

ZÜRCHER HOCHSCHULE FÜR ANGEWANDTE WISSENSCHAFTEN
DEPARTEMENT LIFE SCIENCES UND FACILITY MANAGEMENT
INSTITUT FÜR UMWELT UND NATÜRLICHE RESSOURCEN



Welche landwirtschaftliche Bewirtschaftungsweise ist für die gefährdete Pflanzenart *Gentiana cruciata* am günstigsten?

Eine Untersuchung zur Bewirtschaftung von *Gentiana cruciata*-Standorten im Jura in der näheren Vergangenheit und heute unter Berücksichtigung der Lebensraumsprüche des seltenen Bläulings *Maculinea rebeli*.

Bachelorarbeit

Niklaus Tanner

Studienrichtung Umweltingenieurwesen UI 14

Abgabedatum: 26.10.2017

Betreuerin und Betreuer: Dr. Regula Billeter und Jürg Schlegel

Impressum

Autor:
Niklaus Tanner

Adresse des Instituts:
Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften
Life Sciences und Facility Management
Institut für Umwelt und Natürliche Ressourcen
Grüental
8820 Wädenswil

Schlagwörter:
Kreuzblättriger Enzian, *Gentiana cruciata*, Kreuzenzian-Ameisenbläuling, *Maculinea rebeli*, Verbreitung, Bewirtschaftung, Jura

Zitiervorschlag:
Tanner, N. (2017). Welche landwirtschaftliche Bewirtschaftungsweise ist für die gefährdete Pflanzenart *Gentiana cruciata* am günstigsten? Eine Untersuchung zur Bewirtschaftung von *Gentiana cruciata*-Standorten im Jura in der näheren Vergangenheit und heute unter Berücksichtigung der Lebensraumansprüche des seltenen Bläulings *Maculinea rebeli*. Bachelorarbeit. ZHAW, unveröffentlicht.

Zusammenfassung

In mitteleuropäischen Halbtrockenrasen, auch bekannt als *Mesobromion*, kommen die bedrohte Pflanzenart *Gentiana cruciata* und die seltene Tagfalterart *Maculinea rebeli* vor. Für den Schutz und Erhalt von *M. rebeli*, müssen grosse *G. cruciata*-Populationen erhalten, bzw. angestrebt werden. Im Rahmen einer Semesterarbeit von Tanner wurde im Jahr 2016 ein grosser Rückgang der *G. cruciata*-Populationen seit einer Untersuchung von Kéry 1999 festgestellt.

Es stellt sich die Frage, wie der starke Rückgang verlangsamt oder gestoppt werden kann. Die Leitfrage der vorliegenden Arbeit lautet: Welches ist für *G. cruciata* die optimale Art der Wiesen- bzw. Weidebewirtschaftung?

Es konnte festgestellt werden, dass mit abnehmender Grashöhe auf den Flächen der Anteil an verbissenen *G. cruciata*-Individuen ansteigt. Gleichzeitig steigt mit abnehmender Grashöhe und zunehmend offenem Boden der Anteil an vegetativen *G. cruciata*-Exemplaren an. Bei mittlerer Grashöhe (10 – 20 cm) werden die grössten *G. cruciata*-Populationen angetroffen.

Je mehr *G. cruciata*-Individuen vorkommen, desto mehr *M. rebeli*-Eier hat es. Diese wiederum sind in grösserer Anzahl pro *G. cruciata*- Individuum anzutreffen, je mehr offene Bodenfläche vorhanden ist. Dies entspricht der Vorliebe der Wirtsameisen von *M. rebeli*, *Myrmica sp.*, welche offene besonnte Stellen innerhalb kurzer Vegetation bevorzugen.

Auf Weidestandorten ist der Rückgang der *G. cruciata*-Populationen grösser als auf Wiesenstandorten. Viele dieser Flächen werden während Juli und August beweidet, was für Kreuzenzian und Kreuzenzian-Ameisenbläuling fatal ist.

Als wichtigste Bewirtschaftungsempfehlungen für Weidestandorte lassen sich festhalten:

- Beweidungspause von Mitte Juni bis Ende August
- Besatzdichten von weniger als 4 GVE/ha
- Beweidungsintensität kleiner als 30 GVE/ha*Wochen/Jahr

Die wichtigsten Bewirtschaftungsempfehlungen für Wiesenstandorte sind:

- 1 Schnitt pro Jahr
- Schnitt ab Oktober
- Schnitt mit Balkenmäher

Abstract

The endangered species *Gentiana cruciata* and the rare butterfly species *Maculinea rebeli* are found in Central European semi-dry grasslands, also known as *Mesobromion*. For the protection and maintenance of *M. rebeli*, large *G. cruciata* populations have to be obtained or striven for. A major decrease in *G. cruciata* populations since a Kéry study in 1999 was identified in a term paper from the author in 2016.

The question arises how the strong decline can be slowed or stopped. The main question of this paper is: What is the optimal type of meadows or pasture management for *G. cruciata*?

It's a fact, that with the decrease of the grass height on the sites the proportion of stified *G. cruciata* individuals increases. At the same time, the percentage of vegetative *G. cruciata* specimens increases with decreasing grass height and increasingly open soil. At medium grass heights (10 - 20 cm) the largest *G. cruciata* populations are found.

The more *G. cruciata* individuals occur, the more *M. rebeli* eggs it has. These, in turn, are to be found in larger numbers of *G. cruciata* individuals. The more open soil is present, corresponds to the predilection of the host ants of *M. rebeli*, *Myrmica* sp., which favour open sunlit spots in short vegetation.

The decline in the *G. cruciata* populations is higher on pasture sites than on meadows. Many of these areas are grazed during July and August, which is fatal for the crossed-leaved gentian and the mountain Alcon Blue.

The most important management recommendations for pasture sites are:

- Pasturing break from mid-June to the end of August
- stocking densities less than 4 LSU / ha
- a pasturing intensity less than 30 LSU / ha * weeks / year

The most important management recommendations for meadows are:

- 1 cut per year
- Cut as of October
- Cut with cutter bars

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung.....	1
2	Material und Methoden	3
2.1	<i>Gentiana cruciata</i>	3
2.2	<i>Maculinea rebeli</i>	3
2.3	Standorte	4
2.1	Erhebung der Standorteigenschaften.....	5
2.2	Erhebung der Bewirtschaftung der vergangenen 15 Jahre	6
2.3	Bestandsentwicklung von <i>G. cruciata</i> und <i>M. rebeli</i> seit 1999	7
2.4	Erfassen der Ameisengattungen	7
2.5	Datenanalyse.....	7
3	Ergebnisse	9
3.1	Standorteigenschaften in den <i>G. cruciata</i> -Flächen	9
3.1.1	Standorteigenschaften und <i>M. rebeli</i>	11
3.2	Bewirtschaftung der Standorte in den letzten 15 Jahren.....	13
3.2.1	Weidestandorte	13
3.2.2	Wiesenstandorte	16
3.2.3	Brachen.....	16
3.3	Bestandsentwicklung von <i>G. cruciata</i> seit 1999	17
3.4	Bestandsentwicklung von <i>M. rebeli</i> seit 1999.....	18
3.5	Beobachtungen zur Präsenz der Ameisengattung <i>Myrmica</i>	21
4	Diskussion.....	22
4.1	Standorteigenschaften in <i>G. cruciata</i> -Beständen	22
4.1.1	Standorteigenschaften und <i>M. rebeli</i>	22
4.2	Bewirtschaftung der Standorte in den letzten 15 Jahren.....	22

4.2.1	Weidestandorte	23
4.2.2	Wiesenstandorte	24
4.3	Bestandsentwicklung von <i>G. cruciata</i> seit 1999	25
4.4	Bestandsentwicklung von <i>M. rebeli</i> seit 1999	25
4.5	Bewirtschaftungsempfehlungen	26
4.5.1	Weide	26
4.5.2	Wiese	27
4.6	Beobachtungen zur Präsenz der Ameisengattung <i>Myrmica</i>	27
5	Ausblick	28
	Literaturverzeichnis	29
	Abbildungsverzeichnis	33
	Tabellenverzeichnis	35
	Erklärung betreffend das selbständige Verfassen einer Bachelorarbeit im Departement Life Sciences und Facility Management	42

1 Einleitung

Die Mitteleuropäischen Halbtrockenrasen, auch bekannt als *Mesobromion*, sind das Habitat von *Gentiana cruciata*, dem Kreuzblättrigen Enzian, und *Maculinea rebeli*, dem Kreuzenzian-Ameisenbläuling. Dieser Tagfalter hat als Eiablagepflanze *G. cruciata*. In den trockenwarmen Regionen der Schweiz war das *Mesobromion* bis Mitte des 20. Jahrhunderts weit verbreitet (Delarze & Gonseth, 2008). Die *Mesobromion*-Standorte in der Schweiz sind heute durch die Intensivierung und Mechanisierung der Landwirtschaft stark gefährdet. Die Intensivierung einzelner Flächen kann verschiedene Gründe haben: das Ausbringen von Kunstdünger oder Gülle oder Überweidung. Wenn das Gegenteil eintritt und auf solchen Flächen die Bewirtschaftung aufgegeben wird, führt dies zu einer schnell voranschreitenden Verbuschung und Rückkehr des Waldes (Grunicke & Poschlod, 1991; Lüthi, 2002; Siewers, 2009; Wermeille, 2014).

An 29 *Mesobromion*-Standorten im Jura wurden von Kéry et al., (2001) im Jahr 1999 die *G. cruciata*- wie auch die *M. rebeli*-Bestände erhoben. Es wurde der Zusammenhang zwischen der Populationsgrösse von *G. cruciata* und der Wahrscheinlichkeit des Auftretens von *M. rebeli* untersucht. Es zeigte sich, dass in grossen *G. cruciata*-Populationen die Wahrscheinlichkeit des Vorkommens von *M. rebeli*-Populationen wie auch deren Populationsgrösse grösser ist als in kleinen. Daraus lässt sich schliessen, dass für den Schutz und Erhalt von *M. rebeli*, grosse *G. cruciata*-Populationen erhalten, bzw. angestrebt werden müssen (Kéry et al., 2001). Clarke et al. (1998), Kéry et al. (2001) und Schlick-Steiner et al. (2002) haben festgestellt, dass die optimale Dichte von *G. cruciata* bei 1000 – 1500 Pflanzen pro ha liegt.

Im Rahmen einer Semesterarbeit wurden im Jahr 2016 die Wiesen- und Weidestandorte welche von Kéry et al. (2001) untersucht wurden erneut aufgesucht und die *G. cruciata*-Bestände gezählt. Dabei wurde der starke Rückgang von *G. cruciata* aufgezeigt. Es zeigte sich, dass auf den als Weide bewirtschafteten Flächen der Rückgang grösser ist als auf Wiesenflächen. Es zeigte sich, dass eine Unterteilung in Wiese oder Weide ohne weitere Gliederungskriterien für die Beantwortung der Frage nach den geeigneten Bewirtschaftungsformen für *G. cruciata*-Standorte nicht präzise genug ist (Tanner, 2017). Es bleibt die Frage, wie der starke Rückgang verlangsamt oder gestoppt werden kann. Zweifellos liegt der Schlüssel für den Erhalt von stabilen *G. cruciata*-Vorkommen in der angepassten Bewirtschaftung der Habitats.

Beinlich et al. (2009 und 2011) beschreibt Pferde als bevorzugte Weidetiere auf *G. cruciata*-Standorten, da sie zu einer kurzgrasigen Vegetation beitragen, welche ideale Keimbedingungen

für den Enzian darstellen. Auch der Beweidung mit Schafen werden eine positive Entwicklung von *G. cruciata*-Flächen zugesprochen (Siewers, 2009; Schlick-Steiner et al., 2002; Specken & Grawe, 2009). Über die Beweidung mit Rindern ist noch nicht viel bekannt. Es sind jedoch viele Flächen im Jura von Rindern beweidet (Tanner, 2017).

Klar ist, dass die extensive Weide- oder Wiesenbewirtschaftung der einzige Weg ist, damit diese Standorte und die daran gebundenen Pflanzen fortbestehen können (Wermeille, 2014). Unklar ist jedoch die genaue Bewirtschaftungsform, sei es auf den Wiesen oder den Weiden. Wegen falsch gewählten Beweidungszeiträumen oder Überbesatz auf einer Fläche, können die Enziane abgefressen und geschwächt werden (Siewers, 2009). Es ergibt sich die folgende Leitfrage für diese Arbeit: Welches ist für *G. cruciata* die optimale Art der Wiesen- bzw. Weidebewirtschaftung?

Folgende Teilfragen sind für die Beantwortung der Leitfrage zu stellen:

1. Welche Standorteigenschaften sind in den *G. cruciata*-Flächen anzutreffen?
2. Wie sind die Standorte in den vergangenen 15 Jahren bewirtschaftet worden?
3. Wie haben sich die *G. cruciata*-Bestände seit 1999 entwickelt?
4. Wie haben sich die Bestände von *M. rebeli* in Abhängigkeit zur Entwicklung der *G. cruciata*-Populationen in den letzten 15 Jahren entwickelt?

Auf Flächen ohne *M. rebeli*-Eier wäre es interessant zu wissen, ob die Haupt-Wirtsameisenart *Myrmica schencki*, oder andere *Myrmica*-Arten, welche gelegentliche Wirte sind, vorkommen (Lepidopterologen-Arbeitsgruppe, 1987; Thomas et al., 1989). Deshalb sollen an diesen Standorten die Arten der Gattung *Myrmica*, welche als Wirtsameisen von *M. rebeli* genannt werden, erhoben werden.

2 Material und Methoden

2.1 *Gentiana cruciata*

Der Kreuzblättrige Enzian, *Gentiana cruciata*, gehört zur Familie *Gentianaceae* und wächst auf trockenen, kurzgrasigen Wiesen und Weiden (Ebert & Rennwald, 1993; Hegi, 1927; Lauber et al., 2012; Landolt, 2010). *G. cruciata* blüht zwischen Juni und September violettblau an den ca. 1-4 Trieben der Pflanze in den obersten Blattwinkeln (Kéry et al., 2001; Lauber et al., 2012). Die geographische Gesamtverbreitung liegt von Europa bis West- und Zentralasien (Lauber, 2010). In der Schweiz kommt *G. cruciata* aktuell vor allem im Jura, im Wallis, in Graubünden und vereinzelt im Tessin vor (infoflora, 2017).

Noch bis Mitte des 20. Jahrhunderts ist *G. cruciata* im Jura weit verbreitet (Binz, 1911; Brosi et al., 1986). Zoller und Wagner (1986) verzeichnen jedoch ab 1950 in der Juraregion und in der Nordwestschweiz einen Rückgang der Art. Dies ist zurückzuführen auf den starken Rückgang der *Mesobromion*-Standorte. *G. cruciata* weist eine hohe *Mesobromion*-Bindung auf, das heisst, dass nur vereinzelt Individuen in zwei bis drei anderen Verbänden gefunden werden konnten (Zoller und Wagner, 1986). Auf der Roten Liste der Gefässpflanzen ist *G. cruciata* als verletzlich aufgeführt (Bornard et al., 2016).

2.2 *Maculinea rebeli*

Der Kreuzenzian-Ameisenbläuling, *Maculinea rebeli* (Hirschke, 1904), gehört zur Familie *Lycaenidae* und zur Unterfamilie *Polyommatainae*. Das Hauptverbreitungsgebiet in Europa befindet sich im östlichen Frankreich und dehnt sich gegen Osten durch die Alpen und den Balkan bis nach Nordgriechenland aus (Lepidopterologen-Arbeitsgruppe, 1987). Die nördliche Verbreitungsgrenze liegt in Estland (Vilbas et al., 2016). Pecsénye et al. (2007) konnten keinen signifikanten genetischen Unterschied zwischen *M. rebeli* und *M.alcon*, dem Lungenenzian-Ameisenbläuling, feststellen. Es wurde vermutet, dass *M. rebeli* dieselbe Art wie *M.alcon* ist, jedoch in einer anderen ökologischen Nische lebend und eine andere Raupenfutterpflanze belegend. Neuere Untersuchungen zeigen nun eine starke genetische Differenzierung zwischen den beiden *Maculinea*-Arten, sodass *M. rebeli* eindeutig als eigene Art gilt (potentiell Unterart von *M.alcon*) (Berezky et al., 2017).

Die Art ist überall nur sehr lokal anzutreffen und stark im Rückgang begriffen. In der Schweiz kommt *M. rebeli* in den Alpen und im Jura vor, ist auf der roten Liste als „verletzlich“ aufgeführt (Lepidopterologen-Arbeitsgruppe, 1987; Wermeille et al., 2014) und gilt als national prioritäre Art (BAFU, 2011).

Je nach Standort wird von Ende Juni bis Anfang August pro Falter ca. 150 Eier in den Bereich der Blütenknospen von *G. cruciata*-Pflanzen abgelegt. Nach rund einer Woche schlüpfen die

Raupen durch den Eiboden, bohren sich durch das Blatt und gelangen in die Blüten (Ebert & Rennwald, 1993; Hochberg et al., 1992; Lepidopterologen-Arbeitsgruppe, 1987). Ungefähr drei Wochen lang fressen die Raupen an den weichen Blütenteilen. Nach der dritten Häutung lassen sie sich zu Boden fallen und werden von ihren *Myrmica*-Wirtsameisen in deren Nest getragen und adoptiert. Zu diesem Zeitpunkt haben sie erst ca. 1 % ihrer endgültigen Masse. Im Ameisennest verbringen sie die nächsten 10 Monate bis zu ihrer Verpuppung (Elmes et al., 1991a). Die Raupe frisst im Nest Ameisenbrut, wird jedoch auch von den Ameisen mit Speisebrei gefüttert (Lepidopterologen-Arbeitsgruppe, 1987).

Damit die Raupe adoptiert werden kann, muss innerhalb eines zwei Meter grossen Radius um die *G. cruciata*-Pflanze ein Nest der Wirtsameisen vorhanden sein (Kéry et al., 2001). Die einen Untersuchungen wiesen *Myrmica schencki* als Hauptwirt aus, *Myrmica sabuleti* als gelegentlichen Wirt (Elmes et al., 1991b; Lepidopterologen-Arbeitsgruppe, 1987; Thomas et al., 1989; Elmes et al., 1998; Meyer-Hozak, 2000; Sielezniew & Dziekanska, 2009), in einer andern Arbeit wurde nur *M. sabuleti* als Wirt festgestellt (Tartally et al. 2014). Weitere Studien zeigten, dass auch andere *Myrmica*-Arten als Hauptwirt in Frage kommen, je nach Standort und geographischer Lage: *M. scabrinodis* und *M. specioides* (Steiner et al., 2003; Pech et al., 2007). *Myrmica schencki* ist eine Art, welche von der Ebene bis in die unteren Mittelgebirgslagen vorkommt. Sie braucht ausreichend besonnte, xerotherme Stellen mit nicht zu hoher Bodenvegetation (Seifert, 1996). Gemäss Thomas et al. (2013) bevorzugt *M. schencki* Grashöhen um ca. 6 cm. Ruderale und eutrophierte Lebensräume werden gemieden. Überdüngung mit folgender Vergrasung wirkt sich bestandsmindernd aus (Seifert, 2007). *M. schencki* tritt nie in grossen Nestdichten auf, meist sind es 2-4, maximal aber 13 Nester pro Are. Eine Nestpopulation besteht meistens aus 300 bis 500 Exemplaren. Die Nester können unter Steinen liegen, oft sind es jedoch Erdnester, welche unter einer Mooschicht liegen. *M. schencki* ist räuberisch und zoophag (Seifert, 1996).

2.3 Standorte

Das Arbeitsgebiet der vorliegenden Untersuchung ergibt sich aus der Standortwahl von Kéry et al. (2001). Diese Standorte wurden aufgesucht, um die Entwicklung der *G. cruciata*- und *M. rebeli*-Populationen dieser Orte mit Bezug auf ihre Bewirtschaftung statistisch auswerten zu können. Einzig die Standorte welche im Jahr 1999 10 oder weniger *G. cruciata* Exempare hatten, und im Jahr 2016 im Rahmen der Semesterarbeit nicht mehr gefunden wurden, wurden nicht mehr aufgesucht. Es sind dies die Standorte Mowe, Coulo Berg, Coulu rechts, Moweo, Kleinklützel B, Leymen, Erschwil, Trottelreben und Bälweid (Tanner, 2017). Zusätzlich wurden im selben Gebiet (Jurakette) möglichst viele weitere grosse Standorte vom Typ Mesobromion ausfindig gemacht, aufgesucht und deren Zustand erhoben. Diese Standorte wurden mit Hilfe

von Infoflora-Angaben eruiert (infoflora, 2017). Die Auflistung der Standorte mit ihren Eckdaten und Koordinaten findet sich in Tabelle 1.

Tabelle 1: Die 26 untersuchten Standorte mit *G. cruciata*-Vorkommen. Standorte mit einem * sind zusätzliche Standorte welche Kéry et al., (2001) nicht aufgesucht haben. Länge und Breite basieren auf dem Koordinatensystem der Landesvermessung CH1903. Die Höhe ist in Meter über Meer angegeben und das Habitat in Brache, Weide (We) und Wiese (Wi) notiert.

Standort	Gemeinde	Höhe (m ü. M.)	Habitat	Länge (km)	Breite (km)
Gwidem B	Hägendorf	1000	Brache	627.921	245.572
Les Essieux*	La Heutte	1070	Brache	584.836	228.251
Coulu Weg	Perrefitte	860	Brache	591.193	236.384
Ste-Colombe	Ste-Colombe	820	We	511.265	193.124
Coulu	Perrefitte	760	We	590.750	236.089
Hasenschell	Soyhières	710	We	594.629	251.285
Soyhieres R	Soyhières	540	We	595.861	250.951
Liesberg	Liesberg	520	We	598.311	250.570
Les Pouches	Mervelier	970	We	607.926	243.398
La Neuve Vie	Mervelier	950	We	608.800	243.800
Bogenthal	Lauwil	850	We	617.311	246.766
Les Ordons West*	La Heutte	1021	We	594.601	233.138
Perrefitte 2*	Perrefitte	689	We	592.561	236.442
Binzberg West*	Gänsbrunnen	946	We	598.443	233.177
Bogenthal SchW*	Lauwil	802	We	616.361	246.683
Le petit Van*	La Heutte	921	We	582.934	227.552
Gwidem We	Hägendorf	990	We	627.944	245.581
Soyhieres L	Soyhières	530	Wi	594.678	250.934
Chevenez	Chevenez	460	Wi	568.882	249.848
Hornis	Kiffis (F)	760	Wi	591.247	255.657
Moha	Movelier	770	Wi	591.350	251.453
Kica Wiese	Kiffis (F)	520	Wi	592.325	254.567
Kleinlützel O	Kleinlützel	430	Wi	599.275	252.900
Chälen*	Wittnau	592	Wi	638.630	258.825
Lammet*	Kienberg	795	Wi	639.320	253.341
Moretchopf*	Erschwil	779	Wi	606.258	247.115

2.1 Erhebung der Standorteigenschaften

Alle Standorte (auch die zusätzlichen zu den Kéry et al. (2001)-Standorten) wurden zwischen Juli und Mitte August je einmal aufgesucht, um eine Vergleichbarkeit mit den Daten von Kéry et al. (2001) zu gewährleisten. Die *G. cruciata*-Individuen wurden nach vegetativen und generativen Exemplaren getrennt gezählt. Beim Zählen der *G. cruciata*-Pflanzen wurde gleichzeitig die Anzahl der angefressenen Pflanzen erfasst (Verbiss durch Rindvieh oder Wild). An den Standorten wurde der Standort-Typ bestimmt (Weide/Wiese/Brache). Mit der App locatr

wurden die Koordinaten und die Höhe über Meer bestimmt. Ausserdem wurde der Grad der Verbuschung bestimmt (Tab. 2).

Tabelle 2: Skala zur Ermittlung der Verbuschung.

Verbuschungsstufe	Beschreibung
1	keine verholzten Pflanzen
2	< 10 % einjährige verholzte Pflanzen
3	> 10 % einjährige und mehrjährige verholzte Pflanzen

Die Exposition wurde mit dem Kompass und die Neigung mit der App Clinometer aufgenommen. Ferner wurden die Grashöhe gemessen und die offene Bodenfläche in Prozent bestimmt. Aus der offenen Bodenfläche resultierte die Grasdichte welche bei 0-1 % als dicht notiert wurde, bei 1-10 % als mittel und bei >10 % offenem Boden als locker. Die *Bromus erectus*-Deckung wurde wie der offene Boden nach Deckungsgrad geschätzt und in Prozent notiert (Anhang 1).

2.2 Erhebung der Bewirtschaftung der vergangenen 15 Jahre

Die Bauern der ausgewählten Flächen wurden zur Bewirtschaftung der letzten 15 Jahre befragt. Dabei wurde nach allfälligen Verträgen mit Bund oder Kanton gefragt sowie die Bewirtschaftungsart der letzten 15 Jahre erhoben (Anhang 1).

Bei Wiesenstandorten wurden die folgenden Daten erhoben:

- Zeitpunkt des ersten Schnitts
- Häufigkeit der Mahd
- Mähart
- allfällige Düngung

Für Weidestandorte wurden folgende Parameter bestimmt:

- Weidedauer
- Weideunterteilung
- allfällige Beweidungsunterbrüche
- Viehart und Rasse
- Grossvieheinheiten auf der Weide
- allfälliger Schnitt der Weide
- zusätzliche Düngung
- allfälliges Reuten (Entfernen der Sträucher) der Weide

2.3 Bestandsentwicklung von *G. cruciata* und *M. rebeli* seit 1999

Es wurden Wiederholungsaufnahmen der Anzahl *G. cruciata*-Pflanzen und *M. rebeli*-Eier an den Standorten von Kéry et al. (2001) gemacht. Die *G. cruciata*-Individuen wurden nach vegetativen und generativen Exemplaren getrennt gezählt. Beim Zählen der *G. cruciata*-Pflanzen wurden gleichzeitig die *M. rebeli*-Eier gezählt und notiert.

Die Zu- oder Abnahme wird in Bezug zur Bewirtschaftungsform (Weide / Wiese) gesetzt.

2.4 Erfassen der Ameisengattungen

Auf den Flächen ohne *M. rebeli*-Population (Hasenschell, Kleinlützel O, Chälen, Gwidem, Liesberg) wurden Bodenfallen eingesetzt.

Zwischen Juni und August wurden die Fallen (Joghurtbecher) gemäss Barber (1931), bodeneben eingegraben und mit einer kleinen Abdeckung versehen. Mit einem Hammer und Holzpflock wurde das Loch in den Boden getrieben, um eine Störung der Bodenoberfläche durch Grabarbeiten weitestgehend zu vermeiden (Majer, 1978). Als Flüssigkeit wurde 20 % Kochsalzlösung verwendet, mit wenig Seife, um die Oberflächenspannung des Wassers zu verhindern. Die Fallen wurden mit einem durchsichtigen, festen Plastikdach gedeckt, um ein Füllen durch Regenwasser, sowie einen Bias durch den Schattenwurf zu vermeiden. Pro Standort wurden fünf Fallen aufgestellt, innerhalb eines Zweimeterradius um die *G. cruciata*-Pflanzen, da sich die meisten *Myrmica*-Arbeiterinnen innerhalb eines Zweimeterradius um ihr Nest aufhalten (Elmes et al., 1998). Nach einer Woche wurden die Fallen wieder eingesammelt. Der Inhalt der Fallen wurde für die Aufbewahrung in 80 % Ethanol konserviert.

Im Labor wurden die Ameisen von allen andern Insekten aussortiert und in Laborröhrchen nach Standort in 80 % Ethanol aufbewahrt. Die Bestimmung erfolgte nach Seifert (1996 & 2007), mit Unterstützung von Anne Freitag, Konservatorin am Musée cantonal de zoologie in Lausanne. Die Nachbestimmung der *Scabrinodis*-Gruppe hat Entomologe Rainer Neumeyer, Zürich gemacht.

2.5 Datenanalyse

Die Daten wurden mit dem Programm Excel (Version 12.3.6) verwaltet. Die statistischen Tests und Grafiken wurden mit dem Statistikprogramm R, mit dem Zusatz R Studio (Version 1.0.153) ausgeführt. Das Signifikanzniveau liegt bei $\alpha = 5\%$.

Das Wachstum oder der Rückgang einer Population wird mit der Differenz (%) gezeigt. Dieser Index ist angelehnt an den Rückgangsindex von Zoller & Wagner (1986). Die Formel dafür ist:

$$\text{Differenz}(\%) = \frac{\Delta \text{Differenz}}{\text{Nr. G.c. (1999)}} * 100$$

Wobei Δ Differenz die Differenz der *G. cruciata*-Individuen zwischen den Jahren 1999 und 2017 ist und Nr.G.c.(1999) die Anzahl der *G. cruciata*-Individuen im Jahr 1999 (Tab. 6, S. 20).

Um die Normalverteilung der Daten zu testen, wurden der Shapiro-Wilk-Test und der Kolmogorov-Smirnoff-Test durchgeführt (Kauf, 2016). Die Daten sind nicht normalverteilt, ausser es wird darauf hingewiesen.

Um Zusammenhänge zwischen den Standorteigenschaften und der Grösse der *G. cruciata*-Populationen zu testen, wurde eine Regressionsanalyse durchgeführt. So wurden die Faktoren Bromsdichte (%), Grasnarbenhöhe (cm), offener Boden (%) und Verbiss getestet.

Um den Einfluss der Verbuschung und der Grasnarbendichte auf den Flächen zu testen, wurde der Kruskal Wallis Test verwendet.

Der Faktor Grasnarbenhöhe ist normalverteilt ($p = 0.959$, Kolmogorof-Smirnoff) und wurde deshalb mit dem t-Test auf den Verbiss getestet.

Um die Unterschiede der Rückgänge der *G. cruciata*-Exemplare und der *M. rebeli*-Eier nach Bewirtschaftungsform seit 1999 von den Standorten von Kéry et al. (2001) zu testen, wurde der zweifaktorielle Mann-Whitney-Test für ungepaarte Stichproben verwendet. Die zwei Brachenstandorte wurden nicht berücksichtigt.

Um den Rückgang der *G. cruciata*-Exemplare und der *M. rebeli*-Eier nach Wiesen- und Weidestandorten getrennt zu testen, wurde der zweifaktorielle Wilcoxon-Rangsummen-Test für gepaarte Stichproben verwendet.

Da pro Habitatseinheit je mehr als sechs Stichproben vorliegen, ist die Datenmenge für statistische Tests ausreichend (Ivo Kälin, mündliche Mitteilung). Nichtsdestotrotz wäre eine grössere Stichprobenanzahl hilfreich, da Ausreisser dadurch weniger ins Gewicht fallen würden. Die erfassten Daten wurden einerseits quantitativ, statistisch, andererseits nach qualitativen Kriterien einander gegenübergestellt und ausgewertet.

3 Ergebnisse

3.1 Standorteigenschaften in den *G. cruciata*-Flächen

Die 26 untersuchten Standorte liegen zwischen 446 m ü. M. (Kleinlützel) und 1070 m ü. M. (Les Essieux) (Tab. 3, S. 12). Die meisten Standorte sind südexponiert, mit Ausnahme von je zwei Standorten, welche südost- und südwestexponiert sind. Die Standorte sind durchschnittlich knapp 40 % steil, mit einem Maximum von 53 % beim Standort Kleinlützel und einem Minimum von 5 % bei Coulo Weg. An 17 Standorten wurde Verbiss festgestellt. Dieser kann sowohl vom Weidevieh wie auch von Wild verursacht worden sein. Von den insgesamt 1458 gezählten Pflanzen (vegetativ und generativ) waren 133 verbissen, was 9.1 % entspricht. Der Verbiss ist signifikant abhängig von der Grashöhe (Abb. 1).

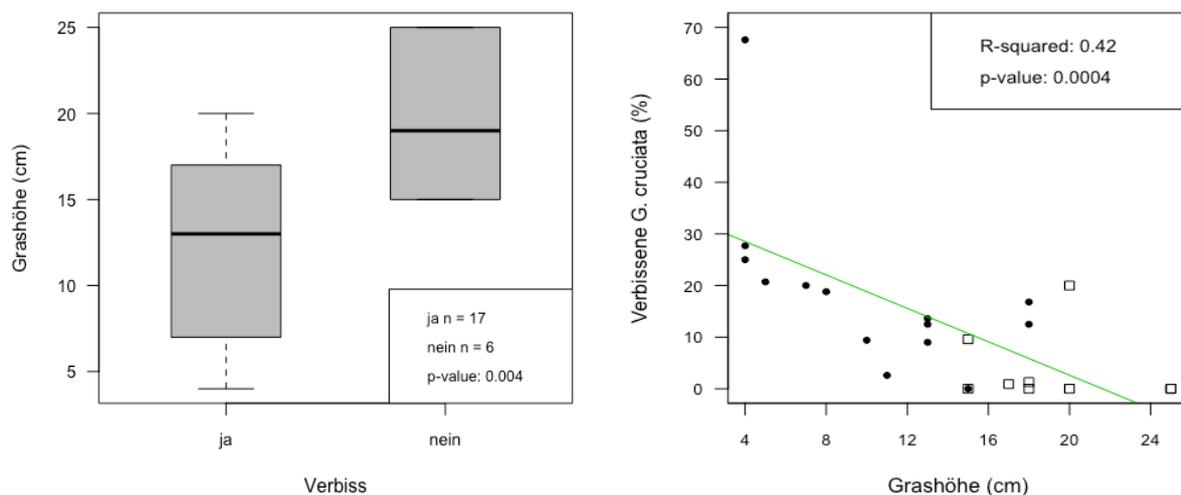


Abbildung 1: Bei höherem Gras ist die Chance auf Verbiss signifikant kleiner bei den 23 Standorten (linke Darstellung). Der Anteil verbissener *G. cruciata* sinkt, je höher die Grasnarbe ist. Die drei Brachenstandorte wurden nicht berücksichtigt. Wiesenstandorte sind als Quadrat aufgeführt, Weidestandorte als Punkt.

Die Höhe der Grasnarbe betrug im Durchschnitt 13,8 cm. Das Maximum war 25 cm (an drei Wiesen-Standorten) und das Minimum war 4 cm (an drei Weide-Standorten). Die Verbuschung war an einem Standort auf der Stufe 3, ansonsten waren die Flächen mässig bis gar nicht verbuscht. Die Verbuschung hat keinen signifikanten Einfluss auf die Anzahl der generativen und vegetativen *G. cruciata*-Exemplare auf den Flächen (alle *G. cruciata* 2017 (Stck.) vs. Verbuschungsgrad: $p = 0.751$).

Die Aufnahme und Auswertung der Bromusdeckung hat keinen zentralen Einfluss auf die Ausarbeitung eines Bewirtschaftungskonzepts. Deshalb sind die Resultate im Anhang 3 aufgeführt. Die offene Bodenfläche bei den Standorten beträgt durchschnittlich 6,1 %. Der

Anteil der vegetativen *G. cruciata*-Exemplare steigt, je mehr offener Boden vorhanden ist ($p = 0.027$) und sinkt je höher das Gras an den Standorten wächst ($p = 0.0001$) (Abb. 2).

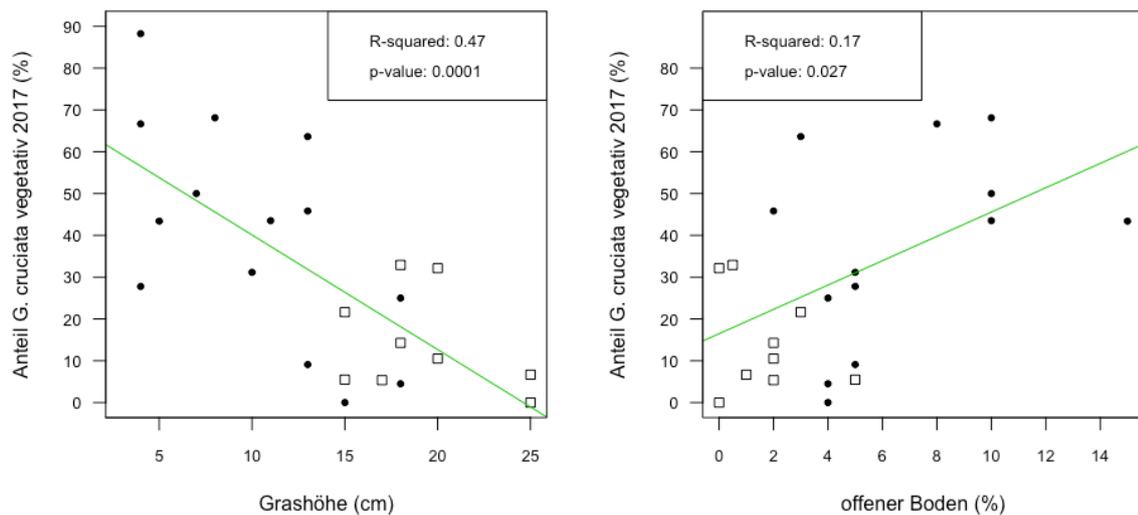


Abbildung 2: Die Vermehrung von *G. cruciata* wird erschwert je höher das Gras in der Umgebung der Pflanze wächst (linke Darstellung) und je weniger offene Bodenfläche ein Standort aufweist (rechte Darstellung). Wiesenstandorte sind als Quadrat aufgeführt, Weidestandorte als Punkt.

Die Grasnarbendichte hat keinen signifikanten Einfluss auf die effektive Anzahl der *G. cruciata*-Exemplare an den Standorten ($p = 0.389$). Auch die Grashöhe ist nicht signifikant ausschlaggebend für die Anzahl der Enziane auf den Flächen ($p = 0.207$). Es sind jedoch Trends festzustellen. Zwischen 10 und 20 cm Grasnarbenhöhe an den Standorten sind tendenzmässig grössere *G. cruciata*-Populationen festzustellen und die Pflanzen scheinen eine mittlere bis lockere Grasnarbendichte zu bevorzugen (Abb. 3).

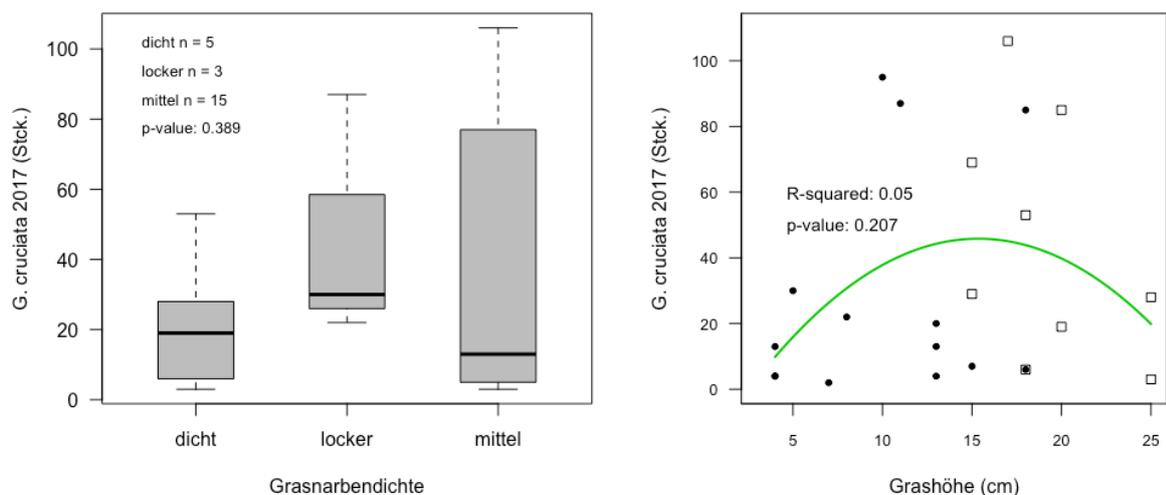


Abbildung 3: Links die Standorte getrennt nach der Grasnarbendichte, rechts die Anzahl *G. cruciata*-Individuen und die Grasnarbenhöhe an den jeweiligen Standorten. Es wurde die Anzahl generative *G. cruciata*-Exemplare berücksichtigt. Wiesenstandorte sind als Quadrat aufgeführt, Weidestandorte als Punkt.

3.1.1 Standorteigenschaften und *M. rebeli*

Die Regressionsanalyse zeigt, dass je mehr *G. cruciata*-Exemplare auf einer Fläche vorkommen, desto mehr *M. rebeli*-Eier gezählt werden konnten. Diese Regression ist signifikant. Zudem steigt mit dem Anteil an offenem Boden an den Standorten die Anzahl *M. rebeli*-Eier pro *G. cruciata*-Pflanze. Diese Regression ist hoch signifikant, wenn man den Ausreisser Soyhieres R nicht in die Auswertung einbezieht (Abb. 5).

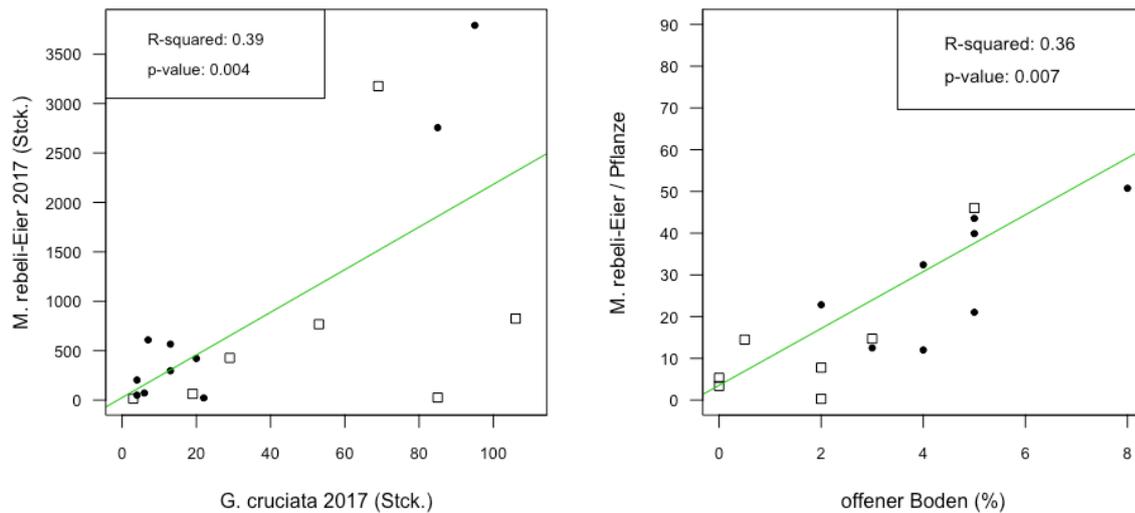


Abbildung 4: Links die Anzahl *M. rebeli*-Eier an den verschiedenen *G. cruciata*-Standorten. Rechts: Die Anzahl Eier pro Pflanze steigt, je mehr offener Boden an den Standorten vorhanden ist. Es wurden alle Standorte mit *M. rebeli*-Eierfunden, ausser Soyhieres R, berücksichtigt. Wiesenstandorte sind als Quadrat aufgeführt, Weidestandorte als Punkt.

Tabelle 3: Die verschiedenen Parameter an den *G. cruciata*-Standorten. Die Angaben widerspiegeln den Zustand der Flächen während des Erhebungszeitraums zwischen Juli und Mitte August.

Standort	Habitat	<i>Gentiana cruciata</i>				<i>M. rebeli</i> Eier (Stck.)	exp	Neigung (%)	Verbuschung	Grashöhe (cm)	Grasdichte	Bromusdeckung (%)	offener Boden (%)
		Generativ (Stck.)	Vegetativ (Stck.)	Gesamt (Stck.)	Verbissen (Stck.)								
Les Essieux	Brache	14	0	14	0	9	süd	40	2	25	dicht	0.1	1
Gwidem B	Brache	160	169	329	0	0	süd	40	1	10	locker	20	45
Coulo Weg	Brache	7	1	8	0	0	süd	5	1	8	mittel	1	8
Perrefitte 2	We	13	11	24	3	297	süd	15	2	13	mittel	5	2
Ste Colombe	We	95	43	138	13	3791	eben	15	1	10	mittel	15	5
Bogenthal	We	2	2	4	1	0	südwest	30	1	7	mittel	1	10
Liesberg	We	30	23	53	11	0	süd	35	2	5	locker	10	15
Les Pouches	We	7	0	7	0	609	süd	40	2	15	mittel	3	4
Gwidem We	We	87	67	154	4	0	süd	40	1	11	locker	30	10
La neue vie	We	6	2	8	1	72	südwest	45	2	18	dicht	3	4
Coulu	We	13	5	18	5	566	süd	45	2	4	mittel	5	5
Soyhieres R	We	22	47	69	13	22	süd	45	1	8	locker	5	10
le petit Van	We	4	8	12	3	203	süd	50	3	4	mittel	15	8
Les Ordots West	We	4	7	11	1	50	süd	50	1	13	mittel	30	3
Binzberg West	We	20	2	22	3	421	süd	50	1	13	mittel	15	5
Bogenthal Schw	We	85	4	89	15	2756	süd	50	2	18	mittel	12	4
Hasenschell	We	4	30	34	23	0	süd	52	2	4	mittel	3	5
Lammet	Wi	19	9	28	0	64	südost	25	1	20	dicht	40	0
Hornis	Wi	53	26	79	1	768	süd	30	2	18	dicht	15	0.5
Chevenez	Wi	106	6	112	1	824	süd	35	2	17	mittel	60	2
Kica Wiese	Wi	29	8	37	0	427	süd	38	2	15	mittel	1	3
Moretchopf	Wi	69	4	73	7	3176	süd	44	1	15	mittel	75	5
Soyhieres L	Wi	85	10	95	2	26	süd	47	2	20	mittel	5	2
Moha	Wi	3	0	3	0	16	süd	48	2	25	dicht	10	0
Chälen	Wi	28	2	30	0	0	süd	48	1	25	dicht	5	1
Kleinluetzel O	Wi	6	1	7	0	0	südost	53	1	18	mittel	1	2

3.2 Bewirtschaftung der Standorte in den letzten 15 Jahren

Von den 26 untersuchten Standorten werden vierzehn beweidet, neun gemäht, zwei liegen brach und ein Standort ist ein Wegmittelstreifen. Bei allen Standorten wurde laut den Angaben der Bewirtschafter/innen in den letzten 15 Jahren bei der Bewirtschaftung nichts Grundlegendes verändert. Von den 26 Standorten sind 17 ganz oder Teilflächen davon Biodiversitäts-Vertragsflächen (Qualitätsstufe 2).

3.2.1 Weidestandorte

Die Weidestandorte sind, ausser Hasenschell und Ste Colombe, alles Biodiversitäts-Vertragsflächen der Qualitätsstufe 2. Die Qualitätsstufe 2 wird erreicht, wenn mindestens sechs der Indikatorpflanzen regelmässig vorkommen und/oder die Strukturen regelmässig vertreten sind. Trockenweiden von nationaler Bedeutung erreichen automatisch Qualitätsstufe 2 (Caillet-Bois et al., 2016). Ste Colombe liegt auf französischem Boden und ist eine Trockenweide unter MAEC-Vertrag (Mesures agro-environnementales et climatique). Ste Colombe ist die einzige Fläche, welche mit 15 Tonnen Kompost pro Hektare und Jahr gedüngt wird. Die verschiedenen Bewirtschaftungsparameter sind in Tabelle 4 aufgeführt.

Der Beweidungstyp Dauerweide, bei welchem das Vieh den ganzen Sommer auf der Weide ist, wies gegenüber den Rotationsweiden keinen signifikant höheren Verbiss der *G. cruciata*-Exemplare aus (Verbiss (%) vs. Bewirtschaftungsart: $p = 0.849$) (Abb. 6). Es ist jedoch ersichtlich, dass es auf Standorten mit Dauerweideprinzip z. T. hohe Verbissraten gibt. Die Regressionsanalyse zeigt eine Signifikanz von verbissenen *G. cruciata*-Individuen auf den Weiden gegenüber der durchschnittlichen Grasnarbenhöhe (verbissene *G. cruciata* (%) vs. Grasnarbenhöhe: $p = 0.045$, R-squared = 0.30) (Abb. 6).

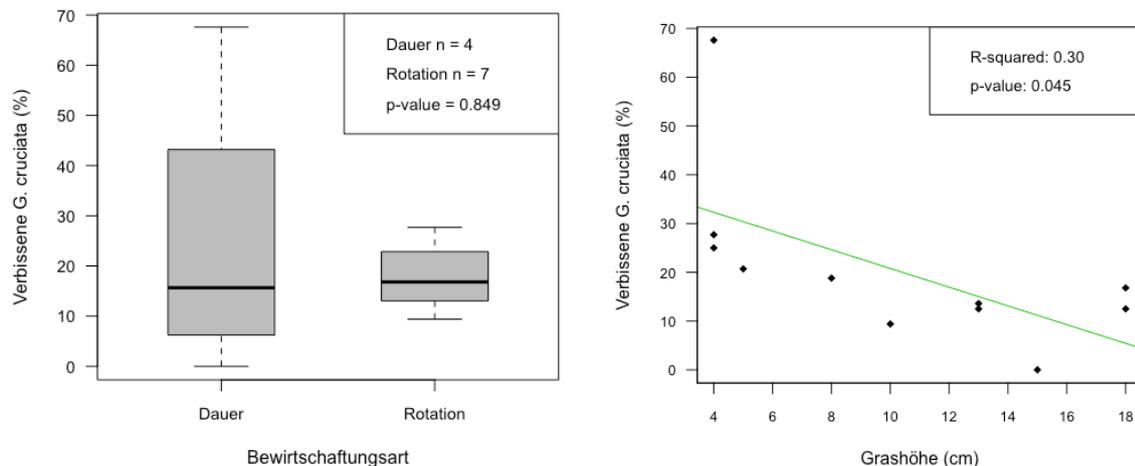


Abbildung 5: Links der Verbiss in Prozent / Fläche nach der Bewirtschaftungsart der Dauerweide (Dauer) und Rotationsweide (Rotation). Rechts der Verbiss in Prozent / Fläche und die Grashöhe auf den jeweiligen Weideflächen.

Die Besatzdichte (GVE / ha) zeigt keine deutliche Tendenz gegenüber den Populationsgrößen. Die drei Weidestandorte mit den grössten *G. cruciata*-Vorkommen (Ste Colombe, Gwidem, Bogenthal Schafweide) werden jedoch alle mit zwischen 2.6 und 4.0 GVE / ha bestossen. Wenn die Besatzdichte mit der Besatzzeit (in Wochen) multipliziert wird, ergibt dies die Weideintensität (Dipner et al., 2010). Diese liegt bei den grossen Vorkommen (Ste Colombe und Bogenthal Schafweide) bei 33 und 32 GVE / ha x W / Jahr (Abb. 7).

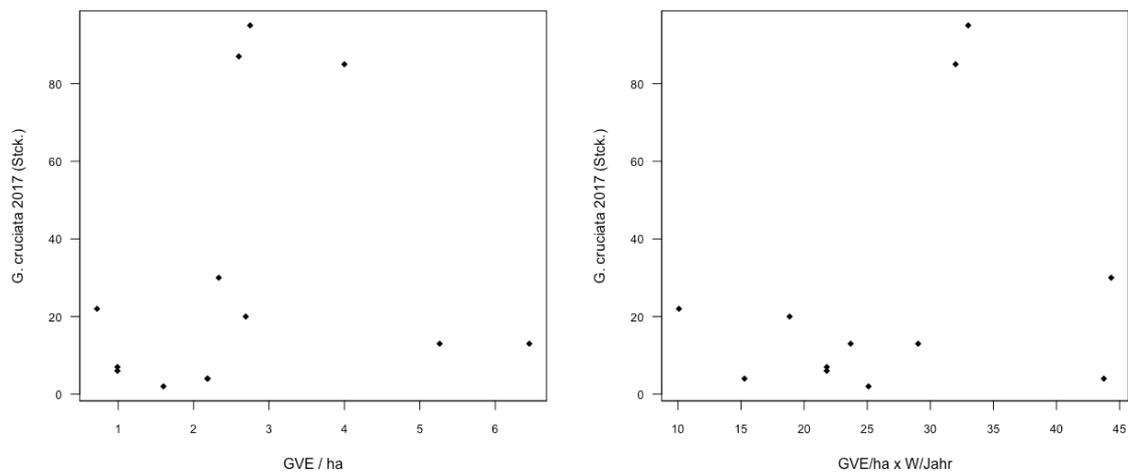


Abbildung 6: Links die Besatzdichte in GVE / ha nach Standortgrösse. Rechts die Besatzdichte multipliziert mit der Besatzzeit in Wochen pro Jahr nach der Standortgrösse. Es wurde die Anzahl der generativen *G. cruciata*-Exemplare berücksichtigt.

Die Standorte werden unterschiedlich oft gereutet. Bei den Flächen Le petit Van, Coulu und Perrefitte 2 werden die Weiden nur alle 3 – 5 Jahre gesäubert. Bei allen andern Flächen wird die Weidesäuberung jedes Jahr oder maximal jedes dritte Jahr durchgeführt. Es ist kaum möglich, diesen Parameter zu testen, da die Flächen unterschiedlich zugänglich sind und in gewissen Weiden nur Teilbereiche gereutet werden.

Tabelle 4: Die Weidestandorte mit den verschiedenen Angaben zur Beweidungsart. Bei den NA-Antworten konnte keine genaue Auskunft eingeholt werden. Die Rassen der Pferde und der zur Säuberung eingesetzten Ziegen wurden nicht erhoben. Es sind die generativen *G. cruciata*-Exemplare aufgeführt.

Standort	<i>G. cruciata</i> (Stck.)	Auszäunung (<i>G. cruciata</i>)	Unterbrüche (Beweidung)	Besatzdichte (GVE/ha)	Besatzzeit (W/Jahr)	Weideintensität (B.dichte x B.zeit)	Reuten	Rinderrasse
Gwidem	87	Ja	NA	2.6	NA	0	alle 1-3 Jahre	Galloway
Bogenthal Chliweidli	2	Nein	Nein	1.6	16	25.1	selektiv, jedes Jahr	Angus
Soyhieres R	22	Nein	Nein	0.7	14	10.1	teilweise mulchen	Holstein
le petit Van	4	Nein	Ja	2.2	7	15.3	alle 3-5 Jahre	Holstein, Limousin
Binzberg unten	20	Nein	Ja	2.7	7	18.8	jedes Jahr	Simmentaler, Limousin, Braunvieh, Eringer
La neuve vie	6	Nein	Nein	1.0	22	21.8	teilweise	Holstein
Les Pouches	7	Nein	Nein	1.0	22	21.8	teilweise	Holstein
Coulu	13	Nein	Ja	5.3	4.5	23.7	alle 3-5 Jahre	Angus; zur Säuberung Ziegen
Perrefitte 2	13	Nein	Ja	6.5	4.5	29.0	alle 3-5 Jahre	Angus; zur Säuberung Ziegen
Bogenthal Schafweide	85	Nein	Ja	4.0	8	32.0	alle 1-3 Jahre	Angus
Ste Colombe	95	Nein	Ja	2.8	12	33.0	wird im flachen gemäht	Montbeliarde
Hasenschell	4	Nein	Nein	2.2	20	43.8	mulchen im Sept.	Holstein
Liesberg	30	Ja	Ja	2.3	19	44.3	jedes Jahr je nach Zeit	Simmentaler Fleckvieh, 4 Pferde
Les Ordons West	4	Ja (seit 1 Jahr)	NA	NA	NA	NA	NA	NA

3.2.2 Wiesenstandorte

Die Wiesenstandorte Chevenez, Moretchopf, Lammet, Chälen und Soyhières L sind Biodiversitäts-Vertragsflächen der Qualitätsstufe 2. Um die Qualitätsstufe 2 zu erreichen, müssen auf den Wiesen entweder sechs der Indikatorpflanzen regelmässig vorkommen oder die Fläche muss eine Trockenwiese von nationaler Bedeutung sein. Zudem ist der Einsatz von Mähaufbereitern verboten (Caillet-Bois et al., 2016). Sie werden landwirtschaftlich genutzt und je nach Vertrag spät im Jahr gemäht. Moha ist ein Schutzgebiet, welches im Besitz von Pro Natura Jura ist und in Rotation gemäht wird. Hornis, Kica Wiese und Kleinlützel werden von Freiwilligen gemäht (Tab. 5). Keine der Flächen wird zusätzlich gedüngt. Bei drei Standorten (Chälen, Moretchopf und Lammet) sind die Kreuzenzian-Individuen teilweise gekennzeichnet und werden nicht abgemäht.

Tabelle 5: Die Wiesestandorte mit den Angaben zu Mähtermin, Mähart und allfälliger Kennzeichnung der *G. cruciata*-Individuen. Es sind die generativen *G. cruciata*-Exemplare aufgeführt. Die Kennzeichnung der *G. cruciata*-Pflanzen auf den entsprechenden Flächen wird mit Pflöcken vorgenommen. Beim Standort Chälen wird die Umgebung der Pflanzen vom Gras befreit.

Standort	<i>G. cruciata</i> (Stck.)	Mähtermin (Monat)	Mähart	Kennzeichnung <i>G. cruciata</i>
Chälen	28	9	Balkenmäher	teilweise
Chevenez	106	11	Balkenmäher	nein
Moretchopf	69	9	Balkenmäher	teilweise
Hornis	53	10	Motorsense	nein
Kica Wiese	29	3	Balkenmäher	nein
Kleinlützel	6	10	Balkenmäher	nein
Lammet	19	8	Kreiselmäher	teilweise
Moha	3	10	Balkenmäher	nein
Soyhieres L	85	9	Mulcher	nein

3.2.3 Brachen

Die Brachen-Standorte werden nicht bewirtschaftet. Les Essieux ist eine Waldweide, welche seit mehr als zehn Jahren nicht mehr bewirtschaftet wird (Jaeger, 2015). Im Jahr 2015 wurden im hohen Gras von Jaeger 25 blühende *G. cruciata*-Exemplare gezählt (Jaeger, 2015). Im Jahr 2017 konnten nur noch 14 blühende Exemplare gezählt werden. Die Fläche wird jedoch freigestellt und soll ab 2018 beweidet werden (mündliche Information eines Forstwarts). Coulo Weg ist ein Feldwegmittelstreifen. Die *G. cruciata*-Individuen werden durch das Befahren und Betreten stark in Mitleidenschaft gezogen. Der Standort Gwidem ist eine Runse mit Kalkrohboden. Um diese Runse herum ist eine Weide, auf welcher ebenfalls *G. cruciata* vorkommt. Die Bestandszahlen dieser Standorte sind in Tabelle 3 auf Seite 12 aufgeführt.

3.3 Bestandsentwicklung von *G. cruciata* seit 1999

Seit der Erhebung im Jahr 1999 ging der *G. cruciata*-Bestand von 1507 Exemplaren auf allen 29 Standorten um 52.5 % auf 716 Exemplare zurück. Bei den zehn Wiesenstandorten war der Rückgang von 37 Exemplaren (von 319 auf 282) (-11.5 %, $p = 0.723$) nicht signifikant und weniger gross als bei den 15 Weidestandorten bei welchen der Rückgang signifikant 666 Exemplare (von 845 auf 179) betrug (-78.8 %, $p = 0.002$) (Abb. 8). Die zwei Brachen zeigen seit 1999 einen Rückgang von 341 auf 254 *G. cruciata*-Exemplare (-25.5 %) (Tab. 6, S. 20).

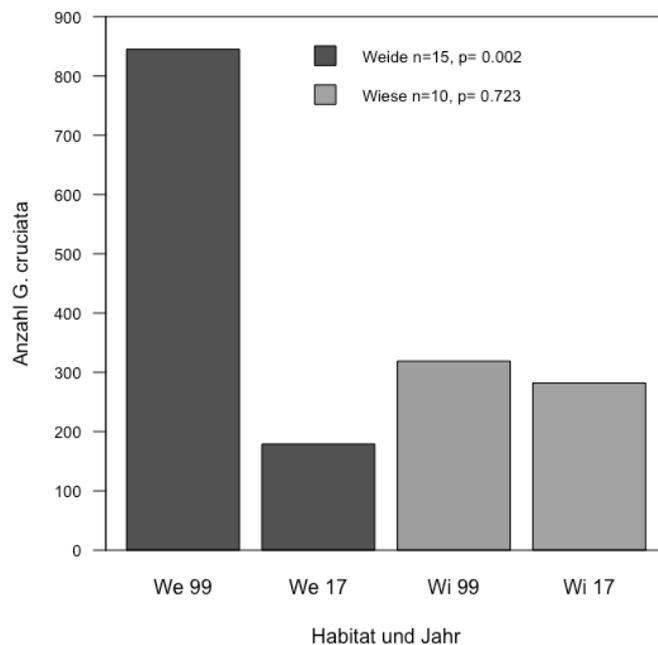


Abbildung 7: Die Summe aller generativen *G. cruciata*-Exemplare an den 15 Weide- (We) und 10 Wiesen- (Wi) Standorten, welche im Jahr 1999 und 2017 aufgesucht wurden.

Die Abnahme der *G. cruciata*-Exemplare zwischen 1999 und 2017 ist bei den Weidestandorten signifikant höher als bei den Wiesenstandorten (Differenz *G. cruciata* generativ 1999-2017 vs. Bewirtschaftungsart: $p = 0.013$). Wenn die prozentuale Zu- oder Abnahme der *G. cruciata*-Exemplare an den Standorten zwischen 1999 und 2017 zwischen den zwei Kategorien verglichen wird, ist der Unterschied nicht signifikant (Differenz *G. cruciata* generativ (%) 1999-2017 vs. Bewirtschaftungsart: $p = 0.182$) (Abb. 9).

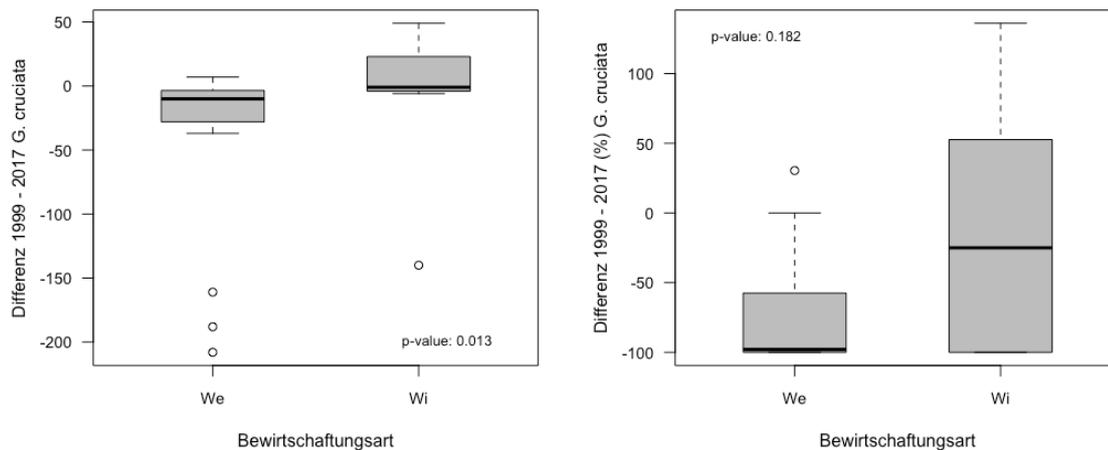


Abbildung 8: Die Differenz zwischen den zwei *G. cruciata*-Zählungen in den Jahren 1999 und 2017. Links die Angabe der Exemplare ($p = 0.013$), rechts der prozentuale Rückgang auf den Flächen ($p = 0.182$). Unterteilt sind die Flächen in Weidestandorte (We) und Wiesenstandorte (Wi).

3.4 Bestandsentwicklung von *M. rebeli* seit 1999

Auf allen Flächen ging die Anzahl an Eiern um 85.0 % zurück. Dieser Rückgang ist sowohl bei den Weideflächen, mit einem Rückgang von 33865 Eiern (von 38925 auf 5060) (-87.0 %, $p = 0.002$), wie auch bei den Wiesenflächen, mit einem Rückgang von 6262 Eiern (von 8322 auf 2061) (-75.2 %, $p = 0.142$), sehr hoch (Abb. 10).

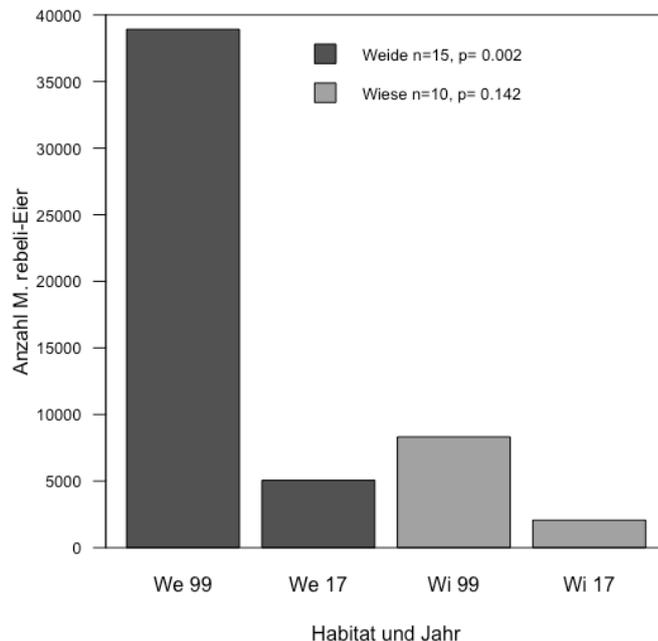


Abbildung 9: Die Summe aller *M. rebeli*-Eier an den 15 Weide- (We) und 10 Wiesen- (Wi) Standorten, welche im Jahr 1999 und 2017 aufgesucht wurden.

Die Abnahme der Eier ist bei den Weidestandorten nicht signifikant höher als bei den Wiesenstandorten (Differenz *M. rebeli*-Eier 1999-2017 vs. Bewirtschaftungsart: $p = 0.187$). Beim prozentuellen Rückgang ist bei den Weidestandorten jedoch ein signifikant höherer Rückgang zu verzeichnen als bei den Wiesenstandorten (Differenz *M. rebeli*-Eier (%) 1999-2017 vs. Bewirtschaftungsart: $p = 0.026$) (Abb. 11). Auf den beiden Brachen wurden sowohl im Jahr 1999 als auch 2017 keine *M. rebeli*-Eier gefunden (Tab. 6, S. 20).

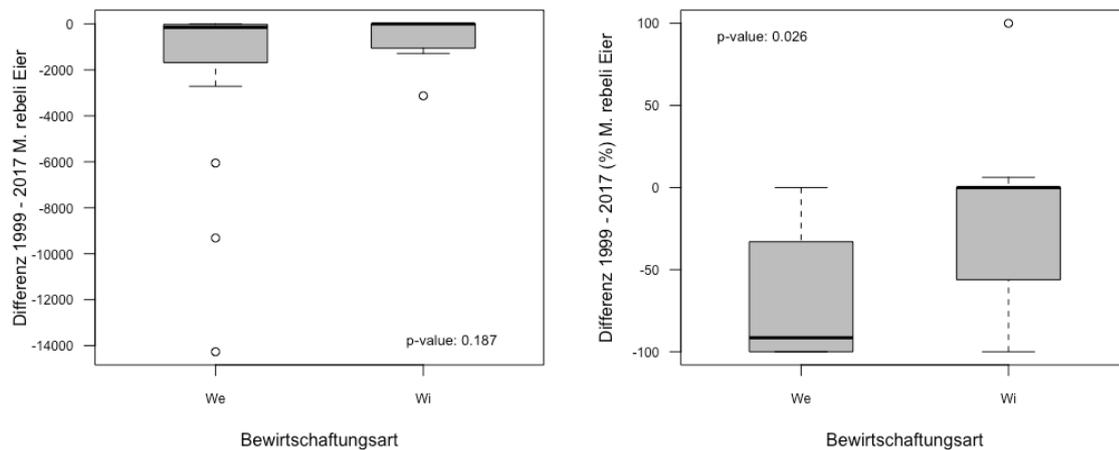


Abbildung 10: Die Differenz der zwei *M. rebeli*-Eier-Zählungen in den Jahren 1999 und 2017. Links die Angabe der Exemplare ($p = 0.187$), rechts der prozentuale Rückgang auf den Flächen ($p = 0.026$). Unterteilt sind die Flächen in Weidestandorte (We) und Wiesenstandorte (Wi).

Der Rückgang von *M. rebeli* ist bei Standorten mit einer mittleren Grashöhe kleiner als bei Flächen mit kurzem oder hohem Gras. Die nichtlineare Regressionsanalyse zeigt einen signifikanten Bezug zwischen dem Rückgang von *M. rebeli*-Eiern und der Grashöhe im Zeitraum von Juli / August auf den Flächen (Differenz der *M. rebeli*-Eier zwischen 1999 und 2017 (%) vs. Grashöhe (cm): $p = 0.013$, R-squared = 0.52) (Abb. 12).

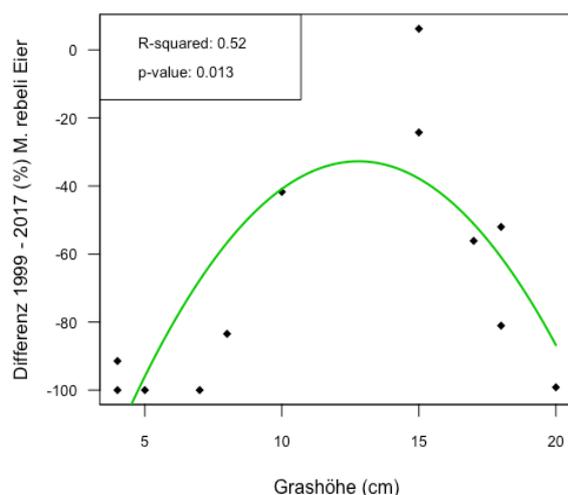


Abbildung 11: Die Differenz der *M. rebeli*-Eier im Zeitraum von 1999 – 2017 in Prozent, abhängig von der Grashöhe der Standorte im Zeitraum Juli / August.

Tabelle 6: Die Bestandsentwicklung von *G. cruciata* und *M. rebeli* auf den Flächen der Arbeit von Kéry et al. (2001).

Standort	Habitat	<i>Gentiana cruciata</i> Generativ				<i>Maculinea rebeli</i> -Eier			
		2017 (Stck.)	1999 (Stck.)	Differenz (Stck.)	Differenz (%)	2017 (Stck.)	1999 (Stck.)	Differenz (Stck.)	Differenz (%)
Gwidem	Brache	247	337	-90	-27	0	0	0	0
Coulu Weg	Brache	7	4	3	75	0	0	0	0
Hasenschell	We	4	192	-188	-98	0	9315	-9315	-100
Coulu rechts	We	0	10	-10	-100	0	650	-650	-100
Moweo	We	0	8	-8	-100	0	46	-46	-100
Birchmatte	We	0	7	-7	-100	0	150	-150	-100
Les Mayettes	We	0	161	-161	-100	0	14266	-14266	-100
Liesberg	We	30	23	7	30	0	49	-49	-100
Bogental	We	2	2	1	0	0	5	-5	-100
Coulu	We	13	50	-37	-74	566	6621	-6055	-91
Soyhieres R	We	22	41	-19	-46	22	133	-111	-83
La Neuve Vie	We	6	20	-14	-70	72	380	-308	-81
Ste-Colombe	We	95	303	-208	-69	3791	6506	-2715	-42
Les Pouches	We	7	12	-5	-42	609	804	-195	-24
Mowe	We	0	2	-2	-100	0	0	0	0
Vicques	We	0	12	-12	-100	0	0	0	0
Trottelreben	We	0	2	-2	-100	0	0	0	0
Ecos	Wi	0	140	-140	-100	0	1286	-1286	-100
Soyhieres L	Wi	85	36	49	136	26	3155	-3129	-99
Chevenez	Wi	106	70	36	51	824	1878	-1054	-56
Hornis	Wi	53	30	23	77	768	1601	-833	-52
Kica Wiese	Wi	29	19	10	53	427	402	25	6
Leymen	Wi	0	2	-2	-100	0	0	0	0
Erschwil	Wi	0	6	-6	-100	0	0	0	0
Bälweid	Wi	0	4	-4	-100	0	0	0	0
Moha	Wi	3	6	-3	-50	16	0	16	0
Kleinluetzel O	Wi	6	6	0	0	0	0	0	0

3.5 Beobachtungen zur Präsenz der Ameisengattung *Myrmica*

In Tabelle 7 sind die Standorte ohne *M. rebeli*-Eier aufgeführt. Es wurden die Ameisenarten der Gattung *Myrmica* bestimmt. Bei den Standorten Liesberg und Chälen, war die Anzahl von *M. sabuleti*-Individuen sehr hoch, deshalb wurden nicht alle bis ins Detail bestimmt.

Tabelle 7: Bei allen in der Tabelle aufgeführten Standorten wurden keine *M. rebeli*-Eier festgestellt. Bei den Standorten Coulo Weg und Bogenthal war es nicht möglich, Fallen auszubringen. Die Anzahl *G. cruciata*-Exemplare bezieht sich auf generative. Die Grashöhe und -dichte sowie der Anteil an offenem Boden wurden im Juli und August aufgenommen.

Standort	Habitat	<i>Gentiana cruciata</i> (Stck.)	Grashöhe (cm)	Grasdichte	offener Boden (%)	<i>Myrmica</i> -Arten
Coulo Weg	Br	7	8	mittel	8	NA
Gwidem B	Br/We	247	10	locker	45	<i>lonae, sabuleti,</i>
Bogenthal	We	2	7	mittel	10	NA
Liesberg	We	30	5	locker	15	<i>sabuleti, schencki</i>
Hasenschell	We	4	4	mittel	5	<i>sabuleti</i>
Chälen	Wi	28	25	dicht	1	<i>sabuleti, scabrinodis, ruginodis</i>
Kleinluetzel O	Wi	6	18	mittel	2	<i>sabuleti</i>

4 Diskussion

4.1 Standorteigenschaften in *G. cruciata*-Beständen

Die Parameter Höhe über Meer, Exposition und Neigung sind fixe Angaben. Die Angaben der Verbuschung, Grashöhe, Grasdichte, *Bromus erectus*-Deckung und der offenen Bodenfläche sind Momentaufnahmen während der Begehung. Sie zeigen jedoch den Zustand der Flächen in den Monaten Juli / August, in der Blütezeit von *G. cruciata* und der Flugzeit von *M. rebeli* (Lauber et al., 2012; Lepidopterologen-Arbeitsgruppe, 1987).

Die Standorte sind bis auf Ste Colombe und Coulo Weg relativ steil gelegen. Dies begünstigt auf den Weiden Trittschäden durch Rinder (Beinlich et al., 2009). Dies bestätigt sich auf den Flächen Hasenschell, Liesberg und Le petit Van, wo Trittschäden festgestellt wurden.

Der Verbiss, sei es durch Wildtiere oder Nutztiere, ist bei niedrigen Grashöhen signifikant grösser. Dies erscheint logisch, da die Enziane in einer Umgebung von höherem Gras besser geschützt sind. Zwischen 10 und 20 cm Grashöhe kommen die grössten *G. cruciata*-Populationen vor. Dies scheint die optimale Konstellation zu sein, in welcher einerseits dem Verbiss vorgebeugt wird und andererseits noch eine gute Vermehrung gewährleistet ist.

4.1.1 Standorteigenschaften und *M. rebeli*

Auf grösseren *G. cruciata*-Populationen werden mehr *M. rebeli*-Eier abgelegt. Gleiches konnten auch Kéry et al. (2001) und Schlick-Steiner et al. (2002) beobachten. Die Standorte mit mehr offener Bodenfläche weisen auf den einzelnen *G. cruciata*-Pflanzen mehr *M. rebeli*-Eier pro Pflanze aus. Wenn der Standort Soyhieres R in die Auswertung einbezogen würde, wäre diese Regression nicht signifikant. Der Zustand der Kreuzenziane in Soyhieres R ist relativ schlecht, die Pflanzen sehen schwach aus und sind nur spärlich mit *M. rebeli*-Eiern belegt. Es hat jedoch relativ viel offene Bodenfläche.

Ein Grund für die Zunahme an Standorten mit viel offener Bodenfläche könnte sein, dass es an diesen Standorten stabile Wirtsameisenpopulationen hat, welche offene Bodenstellen brauchen (Dolek et al., 1998; Seifert, 1996).

4.2 Bewirtschaftung der Standorte in den letzten 15 Jahren

Es bestand zum Teil die Schwierigkeit, an Informationen zu kommen. Gewisse Bewirtschafter sind auskunftsfreudiger als andere. So ist der Detaillierungsgrad der Bewirtschaftungsinformationen bei den verschiedenen Standorten unterschiedlich. Beim Standort Les Ordons West konnte der Bewirtschafter nicht erreicht werden.

4.2.1 Weidestandorte

Biodiversitäts-Vertragsflächen

Von 14 Flächen sind 13 Biodiversitäts-Vertragsflächen. Bei Hasenschell, der Fläche welche nicht unter Vertrag steht, sind noch vier blühende *G. cruciata*-Exemplare vorhanden, von ursprünglich 192 im Jahr 1999. Diese vier werden vermutlich auch verschwinden, sollte nichts an der Bewirtschaftung verändert werden. Dies zeigt die Relevanz der Verträge zwischen Kanton und Bewirtschafter.

Auszäunen / Beweidungspausen

Nur bei drei Standorten werden die Enziane im Sommer durch Zäune oder Einzelschutzgitter geschützt. An den andern Standorten sind sie zwischen Juli und Ende August ungeschützt in der Weide. Der Verbiss der Enziane führt nebst der Schwächung des Enzianbestands auch zum Verlust von Eiern und/oder Raupen von *M. rebeli* (Schlick-Steiner et al., 2002).

Grundsätzlich sollte bei der Beweidung von *G. cruciata*-Standorten der Schutz der Pflanzen zwischen Juni und Mitte August gewährleistet sein. Zu dieser Zeit ist die Hauptblütezeit und die Entwicklung der Samenstände (Hegi, 1927); Lauber et al., 2012). Ebenfalls in dieser Zeitspanne ist die Eiablage und Entwicklung der *M. rebeli*- Raupe (Hochberg et al., 1992; Lepidopterologen-Arbeitsgruppe, 1987). Bei der vorliegenden speziellen Zielsetzung der Förderung eines stabilen *G. cruciata*-Bestands ist gemäss Schmid (2003) eine Weidenutzung nur während unproblematischen Entwicklungsphasen dieser Art zuzulassen. Schlick-Steiner et al. (2002) empfiehlt eine Beweidungspause während des Zeitraums welcher von vier Wochen vor bis vier Wochen nach der Flugzeit von *M. rebeli* andauert. Trusch et al. (2015) empfiehlt sogar eine Beweidungspause von Anfang Mai bis Ende August.

Besatzdichte und Weideintensität

Die Besatzdichte ergibt mit der Weidedauer kombiniert die Weideintensität. Aus kurzer Weidedauer mit hoher Besatzdichte oder einer Dauerweide mit tiefer Besatzdichte kann die gleiche Weideintensität resultieren. Der Effekt ist jedoch ein anderer. Eine kurze, aber intensive Beweidung ist gut, um die Verbuschung zu bekämpfen (Dipner et al., 2016). Die hohe Besatzdichte wirkt sich jedoch negativ auf die Fauna aus, da die Rückzugsmöglichkeiten eingeschränkt sind (Schmid, 2003).

Bei mehr als 200 GVE/ha x dd, was 28 GVE/ha x W/Jahr entspricht, zeigt sich, gemäss den Untersuchungen von Walter (2007), ein starker Rückgang der Biodiversität. Empfehlenswert sind eine niedere Weideintensität und maximal zwei Rotationen pro Jahr, denn bei kurzen Weidepausen zwischen den Nutzungen sind die Voraussetzungen für viele Pflanzen ungünstig. Nur die Pflanzen mit kurzer Regenerationszeit und hoher Verbissresistenz überleben (Schiess & Martin, 2008; Walter, 2007). Die Weideintensität sollte auch nicht zu tief sein. Die Grashöhe sollte nicht höher als 10 – 20 cm werden. Für die Förderung von *M. rebeli* ist dies wichtig, da

der Falter bevorzugt auf starke, die Vegetation überragende Pflanzen die Eier ablegt. (Dolek et al., 1998; Meyer-Hozak, 2000; Oskinis, 2012)

Damit sind im Blick auf die Förderung von *G. cruciata* und *M. rebeli* Rotationsweiden mit einer Frühjahres- und einer Herbstnutzung zu fordern. 10 – 20 % überständiges Gras sollte während der Weideperiode nicht abgefressen werden, dies ist eine Grundregel für eine angepasste Weideintensität (Schmid, 2003).

Reuten (Entfernen der Verbuschung)

Holzer (2011) sowie Schlick-Steiner et al. (2002) nennen unter anderem die Verbuschung als eine der wesentlichsten Gefährdungsursachen für *G. cruciata* und *M. rebeli*. Die Standorte Le petit Van und Coulu werden alle 3-5 Jahre gereutet, es zeigt sich bei diesen Flächen, dass dies eher zu wenig ist. Regelmässiges Reuten der *G. cruciata*-Flächen ist wichtig, um den offenen Charakter der Lebensräume zu erhalten und der Verbuschung und Verbrachung entgegenzuwirken. Dies geschieht am besten alle 1-3 Jahre motormanuell (Beinlich et al., 2008; Siewers, 2009). Der Einsatz von Ziegen gegen die Verbuschung, wie er in Coulu und Perrefitte 2 praktiziert wird, wird von Dipner et al. (2016) und Schlick-Steiner et al. (2002) beschrieben. Auf *G. cruciata*-Standorten gilt es abzuklären, was für Folgen dies hat (Verbiss). Zum Schutz der Enziane sollten die Flächen nicht vor September mit Ziegen beweidet werden.

Rinderrassen

Auf den *G. cruciata*-Standorten, den Trockenweiden, kommen wegen der Futterqualität und Hangneigung in der Regel nur Robustrassen infrage (Dipner et al., 2016). Diese wenig selektiv fressenden Rassen können für *G. cruciata*-Populationen fatale Folgen haben. Beim Standort Les Ordons West wurde die Enzianpopulation stark geschwächt und deswegen in diesem Jahr das erste Mal ausgezäunt (schriftliche Notiz von Christoph Forrer). Wenn die Beweidungspause aber eingehalten wird oder die *G. cruciata*-Flächen ausgezäunt werden, sollten die Robustrassen kein Problem darstellen. Die Fläche Bogenthal Schafweide, beispielsweise, wird mit der Rasse Angus mit einer Robustrasse bestossen. Mit der dort praktizierten Beweidungspause können sich die Enziane trotzdem gut entwickeln. Nach Schmid (2003) sind zusätzlich leichte Rassen zu bevorzugen, um zu grosse Trittschäden vermeiden zu können.

4.2.2 Wiesenstandorte

Biodiversitäts-Vertragsflächen

Fünf der neun Wiesen sind Biodiversitäts-Vertragsflächen. Die andern Standorte sind Spezialflächen, welche nicht im produktiven Sinn landwirtschaftlich genutzt werden. Dies ist sicher mit ein Grund für das bessere Abschneiden des Rückgangs der *G. cruciata*-Wiesenpopulationen im Vergleich zu den Weiden.

Mähtermin

Der Mähtermin liegt bei allen Flächen nach dem August, dies fördert die spätblühenden Arten (Dipner et al., 2010). Für *G. cruciata* wäre ein Termin ab Oktober besser, da dann die Samen gereift sind (Hegi, 1927). *G. cruciata* ist mahdverträglich, was bedeutet, dass die Mahd der Standorte mit den Eigenschaften der Pflanze vereinbar ist. Briemle & Ellenberg (1994) weisen *G. cruciata* die Mahdverträglichkeitszahl 4 zu, was bedeutet, dass die Art 1 – 2 Schnitte pro Jahr verträgt, wobei der erste Schnitt nicht vor Mitte Juli erfolgen sollte. Nach den vorliegenden Ergebnissen erscheint die Zuordnung zur Mahdverträglichkeitszahl 3 für *G. cruciata* angemessener. Dazu gehören Pflanzen, welche nur einen Herbstschnitt vertragen.

Mähart

Die Mähart mit dem Balkenmäher ist verbreitet und empfehlenswert. Beim Standort Soyhieres L wird die Fläche gemulcht. Dies scheint sich positiv auf die Kreuzenzian-Bestandsgrösse auszuwirken. Holzer (2011) konnte gleiches beobachten. Beim Mulchen wird jedoch die Fauna erheblich stärker beeinträchtigt als mit dem Balkenmäher (Schiess-Bühler, 2011). Dies könnte ein Grund dafür sein, dass sich beim Standort Soyhieres L, welcher im September gemulcht wird, der *G. cruciata*-Bestand seit 1999 um 136 % vergrösserte, währenddem die *M. rebeli*-Eier um 99 % zurückgingen. Das Mulchen dürfte insbesondere für die Wirtsameisen habitatsschädigend sein. So wird der Balkenmäher als die schonungsvollste Art angesehen (Dipner et al., 2010).

Kennzeichnung der *G. cruciata*-Individuen

Wenn die Enziane gekennzeichnet und beim regulären Mähtermin ausgemäht werden, wachsen kräftigere Exemplare heran. Dies ist bei den Standorten Moretchopf, Chälen und Lammet der Fall. Wenn markiert wird, sollte jedoch jedes Jahr auch die markierte Teilfläche ab November gemäht werden. Sonst verfilzt die Grasnarbe um die Pflanzen herum und wird dichter, was der Vermehrung von *G. cruciata* entgegenwirkt.

4.3 Bestandsentwicklung von *G. cruciata* seit 1999

Der grosse Rückgang von *G. cruciata* bei den Weidestandorten ist ein Hinweis darauf, dass bei der Beweidung mehr Faktoren zusammenpassen müssen, als bei der Mahd. Bei den Wiesenstandorten ist der einzig wichtige Faktor die Mahd der ganzen Fläche zwischen (frühestens) Oktober und April. Bei den Weidestandorten besteht, im Gegensatz zu den Wiesen, zusätzlich die Gefahr von zu hoher Besatzdichte und Weideintensität sowie falschen Beweidungszeiträumen (Siewers, 2009).

4.4 Bestandsentwicklung von *M. rebeli* seit 1999

Trotz des geringeren Rückgangs der *G. cruciata*-Bestände auf den Wiesenflächen (-11.5 % vs -78.8 % auf den Weideflächen), ist der Rückgang der *M. rebeli*-Eier bei beiden Habitaten ähnlich

gross (-75.2 % Wiese vs. – 87.0 % Weide). Dies zeigt, dass der Zeitpunkt und die Art der Mahd, die Standortbedingungen und die Präsenz der Wirtsameise eine grosse Rolle spielen. Die Präsenz von *G. cruciata* allein reicht nicht für eine stabile *M. rebeli*-Population (Dolek, 2011). Die Vegetation sollte nicht zu hoch sein, da etwas exponierte Exemplare von *M. rebeli* für die Eiablage bevorzugt werden (Dolek et al., 1998; Meyer-Hozak, 2000; Oskinis, 2012). Bei den Standorten schnitten die Flächen mit 10 – 20 cm hohem Gras bei den *M. rebeli*- wie auch den *G. cruciata*-Populationen am besten ab. Die Wirtsameisen bevorzugten gemäss Thomas et al. (2013) verschiedene Grashöhen: *M. schencki* im Mittel ca. 6 cm, *M. sabuleti* ca. 8 cm und *M. scabrinodis* ca. 18 cm hohes Gras.

4.5 Bewirtschaftungsempfehlungen

Basierend auf den in den vorangestellten Kapiteln vorgestellten Ergebnissen und dazugehöriger Diskussion zu den Teilfragen, soll in diesem Kapitel versucht werden, Antworten auf die Leitfrage (Welches ist die für *G. cruciata* optimale Art der Wiesen- bzw. Weidebewirtschaftung?) zu geben (vgl. auch Anhang 4).

Damit wird das Ziel verfolgt, die *G. cruciata*-Bestand an den bestehenden Standorten aufrecht zu erhalten oder gar zu vergrössern. Massnahmen, die zum Schutz und Erhalt von *G. cruciata* und somit auch für *M. rebeli* ausgeführt werden, dienen nicht nur diesen zwei Arten, sondern sind eine Art Lebensraumschutz und es profitieren viele andere darin vorkommende Arten. *G. cruciata* und *M. rebeli* sind Schirmarten („umbrella species“) und aus diesem Grund als Zielarten geeignet (Zehlius-Eckert 1998; Schlick-Steiner et al., 2002).

4.5.1 Weide

- Auszäunung (Beweidungspause) der *G. cruciata*-Standorte auf Dauerweiden von Mitte Juni bis Ende August
- Bei Rotationsweide-Standorten die Beweidung von Mitte Juni bis Ende August einstellen
- Keine höhere Besatzdichte als 4 GVE/ha
- Beweidungsintensität unter 28 GVE/ha*W/J halten
z.B. Mitte Mai – Mitte Juni (4 Wochen)
September – Anfang Oktober (4 Wochen)
8 Wochen x 3.5 GVE/ha -> Beweidungsintensität von 28, dies ist das Maximum
- Die Weiden sollen nach der Beweidung 10 – 20 % überständiges Gras aufweisen, dies zeigt, dass die Besatzdichte nicht zu hoch war und über das Jahr gesehen die Beweidungsintensität auf einem guten Niveau liegt.
- Die Verbuschung jedes Jahr durch reuten dezimieren.
- Keine Mahd der Weide
- Keine Beweidung mit Ziegen vor September

Da jeder Standort andere Bodeneigenschaften und die Vegetation eine andere Wüchsigkeit aufweist, sind die Angaben zur Beweidung je nach Flächeneigenschaft anzupassen. Jährliche Ertragsschwankungen erschweren zudem eine Definition mit Parametern wie zum Beispiel der Besatzdichte oder Beweidungsintensität (Dipner et al., 2010).

4.5.2 Wiese

- Nicht mehr und nicht weniger als einen Schnitt pro Jahr
- Schnitt mit dem Balkenmäher
- Schnitt erst ab Oktober
- Wenn der Schnitt im Frühjahr erfolgt, dann vor dem Austrieb der *G. cruciata*, im März / April
- Schnittgut ca. drei Tage zur Trocknung liegen lassen (für die Versamung, Ausweichmöglichkeit der Fauna)
- Bei einer Kennzeichnung der *G. cruciata* in einer Wiesenfläche, sollte jedoch jedes Jahr auch die markierte Teilfläche ab November gemäht werden, damit so einer Verfilzung der umgebenden Grasnarbe entgegengewirkt wird

4.6 Beobachtungen zur Präsenz der Ameisengattung *Myrmica*

Da an allen Standorten die Knotenameisenart *Myrmica sabuleti* vorkommt, wäre grundsätzlich überall das Potential für die Entstehung einer *M. rebeli*-Population gegeben. In Liesberg kam zusätzlich *M. schencki* vor. Dort hatte es 1999 noch *M. rebeli*-Eier. Die Kreuzenziane werden nun mit Gittern vor dem Verbiss geschützt. Möglich wäre, dass *M. rebeli* verschwand, bevor die Schutzgitter angebracht wurden, und nun noch nicht zurückgekehrt ist. Die nächstgelegene Population befindet sich in Soyhieres R, knapp 3 km Luftlinie westlich von Liesberg. Diese Distanz wäre für *M. rebeli* zu schaffen. Die maximale Migrationsdistanz liegt für *M. rebeli* zwischen 3 km (Munguira & Martin, 1999) und 5 km (Amler et al., 1999). Die *M. rebeli*-Population in Soyhieres ist jedoch nicht gross. Gemäss Meyer-Hozak (2000) sind die Falter aber grundsätzlich sehr standorttreu und bewegen sich nur in einem Radius von 250 bis 500 m.

Zusätzlich zu den Barber-Fallen, welche auf dem Zufallsprinzip beruhen, hätte man Köderfänge durchführen können, um eine bessere Abdeckung aller Ameisenarten auf den Flächen zu erhalten (Meyer-Hozak, 2000; Sanetra et al., 2015).

Untersuchungen ergaben, dass es für den Erhalt der Art *M. rebeli* nicht wichtig ist, die genauen Angaben über den lokalen Hauptwirt zu kennen. Dies ist eine wichtige Information für ein Schutzkonzept, da sich die Massnahmen nicht auf die Ansprüche einer einzigen *Myrmica*-Art beschränken dürfen (Schlick-Steiner et al., 2002; Steiner et al., 2003; Pech et al., 2007).

5 Ausblick

Es wäre wünschenswert, dass bei der Bewirtschaftung von Halbtrockenrasen mehr auf die *G. cruciata*-Populationen geachtet würde. Mit einfachen Mitteln liessen sich Erfolge erzielen. Namentlich mit der Einführung von Beweidungspausen im Sommer. Bei bestehenden Rotationsweiden sollte diese Massnahme gut umsetzbar sein – mit der alternierenden Beweidung von andern Flächen. Bei Dauerweiden wäre mit dem Auszäunen der Bereiche mit *G. cruciata*-Pflanzen derselbe Effekt zu erzeugen. Gemäss Schiess & Martin, (2008) kann die Beweidung in schwachwüchsigen Weiden mit ausgewogenem Pflanzenbestand ab und an ein Jahr ausgelassen werden, was zu einer Erholung geschwächter Arten führt. In Soyhieres R könnte dies zumindest in dem Weideteil der *G. cruciata*-Population eine interessante Option sein.

Forschungsbedarf besteht in der Frage nach der Auswirkung der verschiedenen Rinderrassen auf den Verbiss von *G. cruciata*. Ferner ist es nicht klar, ob die Mahd im Frühling erfolgsversprechender ist, als im Spätherbst. Den *G. cruciata*-Individuen würde weniger Energie durch die Mahd entzogen und sie könnten die Samen vollständig ausbilden. Es wäre eine Idee, eine Fläche versuchsshalber in zwei Phasen zu mähen: Eine Hälfte im Frühjahr und die andere im Spätherbst, um zu sehen, was sich besser eignet.

Die Frage von *G. cruciata*-Pflanzungen steht immer wieder im Raum. Die von Clarke et al. (1998), Kéry et al. (2001) und Schlick-Steiner et al. (2002) erwähnte Dichte von *G. cruciata* von 1000 – 1500 Pflanzen pro ha, welche für *M. rebeli* optimal wäre, wurde nicht mal bei den grössten Populationen dieser Untersuchung erreicht. Dies zeigt, dass an gewissen Standorten Pflanzungen durchaus Sinn machen könnten, jedoch nur wenn vorgängig die Bewirtschaftung der Flächen *G. cruciata*-tauglich geregelt ist.

Dank

Für die vorliegende Arbeit habe ich von verschiedenen Menschen grosszügige Unterstützung erhalten. Meine Betreuer, Regula Billeter und Jürg Schlegel, standen mir stets zur Seite und gaben mir bei vielen Fragen wertvolle Hinweise. Thomas Stalling und Andreas Erhardt konnten mir Starthilfe und gute Tips geben. Christoph Forrer hat mir tolle Informationen über Standorte, Bewirtschafteter und Pläne zur Verfügung gestellt. Andreas Möhl von Infoflora hat mir Standortangaben zu Populationen gegeben. Bei der Ameisenbestimmung wurde ich grossartig von Anne Freitag unterstützt und Rainer Neumeyer hat die Nachbestimmung einiger Arten durchgeführt. Viele Landbewirtschafteter gewährten mir Zutritt auf ihre Grundstücke und gaben bereitwillig über die Bewirtschaftungsart Auskunft.

Ihnen allen möchte ich meinen herzlichen Dank aussprechen.

Literaturverzeichnis

- Amler, K., Bahl, A., Henle, K., Kaule, G., Poschlod, P. & Settele, J. (1999). *Populationsbiologie in der Naturschutzpraxis. Isolation, Flächenbedarf und Biotopansprüche von Pflanzen und Tieren*. Stuttgart: Ulmer Verlag
- BAFU (2011). *Liste der National Prioritären Arten*. Arten mit nationaler Priorität für die Erhaltung und Förderung, Stand 2010. Bundesamt für Umwelt, Bern. Umwelt-Vollzug Nr. 1103.
- Barber, H. S. (1931). Traps for Cave-inhabiting insects. *Journal of the Mitchel Society*, June, S. 259-267.
- Beinlich, B., Grawe, F., Köble, W. & Mindermann, S. (2008). Es muss nicht immer Schaf sein! *Mitteilungen - Naturwissenschaftlicher Verein Paderborn E.V.* S. 73-79.
- Beinlich, B., Grawe, F., Köble, W. & Mindermann, S. (2009). Was machen, wenn die Hüteschäfer fehlen? Alternative Wege zum erfolgreichen Management von Kalk-Halbtrockenrasen – aufgezeigt an Fallbeispielen aus dem Kreis Höxter. *Beiträge zur Naturkunde zwischen Egge und Weser*, 21, S. 21 – 42
- Beinlich, B., Brand, B., Grawe, F., Köble, W., Krämer, D. & Mindermann, S. (2011). Tätigkeitsbericht 2009 und 2010. *Beiträge zur Naturkunde zwischen Egge und Weser*, 22, S. 83-115.
- Bereczki, J., Pecsénye, K., Varga, Z., Tartally, A. & Toth, J. (2017). *Maculinea rebeli* (Hirschke) – a phantom or reality? Novel contribution to a long-standing debate over the taxonomic status of an enigmatic Lycaenidae butterfly. *Systematic Entomology*, 10.1111/syen.12259, S. 1-17.
- Binz, A. (1911). *Flora von Basel und Umgebung* (3. Aufl.). Basel: C.F. Lendorff
- Bornand, C., Gyax, A., Juillerat, P., Jutzi, M., Möhl, A., Rometsch, S., Sager, L., Santiago, H. & Eggenberg, S. (2016). *Rote Liste Gefässpflanzen*. Gefährdete Arten der Schweiz. Bundesamt für Umwelt, Bern und Info Flora, Genf. Umwelt-Vollzug Nr. 1621: 178 S.
- Braun-Blanquet, J. (1964). *Pflanzensoziologie. Grundlagen der Vegetationskunde* (3. Aufl.) Wien: Springer Verlag
- Briemle, G. & Ellenberg H. (1994). Zur Mahdverträglichkeit von Grünlandpflanzen. Möglichkeiten der praktischen Anwendung von Zeigerwerten. *Natur und Landschaft*, 69, S. 139-147.
- Brosi, M., Moser, W. & Stuber, M. (1949). *Verzeichnis der Gefässkryptogamen und Phanerogamen des Kantons Solothurn und der angrenzenden Gebiete von Rudolf Probst* (1. Aufl.). Solothurn: Vogt – Schild Verlag
- Caillet-Bois, D., Weiss, B., Benz, R. & Stäheli, B. (2016). *Biodiversitätsförderung auf dem Landwirtschaftsbetrieb – Wegleitung*. (4. Aufl.). Lindau: AGRIDEA
- Delarze, R. & Gonseth, Y. (2008). *Lebensräume der Schweiz – Ökologie – Gefährdung – Kennarten*. (2. Aufl.). Bern: Ott-Verlag

-
- Dipner, M., Volkart, G., Gupser, C., Eggenberg, S., Hedinger, C., Martin, M., Walter, T. & Schmid, W. (2010). *Trockenwiesen und -weiden von nationaler Bedeutung*. Vollzugshilfe zur Trockenwiesenverordnung. Bundesamt für Umwelt, Bern. Umwelt-Vollzug Nr. 1017: 83 S.
- Dipner, M., Durrer, S. & Jöhl, R. (2016). Allegra Geissenpeter – Leitfaden für die Aufwertung von brachliegenden Trockenstandorten durch Beweidung. *Beiträge zum Naturschutz in der Schweiz*, Nr. 36, Pro Natura.
- Dolek, M., Geyer, A. & Bolz, R. (1998). Distribution of *Maculinea rebeli* and hostplant use on sites along the river Danube. *Journal of Insect Conservation*, 2, S. 85–89.
- Dolek, M. (2011). Kreuzenzian-Ameisenbläuling *Maculinea rebeli* (Hirschke, 1904). *Merkblatt Artenschutz 40*, Augsburg: Bayerisches Landesamt für Umwelt.
- Ebert, G. & Rennwald, E. (1993). *Die Schmetterlinge Baden-Württembergs*, Bd. 2 (1. Aufl.). Stuttgart: Ulmer.
- Elmes, G.W., Thomas, J.A. & Wardlaw, J.C. (1991a). Larvae of *Maculinea rebeli*, a Large Blue butterfly, and their *Myrmica* host ants: wild adoption and behaviour in ant nests. *Journal of Zoology*, 223, S. 447–460.
- Elmes, G.W., Wardlaw, J.C. & Thomas, J.A. (1991b). Larvae of *Maculinea rebeli*, a large-blue butterfly, and their *Myrmica* host ants: patterns of caterpillar growth and survival. *Journal of Zoology*, 224, S. 79-92.
- Elmes, G.W., Thomas, J.A., Wardlaw, J.C., Hochberg, M.E., Clarke, R.T. & Simcox, D.J. (1998). The ecology of *Myrmica* ants in relation to the conservation of *Maculinea* butterflies. *Journal of Insect Conservation*, 2, S. 67–78.
- Grunicke, U. & Poschlod, P. (1991). Phänologische Untersuchungen in beweideten und brachgefallenen Kalkmagerrasen. *Jh. Ges. Naturkde. Württemberg*, 146. Jahrgang, S. 41 – 84.
- Hegi, G. (1927). *Illustrierte Flora von Mittel – Europa*, Band V, 3. Teil (1. Aufl.). München: Carl Hanser.
- Hochberg, M.E., Thomas, J.A. & Elmes, G.W. (1992). A modelling study of the population dynamics of a large blue butterfly, *Maculinea rebeli*, a parasite of red ant nests. *Journal of Animal Ecology*, 61, S. 397–409.
- Holzer, T. (2011). Bestand, Gefährdung und Schutz von „*Maculinea rebeli*“ (Lepidoptera: Lycaenidae) in der Gemeinde Poysdorf (Niederösterreich). *Beiträge zur Entomofaunistik*, 12, S. 61 – 81.
- infoflora, (2016). Verbreitungskarten von *G. cruciata*. Abgerufen am 22. September 2017 von <https://www.infoflora.ch/de/flora/1618-gentiana-cruciata.html>
- infoflora, (2017). *G. cruciata*-Fundmeldungen der letzten 30 Jahre. Stand: Januar 2017.
- Jaeger, T. (2015). Kreuzenzian-Ameisenbläuling – Untersuchung und Förderungsmöglichkeit im Berner Jura. Maturaarbeit. Gymnasium Biel-Seeland, unveröffentlicht.
- Kauf, P. (2016). test_and_visuals_mac. Modul Datenanalyse HS16, ZHAW

-
- Kéry, M., Diethart, M. & Fischer, M. (2001). The effect of plant population size on the interactions between the rare plant *Gentiana cruciata* and its specialized herbivore *Maculinea rebeli*. *Journal of Ecology*, 89, S. 418-427.
- Landolt, E. (2010). *Flora indicativa* (2. Aufl.). Bern: Haupt Verlag.
- Lauber, K., Wagner, G. & Gygax, A. (2012). *Flora Helvetica* (5. Aufl.). Bern: Haupt Verlag.
- Lepidopterologen-Arbeitsgruppe (1987). *Tagfalter und ihre Lebensräume* Band 1 (3. Aufl.). Egg: Fotorotar AG.
- Lüthi, R. (2002). *Magerweiden des Laufentals* (1. Aufl.). Liestal: Verlag des Kantons Basel - Landschaft
- Majer, J. D. (1978). An improved pitfall trap for sampling ants and other epigeic invertebrates. *Aust. ent. Soc.*, 17, S. 261-262.
- Meyer-Hozak, C. (2000). Population biology of *Maculinea rebeli* (Lepidoptera: Lycaenidae) on the chalk grasslands of Eastern Westphalia (Germany) and implications for conservation. *Journal of Insect Conservation*, 4, S. 63–72.
- Munguira, M.L. & Martin, J. (1999). Action plan for *Maculinea* butterflies in Europe. Strassburg: Council of Europe Publishing.
- Oskinis, V. (2012). Relationship between the butterfly *Phengaris rebeli* and its larval host plant *Gentiana cruciata* in Lithuanian population. *Ekologija*, 58, Nr. 3, S. 369-373.
- Pech, P., Fric, Z. & Konvicka, M. (2007). Species-specificity of the *Phengaris (Maculinea) - Myrmica* host system: fact or myth? (Lepidoptera: Lycaenidae; Hymenoptera: Formicidae). *Sociobiology*, 50, Nr. 3, S. 1-21.
- Pecsenye, K., Bereczki, J., Tihanyi, B., Toth, A., Peregovits, L. & Varga, Z. (2007). Genetic differentiation among the *Maculinea* species (Lepidoptera: Lycaenidae) in eastern Central Europe. *Biological Journal of the Linnean Society*, 91, S. 11-21.
- Sanetra, M., Güsten, R. & Trusch, R. (2015). Neue Erkenntnisse zur Verbreitung und Lebensweise von myrmekophilen Bäumlingen (Lepidoptera: Lycaenidae) im Tauberland und angrenzenden Regionen. *Carolinea*, 73, S. 29-81.
- Schiess-Bühler, C., Frick, R., Stäheli, B. & Furi, R. (2011). *Erntetechnik und Artenvielfalt in Wiesen*. (2. Aufl.). Lindau: AGRIDEA
- Schiess, C. & Martin, M. (2008). *Trockenwiesen und –weiden - Schafe in Trockenweiden*. Lindau: AGRIDEA
- Schlick-Steiner, B.C., Steiner, F.M. & Höttinger, H. (2002). Gefährdung und Schutz des Kreuzenzian-Ameisen-Bläulings *Maculinea rebeli* in Niederösterreich und Burgenland (Lepidoptera, Lycaenidae). *Linzer biologische Beiträge*, 34, Nr. 1, S. 349-376.
- Schmid, W. (2003). Themenbericht extensive Weiden. Reihe relais – *Praxis und Forschung für Natur und Landschaft*, Birmensdorf: Eidgenössische Forschungsanstalt WSL.
- Seifert, B. (1996). *Ameisen: beobachten, bestimmen*. Augsburg: Naturbuch-Verlag
-

-
- Seifert, B. (2007). *Die Ameisen Mittel- und Nordeuropas*. Tauer: Iutra – Verlags- und Vertriebsgesellschaft
- Sielezniew, M. & Dziekanska, I. (2009). Butterfly-ant relationships: Host ant specificity of *Phengaris 'rebeli'* Hirschke (Lepidoptera: Lycaenidae) in Pieniny Mts. (southern Poland). *Polish Journal of Ecology*, 57, S. 403-409.
- Siewers, M. (2009). Der Kreuzenzian – Ameisenbläuling (*Maculinea rebeli*). *Beiträge zur Naturkunde zwischen Egge und Weser*, 21, S. 3 – 14.
- Specken, L. & Grawe, F. (2009) Die Wiedergeburt der Kalktriften – eine 10-Jahres-Bilanz. *Beiträge zur Naturkunde zwischen Egge und Weser*, 21, S. 15 – 20.
- Steiner, F.M., Sielezniew, M., Schlick-Steiner, B.C., Höttinger, H., Stankiewicz, A. & Gornicki, A. (2003). Host specificity revisited: new data on *Myrmica* host ants of the lycaenid butterfly *Maculinea rebeli*. *Journal of Insects Conservation*, 7, S. 1-6.
- Tanner, N. (2017). Welche landwirtschaftliche Bewirtschaftungsweise ist für die gefährdete *Gentiana cruciata* am günstigsten? Ein Vergleich von *Gentiana cruciata*-Beständen an ausgewählten Standorten im Jura zwischen 1999 und 2016. Semesterarbeit 2. ZHAW, unveröffentlicht.
- Tartally A., Koschuh A. & Varga Z. (2014). The re-discovered *Maculinea rebeli* (Hirschke, 1904): Host ant usage, parasitoid and initial food plant around the type locality with taxonomical aspects (Lepidoptera, Lycaenidae). *ZooKeys*, 406, S. 25-40.
- Thomas, J.A., Elmes, G.W., Wardlaw, J.C. & Woyciechowski, M. (1989). Host specificity among *Maculinea* butterflies in *Myrmica* ant nests. *Oecologia* 79, S. 452–457.
- Thomas, J.A., Elmes, G. W., Sielezniew, M., Stankiewicz-Fiedurek, A., Simcox, D. J., Settele, J. & Schönrogge, K. (2013). Mimetic host shifts in an endangered social parasite of ants. *Proc R Soc B*, 280, 20122336.
- Trusch, R., Sanetra, M. & Güsten, R. (2015). Biodiversität von Bläulingen und ihren Ameisenpartnern. *Abschlussbericht (Laufzeit 2013-2015)*.
- Vilbas, M., Esperk, T., Edovald, T., Kaasik, A., Teder, T. (2016). Oviposition site selection of the Alcon blue butterfly at the northern range margin. *J Insect Conserv*, 20, S. 1059-1067.
- Wermeille, E., Chittaro, Y., Gonseth, Y. (2014). Rote Liste Tagfalter und Widderchen. Gefährdete Arten der Schweiz, Stand 2012. Bundesamt für Umwelt, Bern, und Schweizer Zentrum für die Kartografie der Fauna, Neuenburg. Umwelt-Vollzug Nr. 1403, 97 S.
- Zehlius-Eckert, W. (1998). Arten als Indikatoren in der Natur- und Landschaftsplanung - Definitionen, Anwendungsbedingungen und Einsatz von Bewertungsindikatoren. *Laufener Seminarbeiträge* 8, S. 9-32.
- Zoller, H., Wagner, C. (1986). Rückgang und Gefährdung von Mesobromion-Arten im Schweizer Jura. *Veröffentlichungen des Geobotanischen Institutes der ETH, Stiftung Rubel*, 87, S. 239 –259.
-

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Bei höherem Gras ist die Chance auf Verbiss signifikant kleiner bei den 23 Standorten (linke Darstellung). Der Anteil verbissener <i>G. cruciata</i> sinkt, je höher die Grasnarbe ist. Die drei Brachenstandorte wurden nicht berücksichtigt. Wiesenstandorte sind als Quadrat aufgeführt, Weidestandorte als Punkt.	9
Abbildung 2: Die Vermehrung von <i>G. cruciata</i> wird erschwert je höher das Gras in der Umgebung der Pflanze wächst (linke Darstellung) und je weniger offene Bodenfläche ein Standort aufweist (rechte Darstellung). Wiesenstandorte sind als Quadrat aufgeführt, Weidestandorte als Punkt.	10
Abbildung 3: Links die Standorte getrennt nach der Grasnarbendichte, rechts die Anzahl <i>G. cruciata</i> -Individuen und die Grasnarbenhöhe an den jeweiligen Standorten. Es wurde die Anzahl generative <i>G. cruciata</i> -Exemplare berücksichtigt. Wiesenstandorte sind als Quadrat aufgeführt, Weidestandorte als Punkt.	10
Abbildung 4: Links die Anzahl <i>M. rebeli</i> -Eier an den verschiedenen <i>G. cruciata</i> -Standorten. Rechts: Die Anzahl Eier pro Pflanze steigt, je mehr offener Boden an den Standorten vorhanden ist. Es wurden alle Standorte mit <i>M. rebeli</i> -Eierfunden, ausser Soyhieres R, berücksichtigt. Wiesenstandorte sind als Quadrat aufgeführt, Weidestandorte als Punkt.	11
Abbildung 5: Links der Verbiss in Prozent / Fläche nach der Bewirtschaftungsart der Dauerweide (Dauer) und Rotationsweide (Rotation). Rechts der Verbiss in Prozent / Fläche und die Grashöhe auf den jeweiligen Weideflächen.	13
Abbildung 6: Links die Besatzdichte in GVE / ha nach Standortgrösse. Rechts die Besatzdichte multipliziert mit der Besatzzeit in Wochen pro Jahr nach der Standortgrösse. Es wurde die Anzahl der generativen <i>G. cruciata</i> -Exemplare berücksichtigt.	14
Abbildung 7: Die Summe aller generativen <i>G. cruciata</i> -Exemplare an den 15 Weide- (We) und 10 Wiesen- (Wi) Standorten, welche im Jahr 1999 und 2017 aufgesucht wurden.	17
Abbildung 8: Die Differenz zwischen den zwei <i>G. cruciata</i> -Zählungen in den Jahren 1999 und 2017. Links die Angabe der Exemplare ($p = 0.013$), rechts der prozentuale Rückgang auf den Flächen ($p = 0.182$). Unterteilt sind die Flächen in Weidestandorte (We) und Wiesenstandorte (Wi).	18
Abbildung 9: Die Summe aller <i>M. rebeli</i> -Eier an den 15 Weide- (We) und 10 Wiesen- (Wi) Standorten, welche im Jahr 1999 und 2017 aufgesucht wurden.	18

Abbildung 10: Die Differenz der zwei *M. rebeli*-Eier-Zählungen in den Jahren 1999 und 2017. Links die Angabe der Exemplare ($p = 0.187$), rechts der prozentuale Rückgang auf den Flächen ($p = 0.026$). Unterteilt sind die Flächen in Weidestandorte (We) und Wiesenstandorte (Wi).....19

Abbildung 11: Die Differenz der *M. rebeli*-Eier im Zeitraum von 1999 – 2017 in Prozent, abhängig von der Grashöhe der Standorte im Zeitraum Juli / August.19

Abbildung 12: Die Anzahl der generativen *G. cruciata*-Pflanzen, nach *B. erectus*-Deckung an den Standorten. Die *B. erectus*-Deckung wurde in Prozent aufgenommen. Die schwarzen Rauten sind Wiesenstandorte, die Kreise sind die Weidestandorte.38

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Die 26 untersuchten Standorte mit <i>G. cruciata</i> -Vorkommen. Standorte mit einem * sind zusätzliche Standorte welche Kéry et al., (2001) nicht aufgesucht haben. Länge und Breite basieren auf dem Koordinatensystem der Landesvermessung CH1903. Die Höhe ist in Meter über Meer angegeben und das Habitat in Brache, Weide (We) und Wiese (Wi) notiert.....	5
Tabelle 2: Skala zur Ermittlung der Verbuschung.....	6
Tabelle 3: Die verschiedenen Parameter an den <i>G. cruciata</i> -Standorten. Die Angaben widerspiegeln den Zustand der Flächen während des Erhebungszeitraums zwischen Juli und Mitte August.	12
Tabelle 4: Die Weidestandorte mit den verschiedenen Angaben zur Beweidungsart. Bei den NA-Antworten konnte keine genaue Auskunft eingeholt werden. Die Rassen der Pferde und der zur Säuberung eingesetzten Ziegen wurden nicht erhoben. Es sind die generativen <i>G. cruciata</i> -Exemplare aufgeführt.	15
Tabelle 5: Die Wiesestandorte mit den Angaben zu Mähtermin, Mähart und allfälliger Kennzeichnung der <i>G. cruciata</i> -Individuen. Es sind die generativen <i>G. cruciata</i> -Exemplare aufgeführt. Die Kennzeichnung der <i>G. cruciata</i> -Pflanzen auf den entsprechenden Flächen wird mit Pflöcken vorgenommen. Beim Standort Chälen wird die Umgebung der Pflanzen vom Gras befreit.	16
Tabelle 6: Die Bestandsentwicklung von <i>G. cruciata</i> und <i>M. rebeli</i> auf den Flächen der Arbeit von Kéry et al. (2001).....	20
Tabelle 7: Bei allen in der Tabelle aufgeführten Standorten wurden keine <i>M. rebeli</i> -Eier festgestellt. Bei den Standorten Coulo Weg und Bogenthal war es nicht möglich, Fallen auszubringen. Die Anzahl <i>G. cruciata</i> -Exemplare bezieht sich auf generative. Die Grashöhe und -dichte sowie der Anteil an offenem Boden wurden im Juli und August aufgenommen.	21
Tabelle 8: Diverse Parameter der Weiden, welche qualitativ als positiv bewertet werden (Bogenthal SchW und Binzberg West) und der negativ bewerteten Standorte (Coulu, Ste Colombe, Hasenschell und Liesberg) gegenübergestellt. Die Angaben sind jeweils Durchschnittsangaben und wurden zwischen Mitte Juli und Mitte August erhoben.	39
Tabelle 9: Parameter der Wiesen, welche qualitativ als positiv bewertet werden (Chevenez, Hornis, Kica Wiese, Soyhieres L, Kleinlützel O und Moretchopf) und der negativ bewerteten Standorte (Lammet und Moha) gegenübergestellt. Die Angaben sind jeweils Durchschnittsangaben und wurden zwischen Mitte Juli und Mitte August erhoben.	40

Anhang

Anhang 1: Formular Standorteigenschaften

Standort			
Typ			
Koordinaten			
Höhe (m.ü.M)			
Exposition, Neigung			
Anzahl G. cruciata			
Anzahl M. rebeli Eier			
Auffällige Pflanzen			
Verbuschung (1,2,3)			
Grasnarbe	Höhe	Im Verh. z. <i>G.cruciata</i>	Dichte
Häufige Arten (Adlerfarn, Gehölze)			
Bromusdeckung %			
Bodennotizen			
Offene Bodenfläche %			
Verbiss (Schnecken, Wild, Vieh)			

Anhang 2: Formular Bewirtschaftungserhebung

Standort/Site: _____

Bewirtschaftung/Exploitation agricole: _____

Gibt es Verträge für diese Fläche?

Y at-il des contrats pour la sité, des paiement direct?

Wenn ja, Q1 oder Q2?

Weide:

Wann wird die Weide beweidet und wie lang?

De quel mois est pâturée, et pour combien de temps?

Wird die Weide unterteilt?

Est ce que le paturage divise?

Was für Vieh ist auf der Weide?

Qu'est-ce que les bovins sont au pâturage?

Rasse?

Race?

Wieviel Grossvieheinheiten sind auf einmal auf der Weide?

Combien d'unités d élevage sont dans le pâturage?

Wird die Weide gemäht/gemulcht? Wann?

Si le pâturage tonte / paillage? Quand?

Wird zusätzlich Mist/Dünger ausgebracht?

Si, en plus du fumier / engrais appliqué?

Bewirtschaftungsart während der letzten 15 Jahre?

Système d'exploitation agricole au cours des 15 dernières années?

Wie oft wird gereutet (Verbuschung entfernt)?

À quelle fréquence les buissons sont coupés?

Wiese:

Wann ist der erste Schnitt?

Quand la première coupe?

Wie oft wird die Wiese gemäht?

Combien de fois la prairie est tondue?

Wird die Wiese gedüngt? Wenn ja, wie?

Si la prairie fécondé? Si oui, comment?

Bewirtschaftungsart während der letzten 15 Jahre?

Système d'exploitation agricole au cours des 15 dernières années?

Wie wird die Wiese gemäht?

Quelles sont les machines pour coupe la prairie?

Anhang 3: *Bromus erectus*-Deckung

Die *Bromus*-Deckung wurde erhoben, da *Bromus erectus* ein Nährstoffindikator ist. Für die Ausarbeitung eines Bewirtschaftungskonzepts sind die Resultate jedoch nicht von zentraler Bedeutung. Deshalb werden sie im Anhang aufgeführt.

Die mittlere *Bromus erectus*-Deckung liegt bei 14.8 %. Tendenziell hat es bei höherer *B. erectus*-Deckung mehr *G. cruciata*-Exemplare an den Standorten. Die Regression ist signifikant, auch wenn das Bestimmtheitsmass relativ tief ist (R-squared = 0.20, p = 0.017) (Abb. 12).

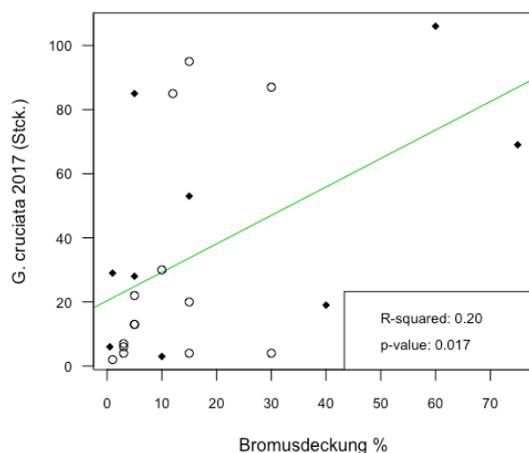


Abbildung 12: Die Anzahl der generativen *G. cruciata*-Pflanzen, nach *B. erectus*-Deckung an den Standorten. Die *B. erectus*-Deckung wurde in Prozent aufgenommen. Die schwarzen Rauten sind Wiesenstandorte, die Kreise sind die Weidestandorte.

Mit steigender *Bromus erectus*-Deckung, steigt auch die Anzahl *G. cruciata* auf den Flächen. *Bromus erectus* reagiert empfindlich auf Düngung. Die drei Standorte mit den höchsten *Bromus*-Deckungsgraden sind Wiesenstandorte, wo keinerlei Nährstoffe eingetragen werden (ausser über die Atmosphäre). Dies könnte die Signifikanz der linearen Regressionsanalyse erklären. Auf den Weidestandorten sind die *Bromus*-Deckungen unter 30%. Bei diesen Standorten könnte der erhöhte Nährstoffgehalt des Bodens dazu führen, dass andere, nährstofftolerante Pflanzen *G. cruciata* verdrängen.

Anhang 4: Vergleich von Bewirtschaftungsformen

Weide

Die Weiden wurden in zwei Gruppen eingeteilt und in verschiedenen Parametern verglichen (Tab. 8): Die Gruppen sind einerseits die negativen Weidestandorte, wo die *G. cruciata*-Pflanzen schwach aussehen und eine hohe Verbissrate aufweisen (Coulu, Ste Colombe, Hasenschell, Liesberg). Diese Standorte haben seit 1999 alle eine starke Abnahme zu verzeichnen, mit Ausnahme von Liesberg, wo jedoch Teile der Population mit Einzelschutz der Pflanzen vor dem Verbiss geschützt werden. Andererseits die guten Weidestandorte, wo die *G. cruciata*-Pflanzen gesund aussehen und ein stabiler Bestand besteht. Da seit 1999 keine Weide der Standorte von Kéry et al., (2001) einen stabilen oder zunehmenden *G. cruciata*-Bestand vorweisen, wurden zwei zusätzliche Weiden gewählt, welche im Jahr 2017 ohne Auszäunen oder Einzelschutzmassnahmen einen stabilen *G. cruciata*-Bestand aufweisen (Bogenthal Schafweide, Binzberg West).

Tabelle 8: Diverse Parameter der Weiden, welche qualitativ als positiv bewertet werden (Bogenthal SchW und Binzberg West) und der negativ bewerteten Standorte (Coulu, Ste Colombe, Hasenschell und Liesberg) gegenübergestellt. Die Angaben sind jeweils Durchschnittsangaben und wurden zwischen Mitte Juli und Mitte August erhoben.

Positive Standorte	Kategorie	Negative Standorte
93%	Anteil blühende <i>G. cruciata</i>	52%
1.5	Verbuschung	1.75
15.5 cm	Grashöhe	5.7 cm
mittel	Grasdichte	mittel
13.50%	<i>Bromus erectus</i> -Deckung	8.25%
4.50%	offener Boden	7.50%
15.20%	Verbiss	31.30%
3.3	GVE/ha	3.1
25.4	Weideintensität	36.2

Zum Zeitpunkt der Erhebung war bei den negativen Standorten die Grashöhe zwischen 4 und 10 cm, der Durchschnitt liegt bei 5.7 cm. Die offene Bodenfläche hat einen Durchschnitt von 7.5 % und liegt auf den Flächen zwischen 5 und 15 %. Die Aspekte Grashöhe und offene Bodenfläche, deuten auf hohe Besatzdichte zu diesem Zeitpunkt hin (Dipner et al., 2010). Bei den Standorten „Le petit Van“ und „Coulu“, welche nach dem Rotationsprinzip beweidet werden und die Weideintensität niedriger ist als bei Weiden mit stabileren Beständen, war der Beweidungszeitpunkt Ende Juli, Anfang August mit Besatzdichten von 2.2 (Le petit Van) und 5.3 GVE/ha (Coulu). Dies führte zu Verbiss von einem viertel der *G. cruciata* und zu Trittschäden.

Bei den positiven Standorten liegt die durchschnittliche Grashöhe bei 15.5 cm. Dies ist eine Höhe, bei der *G. cruciata* die umliegende Grashöhe noch überragt. Bei den Standorten Coulu

und Perrefitte 2 werden, laut den Angaben vom Bewirtschafter, nach der Beweidung mit den Kühen Ziegen eingesetzt um die Weide nach zu säubern. Dies sollte auf *G. cruciata*-Standorten bis September vermieden werden, da die Ziegen, die Enzianpflanzen verbeissen. Diese Aussage beruht auf persönlichen Beobachtungen beim Standort Soyhières L, einem Wiesenstandort, wo im Jahr 2017 das erste mal die Beweidung eines Teilstücks mit Ziegen versucht wurde. Bei der ersten Begehung, vor der Beweidung, Mitte Juli wurde teilweise Verbiss festgestellt, vermutlich von Rehen (ca. 20%). Bei der zweiten Begehung, Anfang September, während die Ziegen auf einem Teilstück weideten, wurde auf der Weidefläche an ca. 90 % der *G. cruciata*-Pflanzen zum Teil starker Verbiss durch die Ziegen festgestellt. Die Beweidung mit Schafen wurde nicht untersucht. Auf keinem der untersuchten Standorte wird die Beweidung durch Schafe vorgenommen. Verschiedene Publikationen sprechen der Beweidung mit Schafen gute Eigenschaften zu: Selektierender Frass, durch den Tritt offene Bodenstellen und gute Keimbedingungen für *G. cruciata*, sowie Förderung der magerrasentypischen Pflanzengesellschaften (Meyer-Hozak, 2000; Schlick-Steiner et al., 2002; Specken & Grawe, 2009). Dies trifft für steile, flachgründige Standorte zu. An besserwüchsigen und frischeren Standorten entwerten sie die Vegetation jedoch rasch. Auf Halbtrockenrasen-Rinderweiden sind nicht nur mehr, sondern auch mehr gefährdete Pflanzenarten vertreten als in Schafweiden (Schmid, 2003; Schiess & Martin, 2008; Dipner et al., 2010).

Wiese

Die positiven Wiesenstandorte sind Chevenez, Hornis, Kica Wiese, Soyhieres L und Kleinlützel O. Diese Standorte hatten eine Durchschnittliche Zunahme von 63 % seit 1999. Der Standort Moretchopf wurde im Jahr 1999 nicht erhoben, wird auch zu diesen Standorten gezählt. Dieser Standort hat eine grosse, gesunde Population.

Als negative Standorte wurde Moha (-50 % seit 1999) und Lammet (-24 % seit 2016) gezählt (Tab. 9).

Tabelle 9: Parameter der Wiesen, welche qualitativ als positiv bewertet werden (Chevenez, Hornis, Kica Wiese, Soyhieres L, Kleinlützel O und Moretchopf) und der negativ bewerteten Standorte (Lammet und Moha) gegenübergestellt. Die Angaben sind jeweils Durchschnittsangaben und wurden zwischen Mitte Juli und Mitte August erhoben.

Positive Standorte	Kategorie	Negative Standorte
85%	Anteil blühende <i>G. cruciata</i>	84%
1.6	Verbuschung	1.5
17.2 cm	Grashöhe	22.5 cm
mittel	Grasdichte	dicht
26%	<i>Bromus erectus</i> -Deckung	25%
2.4%	offener Boden	0%
6.8%	Verbiss	0%
9.9	Mähtermin (Monat)	9.2

Wiesenstandorte sind alles Naturschutzflächen. Eine eigentliche Mähnutzung findet auf keiner der Flächen statt. Bei vier Standorten wird das Schnittgut im angrenzenden Wald deponiert, bei drei Standorten kompostiert. Als Futterheu wird es teilweise einzig bei der Fläche Lammet verwendet.

Der Unterschied von positiven zu negativen Flächen zeigt sich in der Grashöhe und Grasdichte. Die mittlere Grashöhe liegt bei den negativen Standorten bei 22.5 cm, mit einer dichten Grasnarbe und ohne offenen Boden. Bei positiven Standorten ist die Grashöhe mit durchschnittlich 17.2 cm tiefer und weniger dicht mit einer mittleren Grasnarbendichte und durchschnittlich 2.4 % offenem Boden. Um mehr offene Bodenstellen bei den Wiesenstandorten zu erreichen, muss je nach Situation mechanisch nachgeholfen werden.

Die Schnittart mit dem Balkenmäher wird auf sechs Flächen angewandt. Auf je einer Fläche wird gemulcht, mit dem Kreiselmäher gemäht und mit der Motorsense gemäht. Die Schnittart hat vor allem einen Einfluss auf die Fauna.

Der Standort Moha wird in Rotation gemäht und hat eine sehr dichte Grasnarbe. Dies könnte mit ein Grund sein, dass der kleine *G. cruciata*-Bestand sich nicht vermehrt, sondern im Rückgang ist.

**Erklärung betreffend das selbständige Verfassen einer
Bachelorarbeit im Departement Life Sciences und Facility Management**

Mit der Abgabe dieser Bachelorarbeit versichere ich, Niklaus Tanner, dass ich die Arbeit selbständig und ohne fremde Hilfe verfasst habe.

Ich erkläre, dass alle verwendeten Quellen (auch Internetseiten) im Text oder Anhang korrekt ausgewiesen sind, d.h. dass die Bachelorarbeit keine Plagiate enthält, also keine Teile, die teilweise oder vollständig aus einem fremden Text oder einer fremden Arbeit unter Vorgabe der eigenen Urheberschaft bzw. ohne Quellenangabe übernommen worden sind.

Bei Verfehlungen aller Art treten Paragraph 39 und Paragraph 40 der Rahmenprüfungsordnung für die Bachelor- und Masterstudiengänge an der Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften vom 29. Januar 2008 sowie die Bestimmungen der Disziplinarmassnahmen der Hochschulordnung in Kraft.

Ort, Datum:

Liestal, 26.10.2017

Unterschrift:

