

ZÜRCHER HOCHSCHULE FÜR ANGEWANDTE WISSENSCHAFTEN
INSTITUT FÜR UMWELT UND NATÜRLICHE RESSOURCEN (IUNR)



Klappertopf in Ökowiesen – wirklich ein Problem?

Semesterarbeit 1

**Rahel Sonja Schaufelberger
Juliana Deborah Zweifel**

Bachelorstudiengang 2011
Umweltingenieurwesen

Abgabetermin: 26. Juli 2013

Fachkorrektoren:

- Dr. Kirsten Edelkraut, IUNR, ZHAW Wädenswil
- Remo Bianchi, Beratung Natur und Landschaftsschutz, Kanton Schwyz
- Prof. Dr. Bertil Krüsi, IUNR, ZHAW Wädenswil

Impressum

Schlagworte: Klappertopf, *Rhinanthus* spp., Halbparasit, Ökologische Ausgleichsfläche, Giftigkeit, Ertrag, Artenzusammensetzung, Diversität

Keywords: Yellow rattle, *Rhinanthus* spp., hemiparasitic plant, ecological compensation area, toxicity, yield, species composition, diversity

Zitiervorschlag: Schaufelberger, R.S., & Zweifel J.D. (2013). *Klappertopf in Ökowiesen -wirklich ein Problem?* Wädenswil: Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften.

How to cite: Schaufelberger, R.S., & Zweifel J.D. (2013). *Klappertopf in Ökowiesen -wirklich ein Problem?* Wädenswil: Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften.

Adresse:

Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften

Institut für Umwelt und Natürliche Ressourcen (IUNR)

Grüental, Postfach

CH- 8820 Wädenswil

Zusammenfassung

Die vorliegende Arbeit beschäftigt sich mit der Frage, inwiefern der zottige Klappertopf *Rhinanthus alectorolophus* in extensiven Wiesen ein Problem darstellt. Ziel ist eine Zusammenstellung von Empfehlungen, welche dem Kanton Schwyz im Umgang mit diesem Halbparasiten dienen soll. Die Informationen wurden aufgrund von Literaturrecherchen, Befragungen von Landwirten und Anfragen auf verschiedensten Landwirtschaftsämtern zusammengestellt.

Im ersten Teil, mit dem Fokus "Landwirtschaft", wird eruiert, welche Konsequenzen der Verzehr dieser Pflanze für Nutztiere hat und wie sich der Futter- und Ertragswert von Wiesen ändert. Die Frischpflanze ist für Tiere leicht giftig, als Heu jedoch unbedenklich. Ob und wie stark der Ertrag einer Wiese mit *Rhinanthus* sinkt, hängt von der Artenzusammensetzung und Produktivität ab. Die Literaturhinweise dazu sind uneinheitlich. Erfolgreich bekämpft wird der Halbparasit durch Frührschnitt, Düngung, manuelle Bewirtschaftung, mittels Bewirtschaftungsaufgabe oder durch eine Frühlingsbeweidung. Zukunftsweisend könnte ein Striegel-Durchgang im Frühling mit kombinierter Übersaat sein. Die häufigste Bekämpfungsstrategie in der Schweiz, Deutschland und Österreich ist der Frührschnitt, wobei Landwirte eine Sonderbewilligung anfordern müssen. Als Toleranzwert für eine Bewilligung wurden 5- 20 *Rhinanthus* Individuen/m² genannt, einmal ein *Rhinanthus*-Deckungsgrad von 50%. Aus der Literatur ist bekannt, dass 10 Individuen/m² ertragsmindernd wirken, ab 80 Stck./m² aber keine weitere Reduktion der Biomasse mehr stattfindet.

Im zweiten Teil der Arbeit, mit dem Fokus "Ökologie", geht es um die Fragen, was den Befall einer Fläche bestimmt, wie das Ausbreitungsmuster aussieht und welche Auswirkungen *Rhinanthus* auf die Vegetation, die Artenzahl und die Nährstoffflüsse hat. *Rhinanthus* kommt mit verschiedenen Höhenstufen, Geländeformen und Bodenverhältnissen klar. Er benötigt aber lückige Bestände um im kritischen Jugendstadium zu überleben. Daher begünstigt eine geringe Produktivität das Wachstum von *Rhinanthus*. In *Rhinanthus*-Flächen gibt es eine Stickstoff-Anreicherung und nicht etwa eine Ausmagerung. Je nach Zusammensetzung der Arten und funktionellen Gruppen in einer Pflanzengesellschaft kann *Rhinanthus* die Diversität erhöhen oder senken. Gräser sind generell bessere Wirte als Kräuter, was zu einer Verschiebung zugunsten der Kräuter führt. Die Ausbreitung von *Rhinanthus* geschieht meist wolkenartig. Die reifenden Samen werden von den Raupen des Falters *Perizoma albulata* gefressen. Aufgrund seiner geringen Häufigkeit kann er die Problempflanze aber kaum in Schach halten.

Mittels einer Vegetationsaufnahme auf Flächen mit viel und wenig *Rhinanthus*-Pflanzen wurde gezeigt, dass es eine floristische Unterschiedlichkeit der beiden Straten besteht.

Es ist nicht möglich explizite Empfehlungen abzugeben, da hinsichtlich der Giftigkeit, des Einflusses auf den Ertrag und die Diversität und hinsichtlich der Massnahmen noch weitere Forschungsarbeit nötig ist. Die Ergebnisse werden jedoch in einem Faltblatt zusammengestellt.

Abstract

This semester thesis is about the question, to what extent the hemiparasitic plant *Rhinanthus alectorolophus* can cause problems in ecological compensation areas. The aim is to gather information and to compile recommendations, which should serve as a tool for the Canton Schwyz in the decision making about measures. The methods used are literature research, extensive investigation at agricultural offices and surveys carried out with farmers.

In the first part with the focus on agricultural issues, the consequences of the plants' consumption by different farm animals and the hemiparasites' impacts on feed value and yield are investigated. The fresh plant is mildly toxic, conserved as hay it is unproblematic. If and how the yield of a meadow decreases due to *Rhinanthus* depends on the productivity and species composition of the site. Literature findings are inconsistent. The hemiparasite can successfully be reduced by early harvest, fertilization, manual cut, by abandonment or by grazing in spring. A promising measure could be the application of the curry-comb in spring combined with reseedling. The most frequent measure in Switzerland, Germany and Austria is the early harvest, for which farmers have to get an authorisation. Tolerance values for permission are between 5-20 *Rhinanthus* individuals/m², in one canton it is a cover ratio of 50%. Literature says that the threshold level for yield reduction is at 10 individuals/m². Above 80 pieces/m² there is no further reduction of the biomass.

The second part focusses on ecological concerns and discusses the question of the factors, which make a meadow prone to *Rhinanthus* invasion and establishment. Further, it is investigated how the spreading pattern looks like and which effects on the vegetation, on species number and on nutrient cycles there are. *Rhinanthus* occurs in the lowlands as well as in subalpine areas and can handle different ground conditions. The plant needs open spaces in the sward to survive during the seedling stage. Therefore, low productivity sites enhance the growth of *Rhinanthus*. There is an accumulation of nitrogen in meadows with *Rhinanthus* and no loss of nutrients. Depending on the species composition and the composition of plant functional groups the hemiparasite may enhance or reduce species diversity. Grasses are better hosts for *Rhinanthus* than forbs, which results in a composition shift in favour of forbs. *Rhinanthus* populations in natural grassland are thought to form shifting clouds. *Rhinanthus* is the butterfly larval host plant of *Perizoma albulata*, the Grass Rivulet. Yet since it is not very frequent, it is not capable of keeping the plant in check.

By means of a vegetation analysis on plots with few or many *Rhinanthus* plants it was shown, that there are floristic differences between the two strata.

It is not possible to make explicit recommendations for the handling of this plant since there is the need of further research on toxicity, yield reduction, impacts on diversity and mainly on suitable measures in the management. However, the results are summarised and leaflet is compiled.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung.....	1
2	Theorieteil.....	3
A.	<i>Rhinanthus</i> in der Landwirtschaft.....	4
2.1	Wie schädlich ist <i>Rhinanthus</i> für das Vieh?	4
2.1.1	Die konsumierte Menge	5
2.1.2	Effekte durch Kombinationen mit anderen Futtermitteln.....	5
2.1.3	Verschiedene Konservierungsverfahren	5
2.1.4	Unterschiedliche Tierarten und Rassen	5
2.2	Wie ändert sich der Futter-und Ertragswert von Wiesen mit <i>Rhinanthus</i> ?.....	5
2.2.1	Einfluss auf Milch- und Fleischleistung sowie Reproduktion	8
2.3	Wie reagiert <i>Rhinanthus</i> auf verschiedene Behandlungsmethoden	8
2.3.1	Normaler Schnitt	10
2.3.2	Früher Schnitt	10
2.3.3	Alternierender Schnitt	10
2.3.4	Manuelle Bearbeitung	10
2.3.5	Beweidung.....	10
2.3.6	Kein Schnitt	11
2.4	Welche Behandlungsmethoden werden empfohlen?	11
2.4.1	Empfehlungen schweizerische Landwirtschaftsämter	13
2.4.2	Empfehlungen österreichische Landwirtschaftskammern.....	15
2.4.3	Empfehlungen Landwirtschaftskammern- und ämter Deutschland.....	16
B.	<i>Rhinanthus</i> und die Ökologie	21
2.5	Was bestimmt den Befall einer Fläche?.....	21
2.5.1	Höhenstufe	21
2.5.2	Exposition	21

2.5.3	Boden und abiotische Faktoren	22
2.5.3.1	Feuchtigkeit	22
2.5.3.2	Klimatische Bedingungen	22
2.5.3.3	Nährstoffe und Assimilate	22
2.5.4	Vegetationstyp	24
2.6	Wie verändert sich die Vegetation in Flächen mit <i>Rhinanthus</i> ?	25
2.6.1	Auswirkungen auf die Vegetation in Abhängigkeit der <i>Rhinanthus</i> - Dichte.....	26
2.6.2	Veränderungen der Artenvielfalt	27
2.7	Wie sieht das Ausbreitungsmuster von <i>Rhinanthus</i> aus?.....	28
2.8	Gibt es einen Ausmagerungseffekt durch <i>Rhinanthus</i> ?.....	29
2.9	Welche natürlichen Antagonisten hat <i>Rhinanthus</i> ?	29
3	Material und Methoden	31
3.1	Befragung von Landwirtinnen und Landwirten	31
3.1.1	Fragen zum Schwerpunkt Landwirtschaft	33
3.1.2	Fragen zum Schwerpunkt Ökologie	33
3.2	Vegetationsanalyse zum Einfluss unterschiedlicher <i>Rhinanthus</i> - Dichten.....	34
3.2.1	Datenverarbeitung	38
3.3	Fotografische Dokumentation	39
3.4	Kartografische Erhebung mit GIS.....	39
4	Ergebnisse.....	40
4.1	Ergebnisse der Befragung	40
4.1.1	Ergebnisse zum Schwerpunkt Landwirtschaft.....	40
4.1.2	Ergebnisse zum Schwerpunkt Ökologie.....	41
4.2	Ergebnisse der Vegetationsanalyse zum Einfluss von <i>Rhinanthus</i>	45
4.3	Fotografischer Schlüssel zur Bestimmung der Befallsdichte	50
4.4	GIS-Plan.....	50
5	Diskussion	51

5.1	Interpretation der Ergebnisse aus der Literatur und den Befragungen	51
5.1.1	Interpretation der Ergebnisse zum Schwerpunkt Landwirtschaft	51
5.1.2	Interpretation der Ergebnisse zum Schwerpunkt Ökologie	56
5.2	Interpretation der Vegetationsanalyse zum Einfluss von <i>Rhinanthus</i>	59
5.3	Anmerkungen zum GIS Plan.....	61
6	Literaturverzeichnis.....	62

1 Einleitung

Rhinanthus spp. sind halbparsitisch lebende, einjährige, krautige Pflanzen. Die halbparsitische Lebensweise der *Rhinanthus*-Arten bedeutet, dass zwar Photosynthese betrieben wird, jedoch im Vergleich zu anderen C3 Pflanzen nur sehr reduziert (Ameloot, Verheyen, & Hermy, 2005). Alle Vertreter der Gattung *Rhinanthus* verfügen bloss über ein verkümmertes Wurzelsystem und bilden stattdessen spezielle Saugorgane, sogenannte Haustorien, an den Wurzeln ihrer Wirtspflanzen. So dringen sie in die Leitbahnen ein und entziehen ihrem Wirt vorwiegend Wasser und Nährstoffe (weniger Assimilate), wodurch diese geschwächt werden. Als Wurzel-Hemiparasiten zeichnen sich die *Rhinanthus*-Spezies durch besonders hohe Transpirationsraten aus. Im Gewebe werden zudem osmotisch aktive Komponenten eingelagert, dies damit mittels Massenfluss möglichst viel Xylemsaft abgezweigt werden kann (Tésitel, et al., 2011). Parasitiert wird ein grosses Spektrum verschiedener Gräser und Kräuter, wobei manche Arten bevorzugt werden (Joshi, Matthies, & Schmid, 2000).

Auf diese Art und Weise nimmt *Rhinanthus* Einfluss auf die Artenzusammensetzung in seinem Lebensraum und gilt als sogenannter "Ökosystem-Ingenieur". Durch die Schwächung der oft dominierenden Gräser kann er auch den Futter- und Ertragswert von landwirtschaftlich genutzten Flächen deutlich senken (Ameloot, et al., 2006). Zudem enthält *Rhinanthus* das giftige Rhinantin (Aucubin), was ein ernährungsphysiologisches Problem für Nutztiere darstellen kann (Briemle, 2000).

Zusammengefasst ergeben sich folgende Interaktionen: "[...] parasite dynamics are interrelated with standing crop and vegetation composition. Vegetation composition, in turn, affects standing crop and high above-ground biomass is known to reduce the survival of the related *R. minor* [...]. In Addition, the parasite can negatively affect standing crop and change vegetation composition [...] climate and grassland management are two exogenous factors, affecting these three biotic levels (Abb. 1)." (Ameloot, et al., 2006).

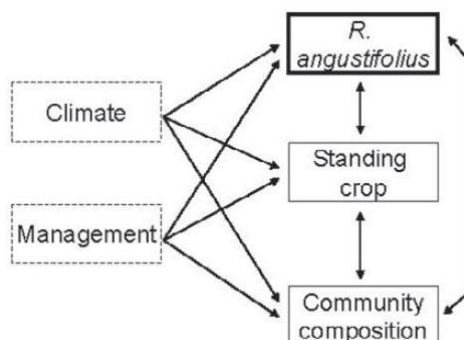


Abb. 1: Wechselbeziehungen zwischen *Rhinanthus* und der Umgebung (Ameloot, et al., 2006)

Da heute auf den intensiv genutzten Ertragsflächen der erste Schnitt bereits vor der Blüte von *Rhinanthus* erfolgt, hat dieser in solchen Flächen keine Möglichkeit sich zu etablieren und auszubreiten. In Flächen mit Ökobeiträgen hingegen, in welchen der erste Schnitt deutlich später, ab 15. Juni, erfolgt, kann die *Rhinanthus*-Dichte grosse Ausmasse annehmen. In manchen Fällen scheint *Rhinanthus* alle anderen Arten zu verdrängen und von dem für den Futterwert wichtigen Gras bleibt wenig übrig. Andererseits kann das Vorkommen von *Rhinanthus* unter Umständen aber den Effekt haben, dass neuer Platz entsteht für andere Arten und längerfristig für mehr Artenvielfalt (Joshi, Matthies, & Schmid, 2000). Zudem ist *Rhinanthus alectorolophus* eine der Indikator-Arten zum Nachweis der biologischen Qualität von Ökoflächen für zusätzliche Qualitätsbeiträge.

Es besteht also Unsicherheit darüber, wie mit diesem Halbparasiten umgegangen werden soll. In den letzten Jahren suchten viele betroffene Landwirte den Rat der kantonalen Ämter oder ersuchten um eine Bewilligungen für einen verfrühten Schnitt auf ihren Ökoausgleichsflächen, um den *Rhinanthus*-Bestand zurückzudrängen.

Auch der Kanton Schwyz erfuhr eine verstärkte Konfrontation mit dem Thema, worauf er sich für die fachliche Aufarbeitung des Themas und die Prüfung der Problematik entschied.

In dieser Arbeit soll nun auf Anfrage des Kantons Schwyz geklärt werden, wie gross der Einfluss von *Rhinanthus* wirklich ist. In einer ausführlichen Recherche wird den Fragen der Schädlichkeit für das Vieh, der Ertragseinbussen und des ökologischen Einflusses nachgegangen. Weiter werden Befragungen mit Landwirtinnen und Landwirten des Kantons Schwyz durchgeführt, die sich mit der *Rhinanthus*-Problematik konfrontiert sehen. In einem praktischen Teil wird die Vegetation im Zusammenhang mit der *Rhinanthus*-Dichte in einer Fläche mit Ökobeiträgen auf einem betroffenen Betrieb im Kanton Schwyz untersucht.

Mittels dieser theoretischen und praktischen Untersuchungen soll als Endprodukt eine differenzierte Empfehlung für Landwirte und kantonale Ämter entstehen. Das erstellte Faltblatt "Klappertopf in Ökowiesen" ist im Anhang B zu finden.

Die meiste Arbeit, die in Europa zu *Rhinanthus* spp. geleistet wurde, befasste sich mit den beiden Arten *R. minor* und *R. alectorolophus*. Falls nichts weiter vermerkt ist, wird in der vorliegenden Arbeit die hauptsächlich mitteleuropäische Art *Rhinanthus alectorolophus*, der zottige Klappertopf, behandelt. Dieser ist der häufigste Vertreter in der Schweiz und kommt vom kollinen bis zum subalpinen Raum vor. Obwohl er wohl nicht für die gesamte Gattung repräsentativ ist, wird in der Arbeit fast durchgehend der Begriff *Rhinanthus* gebraucht um sich auf *Rhinanthus alectorolophus* zu beziehen.

2 Theorieteil

Dieses 2. Kapitel umfasst den theoretischen Teil dieser Arbeit, basierend auf einer umfassenden Literaturrecherche. Das Kapitel wird in die zwei Hauptteile A und B aufgeteilt. Diese Unterteilung vereinfacht das individuelle Arbeiten und die grössere Vertiefung in die Thematik der beiden Autorinnen und soll eine einfache Übersicht gewährleisten.

Teil A legt den Fokus auf Fragen in Zusammenhang mit der Landwirtschaft. Es werden Quellen zur Giftigkeit von *Rhinanthus* für das Vieh, zum Einfluss dieses Halbparasiten auf den Ertrag und zu den verschiedenen Bewirtschaftungsarten und deren Konsequenzen für *Rhinanthus*-Bestände gesucht und aufgearbeitet. Zudem wird im Teil A anhand einer ausführlichen Recherche bei Landwirtschaftsämtern ermittelt, welche Behandlungsmethoden empfohlen werden.

Im Teil B liegt der Fokus auf Informationen, welche die Ökologie betreffen. Es werden einerseits Angaben zu den idealsten Wachstumsbedingungen von *Rhinanthus* gesucht, andererseits soll die Frage beantwortet werden, wie sich die Vegetation in Flächen mit *Rhinanthus* verändert. Als letzter Punkt wird noch kurz auf natürliche Antagonisten von *Rhinanthus* eingegangen.

Die Recherchearbeit verlief folgendermassen: In einem ersten Schritt wurden im NEBIS-Katalog Bücher zum Thema gesucht. Die Suche war jedoch ziemlich erfolglos. Die wenigen gefundenen Quellen passten nicht zu den Fragestellungen und waren zudem oft zu alt. Dann wurde in verschiedenen Datenbanken das Stichwort "Klappertopf" oder "*Rhinanthus*" eingegeben, was zu zahlreichen Ergebnissen führte. "*Rhinanthus*" war als Stichwort geeigneter, da somit Papers in allen Sprachen gefunden wurden. Weil in dieser Arbeit mehrere Fragestellungen behandelt werden, wurde die Suche nicht weiter eingeschränkt, sondern die Papers wurden durchgeschaut und aufgrund der Abstracts auf ihre Eignung geprüft und nach Thema sortiert.

Des Weiteren wurden zahlreiche Fachpersonen für aktuelle Informationen, eventuelle Merkblätter und Literatur kontaktiert. Auf diesem Weg kamen nochmals viele Quellen zusammen.

A. *Rhinanthus* in der Landwirtschaft

In diesem ersten Hauptteil sollen spezifische Fragen zum Thema *Rhinanthus* geklärt werden, welche die Landwirtschaft betreffen. Ein erster Schwerpunkt stellt die Schädlichkeit von *Rhinanthus* dar. Weiter wird der Einfluss auf den Futter- und Ertragswert von Wiesen mit *Rhinanthus* diskutiert. Dann wird der Frage nachgegangen, wie die Pflanze auf verschiedene Behandlungsmethoden reagiert. Zu dieser Frage werden zusätzlich die umfangreichen Ergebnisse der Recherche zu den empfohlenen Massnahmen zusammengestellt.

Aus der Recherchearbeit in den Datenbanken wurde klar, dass zu diesen Fragestellungen im Bereich Landwirtschaft noch ein grosser Forschungs- und Beobachtungsbedarf besteht. Es gibt nur sehr wenig Literatur, welche Informationen darüber enthalten. Insbesondere zur Schädlichkeit für das Vieh und dem Einfluss verschiedener Faktoren auf die Verträglichkeit ist wenig bekannt und die Quellen enthalten zudem unterschiedliche Informationen. Mehr Forschung wurde im Bereich des Ertrages und des Einflusses verschiedener Behandlungsmethoden betrieben. Die Erkenntnisse dieser Studien werden in den folgenden Kapiteln zusammengestellt.

2.1 Wie schädlich ist *Rhinanthus* für das Vieh?

Rhinanthus alectorolophus enthält den sekundären Pflanzenstoff Rhinanthin/Aucubin. Die ganze Pflanze ist im grünen Zustand giftig, am gefährlichsten sind die Samen. Insbesondere in älterer Literatur findet man den Hinweis, dass der Verzehr zu Erbrechen, Krämpfen, blutigem Durchfall, und Nierenentzündungen führt (siehe Vortrag R. Neff, Anhang C) sowie zu blau verfärbter Milch (Briemle, 2000). Nach den Wertezahlen von Klapp 1953, welche für Grünlandpflanzen vergeben werden erhält *Rhinanthus* eine -1. Dies ist die tiefste Wertung in der Skala und bedeutet " giftig für Tiere" (Neff, 2005).

Neueren Untersuchungen zufolge gehört *Rhinanthus* zu jenen Pflanzen, die in der Literatur oder dem Volksmund als giftig bezeichnet werden, bekannt gewordene Vergiftungen aber nur harmlos waren, wenn es je überhaupt solche gab. Der Spitzwegerich enthält ebenfalls ähnlich hohe Dosen an Aucubin und gilt doch als sehr wertvolles Grünlandkraut. (Briemle, 2000).

Auch Sekundärmetabolite, wie zum Beispiel Pyrrolizidinalkaloide werden in der Parasitenpflanze gefunden (Phoenix & Press, 2005). Als wichtigste Pflanzenvertreter, die diese Sekundärenpflanzenstoffe enthalten, sind *Senecio* spp. zu nennen. Die Pyrrolizidinalkaloide werden als genotoxische Kanzerogene betrachtet (Habs, et al., 1982) und sind oft für Vergiftungen und Todesfälle bei Nutztieren und Menschen verantwortlich (Röder, 2012).

2.1.1 Die konsumierte Menge

In der Literatur konnten keine Angaben gefunden werden, bei welcher Verzehrmenge von frischen *Rhiananthus* Pflanzen es zu ernährungsphysiologischen Problemen bei Nutztieren kommt. Da in der Praxis die Beweidung als Erstnutzung von Extensivflächen nicht praktiziert wird, konnten auch Landwirte und Experten zu dieser Thematik kaum Auskunft geben.

2.1.2 Effekte durch Kombinationen mit anderen Futtermitteln

Demzufolge liegen auch über die Thematik von der Kombination mit *Rhinanthus* und anderen Futtermitteln oder- bestandteilen keine Erkenntnisse vor.

2.1.3 Verschiedene Konservierungsverfahren

Die Pflanze ist nur in grünem Zustand schwach giftig. Im Heu sind die Konzentrationen zwar unbedenklich, jedoch gilt *Rhinanthus* als minderwertige Futterpflanze (Briemle, 2000). Über den Verbleib der Giftstoffe in Silage konnten in der Literatur keine Hinweise gefunden werden.

2.1.4 Unterschiedliche Tierarten und Rassen

Als betroffene Tierarten werden Rinder und Pferde aufgeführt (siehe Vortrag R.Neff, Anhang C) Welche Auswirkungen die frischen *Rhinanthus*-Pflanzen auf Schafe, Ziegen oder alternative Nutztiere wie Alpakas oder Lamas haben, konnte aus den Recherchen nicht eruiert werden.

2.2 Wie ändert sich der Futter-und Ertragswert von Wiesen mit *Rhinanthus*?

Der Hemiparasit *Rhinanthus alectorolophus* verschafft sich durch seine spezialisierten Saugorgane, den sogenannten Haustorien, Zugang zu Wasser, Nährstoffen, Mineralien und Kohlestoffverbindungen der Wirtspflanze (Ameloot, Verheyen, & Hermy, 2005). Diese Entnahme und Ableitung der Ressourcen vom Wirten zum Parasiten hat gezwungenermassen eine negative Auswirkung auf die Wachstumsleistung der Wirtspflanzen. Während der Mangel an Wasser und Nährstoffen direkt den Zuwachs an Biomasse schmälert, gibt es auch indirekte Wachstumshemmnisse, wie zum Beispiel verminderte Photosyntheseleistung aufgrund von Wasserstress (Phoenix & Press, 2005).

Um die Änderungen der Biomasse differenziert betrachten zu können, wird unterschieden zwischen der Biomasse von Nicht-*Rhinanthus*-Arten und der Biomasse der Pflanzengesellschaft, wobei letztere als Summe von Wirt- und Parasitenbiomasse zu verstehen ist.

Studien zeigten, dass die oberirdische Biomasse der Wirtspflanze um bis 50% reduziert wurde wenn sie von *Rhinanthus* parasitiert war, die kombinierte Biomasse aus Parasit und Wirt, wurde

dabei um 25% reduziert (Ameloot, Hermy, & Verheyen, 2006). Andere Quellen berichten von einer Reduktion der Gesamtbiomasse um bis 73%, wobei dort *Rhinanthus minor* als Parasit fungierte (Phoenix & Press, 2005). Auf einer weiteren Versuchsfläche (Artenzusammensetzung: *Dactylis glomerata*, *Anthoxanthum odoratum*, *Cynosurus cristatus*, *Arrhenathrum elatius*, *Agrostis gigantea*, *Festuca rubra*, *Tragopogon pratensis*, *Taraxacum officinale*, *Veronica chamaedrys*, *Ranunculus acris*, *Leucanthemum vulgare*, *Trifolium pratense*, *Salvia pratensis*, *Achillea millefolium*, *Crocus* spp., *Colchicum autumnale*) zeigte sich, dass *Rhinanthus alectorolophus* die Biomasse anderer Pflanzen zwar reduziert, aber keine signifikante Reduktion der totalen Biomasse stattfindet. (Davies, et al., 1996). Eine Langzeitstudie mit *Rhinanthus angustifolius* über 24 Jahre verzeichnete zwar Schwankungen in der Biomasseproduktion, im Endeffekt jedoch keine Reduktion der selbigen (Ameloot, et al., 2006). Einig ist man sich hingegen, dass eine etwaige Reduktion der Biomasse auf die Unterdrückung von Grasarten zurückzuführen ist.

In einzelnen Quellen wird in *Rhinanthus*-Flächen ein steigender Anteil der Leguminosen-Biomasse dokumentiert, wobei die meisten Leguminosen von *Rhinanthus* parasitiert werden (Davies, et al., 1996).

Je höher die Produktivität der Grünfläche war, desto intensiver fielen die Ertragseinbussen durch die Präsenz von *Rhinanthus* aus (Abb. 2). Erklärungsansätze hierfür sind einerseits der Regulationseffekt des Halbparasiten und, dass es wahrscheinlich eine tiefe Produktivitätslimite gibt, unter welcher es keine Biomassenreduktion durch *Rhinanthus* mehr gibt. (Davies, et al., 1996).

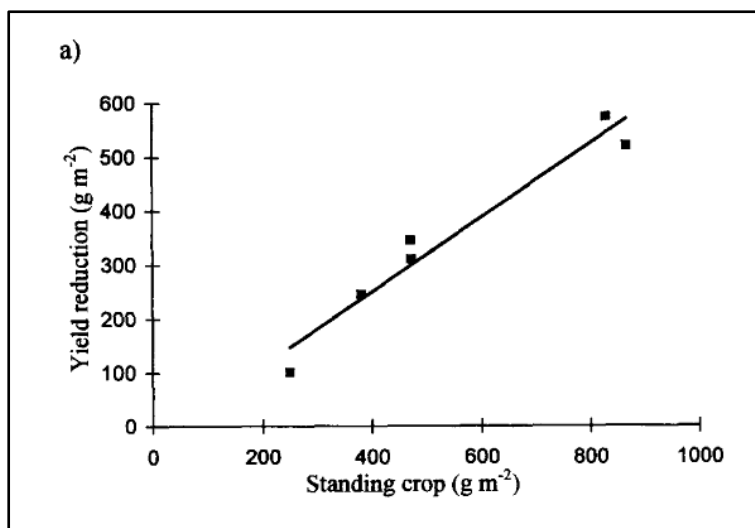


Abb. 2: Lineare Regression für die Ertragsreduktion (Biomasse bei Abwesenheit des Parasiten – Biomasse in Anwesenheit des Parasiten) gegenüber dem Erntegut in Abwesenheit von *Rhinanthus* spp.

(Davies, et al., 1996)

Etwas im Widerspruch dazu stehend ist die Erkenntnis einer anderen Studie, welche besagt, dass *Rhinanthus* die Biomasse der Wirtspflanzen sowie die Gesamtproduktivität in nährstoffarmen Verhältnissen am stärksten reduziert. Dies würde auch darauf hindeuten, dass Änderungen der Artenzusammensetzung am stärksten ausfallen, wo die Ressourcen, welche vom Parasiten angeeignet werden, limitiert sind (Matthies & Egli, 1999).

Weiter beeinflusst aber auch die Pflanzendiversität das Ausmass der Biomassenreduktion durch den Halbparasiten. Eine Schweizer Studie mit *Rhinanthus alectorolophus* untersuchte hierfür den Zusammenhang zwischen der Vielfalt in Wiesengesellschaften und dem Einfluss von und auf *Rhinanthus* (Joshi, Matthies, & Schmid, 2000). Es ging dabei hauptsächlich um den Resistenzvergleich unterschiedlicher Gesellschaften gegenüber Biomassen-Verlusten als Folge des Halbparasiten sowie um dessen Leistungsfähigkeit in den unterschiedlichen Gesellschaften.

Es zeigte sich, dass zwar in allen Versuchsflächen die totale Biomasse der Wirtspflanzen reduziert wurde, dieser Effekt aber kleiner war in Gesellschaften mit höherer funktioneller Vielfalt (Gräser, Leguminosen und Nicht-Leguminosen gemischt). Es wird vermutet, dass eine höhere Pflanzendiversität die Auswirkungen einer Überausbeutung einzelner Wirte puffern kann, indem weniger sensible Arten den Biomassenverlust von den empfindlicheren Arten kompensieren (Joshi, Matthies, & Schmid, 2000).

Weiter zeigte die Studie auch, dass in Gesellschaften von einer oder zwei Arten die totale Biomasse, *Rhinanthus* inbegriffen, um mehr als einen Drittel gesteigert wurde während der Halbparasit in artenreichen Gesellschaften keinen Effekt auf die totale Biomasse hatte. Dabei wurde der Keimerfolg des Halbparasiten nicht durch die Diversität der Wirtsgesellschaft beeinflusst, aber die Überlebenschancen im frühen Stadium waren geringer bei steigender Zahl funktioneller Gruppen und waren schlechter in Flächen mit Leguminosen als ohne.

Die Hypothese, dass die überlebenden Parasiten von einer höheren funktionellen Vielfalt an Wirtspflanzen profitierten, wurde hingegen ebenfalls bestätigt. Die Biomasse und die Reproduktionsfähigkeit der überlebenden Individuen stiegen mit der Anzahl funktioneller Gruppen in den Gesellschaften von Wirtspflanzen. Gleichzeitig war der Anteil von Lücken nach dem Tod des Parasiten bei einer Fläche mit kleiner funktioneller Diversität grösser, was die darauffolgende Ansiedlung anderer Arten ermöglicht (Joshi, Matthies, & Schmid, 2000).

Eine hohe funktionelle Vielfalt in der Gesellschaft geht generell einher mit einem grösseren Artenreichtum und umgekehrt. Demnach stabilisiert sowohl ein funktioneller Reichtum als auch ein Artenreichtum die Pflanzengesellschaft (Ameloot, Verheyen, & Hermy, 2005).

Da *Rhinanthus* Grasarten und Leguminosen verstärkt unterdrückt, entsteht eine Verschiebung zugunsten der nicht hülsenfruchtartigen Dikotyledonen (Cameron, White, & Antonovics, 2009). Eine Wiese mit grossem Anteil an krautigen Pflanzen ist für den mengenmässigen Ertrag der Heuernte aber negativ. Die krautigen Pflanzenteile bröckeln leicht und bei der mechanischen Bearbeitung bleibt viel Erntegut auf dem Feld liegen (Abb. 3).



Abb. 3: *Rhinanthus* bei der Heuernte: zu sehen sind vor allem kahle Stängel und Kapseln.

In der Praxis spricht man von einer Ertragsminderung ab 10 Pflanzen pro Quadratmeter, dies entspricht ungefähr einem Deckungsgrad von 3% (Briemle, 2000).

Unter der Annahme, dass Artenvielfalt negativ korreliert ist mit der Produktivität einer Fläche (Davies, et al., 1996), ist davon auszugehen, dass eine Diskrepanz zwischen dem guten Ertrag einer Grünlandflächen und dem ökologischen Anliegen der Biodiversität entsteht.

2.2.1 Einfluss auf Milch- und Fleischleistung sowie Reproduktion

Zur Fragestellung wie sich der Verzehr von frischem oder konserviertem *Rhinanthus alectorolophus* auf die Milch- Fleisch- oder Reproduktionsleistung auswirkt, wurden keine Quellen oder Studien gefunden.

2.3 Wie reagiert *Rhinanthus* auf verschiedene Behandlungsmethoden

Rhinanthus Spezies vermehren sich ausschliesslich generativ. Die Ausbreitung der Samen ist limitiert und es bilden sich keine signifikanten Samenbanken im Boden (Davies, et al., 1996). Dazu kommt, dass die Samen nicht lange keimfähig bleiben (Briemle, 2000) und zwingend eine kalte Stratifikation während der Winterzeit benötigen (Ameloot, et al., 2008). Die Samen sind hingegen sehr gross und ressourcenreich, was den Keimlingen ein schnelles Wachstum garantiert (Tésitel, et al., 2011).

Laut dem Lehrmittel für biologische Landwirtschaft gelten eine frühe Nutzung als Weide oder Schnitt, eine gute Düngung, sowie Kalkung oder eventuell Bewässerung als indirekte oder vorbeugende Massnahme. Als bekämpfende Strategie wird ein Striegeln mit Übersaat aufgeführt. (Schmid & Obrist, 2006)

In einer achtjährigen Studie wurde gezeigt, dass die Nutzung als Herbstweide, herbeigeführte Lücken in der Vegetation und maschinelle Heuernte im Juli eine maximale Etablierung von *Rhinanthus minor* bewirkt (Ameloot, et al., 2006).

Ganz ähnliche Resultate zeigt eine Studie aus Nord England. Dort wurden verschiedene Kombinationen von Behandlungsmethoden miteinander verglichen. Die höchsten *Rhinanthus minor* Vorkommen wurden verzeichnet in den Plots, welche die Herbstweide, den Verzicht auf mineralische Düngung oder die Heuernte im Juli beinhalteten (Smith, et al., 2000).

In einer Langzeitstudie von 24 Jahren wurden folgende Behandlungsmethoden verglichen: Fläche ohne Bewirtschaftung, Abbrennung, Mulchung (jedes zweite Jahr), Heuernte maschinell (jedes zweite Jahr) und Heuernte maschinell zu vier verschiedenen Zeitpunkten, Heuernte von Hand sowie Heuernte im Juli und September (Abb. 4). Während der persistenten Populationsphase, das heisst nach der Besiedelung und exponentiellen Ausbreitung während einigen Jahren, war das *Rhinanthus angustifolius* Vorkommen signifikant höher in den vier jährlich maschinell bearbeiteten Flächen gegenüber den anderen Verfahren (Ameloot, et al., 2006).

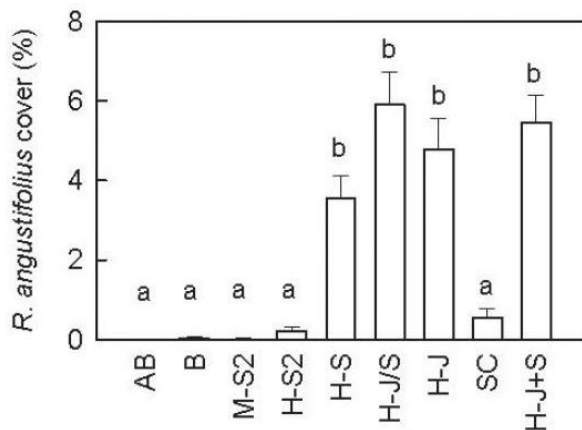


Abb. 4 Verschiedene Behandlungen im Vergleich (Ameloot, et al., 2006) Von rechts nach links: keine Behandlung, Abbrennen, Mulchen jedes zweite Jahr, Heuernte Sept. jedes zweite Jahr, Heuernte Sept., Heuernte alternierend Juli oder Sept., Heuernte Juli, Heuernte Juli mit Sense, Heuernte Juli und September. a und b kennzeichnen signifikante Unterschiede

Die Toleranz von *Rhinanthus minor* gegenüber einer Beschädigung der apikalen Zone, wie sie zum Beispiel durch einen Schnitt oder die Beweidung hervorgerufen werden, wurde in einer finnischen Studie untersucht. Wurden 50% des Pflanzenstängels entfernt, erreichte der Parasit nur eine geringe Wachstumshöhe, produzierte weniger Verästelungen, eine geringere Biomasse, insgesamt weniger Früchte und leichtere Samen im Vergleich zu den Kontrollpflanzen.

Wurden 75% des Stängels entfernt, erholte sich die Pflanze kaum noch (Ari-Pekka, 2001).

2.3.1 Normaler Schnitt

Die schweizweit geltenden Bestimmungen zur Bearbeitung von extensiv genutzten Wiesen werden hier als die normalen Schnittzeitpunkte betrachtet. Die Daten sind nach den landwirtschaftlichen Zonen folgendermassen deklariert (Agridea, 2013):

- Talzone und Hügelzone: 15. Juni
- Bergzone I und II: 1. Juli
- Bergzone III und IV: 15. Juli

Bei einem Schnitt nach der Versamung von *Rhinanthus* sind die Bestände signifikant höher, als bei einem früheren Schnittzeitpunkt (Smith, et al., 2000).

2.3.2 Früher Schnitt

Eine Feldstudie aus Nordengland zeigt deutlich, dass ein früher Schnittzeitpunkt (in diesem Fall 14. Juni) den *Rhinanthus minor* Bestand unter 10 Pflanzen pro Quadratmeter hielt. Einzig die Methode mit Schnittzeitpunkt 1. September aber mit der Zugabe von mineralischem Dünger hielt diesem Vergleich stand (Smith, et al., 2000).

2.3.3 Alternierender Schnitt

Es wurden keine Studien gefunden, welche den alternierenden Frühschnitt untersucht haben. Auch die Recherchen bei den unterschiedlichen Landwirtschaftsämtern, sowie Anfragen bei Experten und Landwirten brachten keine Erkenntnisse bezüglich dieser Bewirtschaftungsweise hervor.

2.3.4 Manuelle Bearbeitung

Im Vergleich zur maschinellen Bewirtschaftung, konnte die mit der Sense gemähte Fläche ein signifikant tieferes *Rhinanthus angustifolius* Vorkommen verzeichnen. Weniger Samenausbreitung durch die bewegten Maschinen und tendenziell höhere, verbleibende Grasstände wurden als Gründe aufgeführt (Ameloot, et al., 2006).

2.3.5 Beweidung

Die englische Feldstudie (siehe 2.3 und 2.3.2) untersuchte auch die Effekte von verschiedenen Beweidungssystemen. Unter einer Frühlingsbeweidung, mit Jungschafen (jünger als 1 jährig) von 1. Januar bis Mitte März und mit Mutterschafen von Mitte April bis 15. Mai, gab es kein *Rhinanthus minor* Vorkommen mehr. Mit einem Schnittzeitpunkt vom 21. Juli ohne Düngereinsatz und einer Herbstbeweidung (von Anfangs September mit Kühen und Oktober bis 1. Januar mit jungen Schafen) stieg der *Rhinanthus* Bestand zeitweise auf über 30 Pflanzen pro Quadratmeter, sank im

sechsten Jahr jedoch auf 10 Individuen ab. Lücken in der Vegetation, herbeigeführt durch Viehtritte, stellen für den Parasiten geeignete Lücken zur Etablierung im Frühling dar (Smith, et al., 2000).

2.3.6 Kein Schnitt

Flächen auf denen die Bewirtschaftung aufgegeben wurde, scheinen kein Problem mit *Rhinanthus* mehr zu haben (Ameloot, et al., 2006).

2.4 Welche Behandlungsmethoden werden empfohlen?

In diesem Teil wird eruiert, wie das Thema *Rhinanthus* in verschiedenen Regionen gehandhabt wird. Es wurden Landwirtschaftsämter in der Schweiz, Deutschland und Österreich angefragt, ob sie Studien oder Merkblätter zur *Rhinanthus*-Problematik hätten und wie die praktische Handhabung aussieht. Leider konnten auf diesem Weg nur sehr wenige schriftliche Informationen eingeholt werden, es wurde jedoch sehr viel Wissen aus der Praxis dargelegt.

Die rechtlichen Grundlagen in der Schweiz für die Bewirtschaftung von Extensivflächen sind in der Direktzahlungsverordnung des Bundes (Direktzahlungsverordnung (DZV), Stand 1. Januar 2013) geregelt. Besonders zu erwähnen sind folgende Artikel, welche in Bezug auf die *Rhinanthus*-Problematik relevant sind.

Art. 40 Grundsatz

(Abs. 4) Zur mechanischen Bekämpfung von Problempflanzen kann die kantonale Fachstelle für Naturschutz Ausnahmen von den Bewirtschaftungsvorgaben zu Schnittzeitpunkt und Schnitthäufigkeit bewilligen

Art. 44 Allgemeine Voraussetzungen

(Abs. 4) Schnittgut ist abzuführen. Ast- und Streuehaufen dürfen jedoch angelegt werden, wenn es aus Gründen des Naturschutzes geboten ist.

(Abs. 5) Mulchen ist verboten

Art. 45 Besondere Voraussetzungen und Auflagen für extensiv genutzte Wiesen

(Abs. 1) Es dürfen keine Dünger und Pflanzenschutzmittel ausgebracht werden. Einzelstockbehandlungen von Problempflanzen sind zulässig, sofern diese nicht mit einem angemessenen Aufwand mechanisch bekämpft werden können.

(Abs. 2) Die Flächen müssen jährlich mindestens einmal gemäht werden. Der erste Schnitt darf vorgenommen werden:

- a. im Talgebiet nicht vor dem 15. Juni;
- b. in den Bergzonen I und II nicht vor dem 1. Juli;
- c. in den Bergzonen III und IV nicht vor dem 15. Juli.

(Abs. 3) Die Flächen dürfen nur gemäht werden; der letzte Aufwuchs kann jedoch bei günstigen Bodenverhältnissen und sofern nichts anderes vereinbart ist, längstens bis zum 30. November beweidet werden. Die Herbstweide beginnt nicht vor dem 1. September.

Für Flächen, für die Beiträge nach der Öko-Qualitätsverordnung vom 4. April 2001 oder nach dem NHG ausgerichtet werden, können Nutzungsvorschriften festgelegt werden, die von den Absätzen 2 und 3 abweichen. Die kantonale Fachstelle für Naturschutz muss die Abweichung von den Nutzungsvorschriften mittels einer schriftlichen Vereinbarung festhalten.

(Abs. 4) Auf Flächen mit unbefriedigender botanischer Zusammensetzung kann die kantonale Behörde nach Rücksprache mit der kantonalen Fachstelle für Naturschutz die mechanische oder chemische Entfernung der Vegetation zum Zweck einer Neuansaat bewilligen.

(Abs. 5) Bei Neuansaat muss eine von den Eidgenössischen Forschungsanstalten empfohlene Gras- und Kräutermischung mit Wiesenblumenzusatz oder eine geeignete Heugrassaat verwendet werden

Art. 46 Besondere Voraussetzungen und Auflagen für wenig intensiv genutzte Wiese

(Abs. 2) Stickstoff darf nur in Form von Mist oder Kompost zugeführt werden. Sind auf dem gesamten Betrieb nur Vollgüllesysteme vorhanden, so ist verdünnte Vollgülle in kleiner Gabe (maximal 15 kg N pro ha und Gabe) zulässig, jedoch nicht vor dem ersten Schnitt. Pro Hektare und Jahr ist eine Düngung mit maximal 30 kg verfügbarem Stickstoff zugelassen

Art. 49 Beiträge

(Abs. 1) Der Beitrag beträgt für extensiv genutzte Wiesen und Streueflächen je Hektare und Jahr:

a.	in der Talzone	1500 Franken
b.	in der Hügelzone	1200 Franken
c.	in den Bergzonen I und II	700 Franken
d.	in den Bergzonen III und IV	450 Franken.

(Abs. 2) Der Beitrag beträgt für wenig intensiv genutzte Wiesen je Hektare und Jahr 300 Franken

2.4.1 Empfehlungen schweizerische Landwirtschaftsämter

Mittels telefonischen Anfragen wurde bei den schweizerischen, kantonalen Landwirtschaftsämtern nach der Handhabung in der Praxis gefragt. Die folgenden Ausführungen werden in eigenen Worten zusammengefasst und sinngemäss wiedergegeben.

Kanton Aargau, Landwirtschaftliches Zentrum Liebegg, Herr Müller, Februar 2013

Im Kanton Aargau gibt es kein Merkblatt zum *Rhinanthus*. Die Landwirte haben die Möglichkeit einen Frühschnitt zu beantragen, welcher vor der Blütezeit, wenn die Pflanzen aber bereits genug gross sind, dies ist meist ungefähr Mitte Mai, angesetzt wird. Die Entscheidung, ob ein Frühschnitt gemacht werden darf, wird im Feld vom Berater, nach eigenem Ermessen getroffen.

Kanton Appenzell Inneroden, Februar 2013

Im Kanton Appenzell Inneroden gibt es kein Merkblatt zur Handhabung von *Rhinanthus*.

Kanton Appenzell Ausseroden, Frau Kölla, 1.Mai 2013

Im Kanton Appenzell Ausseroden ist ein Merkblatt vorhanden. Des Weiteren werden im Winter Infoanlässe angeboten. Die Landwirte können einmal einen Frühschnitt beantragen. Der Berater geht dann aufs Feld und entscheidet nach eigenem Ermessen.

Kanton Bern, Frau Zbinden, Februar 2013

Im Kanton Bern gibt es ein Merkblatt über *Rhinanthus*, nach dessen Bestimmungen gearbeitet wird. Als Voraussetzung für eine Vorverlegung des Schnittzeitpunktes gilt ein Richtwert von mehr als 15 Pflanzen pro Quadratmeter und dies auf über der Hälfte der Fläche. Die Nutzungsvereinbarung gilt in der Regel für zwei Jahre. Download unter folgendem Link:

http://www.vol.be.ch/vol/de/index/natur/naturfoerderung/formulare_merkblaetter.assetref/content/dam/documents/VOL/LANAT/de/Natur/Naturfoerderung/oeka/dzv/PUB_LANAT_NF_Nutzungsvereinbarung%20Problempflanzen%20Vorgaben_de.pdf (1.Mai 2013)

Kanton Basel Land und Stadt, Herr Simon, Februar 2013

Rhinanthus alectorolophus ist im Kanton Basel nur latent ein Problem, diese Pflanze war lange sehr erwünscht wegen dem Ausmagerungseffekt, eine Bekämpfung wurde nicht erlaubt. Später gab es wenige Landwirte, denen nach Besichtigung des Feldes ein Frühschnitt erlaubt wurde.

Kanton Glarus, Herr Bär, Februar 2013

Es gibt im Kanton Glarus ein Merkblatt für Landwirte (siehe Anhang D), welches aufgrund von vorhandener Literatur zusammengestellt wurde. Landwirte können einen Frühschnitt beantragen, tun dies aber eher zu spät wenn der *Rhinanthus*-Bestand bereits bei etwa 50-60 Pflanzen/m² liegt,

eine Ertragseinbusse geschieht aber bereits ab 10 Pflanzen/m². Die Entscheidung im Feld ob ein Fröhschnitt erlaubt wird, liegt bei Herr Bär persönlich, seine Faustregel liegt bei 20 Pflanzen/m².

Kanton Graubünden, Frau Schuler, Februar 2013

Im Kanton Graubünden gibt es kein Merkblatt, verwiesen wird auf das Buch von Walter Dietl. Landwirte dürfen einen Fröhschnitt beantragen und einmal in sechs Jahren einen solchen durchführen.

Kanton Luzern, Herr Kaufmann, Februar 2013

Im Kanton Luzern gibt es kein eigenes Merkblatt zum *Rhinanthus*. Bei Bedarf schaut man bei anderen Kantonen, zum Beispiel beim Kanton Bern. *Rhinanthus* spp. sind hier auch nur ganz vereinzelt ein Problem und nur sehr selten gibt es Anfragen für einen Fröhschnitt.

Kanton Nidwalden, Herr Omlin, Februar 2013

Man kennt das Problem von *Rhinanthus* im Kanton Nidwalden, hat aber kein Merkblatt. Als Bekämpfungsstrategie wird der Fröhschnitt genannt, und die Beurteilung erfolgt im Feld nach Ermessen des Beraters.

Kanton Obwalden, Herr Amgard, Februar 2013

Es gibt kein Merkblatt. Obwohl der Kanton Obwalden sehr viele Ökoflächen hat, ist *Rhinanthus* hier kein Problem. Es ist nur ein Fall bekannt, in welchem ein Fröhschnitt beantragt wurde.

Kanton St.Gallen, Herr Frick, Februar 2013

Es gibt kein Merkblatt im Kanton St.Gallen. Für Landwirte gibt es die Möglichkeit eines Fröhschnittes und die Bewilligung dafür wird nach dem Ermessen des Beraters erteilt.

Kanton Solothurn, Herr Eugster, Februar 2013

Es gibt im Kanton Solothurn kein Merkblatt. Für ein bekanntes Problem wie *Rhinanthus* brauche man so etwas auch nicht. Diese Pflanze sei nur ein Problem bei grösseren Ökoflächen und nur Landwirte, die etwas Spezielles mit diesem Land vorhaben, beantragen einen Fröhschnitt. Die Beurteilung auf dem Feld erfolgt nach Ermessen des Beraters. Es wurde zudem darauf hingewiesen, dass im Jura niemand einen Fröhschnitt mache, weil man dort das Risiko eingehe, das ganze Jahr über keinen Ertrag mehr zu haben.

Kanton Thurgau, Berufs- und Bildungszentrum Aarenenberg, Herr Nifeler, Februar 2013

Bis jetzt gibt es kein Merkblatt im Kanton Thurgau, man lehnt sich an die Fachliteratur von Walter Dietl an. In Kürze wird im "Thurgauer-buur" informiert, wie die Beantragung eines Fröhschnittes ablaufen soll (*bis Ende Juni wurde kein Artikel zum Thema gefunden*). Probleme mit *Rhinanthus*

sind hier erst seit dem Aufkommen der Ökowiesen bekannt. Ungefähr 15-20 Landwirte beantragen im Frühling einen Frünschnitt. Die Entscheidung fällt bei einer Feldbegehung durch den Berater. Danach wird geraten das Futter in Siloballen zu verpacken. Momentan arbeite man auch daran, eine Faustregel auszuarbeiten, ab wie vielen Pflanzen pro m² ein Frünschnitt erlaubt werden soll.

Kanton Uri, Herr Gisler, Februar 2013

Es existiert kein Merkblatt zu diesem Thema im Kanton Uri. Falls man solche Schriftlichkeiten braucht, greift man zu allgemeinen Merkblättern zum Beispiel von Agridea oder agff. *Rhinanthus* ist im Kanton Uri kaum ein Problem. Herr Gisler weiss nur von ein bis zwei Landwirten, die tatsächlich einmal einen Frünschnitt beantragten.

Kanton Zug, Herr Rohrer, Februar 2013

Es gibt im Kanton Zug kein Merkblatt. Das Problem ist auch nicht gravierend und es gibt nur vereinzelt Anfragen für Frünschnitte. Diese werden allenfalls gerade in zwei aufeinanderfolgenden Jahren bewilligt. Tendenziell melden sich die Landwirte mit dem Problem eher zu spät.

Kanton Zürich, Februar 2013

Gearbeitet wird mit den Merkblättern "Klappertopfbekämpfung in Ökowiesen" und "Auflagen für Frünschnitt/Sonderbewilligung" von R. Gämperle. Diese enthalten Informationen zum genauen Vorgehen und der Bestimmung der *Rhinanthus*-Dichte. Sie können unter folgenden Links heruntergeladen werden:

http://www.zh.ch/internet/de/service/suche.type.formulare.10.html?_charset=utf-8&keywords=klappertopf (1.Mai 2013)

<http://www.strickhof.ch/index.php?id=183356> (20.Juni 2013)

Gemäss den Unterlagen ist ein vorzeitiges Mähen nicht ganzflächig erlaubt, sondern nur an Stellen wo der Deckungsgrad von *Rhinanthus* über 50% ausmacht. Für extensive und wenig intensiv genutzte Wiesen mit Qualitätsbeiträgen und in Naturschutzflächen werden keine Sonderbewilligungen erteilt. Der Schnitttermin muss richtig gewählt und das Schnittgut weggeführt werden.

2.4.2 Empfehlungen österreichische Landwirtschaftskammern

Nach den Erkundungen auf den schweizerischen Landwirtschaftsämtern wurden die Anfragen auch an die Landwirtschaftskammern in Österreich gerichtet. Die Bundesländer Burgenland, Kärnten, Niederösterreich und die Steiermark reagierten nicht auf die Anfrage.

Voralberg, März 2013

Keine Angabe, nur ein Weiterverweis an das Lehr- und Forschungszentrum Raumberg-Gumpenstein

Tirol, Peter Frank, März 2013,

Es wird mit einem konsequenten Frünschnitt über zwei Jahre und einer erhöhten Düngung gute Erfahrung gemacht. Des Weiteren begünstige ein schwaches Grasgerüst das Vorkommen von *Rhinanthus alectorolophus*.

Dr. Andreas Bohner, Ifz Raumberg Gumpenstein, März 2013

Zitierte E-Mail:

„[...] der Zottige Klappertopf als Lückenbüßer aufgeführt. *R. alectorolophus* bevorzugt tonreiche Böden. Er kommt bei uns (Obersteiermark, Österreich) vor allem auf Kalk-Braunlehmen vor. Vor allem, aber nicht nur auf extensiv Wiesen.

Durch Lücken in der Grasnarbe und einen späten Schnitt wird der einjährige Therophyt gefördert. Vor allem nach einem besonders schneereichen Winter kann der Hemiparasit stärker im Pflanzenbestand auftreten. Ein früherer erster Schnittzeitpunkt, vor allem aber die Schaffung einer dichten, geschlossenen Grasnarbe durch Nachsaat mit geeignetem Saatgut sind daher wirksame Regulierungsmaßnahmen. Bezüglich Schädlichkeit für das Vieh und Minderung der Futterqualität kenne ich keine Untersuchungen. Allerdings sind die Klappertopf-Arten vermutlich schwach giftig. Deshalb und wegen der dichten Behaarung des Kelches ist eine Minderung der Futterqualität sicherlich gegeben.“

Oberösterreich

Keine Angaben, nur ein Weiterverweis an das Lehr- und Forschungszentrum Raumberg-Gumpenstein

Salzburg, Josef Galler, März 2013

Zusendung einer kurzen Dokumentation über den *Rhinanthus alectorolophus* (siehe Anhang E).

2.4.3 Empfehlungen Landwirtschaftskammern- und ämter Deutschland

Nach den Recherchen in Österreich wurden auch diverse Bundesländer aus Deutschland per Mail angeschrieben.

Die Landwirtschaftskammern von Hamburg, Hessen, Niedersachsen, Mecklenburg-Vorpommern, Bremen, Schleswig-Holstein und Saarland reagierten nicht auf die Anfrage. Ebenso wenig reagier-

te der bayerische Bauernverband. Auch die Landwirtschaftsämter vom Bundesland Thüringen (Frankenhausen, Sömmerda, Zeulenroda, Rudolstadt, Bad Salzungen, Leinefelde-Worbis und Hildburghausen) antworteten nicht auf die Anfrage. Das sächsische Landesamt für Umwelt gab lediglich weiterführende Literatur an.

Rheinland-Pfalz, Herr Gunter Matter, März 2013

Zitierte E-Mail:

„Nach meinem Kenntnisstand stellt *Rh. alectorolophus* in Rheinland-Pfalz kein Problem dar. Diesbezügliche Studien, Merkblätter oder Richtlinien sind mir nicht bekannt. Die Pflanze tritt nur zerstreut auf.

Der verwandte *Rh. minor* ist deutlich häufiger. In Fällen, in denen er überhandnimmt und den Heuertrag zu mindern droht, empfehlen wir eine Mahd vor der Samenreife, um eine weitere Ausbreitung zu verhindern. Wird dies zwei bis drei Jahre lang praktiziert, ist das Problem behoben. Beide Arten führen bei verstärktem Auftreten zu einer Verringerung der Heumenge. Davon, dass sie sich nachteilig auf die Artenvielfalt auswirken, ist mir nichts bekannt, im Gegenteil: Flächen mit Klappertopf-Arten sind in der Regel etwas artenreicher als durchschnittliche Wiesen. Durch die Schwächung der Gräser können Lücken entstehen, in denen sich krautige Arten ansiedeln können.

Zu möglichen Auswirkungen im Tierfutter kann ich Ihnen nichts sagen, möglicherweise kann Ihnen zu diesem Punkt der Kollege Dr. Böttcher weiterhelfen.“

Rheinland-Pfalz, Dienstleistungszentrum Ländlicher Raum (DLR) Rheinhessen-Nahe-Hunsrück, Dr. Jürgen Böttcher, 26. März 2013

In der Rheinland-Pfalz gibt es keine eigenen Merkblätter oder Studien, man hält sich hier an das Merkblatt des ALF in Kempten, welches im Internet publiziert ist.

http://www.aelf-ts.bayern.de/pflanzenbau/35813/linkurl_3.pdf

Nordrhein-Westfalen, Frau Anni Dräther, 26. März 2013

Laut den Fachleuten dieser Landwirtschaftskammer, existiert in dieser Gegend kein Problem mit *Rhinanthus alectorolophus*.

Sachsen-Anhalt

In diesem Bundesland wurden sieben Ämter für Landwirtschaft, Flurneuordnung und Forsten angeschrieben. Bei den Ämtern Forsten Süd, Forsten Mitte, Mansfeld-Südharz, Saalekreis und Burgenlandkreis konnten die E-Mails nicht zugestellt werden. Die Behörden von Altmark, Salzwedel und Forsten Anhalt schrieben alle, dass Ihnen keine Kenntnisse vorliegen über das Vorkommen, die Verbreitung oder Probleme mit *Rhinanthus*.

Brandenburg, Andreas Herrmann, 8. Mai 2013

In Brandenburg sind *Rhinanthus* spp. aufgrund der intensiven Düngung und der frühen Schnitttermine stark rückläufig. Sie werden lediglich aufgeführt als eine Gefährdung für Pferde. Anstelle einer vollständigen Beseitigung der giftigen Arten ist ein gutes Weidemanagement anzustreben, bei welchem vor allem die natürliche Futterwahl zum Tragen kommt. Die Tiere sollten also nicht ausgehungert oder einseitig ernährt auf eine Fläche mit bedenklichen Pflanzen getrieben werden.

Ausnahmebewilligungen für frühe Schnittzeitpunkte können *Rhinanthus* in Schach halten, ohne ihn dabei als ökologisch wertvolles Element aus den Wiesen zu verdrängen.

Baden-Württemberg

In diesem Bundesland wurden alle 35 Landwirtschaftsämter per Mail angeschrieben. Folgende Behörden reagierten nicht auf die Anfrage: Böblingen, Breisgau-Hochschwarzwald, Esslingen, Konstanz, Neckar-Odenwald-Kreis, Ostalbkreis, Reutlingen, Sigmaringen, Tübingen, Tuttlingen

Die nachfolgenden Ämter empfahlen alle die Anfrage an das LAZBW Aulendorf oder das Landwirtschaftliche Technologiezentrum Augustenberg zu richten: Biberach, Bodenseekreis, Calw, Enzkreis, Freudenstadt, Göppingen, Heidenheim, Hohenlohekreis, Karlsruhe, Main-Tauber-Kreis, Rastatt, Ravensburg, Rhein-Neckar-Kreis, Rottweil, Schwäbisch Hall, Schwarzwald-Baar-Kreis, Waldshut und Alb-Donau-Kreis.

Emmendingen, Martin Grässlin, 3. Mai 2013

Rhinanthus ist in dieser Region heimisch, jedoch in den Wirtschaftswiesen kein Thema. In den FFH-Gebieten, welche ungefähr den schweizerischen Ökowiesen entsprechen, ist *Rhinanthus* stärker, jedoch nicht als Schädling vertreten.

Heilbronn, Uli Klenk, 2. Mai 2013

Rhinanthus kommt im Kreis Heilbronn vor allem auf trockenen Magerwiesen (Muschelkalk) vor, die Bekämpfung wird mittels einer intensiveren Bewirtschaftung erreicht.

Rems-Murr-Kreis, Robert Bader, 7. Mai 2013

Das *Rhinanthus*-Vorkommen ist hier nur sehr gering und die Pflanze ist weder im Naturschutz noch der Landwirtschaft von Bedeutung.

Bodenseekreis, Franz Wöllhaf, 3. Mai 2013

Im Bodenseekreis gibt es keine Probleme mit *Rhinanthus*.

Lörrach, Rolf Hess, 2. Mai 2013

Zitierte E-Mail:

„Sehr wohl spielt der Klappertopf in extensiv bewirtschafteten Wiesen, insbesondere bei Spätmahd eine gewisse Rolle in Südbaden. In den letzten Jahren hatten wir tendenziell eine Zunahme im Schwarzwald zu verzeichnen.

Auf Weiden wird der Klappertopf vom Vieh überwiegend gemieden. Dies liegt wohl an dem Glycosid-Inhaltsstoff Aucubin (Rhinanthin). Dieser schädigende Stoff wird nach Literaturangaben in trockenem Zustand (Heu) abgebaut und ist somit nicht mehr schädlich. Die Bekämpfungsschwelle wird unterschiedlich beurteilt. Bei 5 - 10 Pflanzen pro qm wirkt sich ein Besatz sicherlich stark ertragsmindernd aus. Aus meiner Erfahrung sollte schon bei wenigen Pflanzen pro qm Gegenmaßnahmen wie turnusmäßiger Frühschnitt der Wiese anvisiert werden, um einer futterbaulichen Verschlechterung der Fläche entgegenzuwirken. Der Rohfasergehalt steigt übrigens mit zunehmendem Besatz an Klappertopf bei gleichzeitiger Abnahme der Verdaulichkeit.

Auf Flächen mit hohem Besatz an Klappertopf ist fast immer Nährstoffarmut bei gleichzeitig später Heunutzung (d.h. nach Samenreife) der Fläche festzustellen. Es sind Flächen mit artenreichem Grünland bekannt (z.B. in Gersbach), bei welchem der hohe Besatz eher kritisch zu werten ist, da eine Verdrängung anderer naturschutzfachlich wertgebender Blüharten festzustellen ist.

Eigene Untersuchungen hinsichtlich der Giftigkeit wurden seitens der Grünlandberatung beim Land Baden-Württemberg meines Wissens bisher noch nicht angestellt.“

Ludwigsburg, Walter Martin, 3. Mai 2013

In diesem Kreis wurden zwei Adressen für weitere Anfragen empfohlen, einerseits Aulendorf und andererseits ein Dr. Rainer Moritz vom Landratsamt Ortenau, welche dann auch kontaktiert wurden.

Ortenaukreis, Jürgen Neumaier, Mai 2013

Die Problematik von *Rhinanthus alectorolophus* wurde nur auf sehr extensiv bewirtschafteten Flächen beobachtet, zum Teil wurde dieses Heu auch nur für die Einstreu verwendet. Veränderungen in solchen Grünflächen seien durch Düngung, Nachsaat und Schnitthäufigkeit relativ einfach herbeizuführen.

Zollernalbkreis, Ute Schneider, 2.Mai 2013

Zitierte E-Mail:

„Wir hatten 2004 mal einen Versuch, aber da war ich noch nicht am Amt. Dort wurde der Aucubin-Gehalt untersucht. Der Versuch wurde geleitet von H. Gottfried Briemle von der LAZBW in Aulendorf. Das Ergebnis war, dass die Pflanze als nicht sehr giftig betrachtet wird. Sie weist nur einen leicht erhöhten Aucubingehalt im Gegensatz zu Spitzwegerich auf!

Wir empfehlen den Klappertopf vor der Samenreife zu schneiden und den Bestand zu düngen. Sehr effektiv ist es auch, den Bestand im Frühjahr rel. spät zu striegeln um die Keimlinge zu zerstören. Danach sollte es 2 Tage trocken sein, damit die Keimlinge vertrocknen. Nach dem Striegeln sollte auch kein Frost auftreten, damit der Gräserbestand nicht geschädigt wird.“

Landwirtschaftliches Zentrum Aulendorf, Melanie Seither, 8.Mai.2013

Zitierte E-Mail:

„Leider gibt es bei uns zu diesem Thema keine Versuchsergebnisse. Bekannt ist jedoch, dass die Klappertöpfe als einjährige Pflanzen Lücken im Bestand benötigen, um sich zu etablieren und auszubreiten. Bei mageren, lichten, wenig o. nicht gedüngten Flächen mit spätem Schnittzeitpunkt (Versamung des Klappertopf) kann es daher zu hohem Aufkommen des Klappertopfs kommen und das Aufkommen des Klappertopfs kann starken Schwankungen unterliegen.“

B. *Rhinanthus* und die Ökologie

In diesem zweiten Hauptteil wird speziell auf die Funktion von *Rhinanthus* als "Ökosystem-Ingenieur" eingegangen. Als erstes soll die Frage geklärt werden, unter welchen Bedingungen *Rhinanthus* so gut gedeiht, dass er zum Problem werden kann. Weiter soll eruiert werden, in welcher Art und Weise *Rhinanthus* die Vegetation beeinflusst und ob die Veränderungen von seiner Dichte abhängen. Die Wechselwirkungen zwischen dem Halbparasiten und der Artenzusammensetzung einerseits und der Artenzahl andererseits sollen untersucht werden. Zudem soll geklärt werden, wie das Ausbreitungsmuster aussieht und ob *Rhinanthus* eine Ausmagerung bewirkt. Zuletzt wird kurz auf Antagonisten von *Rhinanthus* eingegangen.

Es wurden verschiedenste Studien durchgeführt, in denen man den Einfluss von *Rhinanthus* auf die Artenzusammensetzung sowie sein Verhalten und seine Lebensweise untersuchte. Auch Effekte des Halbparasiten auf die Nährstoffflüsse wurden erforscht. Die wichtigsten Resultate dieser Experimente fliessen in die folgenden Kapitel ein.

2.5 Was bestimmt den Befall einer Fläche?

Rhinanthus alectorolophus ist allgemein in Mitteleuropa verbreitet und kommt in der ganzen Schweiz vor. Zur Beantwortung der Frage, auf welchen Flächen dieser Vertreter der Gattung *Rhinanthus* bevorzugt vorkommt, liegt es nahe, als erstes seine Zeigerwerte anzuschauen und zu interpretieren. Die Ökologischen Zeigerwerte von *Rhinanthus alectorolophus* sehen folgendermassen aus: S.3w+43-433.t.hp. (Lauber & Wagner, 2012).

2.5.1 Höhenstufe

Gemäss botanischen Bestimmungsschlüsseln wächst *Rhinanthus alectorolophus* im Tal- und Gebirgsgebiet, von der kollinen bis zur subalpinen Höhenstufe. Er kann aber auch bis in alpine Höhenlagen von 2300 m. ü. M. steigen. Die Temperaturzahl 3 weist aber auf eine Hauptverbreitung in der montanen Stufe hin, wo die jährliche Mitteltemperatur zwischen 8-11°C liegt (WSL, 2006).

2.5.2 Exposition

Pflanzen mit einer Lichtzahl von 4 mögen helle Verhältnisse und sind schon eigentliche Lichtzeiger (Info Flora, 2012). Dies könnte darauf hindeuten, dass *R. alectorolophus* tendenziell lieber sonnige Hänge als beschattete Muldenlagen hat. Mit einer Kontinentalitätszahl von 3 bevorzugt er mittlere Luftfeuchtigkeit, mässige Temperaturschwankungen und mässig tiefe Wintertemperaturen. Vom subozeanischen bis subkontinentalen Gebiet ist er fast überall vorkommend.

2.5.3 Boden und abiotische Faktoren

Rhinanthus tritt in mageren Wiesen, mäßig frischen Fettwiesen und auch in Getreidefeldern auf. Er bevorzugt eher kalkhaltige Böden. Die Reaktionszahl 4 steht für neutrale bis basische Verhältnisse von einem pH zwischen 5.5 bis 8 (Info Flora, 2012). *Rhinanthus alectorolophus* gilt daher eher als Basenzeiger.

2.5.3.1 Feuchtigkeit

Wie das S. vor den Zeigerwerten angibt, gehört *Rhinanthus alectorolophus* zur ökologischen Gruppe der Sumpfpflanzen. Er gilt als Zeiger mässig feuchter Verhältnisse (Feuchtezahl 3), wobei er auch auf Böden mit relativ stark wechselnder Feuchtigkeit vorkommt (w^+) (Lauber & Wagner, 2012). Im Lehrmittel für Biologische Landwirtschaft werden aber Trockenstandorte als begünstigender Faktor für *Rhinanthus* aufgelistet (Schmid & Obrist, 2006). Weitere Quellen unterstützen die Aussage, dass *Rhinanthus* mit unterschiedlichsten Bodenwasserverhältnissen klar kommt. So heisst es über die Feuchteverhältnisse "sometimes dry, but never wet, although usually moist habitats" (Ameloot, Verheyen, & Hermy, 2005).

2.5.3.2 Klimatische Bedingungen

In einer holländischen Langzeitstudie unterlagen die *Rhinanthus angustifolius* Populationen massiven Fluktuationen. So sank das *Rhinanthus*-Vorkommen in Folge von trockenen Frühlingsmonaten stark. Die Hitzeperioden im Frühling wurden als bedeutsamere Gründe dafür angegeben als die Abnahme der Bodennährstoffe und der Mangel an qualitativen Wirtspflanzen (Ameloot, et al., 2006).

Im Lehrmittel für Biologische Landwirtschaft wird hingegen ein kalter und trockener Frühling als positiver Einflussfaktor genannt (Schmid & Obrist, 2006).

2.5.3.3 Nährstoffe und Assimilate

Bezüglich der Nährstoffe kommt *Rhinanthus* weder auf sehr nährstoffarmen noch auf stark gedüngten Flächen vor, wie aus einer Nährstoffzahl von 3 ersichtlich ist (Info Flora, 2012).

Eine tschechische Studie zur Konkurrenzfähigkeit von *Rhinanthus minor* ergab, dass eine hohe Dichte an Gefässpflanzen im Wiesland die Entwicklung wachstumsfähiger *Rhinanthus*-Populationen verhindert. In der Studie, genannt Rengen Grassland Experiment (RGE), wurden Daten zu Behandlungen mit unterschiedlichen Düngungsmitteln und einer ungedüngten Kontrolle gesammelt. Dabei zeigte sich, dass *Rhinanthus minor* nur dann konkurrenzfähig ist, wenn die oberflächliche Trockensubstanz-Biomasseproduktion von Gefässpflanzen pro Jahr unter 5t/ha liegt. Moose hingegen spielen laut dieser Studie keine Rolle. Bei einer Biomassenproduktion von mehr als 5t/ha weist *Rhinanthus minor* eine schlechte Konkurrenzfähigkeit auf. Dies liegt laut der

Studie daran, dass der Halbparasit unter der Beschattung durch das grosse Sonnendach von potentiellen Wirtspflanzen leidet. Die Sensibilität von *Rhinanthus minor* gegenüber Beschattung ist bereits von mehreren Studien bestätigt worden (Hejcman, Schellberg, & Pavlů, 2011).

So zeigt auch eine weitere tschechische Studie zur heterotrophen Kohlenstoff-Beschaffung des Hemiparasiten (hier wiederum *Rhinanthus alectorolophus*), dass die Lichtkonkurrenz einer der Gründe ist, warum *Rhinanthus* sich in hoch produktiven Flächen nicht etablieren kann. Nach der Keimung bringt der Parasit grüne Blätter hervor und es dauert einige Tage, bis die Wirtswurzeln angezapft werden. In dieser Zwischenzeit verlässt sich die junge Pflanze völlig auf die Samenvorräte und die eigene Photosyntheseleistung. Dieses Stadium ist der kritische Zeitpunkt mit der grössten Mortalität und der höchsten Sensibilität gegenüber Licht. Individuen, welche als Keimlinge beschattet wurden, produzieren im Laufe des Lebenszyklus bedeutend weniger Biomasse als beschattete Jungpflanzen, und diese nochmals signifikant weniger als die Kontrollpflanzen. Diese Minderung geht aus von einer kleineren photosynthetisch aktiven Blattmasse, und ist damit für das Gesamtwachstum der *Rhinanthus*-Pflanze bedeutend. Die Beschattung des Keimlings setzt auch das Höhenwachstum der Pflanze ungefähr um die Hälfte herab. Zudem entziehen diese Pflanzen ihren Wirten proportional bedeutend mehr Kohlenstoff als die unbeschatteten Kontrollpflanzen, effektiv aber weniger aufgrund des verminderten Wachstums. Beschattete Jungpflanzen stecken alle verfügbaren Ressourcen ins Höhenwachstum und erlangen schliesslich dieselbe Unterdrückungskraft wie die Kontrollpflanzen. Lichtmangel im Keimlingsstadium kann hingegen nicht mehr aufgeholt werden, die Beeinträchtigung der Wirtspflanze bleibt geringer. In produktiven Flächen überleben *Rhinanthus* Populationen durch den stetigen Neueintrag von Samen aus benachbarten Flächen. Im Konkurrenzkampf um Licht entwickeln sich fruchtbare Individuen, aufgrund der hohen Keimlingsmortalität und der geringen Dichte jedoch nie stabile Populationen (Tésitel, et al., 2011).

Eine weitere Erkenntnis aus der RGE Studie ist, dass *Rhinanthus minor* unter langzeitigen N, NP oder NPK Applikationen leidet. Obwohl *Rhinanthus*-Arten bekanntlich von N-reichen Wirten profitieren und die N-Konzentration in den Pflanzen bei N-Düngung höher liegen, vermochte *Rhinanthus minor* da nur sehr geringe Bedeckungsgrade zu erreichen. Dies lässt sich wahrscheinlich ebenfalls mit der hohen Dichte der Grasnarbe erklären, welche verhindert, dass *Rhinanthus*-Keimlinge emporwachsen können. Die zweite mögliche Erklärung dafür könnte aber auch eine Veränderung der Morphologie der Wurzeln von Wirtspflanzen sein, was direkt die Verbindung von Parasit und Wirt beeinflusst (Hejcman, Schellberg, & Pavlů, 2011).

Ebenfalls sehr geringe Dichten erreichte *Rhinanthus minor* bei CaNP, CaNPKCl und CaNPK₂SO₄ Düngungen. Dies ist möglicherweise auch auf die verstärkte Beschattung zurückzuführen, oder auf einen direkten, negativen Einfluss der hohen P Verfügbarkeit auf die Verbindung von Parasit und Wirt. Eine frühere Studie, laut welcher bei einer hohen P Verfügbarkeit im Boden der Effekt vom

Parasiten auf den Wirt minimal war und die parasitische Leistung merklich sank, bestätigt dies. Der Fluss von Wasser und Nährstoffen vom Wirt zum Parasiten wurde durch eine veränderte Wurzelmorphologie und eine erhöhte Meristemaktivität der Wirtspflanze sowie durch eine verringerte Haustorienbildung und demzufolge einen schlechteren Erfolg beim Anzapfen durch den Parasiten reduziert. Eine hohe pflanzenverfügbare P Konzentration verhindert demnach das Vorkommen von *Rhinanthus minor* im Wiesland (Hejcman, Schellberg, & Pavlů, 2011).

In einer anderen Studie wird vermutet, dass Phosphor oftmals der wachstumshemmende Faktor für nicht-parasitierende Individuen ist, da dieser Nährstoff im Boden nur limitiert mobil ist, und die Wurzeln von *Rhinanthus* schlecht zur Aufnahme dienen. Demnach wäre die Abzapfung von Xylem-Phosphat bei Wirtspflanzen der wichtigste Faktor, welcher das Wachstum des Halbparasiten fördert (Phoenix & Press, 2005).

2.5.4 Vegetationstyp

Rhinanthus alectorolophus kommt als weniger strikt an den Lebensraum gebundene Art im Arrhenatherion (Fromentalwiese), in sogenannten Talfettwiesen vor. Ist die Art dominant, gilt sie als Charakterart dieses Lebensraumes (Delarze & Gonseth, 2008). Die Ökologie des Arrhenatherion lässt wiederum auf die Bedingungen schliessen, bei welchen *Rhinanthus* bevorzugt auftritt. Fromentalwiesen kommen auf neutral bis leicht sauren, stets feuchtigkeitshaltigen Böden vor. Meistens handelt es sich um eine tiefgründige, nährstoffreiche Braunerde. Trockenere Fettwiesen an niederschlagsärmeren Standorten enthalten Elemente des Mesobromion (Delarze & Gonseth, 2008). Da solche Übergangsstadien oder auch charakteristische Halbtrockenrasen ertragsärmer sind und die Grasnarbe weniger dicht ist, vermag sich *Rhinanthus* in diesen Lebensräumen ebenfalls anzusiedeln.

Wie auch aus dem vorherigen Unterkapitel hervorgegangen ist, kann sich *Rhinanthus* nur bei geringer Vegetationsdichte, also in relativ unproduktiven Wiesen etablieren. Die Vegetation muss dicht genug sein, um einen erfolgreichen Wurzelparasitismus zu ermöglichen aber nicht so dicht, dass *Rhinanthus* nicht mehr konkurrenzfähig ist und verdrängt wird. Aus verschiedenen Studien geht als Schwellenwert eine Biomasse von 5t/ha (Hejcman, Schellberg, & Pavlů, 2011) oder 8-10t/ha (Westbury & Dunnett, 2007) hervor, über welcher *Rhinanthus* nicht mehr konkurrenzfähig ist. Eine andere Quelle über *Rhinanthus angustifolius* nennt den Schwellenwert von 600g Erntegut (ständig crop) pro Quadratmeter. Als der Ertrag der Fläche darunter fiel, konnte sich *Rhinanthus angustifolius* etablieren (Ameloot, et al., 2006). Diese Tatsache ist demnach einer der Gründe, weshalb vorwiegend ungedüngte ökologische Ausgleichflächen von grossen *Rhinanthus*-Beständen betroffen sind.

So ist in einigen Quellen auch zu lesen, dass sich allgemein lückige Bestände als begünstigender Faktor für das Auftreten von *Rhinanthus alectorolophus* auswirken. (Schmid & Obrist, 2006). In manchen Fällen bleibt aber unklar, ob die häufige Assoziation von *Rhinanthus* mit Flächen von tiefer und lückiger Vegetation eine Folge von unterdrückten Gräsern ist oder ob *Rhinanthus* sich bevorzugt solche Flächen zur Kolonisation aussucht (Davies, et al., 1996).

Wenn hingegen über längere Zeit das Heu von einer Fläche abtransportiert wird und gleichzeitig keine Düngung erfolgt, kann dies zu einer Bodenversauerung führen, was das Aufkommen von Moos begünstigt. Moose unterdrücken durch ihre dicke Schicht auf mechanische Art und Weise das Wachstum von Keimpflanzen (Ameloot, et al., 2006). Die Hypothese, dass Moose demnach auch eine Rolle spielen in der Überlebensfähigkeit von *Rhinanthus*-Keimlingen, konnte in der RGE-Studie aber nicht bestätigt werden (siehe Kapitel 2.5.3.3) (Hejcman, Schellberg, & Pavlů, 2011).

Weiter gelten verdichtete Böden als begünstigender Faktor für *Rhinanthus* (Schmid & Obrist, 2006). Möglicherweise verhindert ein verdichteter Boden das Wachstum einer lückenlosen, dichten Grasnarbe und senkt allenfalls die Produktivität, was die Etablierung von *Rhinanthus* besser möglich macht.

2.6 Wie verändert sich die Vegetation in Flächen mit *Rhinanthus*?

Halbparasiten können einerseits Einfluss auf das Ergebnis kompetitiver Interaktionen zwischen Wirts-Arten nehmen und andererseits Gleichgewichte zwischen Wirtspflanzen und Nicht-Wirtspflanzen verschieben. Auf diese Weise verändern sie die Struktur gesamter Pflanzengesellschaften (Joshi, Matthies, & Schmid, 2000).

Rhinanthus spp. sind keine wirtsspezifischen Halbparasiten und haben ein breites Wirtsspektrum. Dennoch beeinflussen sie aber nicht alle Arten gleich und es sind eindeutige Präferenzen erkennbar. So ist inzwischen belegt, dass Gräser und andere Monokotyledonen mehr geschädigt werden als perennierende Dikotyledonen (Ameloot, Verheyen, & Hermy, 2005). Die Flächenbedeckung mit Gras ist stark negativ korreliert mit dem Bedeckungsgrad des Halbparasiten einerseits im selben Jahr, jedoch noch viel stärker im Jahr zuvor (Ameloot, et al., 2006). Leguminosen sind wegen ihres hohen Stickstoffgehaltes weitere beliebte Wirtspflanzen, jedoch werden nicht alle Arten gleich stark parasitiert. Eine Studie beschrieb eine Zunahme der Biomasse von *Trifolium pratense* und eine Abnahme der Biomasse bei anderen Leguminosen (Ameloot, Verheyen, & Hermy, 2005).

Der Unterschied zwischen den funktionellen Gruppen beruht auf Resistenzreaktionen, welche in der Ordnung der *Poales* weniger häufig beobachtet wurden. Daher verschieben *Rhinanthus* spp.

meist das Gleichgewicht in Pflanzengesellschaften zu Gunsten von Dikotyledonen auf Kosten von Gräsern (Cameron, White, & Antonovics, 2009; Davies et al., 1996).

Demgegenüber gibt es auch die Aussage, dass *Rhinanthus* stets den dominierenden Vegetationstyp unterdrückt, unabhängig von seiner Qualität als Wirtspflanze (Davies, et al., 1996). Dies würde bedeuten, dass bei einem Vorherrschen von Grasarten auf einer Versuchsfläche diese unterdrückt werden. Sind hingegen Zweikeimblättrige dominant, so werden jene geschwächt.

Eine Studie dokumentierte die häufigsten Arten neben dem persistenten Vorkommen von *Rhinanthus angustifolius*: *Agrostis capillaris*, *Anthoxanthum odoratum*, *Holcus lanatus*, *Plantago lanceolata*, *Poa trivialis*, *Potentilla anserina*, *Ranunculus repens*, *Rumex acetosa* und *Rumex crispus* (Ameloot, et al., 2006).

In einer englischen Feldstudie (siehe Kapitel 2.3) wurden *Bromus hordeaceus* und *Ranunculus acris* zusammen mit *Rhinanthus minor* assoziiert. Weiter kamen auch *Conopodium majus*, *Plantago lanceolata*, *Prunella vulgaris*, *Taraxacum officinale* und *Trifolium pratense* neben dem Parasiten vor. In den Plots, welche zusätzlich mit Samenmischungen eingesät wurden, konnten neben einem *Rhinanthus* Vorkommen von 31.5% auch *Achillea millefolium*, *Anthriscus sylvestris*, *Centaurea nigra*, *Geranium sylvaticum*, *Geum rivale*, *Leontodon hispidus*, *Leucanthemum vulgare*, *Primula veris* und *Stachys officinalis* beobachtet werden (Smith, et al., 2000).

2.6.1 Auswirkungen auf die Vegetation in Abhängigkeit der *Rhinanthus*- Dichte

Daten von verschiedenen Feldstudien wurden einander gegenübergestellt und ergaben überraschende Ergebnisse: Es konnte in keiner der neun Studien eine Korrelation zwischen der Dichte des Parasiten und der Änderung in der totalen oder in der Wirts-Biomasse festgestellt werden (Ameloot, Verheyen, & Hermy, 2005).

Davies et al., (1996) berichtete von einer Reduktion der überirdischen Biomasse nur bis zu einer Individuenzahl des Parasiten von 80 Pflanzen pro Quadratmeter. Wird dieser Schwellenwert überschritten, findet keine weitere Reduktion der Biomasse mehr statt. In natürlichen *Rhinanthus*-Populationen sind zwischen 4 und 1000 Pflanzen pro Quadratmeter beobachtbar.

Laut Smith et al., (2000) wurde der Effekt, dass *Rhinanthus* den Grasertrag senkt und Nischen öffnet für andere Arten und somit die Diversität erhöht, erst ab einer Dichte von 40 Pflanzen pro Quadratmeter beobachtet.

2.6.2 Veränderungen der Artenvielfalt

Die Studien sind sich nicht einig in Bezug auf die Frage, wie sich das Vorkommen von *Rhinanthus* auf die Artenvielfalt auswirkt. Während in einigen Studien eine höhere Diversität beobachtet wird, verzeichnen andere Studien eine Abnahme der Artenvielfalt (Ameloot, Verheyen, & Hermy, 2005).

Ein Experiment zum Einfluss von *Rhinanthus minor* auf neu erstellten Wiesen verzeichnete überhaupt keinen Zusammenhang zwischen der Präsenz von *R. minor* und der Artenzahl und Diversität (Westbury & Dunnett, 2007).

Wie die Schweizer Studie mit *Rhinanthus alectorolophus* aus dem Jahr 2000 (siehe auch Kapitel 2.2) zeigte, wird die Resistenz von Wirtsgesellschaften gegenüber Verunkrautung durch den Halbparasiten besonders in Flächen von kleiner Diversität geschwächt. So war in Flächen von kleiner Diversität der Anteil an offenem Boden, die Zahl unkrautähnlicher Pflanzen und deren Deckungsgrad nach dem Absterben von *Rhinanthus* höher als in Flächen von kleiner Diversität. Indem also die Resistenz von artenarmen Gesellschaften gegenüber Neuansiedlungen geschwächt wird, vermag der Halbparasit möglicherweise mittelfristig tatsächlich die Diversität von Wirtsgesellschaften zu erhöhen, wenn mehr Arten die Chance haben sich zu etablieren. So könnte spekuliert werden, dass diese Förderung der Artenvielfalt letztendlich zu einem stabilen Gleichgewicht von parasitieren Ökosystemen führt. Die erhöhte Stressresistenz der sich diversifizierenden Wirtsgesellschaft würde der geringeren Invasionsresistenz die Balance halten (Joshi, Matthies, & Schmid, 2000).

Die Studie kommt also zum Schluss, dass eine längerfristige Anwesenheit von *Rhinanthus* die Artenvielfalt durch die Schaffung von sogenannten Regenerationsnischen oder verfügbarem Platz für das Kolonisieren neuer Arten fördern kann (Joshi, Matthies, & Schmid, 2000).

Eine andere Studie zeigt, dass, angenommen der Parasit bevorzugt Grasarten als Wirte, *Rhinanthus* spp. die Diversität erhöhen oder senken können: Sind diese Monokotyledonen dominant, werden sie durch die Parasitierung unterdrückt, es entstehen Lücken für neue Arten und die Diversität wird gesteigert. Sind in einem System hingegen die Grasartigen untervertreten, werden sie trotzdem parasitiert und die Vielfalt der Pflanzengesellschaft sinkt (Phoenix & Press, 2005).

Ähnlich vermuten Westbury & Dunnett (2007), dass die Effizienz von *Rhinanthus* zur Grünlandrestauration stark davon abhängt, ob gegen ihn wenig oder nicht anfällige Arten in der Wiese vorhanden sind oder nicht.

Eine bereits erwähnte Studie kommt zu folgendem Schluss: Die floristischen Veränderungen verbunden mit der Präsenz von *Rhinanthus* sind generell eine Förderung der Dikotyledonen und eine Eindämmung des Graswachstums. Da *Rhinanthus* spp. auch bekannt dafür sind, in artenvielfältigen Flächen vorzukommen, ist es unwahrscheinlich, dass ihre Einführung unerwünschte ökologische Folgen hat. Daher eignen sie sich zur Grünlandrestauration (Davies, et al., 1996).

2.7 Wie sieht das Ausbreitungsmuster von *Rhinanthus* aus?

Die beflügelten Samen, werden leicht vom Wind transportiert (Abb. 5). Ebenso, kann eine Ausbreitung durch getrocknete Pflanzenteile bewirkt werden, an welchen die Samen haften (Smith, et al., 2000).



Abb. 5 Samenstände *Rhinanthus alectorolophus* in getrocknetem Zustand

Zum Ausbreitungsmuster ist aus der Literatur aber allgemein wenig bekannt. Eine Quelle schlägt vor, dass Hemiparasiten wie *Rhinanthus* spp. nur als sich bewegende Wolken in Pflanzengesellschaften vorkommen, ihren Wirt in einem bestimmtem Gebiet dezimieren und in neue Territorien wandern, bis sich der Wirt in diesen ehemals befallenen Flächen wieder erholt hat und sie erneut einwandern können (Cameron, White, & Antonovics, 2009).

Die mathematischen Modelle der Studie zu den Dynamiken in Pflanzen-Gesellschaften zeigten auch, dass viele Interaktionen, welche den Hemiparasiten einbinden, intransitiv sind, es also keine geordnete Hierarchie für übergeordnete und untergeordnete Konkurrenten gibt. Die drei funktionellen Hauptkomponenten waren der Halbparasit (*R. minor*), Gräser und Kräuter. Die Experimente zeigten, dass *R. minor* die Leistung der Gräser reduziert, Kräuter aber stärker sind als *R. minor*. Zusätzlich wird angenommen, dass Gräser Kräuter aus dem Feld schlagen.

Aus Parametern, welche unter nährstoffarmen Bedingungen gewonnen wurden, gingen in der Simulation stabile deterministische Dynamiken hervor. Unter nährstoffreichen Bedingungen waren die Dynamiken unstabil, wurden aber in räumlich detaillierten Modellen stabilisiert. Die Ergebnisse ändern sich aber je nach anfänglichen räumlichen Mustern und Häufigkeiten.

Diese Simulationen erklären also, weshalb durch *Rhinanthus* unvorhersehbare Verschiebungen in der Pflanzengesellschaftsstruktur geschehen können (Cameron, White, & Antonovics, 2009).

2.8 Gibt es einen Ausmagerungseffekt durch *Rhinanthus*?

Rhinanthus hat nicht nur direkten Einfluss auf Wirtspflanzen und kompetitive Interaktionen, sondern nimmt auch Einfluss auf Faktoren wie Wasserhaushalt, Nährstoffflüsse und Blatttemperaturen, was sich wiederum indirekt auf die Wirtspflanzen auswirkt (Phoenix & Press, 2005).

Eine Parasitierung bedeutet eine grosse Wasser- und Nährstoffsinke (Ameloot, et al., 2008), wobei der Transfer von Nährstoffen zwischen Haustorien und Wirtswurzeln nicht selektiv geschieht. Die Nährstoffe Phosphor und Stickstoff reichern sich besonders in den Blättern von *Rhinanthus* an (Phoenix & Press, 2005).

Studien mit *Rhinanthus minor* und *Hordeum vulgare* (Gerste) als Wirtspflanze zeigten, dass 20% der Gesamtwasseraufnahme an den Halbparasiten ging. Weiter wurden 18% des Stickstoffes, 22% vom Phosphor und 20% des Kaliums übertragen. Diese Resultate waren den Transferraten von *Cynosurus cristatus* zu *Rhinanthus minor* sehr ähnlich.

Der Stickstoff-Gehalt des Grases war in parasitierten Flächen (mit *Rhinanthus minor* oder *R. angustifolius*) um 30% erhöht gegenüber der Kontrollfläche. Die N-Gehalte der gesamten geernteten Biomasse waren indessen nicht signifikant erhöht, da zur Zeit der Heuernte beim Halbparasiten nur noch die stickstoffarmen Stängel vorhanden waren. Zusammen mit der massiven Reduktion der Gesamtbiomasse wurde gegenüber den nicht parasitierten Flächen netto weniger Stickstoff vom Feld weggeführt. Ausserdem wurde eine verbesserte Stickstoffverfügbarkeit festgestellt. Mögliche Erklärungsansätze dafür sind, dass die Pflanzen unter dem Druck des Parasitismus neue N-Quellen in tieferen Bodenschichten suchen. Wenn die stickstoffreichen Blätter von *Rhinanthus* abfallen, bleiben diese meist auf dem Feld liegen und werden mineralisiert.

Diese Effekte im Stickstoffkreislauf könnten den restaurierenden Charakter der *Rhinanthus*-Arten zunichtemachen. In besagter Studie führte die verbesserte Stickstoffverfügbarkeit hingegen nicht zu einer Erhöhung der oberirdischen Gesamtbiomasse. Dies könnte damit zusammenhängen, dass in Europa oft nicht der Stickstoff der limitierende Wachstumsfaktor ist (Ameloot, et al., 2008).

2.9 Welche natürlichen Antagonisten hat *Rhinanthus*?

Neben den bekannten Antagonisten wie Mensch und Herbivoren, hat *Rhinanthus* auch spezialisierte Fressfeinde. Einer davon ist der Klappertopf-Kapselspanner *Perizoma albulata*. Die Raupen ernähren sich von *Rhinanthus*-Pflanzen, insbesondere von *R. alectorolophus* und *R. minor* (Natur Schmetterlinge, 2013). Sie leben von Juni bis August in den Fruchtkapseln von *Rhinanthus*, welche sie auch wechseln. Die Puppen überwintern und die Falter fliegen von Mai bis Juli.

Perizoma albulata ist fast in ganz Europa verbreitet, sein Vorkommen ist aber durch den Verlust an Magerwiesen, welche spät gemäht werden, stellenweise zurückgehend, teils sogar gefährdet. Da die

Raupe in den Sommermonaten in den Kapseln von *Rhinanthus* lebt und sich von den reifenden Samen ernährt, erträgt sie auch nur eine extensive Beweidung. Im Jura kommt der Falter aber noch verbreitet vor (Wagner, 2013) und im Graubünden, Wallis und Tessin gibt es Nachweise (Ziegler, 2013).

3 Material und Methoden

3.1 Befragung von Landwirtinnen und Landwirten

Dieser methodische Teil umfasst die Befragung von betroffenen Landwirtinnen und Landwirten zu den behandelten Fragestellungen aus dem Theorieteil, um die Angaben aus der Literatur zu prüfen und daraus Ansätze für die Empfehlung zu gewinnen.

Die befragten Personen sind ausschliesslich Landwirtinnen und Landwirte. Aufgrund der Tatsache, dass diese Berufsgruppe in den Frühlingsmonaten sehr viel zu tun hat, werden die Befragungen persönlich oder per Telefon durchgeführt. Auf den Versand des Fragebogens per Post oder E-Mail wird verzichtet, weil die Vermutung naheliegt, dass die Teilnehmer während dieser Periode kaum Zeit für Büroarbeit finden und die Rücklaufquote dementsprechend gering wäre.

Die Erstellung eines geeigneten Fragebogens stützt sich unumgänglich auf die kognitionspsychologische Forschung. Die befragten Teilnehmer müssen sich verschiedenen Herausforderungen stellen nämlich: 1. die gestellte Frage verstehen, 2. Relevante Informationen zur Beantwortung der Frage aus dem Gedächtnis abrufen, 3. Auf der Basis dieser Informationen ein Urteil bilden, 4. Dieses Urteil gegebenenfalls in ein Antwortschema einpassen und 5. ihr privates Urteil vor Weitergabe an den Interviewer bzw. den Fragebogen gegebenenfalls editieren.

Die folgenden Ausführungen, wie ein Fragebogen aufgebaut werden sollte, entstammen dem Buch von Rolf Porst "Fragebogen Ein Arbeitsbuch 3. Auflage" (Porst, 2011).

Damit der Umfragen-Teilnehmer die gestellte Frage versteht, braucht es zuerst das semantische Verständnis, das heisst er muss wissen, was eine Frage oder ein Begriff bedeutet. Des Weiteren muss der Befragte den Fragen entnehmen können, was der Interviewer eigentlich wissen möchte und wie detailliert die Antwort ausfallen soll.

Danach sucht der Befragte in seiner Erinnerung nach Informationen, solange bis er denkt, sich damit ein Urteil bilden zu können. Es gilt dabei zu beachten, dass je weniger ausgeprägt oder allgemein vertrauter die Thematik ist, die Suche nach Informationen im Gedächtnis umso schwieriger ist. Die Antworten enthalten auch nur die Informationen die dem Teilnehmer zuerst in den Sinn gekommen sind.

Später wird das gebildete Urteil an den Fragebogen weitergegeben, dabei muss der Teilnehmer entscheiden, welche vorgegebene Auswahl sein Urteil am besten repräsentiert.

Auf der ersten Seite des Fragebogens stehen Informationen. Im vorliegenden Fall wären dies vor allem Gedankenstützen für den Interviewer, ein paar Sätze über den Hintergrund und Zweck dieser Befragung und den Hinweis auf den Datenschutz.

Um inhaltlich ein Gesamtbild der Situation zu erhalten, braucht es Fragen über Meinung, Wertehaltungen, Wissen, Verhalten und soziodemographischen Daten der interviewten Person.

Geschlossene Fragen mit Einfach- oder Mehrfachnennungen sind statistisch leicht auszuwerten, während offene, selbstformulierte Antworten zwar die genauere Antwort wiedergeben, aber schwer auszuwerten sind. Eine Kompromisslösung stellen die halboffenen Fragen dar, das heisst ein Antwortschema und zuletzt die Möglichkeit eine eigene Kategorie zu notieren.

Geschlossene Fragen werden nur dann verwendet, wenn man alle möglichen Antworten sicher kennt.

Offene Fragen werden dann eingesetzt, wenn man zum Befragungsgegenstand noch nicht viel weiss, es eine grosse Auswahl an Antwortmöglichkeiten gibt, oder wenn man es verhindern möchte den Befragten in eine spezifische Richtung zu lenken.

Wird in einer Skala jedes Item verbalisiert, vereinheitlicht dies die Befragungsbedingungen, während Skalen, wo nur der Anfangs- und Endpunkt ausformuliert sind einen Interpretationsspielraum offen lassen.

Skalen mit ungerader Anzahl möglichen Antworten begünstigen die Tatsache, dass die Mittlere Kategorie als Ausweichmöglichkeit benutzt wird, wenn man keine Meinung zum Thema hat oder sich nicht positionieren kann. Abhilfe schafft hier eventuell eine verbalisierte Antwortkategorie wie "keine Antwort", diese sollte aber nur sehr sparsam eingesetzt werden.

Als Faustregel für die Breite der Skalen gilt: Bei einer Endpunktbenannten Skala, fünf bis neun Ankreuzmöglichkeiten. In verbalisierten Schemen sollte die Breite zwischen vier bis sechs Kategorien liegen. Generell gilt es, die Skalenrichtung im Fragebogen nicht zu verändern.

Da die Umfrage akustisch ablaufen wird, ist es sinnvoller die Skala vom höchsten zum niedrigsten Wert laufen zu lassen und diese auch so vorzulesen.

Beim Formulieren der Fragen gilt es einige Regeln zu beachten: Die Fragen sollten einfach, kurz, ohne Fremdwörter und mit eindeutigen Begriffen geschrieben sein. Es sollte vermieden werden Fragen mit doppeltem Stimuli oder doppelter Verneinung zu stellen. Des Weiteren sind suggestiv Fragen oder hypothetische Fragestellung meist kontraproduktiv. Wichtig sind auch der eindeutige, zeitliche Bezug und Antwortkategorien, die überschneidungsfrei und erschöpfend sind. Fehlt der befragten Person das Wissen, um eine Frage beantworten zu können, nimmt die Motivation sich

konstruktiv an der Umfrage zu beteiligen sehr schnell ab. Also müssen die Fragen gut auf das Publikum zugeschnitten sein.

Eine sinnvolle und durchschaubare Fragenreihenfolge hilft den interviewten Personen sich zurechtzufinden, alle soziodemographischen Fragen werden dabei an den Schluss der Umfrage gestellt.

Der gesamte entwickelte Fragebogen ist im Anhang F zu finden.

3.1.1 Fragen zum Schwerpunkt Landwirtschaft

Es werden betroffene Landwirtinnen und Landwirte zu den Erfahrungen mit *Rhinanthus* und über Beobachtungen im Zusammenhang mit folgenden Themen befragt:

- Giftigkeit
- Ertrag
- Behandlungsmethoden

3.1.2 Fragen zum Schwerpunkt Ökologie

Es werden betroffene Landwirtinnen und Landwirte zu den Erfahrungen mit *Rhinanthus* und über Beobachtungen im Zusammenhang mit folgenden Themen befragt:

- Auftreten
- Dynamik
- Vegetationsveränderungen

3.2 Vegetationsanalyse zum Einfluss unterschiedlicher *Rhinanthus*- Dichten

Anhand einer Vegetationsanalyse im Feld wird die Frage untersucht, ob ein Zusammenhang zwischen der Befallsdichte von *Rhinanthus* und der Artenzusammensetzung und -vielfalt sowie des Deckungsgrades besteht und wie dieser aussieht.

Fragestellungen

- Wie beeinflusst *R. alectorolophus* die Artenzusammensetzung, die Artenzahl und den Deckungsgrad der einzelnen Arten in der untersuchten Ökowiese?
- Nimmt bei hohen *Rhinanthus*-Dichten die Biodiversität ab?
- Ermöglichen niedrige *Rhinanthus*-Dichten eine höhere Artenvielfalt?
- Werden gewisse Arten durch *Rhinanthus* verdrängt?

Weitere Fragestellungen, die anhand einer einmaligen Vegetationsanalyse nicht beantwortet werden können:

- Was geschieht mit dem *Rhinanthus*-Bestand und der Artenvielfalt über mehrere Jahre, wenn keine Massnahmen ergriffen werden?
- Unter welchen Umständen kann die Biodiversität durch *Rhinanthus* gefördert werden?

Hypothesen

1. H₀: Die Artenzahl im Untersuchungsgebiet mit hoher *R. alectorolophus* Dichte ist nicht signifikant kleiner als in Flächen mit niedriger *R. alectorolophus* Dichte.

1. H₁: Die Artenzahl im Untersuchungsgebiet mit hoher *R. alectorolophus* Dichte ist signifikant kleiner als in Flächen mit niedriger *R. alectorolophus* Dichte.

2. H₀: Die Artenzusammensetzung im Untersuchungsgebiet mit viel *R. alectorolophus* unterscheidet sich nicht signifikant von der Artenzusammensetzung im Untersuchungsgebiet mit wenig *R. alectorolophus*.

2. H₁: Die Artenzusammensetzung im Untersuchungsgebiet mit viel *R. alectorolophus* unterscheidet sich signifikant von der Artenzusammensetzung im Untersuchungsgebiet mit wenig *R. alectorolophus*.

3. H₀: Der Deckungsgrad der einzelnen Arten im Untersuchungsgebiet mit hoher *R. alectorolophus* Dichte unterscheidet sich nicht signifikant von dem Deckungsgrad im Untersuchungsgebiet mit niedriger *R. alectorolophus* Dichte.

3. H₁: Der Deckungsgrad der einzelnen Arten im Untersuchungsgebiet mit hoher *R. alectorolophus* Dichte unterscheidet sich signifikant von dem Deckungsgrad im Untersuchungsgebiet mit niedriger *R. alectorolophus* Dichte.

Untersuchungsgebiet

Als Untersuchungsgebiet diente eine extensive Wiese nahe bei Studen (Gemeinde Unteriberg, Bezirk Schwyz) im Kanton Schwyz. Die Parzelle liegt aber zum grössten Teil noch in der Ortschaft Euthal, welche zur Gemeinde und zum Bezirk Einsiedeln gehört.

Studen liegt in einem Tal südöstlich des Sihlsees und liegt auf ca. 900 m.ü.M. (Abb. 6). Es handelt sich um ein sehr feuchtes Gebiet mit vielen Riedwiesen und inzwischen geschützten Feuchtzonen. Viele Flächen wurden früher für die landwirtschaftliche Nutzung drainiert und werden seither intensiver bewirtschaftet. Neue Drainagen werden heute aber kaum mehr bewilligt. Die untersuchte Parzelle wurde vor dreissig Jahren drainiert und dann dreischürig bewirtschaftet. Seit sechs Jahren ist sie nun als extensive Wiese angemeldet und wird entsprechend ohne Düngung als zweischürige Wiese genutzt. Sie entwickelt sich langsam zurück zu einer Streuwiese.

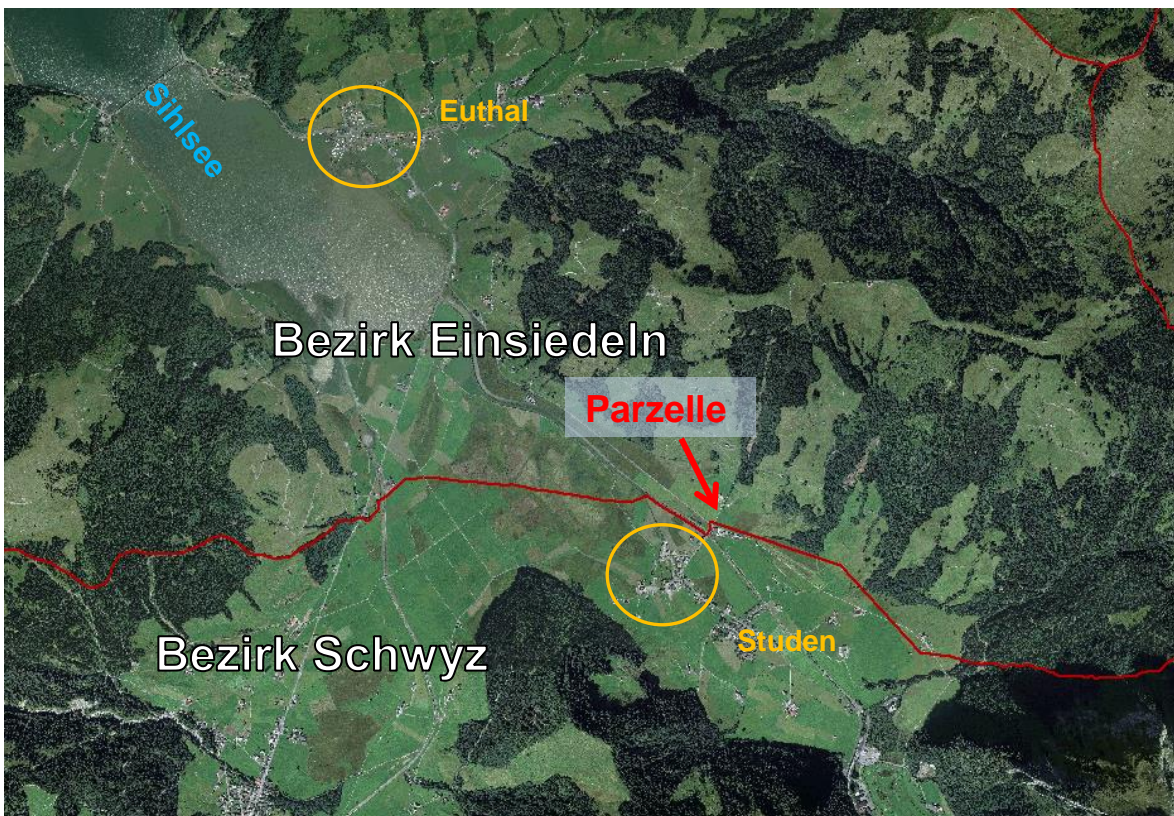


Abb. 6: Übersichtskarte (webmap.sz.ch, 2013)

Plot design

In einem ersten Schritt wurden zwei Straten definiert, die sich lediglich im Deckungsgrad von *Rhinanthus* unterscheiden. Im Stratum 1 werden Zonen zusammengefasst, in welchen *Rhinanthus* einen kleinen Deckungsgrad aufweist, im Stratum 2 macht *Rhinanthus* einen grösseren Anteil aus. Als geringer *Rhinanthus*-Bestand gilt ein Deckungsgrad von mindestens 1% und maximal 25%, als dichte Bestände gelten für diese Untersuchung Flächen, in denen der *Rhinanthus* einen Deckungsgrad von über 25% ausmacht (Abb. 7).

Leider war es anhand eines Luftbildes nicht im Voraus möglich zu erkennen, wo sich auf der Parzelle viel oder wenig *Rhinanthus* befindet. Es war aber bekannt, dass der Halbparasit auf diesen Flächen in vorherigen Jahren dichte Bestände bildete. Eine Unterteilung in die beiden definierten Straten konnte vorgängig jedoch nicht vorgenommen werden. Die Unterteilung erfolgte beim Besuch der Flächen, zum Zeitpunkt als *Rhinanthus* langsam heranwuchs.

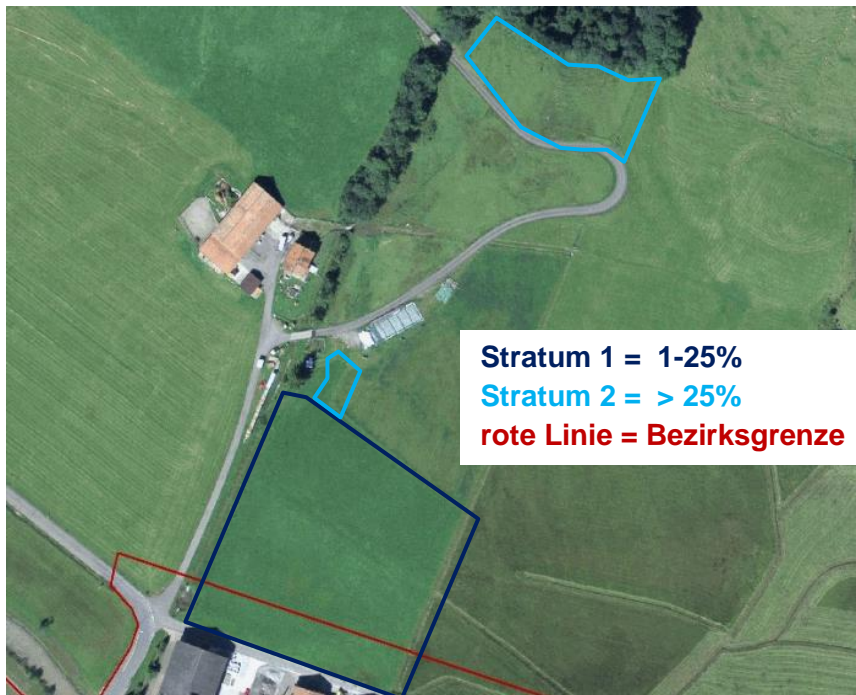


Abb. 7: Übersichtsplan der beiden Straten (webmap.sz.ch)

Eine Auswahl von möglichen Stichprobenpunkten konnte ebenfalls erst vor Ort getroffen werden. Für die Bestimmung der Straten sowie der Stichprobenpunkte wurde die untere Parzelle als erstes aus einer Distanz von einer etwas höher gelegenen Fläche aus betrachtet. Somit wurde erkennbar, wo die Fläche in ihrem Wasserhaushalt und somit auch im Graswuchs ungefähr homogen war. Die beiden Straten waren schnell definiert. Die geeigneten Stichprobenpunkte für beide Straten mussten jedoch in der Parzelle gesucht werden, da *Rhinanthus* noch nicht in Blüte war und deutlich weniger dichte Bestände bildete, als erwartet war.

Konkret wurde die Parzelle durchschritten und nach den noch grünen *Rhinanthus*-Pflanzen abgesehen. Es wurden schliesslich effektiv 5 Flächen à 1m² mit wenig und 5 Flächen à 1m² mit viel *Rhinanthus* untersucht.

Die Wahl der Stichprobenpunkte erfolgte nach den folgenden Kriterien:

- Die Flächen weisen die entsprechenden *Rhinanthus*- Dichten auf:
 - Im Stratum 1 weist der Stichprobepunkt von 1 m² mindestens ein *Rhinanthus*- Individuum auf, der Halbparasit erreicht jedoch nach Schätzungen maximal 25% Deckungsgrad.
 - Im Stratum 2 erreicht der *Rhinanthus* mindestens einen Deckungsgrad von 25%.
- Die *Rhinanthus*- Individuen weisen keine Wuchsstörungen auf.
- Die Fläche wurde in diesem Jahr weder gemäht noch beweidet.

- Im Umkreis von 1.5 m um das Aufnahmezentrum befinden sich keine Störungen wie grössere Steine, Wasserlacken, stark beschädigte Grasnarbe, Holzstücke oder Abfall.

Da die Flächen aufgrund dieser Kriterien bestimmt wurden, mussten an dieser Stelle keine Verschiebungsregeln definiert werden.



Abb. 8: Stichprobenpunkte im Stratum 1 (706'376/215'059 bis 706'420/214'931) und Stratum 2 (kleine Fläche, 706'388/ 215'075 bis 706'393/ 215'053)

Auf dieser Teilparzelle wurden die Stichprobenpunkte des Stratum 1 und ein einzelner Stichprobenpunkt (2E) für Stratum 2, im oberen kleinen Teil, ausgewählt.

Bei der Wahl wurde darauf geachtet, dass Abstände mindestens 3 Meter betragen und die Stichprobenpunkte ungefähr in der Parzelle verstreut lagen, damit sich trotz visueller Auswahl eine einigermaßen repräsentative Zusammensetzung ergab (Abb. 8).



Abb. 9: Stichprobenpunkte im Stratum 2 (oberes Feld, 706'460/215220 bis 706'511/ 215'159)

Diese Teilparzelle grenzt im oberen Bereich an Wald, zu welchem ebenfalls ein Abstand von mindestens 3m eingehalten wurde (Abb. 9).

3.2.1 Datenverarbeitung

Die Vegetationsaufnahmen wurden im Datenverarbeitungsprogramm VEGEDAZ elektronisch erfasst und ausgewertet. Die Artenzahl und der Gesamtdeckungsgrad jeder Stichprobe konnte mithilfe dieses Programmes berechnet werden. Auch die Zeigerwerte der Arten konnten mit VEGEDAZ ermittelt und gewichtete sowie arithmetische Mittel der Zeigerwerte berechnet werden. Diese Berechnung diente insbesondere der Überprüfung, ob die einzelnen Stichproben in ihren biotischen und abiotischen Faktoren vergleichbar sind. Weiter konnten mit der Software die floristischen Ähnlichkeiten der einzelnen Stichproben berechnet und die Stichproben danach gruppiert werden. Hier konnte anhand der Gruppierungen abgelesen werden, ob zwei Stichproben aus den verschiedenen Straten eine hohe floristische Ähnlichkeit aufwiesen und somit *Rhinanthus* keine bedeutsame Auswirkung hatte oder ob die floristische Ähnlichkeit nur sehr gering war und daher ein Einfluss des Halbparasiten nicht ausgeschlossen werden kann.

Berechnung der mittleren Zeigerwerte nach Landolt

Mit dem VEGEDAZ Programm lassen sich die mittleren Zeigerwerte der aufgenommenen Arten berechnen. In einem ersten Schritt müssen hierfür die Zeigerwerte der Arten bereinigt werden. Dies bedeutet, dass wenn für gewisse Arten keine Zeigerwerte hinterlegt sind, die Begriffsbezeichnung für diese Arten mit der neusten Ausgabe der Flora Helvetica abgeglichen werden müssen, damit Zeigerwerte für die entsprechenden Arten gefunden werden. Dies musste für mehrere Arten durchgeführt werden.

Dann wurde das arithmetische sowie das gewichtete Mittel für die folgenden Zeigerwerte ausgerechnet: Feuchte-, Licht-, Temperatur-, Kontinentalitäts-, Reaktions-, Nährstoff-, Humus- und Dispersitätszahl, für das fließende Bodenwasser und die Wechselfeuchtezahl.

Beim gewichteten Mittel werden die Deckungsgeraden der einzelnen Arten berücksichtigt, während diese beim Errechnen des einfachen, arithmetischen Mittels keine Rolle spielen.

Berechnung der floristischen Ähnlichkeit

Am einfachsten wird die floristische Ähnlichkeit von verschiedenen Aufnahmen in einer Ähnlichkeitsmatrix dargestellt. Eine solche Matrix kann mit VEGEDAZ erstellt werden. Zur Berechnung der darin enthaltenen Werte, welche die floristischen Ähnlichkeiten verschiedener Aufnahmen ausdrücken, stehen im VEGEDAZ zwei verschiedene Methoden zur Auswahl.

Der Jaccard-Koeffizient

Dieser Koeffizient berücksichtigt nur, ob eine Art präsent ist oder nicht. Daher spielt es bei diesem Ähnlichkeitsmass keine Rolle, ob eine Art häufig oder selten vorkommt.

Der Van der Maarel-Koeffizient

Mit diesem Koeffizient wird nicht nur die Präsenz oder Abwesenheit einer Art betrachtet, sondern auch ihr Deckungsgrad berücksichtigt. Dies kann zu ganz anderen Ähnlichkeitswerten führen, welche oftmals den optischen Eindruck besser zu widerspiegeln vermögen.

Cluster-Analysen nach den Jaccard- und Van der Maarel-Koeffizienten

Schliesslich werden Cluster-Analysen durchgeführt und zur Darstellung Dendrogramme erstellt. Diese schlagen Gruppierungen der Aufnahmen aufgrund ihrer floristischen Ähnlichkeit vor.

Artenzusammensetzung im Zusammenhang mit *Rhinanthus*

Ob und wie sich die Artenzusammensetzung unter dem Einfluss von *Rhinanthus* verändert, sollte in einem weiteren Schritt geprüft werden. Dazu konnten aber lediglich die Artenlisten der beiden Straten verglichen werden und auf die Präsenz und Abwesenheit oder auf Veränderungen in den Deckungsgraden einzelner Arten untersucht werden. Dabei wurden speziell Gräser und Kräuter wie auch Leguminosen getrennt angeschaut, da aus der Literatur bekannt ist, dass die verschiedenen funktionellen Gruppen unterschiedlich resistent gegen den Halbparasiten sind. Laut verschiedenen Angaben werden insbesondere die Gräser geschwächt.

Artenzahl und Deckungsgrad im Zusammenhang mit *Rhinanthus*

Zur Beantwortung der Frage, ob die Artenzahl und der Deckungsgrad sich aufgrund von *Rhinanthus* ändern, werden die Resultate der beiden Straten mittels Streudiagrammen verglichen.

3.3 Fotografische Dokumentation

In einem weiteren methodischen Teil werden die *Rhinanthus*-Befallsdichten auf den verschiedenen betroffenen Betrieben fotografisch dokumentiert und zu einem Schlüssel ausgearbeitet. Dieser Schlüssel soll Landwirten dazu dienen, die Dichte von *Rhinanthus* auf dem Feld visuell bestimmen zu können und anhand der vorgefundenen Dichte über das weitere Vorgehen und eventuelle Massnahmen zu entscheiden.

3.4 Kartografische Erhebung mit GIS

Die *Rhinanthus*-Problemflächen vom Kanton Schwyz werden im *Geographic Information System* dargestellt. Zu jeder Parzelle werden die Angaben zum Standort und der Bewirtschaftung erfasst und in den Legenden ersichtlich gemacht. Der zip-Ordner mit allen vorhandenen Daten ist auf der beigelegten CD zu finden.

4 Ergebnisse

4.1 Ergebnisse der Befragung

Die Antworten der insgesamt 10 Befragungen mit Landwirtinnen und Landwirten aus dem Kanton Schwyz und Graubünden wurden zusammengetragen und miteinander verglichen.

4.1.1 Ergebnisse zum Schwerpunkt Landwirtschaft

Ungefähr die Hälfte der befragten Betriebe bewirtschaften ihren Betrieb nach IP- Richtlinien, lediglich ein Betrieb ist ohne Label und die restlichen produzieren nach Bio-Standard. Beobachtungen zur *Rhinanthus*-Problematik in Bezug auf Betriebsumstellungen konnten keine genannt werden.

Neun Parzellen entsprechen der ÖLN-Definition "extensive Wiese". Der *Rhinanthus*-Bestand hat sich seit der Umstellung auf diesen ÖA-Typ bei den Betrieben ähnlich entwickelt. In allen Flächen war *Rhinanthus* vor der Umstellung nicht oder nur vereinzelt vorhanden und nahm entweder gleich nach der Umstellung oder erst Jahre später zu. In Flächen, in welchen *Rhinanthus* schon seit langem vorkommt, unterliegt dessen Bestand jährlichen Schwankungen.

Im Zusammenhang mit unterschiedlichen Bewirtschaftungsweisen wurde die Beobachtung gemacht, dass in normal bewirtschafteten Flächen kein *Rhinanthus* vorkommt. Weiter wurde zweimal ausgeführt, dass bei einer wenig intensiven Wiese *Rhinanthus* zwar vorhanden war, jedoch nie überhandnahm. Einer der befragten Landwirte wusste, dass *Rhinanthus* schon seit Generationen in den Flächen ist. Früher hätte man aber die Bewirtschaftung dem Halbparasiten anpassen können, was heute in Ökoflächen nicht mehr möglich ist. Ein anderer Landwirt bewirtschaftet seine Parzelle nur mit der Sense und einem kleinen Wagen mit Doppelrädern. Er meinte, dieses schonende Management sei für ihn die Methode, um *Rhinanthus* in Schach zu halten. Ein anderer Landwirt versicherte, dass er in der Vergangenheit auf einer extensiven Weide, welche er mit Kühen beweidete, kein *Rhinanthus*-Problem hatte. Ein weiterer äusserte die Beobachtung, dass an Böschungen, welche nicht gemäht werden, fast kein *Rhinanthus* mehr zu finden sei.

Die extensiven Wiesen werden zum definierten Schnittzeitpunkt gemäht, und meistens ab September eine kurze Zeit beweidet. Zwei Betriebe in der Bergzone II schneiden ein weiteres Mal im August. Ein Betrieb in der Talzone hat an exponiertem Südhang eine hochwüchsige, dreischürige extensive Wiese.

Viele Betriebe führen keine Unkrautbekämpfungsmassnahmen auf den betroffenen Flächen durch. Zwei Betriebe machen selten Einzelstockbehandlungen gegen Blacken und auf einem bündneri-

schen Betrieb wird mechanisch gegen den gelben Enzian vorgegangen. Veränderungen auf den *Rhinanthus*-Bestand konnten indessen nicht beobachtet werden.

Zur Frage, ob sich *Rhinanthus* besonders in Lücken etabliert, wurden sehr verschiedene Aussagen gemacht. Zwei Landwirte bestätigen, dass sich die Pflanze vermehrt in Lücken ansiedelt, auf einem Betrieb wird deshalb von Hand gemäht, um die Grasnarbe bestmöglichst zu schonen und auf dem anderen Betrieb werden Lücken mit einer Samenmischung übersät. Andererseits wurde genannt, das *Rhinanthus* einfach überall sei, egal ob lückige Grasnarbe oder nicht. Ein Landwirt erzählte von der besonderen Begebenheit einer Leitungssanierung auf seiner Ökowieze. Obwohl danach eine grosse Lücken in der Vegetation entstanden, besiedelte *Rhinanthus* diese Fläche bisher nicht.

Im Herbst wurden die Flächen jeweils als Vollweiden genutzt und mit Galtvieh, Jungvieh, Mutterkühen, Ziegen oder Pferden beweidet. Da im Herbst der *Rhinanthus* nicht mehr vorhanden ist, konnte auch nichts Auffälliges beobachtet werden. Pferde meiden die Frischpflanze des *Rhinanthus*, sie fressen rundherum und lassen den Halbparasiten einfach stehen, diese Beobachtungen machten zwei Landwirte auf jeweils anderen Weideflächen.

Meistens wird das Futter als Heu konserviert. Auf einigen Betrieben wird dies von den Tieren sehr gerne gefressen, auf anderen Betrieben wird dieses Heu bewusst mit anderem Futter gemischt oder es wurde auch aufgeführt, dass die Tiere die rauen Stiele aussortieren. Drei Betriebe konservieren das Schnittgut in Form von Silage, dies werde erstaunlicherweise anstandslos gefressen von Pferden, Ziegen wie auch Kühen.

Rhinanthus-Befall senkt den Ertrag einer Fläche deutlich, dies wurde einstimmig bestätigt. Zwei Landwirte schätzen die Ertragsminderung auf einen Drittel.

Die Massnahme des Frühschnittes wurde vielfach angewandt und hat durchgehend eine Reduzierung des *Rhinanthus* bewirkt. Bei einer Beweidung mit Pferden würden Fleckenmuster entstehen und bei der Beweidung mit Rindvieh würde der *Rhinanthus* völlig verschwinden.

4.1.2 Ergebnisse zum Schwerpunkt Ökologie

Die Ergebnisse zu den Standortbedingungen, auf welchen *Rhinanthus* vorkommt, zeigten Folgendes: Die Betriebe mit *Rhinanthus*-Problemflächen befinden sich in der Talzone bis und mit Bergzone IV und liegen auf Höhen zwischen 430 bis ungefähr 1600 m. ü. M.. Die Expositionen der Parzellen gehen von Nordwest- über Nord-, bis hin zu Ost-, Südost- und Südausrichtung. Die Geländeformen sind genauso vielfältig. Sie reichen von flach, über hügelig bis hin zu Hanglagen die nicht mehr maschinell befahrbar sind.

Die Resultate zu den Bodeneigenschaften zeigen ebenfalls, dass *Rhinanthus* bei der Wahl seines Standortes nicht besonders spezifisch ist. Die Verbreitung zeigt sich auf leichten, sandigen Böden ebenso wie auf lehmigen und auch auf schweren, tonigen Standorten. Demzufolge kommt *Rhinanthus* auch mit den unterschiedlichsten Wasserhaushalten zurecht. Die betroffenen Parzellen weisen teils einen hervorragend perforierten Boden auf, wo das Wasser rasch abläuft und es dementsprechend bald trocken wird. Im Gegensatz dazu stehen feuchte oder sogar staunasse Böden. Ein Landwirt meinte, seine Fläche sei sogar im Hitzesommer 2003 noch nass gewesen, als er das erste Mal mähte. Auf allen Flächen ziemlich ähnlich zeigt sich der Boden pH, mit Ausnahme eines neutralen Bodens mit pH 7 lagen alle anderen im eher sauren Bereich zwischen 5.2 und 6.

Die weiteren Resultate zur Ökologie werden in Form einer Tabelle (Tab. 1) dargestellt, um daraus allfällige Parallelen herauslesen zu können.

Tab. 1: Ergebnisse aus den Befragungen zum Teil Ökologie

Betrieb	Beschreibung Vegetationstyp	Hauptarten	Besondere Arten	Ausbreitungsmuster	Unterschiede zu ähnlichen Flächen	Erklärung für Unterschiede	Veränderungen
A	Blumenwiese mit hohem Anteil an Kräutern	k.A.	Schlüsselblume, Krokus	zuerst am Rand, weiter in eine Richtung fließend, innerhalb v. drei Jahren ganze Wiese voll, Dichte nahm zu	Fläche 500m weiter oben, gleiche Bewirtschaftung, nur vereinzelt Rhinanthus	k.A.	nur noch vereinzelt Gräser, alles gelb
B	gräserreich	Kammgras, Borstengras, Schwingel, Silbermantel, wilde Möhre	Narzissen	streifenweise, in Windrichtung	Fläche welche vom Wald umrandet wird, hat weniger Rhinanthus	ev. Beschattung	k.A.
C	viel Kammgras, mittlerer Kräuteranteil	Wiesenschwingel, Feldhafer, Kammgras, Wegerich, Taumantel, Silbermantel, kein Raygras	Weissklee, Vergissmeinnicht, Witwenblume, Silberdistel, Enzian, Pippau, Trollblume	überall gleichmässig verteilt	k.A.	weniger in vernässtem Boden oder in tieferen Lagen	k.A.
D	Feuchtwiese	Binsen	Margeriten, Pippau, Kerbel, Kümmel, violette Feuchtwiesenblume	breitet sich fleckenhaft aus und ist dort dann relativ dominant und konstant	stellenweise kein Rhinanthus, auch nicht auf standortfremdem Material	teils zu nass, fremdes Material ev. zu kiesig	verdrängt Gräser
E	Extensivwiese	k.A.	k.A.	ist überall, geht auch auf steinige Böschung	Flecken ohne Rhinanthus	Rhinanthus hat nicht gerne zu feucht	verdrängt alles
F	trocken und feucht, fruchtbarer Boden	Gräser	vielfältig, Klee, Margeriten, Orchideen	Am Hang streifenförmige Verbreitung, lieber trocken, warm und viel Humus, geht nicht auf felsige Stellen	ist in Viehläger nicht vorhanden	k.A.	verdrängt alles, es gibt fast nur noch Rhinanthus
G	magerer Standort, viel Heuschrecken	k.A.	viel Besonderes, erfüllt mehr als der Qualität-Standard "extensiv"	Fleckenhafte Ausbreitung, geht vor allem auch in Lücken	Kein Rhinanthus auf Skipiste	Boden gefriert tiefer, Schnee bleibt länger	k.A.

H	k.A.	Fuchsschwanz, Knautgras, Hahnenfuss, Ampfer, Wiesenrispe, Raygras	Spitzwegerich, Günsel, Vergissmeinnicht, Labkraut	k.A.	am meisten, wo sonnenzugewandt, mager und wo es kein Windeinfluss gibt	schattiges hat er nicht gerne	Weissklee wurde total verdrängt
I	k.A.	Ruchgras, Goldhafer, vereinzelt Raygras, Wiesenrispengras, Wiesenfuchsschwanz, Wegewegerich, Pipau	vielfältig	zuerst einzelne Pflänzchen bei Übergang von Hang und Mulde, ein Jahr später viel, im dritten Jahr alles voll, auch zugenommen in Fläche mit pH 8.4	Parzelle 50m entfernt, hat vereinzelt <i>Rhinanthus</i> drin, nimmt aber nicht überhand	Südhang, absolut trocken	k.A.
J	Fromental	Gräser, u.a. auch <i>Holcus lanatus</i>	<i>Leucanthemum vulgare</i> , <i>Silene flos-cuculi</i> , <i>Crepis biennis</i> , <i>Rumex obtusifolius</i>	In Wiese fleckig sehr dicht, an Strassenrand immer konstant mittlere Dichte. Auf Alp jahrelang immer gleich, nicht sehr dicht, nie Problem	Manchmal entwickelt sich ein stabiles Gleichgewicht, manchmal eben nicht und der Klappertopf verdrängt alles	Hängt wohl mit Boden und ev. Höhenstufe zusammen	Gras geht stark zurück, Pippau war früher sehr dominant, jetzt nicht mehr

Zu den möglichen Erklärungen, was die Ausbreitung und die Dynamik von *Rhinanthus* beeinflusst, wurde zudem Folgendes gesagt:

Ein Landwirt erwähnte, dass ein sehr sorgfältiges Schneiden *Rhinanthus* in Schach hält. Vielleicht spielt auch noch eine Rolle, dass die Wiese sehr artenreich und qualitativ wertvoll ist.

Die Hypothese eines Betroffenen war, dass sich durch das Kreisleren die Samen besser verbreiten können. Durch eine Konservierung als Silage könne man die Versamung eventuell reduzieren.

Eine weitere Beobachtung eines Landwirten war, dass es auf besseren Böden (auch extensiv genutzt) mehr *Rhinanthus* hat als an Böschungen, Wiesen- und Wegrändern, wo alles stehen gelassen wird und es eventuell gar keinen Schnitt gibt.

4.2 Ergebnisse der Vegetationsanalyse zum Einfluss von *Rhinanthus*

Eine vollständige Artenliste mit den Deckungsgraden für jede Art und jede Stichprobe ist im Anhang G zu finden.

Arithmetische und gewichtete Mittel der Zeigerwerte nach Landolt

Tab. 2: Die arithmetischen und gewichteten Mittel der Zeigerwerte nach Landolt pro Stichprobe

Nummer der Aufnahme	1A	1B	1C	1D	1E	2A	2B	2C	2D	2E
Datum der Aufnahme	30.05.2013	30.05.2013	30.05.2013	04.06.2013	04.06.2013	04.06.2013	04.06.2013	04.06.2013	04.06.2013	04.06.2013
Grösse der Aufnahmefläche	1 x 1m	1 x 1m	1 x 1m	1 x 1m	1 x 1m	1 x 1m	1 x 1m	1 x 1m	1 x 1m	1 x 1m
x - Koordinaten										
y - Koordinaten										
Artenzahl	18	18	20	22	23	21	22	21	25	26
Gesamtdeckungen (%)	156.4	149.4	110.2	151.4	109.2	142.6	198.4	133.4	221	175.4
Feuchtezahl	3.0	3.0	3.1	3.1	2.9	3.0	3.0	3.0	2.9	3.0
gew_Feuchtezahl	2.8	2.8	3.1	2.8	2.8	2.9	2.9	3.0	3.0	2.9
Lichtzahl	3.5	3.6	3.7	3.5	3.6	3.5	3.6	3.7	3.5	3.6
gew_Lichtzahl	3.0	3.7	3.6	3.6	3.3	3.8	3.5	3.8	3.6	3.7
Temperaturzahl	3.1	3.1	3.2	3.1	3.2	3.0	3.0	3.0	3.1	3.1
gew_Temperaturzahl	3.0	3.1	3.1	3.1	3.2	3.0	3.0	3.0	3.0	3.1
Kontinentalitaetszahl	2.9	2.9	3.0	2.9	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	2.9
gew_Kontinentalitaetszahl	3.0	3.0	3.1	3.0	3.0	3.0	3.1	3.1	3.0	3.0
Reaktionszahl	3.0	3.0	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1	3.0	3.1	3.1
gew_Reaktionszahl	3.0	3.0	3.1	3.0	3.0	3.3	3.2	3.2	3.2	3.2
Naehrstoffzahl	3.4	3.4	3.5	3.4	3.3	3.2	3.3	3.4	3.3	3.2
gew_Naehrstoffzahl	3.4	3.6	3.6	3.3	3.3	3.1	3.1	3.3	3.3	3.3
Humuszahl	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.2	3.3	3.3	3.2	3.3
gew_Humuszahl	3.3	3.2	3.4	3.1	3.2	3.3	3.4	3.4	3.3	3.4
Dispersitaetszahl	4.2	4.2	4.2	4.2	4.1	4.2	4.1	4.2	4.2	4.2
gew_Dispersitaetszahl	4.3	4.4	4.4	4.2	4.1	4.1	4.1	4.2	4.2	4.3
Fliessendes_Bodenwasser	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
gew_Fliessendes_Bodenwasser	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Wechselfeuchtigkeit	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2	0.3	0.3	0.4	0.3	0.3
gew>Wechselfeuchtigkeit	0.3	0.5	0.4	0.2	0.2	0.4	0.3	0.6	0.4	0.5

Wie der Tabelle Tab. 2 zu entnehmen ist, sind die berechneten Mittel der Zeigerwerte über alle Stichproben hinweg sehr ähnlich. Auch die arithmetischen und gewichteten Mittel gleichen sich.

Floristische Ähnlichkeit

Die folgenden Ähnlichkeitsmatrices (Tab. 3 und Tab. 4) zeigen die floristische Ähnlichkeit der zehn Aufnahmen. Es werden 45 paarweise Vergleiche dargestellt. Hierbei weisen jeweils die zwei Hälften der Matrix die gleichen Werte auf und es genügt, wenn nur die eine Hälfte der Matrix betrachtet wird. Der Wert 1 bedeutet, dass die Aufnahmen floristisch identisch sind, der Wert 0 sagt, dass keine Ähnlichkeit besteht. Die Paare, welche eine besonders hohe floristische Ähnlichkeit ergaben (Werte über 0.65), wurden mit einem roten Rahmen hervorgehoben.

Gemäss Jaccard**Tab. 3: Floristische Ähnlichkeit nach Jaccard, 1= floristisch Identisch, 0= keine floristische Ähnlichkeit**

Aufnahmen	1A	1B	1C	1D	1E	2A	2B	2C	2D	2E
1A	1.00	0.80	0.73	0.67	0.71	0.44	0.38	0.39	0.48	0.63
1B	0.80	1.00	0.73	0.60	0.71	0.44	0.43	0.50	0.54	0.57
1C	0.73	0.73	1.00	0.56	0.65	0.32	0.31	0.37	0.41	0.53
1D	0.67	0.60	0.56	1.00	0.61	0.39	0.33	0.30	0.38	0.55
1E	0.71	0.71	0.65	0.61	1.00	0.47	0.50	0.42	0.55	0.53
2A	0.44	0.44	0.32	0.39	0.47	1.00	0.79	0.62	0.59	0.57
2B	0.38	0.43	0.31	0.33	0.50	0.79	1.00	0.65	0.62	0.50
2C	0.39	0.50	0.37	0.30	0.42	0.62	0.65	1.00	0.70	0.47
2D	0.48	0.54	0.41	0.38	0.55	0.59	0.62	0.70	1.00	0.55
2E	0.63	0.57	0.53	0.55	0.53	0.57	0.50	0.47	0.55	1.00

Gemäss Van der Maarel**Tab. 4: Floristische Ähnlichkeit nach Van der Maarel mit Berücksichtigung der Deckungsgeraden**

Aufnahmen	1A	1B	1C	1D	1E	2A	2B	2C	2D	2E
1A	1.00	0.45	0.26	0.45	0.57	0.12	0.28	0.17	0.25	0.29
1B	0.45	1.00	0.45	0.48	0.37	0.18	0.14	0.35	0.38	0.48
1C	0.26	0.45	1.00	0.31	0.43	0.15	0.12	0.24	0.21	0.21
1D	0.45	0.48	0.31	1.00	0.42	0.16	0.17	0.19	0.26	0.21
1E	0.57	0.37	0.43	0.42	1.00	0.18	0.27	0.25	0.27	0.31
2A	0.12	0.18	0.15	0.16	0.18	1.00	0.70	0.48	0.42	0.51
2B	0.28	0.14	0.12	0.17	0.27	0.70	1.00	0.48	0.49	0.50
2C	0.17	0.35	0.24	0.19	0.25	0.48	0.48	1.00	0.66	0.74
2D	0.25	0.38	0.21	0.26	0.27	0.42	0.49	0.66	1.00	0.66
2E	0.29	0.48	0.21	0.21	0.31	0.51	0.50	0.74	0.66	1.00

Ergebnisse der Cluster-Analyse

In den folgenden Dendrogrammen (Abb. 10 und Abb. 11) werden die aufgenommenen Stichprobenpunkte zu Gruppen zusammengeführt.

Gemäss Jaccard

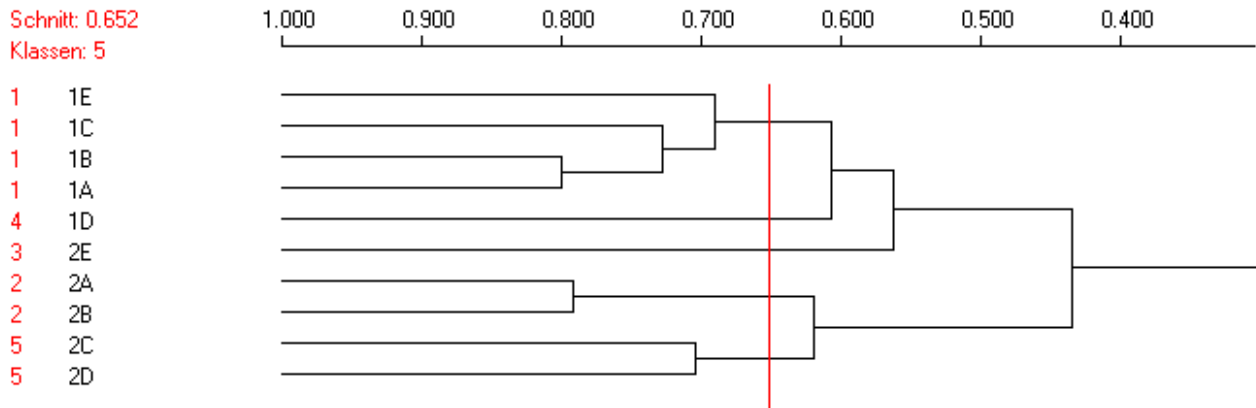


Abb. 10: Dendrogramm nach Jaccard

nen. Hier fällt auf, dass vier von fünf Aufnahmen des Stratums mit wenig *Rhinanthus* in eine Klasse zusammengefasst werden können. Die fünfte Aufnahme macht eine eigene Klasse aus.

Die Stichprobenpunkte des Stratums mit viel *Rhinanthus* hingegen gleichen sich in ihren Arten weniger. Es entstehen drei Gruppen von Stichprobenpunkten mit ähnlichen Arten.

Die Stichproben 1A und 1B und ebenfalls die Stichproben 2A und 2B ähneln sich besonders stark.

Gemäss Van der Maarel

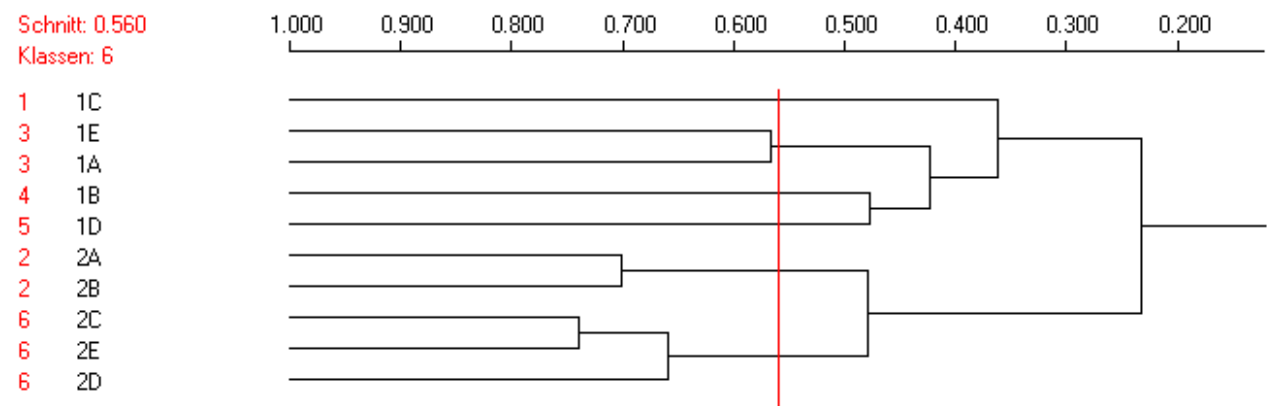


Abb. 11: Dendrogramm nach Van der Maarel

Gemäss diesem Dendrogramm mit gewichteten Ähnlichkeiten werden hingegen 6 Klassen gebildet. Es gleichen sich nicht mehr dieselben Stichprobenpunkte am stärksten. Hier sind es Stichprobe 2C und 2E, welche floristisch besonders ähnlich sind.

Die Artenzusammensetzung im Zusammenhang mit *Rhinanthus*

Tab. 5: Artenzusammensetzung in Stratum 1 und 2, angegeben in Deckungsgraden pro Stratum

Arten	Stratum 1	Stratum 2
<i>Alchemilla xanthochlora</i> aggr. sensu Aeschmann & Burdet	0	13.2
<i>Alopecurus pratensis</i> L.	2	0
<i>Anthoxanthum odoratum</i> L.	14	43
<i>Bellis perennis</i> L.	12	8
<i>Briza media</i> L.	0	0.2
<i>Bromus erectus</i> Huds. subsp. <i>erectus</i>	1	0
<i>Cardamine pratensis</i> L.	0.8	0.2
<i>Carex flacca</i> Schreb.	1	2.2
<i>Carex hirta</i> L.	0	2
<i>Carex pendula</i> Huds.	2	0
<i>Carex sylvatica</i> Huds.	55	39
<i>Carum carvi</i> L.	79	30
<i>Centaurea jacea</i> L. subsp. <i>jacea</i>	0	13
<i>Cerastium fontanum</i> Baumg. subsp. <i>vulgare</i> (Hartm.) Greuter & Burdet	3.4	8
<i>Cirsium oleraceum</i> (L.) Scop.	15	0
<i>Crepis aurea</i> (L.) Cass.	0	2.4
<i>Crepis biennis</i> L.	11	1
<i>Cynosurus cristatus</i> L.	3	45
<i>Dactylis glomerata</i> L.	18	12
<i>Daucus carota</i> L.	6	0
<i>Heracleum sphondylium</i> L. subsp. <i>sphondylium</i>	38	0
<i>Holcus lanatus</i> L.	6.2	7
<i>Leontodon hispidus</i> auct.	0	19
<i>Chrysanthemum leucanthemum</i> L.	26	5
<i>Lolium perenne</i> L.	50	75
<i>Medicago lupulina</i> L.	0	2
<i>Plantago lanceolata</i> L.	113	31
<i>Plantago major</i> L. subsp. <i>major</i>	0	5
<i>Plantago media</i> L.	0	39
<i>Poa pratensis</i> L.	7	80
<i>Poa trivialis</i> L. subsp. <i>trivialis</i>	0	31
<i>Prunella vulgaris</i> L.	0	39
<i>Ranunculus acris</i> L. subsp. <i>acris</i>	23	45
<i>Ranunculus ficaria</i> L.	2	0
<i>Rhinanthus alectorolophus</i> (Scop.) Pollich	19	153
<i>Rumex acetosa</i> L.	12	1
<i>Silene flos-cuculi</i> (L.) Clairv.	1	1
<i>Taraxacum officinale</i> aggr.	41	28
<i>Tragopogon pratensis</i> L. subsp. <i>orientalis</i> (L.) Celak.	0	1
<i>Trifolium pratense</i> L. subsp. <i>pratense</i>	4	28
<i>Trifolium repens</i> L.	110	58
<i>Veronica chamaedrys</i> L.	1.2	3.4
<i>Veronica serpyllifolia</i> L. subsp. <i>serpyllifolia</i>	0	0.2

Abb. 12: Oben: Artenzahl in Abhängigkeit der Deckungsgeraden von *Rhinanthus* **Unten:** Gesamtdeckungsgeraden in Abhängigkeit der Deckungsgeraden von *Rhinanthus*

4.3 Fotografischer

Schlüssel zur Bestimmung der Befallsdichte

Ursprünglich war gedacht, dass aufgrund der Literaturrecherche sowie der Befragungen ein fotografischer Schlüssel erstellt wird. Dieser sollte ein graphisches Werkzeug sein, um im Feld den *Rhinanthus*-Bestand zu schätzen, eine Beurteilung der Situation vorzunehmen und einen Entscheid über Massnahmen zu treffen. Die Autorinnen sind der Meinung, dass ein solches Tool nur sinnvoll anwendbar ist, wenn fundierte Erkenntnisse aus der Literatur darüber gewonnen werden, wo die Handlungs- oder Schadschwellen des Parasitenbefalls liegen. Da aber keine solchen Erkenntnisse aus dieser Arbeit hervorgegangen sind, konnte kein fotografischer Schlüssel erstellt werden. Die einzige bestätigte Zahl liegt bei 10 *Rhinanthus*-Pflanzen pro Quadratmeter, ab welcher eine Ertragsminderung erwartet wird. Dies lässt sich bei einem genaueren Blick auf die Wiese ohne Mühe auszählen.

4.4 GIS-Plan

Im GIS-Plan sind alle Parzellen des Kanton Schwyz, auf welchen bereits ein Frühschnitt erfolgte, in einer *Feature Class* der Geodatenbank zusammengefasst. Für jede Parzelle ist ein Luftbild hinterlegt. Die Parzellen, zum Teil sind es auch nur Teilparzellen, sind hervorgehoben und mit Labels beschriftet. Auf der Abbildung (Abb. 13) ist ein Beispiel eines Plans dargestellt, wie für jede Parzelle einfach erstellt werden kann.

Übersicht Parzelle Kälin Marcel

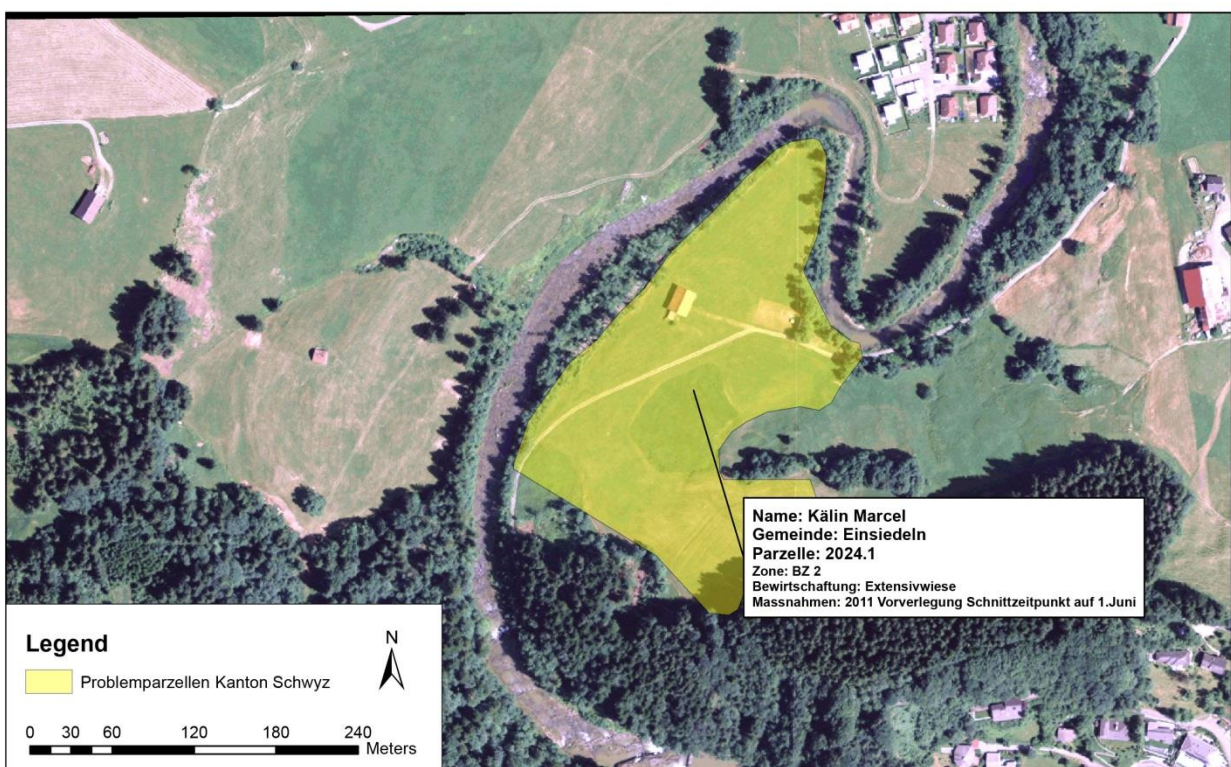


Abb. 13: Beispiel einer Extensivwiese, auf welcher aufgrund von *Rhinanthus* im Jahr 2011 ein Frühschnitt erfolgte.

5 Diskussion

5.1 Interpretation der Ergebnisse aus der Literatur und den Befragungen

Im Folgenden werden in einer Synthese die Erkenntnisse aus der Literaturrecherche sowie der Befragung von Ämtern und Landwirten zusammengetragen und interpretiert.

5.1.1 Interpretation der Ergebnisse zum Schwerpunkt Landwirtschaft

Welche Auswirkungen die frischen *Rhinanthus*-Pflanzen auf das Vieh wirklich haben, lässt sich im Rahmen dieser Arbeit nicht abschliessend beantworten. Die gefundenen Hinweise sind uneinheitlich. Eine Untersuchung aus Deutschland kam zum Schluss, dass *Rhinanthus* nur eine leicht erhöhte Menge Aucubin enthält gegenüber *Plantago lanceolata*, und daher als nicht sehr giftig gilt (E-Mail von U.Schneider, Kapitel 2.4.3).

Mit Praxisversuchen müsste dennoch eruiert werden, wie anfällig verschiedene Nutztiere auf das Aucubin reagieren. Es müsste der Frage nachgegangen werden, ob bei einer oder mehreren Nutztier-Arten gesundheitliche Probleme durch das Fressen der frischen *Rhinanthus*-Pflanzen auftreten. Folglich müsste auch untersucht werden, bei welcher Verzehrmenge Beschwerden auftreten und ob diese eventuell durch eine gezielte Kombination mit anderen Futtermitteln gelindert werden könnten. Allgemein reagieren Pferde sehr sensibel auf die Fütterung, Kühe sind etwas robuster. Jedoch ist bei allen Gras- und Raufutter-Verzehrern die Futterzusammensetzung von Bedeutung (Hofmann, 1991). Schafe und Ziegen produzieren allerdings Speichelproteine, welche gewisse sekundäre Pflanzenstoffe unschädlich machen (Spengler Neff, 2013). Hier müsste untersucht werden, ob dies auch auf das Aucubin zutreffend ist.

Falls *Rhinanthus* pyrrolizidinalkaloidhaltige Pflanzen parasitiert, beispielsweise *Senecio* spp., könnte die Giftigkeit des Halbparasiten steigen (Phoenix & Press, 2005). Dies wäre insofern von Relevanz, dass dieser Giftstoff auch in getrockneten Pflanzen enthalten bleibt. Diese Fragestellung bedarf aber weiterer Abklärung.

Des Weiteren müssten auch die Auswirkungen von *Rhinanthus alectorolophus* auf die Milch-, Fleisch- und Reproduktionsleistung der Tiere untersucht werden. In *Rhinanthus*-Flächen wurden teils höhere Leguminosen Anteile dokumentiert (Ameloot, Verheyen, & Hermy, 2005), dies würde eventuell einen positiven Effekt auf die Milchqualität haben. Gleichzeitig steigt mit zunehmendem *Rhinanthus*-Besatz, der Rohfasergehalt und damit sinkt die Verdaulichkeit (E-Mail von R. Hess, Kapitel 2.4.3). Ein hoher Rohfasergehalt ist in der tiergerechten Wiederkäuerfütterung durchaus erwünscht, ist aber nicht diejenige Futterkomponente, wel-

che eine Ertragssteigerung bewirkt. (Anmerkung der Autorinnen: Dass mit steigendem Rohfasergehalt die Verdaulichkeit sinkt, widerspricht der belegten Tatsache, dass Rinder auch Cellulose verdauen können). Vermutlich ist das Futter von Flächen mit hohem *Rhinanthus*-Bestand ähnlich zu werten wie sonstiges Futter von Extensivflächen, dessen Verwertung eine extensive Tierhaltung erfordert.

Von Pferden ist bekannt, dass sie *Rhinanthus* auf der Weide erkennen und selektiv stehen lassen. Von einem Grünlandexperten wird auch darauf hingewiesen, dass ein sorgfältiges Weidemanagement im Umgang mit Giftpflanzen zentral ist. Die Tiere sollten nie ausgehungrert auf eine Weide getrieben werden, die problematische Pflanzen enthält (A. Herrmann, siehe Kapitel 2.4.3).

Da im Rahmen der Direktzahlungsverordnung festgelegt ist, dass die Erstnutzung einer extensiv- oder wenig intensiv genutzten Wiese durch einen Schnitt zu erfolgen hat (Art. 45 Abs 3), erlangte die Fragestellungen zur Giftigkeit von frischen *Rhinanthus*-Pflanzen bis anhin keine grosse Bedeutung. Der gesetzliche Freiraum zur Bekämpfung von Problempflanzen (Art 40) bezieht sich entsprechend nur auf Schnittzeitpunkt und -häufigkeit nicht aber auf die Möglichkeit von Weidenutzungen.

Unbedenklich sind *Rhinanthus* spp. in getrocknetem Zustand im Heu (Briemle, 2000). Über den Verbleib der Giftstoffe bei der Silage konnten keine Informationen in der Literatur gefunden werden. Durch die Befragungen der Landwirte konnte herausgefunden werden, dass die Tiere *Rhinanthus* in getrocknetem wie in siliertem Zustand ohne gesundheitliche Probleme fressen. Auf gewissen Betrieben scheint das Heu der extensiven Wiesen durchaus beliebt zu sein, während andere Landwirte ein eher widerwilliges Fressverhalten beobachten (siehe Kapitel 4.1.1). Mutmasslich spielen die allgemeine Zusammensetzung des Heus, die Menge der *Rhinanthus*-Pflanzen und schliesslich auch die Konditionierung der Tiere eine Rolle.

Der Wurzel-Hemiparasit reduziert den Ertrag einer Fläche, insbesondere der Grasarten (Ameloot, Verheyen, & Hermy, 2005). Über die Dezimierung der Gesamtbiomasse ist man sich nicht einig. Eine Quelle dokumentiert eine Reduktion um 25% (Ameloot, Hermy, & Verheyen, 2006), eine andere spricht lediglich von Ertragsschwankungen (Ameloot, et al., 2006), während weitere Studien keine signifikante Verminderung feststellen (Davies, et al., 1996). In Flächen mit nur einer oder zwei Arten wurde laut einer Studie sogar eine Steigerung der Gesamtbiomasse dokumentiert (Joshi, Matthies, & Schmid, 2000). Aus den Befragungen geht hervor, dass der Ertrag in *Rhinanthus* Flächen jedoch eindeutig zurückgeht. In manchen Flächen, in welchen *Rhinanthus* laut der Aussagen von Landwirten schon immer vorhanden war, wurden Ertragsschwankungen festgestellt. Wahrscheinlich haben sowohl die Studien wie auch die Beobachtungen aus der Praxis ihre Richtigkeit. Die Wissenschaft betrachtet die Biomasse der Frischpflanzen. Der Landwirt hingegen verzeichnet Ertragsei-

bussen bei der Futterkonservierung, weil die *Rhinanthus*-Pflanzen zum Schnittzeitpunkt die Blätter schon abgeworfen haben oder hohe Bröckelverluste zu verzeichnen sind. Zudem wurden in den unterschiedlichen Studien die genauen *Rhinanthus*-Dichten nicht genannt, was für die Ertragseinbussen aber ausschlaggebend wäre.

Klar scheint, dass in produktiven Flächen der effektive Ausfall durch *Rhinanthus* grösser ist, als in unproduktiven (Davies, et al., 1996). Andere Studien belegen hingegen, dass der Hemiparasit die Wirtspflanzen stärker schwächt in ressourcenlimitierten Standorten (Matthies & Egli, 1999). Beide Aussagen können widerspruchsfrei nebeneinander gültig sein, falls es sich bei der zweiten Studie um eine prozentuale Abnahme des Wiesenertrages handelt. Diese Aussage ist bei der genannten Quelle jedoch nicht ersichtlich.

Eine höhere funktionelle Vielfalt kann die Reduzierung der Biomasse durch *Rhinanthus* abschwächen (Joshi, Matthies, & Schmid, 2000). Hier müsste mit Praxisversuchen getestet werden, ob eine Einsaat mit Parasit-resistenten Pflanzen die Ausfälle durch *Rhinanthus* reduzieren kann. Zu diesem Zweck müssten zuerst noch weitere Recherchen darüber erfolgen, welche Pflanzen wirklich Resistenzen aufweisen.

Eine funktionelle Vielfalt wäre erstrebenswert, um das Überleben von *Rhinanthus* im kritischen Keimlingsstadium zu minimieren. Zwar gedeihen die überlebenden Pflanzen besser in vielfältigen Gesellschaften (Joshi, Matthies, & Schmid, 2000), eine Dezimierung der Keimlinge ist aber wünschenswert, da diese somit nie zur vielfachen Reproduktion durch Samen kommen können.

Rhinanthus alectorolophus bildet keine Samenbanken im Boden (Davies, et al., 1996). Dies begründet die Hoffnung, dass man dieser Problempflanze mit Bewirtschaftungsmassnahmen in den Griff bekommt. Das Keimlingsstadium gilt zudem als kritische Phase für das Überleben der Pflanze, bedingt durch die tiefe Konkurrenzkraft des Halbparasiten um Licht (Hejman, Schellberg, & Pavlů, 2011).

Ab welcher *Rhinanthus*-Dichte ein Handlungsbedarf besteht, geht aus der Literaturrecherche nicht hervor. Auch in der Praxis gibt es keine einheitliche Regelung, bei welchem Bestand pro Quadratmeter eine Sonderbewilligung für eine Vorverlegung des Schnittzeitpunktes erteilt wird. Zwischen 5 und 20 Pflanzen pro Quadratmeter wurden als Toleranzwert genannt, ein Kanton erlaubt erst einen Frühschnitt ab 50% Deckungsgrad. Auf den meisten kantonalen Ämtern entscheidet der Berater nach Besichtigung der Wiese nach seinem eigenen Gutdünken. Die Erfahrungen zeigen auch, dass die Landwirte erst sehr spät, bei einem Überhandnehmen von *Rhinanthus*, eine Sonderbewilligung beantragen (2.4.1), obwohl bereits 10 Pflanzen pro Quadratmeter ertragsmindernd wirken (Briemle, 2000). Eine Vereinheitlichung

oder Verschriftlichung der Entscheidungsgrundlage, mindestens pro Kanton, wäre wünschenswert.

In der landwirtschaftlichen Fachliteratur wird empfohlen, mit Düngung, einer frühen Weide- und Schnittnutzung, sowie mit Kalkung oder Bewässerung *Rhinanthus* zu bekämpfen (Schmid & Obrist, 2006).

Die frühe Schnittnutzung vor der Samenreife wurde durch die Literatur (Smith, et al., 2000) und die Praxis als erfolgreiche Bekämpfungsstrategie bestätigt. Wie oft hintereinander diese verfrühte Nutzung zu erfolgen hat müsste jedoch noch konkretisiert werden. Die Bewilligungshandhabungen variieren stark zwischen den verschiedenen Kantonen und Bundesländern (Kapitel 2.4.1 bis 2.4.3). Theoretisch müsste nach einer einmaligen Vorverschiebung des Schnittzeitpunktes der *Rhinanthus*-Bestand drastisch reduziert sein. Ein befragter Landwirt berichtete hingegen, er hätte nun schon das dritte Jahr früher gemäht und es sei keine Verminderung des Halbparasiten in Aussicht. Vermutlich müsste der Sameneintrag durch den Wind berücksichtigt werden und damit Bekämpfungsstrategien mit Nachbarbetrieben koordiniert werden. Naheliegend ist auch die Annahme, dass in lückigen Wiesen die übrigbleibenden Samen im nächsten Frühling um ein Vielfaches erfolgreicher überleben, sodass der Frünschnitt kaum spürbar ist. Wahrscheinlich müsste die frühe Schnittnutzung mit einer Übersaat kombiniert werden.

Zu der Wirksamkeit eines alternierenden Schnittzeitpunktes und wie dieser zu erfolgen hätte, besteht noch Forschungsbedarf.

Landwirte und Ämter bestätigen, dass unter einer erhöhten Düngung *Rhinanthus* schnell verschwindet (Smith, et al., 2000). Dies bedingt unter der schweizerischen Gesetzgebung die Umwandlung einer extensiv in eine wenig intensiv genutzte Wiese (siehe Kapitel 2.4).

Eine frühe Weidenutzung, mit Ziegen oder Schafen könnte die Jungpflanzen des Halbparasiten erfolgreich beseitigen oder dermassen schädigen, dass die Pflanze sich nicht mehr erholt (Smith, et al., 2000). Ein Landwirt bestätigte auch, dass er auf einer extensiven Weide mit Kühen keine *Rhinanthus*-Probleme mehr hatte. Diese Beobachtungen müssten jedoch noch konkret untersucht werden, vor allem welche Auswirkung eine kurze, frühe Weidenutzung auf nachfolgende Heuerträge und die Artenzusammensetzung hat. Leider sieht die Direktzahlungsverordnung eine solche Bekämpfungsstrategie nicht vor.

Die Kalkung und Bewässerung als Bekämpfungsstrategie müssen kritisch betrachtet werden. Da *Rhinanthus* mit den verschiedensten Bodenwassergehalten (Ameloot, Verheyen, & Hermy, 2005) und pH-Werten klar kommt, sind diese Massnahmen eventuell ohne Wirkung und auch aus Gründen der Nachhaltigkeit nicht unbedingt erstrebenswert.

Das Striegeln im Frühling mit nachfolgender Übersaat wird in der Praxis kaum angewandt. Diese Idee klingt jedoch sehr vielversprechend, denn sie würde einige Erkenntnisse aus der Literatur vereinen: Einerseits die Bekämpfung des Halbparasiten im kritischen Jugendstadium und andererseits die Einsaat von, bestenfalls resistenten, Mono- oder Dikotyledonen zur Steigerung der Diversität und Füllung von Lücken. Lediglich eine Fachperson aus Deutschland (U.Schneider, Kapitel 2.4.3) bestätigte die Wirksamkeit dieser Methode, wenn sie während einer heissen Zeit im Frühling und ohne nachfolgenden Frost durchgeführt werden kann.

Auf den Flächen, die von Hand mit der Sense bearbeitet werden, ist das *Rhinanthus*-Vorkommen entscheidend kleiner, auch bei einem Schnittzeitpunkt im Juli. Dies berichtet einer der befragten Landwirte, gleich wie die Ergebnisse einer Studie (Ameloot, et al., 2006). Dies wäre bestimmt eine interessante Regulierungsmassnahme, ist jedoch in der heutigen landwirtschaftlichen Praxis aufgrund des hohen Aufwandes kaum praktikabel.

Lücken in der Grasnarbe, welche durch Huftritte bei der Herbstbeweidung zustande kamen, begünstigen den Aufwuchs der Parasitenpflanzen (Smith, et al., 2000). Diesbezüglich müsste untersucht werden, ob ein Verzicht der Herbstweide oder nur ein Beweiden mit Kleintieren dem Problem Abhilfe verschaffen könnte. Allgemein bestätigt die Literatur und auch Fachleute aus der Praxis, dass *Rhinanthus* vermehrt in lückigen Beständen auftritt. Es ist also angezeigt, den Boden möglichst schonend zu bearbeiten und jegliche Beschädigung der Grasnarbe zu vermeiden. Bei etwaigen Schäden wird empfohlen, mit einer Übersaat zu reagieren.

Die Bewirtschaftungsaufgabe einer Parzelle würde laut Aussagen von Studien (Smith, et al., 2000) und befragten Landwirten den *Rhinanthus*-Bestand minimieren. Da es bei den Problemflächen aber um extensiv genutzte Flächen geht, wird auf diese Bekämpfungsstrategie nicht weiter eingegangen.

Von einem Landwirtschaftsamt wird geraten, das Schnittgut der *Rhinanthus*-Flächen in Siloballen einzupacken. Auch mehrere Landwirte konservieren auf diese Art und berichten von einem Rückgang des *Rhinanthus*. Es wurde vermutet, dass durch weniger Mechanik, das heisst ein Verzicht auf den Schwader und Zetter, sowie mit der Wegführung von feuchtem Erntegut weniger Samen auf der Wiese zurückbleiben.

5.1.2 Interpretation der Ergebnisse zum Schwerpunkt Ökologie

Zur Frage, was den Befall einer Fläche ausmacht, konnten einige Faktoren geklärt werden, andere aber noch nicht eindeutig.

Die Höhenstufe hat sich nicht als einschränkender Faktor herausgestellt. *Rhinanthus alectorolophus* kommt von der kollinen bis in die subalpine Stufe vor und teils auch höher (Info Flora, 2012). In höheren Stufen wird er dann von anderen Arten vertreten (beispielsweise von *Rhinanthus glacialis*). So lagen auch die Problemflächen der befragten Landwirtinnen und Landwirten in unterschiedlichen landwirtschaftlichen Zonen und Höhen. Auch gab es unter den betroffenen Flächen alle verschiedenen Ausrichtungen und die unterschiedlichsten Geländeformen.

Klar ist, dass die *Rhinanthus*-Keimlinge sehr viel Licht für die Photosynthese brauchen (Hejcman, Schellberg, & Pavlů, 2011; Tésitel et al., 2011). Die Lichtzahl 4 deutet also nicht zwingend auf einen Standort mit viel Sonne hin, sondern darauf, dass die Pflanze im Jugendstadium keine starke Beschattung erträgt und daher eine lückige Grasnarbe benötigt. Diese Tatsache mag auch erklären, weshalb *Rhinanthus* sowohl an Hängen jeder Exposition als auch in Mulden vorkommt. Entscheidend ist, dass die Keimlinge sich etablieren können.

Rhinanthus bevorzugt laut Zeigerwerten mässig feuchte Verhältnisse und erträgt auch wechselfeuchte Bedingungen. Manche Quellen besagen hingegen, dass ein trockener Standort *Rhinanthus* begünstigt (Schmid & Obrist, 2006). Dies ist vermutlich der Fall, weil an solchen Standorten die Biomassenproduktion geringer und die Grasnarbe häufiger lückig ist, was dem *Rhinanthus* durch die besseren Lichtverhältnisse einen Konkurrenzvorteil verschafft. Auch eine trockene und kalte Witterung im Frühling kann für *Rhinanthus* günstig sein (Schmid & Obrist, 2006). Die holländische Langzeitstudie hingegen führte eine starke Dezimierung des *Rhinanthus* auf Hitzeperioden im Frühling zurück (Ameloot, et al., 2006). Eine mögliche Erklärung dafür ist, dass die Ansiedelung des *Rhinanthus* durch eine Minderung der Biomassenproduktivität begünstigt wird, die Trockenperioden aber bei bestehenden Populationen die Zahl der Keimlinge dezimieren kann, welche unter Wasserstress stehen.

Da die betroffenen Parzellen von optimal perforiert und eher trocken bis zu sehr feucht reichten, scheint *Rhinanthus* mit unterschiedlichen Wasserhaushalten zurechtzukommen. Nur ein Landwirt berichtete von einer fast staunassen Fläche mit *Rhinanthus*, laut den meisten Landwirten meidet *Rhinanthus* aber stark nasse Verhältnisse. Es könnte sein, dass hier die Graszusammensetzung eine zentrale Rolle spielt, wobei herausgefunden werden müsste, ob Seggen oder Binsen sich ebenfalls als Wirte eignen oder nicht.

Die Umfrage ergab, dass die Flächen pH-Werte zwischen 5.2 und 6 (einmal pH 7) aufwiesen. Laut Literatur bevorzugt *Rhinanthus* Werte zwischen 5.5-8 (Info Flora, 2012). Daher

waren dies für den Halbparasiten eher saure Verhältnisse. Dies ist aber insofern nicht unbedingt überraschend, da solche pH-Werte in der Zentralschweiz sehr häufig sind.

Von einem Experten wurde genannt, dass *Rhinanthus*-Arten Lehmzeiger sind (Dr. Andreas Bohner, Kapitel 2.4.2). Dies ist auch in weniger wissenschaftlichen Internetquellen zu lesen. Lehmböden sind meist gut durchlüftet und weisen eine gute Wasser- und Nährstoffspeicherkapazität auf. Die Umfrage ergab jedoch, dass *Rhinanthus* betreffend Bodeneigenschaften nicht spezifische Verhältnisse benötigt. Er kam auf leichten, sandigen Böden ebenso wie auf lehmigen und auch auf schweren, tonigen Standorten vor.

Dass *Rhinanthus* weder auf sehr nährstoffreichen noch sehr nährstoffarmen Böden vorkommt, ist damit zu erklären, dass die Produktivität bei nährstoffreichen Flächen wohl zu hoch ist und er sich mangels Lücken und aufgrund der Lichtkonkurrenz nicht etablieren kann. Sind Nährstoffe allerdings sehr limitiert vorhanden, fehlen womöglich die guten Wirtspflanzen für einen erfolgreichen Parasitismus.

Wie die Studie von Hejzman et al. (2011) zeigte, kann *Rhinanthus* durch Düngungsmassnahmen verdrängt werden. Dies entspricht auch den Erfahrungen aus der Praxis. Es scheint jedoch nicht immer eindeutig identifizierbar, ob durch die Düngung die Gräser gestärkt werden und die zunehmende Beschattung den Halbparasiten schwächt, oder ob es Abwehrmechanismen der Wirtspflanzen sind, die durch eine Nährstoffzufuhr verstärkt möglich werden (siehe Kapitel 2.5.3.3).

Im Zusammenhang mit der Veränderung der Vegetation aufgrund von *Rhinanthus* ist klar, dass die Gräser geeignetere Wirtspflanzen sind als Kräuter. Leguminosen sind ebenfalls beliebte Wirte. Dies ist auf Resistenzreaktionen vieler krautiger Pflanzen zurückzuführen, welche das Gleichgewicht zu ihren Gunsten und auf Kosten der Gräser verschieben können (Cameron, White, & Antonovics, 2009). Jedoch sind auch unter den Gräsern ansatzweise Resistenzverhalten vorzufinden und nicht alle Grasarten sind für *Rhinanthus* gleichbedeutend (Hautier, et al., 2010).

Die Theorie, dass immer die dominierende funktionelle Gruppe am meisten geschwächt wird (Davies, et al., 1996), stimmt wohl ebenso. Vermutlich unterscheiden sich aber die Effekte von *Rhinanthus* in ihrem Ausmass dennoch in Flächen mit dominierenden Gräsern gegenüber Flächen mit dominierenden Kräutern.

Inwiefern die Dichte des *Rhinanthus* die Wirts-Biomasse sowie die totale Biomasse beeinflusst, ist nicht bekannt. Der einzige genannte Zusammenhang ist, dass ab einem Schwellenwert von 80 *Rhinanthus*-Individuen pro Quadratmeter keine weitere Reduktion der oberirdischen Biomasse mehr stattfindet (Davies, et al., 1996). Dieser Wert mag in unterschiedlichen Ertragsflächen je nach Artenzusammensetzung aber variieren.

Auch wie sich *Rhinanthus*-Bestände allgemein auf die Artenvielfalt auswirken ist noch unklar. Teils wird eine erhöhte Diversität festgestellt, teils wird eine Abnahme der Artenvielfalt oder gar kein Zusammenhang dokumentiert (Ameloot, Verheyen, & Hermy, 2005). Hier fehlen die Angaben, über welche Zeitspanne diese Veränderungen festgestellt wurden. In den meisten Fällen scheint die starke Dominanz von *Rhinanthus* ja zu einer sichtlichen Artenverdrängung zu führen. Dies ist neben den Ertragseinbussen der wichtigste Grund, weshalb Frühschnitte in Ökoausgleichsflächen überhaupt erlaubt werden. Es sollte also dringend geklärt werden, ob dieser Eindruck oder auch die nachgewiesene Artenabnahme nur mittelfristig ist und wie die längerfristige Entwicklung der Biodiversität aussieht, wenn kein Frühschnitt (also keine Massnahme) vorgenommen wird.

Bereits nachgewiesen wurde, dass die Anfälligkeit auf Verunkrautung der Wirtsgesellschaften durch *Rhinanthus* gesteigert wird, insbesondere in artenarmen Beständen (Joshi, Matthies, & Schmid, 2000). Eine längerfristige Anwesenheit von *Rhinanthus* kann laut dieser Studie Regenerationsnischen und Platz für die Kolonisation neuer Arten schaffen, was tatsächlich zu einer höheren Diversität führen würde (siehe Kapitel 2.6.2). Nach wie langer Zeit aber dieser Effekt eintritt, ist nicht bekannt. Zudem ist es auch fraglich, wie wünschenswert die neue Artenzusammensetzung ist.

Laut einer anderen Studie besteht erst ab einer Dichte von 40 *Rhinanthus*-Pflanzen pro Quadratmeter die Möglichkeit, dass die Diversität dank den entstehenden Lücken zunimmt (Smith, et al., 2000).

Ferner ist der Effekt auf die Artenvielfalt abhängig von den Arten, welche bereits vorkommen. Laut Phoenix & Press (2005) besteht der Zusammenhang, dass wenn Gräser dominieren, deren Schwächung durch *Rhinanthus* meist zu einer Steigerung der Artenvielfalt führt. Seien hingegen Kräuter dominierend, so werden dennoch die Gräser angezapft, was zu einer Artenabnahme führe. Dies lässt darauf schliessen, dass *Rhinanthus* insbesondere in ertragreichen Flächen einen wünschenswerten Effekt auf die Artenvielfalt hat. Es ist aber wie erwähnt anzunehmen, dass die Neuansiedlungen vorwiegend Unkräuter sind und es sich nicht unbedingt um eine wünschenswerte Entwicklung oder ökologische Aufwertung handelt.

Als eine geeignete Massnahme zur Förderung der Artenvielfalt könnte sich sicherlich eine Übersaat mit einer Samenmischung in die parasitierte Fläche erweisen.

Zum Ausbreitungsmuster ist ebenfalls wenig bekannt. Laut den Landwirten kam das übermässige Auftreten sehr plötzlich, von einem Jahr auf das andere. Die meisten von ihnen hatten keine Erklärung dafür. Einer meinte, es hätte wohl mit dem Kreisleren und der dadurch verstärkten Samenstreuung zu tun. Ein anderer könnte es sich mit dem Säuberungsschnitt im Herbst erklären, denn wenn ausnahmsweise kein Säuberungsschnitt erfolge, könne

Rhinanthus im Frühling vermutlich besser wachsen. Auch ein kalter, schneereicher Winter wurde als Einflussgrösse gemutmasst und von einem Experten genannt. Möglich ist, dass die Kältestratifikation der *Rhinanthus*-Samen dann besser gewährleistet war, wobei die Kälte in normalen Wintern wahrscheinlich genügt. Andererseits könnte nach einem harten Winter auch der Frühling und der Beginn der Vegetationszeit verspätet sein und ein weniger dichtes Wachstum der Gräser den *Rhinanthus* begünstigen.

Auch Landwirte, welche mit *Rhinanthus* schon lange zu tun hatten, wussten über das Ausbreitungsmuster keine allgemeine Regel. Sie meinten jedoch, dass die dichtesten Flecken nicht jedes Jahr am selben Ort waren. Das Bild sich bewegender Wolken trifft wohl am besten zu. Wirtspflanzen werden lokal dezimiert, dann muss sich der Halbparasit in neue Territorien verschieben. Die Dynamiken können aber sehr unterschiedlich sein. Simulationen schlagen vor, dass in nährstoffreichen Flächen die Effekte unvorhersehbar sind und in nährstoffarmen Verhältnissen meist stabile Verhältnisse entstehen (Cameron, White, & Antonovics, 2009). Ob dieser Zusammenhang im Feld ebenfalls besteht, müsste untersucht werden.

Ein für die Artenvielfalt potentiell wünschenswerter Ausmagerungseffekt durch *Rhinanthus* kann nicht bestätigt werden.

Die Raupe des Falters *Perizoma albulata* lebt in den Samenkapseln von *Rhinanthus* und ernährt sich von den heranreifenden Samen. Aufgrund seiner eher geringen Häufigkeit kann er die Problempflanze aber kaum in Schach halten.

5.2 Interpretation der Vegetationsanalyse zum Einfluss von *Rhinanthus*

Die arithmetischen als auch die gewichteten mittleren Zeigerwerte sehen für beide Straten sehr ähnlich aus. Dies deutet darauf hin, dass die biotischen und abiotischen Wachstumsfaktoren auf allen Flächen sehr ähnlich sind und sich die Auswahl der Stichprobenpunkte demnach für eine Untersuchung über den Einfluss von *Rhinanthus* auf die Vegetation eignen.

Trotz nur kleinen Unterschieden zwischen der beiden Straten bezüglich mittlere Zeigerwerte war die floristische Ähnlichkeit jeweils nur zwischen zwei Stichprobepunkten innerhalb desselben Stratum hoch. Dies war gemäss Jaccard und gemäss Van der Maarel der Fall, wobei im letzteren nur noch innerhalb des Stratum 2 hohe floristische Ähnlichkeiten vorkamen.

Auch die Cluster-Analyse schlug keine Klassen vor, in denen Stichproben von Stratum 1 und Stratum 2 durchmischt wären. Daher gibt es also tatsächlich Unterschiede in den beiden Straten bezüglich der Artenzusammensetzung.

Wie diese Unterschiede aber genau aussehen, müsste für jede Art einzeln analysiert werden. Es können aufgrund dieses einen Versuches auch keine Zusammenhänge mit *Rhinanthus* formuliert werden.

Auch der Direktvergleich der Arten ergab keine gültigen Aussagen darüber, wie *Rhinanthus* die Artenzusammensetzung beeinflusst und ob es überhaupt am Halbparasiten lag, dass die beiden Straten floristisch etwas unterschiedlich waren.

Klar ersichtlich ist, dass die Artenzahl im Stratum 2 höher ist als im Stratum 1. Es kamen im Stratum mit viel *Rhinanthus* also neue Arten hinzu. Die entspricht der Aussage von Joshi et al. (2000), dass die durch Klappertopf entstehenden Nischen Platz für neue Arten schaffen können.

Die Gesamtdeckungsgeraden in Stratum 1 und 2 waren ebenfalls unterschiedlich. Stratum 2 wies gesamthaft wesentlich höhere Deckungsgerade auf. Die Deckungen von *Rhinanthus* waren hier immer mitinbegriffen. Dies würde darauf hindeuten, dass bei viel *Rhinanthus* die Gesamtproduktivität an Biomasse höher ist. Es ist aber zu berücksichtigen, dass die Deckungsgeraden nur geschätzt wurden und deren Genauigkeit nicht gegeben ist. Zudem sind auch Bröckelverluste durch die Konservierung noch nicht inbegriffen.

Bestätigung oder Verwerfung der Hypothesen

1. **H0:** Die Artenzahl im Untersuchungsgebiet mit hoher *R. alectorolophus* Dichte ist nicht signifikant kleiner als in Flächen mit niedriger *R. alectorolophus* Dichte. **Trifft zu**
1. **H1:** Die Artenzahl im Untersuchungsgebiet mit hoher *R. alectorolophus* Dichte ist signifikant kleiner als in Flächen mit niedriger *R. alectorolophus* Dichte. **Trifft nicht zu**
2. **H0:** Die Artenzusammensetzung im Untersuchungsgebiet mit viel *R. alectorolophus* unterscheidet sich nicht signifikant von der Artenzusammensetzung im Untersuchungsgebiet mit wenig *R. alectorolophus*. **Kann nicht beurteilt werden**
2. **H1:** Die Artenzusammensetzung im Untersuchungsgebiet mit viel *R. alectorolophus* unterscheidet sich signifikant von der Artenzusammensetzung im Untersuchungsgebiet mit wenig *R. alectorolophus*. **Kann nicht beurteilt werden**
3. **H0:** Der Gesamtdeckungsgrad im Untersuchungsgebiet mit hoher *R. alectorolophus* Dichte unterscheidet sich nicht signifikant von dem Deckungsgrad im Untersuchungsgebiet mit niedriger *R. alectorolophus* Dichte. **Trifft nicht zu**
3. **H1:** Der Gesamtdeckungsgrad im Untersuchungsgebiet mit hoher *R. alectorolophus* Dichte unterscheidet sich signifikant von dem Deckungsgrad im Untersuchungsgebiet mit niedriger *R. alectorolophus* Dichte. **Trifft zu**

Schlussfolgerung

Die im Rahmen dieser Arbeit gewählten Straten ergaben zwar Sinn, doch in den Stichprobepunkten im Stratum 2 machte *Rhinanthus* nie mehr als 35% Deckung aus. Es ergaben sich keine Versuchsfächen, auf denen er beispielsweise 50% Deckung erreichte. Um die aufgestellten Hypothesen wirklich zu überprüfen, wäre es aber dringend empfehlenswert, Flächen mit höheren *Rhinanthus*-Dichten zu untersuchen. Es ist gut vorstellbar, dass Einflüsse auf die Artenzahl und -zusammensetzung erst bei grösseren *Rhinanthus*-Beständen sichtbar werden. Möglich wäre die Definition und Untersuchung von drei Straten. Stratum 2 hätte dann *Rhinanthus*-Deckungen zwischen 25 und 50% und Stratum 3 würde *Rhinanthus*-Deckungsgeraden von über 50% umfassen. Da auf den Versuchsfächen jedoch deutlich weniger *Rhinanthus* wuchs als erwartet, konnte dieses Vorgehen leider nicht angewendet werden.

Was die Hypothese der Artenzahl betrifft, so kann mit Sicherheit gesagt werden, dass hier die Artenzahl mit zunehmender *Rhinanthus*-Dichte nicht sank. Im Durchschnitt war sie im Stratum mit mehr *Rhinanthus* höher.

Die zweite Hypothese über die Artenzusammensetzung kann nicht abschliessend geklärt werden. Wie signifikant die floristischen Unterschiede sind, ist nicht klar. Zudem bleibt unklar, ob wirklich *Rhinanthus* die Zusammensetzung mitbeeinflusst hat oder ob andere Faktoren eine wichtigere Rolle spielten. Dazu würden sich wohl Versuche eignen, die ausschliesslich dieser Frage nachgehen. Beispielsweise könnte nach identischen Einsaat-Mischungen in sterilisierte Erde die Entwicklung der Artenzusammensetzung in Abhängigkeit des *Rhinanthus* dokumentiert werden.

Die Hypothese zum Gesamtdeckungsgrad kann nicht bestätigt werden, denn dieser war im Durchschnitt im Stratum 2 höher als im Stratum 1. Ob die Unterschiede statistisch relevant sind, konnte aber nicht beurteilt werden.

Allgemein sind die Resultate dieses Versuches aber noch lange nicht genügend repräsentativ und es mag sein, dass an einem anderen Standort andere Resultate deutlich geworden wären.

5.3 Anmerkungen zum GIS Plan

Der GIS-Plan kann als Grundlage für einen Langzeitversuch verwendet werden. Zu diesem Zweck muss in einem weiteren Schritt zu den Parzellen (es können auf neue erfasst werden) die Jahre und die jeweils erfolgte Massnahme festgehalten werden. In der jetzigen Attribut-Tabelle sind die bisherigen Informationen in der Spalte "Massnahmen" im Textformat zu finden.

6 Literaturverzeichnis

- Info Flora*. (15. Juni 2012). Abgerufen am 15. April 2013 von www.infoflora.ch:
<http://www.infoflora.ch/de/flora/1978-rhinanthus-alectorolophus.html>
- Natur Schmetterlinge*. (28. April 2013). Abgerufen am 20. Juni 2013 von www.natur-schmetterlinge.ch: <http://www.natur-schmetterlinge.ch/schmetterlinge-nach-familie/geometridae-spanner/perizoma-albulata-klappertopf-kapselspanner/>
- webmap.sz.ch*. (2013). Abgerufen am 10. Mai 2013 von webmap.sz.ch:
http://webmap.sz.ch/bm31_webmap/BM3.asp
- Agriidea. (2013). *Wirz Handbuch Pflanzen und Tiere 2013*. Basel: Wirz Verlag.
- Ameloot, E., Hermy, M., & Verheyen, K. (2006). *Rhinanthus: an effective tool in reducing biomass of road verges? An experiment along two motorways*. Belgian Journal of Botany.
- Ameloot, E., Verheyen, K., & Hermy, M. (2005). *Meta-analysis of standing crop reduction by rhinanthus spp. and its effect on vegetation structure*. Leuven, Belgium: Folia Geobotanica.
- Ameloot, E., Verheyen, K., Bakker, J., De Vries, Y., & Hermy, M. (2006). *Long-term dynamics of the hemiparasite Rhinanthus angustifolius and its relationship with vegetation structure*. Leuven, Belgium: Journal of Vegetation Science.
- Ameloot, E., Verlinden, G., Boeckx, P., Verheyen, K., & Hermy, M. (2008). *Impact of hemiparasitic Rhinanthus angustifolius and R. minor on nitrogen availability in grasslands*. Springer Science +Business Media B.V.
- Ari-Pekka, H. (2001). *Restorative mowing on semi-natural grasslands: community-level changes and species-level responses*. Linnanmaa: Department of Biology, University of Oulu.
- Briemle, G. (2000). *Landwirtschaft: Infodienst Landwirtschaft- Ernährung- Ländlicher Raum*. (Ministerium für ländlichen Raum und Verbraucherschutz Baden Württemberg, Hrsg.) Abgerufen am 20. Juni 2013 von [Landwirtschaft: Infodienst Landwirtschaft- Ernährung- Ländlicher Raum](http://www.landwirtschaft-mlr.baden-wuerttemberg.de/pb/MLR.Landwirtschaft,Lde/Startseite/Gruenland+_Futterbau/Extensivgruenland): http://www.landwirtschaft-mlr.baden-wuerttemberg.de/pb/MLR.Landwirtschaft,Lde/Startseite/Gruenland+_Futterbau/Extensivgruenland

- Cameron, D., White, A., & Antonovics, J. (2009). *Parasite–grass–forb interactions and rock–paper–scissor dynamics: predicting the effects of the parasitic plant *Rhinanthus minor* on host plant communities*. *Journal of Ecology*.
- Davies, D., Graves, J., Elias, C., & Williams, P. (1996). *The impact of *Rhinanthus* spp. on sward productivity and composition: implications for the restoration of species-rich grasslands*. York .
- Delarze, R., & Gonseth, Y. (2008). *Lebensräume der Schweiz*. Bern: hep verlag ag.
- Direktzahlungsverordnung (DZV). (Stand 1.Januar 2013). (7. Dezember 1998) SR 910.13.
- Habs, H., Habs, M., Marquardt, H., Röder, E., Schmähl, D., & Wiedenfeld, H. (1982). *Carcinogenic and Mutagenic Activity of an Alkaloidal Extract of *Senecio nemorensis* ssp. *fuchsii**. Heidelberg: German Cancer Research Center.
- Hautier, Y., Hector, A., Vojtech, E., Prues, D., & Turnbull, L. (2010). *Modelling the growth of parasitic plants*. *Journal of Ecology*.
- Hejzman, M., Schellberg, J., & Pavlů, V. (2011). *Competitive ability of *Rhinanthus minor* L. in relation to productivity in the Rengan Grassland Experiment*. Prag: Plant Soil and Environment.
- Hofmann, R. R. (April 1991). Die Wiederkäuer: Ökophysiologisch hochdifferenziert, biologisch erfolgreich- in ihrer Vielfalt gefährdet. Eine vergleichende-anatomische Betrachtung der Evolution des Wiederkäuer-Verdauungsapparates. *Biologie in unserer Zeit*.
- Joshi, J., Matthies, D., & Schmid, B. (7. February 2000). *Root hemiparasites and plant diversity in experimental grassland communities*. *Journal of Ecology*.
- Lauber, K., & Wagner, G. (2012). *Flora Helvetica* (5 Ausg.). Bern: Haupt Verlag.
- Matthies, D., & Egli, P. (1999). *Response of a root hemiparasite to elevated CO₂ depends on host type and soil nutrients*. Springer-Verlag.
- Neff, R. (September 2005). *Eigenschaften einiger Grünlandpflanzen*. (L. L. Hessen, Hrsg.) Abgerufen am 24. Juni 2013 von www.llh-hessen.de: <http://www.llh-hessen.de/pflanzenproduktion/gruenland-futterbau-landschaftspflege.html>
- Phoenix, G., & Press, M. (2005). *Linking physiological traits to impacts on community structure and function: the role of root hemiparasitic Orobanchaceae (ex-Scrophulariaceae)* . Sheffield: *Journal of Ecology*.

- Porst, R. (2011). *Fragebogen ein Arbeitsbuch 3. Auflage*. VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Röder, E. (2012). *Wie verbreitet und wie gefährlich sind Pyrrolizidinalkaloide?*. Pharmazie in unserer Zeit.
- Schmid, O., & Obrist, R. (2006). *Biologischer Landbau, Lehr- und Fachbuch für landwirtschaftliche Schulen und die Praxis*. (FiBL, & svial, Hrsg.) LmZ, Landwirtschaftliche Lehrmittelzentrale.
- Smith, R., Shiel, R., Millward, D., & Corkhill, P. (2000). *The interactive effects of management on the productivity and plant community structure of an upland meadow: an 8-year field trial*. British Ecological Society.
- Spengler Neff, A. (März 2013). *Schaf- und Ziegenhaltung. Unterrichtsunterlagen FiBL, Grundlagen BLH 3, ZHAW*. unveröffentlicht.
- Tésitel, J., Leps, J., Vráblová, M., & D.Cameron, D. (2011). *The role of heterotrophic carbon acquisition by the hemiparasitic plant *Rhinanthus alectorolophus* in seedling establishment in natural communities: a physiological perspective*. New Phytologist.
- Wagner, W. (2013). *Schmetterlinge und ihre Ökologie*. Abgerufen am 20. Juni 2013 von Schmetterlinge und ihre Ökologie: http://www.pyrgus.de/Perizoma_albulata.html
- Westbury, D., & Dunnett, N. (2007). *The impact of *Rhinanthus minor* in newly established meadows on a productive site*. Uppsala: IAVS Opulus Press.
- WSL. (20. November 2006). *Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL*. Abgerufen am 20. Juni 2013 von www.wsl.ch: http://www.wsl.ch/land/products/webflora/m1/Leg_indi_de.html
- Ziegler, H. (15. Juni 2013). *www.euroleps.ch*. Abgerufen am 20. Juni 2013 von www.euroleps.ch: http://www.euroleps.ch/seiten/s_art.php?art=geo_albulata

Verzeichnis der Bilder

Abb. 1: Wechselbeziehungen zwischen <i>Rhinanthus</i> und der Umgebung (Ameloot, et al., 2006).....	1
Abb. 2: Lineare Regression für die Ertragsreduktion (Biomasse bei Abwesenheit des Parasiten – Biomasse in Anwesenheit des Parasiten) gegenüber dem Erntegut in Abwesenheit von <i>Rhinanthus</i> spp.....	6
Abb. 3: <i>Rhinanthus</i> bei der Heuernte: zu sehen sind vor allem kahle Stängel und Kapseln... 8	8
Abb. 4 Verschiedene Behandlungen im Vergleich (Ameloot, et al., 2006) Von rechts nach links: keine Behandlung, Abbrennen, Mulchen jedes zweite Jahr, Heuernte Sept. jedes zweite Jahr, Heuernte Sept., Heuernte alternierend Juli oder Sept., Heuernte Juli, Heuernte Juli mit Sense, Heuernte Juli und September. a und b kennzeichnen signifikante Unterschiede	9
Abb. 5 Samenstände <i>Rhinanthus alectorolophus</i> in getrocknetem Zustand	28
Abb. 6: Übersichtskarte (webmap.sz.ch, 2013).....	35
Abb. 7: Übersichtsplan der beiden Straten (webmap.sz.ch)	36
Abb. 8: Stichprobenpunkte im Stratum 1 (706'376/215'059 bis 706'420/ 214'931) und Stratum 2 (kleine Fläche, 706'388/ 215'075 bis 706'393/ 215'053).....	37
Abb. 9: Stichprobenpunkte im Stratum 2 (oberes Feld, 706'460/ 215'220 bis 706'511/ 215'159)	37
Abb. 10: Dendrogramm nach Jaccard	47
Abb. 11: Dendrogramm nach Van der Maarel	47
Abb. 12: Oben: Artenzahl in Abhängigkeit der Deckungsgeraden von <i>Rhinanthus</i> Unten: Gesamtdeckungsgeraden in Abhängigkeit der Deckungsgeraden von <i>Rhinanthus</i>	50
Abb. 13: Beispiel einer Extensivwiese, auf welcher aufgrund von <i>Rhinanthus</i> im Jahr 2011 ein Frünschnitt erfolgte.	50

Verzeichnis der Tabellen

Tab. 1: Ergebnisse aus den Befragungen zum Teil Ökologie	43
Tab. 2: Die arithmetischen und gewichteten Mittel der Zeigerwerte nach Landolt pro Stichprobe	45
Tab. 3: Floristische Ähnlichkeit nach Jaccard, 1= floristisch Identisch, 0= keine floristische Ähnlichkeit.....	46
Tab. 4: Floristische Ähnlichkeit nach Van der Maarel mit Berücksichtigung der Deckungsgeraden	46
Tab. 5: Artenzusammensetzung in Stratum 1 und 2, angegeben in Deckungsgraden pro Stratum	48

Anhang

A. Aufgabenstellung

Semester Arbeiten 1		
Studienjahrgang		
Titel		Klappertopf in Ökowiesen - wirklich ein Problem?
Vertraulich		ja <input type="checkbox"/> X nein <input checked="" type="checkbox"/>
Fachgebiet		Umweltplanung
Namen	StudentIn	Rahel Sonja Schaufelberger
Namen	StudentIn	Juliana Deborah Zweifel
	1. KorrektorIn	Kirsten Edelkraut
	2. KorrektorIn	Bertil Krüsi
Aufgabenstellung		<p>Ausgangslage</p> <p>Im Rahmen einer Studie zum Thema Klappertopf (<i>Rhinanthus alectoropholus</i>) in Ökowiesen sollen verschiedene Teilfragen geklärt werden, u.a. die Schädlichkeit der Pflanze für das Vieh (ab welcher Dosis); die Veränderung des Futterwerts von Wiesen; mögliche Effekte einer Aushagerung durch Klappertopf sowie Möglichkeiten der Bekämpfung bzw. Praxisbeispiele zum Umgang mit Klappertopf in Flächen mit Ökobeiträgen und vertraglich geregelter Mähregime.</p> <p>Zielsetzungen</p> <ul style="list-style-type: none"> • Erhebung von Rhinanthus- Flächen im Kanton Schwyz (GIS-Plan) • Befragungen von Landwirten und Experten zu Erfahrungen und Umgang mit Rhinanthus • Vertiefte Literaturrecherche über Verhalten und Konsequenzen von Rhinanthus für die Landwirtschaft und die Ökologie • Ausarbeitung einer differenzierten Empfehlung zum Umgang mit Rhinanthus in Flächen mit Ökobeiträgen • Entwicklung eines fotografischen Schlüssels als Hilfestellung für Landwirte und Betroffene
Formale Anforderungen	<p><i>Die Weisungen zur Arbeit müssen gelesen und erfüllt werden.</i></p> <p>http://www.lsfm.zhaw.ch/science/studium/info/bachelor-studium/wichtige-dokumente.html</p>	

Inhaltsverzeichnis (1.Version)

1	Einleitung	1
2	Theorieteil	3
A.	<i>Rhinanthus</i> in der Landwirtschaft	4
2.1	Wie schädlich ist <i>Rhinanthus</i> für das Vieh?	4
2.1.1	Die konsumierte Menge	5
2.1.2	Effekte durch Kombinationen mit anderen Futtermitteln	5
2.1.3	Verschiedene Konservierungsverfahren.....	5
2.1.4	Unterschiedliche Tierarten und Rassen.....	5
2.2	Wie ändert sich der Futter-und Ertragswert von Wiesen mit <i>Rhinanthus</i> ?	5
2.2.1	Einfluss auf Milch- und Fleischleistung sowie Reproduktion	8
2.3	Wie reagiert <i>Rhinanthus</i> auf verschiedene Behandlungsmethoden.....	8
2.3.1	Normaler Schnitt	10
2.3.2	Früher Schnitt.....	10
2.3.3	Alternierender Schnitt.....	10
2.3.4	Manuelle Bearbeitung	10
2.3.5	Beweidung	10
2.3.6	Kein Schnitt.....	11
2.4	Welche Behandlungsmethoden werden empfohlen?	11
2.4.1	Empfehlungen schweizerische Landwirtschaftsämter.....	13
2.4.2	Empfehlungen österreichische Landwirtschaftskammern	15
2.4.3	Empfehlungen Landwirtschaftskammern- und ämter Deutschland	16
B.	<i>Rhinanthus</i> und die Ökologie.....	21
2.5	Was bestimmt den Befall einer Fläche?	21
2.5.1	Höhenstufe.....	21
2.5.2	Exposition	21

2.5.3	Boden und abiotische Faktoren.....	22
2.5.3.1	Feuchtigkeit.....	22
2.5.3.2	Klimatische Bedingungen.....	22
2.5.3.3	Nährstoffe und Assimilate	22
2.5.4	Vegetationstyp	24
2.6	Wie verändert sich die Vegetation in Flächen mit <i>Rhinanthus</i> ?	25
2.6.1	Auswirkungen auf die Vegetation in Abhängigkeit der <i>Rhinanthus</i> - Dichte	26
2.6.2	Veränderungen der Artenvielfalt.....	27
2.7	Wie sieht das Ausbreitungsmuster von <i>Rhinanthus</i> aus?	28
2.8	Gibt es einen Ausmagerungseffekt durch <i>Rhinanthus</i> ?	29
2.9	Welche natürlichen Antagonisten hat <i>Rhinanthus</i> ?	29
3	Material und Methoden.....	31
3.1	Befragung von Landwirtinnen und Landwirten.....	31
3.1.1	Fragen zum Schwerpunkt Landwirtschaft.....	33
3.1.2	Fragen zum Schwerpunkt Ökologie.....	33
3.2	Vegetationsanalyse zum Einfluss unterschiedlicher <i>Rhinanthus</i> - Dichten	34
3.2.1	Datenverarbeitung.....	38
3.3	Fotografische Dokumentation.....	39
3.4	Kartografische Erhebung mit GIS.....	39
4	Ergebnisse	40
4.1	Ergebnisse der Befragung.....	40
4.1.1	Ergebnisse zum Schwerpunkt Landwirtschaft	40
4.1.2	Ergebnisse zum Schwerpunkt Ökologie	41
4.2	Ergebnisse der Vegetationsanalyse zum Einfluss von <i>Rhinanthus</i>	45
4.3	Fotografischer Schlüssel zur Bestimmung der Befallsdichte.....	50
4.4	GIS-Plan	50
5	Diskussion.....	51

5.1	Interpretation der Ergebnisse aus der Literatur und den Befragungen.....	51
5.1.1	Interpretation der Ergebnisse zum Schwerpunkt Landwirtschaft	51
5.1.2	Interpretation der Ergebnisse zum Schwerpunkt Ökologie	56
5.2	Interpretation der Vegetationsanalyse zum Einfluss von <i>Rhinanthus</i>	59
5.3	Anmerkungen zum GIS Plan	61
6	Literaturverzeichnis	62

B. Faltblatt "Klappertopf in Ökowieden"

Klappertopf in Ökowieden

Die Problematik

***Rhinanthus* spp. sind Halbparasiten und entziehen den Wirtspflanzen Wasser und Nährstoffe, wodurch diese geschwächt werden. Dies hat Auswirkungen auf den Ertrag und die Vegetation einer Fläche.**

Rhinanthus spp. sind halbparasitisch lebende, einjährige krautige Pflanzen. Die halbparasitische Lebensweise von *Rhinanthus* bedeutet, dass zwar Photosynthese betrieben wird, jedoch im Vergleich zu anderen C3 Pflanzen nur sehr reduziert. Alle Vertreter der *Rhinanthus*-Gattung verfügen bloss über ein



Rhinanthus alectorolophus
im Blühstadium

verkümmertes Wurzelsystem und bilden stattdessen spezielle Saugorgane, sogenannte Haustorien, an den Wurzeln ihrer Wirtspflanzen. So dringen sie in die Leitbahnen ein und entziehen ihrem Wirt vorwiegend Wasser und Nährstoffe (weniger Assimilate), wodurch diese geschwächt werden. Parasitiert wird ein grosses Spektrum verschiedener Gräser und Kräuter, wobei Gräser bevorzugt werden. Dies führt in den meisten Fällen zu Ertragseinbussen sowie Veränderungen der Artenzusammensetzung und -zahl.

Zudem enthält *Rhinanthus* das giftige Rhinantin (Aucubin), was ein ernährungsphysiologisches Problem für Nutztiere darstellen kann.

Der Zottige Klappertopf (*Rhinanthus alectorolophus*), der häufigste Vertreter der Schweiz, ist gleichzeitig aber eine Indikator-Art zum Nachweis der biologischen Qualität von Ökoflächen für zusätzliche Beiträge. Auch kann er Nischen für die Ansiedlung neuer Arten schaffen.

Aktuelle Situation:

***Rhinanthus* Arten bilden keine ausdauernden Samenbanken im Boden und sind auf eine jährliche Versammlung angewiesen. Daher kann *Rhinanthus* nur in Flächen mit Ökobeiträgen, in welchen der erste Schnitt nach seiner Vermehrung erfolgt, hohe Dichten erreichen. In den letzten Jahren wurde vermehrt ein Frühschnitt zur Klappertopfbekämpfung in Ökoflächen bewilligt.**

Fokus Landwirtschaft

Giftigkeit

Wie giftig ist der Klappertopf für Nutztiere?

Rhinanthus ist im frischen Zustand leicht giftig für Nutztiere. Er enthält etwas mehr Aucubin als der Spitzwegerich. In getrocknetem Zustand ist die Pflanze unbedenklich. Über den Verbleib der Toxine in der Silage ist nichts bekannt. Falls der Klappertopf Giftpflanzen parasitiert, könnte seine Giftigkeit steigen und auch im Heu erhalten bleiben.

Verzehrmenge und Kombination mit anderen Futtermitteln

In der Literatur lassen sich keine Angaben darüber finden, ab welcher Verzehrmenge Beschwerden auftreten und ob diese durch eine gezielte Kombination mit anderen Futtermitteln abgeschwächt werden könnten.

Welche Tierarten sind gefährdet?

Erfahrungen mit Beweidung und dem Verzehr der frischen *Rhinanthus*-Pflanze sind in der Schweiz kaum vorhanden. Pferde lassen den Klappertopf selektiv stehen. Laut einem Landwirten haben die Kühe die Jungpflanzen ohne Beschwerden gefressen. Für Schafe stellen die Pflanzen ebenfalls kein Problem dar, bei Ziegen dürfte es ähnlich sein.

Ertrag

Wie verändert sich der Ertrag einer Wiese?

In der Literatur werden Reduktionen der Gesamtbiomasse von über 70% bis hin zu keiner signifikanten Abnahme genannt. Ob und wie stark der Ertrag einer Wiese durch *Rhinanthus* sinkt, hängt unter anderem von der Artenzusammensetzung und der Produktivität der Fläche ab. Einige Gräser und Kräuter zeigen Resistenzreaktionen. Bei den späten Schnittzeitpunkten haben *Rhinanthus*-Pflanzen ihre Blätter meist schon abgeworfen und bei der Heuernte sind hohe Bröckelverluste zu verzeichnen. Dies führt für den Landwirten generell zu Ertragseinbussen. Der Futterwert ist zudem gering.

Richtwerte:

- Erntereduktion ab 10 *Rhinanthus*-Pflanzen/m²
- Ab ca. 80 Individuen/m² keine weitere Reduktion der Biomasse

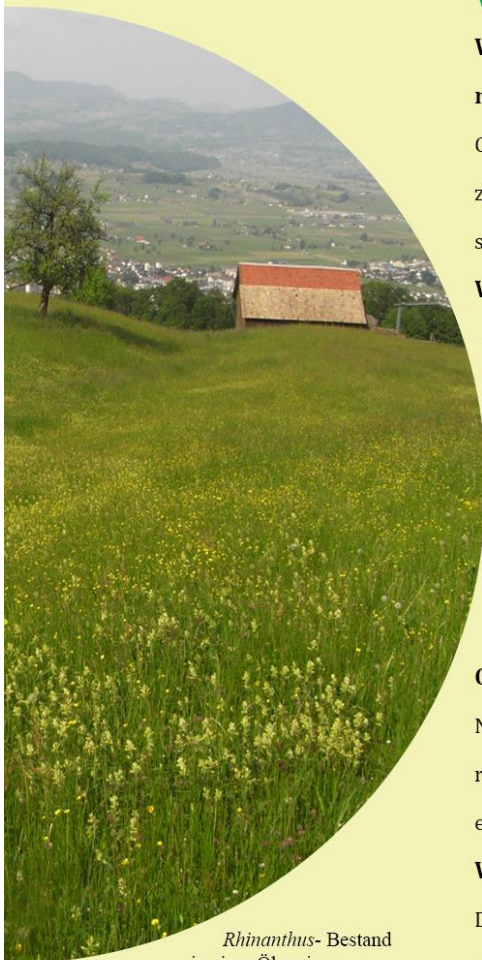
Forschungsbedarf :

- Schädlichkeit der frischen und silierten Pflanze für verschiedene Nutztiere
- Erhöhte Giftigkeit aufgrund von Wirtspflanzen
- Schädlichkeit im Zusammenhang mit Verzehrmenge und Futterkombinationen
- Parasitenresistente Samenmischung



Forschungsbedarf:

- Weitere Untersuchungen zur Veränderung der Biodiversität
- Langzeitversuch: Was geschieht ohne Frühschnitt?
- Wie kann *Rhinanthus* in Kombination mit einer Übersaat die Diversität fördern?
- Weitere Forschung zur Ausbreitung und der langfristigen Dynamik



Rhinanthus- Bestand
in einer Ökowieze

Fokus Ökologie

Befallsfaktoren

Was bestimmt den Befall einer Fläche?

Höhenstufe, Exposition und Geländeform sind nicht massgebend. *Rhinanthus alectorolophus* bevorzugt einen leicht basischen pH (5,5-8), kommt aber allgemein mit verschiedenen Bodenverhältnissen klar. Er benötigt jedoch lückige Bestände um im kritischen Jugendstadium zu überleben. Eine geringe Produktivität begünstigt daher das Wachstum von *Rhinanthus*. Ab einem Schwellenwert von 5t/ha (teils erst ab 8-10t) ist er nicht mehr konkurrenzfähig. Auf nährstoffreichen Standorten kann er sich schlecht etablieren, durch Düngungsmassnahmen wird er verdrängt.

Vegetation

Welche Konsequenzen hat *Rhinanthus* auf die Artenzusammensetzung?

Gräser sind generell bessere Wirte als Kräuter, was zu einer Verschiebung zugunsten der Dikotyledonen führt. Sind bevorzugte Wirte häufig, so geschieht die grösste Veränderung in der Vegetation.

Welchen Einfluss hat *Rhinanthus* auf die Biodiversität?

Rhinanthus kann die Diversität erhöhen oder senken. Einflussgrössen sind einerseits die anfängliche Artenzahl, andererseits der Anteil bevorzugter Arten vs. Anteil wenig anfälliger Arten. Die Anfälligkeit auf Verunkrautung der Wirtsgesellschaften wird vor allem in artenarmen Beständen gesteigert. Die Neuansiedlungen in den Nischen führen teils zu einer höheren Diversität, zur gezielten ökologischen Aufwertung ist eine Übersaat aber meist notwendig.

Gibt es einen Ausmagerungseffekt?

Nein. Da sich der Stickstoff besonders in den Blättern von *Rhinanthus* anreichert, welche vor der Ernte abfallen, weisen *Rhinanthus*-Flächen eher eine erhöhte Stickstoffverfügbarkeit auf.

Wie sieht das Ausbreitungsmuster aus?

Die Ausbreitung von *Rhinanthus* geschieht meist wolkenartig, ist aber besonders in artenarmen Beständen unberechenbar.

Empfehlungen

Die Direktzahlungsverordnung des Bundes sieht eine Bekämpfung von Problempflanzen mittels Schnitthäufigkeit und -zeitpunkt vor, nicht aber durch Weidenutzung.

Frühschnitt

In der Praxis die häufigste Massnahme. Der Schnitt vor der Samenreife ist wirkungsvoll.

Erhöhte Düngung

Wird die Düngung erhöht, verschwindet *Rhinanthus*, dies bedingt aber eine Umwandlung der extensiven in eine wenig intensiv genutzte Wiese.

Manuelle Bewirtschaftung

Das Mähen mit der Sense und der jeglicher Verzicht auf maschinelle Bewirtschaftung der Fläche kann den *Rhinanthus*-Bestand in Schach halten.

Striegeln mit Übersaat

In der Praxis noch kaum angewendet, doch erste Berichte einer erfolgreicher Anwendung. Der Striegeldurchgang muss im Frühling während einer heissen Wetterperiode durchgeführt werden. Die *Rhinanthus*-Jungpflanzen werden entwurzelt und trocknen aus. Kombiniert mit einer nachfolgenden Übersaat werden die Lücken in der Grasnarbe wieder geschlossen.

Frühlingsbeweidung

Schafe auf der Frühlingsweide können den *Rhinanthus*-Bestand minimieren. Es muss eine Umwandlung der extensiven Wiese zu einer extensiven Weide vorgenommen werden, bei welcher die Direktzahlungen wegfallen.



Die Hummel als Bestäuber von *Rhinanthus*

Forschungsbedarf:

- Unter welchen Bedingungen eignet sich ein alternierender Schnitt als Massnahme?
- Welchen Einfluss haben die Massnahmen, insbesondere die Frühlingsbeweidung auf die Artenzusammensetzung?

Impressum:

Zusammenfassung der Semesterarbeit:

„Klappertopf in Ökowieden-wirklich ein Problem?“

Autoren: Rahel Schaufelberger,
Juliana Zweifel

Studiengang: UI11,
ZHAW Wädenswil

Bildnachweis: Rahel Schaufelberger,
Juliana Zweifel

Auflage: 1.Auflage, Juli 2013

C. Folie aus einem Vortrag über Giftpflanzen im Bundesland Hessen, Richard Neff



Klappertopf



Rhinantus spec.



Verbreitung

frische bis mäßig trockene Wiesen
ertragsmindern ab 10 Pfl/m²
(Halbschmarotzer auf Futtergräsern)



Gefährliche Pflanzenteile

gesamte Pflanze

Giftstoffe

Rhinantin (Aucubin)

Wirkung

grün giftig, Erbrechen, Krämpfe, blutiger
Durchfall, Nierenentzündung
im Heu ungefährlich

Gefährdete Tierarten

Rinder, Pferde

Bekämpfung

Frühschnitt mehrere Jahre
hintereinander, Düngung,
MCPA



Richard Neff
LLH - FG 33
Pflanzenproduktion

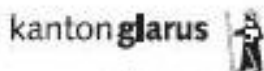
Problempflanzen des Grünlandes

12-09 / 08-090

Landwirtschafts-
Zentrum Eichhof
Bad Hersfeld



D. Merkblatt Kanton Glarus



Abteilung Landwirtschaft
Zwinglistrasse 6
8750 Glarus

Telefon 055 646 66 45
Fax 055 646 66 38
E-Mail: uell.baen@gl.ch
www.gl.ch

Klappertopf (*Rhinanthus* L.) in Naturwiesen - Vorverlegung des Schnittzeitpunktes bei ökologischen Ausgleichsflächen

Ausgangslage

In wenig oder nicht gedüngten Wiesen, welche spät geschnitten werden, kann sich der Klappertopf (Arten der Gattung *Rhinanthus* L.) stark ausbreiten. Als Halbparasit entzieht er über die Wurzeln den benachbarten Pflanzen (häufig Gräsern) Nährstoffe. Der Ertrag und die Artenvielfalt von Wiesen mit hohem Anteil an Klappertopf gehen zurück. Klappertopf-Arten sind einjährig, d.h. sie müssen alljährlich Samen bilden, um sich in einem Wiesenbestand erhalten zu können. Der Futterwert ist gering, in frischem Zustand ist die Pflanze leicht giftig (Gehalt an Aucubin resp. Rhinanthin kann Entzündungen und Krämpfe verursachen), im Heu hingegen ungefährlich.

Um den Klappertopf zurückzudrängen, ist eine frühe Schnittnutzung eine aussichtsreiche Bewirtschaftungsmassnahme.



Massnahmen

Besonders in den extensiv und wenig intensiv genutzten Wiesen mit festgelegtem spätem Schnittzeitpunkt (ökologische Ausgleichsflächen nach Art. 40 und Art. 44-46 der Direktzahlungsverordnung, DZV) kann der Klappertopf günstige Bedingungen finden und sich stellenweise sehr stark ausbreiten.

Um die Zusammensetzung des Pflanzenbestandes auf Flächen mit hohem Klappertopfvorkommen zu verbessern, kann die Abteilung Umweltschutz und Energie in Zusammenarbeit mit der Abteilung Landwirtschaft auf Gesuch hin eine Vorverlegung des Schnittzeitpunktes in *extensiv genutzten Wiesen* (Code 611) oder in *wenig intensiv genutzten Wiesen* (Code 612) bewilligen. Grundlage: Weisungen und Erläuterungen des BLW vom 31. Januar 2008 zur Verordnung über die Direktzahlungen an die Landwirtschaft, Art. 45 Abs. 3bis.

Vorgehen und Bedingungen

- Der Gesuchsteller (Bewirtschafter) stellt bei der Abteilung Landwirtschaft (Telefon-Nr. 055 646 66 40) schriftlich oder telefonisch ein Gesuch zur Vorverlegung des Schnittzeitpunktes. Das Gesuch muss frühzeitig und spätestens 3 Wochen vor dem offiziellen Schnittzeitpunkt der Parzelle eingereicht werden.
- Die betroffene Fläche wird von einer Fachperson der Abteilung Landwirtschaft oder der Abteilung Umweltschutz und Energie im Beisein des Bewirtschafters vor Ort beurteilt.
- Die Abteilung Landwirtschaft erteilt dem Bewirtschafter schriftlich Bescheid über die Bewilligung oder Ablehnung des Gesuches.
- Im Falle einer Bewilligung informiert der Bewirtschafter die Abteilung Landwirtschaft spätestens bis Ende September desselben Jahres von sich aus darüber, ob und an welchem Datum die Massnahme durchgeführt wurde.

Weitere Auflagen:

- Der Schnitt muss spätestens zum Zeitpunkt des Blühbeginnes des Klappertopfes erfolgen.
- Das Schnittgut muss von der Parzelle abgeführt werden.
- Eine frühzeitige Weidenutzung anstelle der Schnittrutzung ist nicht möglich.
- Für die gleiche Fläche darf innerhalb von 6 Jahren höchstens zweimal ein Gesuch für eine Vorverlegung des Schnittzeitpunktes gestellt werden. Für jedes Mal ist eine separate Bewilligung einzuholen.
- Die betroffenen Flächen (Parzellen oder Teilflächen davon) werden durch die Abteilung Landwirtschaft in einem Plan eingetragen.
- Bei Nichteinhalten der hier aufgeführten Bedingungen und Auflagen werden dem Bewirtschafter die Direktzahlungen gemäss Direktzahlungs-Kürzungsrichtlinien des Bundes gekürzt.



E. Dokumentation von J. Galler von der Landwirtschaftskammer Salzburg in Österreich

Klappertopf – frühere Nutzung und Düngung verdrängt den „Kloff“

Der Klappertopf (*Rhinantus* ssp.) kommt vor allem auf warmen Magerwiesen bei vernachlässigter Düngung vor, da dann die Gräser verhungern und sich der „Kloff“ mangels Konkurrenz als Lückenfüller durchsetzen kann. Er hat keinen futterbaulichen Wert

Er ist eine einjährige Pflanze, d. h. er muss regelmäßig versamen, um sich im Bestand halten zu können. Die reifen Samen klappern in den Kapseln des zweilippigen Rachenblütlers, der botanisch zu den Braunwurzgewächsen zählt. Er ist vorrangig beim 1. Aufwuchs ein Problem und vermehrt sich massenhaft bei zu spätem Schnitt durch Samenausfall.

Bevorzugt kommt der Klappertopf auf nährstoffarmen Ein- bis Zweischnittwiesen (Magerrasen) im Berggebiet auf sonenseitigen Hängen bis über 2000 m Seehöhe vor. Bei uns sind der Kleine Klappertopf (dreieckige Blätter), der Zottige Klappertopf (scharf gesägte Blätter) und der Grannen- Klappertopf (lange grannenspitziige Blätter) verbreitet. Der Klappertopf ist verstärkt auf leichteren bis schottrigen Böden anzutreffen. Da die Böden meist ausgehungert sind und dementsprechend die Gräser nur ein flaches Wurzelprofil (= geringe Wasserspeicherkapazität) aufweisen, kann sich der Klappertopf besonders nach einer Trockenheit durchsetzen.

Der Klappertopf hat keinen Futterwert. Er ist ein Halbschmarotzer, d. h. er ernährt sich größtenteils durch „Anzapfen“ der Wurzeln benachbarter Gräser und Kräuter, die dadurch geschwächt aussehen und verdrängt werden. Daher wird er im Volksmund auch als „Milchdieb“ bezeichnet. Die Pflanzenbestände wirken mager und verhungert. Wegen seinem Glykosidgehalt (Aucubin – früher Rhinantin) ist der Klappertopf im grünen Zustand giftig und kann beim Tier bei einem Anteil über 3 % (ca. 8-10 Pflanzen / m²) Entzündungen im Magen-Darmtrakt auslösen, die mit Durchfällen und Kolliken verbunden sein können. Auch können Bluthamen und Lähmungen im Gehirn hervorrufen werden. Auch eine bläuliche Verfärbung der Milch ist möglich. Bei der Bodenheutrocknung verliert er durch die UV-Einstrahlung weitgehend seine Giftigkeit.

Bekämpfung:

Die einfachste Bekämpfungsmaßnahme ist ein Mulchen (Säuberungsschnitt) im zeitigen Frühjahr noch vor der Blüte bei einer Wuchshöhe von 10-15 cm, noch bevor der Klappertopf seine Reservestoffe einlagern kann. Diese Maßnahme ist im Folgejahr zu wiederholen, um ein Versamen dieser einjährigen Pflanze zu verhindern. Verdrängen lässt sich der Halbschmarotzer am einfachsten neben einer früheren Nutzung durch eine bessere Düngung zur Förderung des Grasbestandes und vor allem frühere Nutzung lässt sich der durch zurückdrängen. Auch eine intensive Beweidung hilft den Klappertopf zurückzudrängen.

Eine chemische Bekämpfung mit Wuchsstoffmitteln gegen zweikeimblättrige Unkräuter ist normalerweise nicht erforderlich, da der „Kloff“ nur beim 1. Aufwuchs mangels Konkurrenz ein unerwünschter Platzräuber ist.

Bei Frühjahrstrockenheit kann auch einige Wochen später noch eine zweite Samen-Charge aufkommen, welche dann im Hochsommer in Form kleinerer Pflanzen zum Blühen kommt.

Oft leiden die Böden auch unter Kalkmangel (pH-Werte unter 5,5). Wichtig ist eine gute PK-Versorgung. Düngung mit Jauche oder Gülle, da dann die bessere Stickstoffversorgung das Grasgerüst fördert und den „Kloff“ verdrängt.

Bei großflächiger Ausbreitung ist besonders auf eine frühe Nutzung noch vor der Samenreife zu achten, um ein Versamen dieser einjährigen Pflanze zu verhindern.

Josef Galler

F. Fragebogen für die Befragung der Landwirtinnen und Landwirten

Fragebogen: Klappertopf in Ökowiesen

Vorgängige Information an den Landwirt

- Studium an der ZHAW mit der Vertiefung "biologische Landwirtschaft und Hortikultur"
- Befragung im Rahmen einer Semesterarbeit zur Problematik des zottigen Klappertopfs in Ökowiesen
- Schwerpunkt Klappertopf in der Landwirtschaft und wie sieht die Ökologie aus, in Wiesen mit Klappertopf
- Jegliche Angaben werden vertraulich behandelt und die Resultate in der Arbeit lassen keine Rückschlüsse auf die Person oder den Betrieb zu

Daten zum Standort der Ökofläche mit vorhandener *Rhinanthus* Problematik

Für Nachschlagnungen im Gis-Plan

Parzellen-Nummer: _____

Standortgemeinde: _____

Zoneneinteilung der betroffenen Parzelle

Talzone	Hügelzone	Bergzone I	Bergzone II	Bergzone III	Bergzone IV

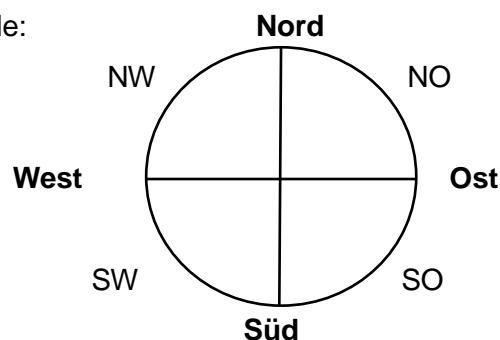
Geländeform (Neigung in % dazuschreiben, wenn bekannt) Skizze der Geländeform:

Flach	Muldenlage	Hanglage

Höhenlage der Parzelle (in Meter über Meer)

<800	800-1000	1050-1200	1250-1400	1450-1600	1650-1800	>1800

Exposition der Parzelle:



Daten zu den Bodeneigenschaften der Ökofläche mit *Rhinanthus* Problematik

Bodenbestandteile (Körnung)

sandig (leicht)	lehmig (mittel)	tonig (schwer)

Einschätzung des Wasserhaushaltes

Trocken	Eher trocken	Frisch	Feucht	Eher nass	Nass

Niederschlagsmenge Standort: _____

Wasserspeichervermögen des Bodens

trocknet schnell aus/ gut durchlässig	mittel	bleibt lange nass/ Staunässe

Mögliche Erklärung für das Wasserspeichervermögen des Bodens (Körnung, Humusschicht, Regenwürmer...) _____

Boden-ph

sauer 4-5	eher sauer 5.5-6	neutral 6.5-7.5	eher basisch 8-8.5	basisch 9-10

Untergrundgestein(falls bekannt): _____

Daten zur Bewirtschaftung der Ökofläche mit vorhandener *Rhinanthus* Problematik

Nach welcher Anbauanleitung ist der gesamte Betrieb bewirtschaftet:

IP	Bio	Bio-Dynamisch
seit	seit	seit

Falls es eine Betriebsumstellung gab, gibt es eine Korrelation zum Vorkommen von *Rhinanthus*:

Haben sie eine Erklärung für diese Entwicklung: _____

Welcher ÖLN-Definition entspricht/entsprechen die Fläche/n mit *Rhinanthus*:

Extensiv Wiese	Wenig intensive Wiese	extensive Weide	Streu- fläche	Bunt- brache	Rotations- brache	Ackerschon- streifen	Säume auf Ackerfläche

Die Fläche entspricht schon seit _____ Jahren dem oben genannten ÖA-Typ

In dieser Zeit hat sich der *Rhinanthus* Bestand wie folgend entwickelt: (Auf dem Zeitstrahl vermerken mit keine, wenig, mittel, viel)

Vorher war die Fläche: _____ und *Rhinanthus* war _____ vorhanden.

Wie, wann und wie intensiv wurde die Fläche genutzt?

	nur Schnitt	Schnitt, dann Weide	Weide , dann Schnitt	nur Weide
ab 15.6- 30.6.				
ab 1.7-14.7				
ab 15.7.-31.7				
ab 01.08.-14.8				
ab15.08.-31.08				
ab 01.09.-14.09				
ab15.09.-30.9				
nach 1.10.				

Falls "wenig intensive Wiese"

Wie sah die Düngung aus, zu welchem Zeitpunkt wurde Mist ausgebracht:

Was konnte in Bezug zum *Rhinanthus* Vorkommen beobachtet werden: _____

Wurden je Unkrautbekämpfungsmassnahmen, durchgeführt, wenn ja, welche:

(Ev. Präzisierung der Häufigkeiten)

	kein Pflanzen- schutz	mechanischer Pflanzenschutz	Einzelstock- behandlungen	Nesterbe- handlungen
einmal				
mehrmals				
oft				

Konnte danach eine Veränderung des *Rhinanthus* Bestandes beobachtet werden?

Mit welchen Maschinen wurde die Fläche, wie bearbeitet:

Traktor	Transporter	Mäher	Anderes
Gewicht	Gewicht	Schritthöhe	

Falls die Fläche beweidet wurde, welchem Weidetyt entsprach es:

Vollweide	Umtriebsweide	Portionenweide

Mit welchen Tieren wurde die Fläche beweidet:

Kühe	Ziegen/Schafe	Pferde	Anderes
Rasse	Rasse		

Gab es Jahre, wo man bei ungünstigen Bodenverhältnissen auf die Fläche musste und dabei die Grasnarbe beschädigte? Wenn ja, wie hat sich das auf den *Rhinanthus* Bestand ausgewirkt: _____

Daten zum Fressverhalten der Tiere bei *Rhinanthus*-Anteilen in der Weide/ im Futter

Können Sie das Fressverhalten der Tiere gegenüber *Rhinanthus* (Frischpflanze) beschreiben:

Tiere fressen R. nicht	Tiere fressen R. teilweise	Tiere fressen R.	keine spezielle Beobachtung

Haben sie eine eigene Hypothese warum die Tiere ein derartiges Fressverhalten zeigen: _____

Wurde das *Rhinanthus*-Futter (frisch) mit anderen Futtermitteln kombiniert?

Ja, mit sehr Stärkehaltigem Futter (Krafftutter)	Ja, mit sehr eiweissreichem Futter (z.b. Luzerne)

Gab es dabei spezielle Beobachtungen: _____

Gab es schon Futterkonservierungen von dieser Fläche:

Heu/Emd	Silage

Wie wurde das Futter von den Tieren gefressen: _____

Daten zum Ertrag

Veränderte sich der Gesamtertrag der Fläche mit dem *Rhinanthus*-Befall:

Ertrag stieg deutlich	Ertrag stieg leicht	Ertrag blieb gleich	Ertrag sank leicht	Ertrag sank deutlich

Daten zu den Massnahmen bei *Rhinanthus* in Ökoflächen

Wurde die Nutzung im Zusammenhang mit dem Vorkommen von *Rhinanthus* verändert:

Nein

Ja, weil es *Rhinanthus* hatte, habe ich die Bewirtschaftung folgenderweise angepasst: _____

Danach entwickelte sich der *Rhinanthus* wie folgt: _____

Haben sie Erfahrungen mit folgenden Behandlungsmethoden bei *Rhinanthus*- Flächen?

So verhält sich *Rhinanthus* bei

Normalem Schnitt: _____

Frühem Schnitt: _____

Alternierendem Schnitt: _____

Beweidung: _____

Bei keinem Schnitt: _____

Daten zur Ökofläche mit vorhandenem *Rhinanthus*

Wie beschreiben sie den Vegetationstyp der Wiese, in der *Rhinanthus* vorkommt?

Welches sind die Hauptarten in der Wiese? _____

Welche besonderen Arten kommen vor? _____

Welche Beobachtungen zur Ausbreitung von *Rhinanthus* haben sie gemacht? (wie breitet er sich aus? Gibt es ein Muster?)

Verhält sich *Rhinanthus* in allen Flächen gleich?

Ja

Falls nein, welche Unterschiede beobachten sie?

Haben Sie eine Erklärung für diese Unterschiede?

Stellten sie Veränderungen der Artenzusammensetzung in der Wiese fest, im Zusammenhang mit *Rhinanthus*?

Nein

Ja, ich habe folgende Veränderungen beobachtet:

Sind diese Veränderungen abhängig von der Dichte von *Rhinanthus*?

Nein

Ja, ich beobachte folgendes: _____

G. Gesamtartenliste mit Deckungsgraden aller Stichprobenpunkte von Stratum 1 und Stratum 2

Nummer der Aufnahme	1A	1B	1C	1D	1E	2A	2B	2C	2D	2E
Datum der Aufnahme	30.05.2013	30.05.2013	30.05.2013	04.06.2013	04.06.2013	04.06.2013	04.06.2013	04.06.2013	04.06.2013	04.06.2013
Grösse der Aufnahmefläche	1 x 1m	1 x 1m	1 x 1m	1 x 1m	1 x 1m	1 x 1m	1 x 1m	1 x 1m	1 x 1m	1 x 1m
x - Koordinaten	706399	706374	706408	706358	706417	706463	706459	706480	706505	706389
y - Koordinaten	215025	215008	214957	214996	215011	215189	315197	215184	215182	215053
Artenzahl	18	18	20	22	23	21	22	21	25	26
Gesamtdeckungen (%)	156.4	149.4	110.2	151.4	109.2	142.6	198.4	133.4	221	175.4
<i>Alchemilla xanthochlora</i> aggr. sensu Aeschmann & Burdet						3	3	0.2	5	2
<i>Alopecurus pratensis</i> L.			2							
<i>Anthoxanthum odoratum</i> L.	1	2	5	3	3	15	10	3	5	10
<i>Bellis perennis</i> L.	1	2	4	3	2			3	3	2
<i>Briza media</i> L.										0.2
<i>Bromus erectus</i> Huds. subsp. <i>erectus</i>					1					
<i>Cardamine pratensis</i> L.	0.2	0.2	0.2	0.2						0.2
<i>Carex flacca</i> Schreb.				1		0.2				2
<i>Carex hirta</i> L.								1	1	
<i>Carex pendula</i> Huds.				2						
<i>Carex sylvatica</i> Huds.	40				15	2	25		4	8
<i>Carum carvi</i> L.	12	15	4	40	8	3	8	5	10	4
<i>Centaurea jacea</i> L. subsp. <i>jacea</i>								5	8	
<i>Cerastium fontanum</i> Baumg. subsp. <i>vulgare</i> (Hartm.) Greuter & Burdet	0.2	1	1	0.2	1	1	2	1	3	1
<i>Cirsium oleraceum</i> (L.) Scop.			15							
<i>Crepis aurea</i> (L.) Cass.						0.2	0.2	2		
<i>Crepis biennis</i> L.	3		1	2	5					1
<i>Cynosurus cristatus</i> L.				2	1	20	25			

Dactylis glomerata L.	5	2	1	2	8				2	10
Daucus carota L.			2		4					
Heracleum sphondylium L. subsp. sphondylium	1	15	15	6	1					
Holcus lanatus L.	4	1		1	0.2	1	1	2	2	1
Leontodon hispidus auct.						5	5	6		3
Chrysanthemum leucanthemum L.	1	8	7	4	6	1			2	2
Lolium perenne L.	8	35	5		2	7	3	15	20	30
Medicago lupulina L.									2	
Plantago lanceolata L.	35	25	8	30	15	3	3	5	8	12
Plantago major L. subsp. major								3	2	
Plantago media L.						15	15		5	4
Poa pratensis L.		2	2		3		18	20	22	20
Poa trivialis L. subsp. trivialis						2	8	6	15	
Prunella vulgaris L.						7	8	8	10	6
Ranunculus acris L. subsp. acris	3	3	6	7	4	9	15	10	5	6
Ranunculus ficaria L.				2						
Rhinanthus alectorolophus (Scop.) Pollich	3	5	2	5	4	35	32	25	30	31
Rumex acetosa L.	1	2	5	2	2					1
Silene flos-cuculi (L.) Clairv.				1						1
Taraxacum officinale aggr.	8	4	5	18	6	5	5	1	10	7
Tragopogon pratensis L. subsp. orientalis (L.) Celak.										1
Trifolium pratense L. subsp. pratense				2	2		3		25	
Trifolium repens L.	30	27	20	18	15	8	8	12	20	10
Veronica chamaedrys L.		0.2			1	0.2	1	0.2	2	
Veronica serpyllifolia L. subsp. serpyllifolia							0.2			