

# StartClim2009.A

## Klimatisch beeinflusste Vegetations- entwicklung und Nutzungsintensivierung von Fettwiesen im österreichischen Berggebiet

Eine Fallstudie aus dem Kerngebiet der  
österreichischen Grünlandwirtschaft

Institut für Botanik, Universität für Bodenkultur  
Institut für Meteorologie, Universität für Bodenkultur  
LFZ Raumberg-Gumpenstein



**Autoren:**

Gabriele Bassler (BOKU, Botanik)  
Gerhard Karrer (BOKU, Botanik)  
Herbert Formayer (BOKU, Meteorologie)  
Andreas Schaumberger (LFZ-Raumberg-Gumpenstein)  
Wolfgang Angeringer (BOKU, Botanik und Bio Ernte Steiermark)  
Andreas Bohner (LFZ-Raumberg-Gumpenstein)  
Walter Starz (LFZ-Raumberg-Gumpenstein)

Diese Publikation sollte folgendermaßen zitiert werden:

Karrer, G., Bassler, G., Formayer, H., Schaumberger, A., Angeringer, W., Bohner, A. & W. Starz (2010): Klimatisch beeinflusste Vegetationsentwicklung und Nutzungsintensivierung von Fettwiesen im österreichischen Berggebiet. Eine Fallstudie aus dem Kerngebiet der österreichischen Grünlandwirtschaft. Endbericht von StartClim2009.A in StartClim2009: Anpassung an den Klimawandel: Beiträge zur Erstellung einer Anpassungsstrategie für Österreich, Auftraggeber: BMLFUW, BMWF, BMWFJ, ÖBF

Wien, im Oktober 2010

StartClim2009.A

Teilprojekt von StartClim2009

Projektleitung von StartClim2009:

Universität für Bodenkultur, Department für Wasser – Atmosphäre – Umwelt  
Institut für Meteorologie, Peter Jordan-Straße 82, 1190 Wien

URL: <http://www.austroclim.at/startclim/>

StartClim2009 wurde aus Mitteln des BMLFUW, des BMWF, des BMWFJ und der ÖBf gefördert.

## Inhaltsverzeichnis

<b>Kurzfassung</b>	<b>4</b>
<b>Abstract</b>	<b>5</b>
<b>A-1 Einleitung und Fragestellung</b>	<b>6</b>
<b>A-2 Untersuchungsgebiet</b>	<b>8</b>
<b>A-2.1 Lage</b>	<b>9</b>
<b>A-2.2 Klima</b>	<b>9</b>
<b>A-2.3 Geologie</b>	<b>10</b>
<b>A-2.4 Böden</b>	<b>11</b>
<b>A-3 Methodik</b>	<b>12</b>
<b>A-3.1 Untersuchungsdesign</b>	<b>12</b>
<b>A-3.2 Vegetationskunde</b>	<b>12</b>
<i>A-3.2.1 Flächenauswahl</i>	<i>12</i>
<i>A-3.2.2 Erhebung der Bewirtschaftungsdaten</i>	<i>13</i>
<i>A-3.2.3 Vegetationskundliche Datenerhebung</i>	<i>13</i>
<i>A-3.2.4 Vegetationskundliche Auswertung</i>	<i>14</i>
<b>A-3.3 Bodendaten</b>	<b>16</b>
<b>A-3.4 Ertragskunde</b>	<b>16</b>
<b>A-3.5 Klima</b>	<b>16</b>
<b>A-4 Ergebnisse</b>	<b>17</b>
<b>A-4.1 Klimaänderungen</b>	<b>17</b>
<b>A-4.2 Bewirtschaftungsänderungen</b>	<b>21</b>
<i>A-4.2.1 Betriebsbezogene Änderungen</i>	<i>21</i>
<i>A-4.2.2 Feldstücksbezogene Änderungen</i>	<i>22</i>
<b>A-4.3 Veränderungen der Wiesenvegetation im Zeitraum von 1997 bis 2010</b>	<b>22</b>
<i>A-4.3.1 Artenzahlen</i>	<i>22</i>
<i>A-4.3.2 Diversitätsindex</i>	<i>22</i>
<i>A-4.3.3 Verhalten einzelner Arten</i>	<i>24</i>
<i>A-4.3.4 Ökologische Gradienten</i>	<i>29</i>
<b>A-4.4 Änderungen im Ertrag der ersten Mahd</b>	<b>31</b>
<b>A-4.5 Änderungen der Nährstoffversorgung der Böden</b>	<b>32</b>
<b>A-5 Diskussion</b>	<b>33</b>

<b>A-5.1</b>	<b>Klimawandel und Wiesenbewirtschaftung</b> -----	<b>33</b>
<b>A-5.2</b>	<b>Klimawandel und Wiesenvegetation</b> -----	<b>34</b>
<b>A-5.3</b>	<b>Nutzungswandel und Wiesenvegetation</b> -----	<b>36</b>
	A-5.3.1 <i>Diversität</i> -----	36
	A-5.3.2 <i>Ähnlichkeit der Vegetation</i> -----	39
	A-5.3.3 <i>Artenwandel</i> -----	39
	A-5.3.4 <i>Ertragsniveau</i> -----	40
	A-5.3.5 <i>Nährstoffniveau</i> -----	41
<b>A-6</b>	<b>Zusammenfassung und Schlussfolgerungen</b> -----	<b>42</b>
<b>A-7</b>	<b>Literatur</b> -----	<b>43</b>
	<b>Abbildungs- und Tabellenverzeichnis</b> -----	<b>47</b>
	<b>Anhang</b> -----	<b>48</b>

## Kurzfassung

Die Vegetationsentwicklung von Wirtschaftswiesen im mittleren Steirischen Ennstal wurde im Zeitraum von 1997 bis 2010 vor dem Hintergrund von Klima- und Nutzungswandel analysiert. Die untersuchten Wiesenflächen befinden sich in einem Transekt von Tauplitz bis Oppenberg auf Seehöhen zwischen 640 und 1200 m und unterlagen entweder gleich bleibender oder hinsichtlich Schnitffrequenz oder Düngerart geänderter Bewirtschaftung.

Klimatologische Daten der letzten Jahrzehnte zeigen eine Verlängerung der Vegetationsperiode im Zeitraum von 1987 bis 1994 um ca. drei Wochen, verursacht zu  $\frac{2}{3}$  durch eine schnellere Erwärmung im Frühjahr und zu  $\frac{1}{3}$  durch einen späteren Wintereinbruch. Laut einem auf den aktuellen Temperaturverhältnissen basierenden Modell, sind im Talraum potenziell vier und in den Bergregionen drei Schnitte möglich. Wie eine Befragung von Betrieben der Region ergab, nutzen einige Landwirte die thermisch potenziell mögliche Schnitthäufigkeit bereits aus, allerdings müssen sie oft mit Übersaaten der Übernutzung gegensteuern.

Das Ausmaß der Vegetationsveränderungen auf Grünlandflächen ohne Nutzungsänderungen erwies sich bei den vorliegenden Untersuchungen als +/- im Rahmen der natürlichen oder methodischen Streuung liegend, während die Veränderungen bei gleichzeitiger Änderung in den Bewirtschaftungsmaßnahmen tlw. signifikante Veränderungen nach sich zogen. Mögliche direkte Effekte der Klimaerwärmung auf die montanen Wiesenökosysteme werden derzeit offensichtlich durch die Bewirtschaftung überlagert. Eine drastische Änderung ist aufgrund der geringen Erwärmung von unter 1 °C in geschlossenen Vegetationsbeständen auch nicht zu erwarten. Die Verlängerung der Vegetationsperiode in Kombination mit in der Grünlandwirtschaft immer häufigeren frühen Nutzungsterminen wirkt sich jedoch indirekt auf die Wiesen aus, was zu einer Verringerung der Diversität und einer Zunahme von wenig geschätzten Unkräutern führt. Nicht zuletzt verschwindet mit dieser Entwicklung auch die beliebte bunte Blumenwiese.

## **Abstract**

Species composition and yield of meadows in the upper Styrian Enns valley were analysed with special focus on climate change and changes in management practice (cutting frequency and timing, type of manure). Regional climatic data showed an increase of annual mean temperature of 1 °C and a 3 weeks extension of the vegetation period. Some farmers already adapted to this option by cutting more often and earlier in spring. Additionally, some of them reseeded grasses and legumes, i.e., Italian Raygrass.

In the lower parts of the Enns valley several meadows are already cut four times a year and, in the mountainous regions to the north or south, cutting frequency increased to three times a year.

Generally, plant species diversity of meadows decreased. But the decrease was significant rather in meadows with intensified management (higher cutting frequency, or change from solid manure to slurry). Changes of species cover and abundance was insignificant in all plots with continuous management. Thus we assume that changes in species composition of meadows driven by climate change are overruled by stochastic processes within the vegetation on the one hand, and by strong and direct influences of management on the other hand.

## A-1 Einleitung und Fragestellung

Der Strukturwandel der österreichischen Landwirtschaft - insbesondere in den montanen Grünlandgebieten - schreitet immer weiter fort. Auch im Jahr 2009 geht der Trend weiter in Richtung weniger Betriebe mit mehr Flächenausstattung (BMLFUW 2010: Bericht über die Lage der österreichischen Landwirtschaft 2009). Damit geht eine Umstellung der Bewirtschaftung (Flurbereinigung) in günstigen Lagen durch Intensivierung (Erhöhung der Schnitffrequenz) sowie Extensivierung in schwer zu bewirtschaftenden Gebieten (weniger Schnitte bis Brachfallen) einher. Beschleunigt wird dieser Trend durch immer weiter fallende Erzeugerpreise, wodurch der Druck auf kleinere Einheiten in ungünstigen Lagen steigt. Während der letzten 13 Jahre wurde diese Entwicklung jedoch durch das österreichische Programm für eine umweltgerechte Bewirtschaftung (ÖPUL, BMLFLUW 2010, [www.lebensministerium.at](http://www.lebensministerium.at)) zu einem großen Teil aufgefangen.

Einige klimatisch begünstigte Gebiete in Österreich, wie auch das steirische Ennstal, verzeichneten in den letzten Jahren leicht steigende Niederschlagsmengen im Vergleich zum langjährigen Durchschnitt, zusammen mit einer Erhöhung der Durchschnittstemperatur um ca. 1°C (siehe Abb. A-4). Im humiden Klimagebiet ist vor allem die Temperatur durch die Bestimmung der Vegetationsdauer begrenzender Faktor für den Ertrag im Grünland (Bohner & Sobotik 2000). Die Landwirte werden durch längere Vegetationsperioden zu einer Erhöhung der Schnitffrequenz auf Wirtschaftswiesen verleitet. Eine direkt sichtbare Folge ist die Umstellung und Anpassung der Vegetation an geänderte Standortbedingungen nach Umstellung der Bewirtschaftung (siehe Stampfli & Zeiter 2001). Schon Buchgraber (2000) betonte die Wichtigkeit einer kreislaufbezogenen, angepassten Bewirtschaftung für die Erhaltung der Ressourcen und des Ertragspotentials. Pötsch berichtet im aktuellen Grünen Bericht (BMLFUW 2010) über den hohen naturschutzfachlichen Wert traditionell bewirtschafteter Dauergrünlandflächen, sowie die Folgen ihres Verlustes.

Das Grünland reagiert prompt auf Änderungen im Witterungsregime, wie im Trockenjahr 2003 anhand von Engerlingsschäden bereits in einem StartClim-Projekt (Grünbacher et al. 2007) dargestellt wurde. Viele überregionale Projekte über landwirtschaftliche Nutzung und Einfluss auf ökologische Wertigkeit arbeiten aufgrund fehlender Daten aus empirischen Feldversuchen nur mit qualitativen Angaben zu funktionellen Gruppen (*Plant functional groups*) aus der Literatur (z.B. Liira et al. 2008, Billeter et al. 2008). Um die Effekte von Bewirtschaftungsänderungen und Klimaeinflüssen auf die Artenvielfalt zu studieren, wäre es notwendig, viele Beobachtungsflächen einzurichten und längerfristig zu untersuchen, da die Beziehungen zwischen Pflanzenartenzusammensetzung und Wetterbedingungen noch nicht ausreichend erforscht sind (Stampfli & Zeiter 2001, Umweltbundesamt: [http://www.umweltbundesamt.at/umweltschutz/oekosystem/lter\\_allgemein/lter\\_national](http://www.umweltbundesamt.at/umweltschutz/oekosystem/lter_allgemein/lter_national)). Daneben muss aber jede Gelegenheit genutzt werden, um wiederholbare Erhebungen für Zeitreihenstudien insbes. für die Klimafolgenforschung heranzuziehen. Diesbezüglich kann man nicht auf viele Vergleichstudien zurückgreifen; außerdem sind gerade im Grünland des Berggebiets regionale Gegebenheiten von entscheidendem Einfluss.

Zwischen 1997 und 1999 erfolgten sehr umfangreiche Erhebungen über die Zusammenhänge der floristischen Zusammensetzung von unterschiedlichen Grünlandtypen mit Standorts- und Bewirtschaftungsfaktoren im mittleren Steirischen Ennstal (Bassler & al. 2000, Bohner & Sobotik 2000), in der Region St. Johann in Tirol und Kitzbühel (Grabner & al. 2001) sowie im zentralen bis südlichen Waldviertel (Bassler et al. 2003, Lichtenecker et al. 2003). Später wurde ein kleinmaßstäbiges Modell der Abhängigkeit von quantitativem und qualitativem Grünland-Ertrag von Klimavariablen für ganz Österreich erstellt (Schaumberger 2005) und bei Fragen der Konsequenzen des Klimawandels erstmals angewandt (Eitzinger 2007).

Im geplanten Projekt soll im Rahmen einer Fallstudie im obersteirischen Berggebiet (Mittleres Ennstal) überprüft werden, inwieweit sich die in den vergangenen 13 Jahren durchgeführten Intensivierungen von Wirtschaftswiesen auf die Artengarnitur der jeweiligen Wiesentypen ausgewirkt haben. Allfällige klimatisch beeinflusste Veränderungen sollen durch den Vergleich der Vegetation auf Flächen ohne ausgewiesene Änderung der Bewirtschaftung erfasst werden. Intensivierungen (Erhöhung der Schnittanzahl, Vorverlegung des ersten Schnitttermins, Umstellung des Düngesystems) können am ehesten in mesoklimatischen Gunstlagen zum Erfolg (mehr Ertrag, Beibehaltung der Diversitätsladung) führen. Deshalb sollen die verfügbaren Daten der Messstationen im Mittleren Steirischen Ennstal verwendet werden, um die Grünland-Veränderungen mit geänderten Klimavariablen (v.a. Verlängerung der Vegetationsperiode) in Zusammenhang zu bringen.

Folgende **Arbeitshypothesen** drängen sich auf:

- Die Wiesenvegetation (Diversität, Artenspektrum) und geerntete Biomasse (Ertrag) hat sich im "gedüngten Wirtschaftsgrünland" von Tauplitz bis Oppenberg im Zeitraum von 1997 bis 2010 verändert.
- Jährliche Niederschlags- und Temperaturverteilung haben einen starken Einfluss auf die Zusammensetzung der Vegetationsdecke.
- Die Klimaerwärmung führt zu einer Verlängerung der Vegetationsperiode, weshalb Landwirte früher mit der Mahd beginnen können.

Ziele des Projektes sind somit:

+ Ermittlung des Ausmaßes der in den letzten 13 Jahren durchgeführten Bewirtschaftungsveränderungen von Wirtschaftswiesen des mittleren Steirischen Ennstales sowie die Erhebung und Analyse von allfälligen, daraus resultierenden Biomasse- und Diversitätsveränderungen unter Nutzung der mehr als 400 Erhebungsflächen, die in der Region im Rahmen des 1997-1999 durchgeführten MAB-Projektes gewonnen wurden.

+ Analyse der regionalen und lokalen Entwicklung von Klimafaktoren auf Basis der Messwerte der regional verfügbaren Stationen, incl. Interpolation auf Basis eines Höhenmodells des mittleren Steirischen Ennstales.

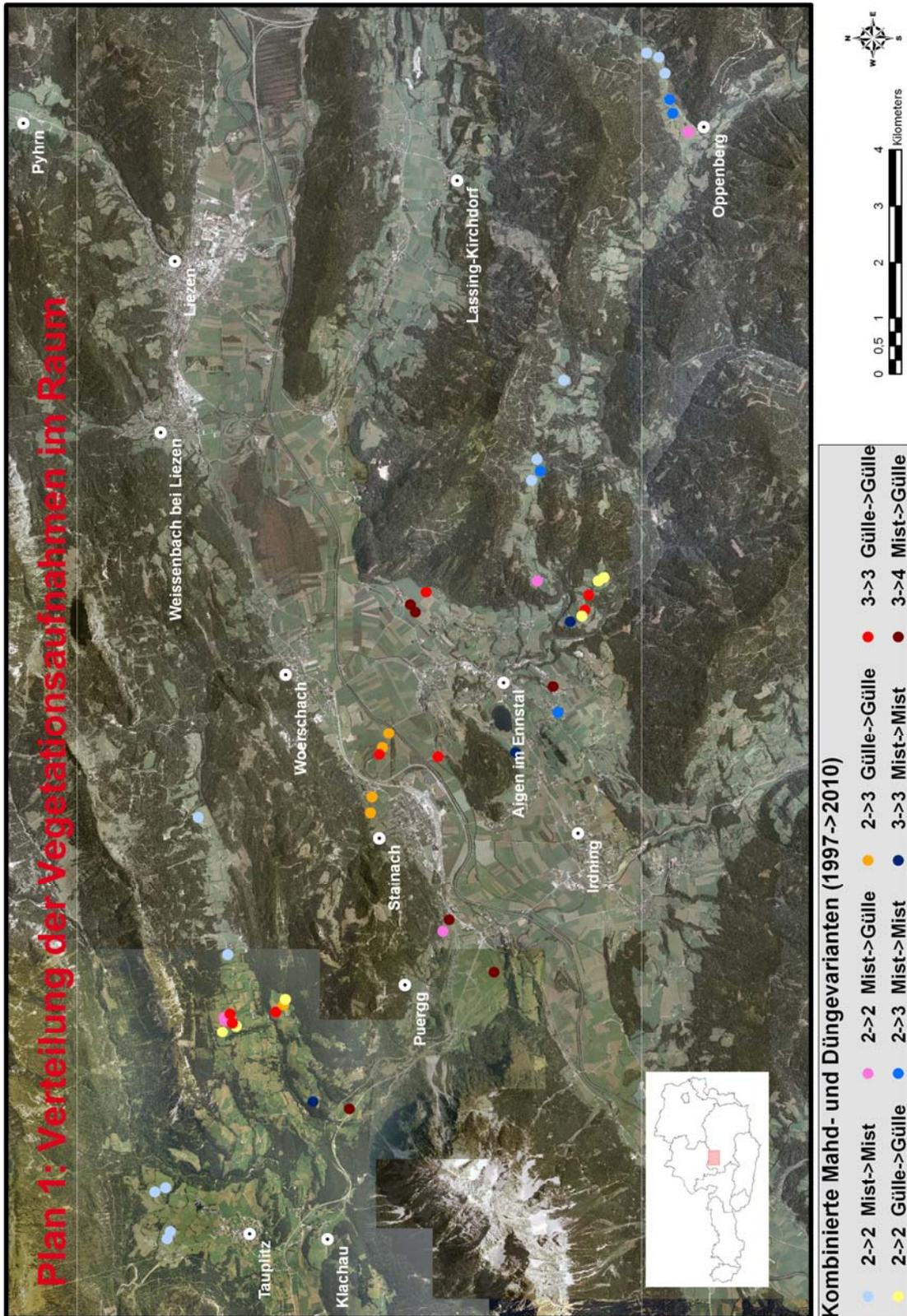
+ Feststellung der Interaktionen zwischen Klimawandel, Bewirtschaftung und Wiesenbeständen.

Das Projekt stellt u.a. eine Pilotstudie dar für die mögliche Erweiterung<sup>1</sup> auf andere repräsentative Teile des Grünlands im Berggebiet Österreichs, wo ähnliche Grunddaten zur Verfügung stehen.

---

<sup>1</sup> Die durchgeführten Arbeiten sind ergänzende Untersuchungen zu einer detaillierten Studie zur Anpassung der Grünlandvegetation des Berggebietes in Österreich an Klimaänderungen, wo unter anderem auch durch die Anlage von 3-jährigen Versuchsfeldern mit unterschiedlichen Mahd- und Düngemaßnahmen die Reaktion der funktionellen Bauplanmerkmale der Grünlandarten analysiert werden. Das gleichzeitig im Pölstal stattfindende Dafne-Projekt "Anpassungsmöglichkeiten montaner Dauergrünlandwiesen an Nutzungsvarianten im biologischen Landbau" in Zusammenarbeit mit dem LFZ Raumberg-Gumpenstein und Bio Ernte Steiermark (finanziert vom BMFLFUW) beinhaltet u.a. die Anlage eines Feldversuchs mit Messungen des vertikalen Lichtprofils und des Blattflächenindex in Wirtschaftswiesen mit unterschiedlichen Bewirtschaftungsintensitäten. Die beiden Projekte zusammen liefern eine Vielzahl an wertvollen Informationen aus Feldstudien an unterschiedlichen Standorten. Diese Analysen und die Entwicklung von Szenarien der Weiterentwicklung der Grünlandbewirtschaftung soll in mehreren repräsentativen Grünland-Regionen des Berggebietes Österreichs (s. oben) als umfangreicheres Projekt im Austrian Climate Research Programme (ACRP) beantragt werden.

## A-2 Untersuchungsgebiet



**Abb. A-1:** Übersichtskarte: Verteilung der Vegetationsaufnahmen (verschiedene Varianten) im Untersuchungsgebiet (Orthofoto: © Landesregierungen und land-, forst, und wasserwirtschaftliches Rechenzentrum GmbH).

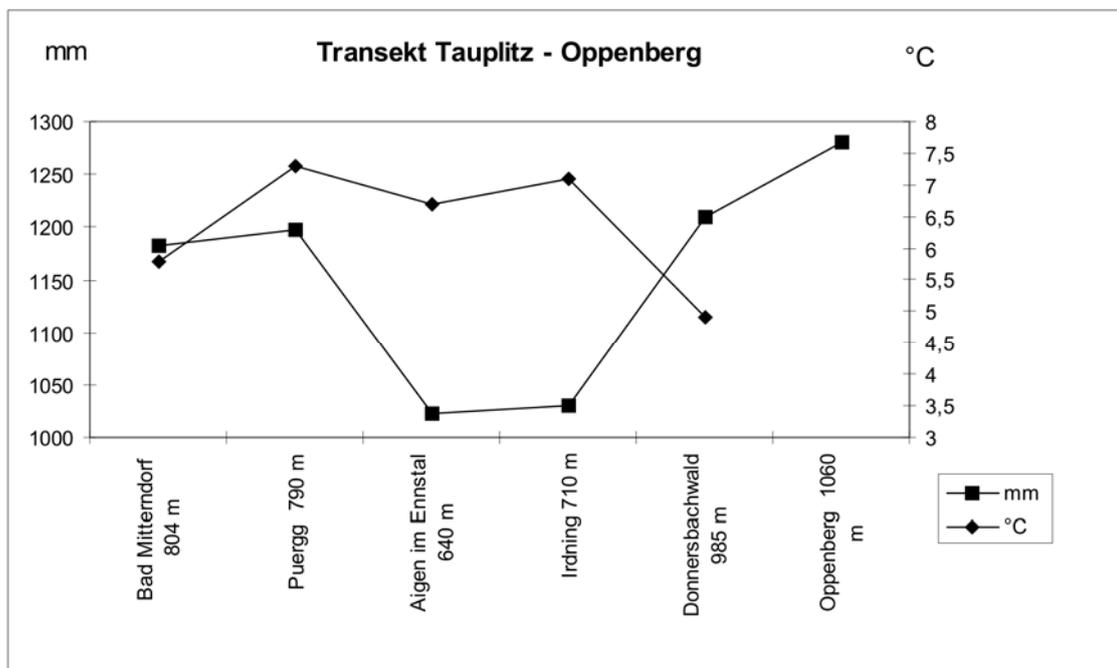
### A-2.1 Lage

Der untersuchte Transekt befindet sich im mittleren steirischen Ennstal mit seinem Zentrum bei den Städten Stainach und Irdring. Nördlich der Enns wird es von der Tauplitzalm und dem Grimmingmassiv begrenzt, während die südliche Grenze entlang des Hauptkammes der Wölzer - und Rottenmanner Tauern (Teil der Niederen Tauern) verläuft. Das konkrete Untersuchungsgebiet beginnt im Nordwesten des Transektes mit den Grünlandflächen um Tauplitz und Wörschachwald, zieht durch das Tal des Grimmingbachs ins Ennstal hinunter und verläuft entlang der orographisch rechten Seite der Gulling bis zum Ort Oppenberg im Südosten. Die einzelnen Parzellen liegen in den Katastralgemeinden Tauplitz, Zlem, Neuhaus, Stainach, Irdring, Aigen, Vorberg und Oppenberg (siehe Abb. A-1).

### A-2.2 Klima

Für das Klima im Untersuchungsgebiet ist die Lage im Gebirge, besonders das dominierende Grimmingmassiv, von Bedeutung. Die Jahresmittel der Temperatur liegen in Bad Mitterndorf (804 m ü.A.) bei 5,8°C, in Pürgg (790 m) bei 7,0 °C, in Irdring (710 m) bei 6,8 °C, in Aigen (640 m) bei 6,7 °C und in Donnersbachwald (985 m), das auf Grund seiner Seehöhe und Lage im Gebirge am ehesten mit Oppenberg (1060 m) zu vergleichen ist, bei 4,9 °C.

Die Temperaturen nehmen generell mit zunehmender Seehöhe ab. Am unmittelbaren Talboden der Enns (Station Aigen) herrschen jedoch im 10jährigen Mittel etwas kühlere Verhältnisse, die durch häufige Temperaturinversionen ausgelöst werden. Pürgg hingegen ist durch die südseitige Lage und 150 m über dem Talboden klimatisch begünstigt, und weist trotz relativ großer Seehöhe höhere Temperaturen auf (siehe Abb. A-2).

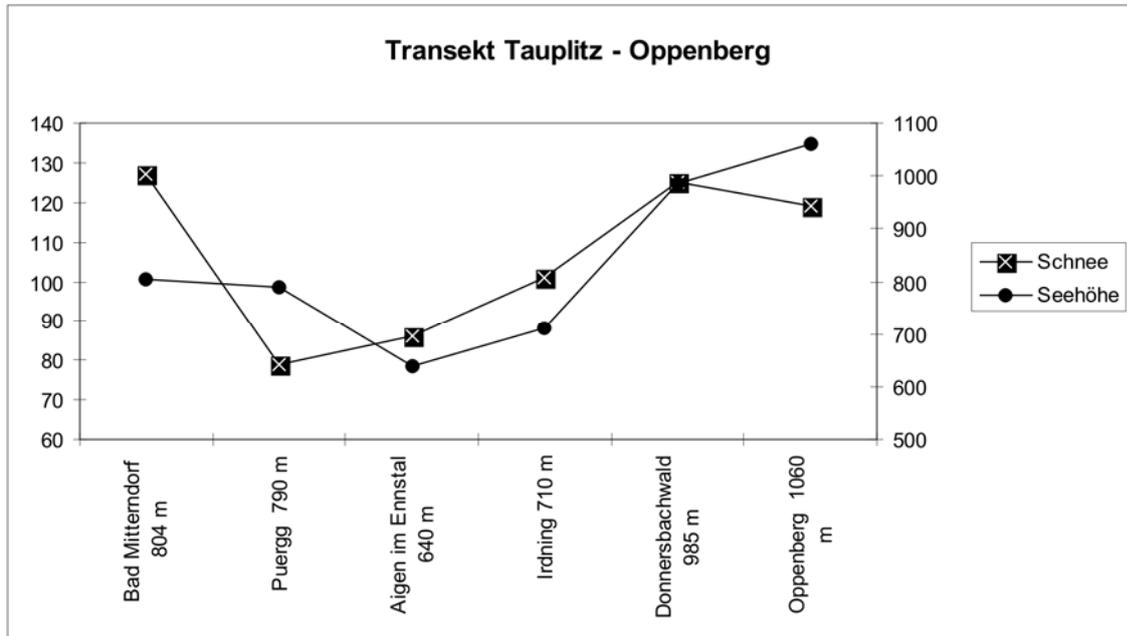


**Abb. A-2:** Jahresmittelwerte der Temperatur und des Niederschlages im Transekt Tauplitz-Oppenberg (10-Jahresmittel aus 1981-1990).

Die mittleren Jahresniederschlagssummen (1981-1990) bleiben von Bad Mitterndorf bis Pürgg bei gleicher Seehöhe relativ konstant bei ca. 1180 mm, im Talboden der Enns verringern sie sich auf rund 1025 mm und erreichen mit zunehmender Seehöhe in Oppenberg ihr Maximum von 1281 mm (siehe Abb. A-3).

Die mittlere Anzahl der Tage mit Schneebedeckung (je nach Station zwischen 79 und 127 Tage), welche die Vegetationszeit direkt beeinflusst, steht ebenfalls im direkten Zusammenhang mit der Seehöhe, Pürgg ist aufgrund der topografischen Lage wiederum deutlich begünstigt (siehe Abb. A-3).

(Quelle: Hydrographischer Dienst in Österreich 1994)



**Abb. A-3:** Mittlere Dauer der Schneebedeckung (in Tagen) sowie die Seehöhen (in cm) im Transect Tauplitz-Oppenberg (10-Jahresmittel aus 1981-1990).

### A-2.3 Geologie

Geologisch lässt sich das Untersuchungsgebiet nach Flügel & Neubauer (1984) in drei Zonen gliedern. Der nördlich der Enns liegende Teil gehört fast ausschließlich den Nördlichen Kalkalpen an, während die Grauwackenzone den mittleren Teil des Bearbeitungsgebietes umfasst und großteils schon südlich der Enns liegt. Der südlichste Teil des Untersuchungsgebietes gehört den Zentralalpen (Niedere Tauern) an.

In den Gesteinen der nördlichen Kalkalpen ist der Dachsteinkalk (Grimming) am weitesten verbreitet. Daneben treten Haupt- und Ramsaudolomit sowie Gutensteiner- und Hallstätter-Kalk auf. Die größte Bedeutung für die Bodenbildung hat jedoch der Lias-Fleckenmergel, der in Klachau, Furth, Zlem und von Pürgg bis Stainach das Ausgangsgestein für die Bodengenese darstellt, wobei sein Kalkgehalt stark variiert. Kleinflächig treten auch andere Schichten bzw. Sedimente bodenbildend auf.

Die Grauwackenzone wird durch den Ennstaler Phyllit (phyllitischer Schiefer) dominiert. Sowohl nördlich (Niedersuttern bis Fischern) als auch südlich der Enns (zwischen Salla-berg und Hohenberg) treten erzführende Kalke bodenbildend auf, welche schließlich in dunkel gefärbte Karbonschiefer übergehen.

In der zentralalpiner Tauernregion treten weitverbreitet Glimmerschiefer mit Granaten auf, wobei Einsprengungen von Marmor und Amphiboliten häufig sind.

Die aktuellen Landschaftsformen sind das Ergebnis der pleistozänen Vergletscherung sowie der Erosions- bzw. Sedimentationstätigkeit der Flüsse. Die Tätigkeit von Gletschern und Flüssen hat vor allem in den heute landwirtschaftlich genutzten Tallandschaften das anstehende Gestein überlagert. Sowohl nördlich als auch südlich der Enns finden sich ausgedehnte eiszeitliche Schwemmfächer. Moränenablagerungen kommen kleinflächig als lagenweise Decken oder auch tiefgründig vor (Flügel & Neubauer 1984).

## A-2.4 Böden

Die Ausformung der Böden des Untersuchungsgebietes ist stark von den geologischen Gegebenheiten beeinflusst.

Die Böden des Auegebietes (Tallagen der Enns und ihrer größeren Seitenbäche) sind überwiegend aus schluffigen und sandigen Ablagerungen der Gewässer entstanden. Je nach den geologischen Verhältnissen in den Einzugsgebieten der Gerinne wurden kalkhaltige bis kalkfreie Sedimente aufgeschüttet, wobei nördlich der Enns kalkhaltige, südlich davon kalkfreie Ablagerungen überwiegen. Als dominierende Bodentypen finden sich in Tallagen, abhängig vom Wassereinfluss, Braune und Graue Auböden, vergleyte Auböden und Gleye sowie Moore. Braune bzw. verbraunte Auböden werden in der Regel vom Hochwasser nicht mehr erreicht, bei feiner Textur jedoch kapillar gut mit Grundwasser versorgt. Graue Auböden finden sich meist auf gröber texturierten, wechselfeuchten Sedimenten. Mit zunehmendem Grund- und Hochwassereinfluss bilden sich vergleyte Auböden und Gleye. In den tiefsten Lagen des Aubereiches entwickeln sich Anmoore, die häufig überstaut sind. Vor allem im Irdninger Moos, Wörschacher Moos und bei Klachau treten Moore großflächig auf.

Auf den vorwiegend silikatischen Schwemmfächern südlich der Enns finden sich Lockersediment-Braunerden und Ranker, wobei kalkfreie, skelettreiche und mäßig trockene Lockersediment-Braunerden dominieren. An den Rändern der Schwemmkegel bestehen v.a. grobstoffarme, gut wasserversorgte Lockersediment-Braunerden, während auf den jüngeren Anschotterungen Ranker ausgebildet sind. Auf Muren und Bergsturzmaterial sind vorwiegend grobstoffreiche, verbraunte Ranker und Lockersediment-Braunerden zu finden.

Nördlich der Enns bestehen die Schwemmkegel fast ausschließlich aus kalkhaltigem Material, auf dem sich mäßig trockene Pararendzinen mit Tendenz zur Verbraunung ausbilden. In den Übergangsbereichen der Schwemmkegel entlang des Grimming- und Wörschachbaches finden sich Gleye. Auf den älteren Schwemmkegeln bei Unterburg und Klachau entwickeln sich auf mergeligem Ausgangsmaterial schwere Pararendzinen und kalkreiche Lockersediment-Braunerden.

Auf Moränen und ähnlichen quartären Ablagerungen bestehen nördlich der Enns vorwiegend Pararendzinen und kalkhaltige Lockersediment-Braunerden, südlich davon Ranker und kalkfreie Lockersediment-Braunerden.

Auf den Hochflächen von Wörschachwald sowie am Fuße des Grimmings treten auf quartären und tertiären Ablagerungen häufig kalkhaltige, sowie kalkfreie Lockersediment-Braunerden und kalkfreie Braunlehme auf, welche in Verebnungen vergleyt sein können. Durch Weidetritt kommt es vor allem bei den Braunlehmen zu oberflächlicher Pseudovergleyung.

Auf anstehendem Kristallin in den Bergregionen südlich der Enns (Niedere Tauern), welche nicht mit Lockermaterial überlagert sind, entwickeln sich v.a. Felsbraunerden und Ranker. In den typischen Hangpositionen sind diese Böden häufig auf Kolluvien entstanden. Auf den Kuppen und in Steillagen finden sich in der Regel schlecht entwickelte Braunerden und mehr oder weniger verbraunte Ranker, während sich in Mulden und an den Unterhängen tiefgründige, gut mit Wasser versorgte Braunerden bilden können. Eine Besonderheit stellen die dunkelgrau gefärbten Farb-Ortsböden aus graphitischen Schiefen dar. Auf Standorten mit Hangwasserzug bzw. Druckwasserstau findet man häufig eine kleinräumige Vergesellschaftung von trockenen und vergleyten Braunerden und Rankern.

Aus den vorwiegend kalkhaltigen Ausgangsmaterialien in den Berglagen nördlich der Enns haben sich im Wesentlichen kalkhaltige und teilweise entkalkte Braunerden, Pararendzinen und Braunlehme entwickelt. Kalkhaltige und entkalkte Felsbraunerden aus Mergel und Kalkschiefer (teilweise auch Gosaukonglomerat und Moränenmaterial) stellen die dominierende Bodenform in diesem Gebiet dar und sind v.a. in Hangverebnun-

gen und an Unterhängen gut mit Wasser versorgt. Bei weniger fortgeschrittener Bodenentwicklung finden sich Pararendzinen mit fließenden Übergängen zu Braunerden. Eine Besonderheit stellen die Braunlehme aus Gosaukonglomeraten und -mergeln dar. Aufgrund ihrer schweren Textur neigen sie zu oberflächlicher Pseudovergleyung, welche durch Weidetritt verstärkt wird.

(Quellen: Bassler et al. 1998; <http://gis.lebensministerium.at/eBOD/>)

## A-3 Methodik

### A-3.1 Untersuchungsdesign

Für die im Jahr 1997 erstellten vegetationsökologischen Aufnahmen (Bohner & Sobotik 2000 sowie Bassler et al. 1998) wurden seinerzeit auch umfangreiche Informationen standortkundlicher, ertragskundlicher und bewirtschaftungstechnischer Art erhoben. Der Datensatz enthielt neben unterschiedlichsten einschürigen Magerwiesen klassische 2 bis 4-schürige Wirtschaftswiesen. Aus dem Pool letzterer wurden durch Befragungen der Betriebsleiter jene ausgewählt, bei denen im auf 1997 folgenden Jahrzehnt Umstellungen in der Bewirtschaftung stattgefunden haben. Daneben wurden auch Flächen ausgewählt, bei denen keine Umstellung erfolgte, da man davon ausgehen konnte, dass sie die Einwirkungen von geänderten Klimaverhältnissen widerspiegeln könnten. Die Intensivierungen waren vielfach davon geleitet, dass die Bewirtschafter den geänderten Klimabedingungen Rechnung tragend intensiver bewirtschaften wollten. 49 Flächen eigneten sich für Wiederholungserhebungen, wobei sie im Versuch acht Bewirtschaftungsvarianten (im Folgenden Varianten genannt) entsprachen (Tab. A-1).

**Tab. A-1:** Merkmale der Bewirtschaftungsvarianten und Anzahl der Replicates

Variante	Anzahl der Probeflächen	Anzahl der Schnitte 1997	Anzahl der Schnitte 2010	Düngung 1997	Düngung 2010
1	12	2	2	Mist	Mist
2	6	2	2	Gülle	Gülle
3	5	2	2	Mist	Gülle
4	4	2	3	Mist	Mist
5	5	2	3	Gülle	Gülle
6	3	3	3	Mist	Mist
7	8	3	3	Gülle	Gülle
8	6	3	4	Mist	Gülle

### A-3.2 Vegetationskunde

#### A-3.2.1 Flächenauswahl

Für die Flächenauswahl stand ein Datensatz von ca. 400 Vegetationsaufnahmen aus dem Jahr 1997 zur Verfügung, die damals in einem Transekt von Tauplitz bis Oppenberg aufgenommen wurden (Bassler et al. 2000, Bohner et al. 2000). Aus diesem Datensatz wurden Vegetationsaufnahmeflächen ausgewählt und im Jahr 2010 Vegetation, Ertrag (des ersten Aufwuchses) und ausgewählte bodenchemische Parameter erneut erhoben. Dabei sollten folgende formale Kriterien erfüllt werden: Einverständnis des Landwirtes für weitere Untersuchungen; Verfügbarkeit von Ertragsdaten und bodenkundliche Daten aus dem Jahr 1997; und gute Wiederauffindbarkeit der Fläche. Eine Streuung der Aufnahmen über den bestehenden Transekt war ebenfalls erwünscht.

Gemäß dem Design wurden ausschließlich Wiesenflächen ausgewählt, die einer der acht Varianten (Tab. A-1) entsprachen (siehe Verteilung der Probeflächen und Varian-

ten in Abb. A-1). Feldstücke mit zusätzlicher Mineraldüngung wurden – soweit wie möglich – nicht miteinbezogen. Wenn Flächen gleichzeitig mit Mist und Gülle gedüngt werden, werden sie als Gülle-Variante geführt. Ein Gemisch aus Mist und Jauche wird zur Variante Mist gezählt. Zusätzliche Jauche-Applikation wird nicht berücksichtigt. Ebenso führt das Fehlen der meist üblichen Nachweide zu keiner neuen Varianten-Bildung. Flächen mit Weidenutzung vor dem 15. September wurden nicht miteinbezogen.

Dabei sollten – wie im Projektantrag vorgesehen – für jede Variante mindestens vier Wiederholungen zur Verfügung stehen. Für Variante 1 (keine Änderung in der Nutzung) wurden mehr als vier Wiederholungs-Vegetationsaufnahmen erstellt, um etwaige Klimaeinflüsse aus vegetationskundlicher Sicht besser beurteilen zu können. Mit Variante 1 sollte der Bergbereich sowohl im kalkalpinen Bereich als auch in den Niederen Tauern gut abgedeckt werden. Aus demselben Grund sind für Variante 7 mehr Vegetationsaufnahmen durchgeführt worden.

Die Wiederholungsaufnahmen wurden so angelegt, dass der Ort möglichst genau der Lokalisation der Aufnahme aus 1997 (unter Berücksichtigung des seinerzeitigen Einmessprotokolls) entspricht. Wo das aufgrund geänderter Nutzung auf einem Teil der Wiese oder aufgrund mangelhafter Aufzeichnungen nicht möglich war und die Vegetation des Feldstückes homogen war, wurden Aufnahmen auch um einige 10er Meter versetzt angelegt. Die neuen Aufnahmen wurden mittels GPS eingemessen.

### **A-3.2.2 Erhebung der Bewirtschaftungsdaten**

Die Kontaktaufnahme mit den Landwirten erfolgte telefonisch in den Monaten Februar bis März. Die Interviews umfassten Fragen zur generellen Bereitschaft zur Teilnahme am Projekt, sowie - Betriebs- und Wiesenflächen-bezogen - Anzahl der Schnitte, Nachweide, Termin des 1. Schnittes, Vorverlegung des ersten Schnittes im Zeitraum 1997 bis 2010, Düngerart, Ampferbekämpfung (chemisch und mechanisch) und Nachsaat.

### **A-3.2.3 Vegetationskundliche Datenerhebung**

Die Pflanzenbestände wurden – so wie im Jahr 1997 – in Anlehnung an die Methodik von Braun-Blanquet (1964) aufgenommen. Zwecks stärker differenzierter Abschätzungen für die ertragskundlichen Untersuchungen wurde die bei Braun-Blanquet siebenstufige Abundanz-Dominanz-Skala weiter unterteilt (Tab. A-2). Moose und Flechten blieben unberücksichtigt, da sie im Wirtschaftsgrünland nur eine untergeordnete Rolle spielen. Die Nomenklatur der Arten folgt – ebenso wie im Jahr 1997 – Adler et al. (1994).

Die Größen der in sich homogenen Aufnahmeflächen liegen zwischen ca. 20 und 100 m<sup>2</sup> und entsprechen den Größen von 1997.

Zur Beschreibung der Vegetationsstruktur wurden mittlere und maximale Höhe der Krautschicht, Deckung der Krautschicht und der Moosschicht angegeben. Angaben zur Topographie wie Seehöhe, Exposition und Inklination, sowie Meso- und Mikrorelief und zum Boden (Bodentyp) jeder Fläche lagen aus dem Jahr 1997 bereits vor.

**Tab. A-2:** Transformationstabelle der quantitativen Informationen zu den Pflanzenarten auf den vegetationskundlichen Stichproben.

Orig.- BrBI- Code	Wiesen -code	Klassen -breite (in % Deckung)	Klassenmit- telpunkt (in % Deckung)	Definition
r	r	< 0,2	0,1	1 großes Individuum (z.B. <i>Heracleum</i> ), oder 1-2 mittlere Individuen ( <i>Trifolium pratense</i> ) oder 1-5 kleine Individuen ( <i>Veronica arvensis</i> )
+	+	0,3-0,9	0,6	2-4 große Individuen, oder 3-10 mittlere Individuen oder 10-20 kleine Individuen
1	1a	1,0-1,9	1,5	nahe der unteren Grenze von 1 (z.B. auch 21- 40 kleine Individuen)
1	1	2,0-3,9	3	4-8 große Individuen oder 20-100 kleine Individuen
1	1b	4,0-5,0	4,5	nahe der oberen Grenze von 1 (z.B. auch 100- 120 kleine Individuen)
2	2a	6-11	8,5	nahe der unteren Grenze von 2 (z.B. auch auf der gesamten Fläche >120 kleine Individuen)
2	2	12-19	15,5	Kernbereich von 2
2	2b	20-25	22	nahe der oberen Grenze von 2
3	3a	26-32	29	nahe der unteren Grenze von 3
3	3	33-44	38,5	Kernbereich von 3
3	3b	45-50	47	nahe der oberen Grenze von 3
4	4a	51-56	53	nahe der unteren Grenze von 4
4	4	57-68	62,5	Kernbereich von 4
4	4b	69-75	72	nahe der oberen Grenze von 4
5	5a	76-81	78	nahe der unteren Grenze von 5
5	5	82-94	88	Kernbereich von 5
5	5b	95-100	97,5	nahe der oberen Grenze von 5

### A-3.2.4 Vegetationskundliche Auswertung

#### A-3.2.4.1 Direkter Vergleich der Vegetation von 1997 und 2010

Vergleiche von Präsenz und Absenz von Gefäßpflanzenarten zwischen den Jahren 1997 und 2010 wurden im Programm Excel durchgeführt.

Um auch die Dynamik der Zunahme und Abnahme einzelner Arten und Artengruppen zu erfassen, wurde die Abundanz-Dominanz-Werte in mittlere Deckungswerte transformiert und die Mittelwerte für einzelne Varianten und Jahre berechnet.

#### A-3.2.4.2 Berechnung von abgeleiteten Merkmalen

##### A-3.2.4.2.1 Ähnlichkeitsmaße

Zur Darstellung der floristischen Ähnlichkeit der Aufnahmen von 1997 und 2010 wurde der Soerensen Index berechnet. Dieser ist ein Maß für die Unähnlichkeit der Flächen (Je größer die Werte, desto unähnlicher die Flächen.). Für die Berechnung wurden die Abundanz-Dominanzwerte (Tab. A-2) in Werte von 1 bis 17 linear transformiert. Der resultierende Soerensen-Index ist somit gewichtet.

$$\text{Soerensen Index} = 1 - 2W / (A + B)$$

W = Summe der gemeinsamen Abundanzen,  
A = Summe der Abundanzen der 1. Aufnahme,  
B = Summe der Abundanzen der 2. Aufnahme

##### A-3.2.4.2.2 Diversitätsparameter

Als Diversitätsparameter wurde die Artenzahl (Anzahl unterschiedlicher Arten/Aufnahmefläche) verwendet, wobei nur Arten der Krautschicht in den Wert eingingen. Zur Einschätzung der Zu- bzw. Abnahme von Arten wurde die Differenz der Artenzahl 2010 minus der Artenzahl 1997 gebildet. Einjährige Arten wurden dabei nicht berücksichtigt, da ihr Vorkommen in Wiesen jährlich stark variieren kann.

##### A-3.2.4.2.3 Berechnung von ökologischen Zeigerwerten

Zur indirekten Standortsansprache aufgrund der Vegetation wurden ökologische Zeigerwerte nach Ellenberg in einer für Österreich korrigierten Fassung nach Karrer (siehe Karrer & Kilian 1990, Englisch & al. 1991, Karrer 1992) verwendet. In die Berechnung der Nährstoff- und Temperaturzahl gingen als Gewichtungsfaktoren die von 1 bis 17 linear transformierten Werte der Abundanz-Dominanzskala ein.

##### A-3.2.4.2.4 Strategietypen

Zum ökologischen Vergleich wurden Strategietypenspektren nach Grime (2001) berechnet. Hierbei liegt das Konzept zugrunde, dass sich Pflanzen hinsichtlich ihres Verhaltens gegenüber Störungen und gegenüber Stress in 3 Haupttypen des Verhaltens einteilen lassen (siehe Grime 2001). Die Zuweisung der Arten zu einzelnen Strategietypen (siehe Anhang Tab. B) erfolgte in Anlehnung an Grime & al. (1988) und BioFlor (<http://www.ufz.de/bioflor/index.jsp>). Die Abkürzungen bedeuten C=Konkurrenzstrategie, S=Stresstoleranzstrategie und R=Ruderalstrategie. Buchstabenkombinationen geben Übergangstypen an. Für die Berechnung wurden die Art-Quantitäten in Deckungswertklassen transformiert und die Klassenmittelwerte der Arten mit demselben Strategietyp für jede Aufnahme aufsummiert.

#### A-3.2.4.3 Statistische Auswertung

Für die statistische Auswertung wurden paarweise Mittelwertsvergleiche (Vergleiche von Aufnahmen von 1997 und 2010), Mittelwertsvergleiche für unabhängige Variablen (Vergleiche von Gruppenvariablen) und eine einfache Varianzanalyse im Programmpaket STATISTICA verwendet.

Für die Ordination des Gesamtdatensatzes wurde eine DCA (Detrended Correspondence Analysis) im Programmpaket PC-Ord (McCune 2005) berechnet. Arten mit Stetigkeit 1 wurden aus dem Datensatz exkludiert und die Option „downweighting of rare species“ verwendet.

### A-3.3 Bodendaten

Von den Aufnahme­flächen wurden jeweils zehn Bodenstichproben der obersten 10 cm des Mineralbodens entnommen und zu einer Mischprobe vereinigt. Von den Oberbodenproben wurden folgende Parameter gemessen:

- pH-Wert in CaCl<sub>2</sub> nach ÖNORM L 1083.
- Im Jahr 1997 wurde der P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>- und K<sub>2</sub>O-Gehalt der Böden mit pH < 6 nach ÖNORM L 1088 (DL-Methode), jener der Böden mit pH > 6 nach ÖNORM L 1087 (CAL-Methode), im Jahr 2010 wurden alle Böden nach CAL-Methode analysiert. In die Auswertung gingen dann nur solche Proben aus dem Jahr 1997 ein, die mittels CAL-Methode analysiert wurden.
- Organischer C in %.

Die Werte wurden zu Gehaltsklassen zusammengefasst (siehe Tab. A-3).

**Tab. A-3:** Gehaltsklassen für Phosphor- und Kaligehalte im Boden (BMLFUW 2006).

<b>Gehaltsklassen</b>	<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (mg/kg)</b>	<b>K<sub>2</sub>O (mg/kg)</b>
A (sehr niedrig)	<26	< 50
B (niedrig)	26-46	50-87
C (ausreichend)	47-68	88-170
D (hoch)	69-174	171-332
E (sehr hoch)	>174	>332

### A-3.4 Ertragskunde

Die Erträge wurden jeweils vor dem 1. Schnitt erhoben. Durch die zeitliche Differenz der Erhebungen, wurden die Ertragsdaten durch ein Schätzverfahren angeglichen; abhängig von der Seehöhe: 700-800m +/- 1,1 dtTM/ha, 800-900m +/- 1 dtTM/ha, 900-1000m +/- 0,9 dtTM/ha, 1000-1100m +/- 0,8 dtTM/ha und 1100-1200m +/- 0,7 dtTM/ha (Bohner & Sobotik in Buchgraber & Gindl 2004).

Die Ertragsmodellierungen für einzelne Jahre erfolgten nach Schaumberger (2005).

### A-3.5 Klima

Basis für die klimatologischen Auswertungen in dieser Studie sind Ergebnisse aus einem Forschungsprojekt des Lebensministeriums (Projektnummer 1282) welches gemeinsam vom Institut für Meteorologie der BOKU und der HBLFA–Raumberg-Gumpenstein durchgeführt wurden. In diesem Projekt wurden einerseits meteorologische Kenngrößen wie Temperatur, Niederschlag, Strahlung mit geostatistischen Methoden für ganz Österreich mit einer räumlichen Auflösung von 250 m aufbereitet. Mithilfe dieser meteorologischen Kenngrößen wurden für die Grünlandwirtschaft relevante Indikatoren, wie die Länge der Vegetationsperiode, die Anzahl der potenziellen Schnitte und das Ertragspotenzial je Jahr abgeleitet. Als Definition für die thermische Vegetationsperiode wurde eine Tagesmitteltemperatur von mindestens 5 °C verwendet. Zum Start der Vegetationsperiode müssen fünf zusammenhängende Tage das 5 °C-Kriterium erfüllen. Beendet wird diese, wenn an fünf zusammenhängenden Tagen eine Tagesmitteltemperatur von 5 °C nicht erreicht wird.

Die Berechnung der potentiellen Schnittanzahl hängt allein von der Länge der Vegetationsperiode ab. Für jeden Schnitt wird ein prozentueller Anteil an der Gesamtvegetationsperiode angesetzt. Unterschreitet die absolute Länge des Zeitraums für einen Schnitt eine Mindestlänge an Aufwuchszeit für diesen Schnitt, so wird diese Schnittanzahl verworfen und die nächstgeringere Schnittanzahl getestet.

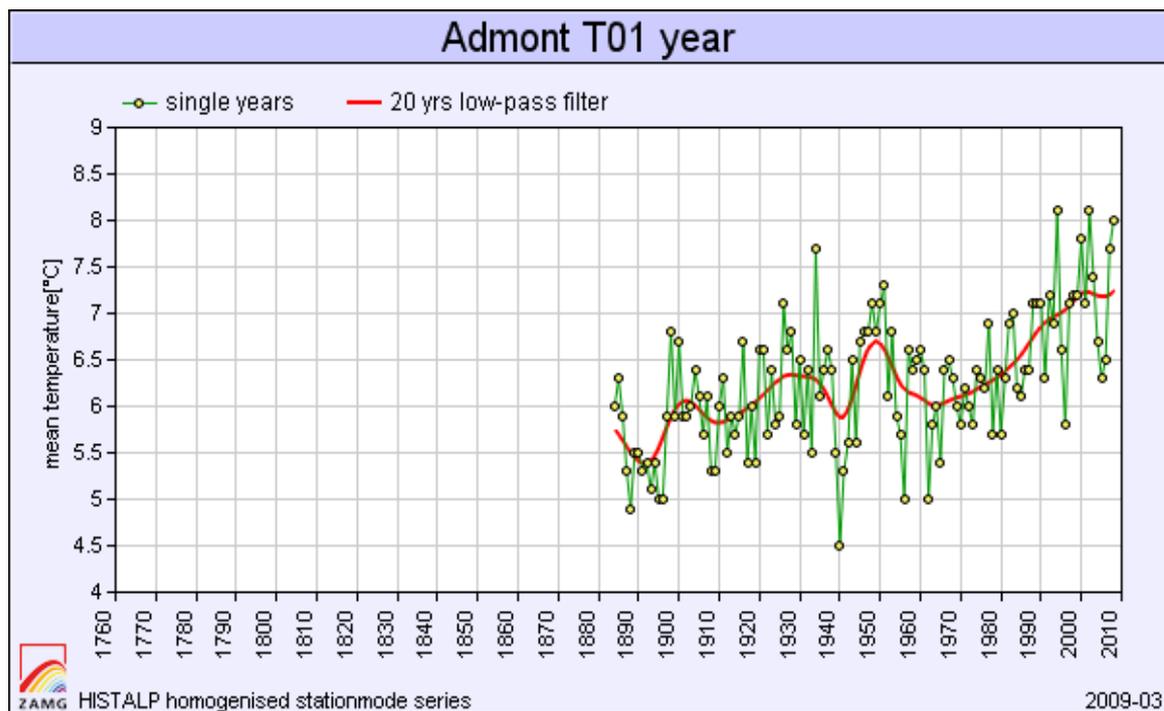
Die Berechnung des potenziellen Ertrages erfolgt mithilfe eines multiplen Regressionsmodells (Schaumberger 2005). In dieses Modell fließen sowohl die Bewirtschaftungsform (Düngung, Schnitzzahl), Bodenkennzahlen als auch die aktuellen meteorologischen Parameter ein. Dieses Modell ist in der Lage sowohl die räumliche als auch die zeitliche Variabilität in den Grünlanderträgen in Österreich abzubilden.

Eine Zusammenstellung aller in dem Forschungsprojekt 1282 erarbeiteten Methoden wurde im Rahmen des 2. Klimaseminar an der HBFLA Raumberg-Gumpenstein präsentiert und liegen als Bericht vor (HBLFA Raumberg-Gumpenstein, 2006).

## A-4 Ergebnisse

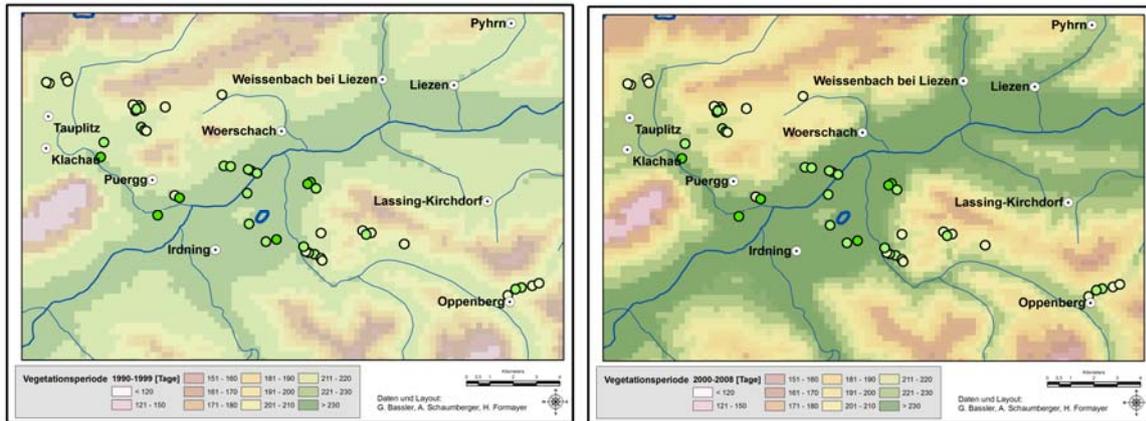
### A-4.1 Klimaänderungen

Wie in ganz Mitteleuropa zeigt sich auch im mittleren Ennstal eine merkliche Erwärmung in den letzten Jahrzehnten. In der Abb. A-4 ist die Entwicklung der Jahresmitteltemperatur in Admont dargestellt. Diese kann als typisch für den talnahen Bereich des mittleren Ennstales angesehen werden. Seit den 1970er Jahren zeigt sich ein markanter Temperaturanstieg, der seit etwa dem Beginn des 21. Jahrhunderts auf hohem Niveau stagniert. In den letzten Dekaden ist die Jahresmitteltemperatur im Ennstal um knapp mehr als 1 Grad angestiegen.



**Abb. A-4:** Entwicklung der Jahresmitteltemperatur in Admont seit Ende des 19. Jahrhunderts. (Einzeljahre und Gaußfilter 20j) (Quelle: HISTALP)

Dieser Temperaturanstieg schlägt auch auf die Länge der Vegetationsperiode durch. In Abbildung A-5 ist die mittlere Vegetationsperiodenlänge im Untersuchungsgebiet für die 1990er Jahre und die Periode 2000 bis 2008 dargestellt. Man erkennt den starken Effekt des Gebirges, aber auch die allgemeine Erwärmung. So werden in den 1990er Jahren nirgends Vegetationsperiodenlängen von über 230 Tagen (dunkelgrün) erreicht, in der letzten Periode hingegen werden diese im gesamten Talbereich des Ennstales erreicht.



**Abb. A-5:** Durchschnittliche Länge der Vegetationsperiode (Farbtöne, gerastert) in den Jahren 1990 bis 1999 (links) und in den Jahren 2000 bis 2008 (rechts); Kreise: Untersuchungsflächen mit der aktuellen Schnitffrequenz 2010 (siehe auch Abb. A-9).

In den Abbildungen A-6 bis A-8 ist der zeitliche Verlauf der Vegetationsperiodenlänge, sowie des Beginns und des Endes der Vegetationsperiode für drei Standorte im Untersuchungsgebiet dargestellt. Man erkennt deutlich die starken Schwankungen von Jahr zu Jahr, die bezüglich der Länge der Vegetationsperiode mehr als 10 Wochen betragen können. Zusätzlich zu den Einzeljahren wird eine tiefpassgefilterte Zeitreihe (Gaußfilter mit 11 Jahren) dargestellt, um die längerfristigen Entwicklungen darzustellen. Generell zeigt sich eine markante Änderung der Vegetationsperiodenlänge in den 80er und 90er Jahren. Bis in die Mitte der 1980er Jahre pendelt die Länge bei knapp über 210 Tagen in Bad Mitterndorf und um 220 in Irndning und Aigen. In den 1990ern verlängert sich die Periode um rund 30 Tage auf knapp unter 250 in Bad Mitterndorf und knapp über 250 Tagen an den beiden anderen Standorten. In den letzten 4 Jahren der Zeitreihe zeigt sich wieder eine Abnahme der Vegetationsperiodenlänge.

Der Großteil der Verlängerung der Vegetationsperiodenlänge kann auf einen früheren Beginn der Vegetationsperiode zurückgeführt werden. In Abbildung A-7 erkennt man, dass der Beginn in Bad Mitterndorf bis in die 1980er Jahre um und nach dem 85. Tag des Jahres (26. März) erfolgt, seit den 1990er Jahren jedoch um den 70. Tag (11. März) pendelt. Der Verlauf in Irndning und Aigen ist sehr ähnlich jedoch nicht ganz so stark ausgeprägt.

Beim Ende der Vegetationsperiode (Abb. A-8) sind die Schwankungen von Jahr zu Jahr deutlich geringer und auch die Verlängerung ist etwas geringer. So schwankt das Ende der Vegetationsperiode bis 1990 zwischen Tag 300 und 310 (Ende Oktober/Anfang November). Seit den 1990ern ist das Ende eher bei Tag 320 (Mitte November), wobei hier die Entwicklung in Bad Mitterndorf etwas schwächer ausgeprägt ist.

Die Länge der Vegetationsperiode ist eines der Hauptkriterien dafür, wie viele Grünlandschnitte durchgeführt werden können. In Abbildung A-9 sind die Ergebnisse der Berechnung der potentiellen Schnittmöglichkeit auf Basis der Vegetationsperiodenlänge des Zeitraums 2000 bis 2008 dargestellt. Rein klimatisch betrachtet, sind aktuell im gesamten Talbereich des Ennstales, aber auch in den Talböden der größeren Seitentäler vier und mehr Schnitte möglich. Mit zunehmender Seehöhe nimmt natürlich die Anzahl der möglichen Schnitte ab. Vergleicht man dazu die real zuletzt (2010) durchgeführten Schnitte auf den einzelnen Betrieben (Kreise), so zeigt sich, dass meist weniger Schnitte durchgeführt wurden als potenziell möglich wären.

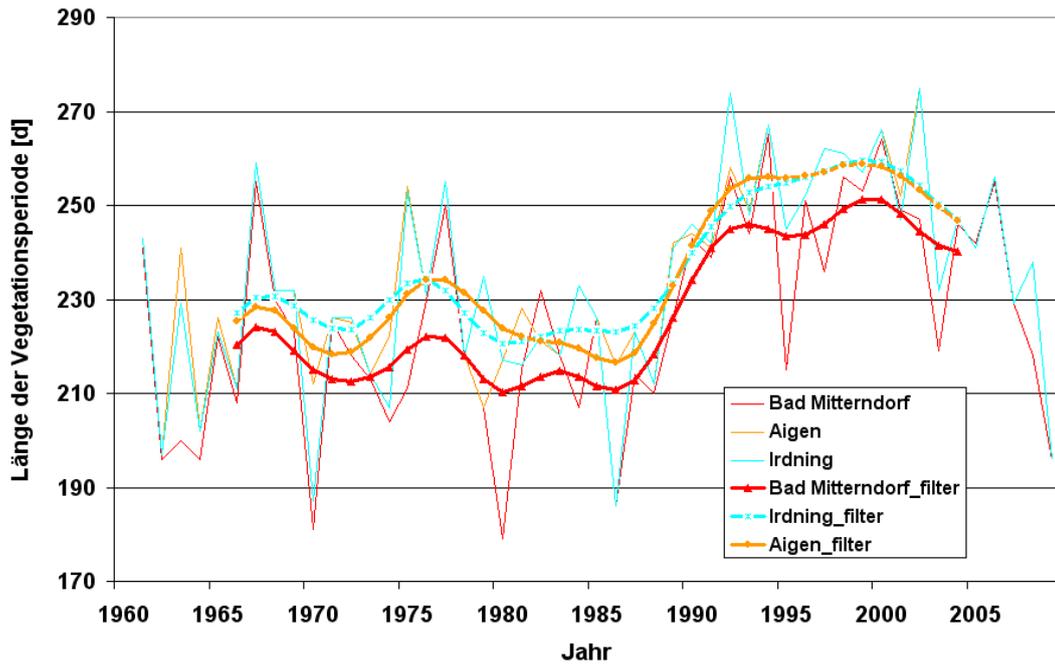


Abb. A-6: Länge der Vegetationsperiode (in Tagen) an drei Stationen im oberen Ennstal von 1960 bis 2009 (Einzeljahre und Gaußfilter 11j).

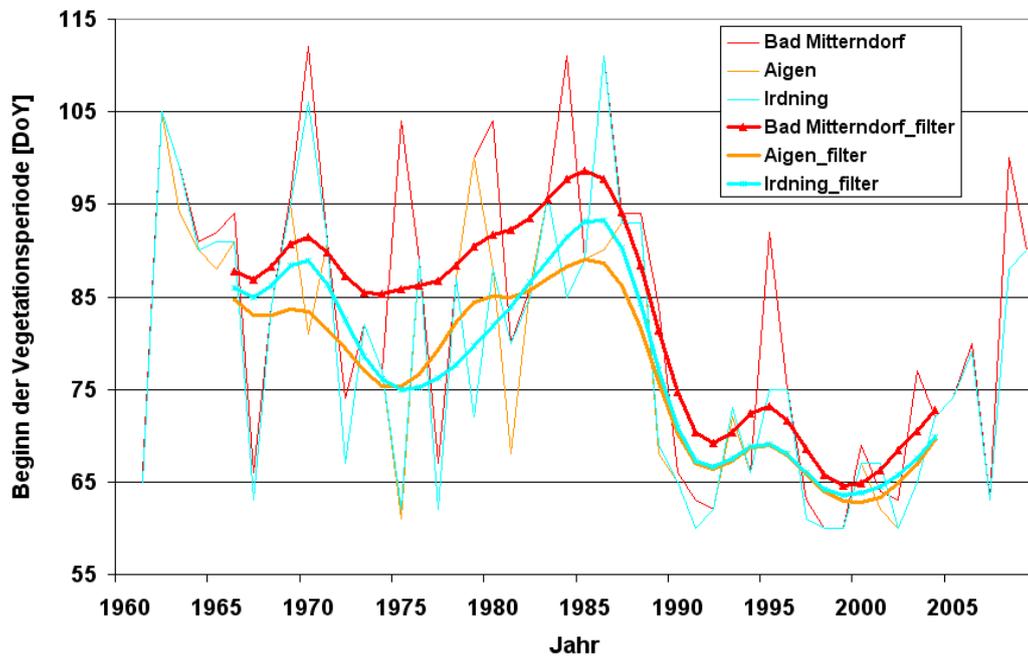


Abb. A-7: Beginn der Vegetationsperiode (Tag des Jahres) an drei Stationen im oberen Ennstal von 1960 bis 2009 (Einzeljahre und Gaußfilter 11j).

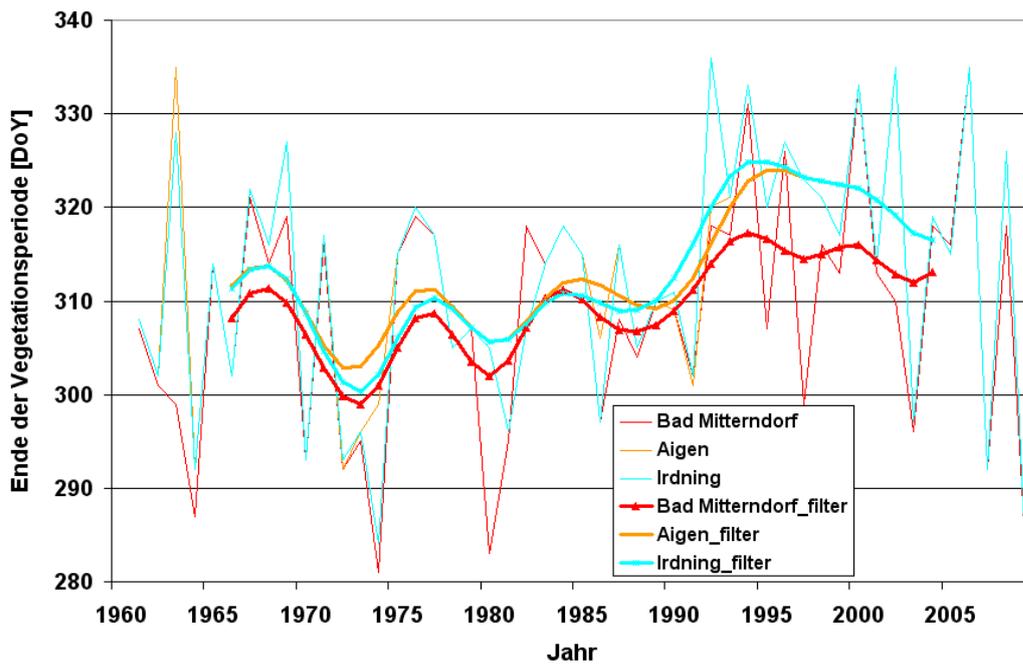


Abb. A-8: Ende der Vegetationsperiode (Tag des Jahres) an drei Stationen im oberen Ennstal von 1960 bis 2009 (Einzeljahre und Gaußfilter 11j).

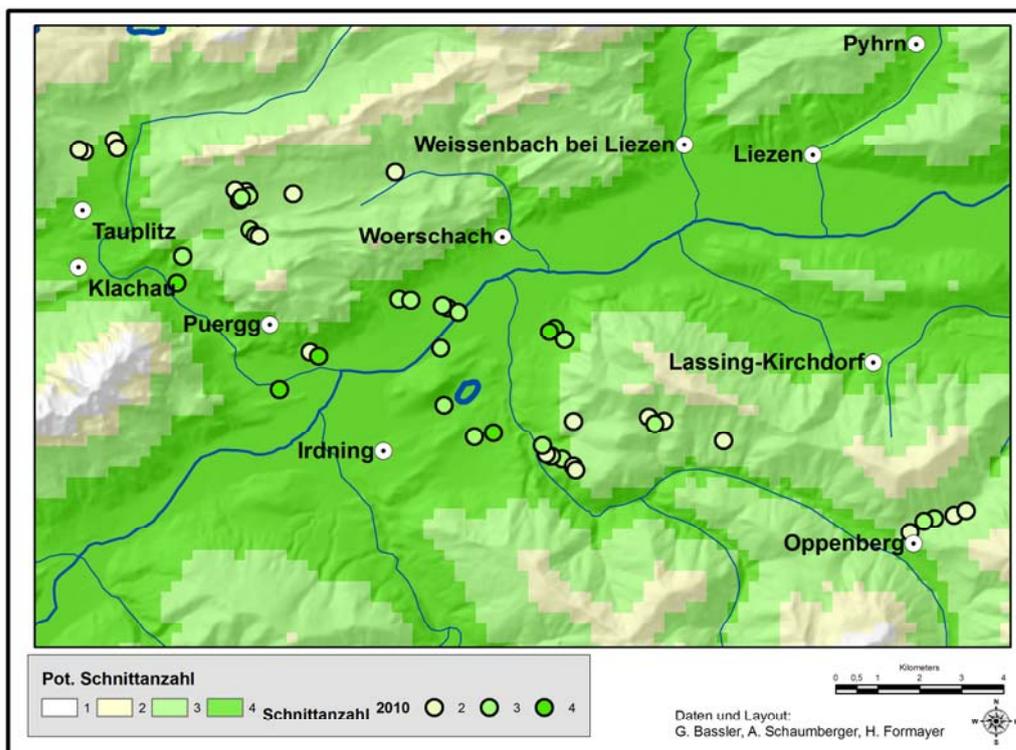


Abb. A-9: Potenzielle Schnittanzahl im Wirtschaftsgrünland des mittleren steirischen Ennstales aufgrund der klimatischen Bedingungen im Zeitraum 1997 bis 2007(Fläche) und real durchgeführte Schnitte (Kreise) im Jahr 2010.

Ein weiteres Kriterium, ob die thermisch mögliche Schnittanzahl tatsächlich erreicht werden kann, ist die Versorgung mit ausreichend Niederschlag. Um das abzuschätzen, wurde ein Vergleich der modellierten mittleren Erträge mit den beiden Extremjahren 2003 und 2006 durchgeführt (Abb. A-10). Der Sommer 2003 war im Untersuchungsgebiet besonders trocken und das Jahr 2006 eher nass. Im Jahr 2003 zeigt sich für das gesamte Untersuchungsgebiet eine Ertragsreduktion, wobei diese in den tiefen Lagen und südseitig am stärksten ausgeprägt war. In den kühleren Höhenlagen beträgt die Ertragsreduktion weniger als 5 %. Das feuchte Jahr 2006 zeigt in den tiefen Lagen einen Ertragsgewinn, der mit zunehmender Höhe abnimmt. Die räumliche Differenzierung ist jedoch im nassen Jahr 2006 geringer als 2003.

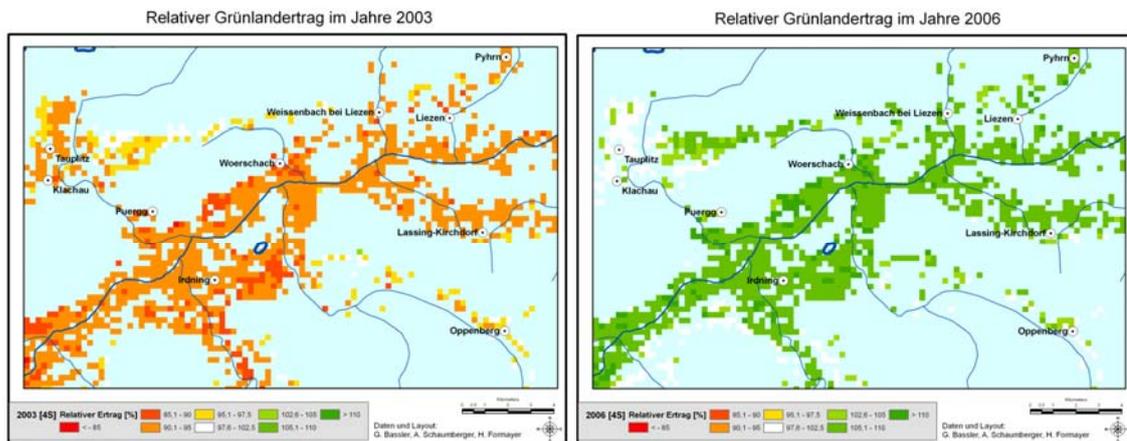


Abb. A-10: Relativer Grünlandertrag im mittleren steirischen Ennstal im Trockenjahr 2003 und im nassen Jahr 2006.

## A-4.2 Bewirtschaftungsänderungen

### A-4.2.1 Betriebsbezogene Änderungen

Unter den 29 befragten Betrieben waren 2010 acht Biobetriebe (28 %). Ein Betrieb kündigte im Zeitraum von 1997 bis 2010 den Vertrag, dafür stiegen im gleichen Zeitraum drei Betriebe auf biologischen Landbau um. Sechs Betriebe gaben an, im Jahr 2010 Ampfer chemisch zu bekämpfen.

16 Betriebe erhöhten im Zeitraum 1997 bis 2010 bei mindestens einem Feldstück die Schnittanzahl (von drei auf vier Schnitte im Talraum bzw. von zwei auf drei Schnitte im Berggebiet), 15 Betriebe verlegten den Schnitttermin der 1. Nutzung zeitiger ins Frühjahr hinein.

Die Anzahl der Betriebe, die Mineraldünger verwenden, ist im Sinken begriffen: Während im Jahr 1997 sieben Betriebe Mineraldünger ausbrachten, waren es im Jahr 2010 nur mehr drei Betriebe. Dabei wird nach wie vor meist Mineraldünger ohne Stickstoff verwendet.

Einundzwanzig Betriebe behielten das Düngersystem bzgl. organischer Düngemittel bei, davon waren 13 Betriebe, die Festmist ausbringen und sechs, die Gülle ausbringen. Der Rest entfällt auf Betriebe, bei denen sowohl Festmist als auch Gülle anfällt. Sechs Betriebe (21%) stiegen vom Festmistsystem auf Gülle um (siehe Tab. A-4).

25 % der befragten Betriebe gaben an, im Zeitraum zwischen 1997 und 2010 auf einem Teil ihrer Wiesen nachgesät zu haben.

**Tab. A-4:** Wechsel des Düngersystems von 1997 auf 2001 auf Betriebsniveau.

Düngesystem 1997	Düngesystem 2010	Anzahl Betriebe	% Betriebe
Festmist, Jauche	Festmist, Jauche	13	45
Gülle	Gülle	6	21
Kombiniertes System	Kombiniertes System	2	7
Festmist, Jauche	Gülle	6	21
Kombiniertes System	Gülle	1	3
Festmist, Jauche	Kombiniertes System	1	3
		<b>29</b>	<b>100</b>

#### **A-4.2.2 Feldstücksbezogene Änderungen**

Das Ziel der Befragung war, mindestens vier Feldstücke pro Bewirtschaftungsvariante zu finden. Daher wurden, sobald eine ausreichende Anzahl an Feldstücken pro Variante gefunden war, die Bewirtschaftungsdaten nicht von allen Feldstücken erhoben, was eine statistische Auswertung auf Feldstücksniveau nicht sinnvoll erscheinen lässt.

Allgemein kann man aber sagen, dass Dreischnittnutzung auf dem Talboden der Enns üblich ist, intensivere Betriebe mähen auch viermal jährlich. Zweischnittwiesen sind die Ausnahme und auf steile Bereiche beschränkt. Im Berggebiet werden die Wirtschaftswiesen zwei- bis dreimal pro Jahr gemäht. Für die Entscheidung des Landwirts, eine Fläche zwei- oder dreimal jährlich zu mähen, spielt die Geländeneigung und die klimatische Möglichkeit (nordexponierte Hänge und Bergschatten verschlechtern die Optionen) eine wichtige Rolle.

Drei- und Vierschnittnutzung geht meist mit Güllendüngung einher: Es war unmöglich vier Wiederholungen von Dreischnittwiesen mit Festmistdüngung im Datensatz von 1997 zu finden. Im Gegensatz dazu gibt es im Berggebiet noch viele zweischürige Wiesen, die mit Festmist und Jauche gedüngt werden.

#### **A-4.3 Veränderungen der Wiesenvegetation im Zeitraum von 1997 bis 2010**

Die vollständigen alten (1997) wie auch die rezenten (2010) Vegetationsaufnahmen inkl. Kopfdaten sind im Anhang (Anhang Tabelle A) einsehbar.

##### **A-4.3.1 Artenzahlen**

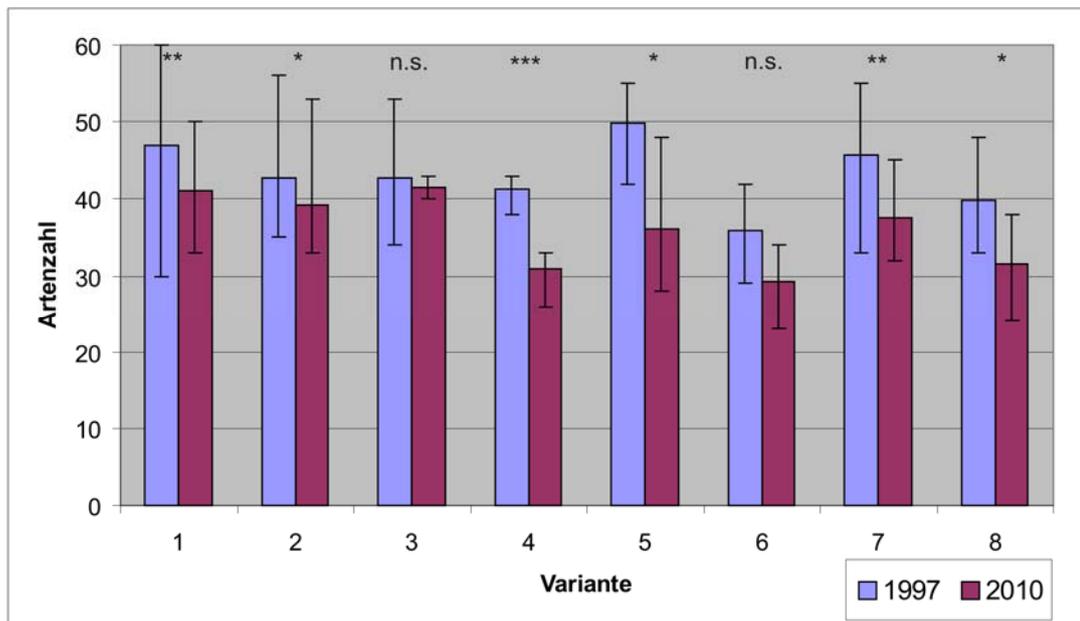
Die mittlere Artenzahl der 49 ausgewählten Vegetationsaufnahmen betrug im Jahr 1997 44,1. Dabei beherbergte die artenärmste Aufnahme 29 und die artenreichste Aufnahme 60 verschiedene Gefäßpflanzenarten. Im Jahr 2010 wurden auf den gleich großen Wiederholungsflächen durchschnittlich 37,1 Arten gefunden. Die kleinste Artenzahl betrug 23, die größte 53.

In den einzelnen Varianten betrug die durchschnittliche Artenzahl im Jahr 1997 minimal 36,0 (in Variante 6) bis maximal 49,8 in Variante 5, im Jahr 2010 von 29,3 (Variante 6) bis maximal 41,6 (Variante 3) (siehe Abb. A-11). Der Mittelwert pro Variante hat sich somit in jeder Variante von 1997 auf 2010 verringert, wobei die Unterschiede in den ersten drei Varianten eher gering sind. In den Varianten 4 und 5 ist der Artenverlust besonders hoch.

##### **A-4.3.2 Diversitätsindex**

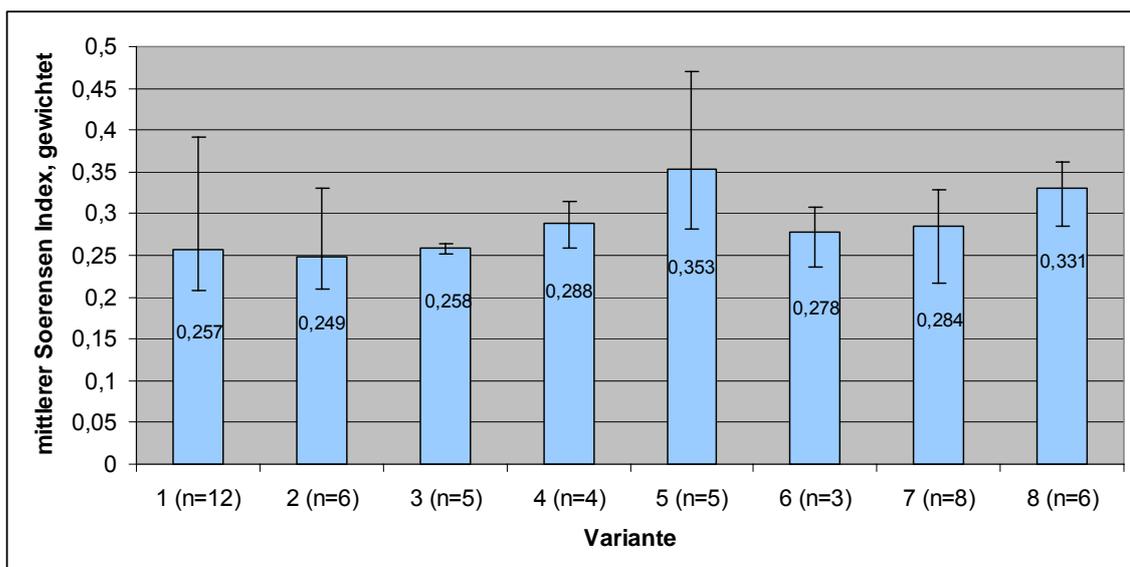
Der gewichtete Soerensen-Index für die Aufnahmenpaare 1997 und 2010 beträgt für den Gesamtdatensatz durchschnittlich 0,283, wobei der minimale Wert 0,209 und der

maximale Wert 0,470 annimmt. Als Unähnlichkeitsindex bedeuten kleine Werte geringe floristische Unterschiede, große Werte große Unterschiede.



**Abb. A-11:** Artenzahl pro Aufnahme (Mittelwert, Min-Max; Sigifikanzniveaus der Mittelwertsvergleiche) in 1997 und 2010 für die acht Bewirtschaftungsvarianten (siehe Tab. A-1).

Der Soerensen-Index differiert für die einzelnen Varianten (siehe Abb. A-12): Am ähnlichsten sind sich die Aufnahmepaare der Varianten 1 bis 3 mit mittleren Soerensen-Indices zwischen 0,249 und 0,258. Es folgen die Varianten 6 und 7 mit Werten um die 0,278 und 0,284 bzw. der Variante 4 mit 0,288. Die Aufnahmenpaare mit den größten Änderungen in der Vegetation gehören den Varianten 5 und 8 an (Soerensen-Index 0,353 bzw. 0,331). Eine einfache Varianzanalyse belegt, dass die Unterschiede zwischen den Gruppen beim paarweisen Vergleich hoch signifikant sind ( $p=0,00192$ ).



**Abb. A-12:** Floristische Unähnlichkeit der Aufnahmepaare von 1997 und 2010 (Soerensen-Index: Mittelwert, Min-Max) für die Bewirtschaftungsvarianten (siehe Tab. A-1).

### A-4.3.3 Verhalten einzelner Arten

#### A-4.3.3.1 Allgemein

Die drei- bis vierschürigen Wirtschaftswiesen des Ennstals werden von *Trisetum flavescens* und *Poa trivialis* dominiert. Als weitere wichtige Futtergräser treten *Dactylis glomerata*, *Festuca pratensis* und *Poa pratensis* hinzu. *Alopecurus pratensis* ist nur in geringem Maße, in Feuchtwiesen, zu finden. *Trifolium pratense* und *T. repens* sind die dominierenden Leguminosen, wobei v.a. letzterer in den Vielschnittsystemen sehr hohe Abundanz-Dominanz-Werte erreicht. Verunkrautungen mit verschiedenen Doldenblütlern (*Aegopodium podagraria*, *Chaerophyllum hirsutum*, *Heracleum sphondylium*) sind häufig. Artenreichere Zweischnittwiesen sind im Talbereich des Untersuchungsgebietes selten. In artenreichen Wiesen des ebenen Talbereiches kommen *Centaurea jacea*, *Tragopogon orientalis*, *Leucanthemum vulgare* und *Lychnis-flos-cuculi* vor (Aufn. MAB1\_030). Zwei feucht-nasse Flächen (MAB1\_042, MAB1\_022) werden von *Carex acuta* und anderen Nässezeigern dominiert. Auf der Südabdachung der Kalkalpen befinden sich auf steileren Bereichen Reste von schwach thermophilen Glatthaferwiesen (MAB\_\_211) (siehe Anhang, Tabelle A).

Typische Arten der zweischürigen Wiesen nördlich der Enns (pflanzensoziologisch als *Geranio sylvatici-Trisetum flavescens* Knapp ex Oberdorfer 1957 fassbar) sind *Silene dioica*, *Carex sylvatica*, *Crocus albiflorus*, *Colchicum autumnale*, *Narcissus radiiflorus* und *Trollius europaeus*. Als Gräser treten *Festuca rubra* agg. und *Agrostis capillaris* stärker in Erscheinung. Die nährstoffreichen Dreischnittwiesen sind den Talwiesen ähnlich, neigen aber zur Verunkrautung mit *Geranium pratense*, sowie mit Doldenblütlern wie *Heracleum sphondylium* (siehe Anhang, Tabelle A).

Die Eigenständigkeit der Wiesen der Niederen Tauern ist weniger ausgeprägt. Eine typische Art, die im Norden fehlt, ist in Zweischnittwiesen *Cardaminopsis halleri*, die in den Goldhaferwiesen regelmäßig vorkommt (*Cardaminopsis halleri*-*Trisetum flavescens* Böhner et Sobotik 2000). Auch *Hypericum maculatum* ist hier oft anzutreffen. In weniger stark gedüngten Wiesen treten auch hier *Festuca rubra* und *Agrostis capillaris* auf (siehe Anhang, Tabelle A).

An diesen grundlegenden Differenzierungen hat sich in den 13 Jahren von 1997 bis 2010 nichts geändert.

Die Varianten wurden nicht nach vegetationskundlichen sondern ausschließlich nach Bewirtschaftungs-Kriterien ausgewählt. Daher kommen auch verschiedene pflanzensoziologische Einheiten in einer Variante vor.

Allfällige Änderungen in den Abundanz-Dominanzwerten einzelner Arten können ausgesprochen viele Ursachen haben. So können sich die Deckungswerte von Wiesenpflanzen von einem zum nächsten Jahr stark verändern, wobei dies umso geringer ausfällt je mehr oberirdische Biomasse aufgrund des Bauplans oberirdisch erhalten bleibt. Anzahl, Höhe, Verzweigungsintensität und Innovationstriebbildung (nach Mahd) kann besonders bei Gräsern extrem variieren, wobei der lokal (am Wuchsort der Population) wirksame Witterungseinfluss ganz stark durchschlägt. Bei kleinen Pflanzen mit geringer Triebanzahl kann es auch passieren, dass sie übersehen werden. Dazu kommen Unterschiede in der Ermittlung des Schätzwertes für die Abundanz/Dominanz, was jedoch einerseits durch gemeinsames Training der Aufnahmeteams zur Ersterhebung 1997 sowie durch die alleinige Durchführung der Zweiterhebung durch eine Bearbeiterin (die zudem auch bei der Ersterhebung mitgewirkt hat) gemindert werden konnte. Die Flächenidentität zwischen den beiden Erhebungsperioden konnte nicht immer exakt gewährleistet werden, weshalb auch daraus Variationen in den Mengen der beteiligten Arten entstehen können.

Aus dem oben Gesagten wird klar, dass die Interpretation von Veränderungen in der Vegetationsdecke in Gestalt der Dynamik einzelner Arten unter großen Unsicherheiten

gelitten hätte und daher hier ausgespart wurde. In Konsequenz wurden verallgemeinerungsfähige Merkmale der Pflanzenarten hergenommen um generelle Muster der Veränderungen zu detektieren.

#### A-4.3.3.2 Funktionelle Artengruppen

##### A-4.3.3.2.1 Verhaltenstyp

Betrachtet man das unterschiedliche Vorkommen von Arten im Gesamtdatensatz für die Jahre 1997 und 2010, fällt auf, dass es bei den meisten hochsteten Wiesenarten (siehe Anhang, Tabelle B) keine auffälligen Unterschiede gibt. Daneben existiert aber eine Gruppe von Intensivwiesenarten (u.a. *Alopecurus pratensis*, *Deschampsia cespitosa*, *Elymus repens*, *Phleum pratense* und *Plantago lanceolata*), die in den Aufnahmen 2010 nicht mehr überall vorkommen. Ruderale Arten – die meisten davon Annuelle, die für ihre Entwicklung an Lücken in der Vegetation angewiesen sind – treten im Jahr 2010 deutlich seltener auf. Umgekehrt kamen die beiden *Lolium*-Arten (*Lolium perenne* und *L. x boucheanum*) im Jahr 2010 häufiger vor als im Jahr 1997 – wohl bedingt durch regelmäßige Übersaaten seitens der Betriebe.

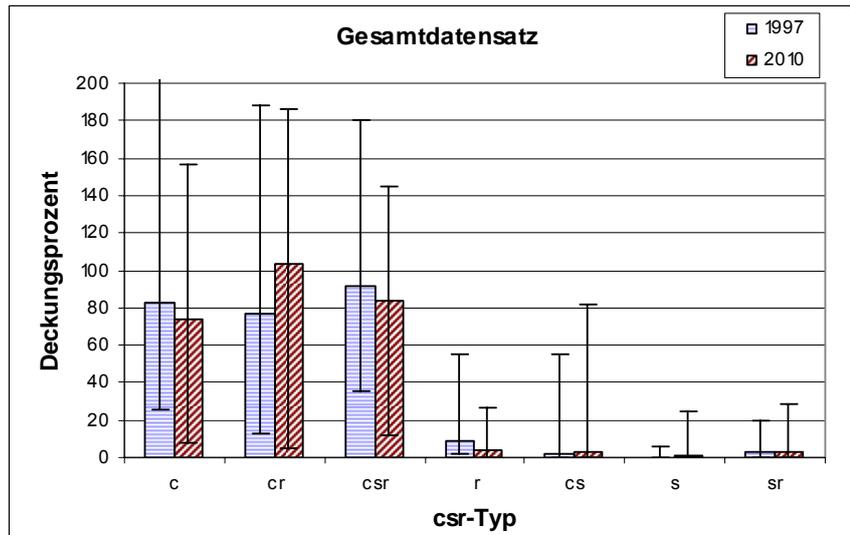
In Tabelle B im Anhang sind Zu- und Abnahme der Stetigkeit für ökologisch-soziologische Artengruppen pro Variante dargestellt. Besonders viele Arten der Intensivwiesen fielen in Variante 8 aus (durchschnittlich 2,8 pro Aufnahme). Auch ruderale Arten treten im Jahr 2010 seltener auf, besonders in den Varianten 5, 6 und 8. Die höchste Abnahme der Arten der zweischürigen Fettwiesen fand in Variante 4 und 5 statt. Eingesäte Arten traten 2010 häufiger in den Varianten 6, 7 und 8 auf (siehe Tab. A-5).

**Tab. A-5:** Zu- und Abnahme des Auftretens von Arten eines bestimmten Verhaltenstyps im Zeitraum von 1997 bis 2010.

Artengruppen	Anz. Arten	Differenz Stetigkeit 2010 - 1997								
		Variante 1	Variante 2	Variante 3	Variante 4	Variante 5	Variante 6	Variante 7	Variante 8	gesamt
Arten der Intensivwiesen mit abnehmender Stetigkeit	12	0,0	-0,2	-1,4	-1,3	-1,6	-1,3	-1,4	-2,8	-1,1
Ruderale Arten mit abnehmender Stetigkeit	8	-1,0	-0,7	-0,2	-1,0	-2,0	-1,7	-1,5	-2,7	-1,3
Arten der zweischürigen Fettwiesen mit abnehmender Stetigkeit	22	-2,0	-1,2	0,2	-4,3	-4,2	-1,0	-3,3	-2,2	-2,2
Eingesäte Arten mit zunehmender Tendenz	2	0,1	0,3	0,2	0,0	0,2	0,0	0,5	0,7	0,3

##### A-4.3.3.2.2 CSR-Strategien

Die mittlere Überdeckung (aufsummierte Klassenmittelwerte der Abundanz-Dominanzklassen) blieb mit 264 % für das Jahr 1997 und 270 % für das Jahr 2010 stabil. Abb. A-13 lässt jedoch erkennen, dass leichte Verschiebungen von C- und CSR-Strategen hin zu CR-Strategen stattfinden. Wie schon im vorigen Kapitel beschrieben, nehmen R-Strategen ab, was sich in der Deckung jedoch weniger auswirkt als in Präsenz-Absenz-Daten, da diese Arten meist nur geringe Deckungswerte aufweisen. Stresstolerante Arten (CS-, S- und SR-Strategen) kommen in Wirtschaftsgrünland generell bestenfalls geringdeckend vor. Die Zunahme der CR-Strategen und die Abnahme der R-Strategen sind auch statistisch höchst bzw. hoch signifikant.

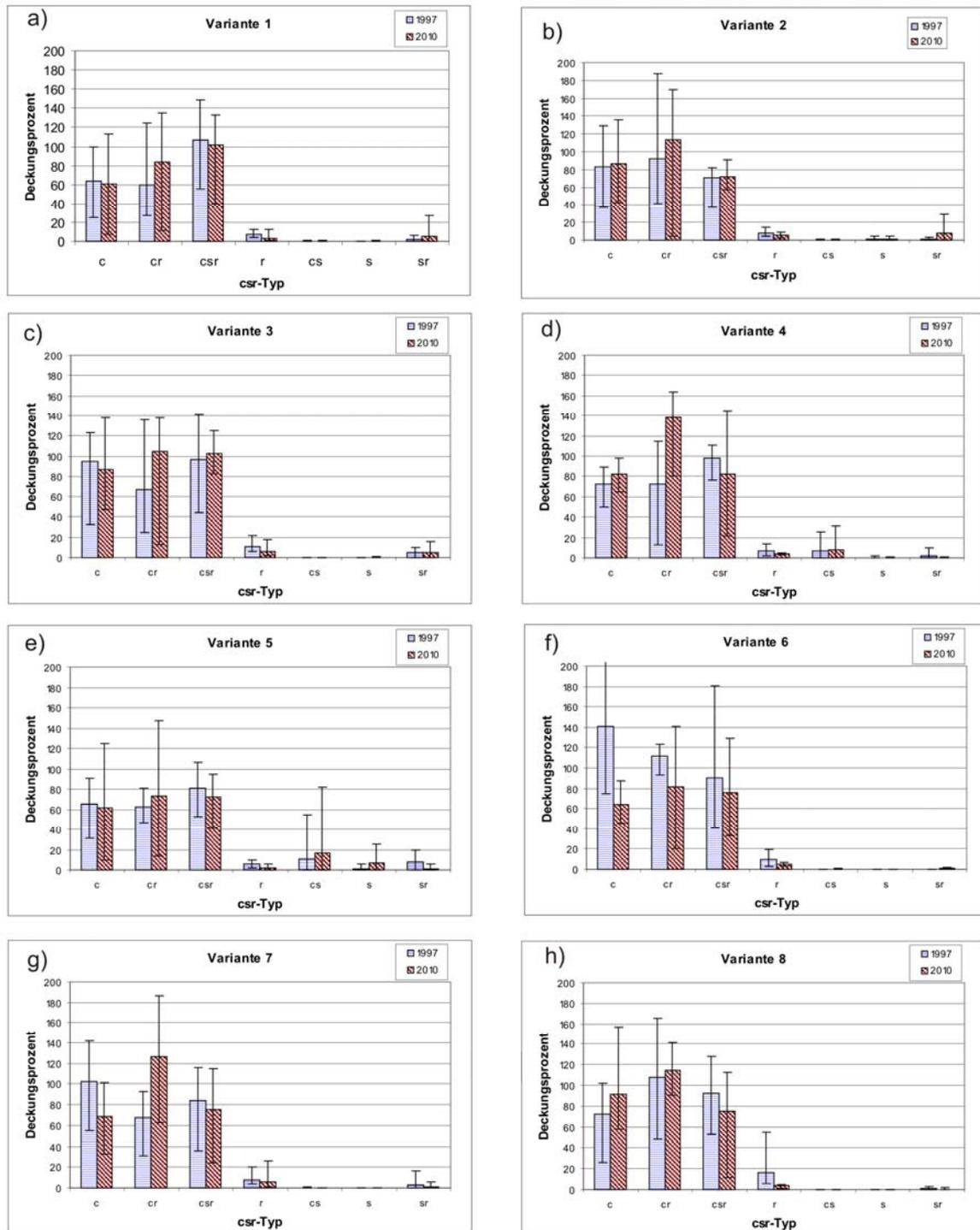


**Abb. A-13:** Vergleich der mittleren aufsummierten Deckung der zu Strategietypen gruppierten Arten zwischen 1997 und 2010, berechnet für den Gesamtdatensatz.

Auf Ebene der Varianten (siehe Abb. A-14) zeigt sich, dass C-Strategen in den meisten Varianten relativ unveränderte Deckungswerte haben. Lediglich in Variante 6 und 7 nehmen sie ab, während sie in Variante 8 zunehmen. CR-Strategen nehmen in fast allen Varianten zumindest leicht zu. Eine Ausnahme bildet Variante 6, die aufgrund der geringen Stichprobenanzahl aber nur schlecht abgesichert ist. CSR-Strategen decken in den Jahren 1997 und 2010 in den meisten Varianten eine etwa gleich große Fläche ab. Geringe Tendenzen einer Abnahme existieren in den Varianten 4 bis 8. R-Strategen nehmen über alle Varianten hinweg ab.

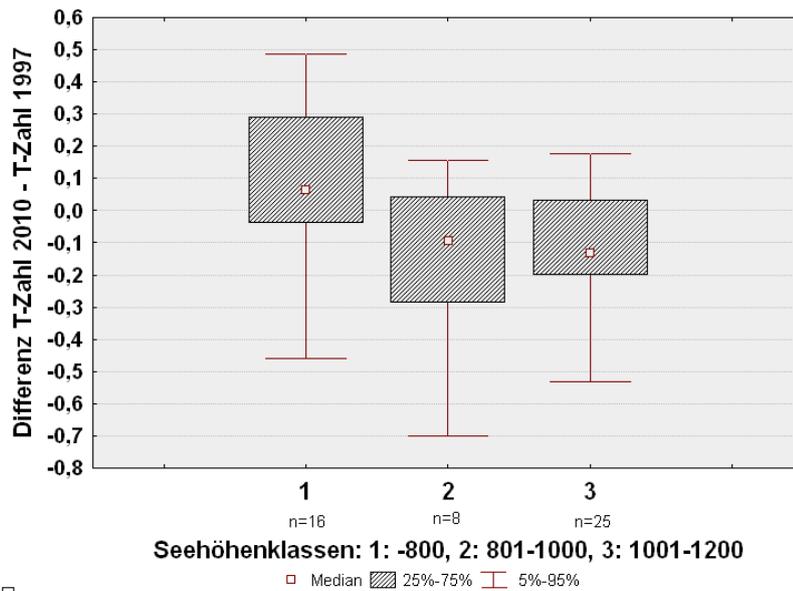
#### A-4.3.3.3 Indikation mittels Temperatur-Zahl

Zur indirekten Indikation mittels Zeigerwerten wurde für die Aufnahmen von 1997 und 2010 die mittlere gewichtete Temperatur-Zahl nach Ellenberg berechnet. Die Differenzen der Temperatur-Zahl der Aufnahmen von 2010 minus der von 1997 sind nach Seehöhenklassen gruppiert in Abbildung A-15 dargestellt. Die Werte liegen für die Seehöhenklassen 800-1000 m und 1001-1200 m knapp unter Null, für die Seehöhenklasse 600-800 m knapp darüber, was bedeuten würde, dass es im Talraum wärmer und im Berggebiet kühler geworden ist.



**Abb. A-14:** Vergleich der mittleren Deckung der zu Strategietypen gruppierten Arten zwischen 1997 und 2010, berechnet für die einzelnen Bewirtschaftungsvarianten.

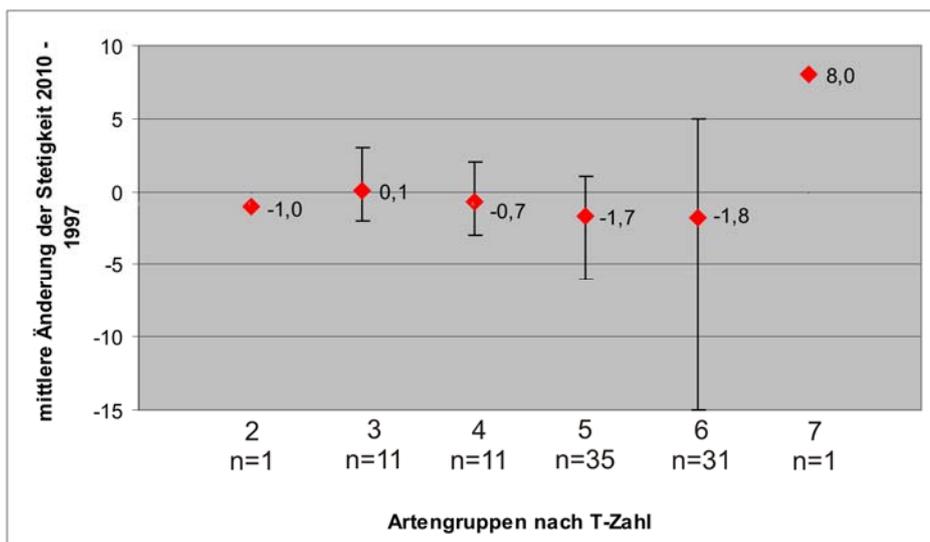
In Abbildung A-16 sind die Temperaturzeigerarten zu Gruppen zusammengefasst, sowie die mittlere Änderung ihrer Stetigkeit zwischen 1997 und 2010 dargestellt. Arten mit Temperatur-Zahlen 2, 4, 5 und 6 kommen tendenziell seltener vor. Es kommt lediglich eine Art mit Temperatur-Zahl 7 vor, *Lolium x boucheanum*, die im Datensatz von 2010 häufiger auftritt.



**Abb. A-15:** Änderung der mittleren Temperaturzahl von 1997 bis 2010 auf Wiesen in unterschiedlicher Seehöhe (gruppiert zu Seehöhenklassen).

In den extensiveren Zweitschnittwiesen treten im vorliegenden Datensatz folgende Höhenzeiger relativ häufig auf: in den Kalkalpen *Ranunculus montanus* und *Crepis aurea*, in den Niederen Tauern *Phleum rhaeticum* und *Cardaminopsis halleri*. In beiden Gebirgszügen treten *Myosotis sylvatica*, *Poa supina* und *Crocus albiflorus* auf. Von diesen Höhenstufenzeigern hat *Poa supina* leicht zugenommen, das Auftreten von *Ranunculus montanus* ist gleich geblieben. Die anderen Arten kamen 2010 seltener vor als im Jahr 2010 (siehe Anhang Tabelle B).

Abgesehen von (eingesättem) *Lolium multiflorum* gibt es keinen das Gebiet differenzierenden Wärmezeiger, der ausreichend häufig vorkommt und in den letzten 13 Jahren spontan zugenommen hat.

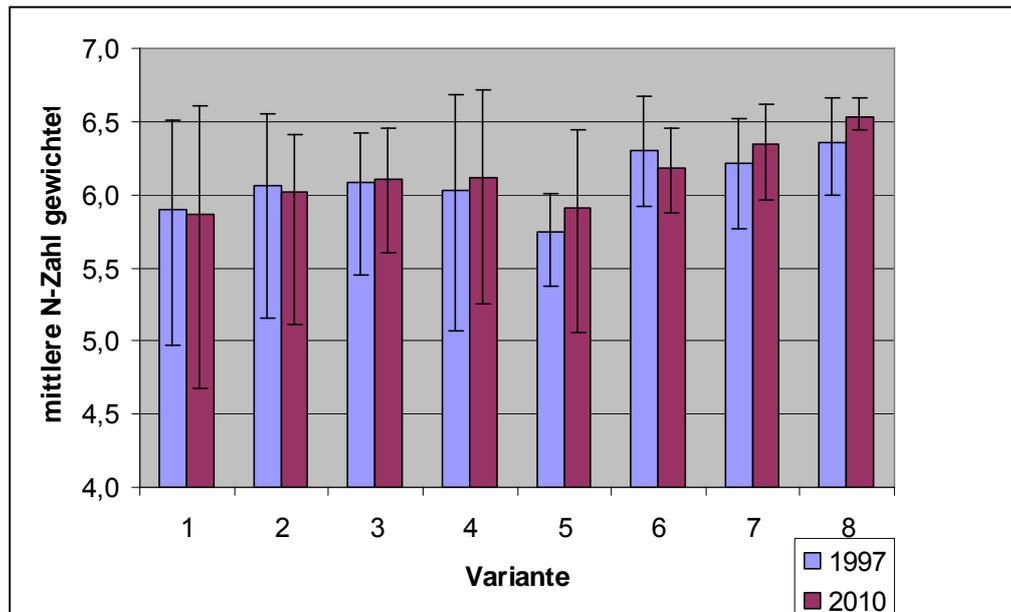


**Abb. A-16:** Mittlere Änderung der Stetigkeit von Kälte- und Wärmezeigern von 1997 bis 2010 (Mittelwert, Min-Max).

#### A-4.3.3.4 Indikation mittels Nährstoffzahl

Die mittlere gewichtete Nährstoffzahl für den Gesamtdatensatz beträgt 6,1, die maximale Zahl 6,7 und die minimale 5,0. Da nur gedüngtes Wirtschaftsgrünland untersucht wurde, sind die Werte ziemlich ähnlich.

Die mittleren Nährstoff-Zahlen der Varianten 1 bis 4 liegen um die 6 und haben sich nach 13 Jahren auch nicht wesentlich verändert. Variante 5 war im Jahr 1997 der Nährstoffzahl zu Folge etwas nährstoffärmer (5,7), die Nährstoffzahl hat aber bis ins Jahr 2010 auf 5,9 zugenommen. Bei den Varianten, die im Jahr 1997 schon 3 x gemäht wurden liegt die Nährstoffzahl deutlich über 6 und hat sich im Fall der Variante 7 und 8 noch leicht erhöht (siehe Abb. A-17). Sämtliche Unterschiede sind statistisch nicht signifikant.



**Abb. A-17:** Mittlere Nährstoff-Zahl in den einzelnen Varianten, Vergleich der Jahre 1997 und 2010 (Mittelwert, Min-Max).

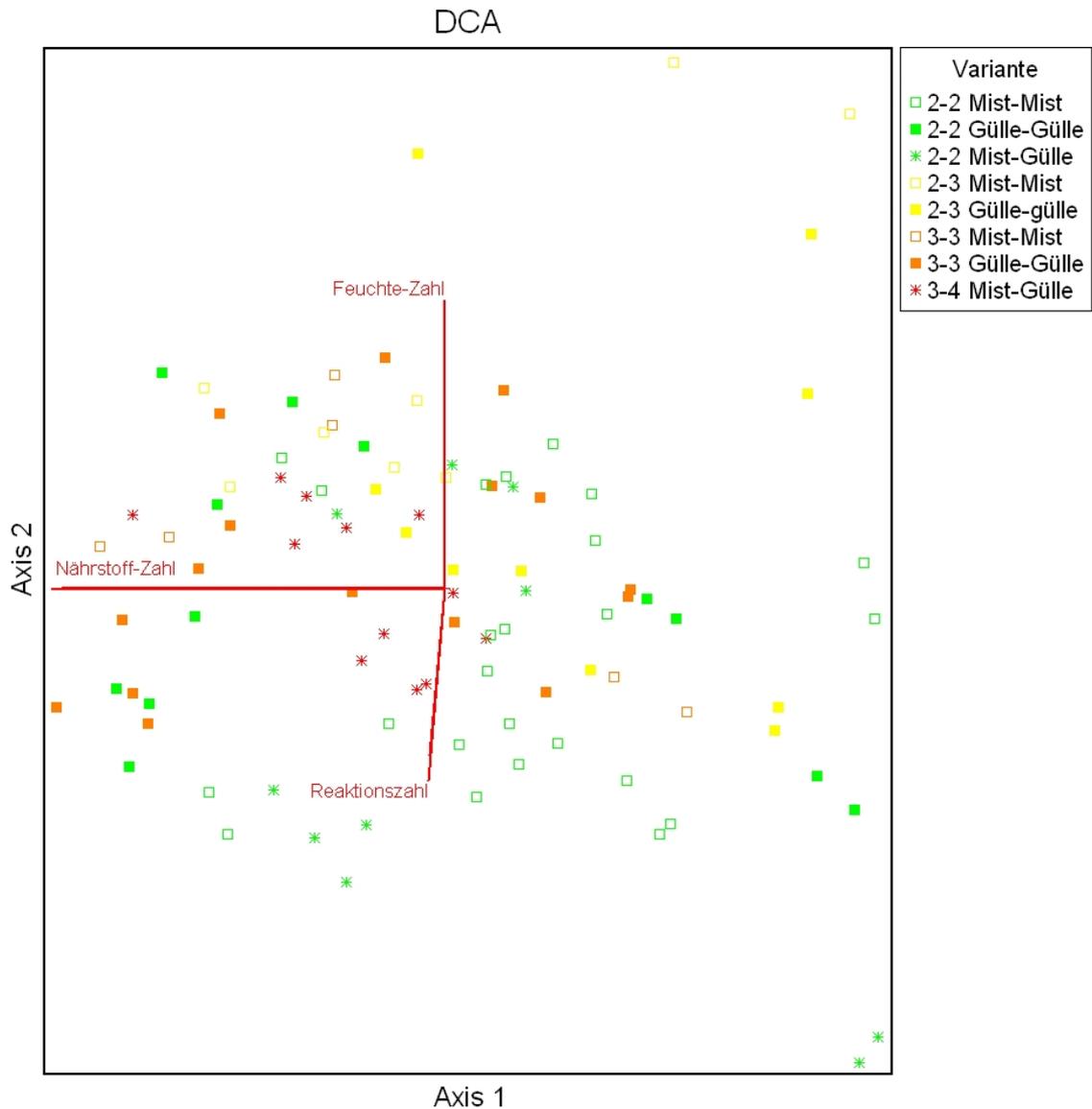
#### A-4.3.4 **Ökologische Gradienten**

Die Umweltvariablen des Untersuchungsgebietes sind sehr heterogen. Dafür verantwortlich ist zum einen die unterschiedliche Lage der Vegetationsaufnahmen von 640 m Seehöhe am Talboden bis 1200 m Seehöhe im Berggebiet. Dazu kommt – bedingt durch das Ausgangsgestein – der unterschiedliche Basen- und Kalkgehalt der Böden. Die Basensättigung der Böden im kalkalpinen Gebiet nördlich der Enns ist durchwegs hoch, während die Böden über Phyllit und Glimmerschiefer südlich der Enns eine saure Bodenreaktion aufweisen. Feuchte bis nasse Standortsbedingungen im Talbereich der Enns und in Niedermooren treten als differenzierenden Faktor v.a. nördlich der Enns und in Hochmoor-Randbereichen bei Oppenberg hinzu.

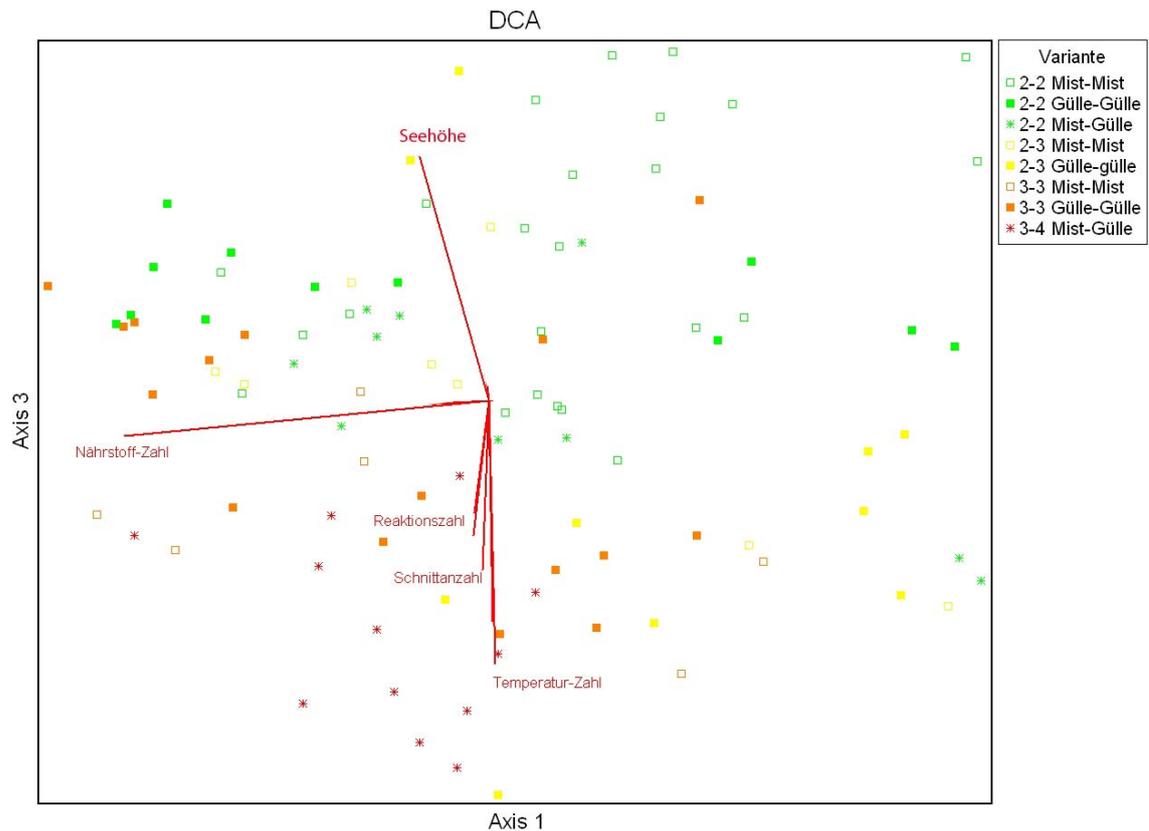
Die Standort-Heterogenität resultiert in einem hoch-diversen vegetationskundlichen Datensatz, der aber durch die Bewirtschaftung noch zusätzlich überprägt wird. Dabei ist zu vermuten, dass die Wiesenvegetation durch intensive Bewirtschaftung eher vereinheitlicht wird und die Standortsbedingungen in der Vegetation dadurch weniger deutlich widerspiegeln.

Auf der Suche nach den wesentlichen Gradienten im vegetationskundlichen Datensatz hat eine Ordination des Gesamtdatensatzes (DCA aller Aufnahmen von 1997 + 2010) den Nährstoffgradient als Hauptgradient entlang der 1. Achse hervortreten lassen. Auf der 2. Achse folgen der Feuchte- und Bodenbasizitätsgradient (siehe Abb. A-18). Entlang der 3. Achse wird der Datensatz entlang der Seehöhe, die wiederum negativ mit

der Temperaturzahl und der Schnittanzahl der Wiesen korreliert ist, weiter differenziert (siehe Abb. A-19).



**Abb. A-18:** Verteilung der 98 Aufnahmen (aus den Jahren 1997 und 2010) in der Ebene der 1. und 2. Achse einer DCA. Die Gradienten der mittleren Nährstoff-, Reaktions-, und Feuchte-Zahl sind als vom Schwerpunkt des Datensatzes ausgehende Vektoren in die Ordination eingetragen.



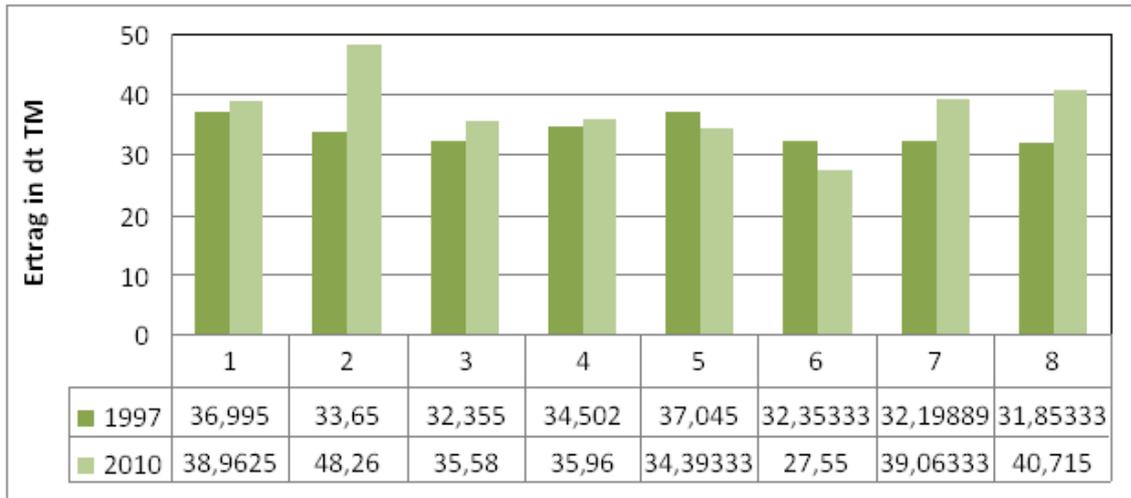
**Abb. A-19:** Verteilung der 98 Aufnahmen (aus den Jahren 1997 und 2010) in der Ebene der 1. und 3. Achse einer DCA. Die Gradienten der mittleren Nährstoff- und Temperaturzahl sowie die Seehöhe und die Schnittanzahl sind als vom Schwerpunkt des Datensatzes ausgehende Vektoren in die Ordination eingetragen.

#### A-4.4 Änderungen im Ertrag der ersten Mahd

Einen signifikanten Ertragszuwachs ( $p < 0,05$ ) verzeichneten die Varianten 2 (Zweischchnitt und Güllendüngung) sowie 8 (Vierschnitt und Wechsel von Mist auf Güllendüngung). Generell war ein zunehmender Ertrag festzustellen, nur die 3-Schnitt Varianten 5 und 6 hatten im Durchschnitt einen rückläufigen Trockenmasse-Ertrag im ersten Aufwuchs (siehe Abb. A-20 und Tab. A-6).

**Tab. A-6:** Paarweiser Mittelwertsvergleich des Ertrages zwischen 1997 und 2010 in den acht Varianten.

Variante	Mean	Sig. (p=0,05)	Variante	Mean	Sig. (p=0,05)
1: 2_2 Mist	1,97	n.s.	5: 2_3 Gülle	-2,65	n.s.
2: 2_2 Gülle	14,60	**	6: 3_3 Mist	-4,80	n.s.
3: 2_3 Mist_Gülle	3,20	n.s.	7: 3_3 Gülle	6,86	n.s.
4: 3_3 Mist	1,45	n.s.	8: 4 Mist_Gülle	8,86	**

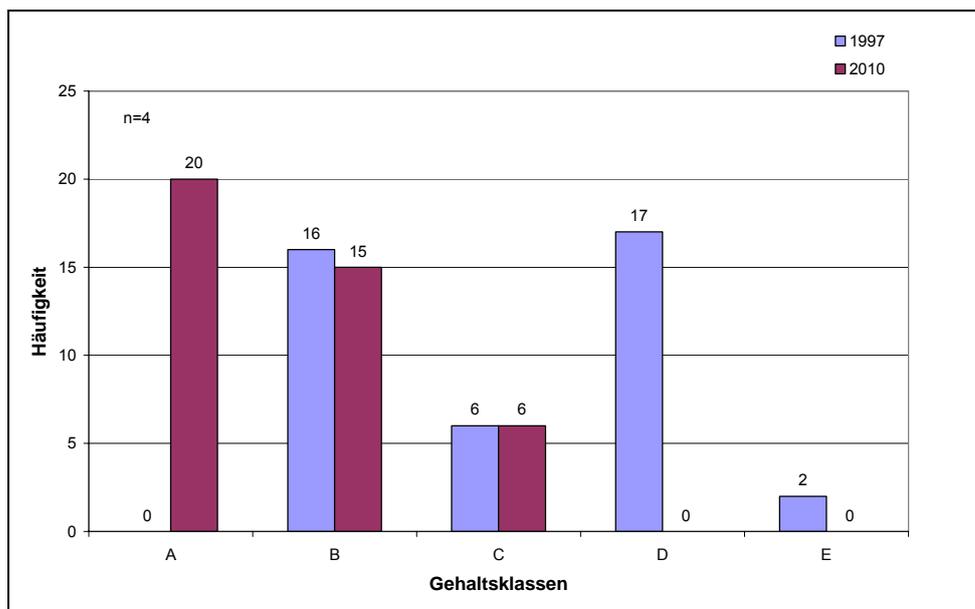


**Abb. A-20:** Vergleich der mittleren Erträge (Trockenmasse in dt) des 1. Schnittes von 1997 und 2010, dargestellt für die 8 Varianten (siehe Tab. A-1).

#### A-4.5 Änderungen der Nährstoffversorgung der Böden

Im Jahr 1997 waren die Phosphorgehaltsklassen B bis E besetzt, wobei die meisten Proben in Kategorie B bzw. D fielen. Im Gegensatz dazu befinden sich im Jahr 2010 die meisten Bodenproben in der niedrigsten Gehaltsstufe A (20 Proben), gefolgt von den höheren Gehaltsstufen B (15 Proben) und C (6 Proben) (siehe Abb. A-21).

Die Verteilung der Kali-Werte im Boden folgt in etwa einer Normalverteilung, wobei die Klasse C am stärksten besetzt ist. Die Unterschiede zwischen den Jahren 1997 und 2010 sind minimal (siehe Abb. A-22).



**Abb. A-21:** Phosphor-Versorgung des Bodens in Gehaltsklassen (A-sehr niedrig bis E-sehr hoch).

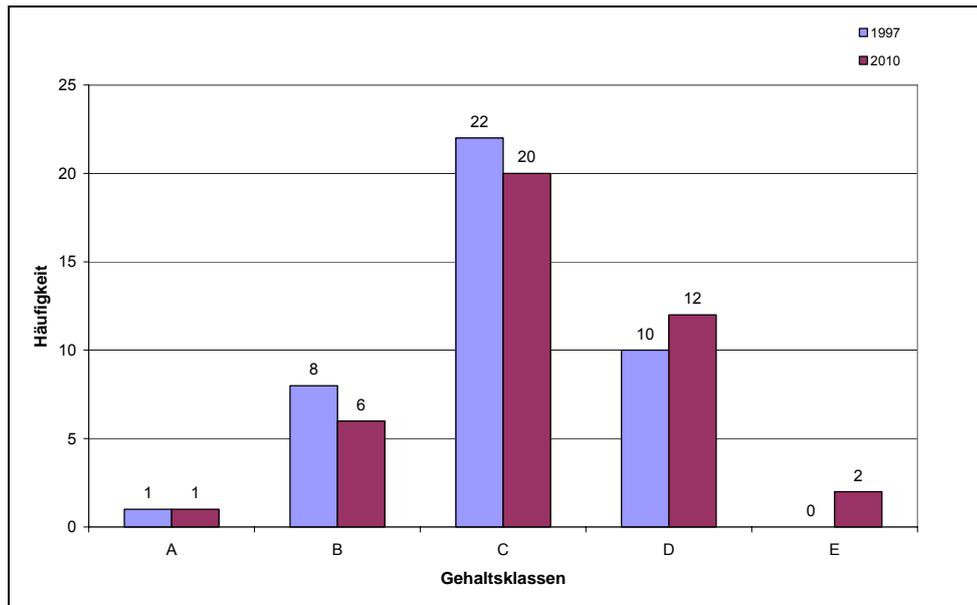


Abb. A-22: Kali-Versorgung des Bodens in Gehaltsklassen (A-sehr niedrig bis E-sehr hoch).

## A-5 Diskussion

### A-5.1 Klimawandel und Wiesenbewirtschaftung

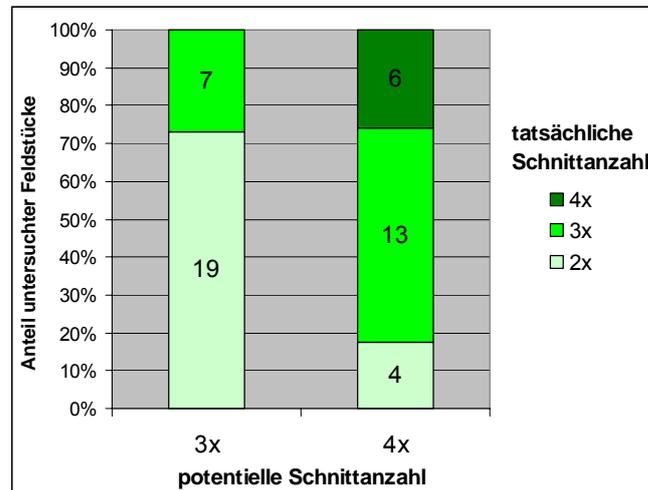
Aufgrund der Verlängerung der Vegetationsperiode, vor allem das frühere Einsetzen des Vegetationsbeginns, erhöht sich in allen Seehöhenstufen die Anzahl der potenziell möglichen Grünlandschnitte und erlaubt damit eine Intensivierung der Bewirtschaftung.

Da die Vegetationslänge und besonders der Vegetationsbeginn eine starke interannuale Variabilität aufweisen, kann sich diese Veränderung erst über mehrere Jahre auf die Vegetation und auch auf die menschliche Reaktion auswirken. Mit welcher Verzögerung hierbei zu rechnen ist, ist schwer abzuschätzen. In den Abbildungen A-6 bis A-8 wurde ein 11-jähriger Gaußfilter verwendet um die längerfristige Entwicklung aufzuzeigen. Generell muss man davon ausgehen, dass es Komponenten gibt, die rasch reagieren (etwa manche Pflanzenarten) und andere, die Dekaden für eine Anpassung benötigen (z.B. Boden).

Die größte Veränderung bei der Vegetationsperiodenlänge zeigte sich in den späten 1980er- und frühen 1990er-Jahren. Davor und danach gab es hingegen wenig Änderung, wobei sich in den letzten Jahren eher wieder eine schwache Abnahme der Länge der Vegetationsperiode gezeigt hat. Selbst unter Berücksichtigung der unterschiedlichen Reaktionszeiten erlauben die derzeitigen klimatischen Bedingungen eine intensivere Nutzung als in den Dekaden vor 1990. Intensivierungen können einerseits graduell erfolgen (Düngegaben, Schnittzeitpunkte) oder in für die Pflanzen durchaus groben Stufen (Erhöhung der Schnitzzahl). Inwiefern letzteres tatsächlich ausreichend nachhaltig durch die Verlängerung der Vegetationsperiode ausgeglichen wird, bleibt allerdings unklar. Die systemerhaltenden Massebildner in den Wirtschaftswiesen reagieren vermutlich nicht kontinuierlich auf Nutzungsänderungen (selbst wenn sie fein abgestuft sind), geschweige denn ist ausreichend bekannt, wie diese Arten auf doch massive Erhöhungen der Biomasseverluste zu durchwegs früheren Zeitpunkten reagieren.

Abbildung A-23 zeigt, dass die Landwirte diese potenzielle Schnitzzahl, die aufgrund der Temperatur möglich erscheint, im Jahr 2010 nicht ganz ausschöpften. Das hat unterschiedliche Gründe: Außer der Vegetationsperiodenlänge, die aufgrund der Temperaturverhältnisse berechnet wurde, begrenzen noch Exposition und Bergschatten das Schnittpotenzial – diese zwei Parameter gehen in das einfache Berechnungsmodell

nicht ein. Weiters kommt hinzu, dass der Landwirt durch Schlechtwetterperioden daran gehindert wird, am optimalen Schnitzeitpunkt zu mähen. Nicht zuletzt hängt die tatsächliche Schnitzzahl von der Entscheidung des Landwirtes ab, wie oft er die Fläche mähen möchte: Bewirtschaftungshindernisse wie Steilheit und Vernässung führen zu geringen Schnitffrequenzen auf einzelnen Feldstücken. Landwirte, die ihren Betrieb extensiv bewirtschaften, sei es aus Tradition, Umweltschutzgründen oder weil sie ihr Haupteinkommen nicht aus der Landwirtschaft beziehen, mähen die Flächen ebenfalls seltener.



**Abb. A-23:** Vergleich der potentiellen Schnitzzahl, die thermisch möglich ist, mit der tatsächlichen Schnitzzahl der untersuchten Wiesen im Jahr 2010.

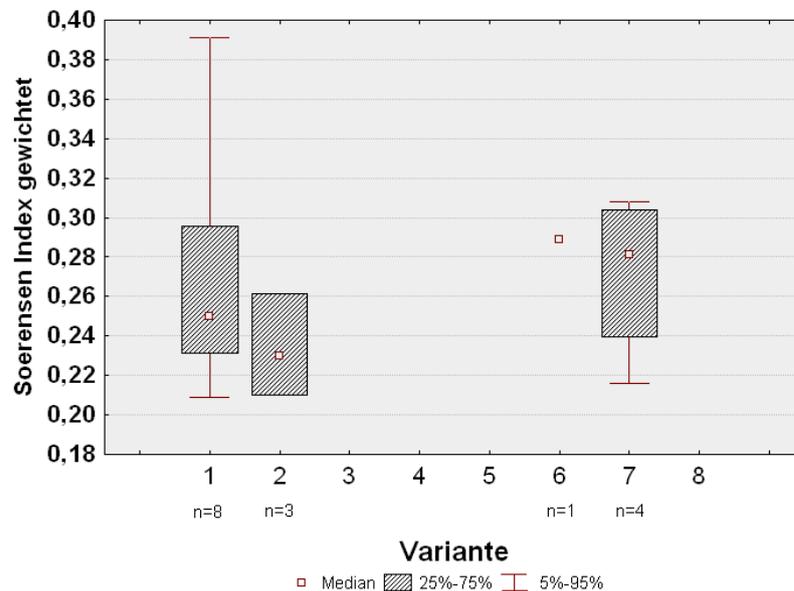
Bei den Niederschlägen zeigt sich im Untersuchungsgebiet kein Trend, jedoch wirkt sich die interannuale Variabilität auf die Erträge der Einzeljahre aus. Generell ist die Niederschlagsversorgung in dieser Region ausreichend und selbst in Trockenjahren wie im Sommer 2003 sind die potenziellen Erträge nur um rund 10 bis 15 Prozent zurückgegangen (Formayer & al. 2004). Trockenjahre erleichtern jedoch die Einbringung der Ernte und damit eine Optimierung der Schnitttermine, wodurch in Trockenjahren die realen Erträge sogar höher sein können als normal. Dies bestätigte sich auch im Jahr 2010, wo in weiten Teilen der Steiermark ein sehr trockener Juli zu Ertragseinbußen im 2. Schnitt führte, das Ennstal davon aber weitgehend verschont geblieben ist.

## A-5.2 Klimawandel und Wiesenvegetation

Die Wiesenvegetation im Untersuchungsgebiet hat sich auch bei weitgehend gleich bleibender Nutzung dem mittleren Soerensen-Indices zufolge von 1997 bis 2010 zumindest leicht verändert (siehe Abb. A-24). Für die Änderung gibt es verschiedene Erklärungsmodelle: Sie kann durch die Erderwärmung, die ausgebrachte Düngermenge, den unterschiedlichen Aufnahmeort und die spontane Dynamik der Pflanzenpopulationen bedingt sein.

Zur Erklärung, ob die Verlängerung der Vegetationsperiode bzw. der Temperaturanstieg die Vegetationsveränderung verursacht, wird die Temperaturzahl nach Ellenberg zwecks indirekter Bioindikation herangezogen. Die mittleren gewichteten Temperaturzahlen für Aufnahmen verschiedener Seehöhenklassen haben sich kaum verändert. Die Abweichungen betragen nur 0,1 (siehe Abb. A-15). Die indizierte leichte Erhöhung im Talraum könnte auf eine Erwärmung dieser Bereiche, die Erniedrigung im Berggebiet auf eine Abkühlung schließen lassen. Abbildung A-16 zeigt, dass die Stetigkeit aller Arten von Temperatur-Zahl 2 (Kältezeiger) bis 6 (Wärmezeiger) gesunken ist. Lediglich eine Art mit der Temperatur-Zahl 7 kommt häufiger vor. Bei dieser Art handelt es sich um *Lolium x boucheanum*, das regelmäßig eingesät wird und nicht die natürliche Standortdynamik widerspiegelt. Diese Art ist auch für die höhere mittlere Temperaturzahl für die

Aufnahmen im Talraum verantwortlich. Als letztes Indiz bleibt, dass einige Höhenzeiger (*Crepis aurea*, *Phleum rhaeticum*, *Cardaminopsis halleri*, *Crocus albiflorus* und *Myosotis sylvatica*) im Gesamtdatensatz im Jahr 2010 etwas seltener vorkommen als 1997. Ihr teilweises Ausbleiben kann aber auch durch ihre generelle Sensibilität gegenüber Nutzungsintensivierung erklärt werden.



**Abb. A-24:** Unähnlichkeit der Vegetation der hinsichtlich Schnitzeitpunkt und Nachsaat unveränderten Aufnahmenpaare von 1997 und 2010 ausgewählter Varianten.

Aufgrund dieser Auswertungen kann man keinen direkten Einfluss der Klimaerwärmung bzw. der Verlängerung der Vegetationsperiode auf die Wiesenvegetation von 1997 bis 2010 erkennen. Zu demselben Schluss kamen Vittoz et al. (2009), die eine vergleichbare Untersuchung in subalpinen Rasen der Schweizer Nordalpen durchführten. Auch Harmens et al. (2004) konnte in einem dreijährigen Experiment mit erhöhter CO<sub>2</sub>-Konzentration und Temperatur keine Auswirkung auf die Diversität, wohl aber auf Interaktionen zwischen Klimawandel und Schnitthäufigkeit feststellen. Price & Waser (2000) stellten bei einem Erwärmungsexperiment in der subalpinen Stufe fest, dass sich vor allem die Verlängerung der Vegetationsperiode durch frühere Schneeschmelze auswirkte, die Vegetation jedoch kaum mit Veränderung reagierte. Ein Grund für die nicht nachweisbare Veränderung der Vegetation im Zuge des Klimawandels könnte die Tatsache sein, dass die Verlängerung der Vegetationsperiode schon gut zehn Jahre vor der Erstaufnahme eingesetzt hat und die Veränderung von 1997 bis 2010 nicht mehr so stark war. Weiters ist die Klimaerwärmung mit unter 1 C° zwar deutlich aber anscheinend noch nicht ausreichend um eine starke Reaktion in einer geschlossenen Vegetation auszulösen. Das stimmt mit vielen Klimamodellen und Experimenten überein, die besagen, dass große Veränderungen der Vegetation erst ab einer Erhöhung der Jahresdurchschnittstemperatur um mehr als 2 C° stattfinden (Rounsewell et al. 1996, Duckworth et al. 2000, Theurillat & Guisan 2001, Dirnböck et al. 2003, Bruehlheide 2003).

Die Frage, inwieweit das Klima bei der Ertragsentwicklung einen positiven oder negativen Einfluss hat, kann ohne weitere Untersuchungen nicht sicher gesagt werden. Eine Verlängerung der Vegetationsperiode, wie sie über längere Zeiträume hinweg bereits stattgefunden hat (siehe Abb. A-6), hat bei intakten Grünlandbeständen vermutlich einen ertragserhöhenden Einfluss. So ist der Ertrag bei den 2-Schnitt Güllevarianten bei der ersten Ernte signifikant angestiegen, wobei die Verlängerung der Vegetationsperiode vor allem im Frühjahr offenbar wird.

Ein wesentlicher Einflussfaktor auf die Wiesenbewirtschaftung ist die Niederschlagsmenge und -verteilung sowie die Wasserhaltefähigkeit des Bodens. So wird der Boden-

wasserhaushalt als wesentliche Variable in Ertragsmodellen für das Grünland eingerechnet (Trnka et. al. 2006). Nippert et. al. (2006) versuchten ebenfalls unter Einberechnung des Bodenwasserhaushaltes und unterschiedlicher Grünlandvegetation aus historischen Wetterdaten Auswirkungen des Klimawandels auf den Biomasse- Ertrag in Zukunft abzuleiten, ohne jedoch ein befriedigendes Ergebnis zu erzielen.

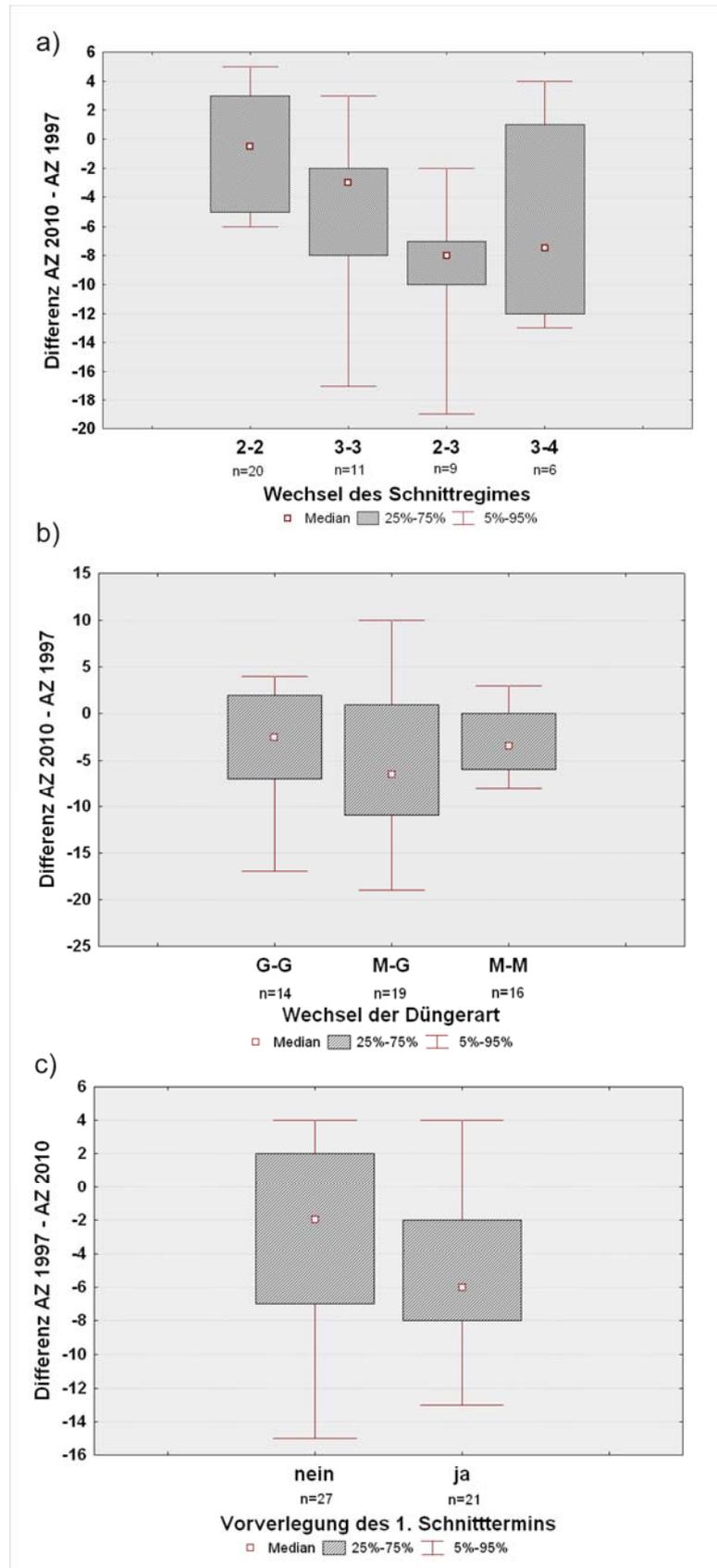
### **A-5.3 Nutzungswandel und Wiesenvegetation**

#### **A-5.3.1 Diversität**

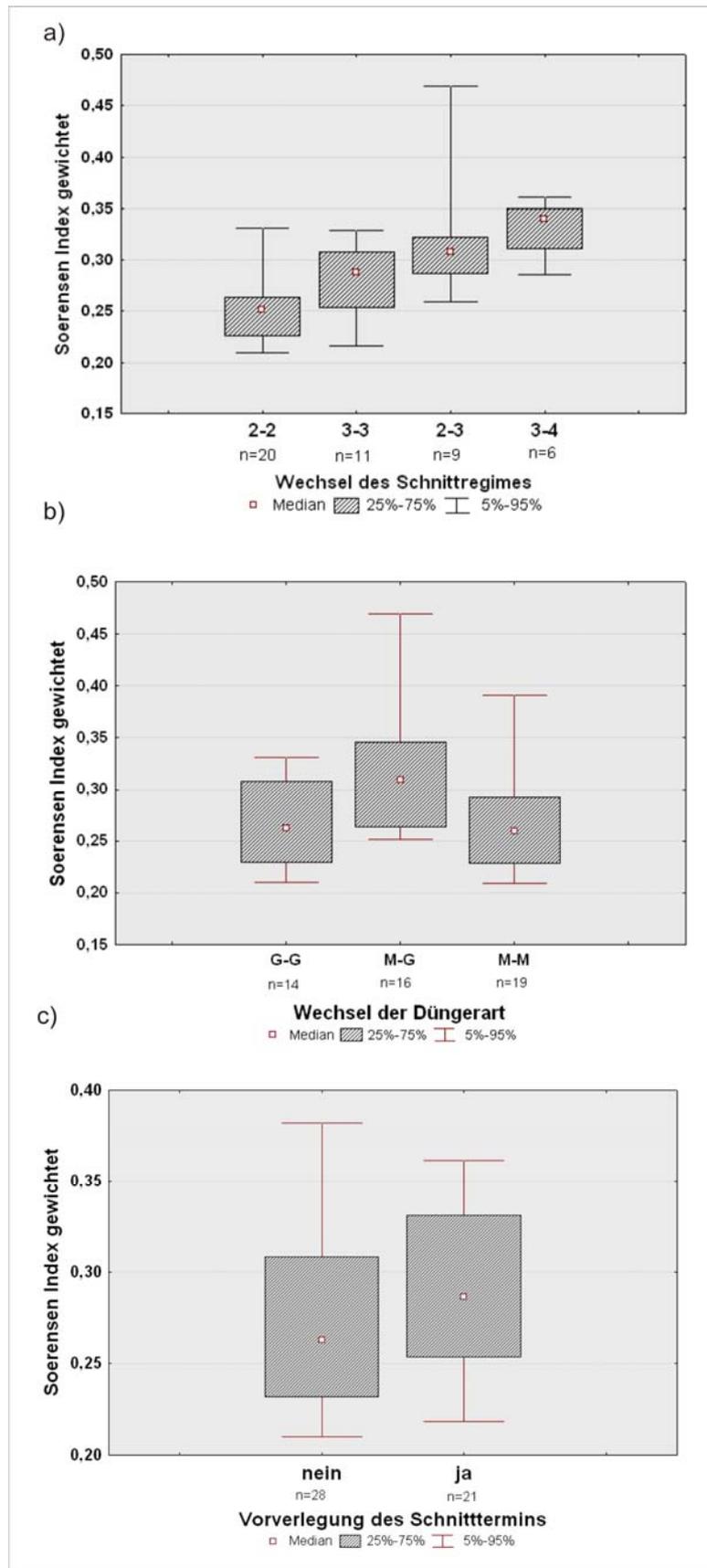
Die Abnahme der Artenzahl ist sowohl für den Gesamtdatensatz als auch für einzelne Varianten (außer Var. 3 und 6) erheblich. Die Erhöhung der Schnitffrequenz spielt dabei wohl eine wesentliche Rolle (siehe Abb. A-26a). Aufnahmepeare, bei denen die Schnitffrequenz von zwei auf drei oder von drei auf vier Schnitte erhöht wurde, wiesen einen Artenverlust von durchschnittlich 9,1 bzw. 5,8 Arten auf, wobei bei dieser Auswertung die einjährigen Arten, deren Auftreten jedes Jahr stark schwankt, nicht berücksichtigt wurden. Die Beibehaltung des Zweischnittregimes lässt erwartungsgemäß keine deutliche Verringerung der Artenzahl erkennen, wobei bei der Beibehaltung des Dreischnittregimes ein leichter Artenverlust um durchschnittlich 4,8 Arten zu verzeichnen ist. Der Unterschied zwischen Beibehaltung des Zweischnittsystems und Erhöhung auf drei Schnitte pro Jahr ist höchst signifikant, während der Unterschied zwischen gleichbleibender Dreischnittnutzung und Erhöhung auf vier Schnitte statistisch nicht abgesichert ist. Anscheinend handelte es sich bei Wiesen mit Dreischnittnutzung im Jahr 1997 nicht um stabile Systeme, d. h. sie unterlagen damals durch vorherige Eingriffe einer Entwicklung, die noch nicht abgeschlossen war. Es ist anzunehmen, dass der Artenverlust auch noch Jahre nach der Umstellung von Zwei- auf Dreischnittregimes anhält, da viele Arten erst verzögert absterben bzw. sich die Reproduktionshemmung (generativ wie auch vegetativ) erst später auswirkt.

Ein zweiter Einflussfaktor ist die Art der organischen Düngung. In Gülle ist Stickstoff schneller verfügbar, sie wirkt dadurch rascher und „aggressiver“ als in Festmist. Deutliche Unterschiede gibt es in der Güllequalität. Je nach Güllebehandlung durch Wasserverdünnung, regelmäßiges Aufmischen und Belüften sowie Zugabe von Umsetzungshilfsstoffen (z.B. Steinmehle, Kräuterextrakte, Güllekalk etc.) und Stroh schwankt die Düngewirkung sehr stark (Pöllinger & Pötsch 1998, Danner 2008). Der Datensatz zeigt einen merklichen Trend, dass bei Wiesen, bei denen ein Umstieg auf Gülledüngung erfolgt ist, die Artenzahl um durchschnittlich 5,2 Arten gesunken ist, während in Flächen mit gleichbleibender Düngerart der Artenverlust nur um die 3,2 Arten betrug (siehe Abb. A-25b). Der Unterschied ist aber nicht statistisch abgesichert.

Die Vorverlegung des ersten Schnitttermins zeigt als dritter untersuchter Einflussfaktor den Trend, dass Flächen, die zeitiger im Frühjahr gemäht werden, einen höheren Artenverlust erleiden (durchschnittlich 5,1 Arten) als Flächen mit gleichbleibendem ersten Schnitttermin (durchschnittlich 2,9 Arten) (siehe Abb. A-25c). Der Unterschied ist ebenfalls nicht statistisch signifikant. Der Grund für die Artenabnahme bei früher Mahd liegt darin begründet, dass viele Arten erst im Juni oder Juli fruchten. Werden sie über Jahre hinweg schon früher gemäht, wird bei Arten, die auf eine generative Vermehrung angewiesen sind, eine Regeneration unmöglich und die Art stirbt lokal aus. Pötsch et al. (2008) empfehlen daher als Alternative zur Nachsaat eine spätere Wiesenmahd sofern die Bestände nicht verunkrautet sind. Nach Schmitt (1995) muss das Schnittregime zum Erhalt der Horstgräser spätestens jedes dritte Jahr der Samenreife angepasst werden.



**Abb. A-25:** Änderung der Artenzahlen (AZ) zwischen Aufnahmen 1997 und 2010 bei veränderten Bewirtschaftungsfaktoren. a) Wechsel des Schnittregimes, b) Wechsel der Düngerart, c) Vorverlegung des Termins des ersten Schnittes.



**Abb. A-26:** Unähnlichkeit der Vegetation der Aufnahmepaare von 1997 und 2001, ausgedrückt als Soerensen-Index bei unterschiedlichen Bewirtschaftungsvarianten: a) Wechsel des Düngersystems, b) Wechsel des Schnittregimes, c) Vorverlegung des Termins des 1. Schnittes.

### **A-5.3.2 Ähnlichkeit der Vegetation**

Im Vergleich zur Artenzahl berücksichtigt die (gewichtete) Unähnlichkeit nach Soerensen auch die ökologische Qualität der Unterschiede, d.h., inwieweit sich die einzelnen Arten in ihren Deckungswert-Anteilen nach 13 Jahren verändern.

Die vorliegende Analyse bestätigt die Veränderung der Wiesenvegetation, sowohl hinsichtlich des Vorkommens als auch der Zu- bzw. Abnahme der Abundanz-Dominanzwerte von Arten, aufgrund von Bewirtschaftungsänderungen. Die Veränderung der Vegetation vor und nach Nutzungsänderung sind deutlich größer als bei gleichbleibender Nutzung. Die Unähnlichkeitsindizes gleichartig bewirtschafteter Flächen weisen auf eine gewisse Schwankung in der Artzusammensetzung bedingt durch natürliche Schwankungen der Populationen und methodische Probleme (tlw. unsichere Wiederaufindung des Aufnahmeortes, keine Angaben über veränderte Düngerquantitäten) hin. Bei gleichzeitigem Nutzungswandel steigt die Unähnlichkeit der Vegetation stärker. Der Soerensen-Index als Maß für die Unähnlichkeit steigt bei gesteigerter Mahdfrequenz signifikant an (von 0,26 auf 0,32 bei Umstieg von Zwei- auf Dreischnittsystem und von 0,28 bis 0,33 von Drei- auf Vierschnittsystem) (siehe Abb. A-26a). Der Unterschied von Aufnahmepaaren mit gleichbleibender Festmistdüngung (mittlerer Soerensen-Index von 0,27) zu Flächen mit Umstieg auf Gülledüngung (mittlerer Soerensen-Index 0,32) ist ebenfalls statistisch abgesichert (siehe Abb. A-26b).

Der Soerensen-Index nimmt auch für Aufnahmepaare mit von 1997 auf 2010 vorverlegten Mahdbeginn einen höheren Wert an als bei Flächen mit gleichbleibendem Schnitzeitpunkt (siehe Abb. A-26c). Eine Ursache für die mangelnde statistische Signifikanz dieser Abweichungen könnte die Unschärfe sein, die durch die oft ungenauen Angaben der Landwirte entsteht.

### **A-5.3.3 Artenwandel**

Eine Komponente der generellen Vegetationsänderungen, die für einen Teil des Artenverlustes ausschlaggebend ist, liegt darin begründet, dass im Jahr 1997 die Wiesen allgemein eine ziemlich lückige Krautschicht aufgewiesen haben, die offensichtlich durch die Witterungsverhältnisse des Jahres 1997 oder vorangegangener Jahre begründet war. Dadurch kamen zu dieser Zeit sehr viele ruderalen Arten vor, die keine typischen Wiesenarten sind. Dazu zählen die Einjährigen *Capsella bursa-pastoris* und *Stellaria media*, die Winter-Annuelle *Bromus hordeaceus* und der oft mehrjährige *Plantago major*. Auch *Veronica arvensis* und *Poa annua* kommen in lückigen Beständen viel häufiger vor. Besonders viele Störungszeiger waren im Jahr 1997 in den intensiv genutzten Dreischnittwiesen zu finden, die anscheinend empfindlicher auf Störungen reagieren als besser abgepufferte Zweischnittwiesen. Das Ausfallen dieser Arten im Jahr 2010 zeigt eine Verbesserung der Wiesenvegetation v.a. aus ertragskundlicher Sicht an, da Wiesen mit einer geschlossenen Krautschicht tendenziell auch höhere Erträge liefern und die kleinen ruderalen Arten für den Ertrag unerheblich sind.

Aus ökologischer Sicht negativ zu beurteilen ist das Ausbleiben vieler mehrjähriger Wiesenarten, die für zweischürige Fettwiesen typisch sind. Dazu zählen C- und CSR-Strategen wie *Centaurea jacea*, *Holcus lanatus*, *Leucanthemum vulgare* agg., *Myosotis sylvatica* agg., etc. Viele dieser Arten tragen durch auffällige Blüten viel zum ästhetischen Wert des Grünlandes bei (siehe auch Wytrzens & Mayer, 1999).

*Lolium perenne* und *L. x boucheanum* sind die zwei einzigen Arten die im Dauergrünland des Ennstals verglichen mit 1997 mit größerer Stetigkeit auftreten. Diese Arten stammen oft aus Nachsaaten. Während *Lolium perenne* natürlicherweise auch mit größeren Abundanz-Dominanzwerten in Fettweiden vorkommt und sich auch selbständig vermehrt, ist *Lolium x boucheanum*, ein Bastard aus *Lolium perenne* und *Lolium multiflorum*, nur durch Nachsaatmischungen in die Grünlandvegetation eingebracht und fällt nach einigen Jahren Bewirtschaftung mangels erfolgreicher Samenbildung auch wieder aus.

Bei den meisten hochsteten Arten des Grünlandes gibt es keine Unterschiede im Auftreten zwischen den Jahren 1997 und 2010. Einige Arten bilden jedoch Ausnahmen: Durch den niedrigen Wuchs des Horstes ist *Deschampsia cespitosa* in hohen dichten Wiesenbeständen der Drei- und Vierschnittwiesen offensichtlich weniger konkurrenzkräftig und verlor an Deckungswerten. *Phleum pratense* ist ein Gras, das sich erst spät entwickelt. Bei zu frühem Schnitt fällt es daher in manchen Wiesen teilweise ganz aus. Das seltenere Vorkommen von *Rumex obtusifolius* ist leicht zu erklären, da diese Art als Unkraut vermehrt chemisch bekämpft wird. Die Blätter von *Plantago lanceolata* sind direkt nach dem Austrieb zart und relativ empfindlich gegenüber massiven Güllegaben. Möglicherweise hat das zu seinem Ausfall in solcherart gedüngten Flächen geführt.

Neben Änderungen in der Präsenz bzw. Absenz von Arten in Aufnahmen existieren auch Verschiebungen innerhalb der Deckungswerte besonders in den Drei- und Vierschnittsystemen. Eindeutige Gewinner, die an Deckung zunehmen, sind konkurrenzkräftige, ruderale Arten (CR-Strategen nach Grime). Darunter sind *Poa trivialis* und *Trifolium repens*, jene zwei Arten, die in den Intensivwiesen oft mit Deckungswerten von über 50% vorkommen. *Poa trivialis* wird neben der häufigen Mahd auch durch einen hohen Phosphorgehalt des Bodens gefördert. Ihr dominantes Auftreten wirkt sich im Ertrag negativ aus, da sie nur beim ersten Schnitt einen nennenswerten Ertrag liefert. Bei den Folgeschnitten wächst sie nicht hoch auf, verdrängt aber wertvolle Futtergräser durch die Bildung eines dichten bodennahen Rasenteppichs (Buchgraber 2007).

Hohe Abundanz-Dominanzwerte von Doldenblütlern wirken sich ebenfalls negativ auf die Futterqualität aus. Die hohen Deckungswerte sind weniger mit den von uns hauptsächlich untersuchten Bewirtschaftungsvarianten, sondern mit hohen Phosphor- und Kaliwerten im Boden korreliert (siehe Tab. A-7).

**Tab. A-7:** Korrelationskoeffizienten von Phosphor- und Kaligehalten im Boden und der Deckung ausgewählter Grünlandarten (*in kursiv: signifikante Koeffizienten*).

	Gehalt im Boden	
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Deckung		
Doldenblütler	<i>0,37</i>	<i>0,33</i>
Gemeine Risppe	<i>0,29</i>	-0,01

#### **A-5.3.4 Ertragsniveau**

Zahlreiche Faktoren sind für steigende Erträge im Dauergrünland ausschlaggebend. Einerseits liefert die Beratung und Forschung den Landwirten ständig verbesserte Bewirtschaftungsinstrumente (z.B. Düngeplanung, Nachsaattechnik, Grassorten, chemische Unkrautregulierung), zum anderen erlaubt die moderne Landtechnik eine schlagkräftige Düngung und Ernte.

In der Fütterungsberatung wird hinsichtlich hoher Energie- und Eiweißerträge ein früher Schnittzeitpunkt (Stadium Ähren/Rispenschieben) angestrebt, so dass schon allein aus diesem Grund die Erntetermine immer weiter nach vorne verlegt werden. Dadurch sind in den Tallagen des Ennstales heute vier Schnitte im Jahr häufig, bei an sich gleichbleibenden Jahreserträgen. Eine Verlängerung der Vegetationsperiode kommt diesem Trend bei ausreichender Niederschlagsverteilung entgegen.

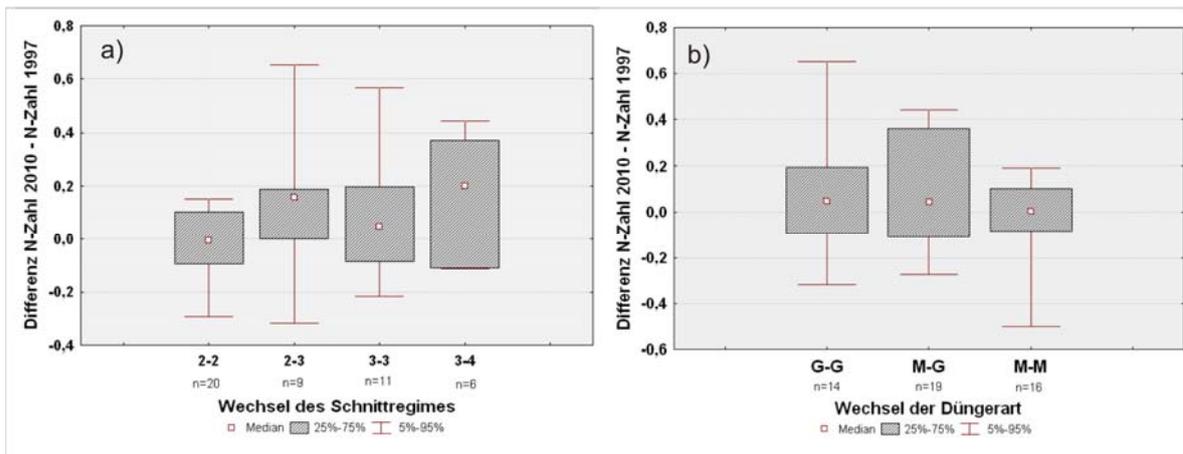
Die negativen Folgen der intensiven Bewirtschaftungsform sind der Verlust autochthoener Wiesenpflanzen und die Gefahr der Ausbreitung von Unkräutern wie Stumpfbältriger Ampfer (*Rumex obtusifolius*) und Gemeine Risppe (*Poa trivialis*) (Buchgraber 2007). Beide Arten müssen heute in beinahe jedem vierschnittigen Dauergrünland der montanen Lagen mechanisch und/oder chemisch reguliert werden (vgl. Kap. 4.2.1).

### A-5.3.5 Nährstoffniveau

#### A-5.3.5.1 Indirekte Bioindikation mittels Nährstoffzahlen

Es besteht die Hypothese, dass bei einer Erhöhung der Schnittanzahl, entsprechend der modernen landwirtschaftlichen Praxis gleichzeitig auch die Düngermenge erhöht wird, was sich wiederum in einer Erhöhung der Nährstoffzahl der Aufnahme widerspiegeln sollte.

Bei einem Vergleich der mittleren Nährstoffzahl von 1997 und 2010 (siehe Abb. A-27) zeigt sich für alle Varianten kein signifikanter Unterschied. Berechnet man jedoch die Differenzen der Nährstoffzahl von 2010 minus der von 1997 für die verschiedenen Schnitt- und Düngeregime zeigen sich tendenzielle Unterschiede: Bei einer Erhöhung der Schnittzahl von zwei auf drei Schnitte erhöht sich die Nährstoff-Zahl um durchschnittlich 0,13, während sie sich bei gleichbleibender Zweischnittnutzung nur um 0,03 erhöht. Bei gleichbleibender Dreischnittnutzung erhöht sich die Nährstoffzahl um durchschnittlich 0,06, bei einem Wechsel auf ein Vierschnittsystem um 0,13. Beide Mittelwertsvergleiche sind nicht signifikant. Ebenso sollte sich die Nährstoffzahl bei einem Wechsel von Festmist auf Gülle Düngung erhöhen. Auch hier zeigen sich nur tendenzielle Unterschiede, die nicht statistisch abgesichert sind. Bei Wechsel des Düngerregimes erhöht sich die mittlere Nährstoffzahl um 0,10 während sie sich bei gleichbleibender Festmistdüngung um durchschnittlich 0,02 verringert.



**Abb. A-27:** Änderung der Nährstoffzahl von 1997 bis 2010; a) für die Schnittregime, b) für die Düngerregime.

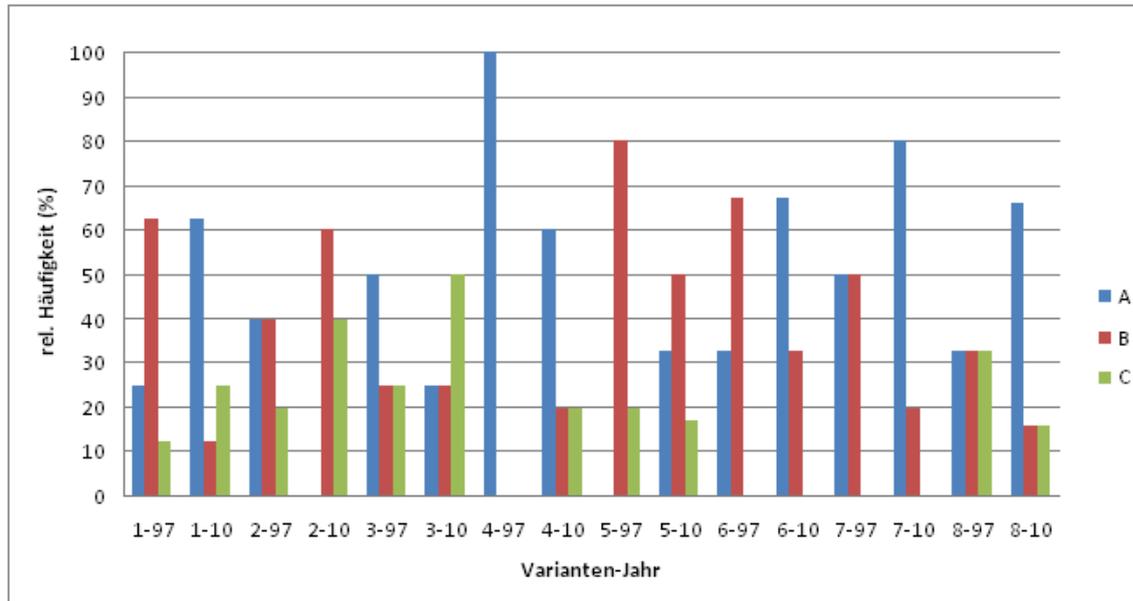
#### A-5.3.5.2 Bodenkennwerte

Der Vergleich der Bodenkennwerte zeigt, dass die Kaliumversorgung der Untersuchungsflächen in etwa gleich geblieben ist, während es 2010 mehr Wiesen mit geringer Phosphorversorgung gibt als im Jahr 1997. Die Werte schwanken jedoch, bedingt durch unterschiedliche Witterung und unterschiedliche Entzüge sehr stark räumlich und zeitlich. Abbildung A-28 zeigt die Entwicklung der Gehaltsstufen für Phosphor (BMLFUW 2006) in den untersuchten Flächen von 1997 und 2010.

Durch teilweise unterschiedliche Untersuchungsmethoden von 1997 und 2010 können nicht alle Flächenpaare für den Vergleich herangezogen werden. Generell bestätigt sich allerdings auch hier der aktuell weitläufig diskutierte Trend, dass die Phosphor-Gehalte in den Grünlandböden abnehmen, bzw. schwerer löslich werden (Bohner 2010, Pötsch & Baumgarten 2010). So steigt der Anteil an „A - Sehr niedrig“ Gehalten bei den intensiver bewirtschafteten Varianten 5 bis 8 stark an. Lediglich bei der 2-Schnitt-Gülle-

Variante, die auch 2010 signifikant höhere Erträge aufweist, steigen auch die Phosphor-Gehaltsstufen an.

Die bodenchemischen Veränderungen indizieren jedenfalls einen starken Einfluss der Bewirtschaftung, einerseits in Form fortschreitender Phosphor-Verluste bei Andauer der bestehenden Düngerform, andererseits durch angedeutete Akzeleration dieser Auslaugungsprozesse bei Intensivierung der Düngemaßnahmen (Umstellung auf Gülle).



**Abb. A-28:** Entwicklung der Gehaltsstufen für Phosphor in den untersuchten Flächen. Gehaltsstufen und Methode nach BMLFUW 2006, Häufigkeiten in %, Wiederholungen: 1: n=8, 2: n=5, 3: n=4, 4: n=5, 5: n=6, 6: n=3, 7:n=8, 8:n=6.

## A-6 Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

Derzeit wirkt sich der Klimawandel bereits auf die Artengarnitur von Berggipfeln aus (Pauli et al. 2007, Klanderud & Birks 2003, Hofer 1992, Grabherr & al. 1994). Im Wirtschaftsgrünland überwiegt jedoch bei der derzeitigen Klimaerwärmung um ca. 1 °C der Einfluss der Nutzung, wobei die Schnitffrequenz gefolgt von der Düngerart und dem Zeitpunkt des 1. Schnittes eine wesentliche Rolle spielt. Vittoz et al. (2009) führten ein vergleichbares Projekt in Schweizer Nordalpen durch, in dem die Entwicklung subalpiner Rasenvegetation auf Dauerflächen hinsichtlich Veränderungen durch Klima- und Nutzungswandel im Zeitraum 1970 bis 2006 untersucht wurde. Die Autoren kamen zu dem Schluss, dass die Vegetationsveränderung in geschlossenen Rasensystemen v.a. durch Bewirtschaftung verursacht wird (vgl. auch Duckworth et. al. 2000). Harmens et al. (2004) beobachteten in einem Experiment ebenfalls, dass Grünlandvegetation stärker auf Nutzungsänderungen als auf Klimaänderung reagiert. Stampfli & Zeiter (2001) beschreiben die Entwicklung natürlicher Grünlandbestände im Schweizer Berggebiet und konnten keinen Zusammenhang zwischen Vegetationsveränderungen und Klimavariablen herstellen. Bei stärkerer Klimaerwärmung (2,8 °C) beobachtete Bruelheide (2003), der ein Translokationsexperiment einer aus einem montanen Gebiet stammenden Rasensode ins Tiefland durchführte, massive Änderungen der Vegetation. Diese wurden eher durch veränderte biotische Interaktionen und nicht durch die Temperaturerhöhung selbst verursacht. Das Ausmaß der Vegetationsveränderungen auf Grünlandflächen ohne Nutzungsänderungen erwies sich bei den vorliegenden Untersuchungen als +/- im Rahmen der natürlichen oder methodischen Streuung liegend, während die Veränderungen bei gleichzeitiger Änderung in den Bewirtschaftungsmaßnahmen tlw. signifikante Veränderungen nach sich zogen.

Parallel zum Klimawandel schreitet der Nutzungswandel hinsichtlich Intensivierung in Gunstlagen und Extensivierung oder Verbrachung und Aufforstung in Ungunstlagen auch in montanen Grünlandregionen Mitteleuropas immer weiter fort (Dierschke & Briemle 2002, Schreiber et al. 2009, Pötsch 2010). Dabei werden immer wieder die negativen Folgen auf Biodiversität und Kulturlandschaft hervorgehoben. Im vorliegenden Projekt sticht dabei besonders die Intensivierungsseite hervor, die den Artverlust für das Grünland in der Region des steirischen Ennstals bestätigt. Interessanterweise existieren viele Projekte zum Artenschwund in bzw. Erhaltung von verbrachendem Magergrünland, sogenannten „highlights“ des Naturschutzes (siehe z.B. Bassler 1997, Muller et al. 1998, Willems 2001). Weiters wurde der Einfluss der Diversität für Einsaaten z.B. Feldfutter getestet (Weigelt et al. 2009) und positiv bewertet. Dabei handelt es sich aber um sehr artenarme Systeme. Der Artenschwund im Wirtschaftsgrünland wird oft beklagt, es liegen aber kaum konkrete Daten vergleichbar mit unserer Studie vor. Lediglich Steinbuch berichtet von einem dreijährigen Projekt, das ebenfalls Artenverlust in Dreischnittwiesen ohne Düngung bestätigt (mündliche Mitteilung: E. Steinbuch).

Das vorliegende Projekt macht einmal mehr die Notwendigkeit der Abgeltung von bäuerlichen Umweltleistungen im extensiven Wiesenbau deutlich, um eine weitere Abnahme der Diversität hintanzuhalten. Zugleich benötigen die Landwirte Beratungsinstrumente, um eine standortangepasste Grünlandnutzung unter den sich ändernden klimatischen und ökonomischen Bedingungen durchführen zu können. Nur so kann der Qualitätsertrag aus dem intensiven Wirtschaftsgrünland, sowie zusätzlich wertvolles Heu aus artenreichen Extensivwiesen langfristig erhalten bleiben, zum Beispiel nach dem Konzept des abgestuften Wiesenbaus (Dietl & Lehmann 2004).

## A-7 Literatur

Adler, W., Oswald, K. & R. Fischer, 1994. Exkursionsflora von Österreich, Ulmer Verlag, Stuttgart.

Angeringer, W. & G. Karrer, 2007. Preserving species richness in hay meadows of Vienna's nature conservation area Lainzer Tiergarten. *Biocultural Diversity – a global issue*. Conference Proceedings, BOKU, Vienna.

Bassler, G., Lichtenecker, A. & G. Karrer, 2000. Gliederung der extensiven Grünlandtypen im Transekt von Oppenberg bis Tauplitz. In: MaB-Forschungsbericht. *Landschaft und Landwirtschaft im Wandel – Das Grünland im Berggebiet Österreichs*, Akademie der Wissenschaften, Wien, 51-98.

Bassler, G., Lichtenecker, A. & G. Karrer, 2003. Klassifikation des Extensivgrünlandes (Feuchtwiesen, Moore, Bürstlingrasen und Halbtrockenrasen) im Zentralraum des Waldviertels, *Wiss. Mitt. Niederösterreich. Landesmuseum*, 15: 7-48, St. Pölten.

Bassler, G., Karrer, G. & A. Lichtenecker, 1998. Grünlandtypen im Transekt von Oppenberg bis Tauplitz. Unveröff. Endbericht zum MAB-Pilotprojekt: *Das Grünland im Berggebiet Österreichs*, Wien.

Billeter, R., Liira, J., Bailey, D. et al., 2008. Indicators for biodiversity in agricultural landscapes: a pan-European study. *Journal of Applied Ecology* 45: 141-150.

Bohner, A. & M. Sobotik, 2000. Das Wirtschaftsgrünland im Mittleren Steirischen Ennstal aus vegetationsökologischer Sicht. In: MaB-Forschungsbericht. *Landschaft und Landwirtschaft im Wandel – Das Grünland im Berggebiet Österreichs*. Akademie der Wissenschaften, Wien, 15 – 508.

Bohner, A., 2010. Zeigerpflanzen für die Beurteilung des Bodenzustandes im Wirtschaftsgrünland. 2. Umweltökologisches Symposium, LFZ Raumberg-Gumpenstein, Tagungsband 111-120.

Braun-Blanquet, J., 1964. Pflanzensoziologie. G. Fischer Vlg. Wien.

- Bruehlheide, H., 2003. Translocation of a montane meadow to simulate the potential impact of climate change. *Applied Vegetation Science* 6: 23-34.
- Buchgraber, K., 2007. Die Gemeine Risppe – Ein Problem in der intensiven Grünlandwirtschaft. Österreichische Grünland- und Viehwirtschaftstage für Gunstlagen "Die Wiese als Basis zum Erfolg". St. Georgen im Attergau.
- Buchgraber, K., 2000. Ertragspotentiale und Artenvielfalt auf Grünlandstandorten im Berggebiet. In: MAB-Forschungsbericht: Landschaft und Landwirtschaft im Wandel. Akademie der Wissenschaften. 22-23.09.2000, Wien, 181-189.
- Buchgraber, K. & G. Gindl, 2004. Zeitgemäße Grünlandbewirtschaftung (2. Aufl.). Leopold Stocker Verlag Graz, S. 52-55.
- Buckland, D.S.M., Thompson, K., Hodgeson, J.G. & H.P. Grime, 2001. Grassland invasions: effects of manipulations of climate and management. *Journal of Applied Ecology* 38: 301-309.
- Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, BMLFUW, 2006. Richtlinien für die sachgerechte Düngung (6. A), pp. 79.
- Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, BMLFUW, 2010. Bericht über die Lage der österreichischen Landwirtschaft 2009 (51. Grüner Bericht), Wien.
- Danner, M., 2008. Wirtschaftsdünger im Biolandbau – Aufbereitung und Einsatz. Der fortschrittliche Landwirt, Sonderbeilage.
- Dierschke, H. & G. Briemle, 2002. Kulturgrasland - Wiesen, Weiden und verwandte Staudenfluren. Reihe Ökosysteme Mitteleuropas aus geobotanischer Sicht. Verlag Eugen Ulmer Stuttgart, pp. 239.
- Dietl, W. & J. Lehmann, 2004. Ökologischer Wiesenbau. Av Buch, pp. 144.
- Dirnböck, T., Dullinger, S. & G. Grabherr, 2003. A regional impact assessment of climate and land-use change on alpine vegetation. *Journal of Biogeography* 30: 401-417.
- Duckworth, J.,C., Bunce R.G.H., et al. (2000). Vegetation gradients in Atlantic Europe: the use of existing phytosociological data in preliminary investigations on the potential effects of climate change on British vegetation. *Global Ecology & Biogeography* 9: 187-199.
- Ehrendorfer, F., 1973. Liste der Gefäßpflanzen Mitteleuropas, 2. Auflage, Gustav Fischer Verlag, Stuttgart.
- Eitzinger, J., 2007. Einfluss des Klimawandels auf die Produktionsrisiken in der österreichischen Landwirtschaft und mögliche Anpassungsstrategien. Ländlicher Raum (on-line) - [www.laendlicher-raum.at](http://www.laendlicher-raum.at).
- Ellenberg, H., 1979. Zeigerwerte der Gefäßpflanzen Mitteleuropas (2. Auflage), Scripta Geobot., 9: 1-122.
- Englisch, M., Karrer, G., & H. Wagner, 1991. Bericht über den Zustand des Waldbodens in Niederösterreich. Forstl. Bundesversuchsanstalt Wien und Amt d. Niederösterr. Landesregierung, Wien, 110 pp.
- Flügel, H.W. & F. Neubauer, 1984. Geologie der österreichischen Bundesländer in kurzgefassten Einzeldarstellungen, Steiermark, Geologische Bundesanstalt, Wien.
- Formayer, H., Haas P. & al. 2004. Untersuchung regionaler Klimaänderungsszenarien hinsichtlich Hitze- und Trockenperioden in Österreich. Endbericht von StartClim2004.B in StartClim2004: Analysen von Hitze und Trockenheit und deren Auswirkungen in Österreich, Auftraggeber: BMLFUW, BMWF, BMWFJ. 30 pp.

- Grabherr, G., Gottfried, M. & H. Pauli, 1994. Climate effects on mountain plants. *Nature* 369: 448.
- Grabner, S., Silberberger, I. & W. Hofbauer, 2001. Auswahl der Untersuchungsgemeinde im Bezirk Kufstein und Kitzbühel für das MaB Projekt „Grünland im Berggebiet“. Unveröffentl. Bericht, Innsbruck und Wien.
- Grime, H.P., 2001. *Plant Strategies, Vegetation Processes and Ecosystem Properties*. Second Edition, John Wiley & Sons, Chichester.
- Grime, H.P., Hodgson, J.G. & R. Hunt, 1988. *Comparative Plant Ecology. A functional approach to common British species*. London, Unwin Hyman Inc. 742 pp.
- Grünbacher, E., Hann, P., Trska, C., Kromp, B. & H. Formayer, 2007. Auswirkung des Klimawandels auf die Ausbreitung der Engerlingsschäden (Scarabaeidae; Coleoptera) im österreichischen Grünland, Endbericht von StartClim2006.C in StartClim2006: Klimawandel und Gesundheit, Tourismus, Energie. BMLFUW, BMGFJ, BMWA, BMWF.
- Harmens, H., Williams, P.D., Peters, S. L., Bambrick, M. T., Hopkins, A. & T.W. Ashenden, 2004. Impacts of elevated atmospheric CO<sub>2</sub> and temperature on plant community structure of a temperate grassland are modulated by cutting frequency. *Grass and Forage Science* 59: 144-156.
- HBFLA Raumberg-Gumpenstein, 2006. Bericht über das 2. Klimaseminar. ISSN: 1026-6267, ISBN: 3-901980-87-3 pp 255.
- Hofer, H.R., 1992. Veränderungen in der Vegetation von 14 Gipfeln des Berninagebietes zwischen 1905 und 1985. *Ber. Geobot. Inst. ETH, Stiftung Rübel, Zürich* 59: 39-54.
- Hydrographischer Dienst in Österreich, 1994. *Hydrographisches Jahrbuch von Österreich 1990*. Band: 98. Zentralbüro des Hydrographischen Dienstes, Wien.
- Karrer, G., 1992. Österreichische Waldboden-Zustandsinventur. Teil VII: Vegetationsökologische Analysen. *Mitt. Forstl. Bundesversuchsanst. Wien*, 168: 193-242.
- Karrer, G. & W. Kilian, 1990. Standorte und Waldgesellschaften im Leithagebirge Revier Sommerein. *Mitt. Forstl. Bundesversuchsanstalt Wien*, 165: 1-244.
- Klanderud, K. & H.J.B. Birks, 2003. Recent increases in species richness and shifts in altitudinal distributions of Norwegian mountain plants. *Holocen* 13/1: 1-6.
- Lichtenecker, A., Bassler, G. & G. Karrer, 2003. Klassifikation der Wirtschaftswiesen (Fettwiesen der Arrhenatheretalia) im Zentralraum des Waldviertels. *Wiss. Mitt. Niederösterr. Landesmuseum* 15: 49-84.
- Liira, J. et al., 2008. Plant functional group composition and large scale species richness in European agricultural landscapes. *Journal of Vegetation Science* 19: 3-14.
- McCune, B., 2005: *PC-ORD. Multivariate Analysis of Ecological Data, Version 5*. MjM Software Design, Gleneden Beach, Oregon, USA.
- Muller, S., Dutoit, T., Alard, D. & F. Grevilliot, 1998. Restoration and rehabilitation of species-rich grassland ecosystems in France: a review. *Restoration Ecology* 6/1: 94-101.
- Nippert, J.B., Knapp, A.K. & J.M. Briggs, 2006. Intra-annual rainfall variability and grassland productivity: can the past predict the future? *Plant Ecology* 184: 65-74.
- Pauli, H., Gottfried, M., Reiter, K., Klettner, C. & G. Grabherr, 2007. Signals of range expansions of vascular plants in the high Alps: observations (1994-2004) at the Gloria master site Schrankogel, Tyrol, Austria. *Global Change Biology* 13: 147-156.
- Pöllinger, A. & E. M. Pötsch, 1998. Wirtschaftsdüngerbehandlung – so veredeln sie ihren Hofdünger! *Der fortschrittliche Landwirt. Sonderbeilage Heft 15*.

- Pötsch, E., 2010a. Grünland und Almwirtschaft. *In: Grüner Bericht 2010, Lage der österreichischen Land- und Forstwirtschaft 2009*, BMLFUW, Wien.
- Pötsch, E., 2010b. Multifunktionalität und Bewirtschaftungsvielfalt im österreichischen Grünland. 16. Alpenländisches Expertenforum LFZ Raumberg-Gumpenstein, Tagungsband 1-10.
- Pötsch, E. & A. Baumgarten, 2010. Phosphorproblematik im Grünland. *Der fortschrittliche Landwirt* 18/2010: 30-31.
- Pötsch, E., Graschi, A., Graiss, W. & B. Krautzer, 2008. Alternative Grünlanderneuerung mittels Selbstversamung. 14. Alpenländisches Expertenforum, 2. April 2008, LFZ Raumberg-Gumpenstein, Irdning.
- Price, M.V. & N.W. Waser, 2000. Responses of subalpine meadow vegetation to four years of experimental warming. *Ecological Applications* 10/3: 811-823.
- Rounsevell, M.D.A., Brignall, A.P. & P.A. Siddons, 1996. Potential climate change effects on the distribution of agricultural grassland in England and Wales. *Soil Use and Management* 12: 44-51.
- Schaumberger, A., 2005. Ertragsanalyse im österreichischen Grünland mittels GIS unter besonderer Berücksichtigung klimatischer Veränderungen. *Veröffentlichungen der HBLFA Raumberg-Gumpenstein, A-8952 Irdning, Heft 42*, 66 pp.
- Schmitt, R., 1995. Horstgräser: Lebensdauer, Ertrag, Vermehrungspotential. *Agrarforschung* 2 (3): 108-111.
- Schreiber, K-F., 1997. Sukzessionen - eine Bilanz der Grünlandbracheversuche in Baden-Württemberg. *Ber. Landesanstalt f. Umweltschutz Baden- Württemberg, Karlsruhe*. 9, 153-162
- Schreiber, K.-F., Brauckmann, H.-J., Broll, G. et al. 2009. Artenreiches Grünland in der Kulturlandschaft – 35 Jahre Offenhaltungsversuche Baden-Württemberg. *Verlag Regionalkultur Heidelberg*. 421 pp.
- Stampfli, A. & M. Zeiter, 2001. Species responses to climatic variation and land use change in grasslands of Southern Switzerland. *In: Burga, C.A. & Kratochwil, A. (eds.) Biomonitoring. General and applied aspects and global scales*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.
- Theurillat J-P. & A. Guisan. 2001. Potential impact of climate change on vegetation in the European Alps: A review. *Climatic change* 50: 77-109.
- Trnka, M., Eitzinger, J., Gruszczynski, G. et al., 2006. A simple statistical model for predicting herbage production from permanent grassland. *Grass Forage Sci.*, 61 (3), 253-271.
- Vittoz, P., Randin, C., Dutoit, A., Bonnet, F. & O. Hegg, 2009. Low impact of climate change on subalpine grasslands in the Swiss Northern Alps. *Global Change Biology* 15: 209-220.
- Weigelt, A., Wawer, W.W., Buchmann, N. & M. Scherer-Lorenzen, 2009. Biodiversity for multifunctional grasslands: equal productivity in high-diversity low-input and low-diversity high-input systems. *Biogeosciences Discuss.* 6: 3187-3214.
- Willems, J.H., 1985. Growth form spectra and species diversity in permanent grassland plots with different management. *Münstersche Geographische Arbeiten* 20: 35-43.
- Willems, J.H., 2001. Problems, approaches, and results in restoration of Dutch calcareous grassland during the last 30 years. *Restoration Ecology* 9/2: 147-154.
- Wytrzens, H.K. & C. Mayer, 1999. Multiple Use of Alpine Grassland in Austria and the Implications for Agricultural Policy. *Die Bodenkultur*, 50, 4, 251-261.

(<http://gis.lebensministerium.at/eBOD/>)

(<http://www.ufz.de/biolflor/index.jsp>)

## Abbildungs- und Tabellenverzeichnis

### Abbildungen

- Abb. A-1:** Übersichtskarte: Verteilung der Vegetationsaufnahmen (verschiedene Varianten) im Untersuchungsgebiet ..... 8
- Abb. A-2:** Jahresmittelwerte der Temperatur und des Niederschlages im Transekt Tauplitz-Oppenberg (10-Jahresmittel aus 1981-1990)..... 9
- Abb. A-3:** Mittlere Dauer der Tage mit Schneebedeckung sowie die Seehöhen im Transekt Tauplitz-Oppenberg. .... 10
- Abb. A-4:** Entwicklung der Jahresmitteltemperatur in Admont seit Ende des 19. Jahrhunderts. (Quelle: HISTALP) ..... 17
- Abb. A-5:** Durchschnittliche Länge der Vegetationsperiode in den Jahren 1990 bis 1999 (links) und in den Jahren 2000 bis 2008 (rechts)..... 18
- Abb. A-6:** Länge der Vegetationsperiode an drei Stationen im oberen Ennstal von 1960 bis 2009. .... 19
- Abb. A-7:** Beginn der Vegetationsperiode (Tag des Jahres) an drei Stationen im oberen Ennstal von 1960 bis 2009. .... 19
- Abb. A-8:** Ende der Vegetationsperiode (Tag des Jahres) an drei Stationen im oberen Ennstal von 1960 bis 2009. .... 20
- Abb. A-9:** Potenzielle Schnittanzahl im Wirtschaftsgrünland des mittleren steirischen Ennstals aufgrund der klimatischen Bedingungen im Zeitraum 1997 bis 2007(Fläche) und real durchgeführte Schnitte (Kreise)..... 20
- Abb. A-10:** Relativer Grünlandertrag im Trockenjahr 2003 und im nassen Jahr 2006. .21
- Abb. A-11:** Änderung der Artenzahlen/Aufnahme (Mittelwert, Min-Max) von 1997 bis 2010 für die einzelnen Bewirtschaftungsvarianten (siehe Tab. A-1) inkl. Sigifikanzniveaus der Mittelwertvergleiche. .... 23
- Abb. A-12:** Floristische Unähnlichkeit der Aufnahmenpaare von 1997 und 2010 (Soerensen-Index: Mittelwert, Min-Max) für die Bewirtschaftungsvarianten (siehe Tab. A-1)..... 23
- Abb. A-13:** Vergleich der mittleren aufsummierten Deckung der zu Strategietypen gruppierten Arten zwischen 1997 und 2010, berechnet für den Gesamtdatensatz. 26
- Abb. A-14:** Vergleich der mittleren Deckung der zu Strategietypen gruppierten Arten zwischen 1997 und 2010, berechnet für die einzelnen Bewirtschaftungsvarianten. 27
- Abb. A-15:** Änderung der mittleren Temperaturzahl von 1997 bis 2010 für die einzelnen Seehöhenklassen. .... 28
- Abb. A-16:** Mittlere Änderung der Stetigkeit von Kälte- und Wärmezeigern von 1997 bis 2010 (Mittelwert, Min-Max). .... 28
- Abb. A-17:** Mittlere Nährstoff-Zahl in den einzelnen Varianten, Vergleich der Jahre 1997 und 2010 (Mittelwert, Min-Max) ..... 29
- Abb. A-18:** Verteilung der 98 Aufnahmen (aus den Jahren 1997 und 2010) in der Ebene der 1. und 2. Achse einer DCA. Die Gradienten der mittleren Nährstoff-, Reaktions-,

und Feuchte-Zahl sind als vom Centroid des Datensatzes ausgehende Vektoren in die Ordination eingetragen.....	30
<b>Abb. A-19:</b> Verteilung der 98 Aufnahmen (aus den Jahren 1997 und 2010) in der Ebene der 1. und 3. Achse einer DCA. Die Gradienten der mittleren Nährstoff- und Temperaturzahl sowie die Seehöhe und die Schnittanzahl sind als vom Centroid des Datensatzes ausgehende Vektoren in die Ordination eingetragen.....	31
<b>Abb. A-20:</b> Vergleich der mittleren TM-Erträge des 1. Schnittes von 1997 und 2010 dargestellt für die 8 Varianten (siehe Tab. A-1). .....	32
<b>Abb. A-21:</b> Phosphor-Versorgung des Bodens in Gehaltsklassen (A-sehr niedrig bis E-sehr hoch). .....	32
<b>Abb. A-22:</b> Kali-Versorgung des Bodens in Gehaltsklassen (A-sehr niedrig bis E-sehr hoch). .....	33
<b>Abb. A-23:</b> Vergleich der potentiellen Schnittanzahl, die thermisch möglich ist, mit der tatsächlichen Schnittanzahl im Jahr 2010.....	34
<b>Abb. A-24:</b> Unähnlichkeit der Vegetation der hinsichtlich Schnittzeitpunkt und Nachsaat unveränderten Aufnahmenpaare von 1997 und 2010 ausgewählter Varianten.....	35
<b>Abb. A-25:</b> Änderung der Artenzahlen (AZ) zwischen Aufnahmen 1997 und 2010 bei veränderten Bewirtschaftungsfaktoren. a) Wechsel des Schnittregimes, b) Wechsel der Düngerart, c) Verlegung des Termins des ersten Schnittes. ....	37
<b>Abb. A-26:</b> Unähnlichkeit der Vegetation der Aufnahmepaare von 1997 und 2001, ausgedrückt als Soerensen-Index bei unterschiedlichen Bewirtschaftungsvarianten: a) Wechsel des Düngersystems, b) Wechsel des Schnittregimes, c) Vorverlegung des Termins des 1. Schnittes.....	38
<b>Abb. A-27:</b> Änderung der Nährstoffzahl von 1997 bis 2010; a) für die Schnittregime, b) für die Düngerregime. ....	41
<b>Abb. A-28:</b> Entwicklung der Gehaltsstufen für Phosphor in den untersuchten Flächen. Gehaltsstufen und Methode nach BMLFUW 2006, Häufigkeiten in %, Wiederholungen: 1=8, 2=5, 3=4, 4=5, 5=6, 6=3, 7=8, 8=6. ....	42

## Tabellen

Tab. A- 1: Bewirtschaftungsvarianten.....	12
Tab. A- 2: Transformationstabelle der quantitativen Informationen zu den Pflanzenarten auf den vegetationskundlichen Stichproben. ....	14
Tab. A. 3: Gehaltsklassen für Phosphor- und Kaligehalte im Boden.....	16
Tab. A- 4: Wechsel des Düngersystems von 1997 auf 2001 auf Betriebsniveau.....	221
Tab. A- 5: Zu- und Abnahme des Auftretens von Arten eines bestimmten Verhaltenstyps im Zeitraum von 1997 bis 2010. ....	25

## Anhang

In Elektronischer Form auf CD oder auf <http://www.austroclim.at/index.php?id=startclim2009> verfügbar.

Tabelle A: Vegetationstabelle

Tabelle B: Zu- und Abnahme der Stetigkeit der Pflanzenarten im Zeitraum von 1997 bis 2010