Kulturlandschaft, Lebensministerium, Vienna.*
- Hamilton, S. A., B. A. McCarl, et al. (1985). «THE EFFECT OF AGGREGATE RESPONSE ASSUMPTIONS ON ENVIRONMENTAL-IMPACT ANALYSES.» *American Journal of Agricultural Economics* 67(2): 407-413.
- Happe, K. (2004): *Agricultural policies and farm structures. Agent-based modelling and application to EU-policy reform. Dissertation, Institute of Agricultural Development in Central and Eastern Europe (IAMO), Halle, 298 pages.*
- Happe, K., A. Balmann, et al. (2004). «The Agricultural Policy Simulator (AGRIPOLIS) – An agent-based model to study structural change in agriculture.» *Discussion paper. Institute of Agricultural Development in Central and Eastern Europe.*
- Happe, K. (2005). «Agent-based modeling and sensitivity analysis by experimental design and meta-modeling: an application to modeling regional structural change.» *Paper prepared for the XIth International Congress of the European Association of Agricultural Economists, The Future of Rural Europe in the Global Agri-Food System, Copenhagen, Denmark, August 24-27.*
- Happe, K. and K. Kellermann (2007). „Diese Modelle sind zu komplex! Oder doch nicht? Experimentelles Design und Metamodellierung als möglicher Weg, das Kommunikationsproblem agentenbasierter Modelle in der Politikanalyse zu lösen.“ *47th annual conference of the GEWISOLA and 17th annual conference of the ÖGA, 26-28 September 2007, Paper presentation, Freising/Weihenstephan, Germany.*
- Happe, K. and A. Balmann (2008). „Doing policy in the lab! Options for the future use of model based policy analysis for complex decision making.“ *Paper prepared for presentation at the 107th EAAE Seminar „Modelling of Agricultural and Rural Development Policies“. Sevilla, Spain, January 29th -February 1st.*
- Herbert, D. and G. Fagiolo (2008). „Agent-based models for economic policy design: Introduction to the special issue.“ *Journal of Economic Behavior & Organization* 67: 351–354.
- Howitt R.E., (1995). *Positive Mathematical Programming.* In: *American Journal of Agricultural Economics*, Vol. 77, pp. 229-342.
- Howitt R.E., (2002). *Optimization Model Building in Economics. ARE 252. Available at:* <http://agecon.ucdavis.edu/people/faculty/richard-howitt/docs/252notes.pdf>
- Lauber, S. (2006). „Agrarstrukturwandel im Berggebiet. Ein agentenbasiertes, räumlich explizites Agrarstruktur- und Landnutzungsmodell für zwei Regionen Mittelländens.“ *ARTSchriftenreihe, Swiss Federal Research Station Agroscope Reckenholz-Tänikon ART, Tänikon: 216.*
- LeBaron, B. and P. Winker (2008). „Introduction to the Special Issue on Agent-Based Models for Economic Policy Advice.“ *Jahrbucher für Nationalökonomie Und Statistik* 228(2-3): 141-148.
- Lobianco, A. and R. Esposti (2010). „The Regional Multi-Agent Simulator (RegMAS): An open-source spatially explicit model to assess the impact of agricultural policies.“ *Computers and Electronics in Agriculture* 72(1): 14-26.
- Mack, G. and C. Flury (2008). „Wirkung der Sömmerungsbeiträge“ *.Agrarforschung* 15(10): 500-505.
- Mack, G., T. Walter, et al. (2008). „Entwicklung der Alpung in der Schweiz: ökonomische Bedeutung und ökologische Auswirkungen“. *Yearbook of Socioeconomics in Agriculture: 259-300.*
- Mack, G., T. Walter, et al. (2010). „Seasonal Alpine Grazing Trends in Switzerland: Economic Importance and Impact on Biotic Communities.“ *Journal Environmental Science & Policy (Ecosystem Services and Rural Land Management).*

- Matthews, R. B., N. G. Gilbert, *et al.* (2007). „Agent-based land-use models: a review of applications.“ *Landscape Ecology* 22(10): 1447-1459.
- Möhring, A., A. Zimmermann, *et al.* (2010). „Modelling structural change in the agricultural sector – an agent-based approach using FADN data from individual farms.“ Paper prepared for presentation at the 114th EAAE Seminar ‘Structural Change in Agriculture Berlin, Germany, April 15-16.
- Ostermann, O. P. (1998). „The need for management of nature conservation sites designated under Natura 2000.“ *Journal of Applied Ecology* 35(6): 968-973.
- von Felten S. (2011a). Situation der Alpwirtschaftsbetriebe in der Schweiz. Resultate einer Befragung von Sömmerungsbetrieben. Technischer Bericht aus dem AlpFUTUR-Teilprojekt 13 „Politikanalyse – Evaluation bestehender und alternativer Steuerungsinstrumente für das Sömmerungsgebiet“. Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL, Birmensdorf.
- von Felten S. (2011b). Weshalb sömmeren sie ihre Tiere? Resultate einer Befragung von sömmernden Heimbetrieben. Technischer Bericht aus dem AlpFUTUR-Teilprojekt 13 „Politikanalyse – Evaluation bestehender und alternativer Steuerungsinstrumente für das Sömmerungsgebiet“. Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL, Birmensdorf
- Werthemann A. & A. Imboden (1982). Die Alp- und Weidewirtschaft in der Schweiz. Zusammenfassung der Alpkatastererhebungen. Bundesamt für Landwirtschaft. Bern, 223 S.

## 11 Abkürzungen und Akronyme

AGIS:	Agrarinformationssystem Schweiz
Sömmerungsbetrieb:	Normalerweise in grosser Höhe gelegener Betrieb, der nur während der Weidezeit im Sommer geführt wird.
GAMS:	General algebraic modellig system
Heimbetrieb:	Betrieb mit ganzjähriger Bewirtschaftung, der einen privaten Sömmerungsbetrieb besitzt oder seine Tiere über den Sommer auf einen Sömmerungsbetrieb schickt.
SWISSland:	Struktur Wandel Information System Schweiz
ZA:	Zentrale Auswertung von Buchhaltungsdaten ( Agroscope Reckenholz-Tänikon ART)

---

**Ex-ante-Analyse der Politikinstrumente für  
die Sömmerungsgebiete in der Schweiz mittels  
eines Multiagentenmodells**

---

ISBN 978-3-905733-24-2

---

Copyright 2011 ART

---



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Volkswirtschafts-  
departement EVD  
**Forschungsanstalt**  
**Agroscope Reckenholz-Tänikon ART**