

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



**Tagfalter-Vielfalt auf Luzerner Berglandwirtschaftsbetrieben und
das Biodiversität-Punktesystem «Mit Vielfalt punkten»**

Bachelorarbeit

von

Aline Dallo

Bachelorstudiengang 2011

Studienrichtung Umweltingenieurwesen

Abgabedatum: 18. Dezember 2014

Fachkorrektoren:

Wiedemeier, Patrik

ZHAW Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften, Grüental, 8820 Wädenswil

Dr. Stöckli, Sibylle

FiBL Forschungsinstitut für biologischen Landbau, Ackerstrasse 113, 5070 Frick

Impressum

Keywords: Tagfalter, Berglandwirtschaft, Biodiversitätsförderflächen, agrarökologische Massnahmen, Mit Vielfalt punkten, UNESCO Biosphäre Entlebuch, Biodiversitäts-Indikatoren

Zitiervorschlag: Dallo, A. (2014). *Tagfalter-Vielfalt auf Luzerner Berglandwirtschaftsbetrieben und das Biodiversität-Punktesystem «Mit Vielfalt punkten»*. Unveröffentlichte Bachelorarbeit. Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften, Wädenswil.

Adresse: Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften
Institut für Umwelt und Natürliche Ressourcen
Grüental, Postfach
8820 Wädenswil

Kontakt: alinedallo@gmx.net

Titelbild: Grosses Ochsenauge (*Maniola jurtina*) in einer extensiv genutzten Wiese der UNESCO Biosphäre Entlebuch (© Aline Dallo)

Zusammenfassung

Ein im Rahmen des Projektes «Mit Vielfalt punkten» entwickeltes Punktesystem zeigt die Leistungen landwirtschaftlicher Betriebe zur Förderung der Biodiversität auf und trägt so zur Umsetzung agrarökologischer Massnahmen bei. Dass die Punktzahl in der Lage ist, die tatsächlich vorhandene Artenvielfalt auf Betriebsebene abzubilden, wurde durch frühere Untersuchungen für Betriebe der Tal- und Hügelzone bestätigt. In den Bergzonen wurde dieser Zusammenhang hingegen noch nicht untersucht. Die vorliegende Arbeit überprüft deshalb anhand von Tagfalteraufnahmen auf Berglandwirtschaftsbetrieben, ob eine positive Korrelation zwischen der berechneten Biodiversitäts-Punktzahl und der effektiven Tagfalter-Diversität besteht. Auf zehn Betrieben in der UNESCO Biosphäre Entlebuch wurden dazu auf den Biodiversitätsförderflächen (BFF) die Tagfalterfauna sowie mehrere Standortbedingungen (Blütenangebot, Vegetationshöhe, Strukturvielfalt) erhoben.

Die Ergebnisse zeigen, dass das Punktesystem die effektive Tagfalter-Vielfalt auf den untersuchten Betrieben abbilden kann. Mit zunehmender Biodiversitäts-Punktzahl steigen die Tagfalter-Abundanz und die Anzahl potenziell gefährdeter Arten auf den Betrieben an. Insbesondere die Kategorie «Ökologischer Ausgleich» des Punktesystems beeinflusst die Tagfalter-Vielfalt positiv: Mit zunehmender Punktzahl in dieser Kategorie steigen nicht nur die Artenzahl und Abundanz auf den Betrieben insgesamt an, sondern auch die Artenzahl und Abundanz von potenziell gefährdeten Arten sowie von landwirtschaftsrelevanten Ziel- und Leitarten. Von den erhobenen Standortbedingungen hat die durchschnittliche Strukturvielfalt auf den Betrieben einen positiven Einfluss auf die Artenzahl und Abundanz der vorkommenden Tagfalter. Ausserdem beeinflussen gewisse BFF-Typen die Tagfalter-Vielfalt. Mit zunehmender Gesamtfläche der extensiv genutzten Wiesen sind auf den Betrieben mehr Arten und Individuen vorhanden. Betriebe mit Streueflächen weisen mehr Individuen landwirtschaftsrelevanter oder potenziell gefährdeter Arten auf als solche ohne Streueflächen und auf Betrieben mit extensiv genutzten Weiden ist die Diversität (Shannon- und Simpson-Index) höher als auf solchen ohne extensiv genutzte Weiden. Bezüglich der Anzahl Arten pro Minute unterscheiden sich die Flächentypen nicht. Streueflächen weisen aber mehr Individuen pro Minute auf als extensiv genutzte Wiesen und Hecken mit Krautsaum.

Basierend auf der Untersuchung können folgende Vorschläge zur Optimierung des Punktesystems formuliert werden: Die Vielfalt an BFF-Typen sollte besser implementiert werden und die Erfassung der Strukturelemente vereinfacht. Bei Grünland-Massnahmen sollen, durch eine Erhöhung der Maximalpunktzahl, auch überdurchschnittliche Leistungen der Betriebe honoriert werden. Weiter wäre es sinnvoll, die gestaffelte Wiesennutzung ohne vorgezogenen Schnittzeitpunkt und unabhängig von einer kantonalen Bewilligung zu integrieren. Die Bedeutung des Verzichts auf Mähauflbereiter muss vermehrt kommuniziert werden, um die Anwendung dieser Massnahme zu fördern. Durch die Optimierung des Punktesystems werden Landwirte bei der Planung und Umsetzung agrarökologischer Massnahmen stärker unterstützt, womit zu einer erfolgreichen Biodiversitätsförderung beigetragen wird.

Abstract

A credit point system (CPS), developed within the project «scoring with diversity», assesses services farmers provide to promote biodiversity and thus contributes to the realisation of agri-environmental measures. While it has already been demonstrated that the CPS score reflects farm-scale biodiversity on farms in plain and hill production zones, this relationship hasn't been investigated in the mountain zones yet. Based on butterfly surveys on mountain farms, this paper therefore examines whether there is a positive correlation between the calculated CPS score and the actual butterfly diversity at farm level. For this reason, butterflies and certain site conditions (range of flowering plants, vegetation height, structural diversity) were surveyed in the ecological compensation areas (ECA) of ten farms in the UNESCO Biosphere Entlebuch.

The results indicate that the CPS is able to reflect the actual butterfly diversity on the investigated farms. With an increasing CPS score, the abundance of butterflies as well as the number of potentially endangered species rises on the farms. Particularly the section «ecological compensation» of the CPS positively affects butterfly diversity: With an increasing score in this section, not only the overall species number and abundance on the farms increases, but also the number of agriculture-related or potentially endangered species. Of the surveyed site conditions, the average structural diversity on the farm had a positive impact on the species number and the abundance of butterflies present. Certain ECA types affect butterfly diversity as well. As the total area of extensively managed meadows increases, more species and individuals are present at farm level. Farms with litter meadows feature more individuals of agriculture-related or potentially endangered species than farms without and farms with extensively managed pastures present a higher species diversity (Shannon and Simpson index) than farms without such pastures. Concerning the number of species per minute, ECA types don't differ from each other, but litter meadows present more individuals per minute than extensively managed meadows and hedgerows with herbaceous strip.

Based on the investigation, the following suggestions to optimize the CPS can be made: Diversity of BFF types should be better implemented and the specification of structural elements should be simplified. By increasing the maximum score in grassland measures, above average performances of farms would be considered as well. Furthermore, it makes sense to integrate staggered mowing without premature cutting date and independent of cantonal authorizations. The importance of harvesting meadows without mowing conditioner needs to be communicated more effectively to farmers in order to promote the usage of this measure. By optimizing the CPS, farmers can be supported in the planning and realisation of agri-environmental measures. Thereby one contributes to a more successful promotion of biodiversity.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	9
2	Punktesystem «Mit Vielfalt punkten»	11
2.1	Aufbau	11
2.2	Ergebnisse der Untersuchung in der Tal- und Hügelzone	14
3	Material und Methoden	15
3.1	Untersuchungsgebiet	15
3.1.1	UNESCO Biosphere Entlebuch	15
3.1.2	Untersuchte Betriebe	17
3.1.3	Untersuchungsflächen und Flächentypen	18
3.2	Feldaufnahmen	22
3.2.1	Tagfalteraufnahme	22
3.2.2	Aufnahme der Standortbedingungen	23
3.3	Datenanalyse	24
4	Ergebnisse	25
4.1	Tagfalteraufnahme	25
4.1.1	Nachgewiesene Arten	25
4.1.2	Vergleich zwischen den Betrieben	27
4.1.3	Vergleich der beiden Aufnahmen	29
4.2	Einfluss der Standortbedingungen	30
4.3	Einfluss der Flächentypen	32
4.4	Punktesystem «Mit Vielfalt punkten»	35
4.4.1	Punktzahlen der Betriebe	35
4.4.2	Einfluss Punktzahlen auf Tagfalter-Vielfalt	35

5	Diskussion.....	39
5.1	Tagfalterfauna im Untersuchungsgebiet	39
5.2	Einflussfaktoren auf die Tagfalter-Vielfalt.....	44
5.2.1	Standortbedingungen	44
5.2.2	Flächentypen	46
5.3	Eignung des Punktesystems und Verbesserungsvorschläge	50
5.4	Verwendete Methoden	54
5.5	Fazit und Ausblick	56
6	Literaturverzeichnis	58

Liste der Abkürzungen

BFF	Biodiversitätsförderfläche
LN	Landwirtschaftliche Nutzfläche
MVP	Mit Vielfalt punkten
öAF	ökologische Ausgleichsflächen
RL	Rote Liste
sd	Standardabweichung
TWW	Trockenwiesen und -weiden
UBE	UNESCO Biosphäre Entlebuch
UZL	Umweltziele Landwirtschaft
\bar{x}	Mittelwert

1 Einleitung

Durch die landwirtschaftliche Nutzung wurde in der Schweiz über die Jahrtausende eine Vielzahl offener, meist neuer Lebensräume geschaffen. Damit einhergehend hat sich die Biodiversität deutlich erhöht. Im 20. Jahrhundert führte die zunehmende Intensivierung der Landwirtschaft, in Kombination mit der Nutzungsaufgabe an schwierig zu bewirtschaftenden Standorten, zu einem starken Rückgang der Vielfalt an Arten und Lebensräumen (Walter et al. 2010). Da viele Tagfalter an menschengeschaffene Biotop gebunden sind (van Swaay, Warren & Loïs 2006), erlitten sie durch die Abnahme extensiv genutzter Flächen zwischen 1900 und 1990 grosse Lebensraumeinbussen (Walter et al. 2010). Nicht nur in der Schweiz erfolgte eine starke Reduktion der regionalen Tagfalter-Vielfalt, auch in ganz Europa ging die Verbreitung vieler Tagfalterarten zurück, wobei spezialisierte Arten stärker abnahmen als Generalisten (van Swaay, Warren & Loïs 2006).

In den 1990er Jahren wurde die Verantwortung der Landwirtschaft zur Erhaltung und Förderung der Biodiversität erkannt und als explizites Ziel in die schweizerische Agrarpolitik integriert. Eine der wichtigsten Massnahmen in der Umsetzung war die Einführung ökologischer Ausgleichsflächen¹ (öAF) (Walter et al. 2010). Mitte der 1990er Jahre lancierte Evaluationsprojekte zur Überprüfung der Wirkung des ökologischen Ausgleichs zeigten jedoch, dass das Ziel – den Rückgang gefährdeter Arten zu stoppen und ihre Wiederausbreitung zu ermöglichen – nicht erreicht wurde (Herzog & Walter 2005). Während der sechsjährigen Untersuchungsdauer (1998–2004) wurde gebietsweise sogar ein Rückgang der Tagfalterindividuen auf den ökologischen Ausgleichsflächen festgestellt.

Verschiedene Studien legen nahe, dass massnahmenorientierte agrarökologische Programme, zu denen auch die ökologischen Ausgleichsflächen zählen, bezüglich Erhalt und Förderung der Biodiversität nicht den gewünschten Effekt erbringen (z.B. Kleijn et al. 2001, Roth et al. 2008, Weggler & Schwarzenbach 2011) und vor allem gefährdete Arten kaum von ihnen profitieren (Kleijn et al. 2006). Vor diesem Hintergrund werden anstelle von massnahmenorientierten Programmen zunehmend ergebnisorientierte Instrumente gefordert (z.B. Baur 1998, Weggler & Schwarzenbach 2011). Diese haben den Vorteil, dass Landwirtinnen und Landwirte² zu innovativem Handeln bezüglich der Erbringung von Umweltleistungen motiviert werden und damit die Entwicklung von Fachwissen und neuen Kompetenzen gefördert wird (Burton & Schwarz 2013). In der Schweiz wird mit der 2001 eingeführten Öko-Qualitätsverordnung³ ein teilweise ergebnisorientiertes Instrument bereits eingesetzt. Landwirtschaftliche Betriebe werden dabei für die in den ökologischen Ausgleichsflächen vorhandene Vegetationsvielfalt entschädigt und nicht nur für die ausgeführten Bewirtschaftungsmassnahmen

¹ Mit dem Inkrafttreten der Direktzahlungsverordnung (SR 910.13) vom 1. Januar 2014 wird für die ökologischen Ausgleichsflächen (öAF) neu der Begriff «Biodiversitätsförderflächen» (BFF) verwendet. Die beiden Begriffe werden in dieser Arbeit synonym verwendet.

² Im weiteren Verlauf dieser Arbeit wird zu Gunsten der Lesbarkeit jeweils nur die männliche Form verwendet. Es sind aber jeweils beide Geschlechter gemeint.

³ Die Öko-Qualitätsverordnung (SR 910.14) wurde per 1. Januar 2014 in die Direktzahlungsverordnung integriert und die Öko-Qualitätsbeiträge in «Biodiversitätsbeiträge Qualitätsstufe II» umbenannt. Die beiden Begriffe werden in dieser Arbeit synonym verwendet.

(Schweizerischer Bundesrat 2013). Eines der Hauptprobleme in der Umsetzung von ergebnisorientierten agrarökologischen Programmen ist die Entwicklung geeigneter Indikatoren und deren Überwachung (Burton & Schwarz 2013).

Für die wirkungsbezogene Förderung von agrarökologischen Massnahmen ist es wichtig, dass die ökologischen Leistungen eines Betriebes sichtbar gemacht werden können (Jahrl et al. 2012). So kann der Nutzen einzelner Fördermassnahmen vermittelt und die Motivation der Landwirte für ökologische Massnahmen gesteigert werden. Mit dem im Rahmen des Projektes «Mit Vielfalt punkten» (MVP) entwickelten Punktesystem, wurde ein solches Instrument geschaffen (Birrer et al. 2014, Birrer et al. 2009). Aufgebaut aus verschiedenen Massnahmen, die einen positiven Einfluss auf die Biodiversität in der Landwirtschaft haben, bildet das Punktesystem mit der Gesamtpunktzahl die Leistungen eines Landwirtschaftsbetriebes zur Förderung der Biodiversität ab (Birrer et al. 2014, Jenny et al. 2013). Da sich die Berglandwirtschaft aufgrund des ökologischen und produktionstechnischen Potenzials vom Talgebiet unterscheidet, wurde für die Bergzonen eine eigene Variante des Punktesystems entwickelt (Birrer et al. 2009).

Mit einer umfangreichen Studie auf landwirtschaftlichen Betrieben in der Tal- und Hügelzone (Birrer et al. 2014) konnte aufgezeigt werden, dass die Punktzahl die effektive Artenvielfalt auf Betriebsebene gut abbildet. Durch die vorliegende Arbeit wird diese Untersuchung nun für Betriebe in den Bergzonen ergänzt. Anhand einer Tagfalter-Aufnahme (Papilionoidea, Hesperidae und Zygaeninae im Imaginalstadium) auf zehn Berglandwirtschaftsbetrieben in der UNESCO Biosphäre Entlebuch soll der Zusammenhang von Punktzahl und Tagfalter-Diversität im Berggebiet überprüft werden.

Da die meisten Tagfalterarten empfindlich auf sich verändernde Umweltbedingungen durch Eingriffe und Nutzungswandel reagieren (Hermann 1992, van Swaay, Warren & Loïs 2006) und Tagfalter gleichzeitig auch Veränderungen anderer terrestrischer Insektengruppen abbilden können (Thomas 2005), eignen sie sich gut als Biodiversitäts-Indikatoren. Sie zeigen Lebensraumqualitäten wie Blütenreichtum, Nährstoffarmut oder extensive Nutzung auf (Hermann 1992) und können dank ihrer Mobilität und oft komplexen Habitatansprüchen auch für eine Bewertung der räumlich-funktionellen Eigenschaften von Landschaftsausschnitten eingesetzt werden (Settele, Feldmann & Reinhardt 1999). Zudem sind sie aufgrund ihrer tagaktiven Lebensweise einfach erfassbar (Hermann 1992) und geniessen eine hohe Akzeptanz in der Öffentlichkeit (Settele, Feldmann & Reinhardt 1999).

Die vorliegende Bachelorarbeit wurde im Rahmen des Forschungsprojektes MERIT⁴ durchgeführt, welches innovative Fördersysteme und Unterstützungshilfen entwickeln will, um die Biodiversität im Alpenraum zu fördern (FiBL 2014). Die Arbeit soll die Fragestellung beantworten, ob eine positive Korrelation zwischen der Biodiversitäts-Punktzahl und der tatsächlichen Tagfalter-Vielfalt auf den Berglandwirtschaftsbetrieben besteht und aufzeigen, wie das Punktesystem allenfalls besser auf Tagfalter ausgerichtet werden könnte.

⁴ MERIT steht als Abkürzung für den Projekttitel «Leistungsbezogenes Einkommen aus nachhaltiger und ergebnisorientierter Landwirtschaft im Berggebiet».

2 Punktesystem «Mit Vielfalt punkten»

Das Projekt «Mit Vielfalt punkten» (MVP) wurde 2008 gestartet und wird von der Schweizerischen Vogelwarte Sempach und vom Forschungsinstitut für biologischen Landbau (FiBL) durchgeführt. Im Rahmen dieses Projektes wurde ein Punktesystem entwickelt mit dem die Leistungen eines landwirtschaftlichen Betriebes zur Förderung der Biodiversität aufgezeigt werden können (Birrer et al. 2009).

Viele Landwirte können die effektive Auswirkung von biodiversitätsfördernden Massnahmen nur schwer beurteilen (Jahl et al. 2012), sind aber gleichzeitig Entscheidungsträger über den Einsatz solcher Massnahmen. Das Punktesystem soll diese Lücke schliessen, indem es den Landwirten hilft, die biodiversitätsfördernden Massnahmen auf dem Betrieb hinsichtlich ihrer Wirkung einzuschätzen (Birrer et al. 2014). Es ist also ein einfach anwendbares Hilfsmittel, das mögliche Handlungsfelder aufzeigt, in welchen ein Betrieb aus ökologischer Sicht optimiert werden kann (Birrer et al. 2009). Durch diese praxisorientierte Ausrichtung trägt es dazu bei, die Biodiversität auf den Betrieben zu erhöhen (Jenny et al. 2013). Es kann als Instrument zur Selbsteinschätzung verwendet werden sowie als Planungswerkzeug, das dem Landwirt aufzeigt, wie sich ein Entscheid bezüglich der eingesetzten Massnahmen auf seine Punktzahl auswirkt (Birrer et al. 2014). Ausserdem erfordert das Berechnen der Punktzahl nur etwa eine Stunde Aufwand und kann vom Betriebsleiter selbst durchgeführt werden (Birrer et al. 2014).

Der Verein IP-Suisse nahm das Punktesystem 2009 in seine Richtlinien auf und seit 2013 müssen alle Landwirte, die nach dem Label IP-Suisse produzieren, einen Zielwert von mindestens 17 Punkten erreichen (IP-Suisse 2014a). Basierend auf dem Punktesystem hat auch Bio Suisse einen Katalog mit Massnahmen zur Förderung der Biodiversität erarbeitet, von denen jeder zertifizierte Betrieb mindestens 12 Massnahmen umsetzen muss (Bio Suisse 2015).

2.1 Aufbau

Das Punktesystem besteht aus 32 Massnahmen, von denen bekannt ist, dass sie einen positiven Einfluss auf die Biodiversität in der Landwirtschaft haben (Birrer et al. 2014). Berücksichtigt werden unter anderem die Quantität, Qualität und räumliche Verteilung der Biodiversitätsförderflächen sowie Massnahmen auf der Ackerfläche und im Grünland. Die Punktzahlen sind entsprechend ihrem Nutzen für die Biodiversität gewichtet. Die Gesamtpunktzahl kann auch zwischen Betrieben verglichen werden, da sich die Kriterien auf Flächenanteile beziehen und die Punkte unabhängig von der Betriebsgrösse berechnet werden (Birrer et al. 2009).

Der erste Teil des Punktesystems besteht aus den Angaben zum Betrieb, die als Basis zur Berechnung der Punktzahl benötigt werden. Der Hauptteil ist in die zwei Bereiche «Massnahmen zur Förderung der

Biodiversität» und «Massnahmen zum Schutz der Ressourcen» gegliedert. Der Bereich «Biodiversität» besteht aus den Kategorien «Nutzung», «Ökologischer Ausgleich», «Aufwertungsmassnahmen auf Produktionsflächen» und «Spezielle Massnahmen». Die Aufwertungsmassnahmen auf Produktionsflächen sind wiederum in «Offene Ackerfläche» und «Grünland» unterteilt und werden mit dem Anteil der offenen Ackerfläche bzw. dem Grünland an der gesamten landwirtschaftliche Nutzfläche (LN) gewichtet (vgl. Jenny et al. 2011). In Tab. 1 sind die Massnahmen aus dem Bereich «Biodiversität» zusammengestellt und beschrieben. Da die Aufwertungsmassnahmen auf der offenen Ackerfläche für die vorliegende Arbeit nicht relevant sind, werden diese nicht näher erläutert. Auch die Massnahmen zum Schutz der Ressourcen werden ausgeklammert. Das gesamte Punktesystem kann in Anhang 3 eingesehen werden.

Tab. 1: Überblick über die Massnahmen aus dem Bereich «Biodiversität» des Punktesystems «Mit Vielfalt punkten» Version «allgemein Berg 2010.4» (vgl. IP-Suisse 2014b, Jenny et al. 2011). Nicht aufgeführt sind die Aufwertungsmassnahmen auf der offenen Ackerfläche. (Abkürzungen: LN=Landwirtschaftliche Nutzfläche, öAF=Ökologische Ausgleichsflächen, GVE=Grossvieheinheiten)

	Punkt-kategorie	Einheit	Beschreibung	Ökologische Bedeutung
Nutzung	Nutzungsparzellen (Ø Fläche)	Durchschnittliche Grösse in ha	Eine Nutzungsparzelle ist eine Fläche, auf der durchgehend eine einzige Kultur angebaut wird. Ökologische Ausgleichsflächen können nicht als Nutzungsparzellen angegeben werden.	Vielfältige, kleinräumige Landschaft
	Nutzungstypen (mind. 8% der LN)	Anzahl pro Betrieb	Anzahl Nutzungstypen, die mindestens 8% der LN ausmachen. Angerechnet werden Ackerkulturen, Mähwiesen, Weiden, Obstbau, Hochstamm-Obstbau, Gemüsebau, Rebbaue, Streueflächen sowie andere Spezialkulturen.	Angebot an verschiedenen Lebensräumen
Ökologischer Ausgleich	Ökologische Ausgleichsflächen	% der LN	Alle angemeldeten öAF bzw. nicht angemeldete Flächen, welche nach den Vorschriften der Direktzahlungsverordnung wie eine öAF bewirtschaftet werden.	Hoher Anteil an öAF
	öAF mit Qualität	% der LN	Alle öAF, welche die Öko-Qualitätsverordnung erfüllen oder «Projekt-Qualität» haben. Eine Fläche kann nur einer Qualitätskategorie angerechnet werden. Die Einstufung «Projekt-Qualität» wird an Flächen mit deutlich erkennbarer Arten-/Struktur-Vielfalt vergeben. Einige Flächentypen (z.B. Buntbrachen, Ackerschonstreifen) erhalten automatisch Projekt-Qualität. Detaillierte Bestimmungen können dem Leitfaden (Jenny et al. 2011) entnommen werden.	Hoher Anteil an floristischer Artenvielfalt und Strukturelementen
	Grossflächige öAF mit Qualität (mind. 25 a)	Anzahl pro 20 ha LN	öAF mit Qualität, die als Einzelfläche mind. 25 a umfassen. Grössere Flächen, die aus mehreren Einheiten à 25 a bestehen, ergeben entsprechend mehr Punkte. (Bsp. 50 a extensiv genutzte Wiese mit Qualität = 2 Punkte)	Grossflächige, hochwertige Lebensräume
	öAF mit Strukturvielfalt (mind. 5% Kleinstrukturen)	% der LN	öAF mit Kleinstrukturen auf mind. 5% der Fläche. öAF auf Ackerflächen werden automatisch angerechnet. Als Kleinstrukturen gelten: Steinhäufen, Felsen, Ast- und Holzhaufen. In Wiesen, Weiden, Streueflächen und Rebflächen gelten zudem: Altgrasflächen, Heckensträucher, Brach- und Ruderalflächen, Tümpel, Kleingewässer, Feuchtstellen, Natursteinmauern, Einzelbäume, Kopfweiden.	Strukturreiche Lebensräume
	Räumliche Verteilung der öAF	Anzahl pro 20 ha LN	Anzahl separate öAF (auch Flächen ohne Qualität) von mindestens 10 a.	Trittsteine zur Verbindung grösserer Lebensräume

Punktekategorie	Einheit	Beschreibung	Ökologische Bedeutung	
Aufwertungsmassnahmen im Grünland	Extensives Grünland = extensiv genutzte Wiese/Weide, wenig intensiv genutzte Wiese, Streuefläche			
	Einsatz Balkenmäher	% des Dauergrünlandes und der Streueflächen	Extensive Flächen, die immer mit Messerbalken gemäht werden.	Höhere Überlebenswahrscheinlichkeit von Kleinlebewesen
	Verzicht Mähauflbereiter	% des Dauergrünlandes und der Streueflächen	Extensive Flächen, die immer ohne Mähauflbereiter gemäht werden.	Höhere Überlebenswahrscheinlichkeit von Kleinlebewesen
	Gestaffelte Wiesenutzung	% des Dauergrünlandes und der Streueflächen	Extensive Flächen, deren Vegetation nicht vollständig zu einem einzigen Zeitpunkt gemäht wird. Es muss ein Vertrag mit dem Kanton bestehen oder abgeschlossen werden.	Stehen gebliebene Teilflächen dienen als Entwicklungs- und Rückzugsort sowie als Nahrungsangebot.
	Doppelzäune	m/ha extensive Weide	Zwei Zäune in extensiv genutzten Weiden, die im Abstand von mind. 2 m parallel verlaufen. Der Zwischenraum wird periodisch und abschnittsweise gemäht.	Zwischenraum dient als Rückzugsgebiet und Wanderkorridor.
	Extensives Grünland in Hochstammobstgärten	% des Dauergrünlandes und der Streueflächen	Kombination eines Hochstammobstgartens mit einer extensiv genutzten Wiese/Weide oder wenig intensiv genutzten Wiese. Der Baumbestand muss geschlossen sein (nicht mehr als 30 m zwischen den Bäumen) und mind. 10 Hochstammobstbäume umfassen.	Kombination von extensiven Flächen und Feldobstbäume als Lebensraum
	Intensives Grünland = Dauergrünland, Kunstwiesen			
	Verzicht Silage	% des intensiven Grünlandes	Alle intensiven Grünlandflächen, die vor dem 1. September nicht siliert werden.	Längerer Abstand zwischen den Schnittnutzungen
	Einsatz Balkenmäher	% des intensiven Grünlandes	Intensive Flächen, die immer mit Messerbalken gemäht werden.	Höhere Überlebenswahrscheinlichkeit von Kleinlebewesen
	Doppelzäune	m/ha intensiver Weide	Zwei Zäune in intensiven Weiden, die im Abstand von mind. 2 m parallel verlaufen. Der Zwischenraum wird periodisch und abschnittsweise gemäht.	Zwischenraum dient als Rückzugsgebiet und Wanderkorridor
Spezielle Massnahmen	Aufgewerteter Waldrand	m	Ausgelichtete und stufig aufgebaute Waldränder. Bestätigung der Aufwertung durch Förster nötig.	Verzahnung von Wald und Kulturland bietet viele Nischen
	Genetische Vielfalt	Anzahl GVE bzw. angebaute a	Regionaltypische, vom Verschwinden bedrohte Tierrassen oder Pflanzensorten.	Erhalt der genetischen Vielfalt
	Massnahmen Zielarten	Punkte	Massnahmen, die gezielt auf die Förderung von bedrohten Arten oder wertvollen Lebensräumen ausgerichtet sind und die in den anderen Kategorien noch nicht berücksichtigt wurden. Die Punktzahl wird nach einer gutachterlichen Bewertung durch einen Berater definiert.	Spezifische Förderung bedrohter Arten und wertvoller Lebensräume

Für die Tal-/Hügelzone und die Bergzonen I–IV wurde aufgrund des unterschiedlichen ökologischen und produktionstechnischen Potenzials eine eigene Variante des Punktesystems entwickelt (Birrer et al. 2009). Der Unterschied zwischen den beiden Varianten besteht unter anderem darin, dass im Berggebiet mit einer geringeren Anzahl Nutzungstypen dieselbe Punktzahl wie im Talgebiet erreicht werden kann. Für Ackerbauflächen werden im Berggebiet zusätzliche Punkte vergeben. Bei den Unterkategorien «Ökologischen Ausgleichsflächen mit Strukturvielfalt» sowie «Verzicht auf Mähauflbereiter» im extensiven Grünland muss im Berggebiet für dieselbe Punktzahl ein grösserer prozentualer Anteil erreicht werden.

2.2 Ergebnisse der Untersuchung in der Tal- und Hügelizeone

In der Tal- und Hügelizeone des Schweizer Mittellandes wurde anhand einer Untersuchung auf 133 landwirtschaftlichen Betrieben überprüft, wie stark die berechnete Punktzahl mit der effektiven Artenvielfalt auf Betriebsebene korreliert (vgl. Birrer et al. 2014). Dazu wurden vier Organismengruppen erhoben: Pflanzen, Heuschrecken und Tagfalter entlang eines Transekts von 2.5 km Gesamtlänge und Vögel auf der gesamten Betriebsfläche. Als Mass für die Biodiversität wurden aus der Artenzahl und Dichte der vier Organismengruppen verschiedene Indikatoren gebildet. Auch gefährdete Arten und landwirtschaftsrelevante Ziel- und Leitarten wurden dabei berücksichtigt.

Um zu untersuchen welche Methode die Biodiversität auf Betriebsebene am besten abbildet, verglichen Birrer et al. (2014) das Punktesystem mit bestehenden Habitat-Massen, wie dem Ausmass aller Biodiversitätsförderflächen (BFF) der Qualitätsstufen I und II sowie mit – im Vorfeld kartierten – naturnahen Lebensräumen. Das Punktesystem und die verschiedenen Habitat-Masse erwiesen sich alle als geeignet, um die Biodiversität auf Betriebsebene aufzuzeigen. Bezüglich der Vielfalt an landwirtschaftsrelevanten Ziel- und Leitarten schnitt jedoch das Punktesystem besser ab als die BFF der Qualitätsstufen I und II. Die naturnahen Lebensräume eigneten für die Abbildung der Biodiversität auf Betriebsebene in gleichem Masse wie das Punktesystem. Die Erhebung der naturnahen Lebensräume ist aber deutlich zeitaufwändiger.

Zusammenfassend konnten Birrer et al. (2014) aufzeigen, dass das Punktesystem eine geeignete Methode darstellt, um die Biodiversität auf Betriebsebene schnell und effizient zu beurteilen. Darüber hinaus zeigten die Ergebnisse, dass die verschiedenen Massnahmen, aus denen sich das Punktesystem zusammensetzt, wesentlich zu einer wirklichkeitsnahen Einschätzung der Biodiversität beitragen.

3 Material und Methoden

3.1 Untersuchungsgebiet

Im Rahmen dieser Arbeit wurden zehn Berglandwirtschaftsbetriebe innerhalb der UNESCO Biosphäre Entlebuch (UBE) untersucht. Die Betriebe wurden aufgrund ihrer geografischen Lage und der MVP-Punktzahl unter den am MERIT-Projekt (vgl. Kapitel 1) teilnehmenden Betrieben ausgewählt. Um möglichst homogene Standortbedingungen sowie ein ähnliches potenzielles Tagfaltervorkommen zu gewährleisten, wurden nur Betriebe innerhalb der UBE berücksichtigt. Zudem wurde die Auswahl so getroffen, dass bei den Punktzahlen eine möglichst breite Streuung der Teilpunktzahl Biodiversität vorhanden war und so das ganze Spektrum an hohen, mittleren und tiefen MVP-Punktzahlen abgedeckt wurde.

3.1.1 UNESCO Biosphäre Entlebuch

Die rund 400 Quadratkilometer grosse UNESCO Biosphäre Entlebuch liegt im Süden des Kantons Luzern und umfasst Teile der Napfregion, der Voralpen und der ersten beiden Kalkalpenketten. Die Region ist von einem feuchten, subozeanischen Klima geprägt, mit hohen Jahresniederschlägen von 1600 bis 2100 mm und einer Jahresmitteltemperatur zwischen 8 und 10 °C (Coch 2008). Die UBE ist bekannt für ihre Moorlandschaften von nationaler Bedeutung (BAFU 2010), welche etwa einen Viertel der Gesamtfläche ausmachen und deren Dichte in der Schweiz einzigartig ist. Insgesamt 44 Hochmoore, 61 Flachmoore und vier grosse Moorlandschaften beherbergt das Entlebuch (Netzwerk Schweizer Pärke 2014).

Die Gründung der Biosphäre beruht auf der Annahme der Rothenthurm-Initiative im Jahr 1987, in deren Folge die Moore und Moorlandschaften von nationaler Bedeutung unter Schutz gestellt wurden. Da die Entlebucher Bevölkerung um ihre wirtschaftliche Existenzgrundlage fürchtete, gründete sie im Jahr 2000 per Volksabstimmung die UBE (vgl. Coch 2008). Seitdem orientiert sich die Region gemäss den Vorgaben der UNESCO an der dreifachen – d.h. sozialen, ökonomischen und ökologischen – Nachhaltigkeit. 2008 folgte die Ernennung zum ersten Regionalen Naturpark der Schweiz (Knaus 2011).

Die Biosphäre ist in drei Zonen eingeteilt (vgl. Abb. 1): 8 Prozent der Fläche gehören zu der streng geschützten Kernzone, welche unter anderem sämtliche Hochmoore und einen grossen Teil der Übergangsmoore umfasst. Die anschliessende Pflegezone macht 42 Prozent der Fläche aus und wird vorwiegend von Flachmooren, Feuchtwiesen und Waldstandorten gebildet. Die restlichen Gebiete gehören der Entwicklungszone an, in welcher eine nachhaltige Bewirtschaftung möglich ist. Aufgrund der fehlenden Pflegezone in einigen Gebieten der Biosphäre grenzen landwirtschaftliche Betriebe teilweise ohne Pufferung direkt an die empfindlichen Biotope der Kernzone (vgl. Abb. 1, Coch 2008, Knaus 2011).

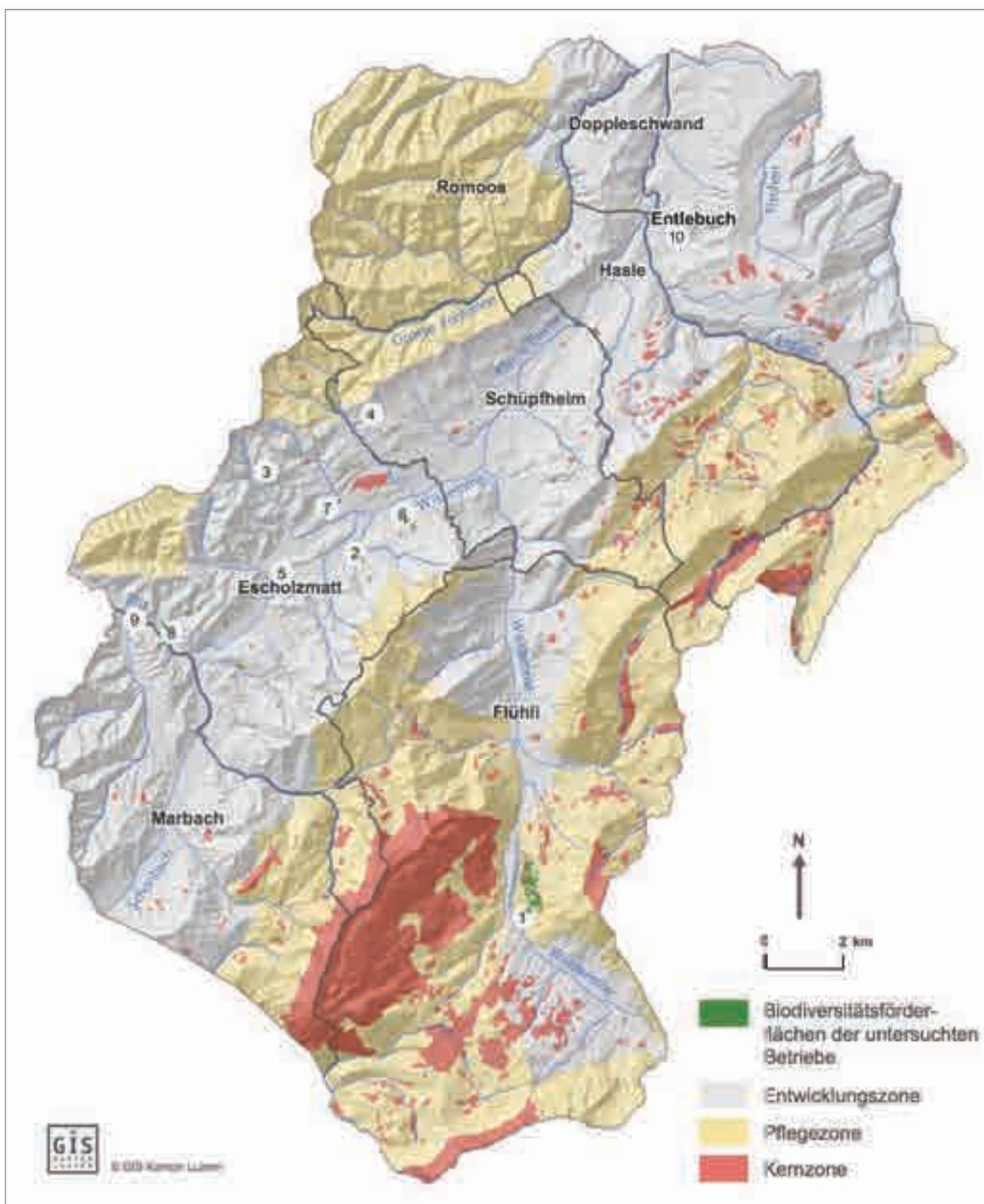


Abb. 1: Geografische Übersicht und Zonierung der UNESCO Biosphäre Entlebuch. Eingezeichnet sind die Standorte der zehn untersuchten Betriebe (gekennzeichnet mit der im Text verwendeten Nummerierung) und deren Biodiversitätsförderflächen (grün). (Quelle: Coch 2008, verändert)

Generell ist das Landschaftsbild in der UBE stark durch die Landwirtschaft geprägt und der Anteil Beschäftigter im ersten Sektor liegt mit 34.2 Prozent weit über dem Schweizer Durchschnitt von 4 Prozent. Der Strukturwandel verläuft im Entlebuch verzögert: So nimmt die Anzahl landwirtschaftlicher Betriebe im Vergleich zum Schweizer Schnitt langsamer ab und aufgrund eines zunehmenden

Anteils an extensiv wirtschaftenden Teilzeit-Betrieben bleibt die Parzellierung der Flächen hoch (Coch 2008, Knaus 2011). Bezüglich des potenziellen Tagfaltervorkommens liegt die UBE am Übergang vom eher artenarmen Mittelland zur deutlich artenreicheren Alpennordflanke (Abb. 2).

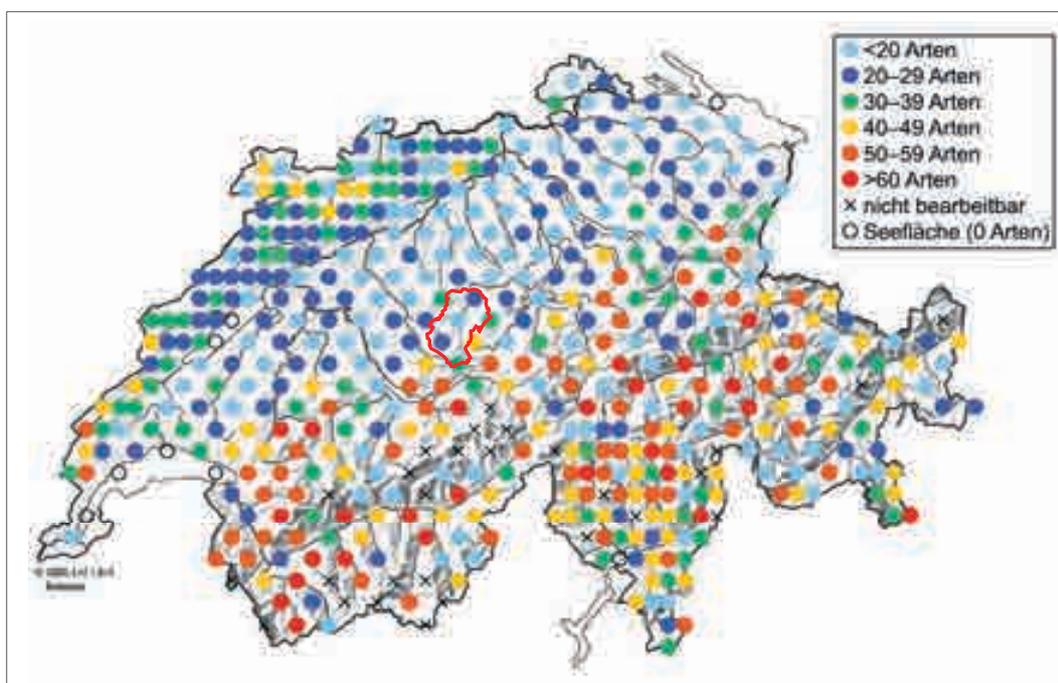


Abb. 2: Lage der UNESCO Biosphäre Entlebuch (roter Perimeter) innerhalb der Schweiz. Die farbigen Punkte geben die mittlere gefundene Anzahl Tagfalterarten (inkl. Dickkopffalter- und Zygaenenarten) pro Aufnahmefläche an (einmalige Transektbegehung zwischen 2003 und 2007). (Quelle: Altermatt et al. 2008, verändert)

3.1.2 Untersuchte Betriebe

Die zehn untersuchten Berglandwirtschaftsbetriebe liegen innerhalb der UBE in den Gemeinden Entlebuch, Escholzmatt-Marbach, Flühli und Schüpfheim (Abb. 1) auf einer Höhe von 750 bis 1200 Meter über Meer (Tab. 2). Der Schwerpunkt der Betriebe ist Milchwirtschaft oder Mutterkuhhaltung. Entsprechend besteht ihre LN jeweils hauptsächlich aus Grünland. Einzig Betrieb Nr. 1 verfügt über rund 5 ha Ackerbaugelände und hat sich neben der Mutterkuhhaltung zusätzlich auf Spezialkulturen und Tourismus spezialisiert. Auf Betrieb Nr. 10 werden Milchschafe eingesetzt und Betrieb Nr. 8 hält zusätzlich Mastschweine.

Die Betriebsgrösse der untersuchten Betriebe umfasst im Schnitt (Median) 20.2 ha landwirtschaftliche Nutzfläche (8.6 bis 50.1 ha) und liegt damit über dem kantonalen Schnitt von 15.8 ha (LUSTAT Statistik Luzern 2014). Pro Betrieb weisen durchschnittlich⁵ 27.3 Prozent der LN eine Neigung von 18 bis 35 Prozent auf und weitere 29.1 Prozent sind steiler als 35 Prozent. Die Hälfte der untersuchten Betriebe werden biologisch bewirtschaftet (Tab. 2). Dies entspricht jedoch nicht der nicht dem durchschnittlichen Anteil in der UBE. Mit einem Anteil von 6 Prozent Bio-Betrieben liegt die UBE nämlich deutlich unter dem Schweizer Durchschnitt von 11 Prozent (Knaus 2011).

⁵ Ohne spezielle Angaben ist mit dem Durchschnitt jeweils der arithmetische Mittelwert gemeint.

Der durchschnittliche Anteil (Median) der Biodiversitätsförderflächen (exklusiv Hochstämme und Einzelbäume) beträgt 15.8 Prozent der LN und entspricht damit in etwa dem Durchschnitt der UBE (Knaus 2011). Betrieb Nr. 1 bildet eine Ausnahme mit 29.9 ha Biodiversitätsförderflächen, welche einen Anteil von rund 60 Prozent der LN ausmachen.

Tab. 2: Überblick über die untersuchten Betriebe (Abkürzungen: ÖLN=Ökologischer Leistungsnachweis, IP=Integrierte Produktion, Bio=Biologische Produktion)

Nr.	Name	Gemeinde	Höhe über Meer (m)	Label	Landwirtschaftliche Nutzfläche (ha)
1	Birkenhof	Flühli	1200	IP	50.1
2	Schwändlen	Escholzmatt-Marbach	860	Bio	19.1
3	Balmli	Escholzmatt-Marbach	1108	Bio	12.5
4	Rehärze	Schüpfheim	970	ÖLN	18.8
5	Widmenmatte	Escholzmatt-Marbach	850	ÖLN	35.3
6	Brandhof	Escholzmatt-Marbach	800	Bio	12.4
7	Grossbühl	Escholzmatt-Marbach	850	IP	21.3
8	Beinbrechen	Escholzmatt-Marbach	870	ÖLN	8.6
9	Längmatte	Escholzmatt-Marbach	800	Bio	25.8
10	Widmen	Entlebuch	750	Bio	35.6

3.1.3 Untersuchungsflächen und Flächentypen

Im Gegensatz zur Studie von Birrer et al. (2014), welche die untersuchten Organismengruppen auf der gesamten Betriebsfläche erhob, wurden die Tagfalteraufnahmen in dieser Arbeit ausschliesslich auf den Biodiversitätsförderflächen durchgeführt. Im intensiv bewirtschafteten Kulturland finden nur etwa ein Dutzend häufig vorkommende Tagfalterarten geeignete Bedingungen für eine Entwicklung vor (Schweizerischer Bund für Naturschutz 1994). Aus Sicht der Tagfalter-Vielfalt ist das intensiv bewirtschaftete Kulturland also von untergeordneter Bedeutung. Biodiversitätsförderflächen beherbergen hingegen insgesamt eine höhere Artenzahl und Abundanz sowie mehr spezialisierte Arten und Arten der Roten Liste, wie die Evaluation der Ökomassnahmen im Mittelland zeigte (Herzog & Walter 2005). Zudem spielen die BFF im Aufbau des Punktesystems eine wichtige Rolle (vgl. Kapitel 2.1), was eine Fokussierung auf diese Flächen rechtfertigt.

Die Tagfalteraufnahmen wurden in den folgenden, gemäss Direktzahlungsverordnung (Schweizerischer Bundesrat 2013) definierten, fünf Typen von Biodiversitätsförderflächen durchgeführt:

- Extensiv genutzte Wiese (Abb. 3, kurz: extensive Wiese)
- Wenig intensiv genutzte Wiese (Abb. 4, kurz: wenig intensive Wiese)
- Streuefläche (Abb. 5)
- Extensiv genutzte Weide (Abb. 6, kurz: extensive Weide)
- Hecken, Feld- und Ufergehölze einschliesslich Krautsaum (Abb. 7, kurz: Hecke mit Saum)

Die Flächentypen Hochstamm-Feldobstbäume und standortgerechte Einzelbäume, welche auf den untersuchten Betrieben ebenfalls vorhandenen waren, wurden von der Aufnahme ausgeschlossen.

Grundsätzlich können Hochstammobstgärten bei extensiver Bewirtschaftung der Krautschicht durchaus verschiedene Tagfalterarten beherbergen (Wermeille, Chittaro & Gonseth 2014). Da dies aber gemäss Qualitätsstufe I nicht vorgeschrieben ist (Caillet-Bois et al. 2014), werden sie im Unterwuchs häufig intensiv bewirtschaftet und weisen nur eine beschränkte Tagfalter-Vielfalt auf (Herzog & Walter 2005). Auch BFF im Sömmerungsgebiet wurden ausgeschlossen, da diese erst seit dem Untersuchungsjahr (2014) als solche geltend gemacht werden können.



Abb. 3: Extensive Wiese (Untersuchungsfläche Nr. 8.01)



Abb. 4: Wenig intensive Wiese (Untersuchungsfläche Nr. 10.02)



Abb. 5: Streuefläche (Untersuchungsfläche Nr. 1.07)



Abb. 6: Extensive Weide (Untersuchungsfläche Nr. 8.04)



Abb. 7: Hecke mit Saum (Untersuchungsfläche Nr. 6.03)

Für die Bewirtschaftung der untersuchten Biodiversitätsförderflächen gelten folgende Bestimmungen (vgl. Caillet-Bois et al. 2014):

- Es darf keine Düngung erfolgen, mit Ausnahme von Mist oder Kompost auf den wenig intensiven Wiesen (max. 30 kg verfügbarer Stickstoff pro ha und Jahr) sowie durch die Weidetiere auf den extensiv genutzten Weiden.
- Es dürfen keine Pflanzenschutzmittel ausgebracht werden. Eine Einzelstockbehandlung von Problempflanzen ist erlaubt (ausser in Streueflächen).
- Mulchen ist verboten sowie auch der Einsatz von Steinbrechmaschinen.
- Das Schnittgut muss abgeführt werden.

Bezüglich der Schnitt- bzw. Weidenutzung werden folgende Vorschriften für die Flächentypen unterschieden (vgl. Caillet-Bois et al. 2014):

- Extensiv genutzte Wiesen müssen jährlich mindestens einmal geschnitten werden. Der früheste Termin für den Schnitt ist der 1. Juli in den Bergzonen I und II bzw. der 15. Juli in den Bergzonen III und IV. Eine Herbstweide ist vom 1. September bis am 30. November bei günstigen Bodenverhältnissen erlaubt.
- Streueflächen dürfen maximal einmal jährlich geschnitten werden und zwar frühestens ab dem 1. September. Mindestens alle drei Jahre muss ein Schnitt erfolgen.
- Extensiv genutzte Weiden müssen mindestens einmal jährlich beweidet werden. Die Zufütterung auf der Weide ist verboten. Säuberungsschnitte sind erlaubt.
- Hecken mit Saum müssen auf beiden Seiten der bestockten Fläche einen Krautsaum von drei bis sechs Metern Breite aufweisen. Dieser muss mindestens alle drei Jahre geschnitten werden. Bezüglich frühestem Schnittzeitpunkt und Herbstweide gelten dieselben Bestimmungen wie für die extensiv genutzten Wiesen.

Pro Betrieb wurden zwischen drei und zehn Teilflächen untersucht, welche aus den vorhandenen BFF ausgewählt wurden. Die Auswahl wurde so getroffen, dass alle (am Anfang dieses Kapitels definierten) Flächentypen eines Betriebes berücksichtigt wurden und deren räumliche Verteilung über die landwirtschaftliche Nutzfläche möglichst homogen war (Abb. 8 illustriert dies anhand von Betrieb Nr. 2). Um Artenzahl und Abundanz zwischen den zehn Betrieben vergleichen zu können, wurde die Gesamtdauer der Aufnahme pro Betrieb auf 90 Minuten festgelegt. Diese Zeitdauer wurde nach einem standardisierten Vorgehen gemäss den Anteilen der Flächentypen an der Gesamtfläche der BFF (ohne Hochstämme und Flächen im Sömmerungsgebiet) auf die Flächentypen verteilt. Machten Streueflächen auf einem Betrieb beispielsweise einen Anteil von 10 Prozent der gesamten BFF aus, so wurde die Tagfalteraufnahme auf diesem Betrieb insgesamt neun Minuten (= 10 Prozent von 90 Minuten) innerhalb von Streueflächen durchgeführt. Innerhalb der Flächentypen wurde die zur Verfügung stehende Zeit wiederum so auf verschiedene Teilflächen aufgeteilt, dass die Aufnahmezeit

pro Teilfläche nicht unter sieben Minuten betrug. Bei Hecken mit Saum wurde diese Mindestzeit aufgrund der geringen Flächengrösse teilweise unterschritten, damit mehrere Hecken pro Betrieb berücksichtigt werden konnten.

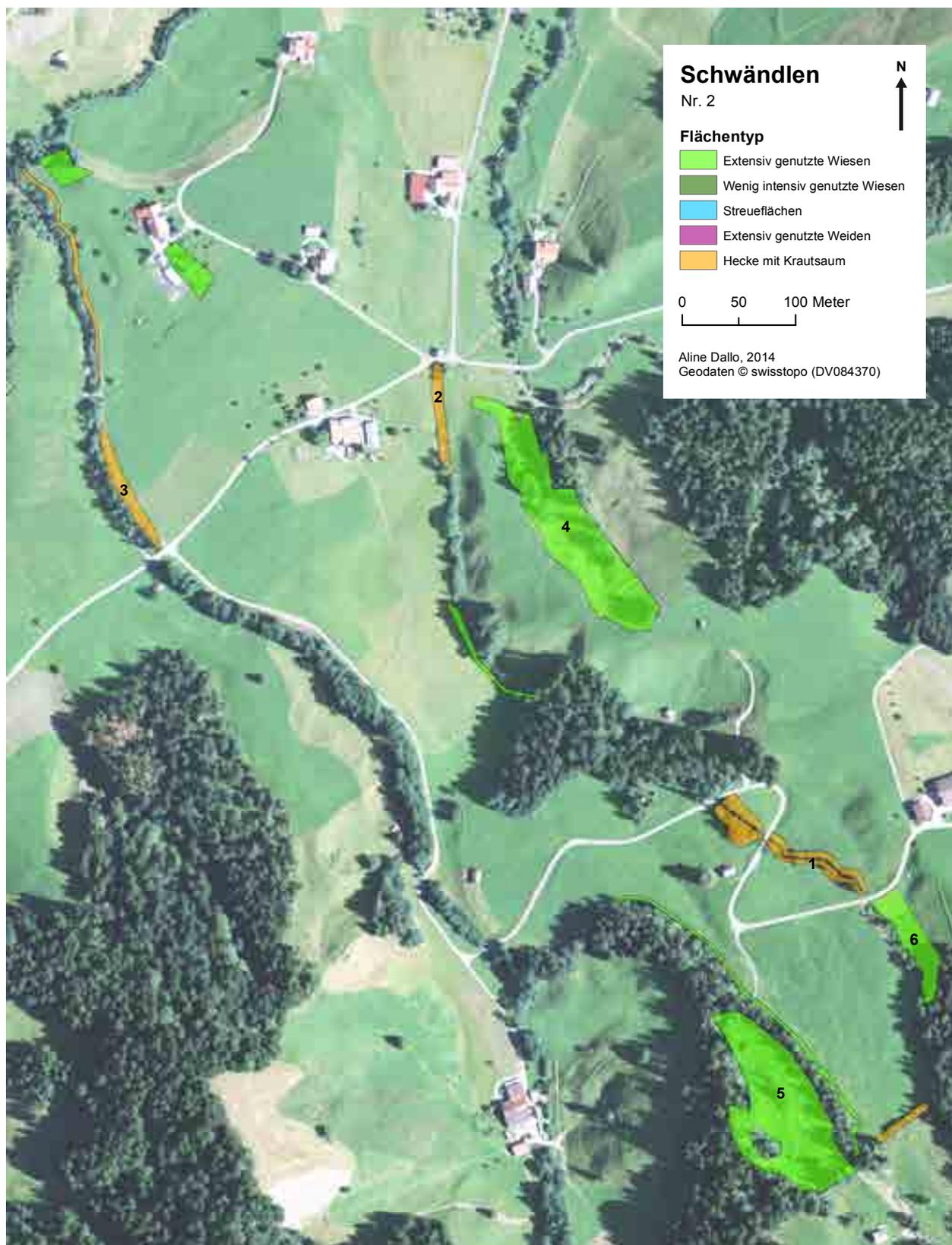


Abb. 8: Übersicht über Betrieb Nr. 2 mit eingezeichneten Biodiversitätsförderflächen-Typen. Die untersuchten Teilflächen sind mit Nummern gekennzeichnet.

Insgesamt wurden 50 Teilflächen untersucht und durchschnittlich 18 Minuten pro Fläche kartiert. Für jeden Betrieb wurde eine Übersichtskarte mit der Lage der BFF sowie der ausgewählten Teilflächen erstellt (vgl. Abb. 8). Die Übersichtskarten der restlichen neun Betriebe können in Anhang 4 eingesehen werden. In Anhang 5 sind zudem alle untersuchten Teilflächen mit Flächengrösse und Kartierdauer aufgeführt.

3.2 Feldaufnahmen

3.2.1 Tagfalteraufnahme

Pro Betrieb und Teilfläche wurden zwei Erhebungen durchgeführt. Die erste Aufnahmeperiode fand vom 5. bis 11. Juni 2014 statt. Aufgrund der Sonnenarmut im August (vgl. MeteoSchweiz 2014), zog sich die zweite Aufnahmeperiode über drei Wochen vom 8. bis 28. August 2014 hin.

Im Gegensatz zu der Untersuchung in der Tal- und Hügelizeone (Birrer et al. 2014) wurden die Untersuchungsflächen nicht mittels der Transekt-Methode (z.B. Pollard 1977, Pollard & Yates 1993) entlang einer vordefinierten Route erhoben. Stattdessen wurde eine zeitstandardisierte Erhebung durchgeführt, bei welcher die Flächen frei durchkreuzt und gezielt die für Tagfalter interessanten Strukturen und ressourcenreichen Standorte aufgesucht wurden. Da mit dieser Methode mehr Arten und Individuen pro Zeiteinheit entdeckt werden können als mit der Transektmethode (Kadlec, Tropek & Konvicka 2012), eignet sie sich besser für die vorliegende Untersuchung, bei der das primäre Ziel war, eine möglichst umfassende Übersicht über die auf den einzelnen Betrieben vorkommenden Arten und deren Abundanz zu erlangen. Da ausserdem bei einigen Teilflächen nur eine kurze Kartierdauer zur Verfügung stand, konnte die Route dennoch so gewählt werden, dass möglichst alle charakteristischen Teilbereiche abgedeckt wurden.

Entsprechend der Anleitung der Koordinationsstelle Biodiversitäts-Monitoring Schweiz (2008) wurden die Aufnahmen nur bei einer Temperatur von mindestens 13 °C im Schatten und einer Windstärke von höchstens 3 Beaufort durchgeführt. Während mindestens 70 Prozent der Kartierdauer musste direkte Sonneneinstrahlung vorhanden sein. Bei vorübergehender Bewölkung oder Windböen über 3 Beaufort wurde eine Pause eingelegt. Der von der Koordinationsstelle Biodiversitäts-Monitoring Schweiz (2008) vorgeschlagene Aufnahmezeitraum von 10:00 bis 17:00 Uhr wurde nach Leopold et al. (2005) und der für MVP definierten Anleitung (Stöckli 2014) den tatsächlichen Witterungsbedingungen angepasst; bei guten Flugbedingungen wurde von 9:30 bis 18:00 Uhr kartiert. Geländeschatten wurden durch die Wahl der Tageszeit vermieden und Baum- und Gebäudeschatten gezielt ausgelassen. Die jeweiligen Witterungsbedingungen sowie Zeit und Datum der Aufnahmen wurden vor Ort dokumentiert (Anhang 6).

Grundsätzlich wurden alle Tagfalter-Individuen bis auf Artniveau bestimmt. Da die eindeutige Unterscheidung einiger Arten im Feld nur anhand der Raupenstadien (*Colias alfacariensis* und *C.*

hyale), mittels Genitalanalyse (*Leptidea reali* und *L. sinapis*) oder anhand der Weibchen (*Pieris bryoniae* und *P. napi*) zuverlässig möglich ist (Bühler-Cortesi 2012), wurden diese als Artkomplexe behandelt. Tagfalter-Imagines, deren morphologische Erkennungsmerkmale keine sichere Zuordnung auf Distanz erlauben, wurden mit einem Kescher eingefangen und in einem Plastikdöschen betrachtet. Falls nötig, erfolgte die Bestimmung mit Hilfe von Bestimmungsliteratur (Bühler-Cortesi 2012, Imstepf o. D., Wiedemeier 2012a/b/c). Bei Unsicherheit bezüglich der Artzugehörigkeit wurden die Individuen zudem fotografiert und im Anschluss an die Kartierung dem Fachkorrektor zur Kontrolle vorgelegt. Mit Hilfe einer Stoppuhr wurde die Kartierdauer überwacht. Während der Bestimmung und Dokumentation der Individuen wurde die Zeit angehalten und nicht zur Kartierdauer hinzugezählt.

3.2.2 Aufnahme der Standortbedingungen

Zusätzlich zu den Tagfalter-Imagines wurden bei jeder Aufnahme die Vegetationshöhe und das Blütenangebot aller Teilflächen erfasst (Anhang 12). Die Vegetationshöhe wurde mit einem Metermass gemessen und bei sehr heterogenen Pflanzenbeständen ein Durchschnittswert für die gesamte Teilfläche geschätzt. Bei den Hecken wurde die Höhe des Krautsaumes erhoben. Um das Blütenangebot einzuschätzen, wurde den Teilflächen für die Blütenfarben Weiss, Gelb, Orange, Rot, Blau, Violett und Rosa ein Wert zwischen 0 (= Blüten dieser Farbe kommen nicht vor) und 4 (= Blüten dieser Farbe kommen flächendeckend vor) zugewiesen. Diese Werte wurden anschliessend für jede Teilfläche zu einer «Blühsumme» addiert. Bei der ersten Aufnahme wurde ausserdem für jede Teilfläche ein Inventar der vorhandenen Strukturelemente erstellt. Dazu wurde überprüft, ob Strukturen der folgenden Kategorien vorhanden waren:

- Teich, Tümpel
- Bach, Wassergraben
- Bäume, Büsche
- Felsen, Steinblöcke
- Steinhaufen
- Trockenmauern
- Offene Bodenstellen
- Totholz
- Asthaufen
- Altheu

Aus diesen Daten wurde für jede Teilfläche eine «Struktursumme» berechnet, indem für jede vorhandene Strukturen-Kategorie ein Punkt angerechnet wurde (Anhang 12).

3.3 Datenanalyse

Für jeden Betrieb wurden die Einträge im Punktesystem «Mit Vielfalt punkten» gemäss den tatsächlich untersuchten Flächen (ohne Sömmerungsgebiet und Bäume) angepasst und die Punktzahlen neu berechnet. Dabei wurde die Version «allgemein Berg 2010.4» des Punktesystems verwendet (vgl. Anhang 3).

Die Daten der beiden Aufnahmen wurden zu einer einzigen Artenliste zusammengefasst. Sowohl die Arten der Roten Liste (RL) (Wermeille, Chittaro & Gonseth 2014) als auch der Umweltziele Landwirtschaft (UZL) – Subregion 3.3.1 Molasse-Hügelland, nördliche Alpentäler (Eggenberg et al. 2013) – wurden zur Auswertung beigezogen. Die UZL-Arten eignen sich für die Auswertung besonders, da es sich um landwirtschaftsrelevante Arten handelt, die schwerpunktmässig auf der landwirtschaftlich genutzten Fläche vorkommen oder von der landwirtschaftlichen Nutzung abhängig sind (BAFU & BLW 2008). Zudem wurden für jeden Betrieb der Shannon-Index und die Evenness (Shannon 1948, Pielou 1966) sowie der Simpson-Index (Simpson 1949) anhand der zusammengefassten Artenliste berechnet. Als Indikatoren für die Tagfalter-Vielfalt wurden schliesslich die folgenden neun Parameter eingesetzt:

- Artenzahl und Abundanz⁶ aller beobachteten Tagfalter
- Artenzahl und Abundanz von Arten der Umweltziele Landwirtschaft
- Artenzahl und Abundanz von Arten der Roten Liste
- Diversitätsindizes: Evenness, Shannon- und Simpson-Index

Für alle statistischen Analysen wurde ein Signifikanzniveau von $\alpha = 0.05$ gewählt. Die Berechnungen wurden mit R (R Development Core Team 2012) durchgeführt. Zu Beginn wurden alle Parameter mit dem Shapiro-Test auf Normalverteilung getestet. Aufgrund vieler nicht-normalverteilter Parameter wurde für die Korrelationsberechnungen durchgehend der Rangkorrelationskoeffizient nach Spearman verwendet. Für nicht-normalverteilte Daten wurde zur Prüfung von Mittelwerten anstelle des t-Tests der Wilcoxon-Rangsummentest verwendet. Für die Berechnung einer einfaktoriellen Varianzanalyse (ANOVA) wurden alle nicht-normalverteilten Daten mit dem dekadischen Logarithmus transformiert.

Anhand einfacher linearer Regressionen wurde der Zusammenhang zwischen der Tagfalter-Vielfalt (bzw. den neun Indikatoren) und den Punktzahlen bzw. den Standortbedingungen analysiert. Für die Regressions-Analysen wurden die Daten ebenfalls mit dem dekadischen Logarithmus transformiert. Um die Regressionsfunktion zu überprüfen, wurden das Bestimmtheitsmass R^2 und der F-Test eingesetzt. Das Bestimmtheitsmass gibt an wie gut die Varianz der Daten durch die Regressionsfunktion erklärt wird. Die F-Statistik überprüft ob das Bestimmtheitsmass nicht zufällig, sondern durch einen tatsächlichen Zusammenhang der Daten entstanden ist (Universität Zürich 2012).

⁶ Mit Abundanz ist jeweils die Summe aller aufgenommenen Individuen gemeint.

4 Ergebnisse

4.1 Tagfalteraufnahme

4.1.1 Nachgewiesene Arten

Auf den untersuchten Flächen konnten insgesamt 45 Arten nachgewiesen werden (Tab. 3). Darunter sind 39 echte Tagfalterarten (Papilionoidea), fünf Dickkopffalterarten (Hesperiidae) und eine Rotwiderchenart (Zygaeninae). Sechs Arten sind in der Roten Liste als potenziell gefährdet (NT) aufgeführt (Wermeille, Chittaro & Gonseth 2014). 22 Arten sind gemäss den Umweltzielen Landwirtschaft für die Subregion 3.3.1 als Ziel- oder Leitarten definiert (Agroscope 2013).

Tab. 3: Nachgewiesene Tagfalterarten und Abundanz im Untersuchungsgebiet sowie deren Gefährdungsstatus (NT=potenziell gefährdet) und Einteilung gemäss den Umweltzielen Landwirtschaft (UZL)

Nachgewiesene Arten	Abundanz total	Abundanz pro Betrieb										Rote Liste Status	UZL
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
<i>Aglais urticae</i>	111		3	35	6	1	12	28	13	10	3	–	
<i>Anthocharis cardamines</i>	16	1	1					2	7	1	4	–	
<i>Aphantopus hyperantus</i>	28		1					13	8	4	2	–	
<i>Aporia crataegi</i>	9	2	1		1		1		2	1	1	NT	Zielart
<i>Araschnia levana</i>	5		1					3		1		–	
<i>Argynnis aglaja</i>	2	1	1									–	Leitart
<i>Argynnis paphia</i>	36	14	1		1		3		14	3		–	
<i>Boloria euphrosyne</i>	4	2	1								1	–	
<i>Boloria titania</i>	2	1	1									–	
<i>Brenthis ino</i>	11	5	5				1					NT	Zielart
<i>Coenonympha pamphilus</i>	191	5	14	9	12	14	10	26	11	19	71	–	
<i>Colias alfacariensis / C. hyale</i>	3					1		2				–	Leitart
<i>Colias crocea</i>	6				1			4	1			–	
<i>Cupido minimus</i>	3	2							1			–	Zielart
<i>Erebia aethiops</i>	37	35									2	–	Zielart
<i>Erebia ligea</i>	6	3							2		1	–	
<i>Erebia medusa</i>	1										1	NT	Leitart
<i>Erebia meolans</i>	39	38									1	–	Zielart
<i>Erebia sp.</i>	2	2										–	
<i>Erynnis tages</i>	8		3						3		2	–	
<i>Gonepteryx rhamni</i>	7		4		3							–	
<i>Hamearis lucina</i>	21	9	4				4		1		3	NT	Zielart
<i>Hesperia comma</i>	6	1		2		1		1		1		–	Leitart
<i>Inachis io</i>	1			1								–	
<i>Lasiommata maera</i>	2	1				1						–	Leitart
<i>Lasiommata megera</i>	3			1				2				–	Leitart

Nachgewiesene Arten	Abundanz total	Abundanz pro Betrieb										Rote Liste Status	UZL
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
<i>Leptidea reali</i> / <i>L. sinapis</i>	4		2		1				1			–	
<i>Lycaena hippothoe euridice</i>	14		2			1			2		9	–	Leitart
<i>Lycaena tityrus</i>	15		6			2		1	3	3		–	Leitart
<i>Maniola jurtina</i>	216	7	74	2	31	6	36	8	20	22	10	–	
<i>Melanargia galathea</i>	99	55	2				25				17	–	Leitart
<i>Melitaea athalia</i>	6						1	2		2	1	–	Zielart
<i>Melitaea diamina</i>	13	3			1		5	1	2		1	NT	Zielart
<i>Ochlodes venata</i>	10		1					3	1	3	2	–	
<i>Pararge aegeria</i>	2		1	1								–	
<i>Pieris bryoniae</i> / <i>P. napi</i>	33	5	6		4	3		6	4	4	1	–	
<i>Pieris rapae</i>	7					1		2	3	1		–	
<i>Polygonia c-album</i>	2	1							1			–	
<i>Polyommatus bellargus</i>	2							1		1		–	Leitart
<i>Polyommatus icarus</i>	52		5		5	8	4	10	9	4	7	–	
<i>Polyommatus semiargus</i>	15		6			1	3	1	3		1	–	Leitart
<i>Satyrium w-album</i>	1	1										–	
<i>Thymelicus lineola</i>	1				1							–	Leitart
<i>Thymelicus sylvestris</i>	37	9	9		3		7		1	2	6	–	Leitart
<i>Vanessa atalanta</i>	2					1					1	–	
<i>Zygaena viciae</i>	1		1									NT	Zielart
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	RL	UZL
Total Individuen	1092	203	156	51	70	41	115	113	113	82	148	56	340
Total Arten	45	22	26	7	13	13	14	18	23	17	23	6	22

Insgesamt konnten auf den Untersuchungsflächen 1092 Individuen beobachtet werden (Tab. 3). Bezüglich Häufigkeit und Stetigkeit (d.h. Anzahl Betriebe mit Nachweis) waren *Maniola jurtina* (216 Individuen auf 10 Betrieben), *Coenonympha pamphilus* (191 Individuen auf 10 Betrieben) und *Aglais urticae* (111 Individuen auf 9 Betrieben) die häufigsten sowie stetigsten Tagfalterarten (vgl. Abb. 9). Gewisse Arten wiesen eine relativ hohe Stetigkeit in Kombination mit einer geringen Häufigkeit auf, wie beispielsweise *Aporia crataegi* (9 Individuen auf 7 Betrieben) und *Hesperia comma* (6 Individuen auf 5 Betrieben). Von 26 der 45 Tagfalterarten wurden weniger als 10 Individuen nachgewiesen. Andere Arten waren relativ häufig in Bezug auf die gesamte Erhebung, kamen aber nur auf wenigen Betrieben vor. *Melanargia galathea* wurde zum Beispiel nur auf vier Betrieben nachgewiesen, ist aber mit 99 Individuen die vierthäufigste Art. Auch *Erebia meolans* und *E. aethiops* zählen mit 39 bzw. 37 Individuen zu den häufigsten Arten, wurden aber nur auf zwei Betrieben gesichtet.

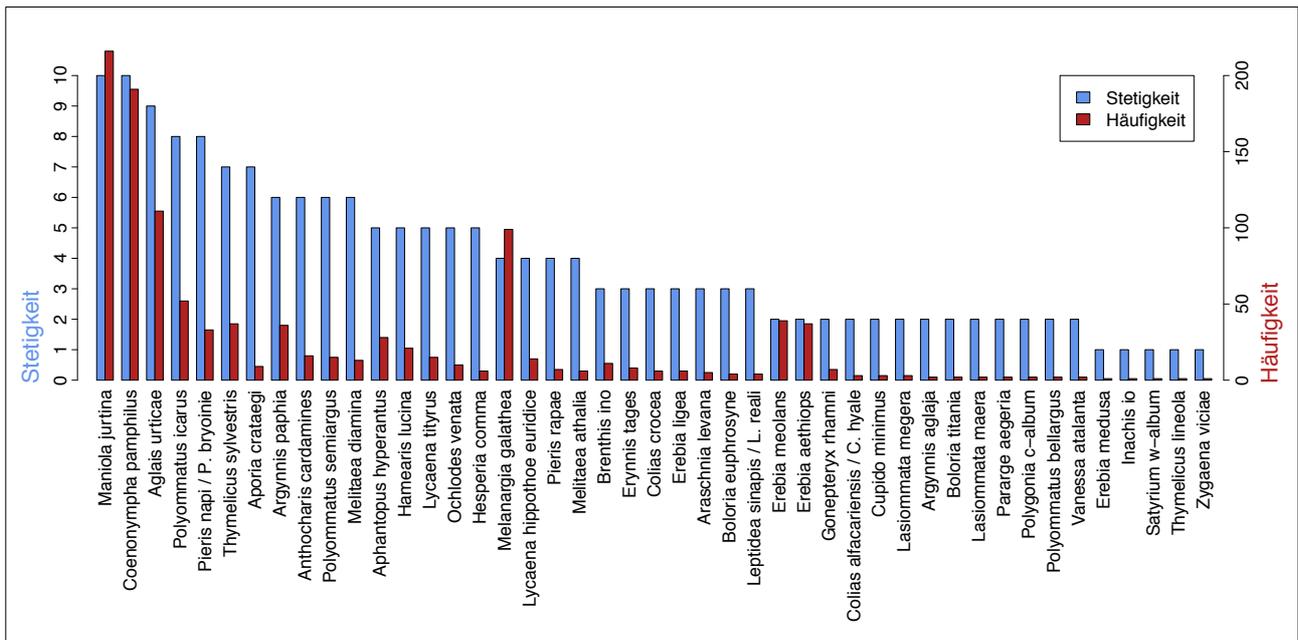


Abb. 9: Stetigkeit (= Anzahl Betriebe mit Nachweis; linke y-Achse) und Häufigkeit (= Anzahl nachgewiesener Individuen; rechte y-Achse) der Tagfalterarten im Vergleich, geordnet nach abnehmender Stetigkeit von links nach rechts

4.1.2 Vergleich zwischen den Betrieben

Durchschnittlich wurden durch die Erhebungen 17.6 Arten (Standardabweichung [sd]=5.9) und 109.2 Individuen (sd=50.4) pro Betrieb nachgewiesen. Die Zahlen variieren zwischen den zehn Betrieben aber relativ stark (vgl. Abb. 10). Betrieb Nr. 2 erwies sich mit 26 verschiedenen Arten als artenreichster Betrieb, gefolgt von den Betrieben Nr. 8 und 10 (je 23 Arten) sowie Nr. 1 (22 Arten). Die geringste Artenzahl wurde auf Betrieb Nr. 3 erhoben (7 Arten). Betrieb Nr. 1 war mit 203 Individuen der individuenreichste Betrieb. Die geringste Abundanz wurden auf Betrieb Nr. 5 (41 Individuen), gefolgt von Betrieb Nr. 3 (51 Individuen) festgestellt. Betriebe mit einer hohen Artenzahl wiesen auch eine höhere Anzahl Individuen auf (Spearman: $p < 0.006$, $\rho = 0.798$), wobei es auch Ausnahmen gab: Die Betriebe Nr. 5 und 6 wiesen beispielsweise fast dieselbe Artenzahl auf (13 bzw. 14), aber auf Betrieb Nr. 6 wurden fast dreimal so viele Individuen beobachtet wie auf Betrieb Nr. 5. Und Betrieb Nr. 1 kommt bezüglich Artenzahl erst an vierter Stelle, obwohl dort mit Abstand die meisten Individuen beobachtet wurden (Abb. 10).

Pro Betrieb wurden durchschnittlich 2.3 Arten der Roten Liste (sd=1.7) und 7.5 Arten der Umweltziele Landwirtschaft (sd=3.1) gesichtet. Der Anteil RL-Arten an der gesamten Artenzahl lag zwischen 0.0 (Betriebe Nr. 3 & 5) und 28.6 Prozent (Nr. 6); der Anteil UZL-Arten zwischen 28.6 (Nr. 3) und 57.1 Prozent (Nr. 6) (Abb. 11). Der Anteil an UZL-Arten korrelierte nicht signifikant mit dem Anteil an RL-Arten ($p = 0.068$). So beherbergte der Betrieb mit dem kleinsten Anteil an RL-Arten den vierthöchsten Anteil an UZL-Arten (Abb. 11). Es ist auch darauf hinzuweisen, dass Betrieb Nr. 6 – der den höchsten Anteil RL- und UZL-Arten aufwies – bezüglich Artenzahl erst an siebter Stelle stand.

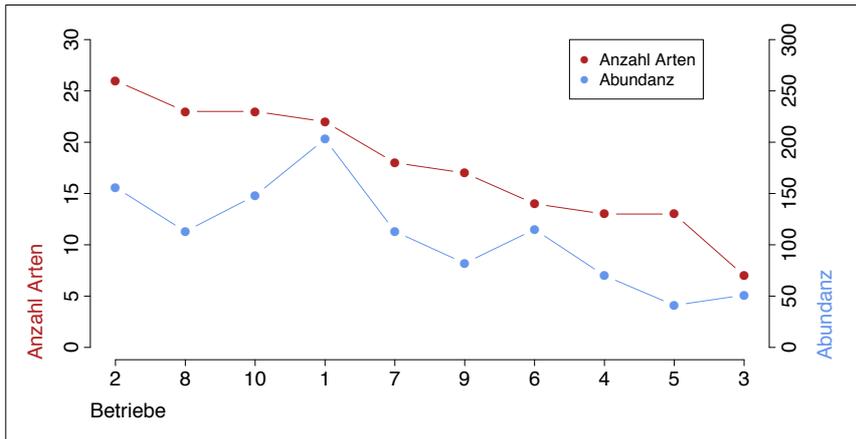


Abb. 10: Anzahl Arten (linke y-Achse) und Abundanz (rechte y-Achse) pro Betrieb, geordnet nach abnehmender Artenzahl

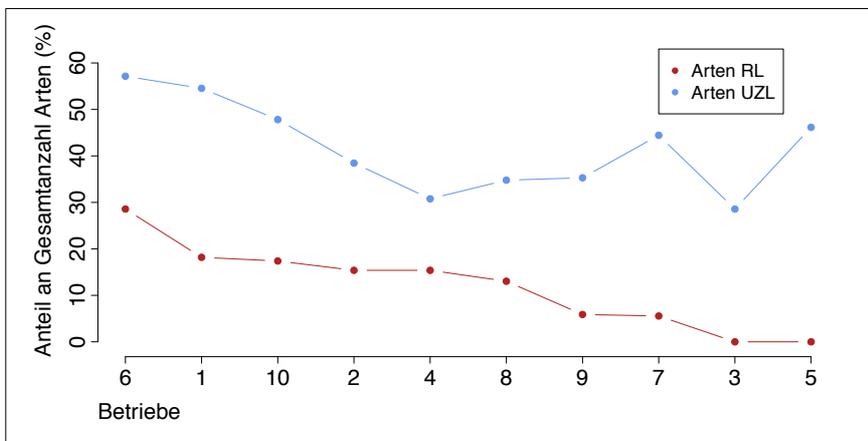


Abb. 11: Anteil Arten der Roten Liste (RL) und der Umweltziele Landwirtschaft (UZL) an der Gesamtanzahl Arten pro Betrieb, geordnet nach abnehmendem RL-Anteil

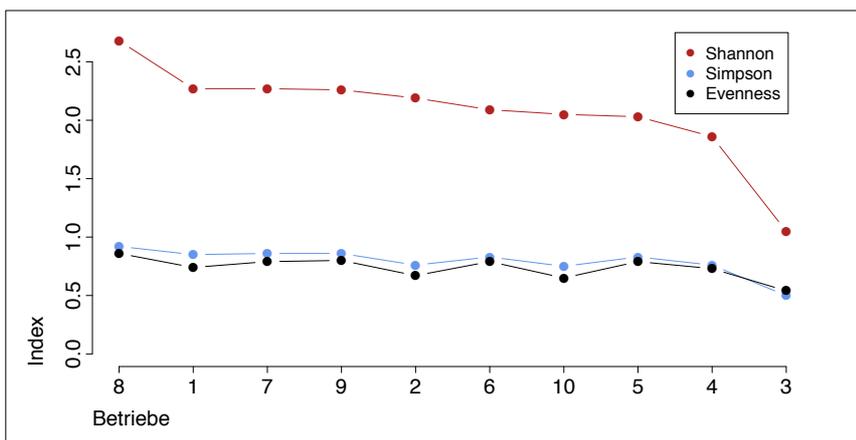


Abb. 12: Shannon- und Simpson-Index sowie Evenness pro Betrieb, geordnet nach abnehmendem Shannon-Index

In Abb. 12 sind die Diversitäts-Indizes der zehn Betriebe im Vergleich dargestellt. Der Shannon-Index bewegte sich im Bereich von 1.05 bis 2.68 (Mittelwert(\bar{x})=2.08), der Simpson-Index von 0.50 bis 0.92 (\bar{x} =0.79) und die Evenness von 0.54 bis 0.86 (\bar{x} =0.74). Betrieb Nr. 8 wies jeweils die höchsten Werte auf und Betrieb Nr. 5 die tiefsten. Dies fällt besonders beim Shannon-Index auf, bei dem sich die

andern acht Betriebe zwischen den Werten 1.86 und 2.27 in einer engen Spanne bewegen, während Nr. 8 mit 2.68 einiges darüber liegt und Nr. 3 mit 1.05 deutlich abfällt (Abb. 12). Auffällig ist auch Betrieb Nr. 2 welcher die höchste Artenzahl aufwies (Abb. 10), bezüglich Shannon-Index aber nur auf Rang 5 zu liegen kommt. Der Shannon-Index korrelierte mit dem Simpson-Index ($p=0.002$) und der Evenness ($p=0.038$) signifikant positiv.

4.1.3 Vergleich der beiden Aufnahmen

Die Aufnahme vom Juni und diejenige vom August 2014 unterschieden sich bezüglich der durchschnittlichen Artenzahl pro Betrieb kaum voneinander. In der ersten Aufnahme wurde ein Mittelwert (\bar{x}) von 10.2 Arten pro Betrieb mit einer Standardabweichung von 3.9 erhoben und in der zweiten 11.0 Arten pro Betrieb ($sd=4.8$). Die zweite Aufnahme erwies sich aber als tendenziell individuenreicher mit durchschnittlich 67.0 Individuen pro Betrieb ($sd=47.6$) im Vergleich zur ersten Aufnahme mit 42.2 Individuen ($sd=30.0$). Der Unterschied ist jedoch nicht signifikant gemäss gepaartem Wilcoxon-Rangsummentest ($p=0.1924$). In der ersten Aufnahme wurden mit $\bar{x}=3.8$ ($sd=3.6$) durchschnittlich zwei Individuen der Roten Liste pro Betrieb mehr festgestellt als in der zweiten ($\bar{x}=1.8$, $sd=3.6$). In der ersten Aufnahme wurden ausserdem auf acht von zehn Betrieben Arten der Roten Liste gesichtet und in der zweiten Aufnahme nur auf drei Betrieben.

Betrachtet man die relative Differenz von der ersten zur zweiten Aufnahme pro Betrieb, so fallen zwei Betriebe mit hohen Differenzen auf: Bei Betrieb Nr. 1 nahm die Anzahl Arten von der ersten zur zweiten Aufnahme um 183.3 Prozent zu und die Abundanz um 766.7 Prozent und bei Betrieb Nr. 4 um 120.0 Prozent (Arten) bzw. um 383.3 Prozent (Individuen). Bei den Betrieben Nr. 7, 8 und 10 wurden in der zweiten Aufnahme hingegen weniger Individuen erhoben als in der ersten, die relativen Differenzen sind mit -55.1 , -5.2 und -57.7 Prozent aber nicht so hoch wie die Zunahmen bei den obengenannten Betrieben (vgl. Abb. 13).

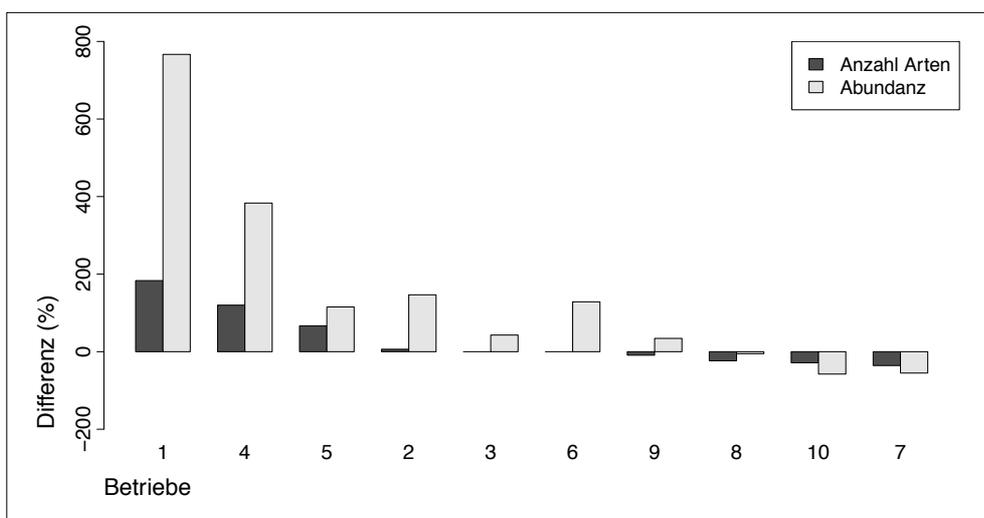


Abb. 13: Relative Differenz (%) der Anzahl Arten und Abundanz von der ersten zur zweiten Aufnahme pro Betrieb, geordnet nach abnehmender Differenz der Artenzahl

4.2 Einfluss der Standortbedingungen

Zwischen mehreren Umweltparametern und den Indikatoren für die Tagfalter-Vielfalt konnte eine positive Korrelation festgestellt werden (Tab. 4).

Tab. 4: Korrelationen zwischen den erhobenen Umweltparametern (Mittelwerte der untersuchten Teilflächen pro Betrieb) und neun Indikatoren für die Tagfalter-Vielfalt. Angegeben ist der Korrelationskoeffizient nach Spearman und das Niveau des p-Wertes ($p < 0.001$: ***, $0.001 < p < 0.01$: **, $0.01 < p < 0.05$: *, $0.05 < p < 0.1$: .). Signifikant positive Korrelationen sind grün markiert. (Abkürzungen: RL=Rote Liste, UZL= Umweltziele Landwirtschaft)

	Artenzahl	Artenzahl UZL	Artenzahl RL	Abundanz	Abundanz UZL	Abundanz RL	Simpson	Shannon	Evenness
Struktursumme	0.92 ***	0.96 ***	0.76 *	0.91 ***	0.84 **	0.77 **	0.29	0.70 *	0.06
> Asthaufen	0.79 **	0.87 **	0.72 *	0.85 **	0.78 **	0.68 *	0.03	0.43	-0.12
> Felsen, Steinblöcke	0.38	0.47	0.34	0.43	0.47	0.47	0.50	0.64 *	0.31
> Offene Bodenstellen	0.58 .	0.40	0.08	0.34	0.26	0.08	0.68 *	0.81 **	0.46
Blühsomme	0.32	0.50	0.61 .	0.65 *	0.68 *	0.67 *	0.00	0.31	-0.10

Die Struktursumme korrelierte hoch signifikant⁷ mit der Anzahl aller Arten und der UZL-Arten sowie der Abundanz und signifikant mit vier weiteren Indikatoren (Tab. 4). Die Regressionsanalyse zeigt den hoch signifikanten Zusammenhang ($R^2=0.87$, $p=0.0001$) zwischen der Struktursumme und der Artenzahl auf: Je höher die durchschnittliche Struktursumme der Flächen eines Betriebes, desto höher war die Artenzahl. Und auch die Abundanz nahm mit steigender Struktursumme sehr signifikant zu ($R^2=0.65$, $p=0.005$) (Abb. 14). Das Strukturelement Asthaufen (bzw. der Anteil Teilflächen pro Betrieb mit Asthaufen) korrelierte signifikant positiv mit sechs Indikatoren der Tagfalter-Vielfalt (Tab. 4). Auch hier lässt sich anhand der Regressionsanalyse ein signifikanter Einfluss von Asthaufen auf Artenzahl ($R^2=0.66$) und Abundanz ($R^2=0.49$) aufzeigen (Abb. 15). Die Strukturelemente Felsen, Steinblöcke und offene Bodenstellen korrelierten ebenfalls mit einem bzw. zwei Indikatoren (Tab. 4). Teilflächen mit offenen Bodenstellen wiesen eine signifikant höhere Frequenz an Arten ($p=0.01$) und Individuen ($p=0.009$, einseitiger Wilcoxon-Rangsummentest) pro Minute auf als Teilflächen ohne offene Bodenstellen (Abb. 16). So wurden auf Flächen mit offenen Bodenstellen durchschnittlich 0.26 Arten pro Minute nachgewiesen im Vergleich zu Flächen ohne offene Bodenstellen mit lediglich 0.21 Arten pro Minute. Zwischen Flächen mit und ohne Felsen und Steinblöcken konnte kein signifikanter Unterschied bezüglich Tagfalterfrequenz festgestellt werden (Artenfrequenz: $p=0.06$, Individuenfrequenz: $p=0.2$, vgl. Anhang 9). Ebenso konnte zwischen weiteren Strukturelementen⁸ und der Tagfalter-Vielfalt kein Zusammenhang aufgezeigt werden.

⁷ Ein p-Wert kleiner oder gleich 0.001 wird als «hoch signifikant» bezeichnet und ein p-Wert kleiner oder gleich 0.01 als «sehr signifikant».

⁸ Steinhaufen, Trockenmauern, Teich/Tümpel und Altheu wurden in die detailliertere Auswertung nicht miteinbezogen, da sie nur auf je einer Teilfläche vorkamen.

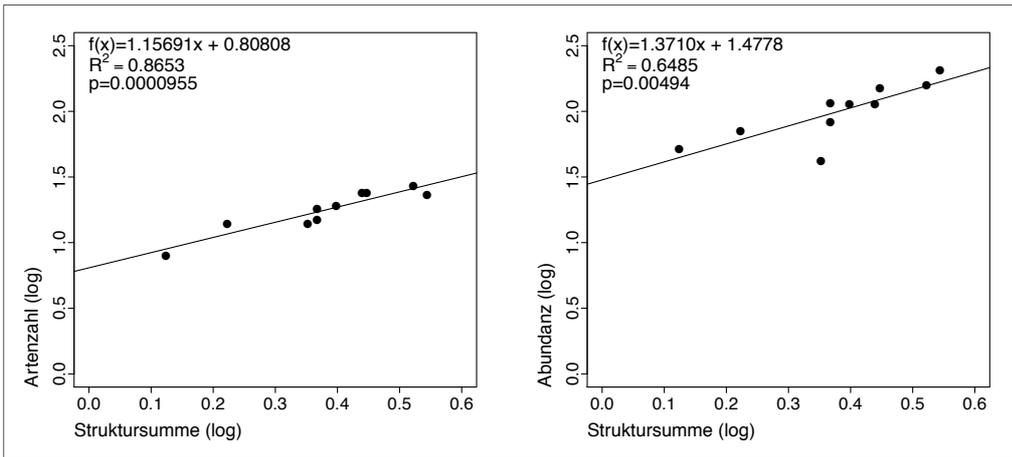


Abb. 14: Einfluss der Struktursumme (Mittelwert der untersuchten Teilflächen pro Betrieb) auf die Artenzahl (linke Grafik) und Abundanz (rechte Grafik). Links oben in den Diagrammflächen sind die Regressionsfunktion ($f(x)$), das Bestimmtheitsmass (R^2) sowie der p-Wert des F-Tests angegeben. Alle Werte wurde mit $\log_{10}(x+1)$ transformiert.

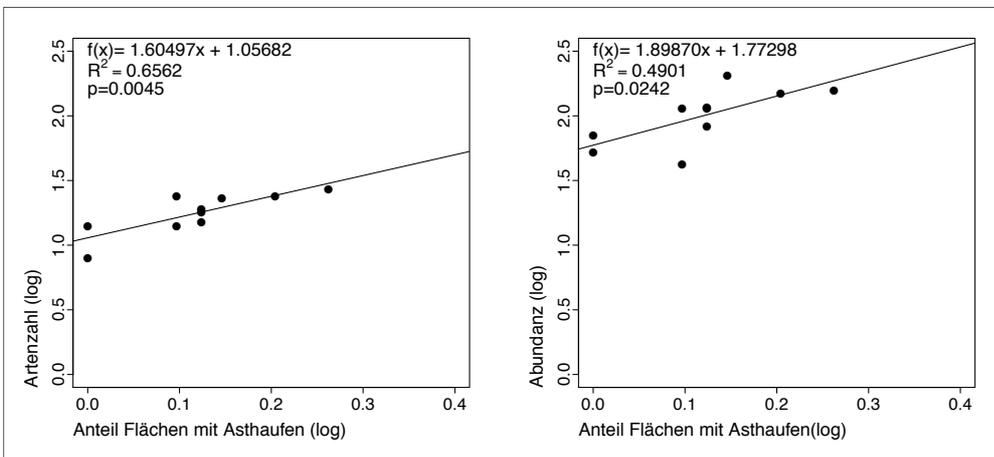


Abb. 15: Einfluss des Anteils Flächen mit Asthaufen auf die Artenzahl (linke Grafik) und Abundanz (rechte Grafik). Links oben in den Diagrammflächen sind die Regressionsfunktion ($f(x)$), das Bestimmtheitsmass (R^2) sowie der p-Wert des F-Tests angegeben. Alle Werte wurden mit $\log_{10}(x+1)$ transformiert.

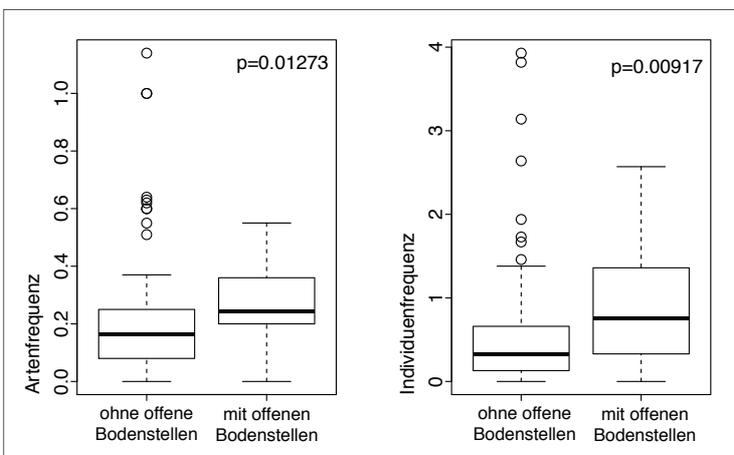


Abb. 16: Teilflächen mit ($n=9$) und ohne ($n=41$) offene Bodenstellen im Vergleich bezüglich der Artenfrequenz (linke Grafik) und Individuenfrequenz (rechte Grafik). Die Tagfalterfrequenz gibt die Anzahl Arten/Individuen pro Minute Kartierdauer an. Sie wurde pro Teilfläche zeitversetzt zweimal erhoben. Innerhalb der Boxen ist der Median dargestellt. Ausreisser sind als Kreise eingezeichnet. Oben rechts sind die p-Werte gemäss einseitigem Wilcoxon-Rangsummentest angegeben.

Die Vegetationshöhe hatte keinen signifikanten Einfluss auf die Tagfalter-Vielfalt. Die Blühsumme korrelierte zwar signifikant positiv mit der Abundanz aller Arten, der RL-Arten und der UZL-Arten (Tab. 4), bei der Regressionsanalyse ergab der F-Test jedoch kein signifikantes Ergebnis ($R^2=0.27$, $p=0.121$) (siehe Anhang 9).

4.3 Einfluss der Flächentypen

Eine Übersicht über den Zusammenhang zwischen den Flächentypen (absolute Fläche pro Betrieb) und den Indikatoren für die Tagfalter-Vielfalt zeigt, dass sowohl negative als auch positive Korrelationen bestehen (Tab. 5). Einzig zwischen dem Flächentyp Hecken mit Saum und den Indikatoren konnte kein signifikanter Zusammenhang festgestellt werden.

Tab. 5: Korrelationen zwischen den Flächentypen (absolute Fläche) und neun Indikatoren für die Tagfalter-Vielfalt. Angegeben ist der Korrelationskoeffizient nach Spearman und das Niveau des p-Wertes ($p<0.001$: ***, $0.001<p<0.01$: **, $0.01<p<0.05$: *, $0.05<p<0.1$: .). Signifikant positive Korrelationen sind grün, signifikant negative rot markiert. (Abkürzungen: RL=Rote Liste, UZL=Umweltziele Landwirtschaft)

	Artenzahl	Artenzahl UZL	Artenzahl RL	Abundanz	Abundanz UZL	Abundanz RL	Simpson	Shannon	Evenness
Fläche extensive Wiese (a)	0.73 *	0.78 **	0.50	0.69 *	0.55 .	0.52	0.30	0.62 .	-0.01
Fläche Streuefläche (a)	0.03	0.47	0.54	0.55	0.70 *	0.67 *	0.14	0.25	0.07
Fläche extensive Weide (a)	0.33	0.33	0.19	0.31	0.35	0.32	0.65 *	0.70 *	0.51
Fläche wenig intensive Wiese (a)	-0.07	-0.02	-0.03	-0.03	-0.11	-0.17	-0.69 *	-0.49	-0.69 *

Ein signifikanter, positiver Zusammenhang trat zwischen der Fläche extensiver Wiesen und der Artenzahl und Abundanz der Tagfalter sowie der Anzahl UZL-Arten auf. Anhand der Regressionsanalyse konnte aufgezeigt werden, dass mit steigender Gesamtfläche der extensiven Wiesen sowohl mehr Arten als auch Individuen auf einem Betrieb vorkamen (Abb. 17).

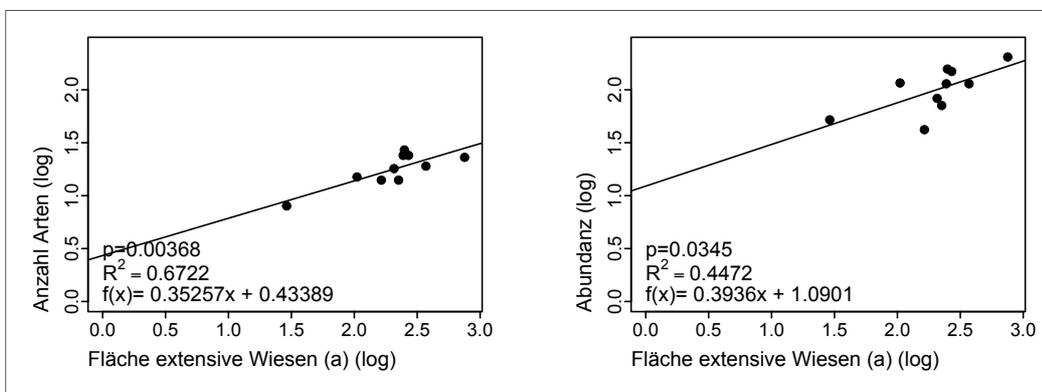


Abb. 17: Einfluss der extensiven Wiese (absolute Fläche in Aren) auf die Anzahl Tagfalter-Arten (linke Grafik) und -Individuen (rechte Grafik). Links unten in den Diagrammflächen sind der p-Wert des F-Tests, das Bestimmtheitsmass (R^2) sowie die Regressionsfunktion ($f(x)$) angegeben. Alle Werte wurden mit $\log_{10}(x+1)$ transformiert.

Die absolute Fläche der Streueflächen korrelierte signifikant mit der Abundanz von RL- und UZL-Arten. Ein signifikanter Einfluss auf die Artenzahl konnte nicht festgestellt werden (Tab. 5). Der Vergleich zwischen Betrieben mit und ohne Streueflächen anhand des Wilcoxon-Rangsummentests zeigte, dass auf Betrieben mit Streueflächen signifikant mehr Individuen der RL ($p=0.03$) und der UZL ($p=0.02$) beobachtet werden konnten als auf Betrieben ohne Streueflächen (Abb. 18).

Eine signifikante, positive Korrelation konnte auch zwischen extensiver Weide und dem Shannon- bzw. Simpson-Index festgestellt werden (Tab. 5). Auch hier ist der Vergleich zwischen untersuchten Betrieben mit und ohne extensiven Weiden mittels des Wilcoxon-Rangsummentests signifikant: Betriebe mit extensiven Weiden wiesen signifikant höhere Shannon- und Simpson-Indizes auf als Betriebe ohne solche Weiden (beide $p=0.03$) (Abb. 20).

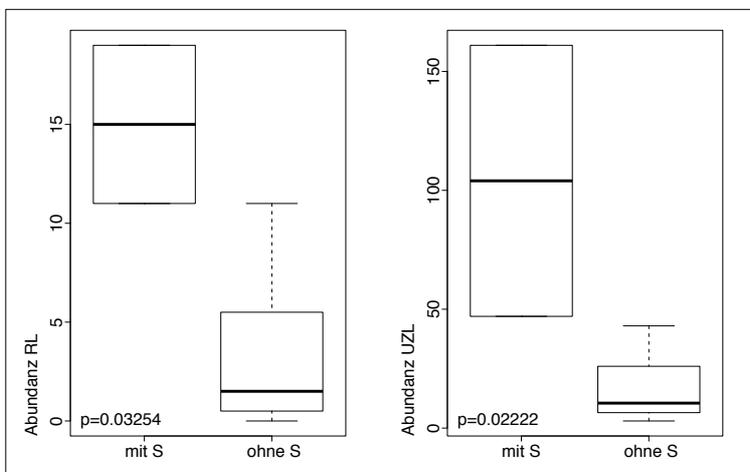


Abb. 18: Abundanz der Arten der Roten Liste (linke Grafik) und der Umweltziele Landwirtschaft (rechte Grafik) im Vergleich zwischen Betrieben mit ($n=2$) und ohne ($n=8$) Streueflächen. Innerhalb der Boxen ist der Median dargestellt. Unten links sind die p-Werte gemäss einseitigem Wilcoxon-Rangsummentest angegeben. (Abkürzungen: S=Streueflächen, RL=Rote Liste, UZL= Umweltziele Landwirtschaft)

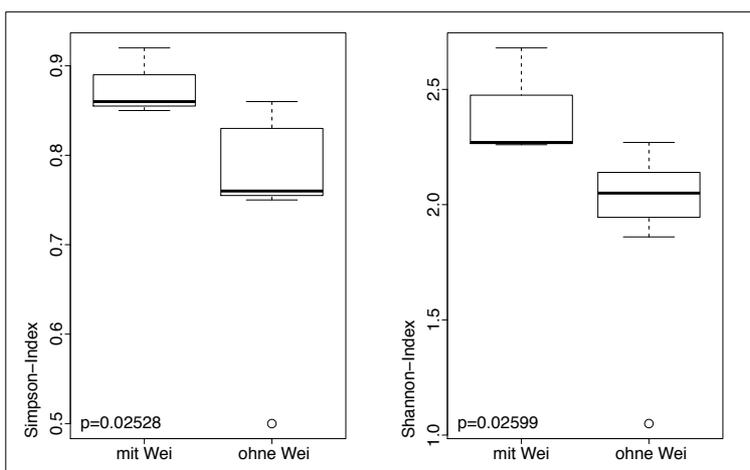


Abb. 19: Simpson-Index (linke Grafik) und Shannon-Index (rechte Grafik) im Vergleich zwischen Betrieben mit ($n=3$) und ohne ($n=7$) extensive Weiden (Wei). Innerhalb der Boxen ist der Median dargestellt. Unten links sind die p-Werte gemäss einseitigem Wilcoxon-Rangsummentest angegeben.

Die Fläche wenig intensiver Wiesen korrelierte signifikant negativ mit dem Simpson-Index und der Evenness (Tab. 5). Mit dem Wilcoxon-Rangsummentest liess sich aber nicht bestätigen, dass Betriebe mit wenig intensiven Wiesen einen signifikant tieferen Simpson-Index oder eine signifikant tiefere Evenness aufwiesen (beide $p=0.9$).

Betrachtet man die Arten- und Individuenfrequenzen aller untersuchten Teilflächen, so betragen die Höchstwerte auf einer gegebenen Teilfläche 1.14 Arten pro Minute (Hecke mit Saum, Betrieb Nr. 4, Fläche Nr. 4.05) und 3.93 Individuen pro Minute (Streufläche, Betrieb Nr. 1, Fläche Nr. 1.08). Auf 14 Teilflächen konnte während der Erhebungen kein einziges Individuum beobachtet werden. Die Streuflächen wiesen mit durchschnittlich 0.37 Arten und 1.56 Individuen pro Minute die höchsten Mittelwerte bezüglich Arten- und Individuenfrequenzen unter den Flächentypen auf. Am geringsten war die mittlere Artenfrequenz in den wenig intensiven Wiesen (0.14 Arten pro Minute) und die mittlere Individuenfrequenz in den Hecken mit Saum (0.50 Individuen pro Minute). Anhand der einfaktoriellen Varianzanalyse konnte bezüglich Artenfrequenz kein Unterschied zwischen den Flächentypen festgestellt werden. Streuflächen wiesen aber eine signifikant höhere Individuenfrequenz auf als extensive Wiesen und Hecken mit Saum (Abb. 20)⁹.

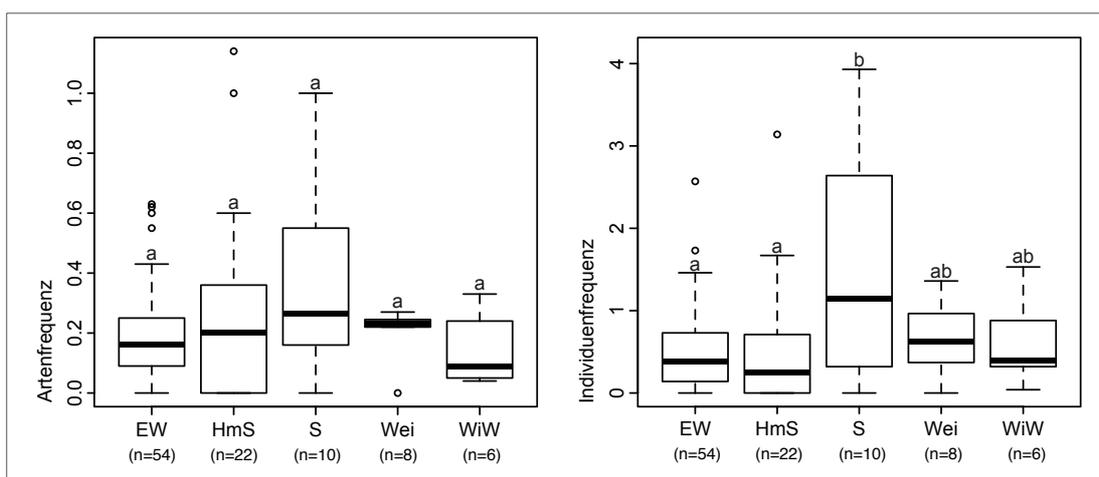


Abb. 20: Artenfrequenz (linke Grafik) und Individuenfrequenz (rechte Grafik) von Tagfalterimagines im Vergleich zwischen Flächentypen. Die Tagfalterfrequenz gibt die Anzahl Arten/Individuen pro Minute Kartierdauer an und wurde pro Teilfläche zeitversetzt zweimal erhoben. Innerhalb der Boxen ist der Median dargestellt. Ausreisser sind als Kreise eingezeichnet. Mit denselben Kleinbuchstaben markierte Boxen unterscheiden sich gemäss einfaktorieller Varianzanalyse nicht signifikant voneinander ($\alpha = 0.05$). (Abkürzungen: EW = Extensive Wiese, HmS = Hecke mit Saum, S = Streufläche, Wei = Extensive Weide, WiW = Wenig intensive Wiese)

⁹ Mit dem Mittelwert ist hier jeweils das arithmetische Mittel gemeint (sofern nicht explizit etwas anderes erwähnt wird), während in den Boxplot-Diagrammen in Abb. 20 der Median eingezeichnet ist.

4.4 Punktesystem «Mit Vielfalt punkten»

4.4.1 Punktzahlen der Betriebe

Im Durchschnitt wurden pro Betrieb gemäss der angepassten Berechnung (vgl. Kapitel 3.3) 20.7 Punkte (sd=10.0) nach MVP erreicht. Davon entfielen durchschnittlich 19.3 Punkte (sd=9.5) auf den Bereich «Biodiversität». Die Spannweite der Gesamtpunktzahlen reicht von 6.5 bis 39.0 (Abb. 21). Die meisten Punkte wurden in der Kategorie «Ökologischer Ausgleich» erreicht, nämlich durchschnittlich 12.3 (sd=8.3). In der Kategorie «Spezielle Massnahmen» wurden hingegen nur 0.6 Punkte (sd=1.1) erzielt (Abb. 22). Sieben Betriebe erreichten in dieser Kategorie gar keine Punkte, während in den Kategorien «Grünland» alle Betriebe Punkte erlangten und in den Kategorien «Nutzung» und «Ökologischer Ausgleich» nur je ein Betrieb keine Punkte bekam. Für die Kategorie «Offene Ackerfläche» konnte keinem der Betriebe Punkte angerechnet werden.

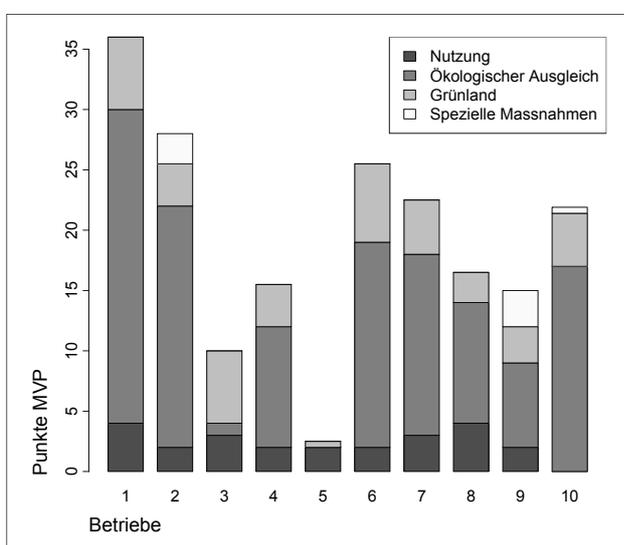


Abb. 21: Punkte pro Betrieb im Punktesystem «Mit Vielfalt punkten»

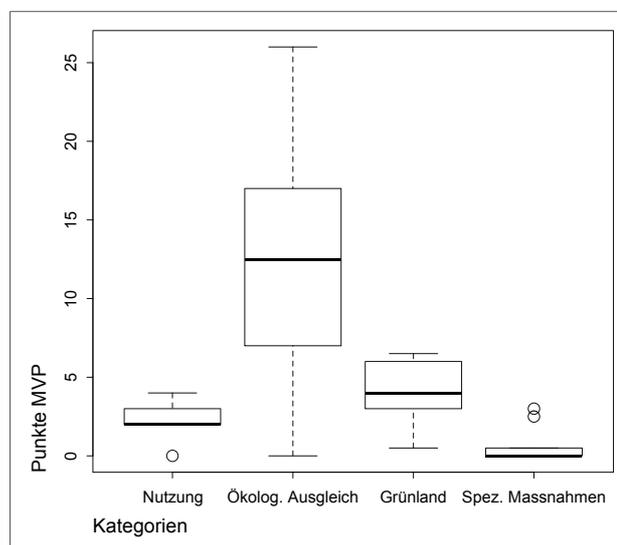


Abb. 22: Punkte pro Kategorie im Punktesystem «Mit Vielfalt punkten» (n=10)

4.4.2 Einfluss Punktzahlen auf Tagfalter-Vielfalt

Sowohl die totale Punktzahl als auch die Teilpunktzahl im Bereich «Biodiversität» korrelierten signifikant positiv mit der Artenzahl und hoch signifikant mit der Abundanz. Auch mit der Anzahl und Abundanz der RL- und UZL-Arten besteht eine sehr signifikante, positive Korrelation. Ein Zusammenhang mit den Diversitätsindizes konnte hingegen nicht beobachtet werden (Tab. 6). Anhand der Regressionsanalyse konnte aufgezeigt werden, dass mit zunehmender Gesamtpunktzahl «Biodiversität» signifikant mehr Arten der Roten Liste sowie mehr Individuen (insgesamt, RL-Arten und UZL-Arten) auf den Betrieben beobachtet werden konnten (Abb. 23). Ein signifikanter Einfluss der Gesamtpunktzahl «Biodiversität» auf die Gesamtartenzahl und die Anzahl UZL-Arten konnte anhand der Regression nicht bestätigt werden. In Tab. 6 sind die Korrelationen zwischen den Punktzahlen der

in Kapitel 2.1 beschriebenen Einheiten des Punktesystems und den neun Indikatoren für die Tagfalter-Vielfalt zusammengestellt.

Tab. 6: Korrelationen zwischen den Punktzahlen im Punktesystems «Mit Vielfalt punkten» und neun Indikatoren für die Tagfalter-Vielfalt. Angegeben ist der Korrelationskoeffizient nach Spearman und das Niveau des p-Wertes ($p < 0.001$: ***, $0.001 < p < 0.01$: **, $0.01 < p < 0.05$: *, $0.05 < p < 0.1$: .). Signifikant positive Korrelationen sind grün, signifikant negative rot markiert. (Abkürzungen: RL=Rote Liste, UZL= Umweltziele Landwirtschaft, I=Intensives Grünland, E=Extensives Grünland, LN=Landwirtschaftliche Nutzfläche)

	Artenzahl	Artenzahl UZL	Artenzahl RL	Abundanz	Abundanz UZL	Abundanz RL	Simpson	Shannon	Evenness
Total	0.68 *	0.83 **	0.82 **	0.94 ***	0.83 **	0.87 **	0.16	0.56 .	-0.08
Biodiversität	0.66 *	0.83 **	0.85 **	0.94 ***	0.85 **	0.90 ***	0.14	0.53	-0.08
Nutzung	0.02	0.04	-0.15	0.07	0.03	0.03	0.50	0.53	0.29
Nutzungsparzellen (Ø Fläche)	0.33	0.09	-0.11	0.00	0.01	-0.11	0.67 *	0.66 *	0.55 .
Nutzungstypen (mind. 8% der LN)	-0.44	-0.18	-0.08	-0.03	-0.07	0.08	-0.31	-0.34	-0.34
Ökologischer Ausgleich	0.69 *	0.87 **	0.91 ***	0.97 ***	0.87 **	0.93 ***	0.00	0.43	-0.21
Ökologische Ausgleichsflächen (öAF)	0.72 *	0.79 **	0.67 *	0.75 *	0.73 *	0.68 *	0.39	0.71 *	0.16
öAF mit Qualität	0.52	0.72 *	0.84 **	0.84 **	0.79 **	0.82 **	-0.15	0.18	-0.24
Grossflächige öAF mit Qualität (mind. 25 a)	0.55	0.76 *	0.83 **	0.86 **	0.81 **	0.81 **	-0.12	0.24	-0.23
öAF mit Strukturvielfalt (mind. 5% Kleinstrukturen)	0.44	0.60 .	0.31	0.61 .	0.45	0.44	0.24	0.52	-0.08
Räumliche Verteilung der öAF	0.43	0.36	0.39	0.48	0.32	0.52	0.33	0.55 .	0.09
Grünland	-0.13	0.22	0.35	0.42	0.38	0.39	-0.31	-0.10	-0.43
Einsatz Balkenmäher (E)	0.04	0.17	0.23	0.31	0.05	0.29	-0.64	-0.32	-0.82 **
Verzicht Mähauflbereiter (E)	0.06	0.22	0.26	0.33	0.10	0.28	-0.67	-0.34	-0.85 **
Gestaffelte Wiesennutzung (E)	0.03	0.45	0.39	0.50	0.63 .	0.50	0.31	0.39	0.17
Verzicht Silage (I)	-0.02	-0.08	0.22	0.00	0.08	0.10	0.10	-0.02	0.24
Einsatz Balkenmäher (I)	-0.13	-0.23	-0.12	-0.05	-0.07	-0.11	0.03	0.07	0.05
Spezielle Massnahmen	0.47	0.22	0.23	0.28	0.13	0.14	-0.09	0.08	-0.08
Aufgewerteter Waldrand	0.47	0.22	0.23	0.28	0.13	0.14	-0.09	0.08	-0.08
Massnahmen Zielarten	0.35	0.04	0.09	0.17	0.00	0.09	0.09	0.17	0.09

Während zwischen der Kategorie «Spezielle Massnahmen» und der Tagfalter-Vielfalt kein signifikanter Zusammenhang gefunden wurde, erwies sich die Kategorie «Ökologischer Ausgleich» als signifikant positiv korreliert mit der Artenzahl und hochsignifikant mit der Abundanz. Zudem besteht eine sehr signifikante Korrelation mit der Anzahl und Abundanz der RL- und UZL-Arten (Tab. 6). Der Einfluss der Punkte im Bereich «Ökologischer Ausgleich» auf die Tagfalter-Vielfalt konnte bei allen sechs Indikatoren, welche eine signifikante Korrelation aufwiesen, auch durch eine Regressionsanalyse bestätigt werden: Die Regression zeigt, dass mit steigender Punktzahl im Bereich «Ökologischer Ausgleich» auch die Anzahl Arten und Individuen (total, der RL und der UZL) stieg. Das Bestimmtheitsmass liegt zwischen 0.48 und 0.86 (Abb. 24).

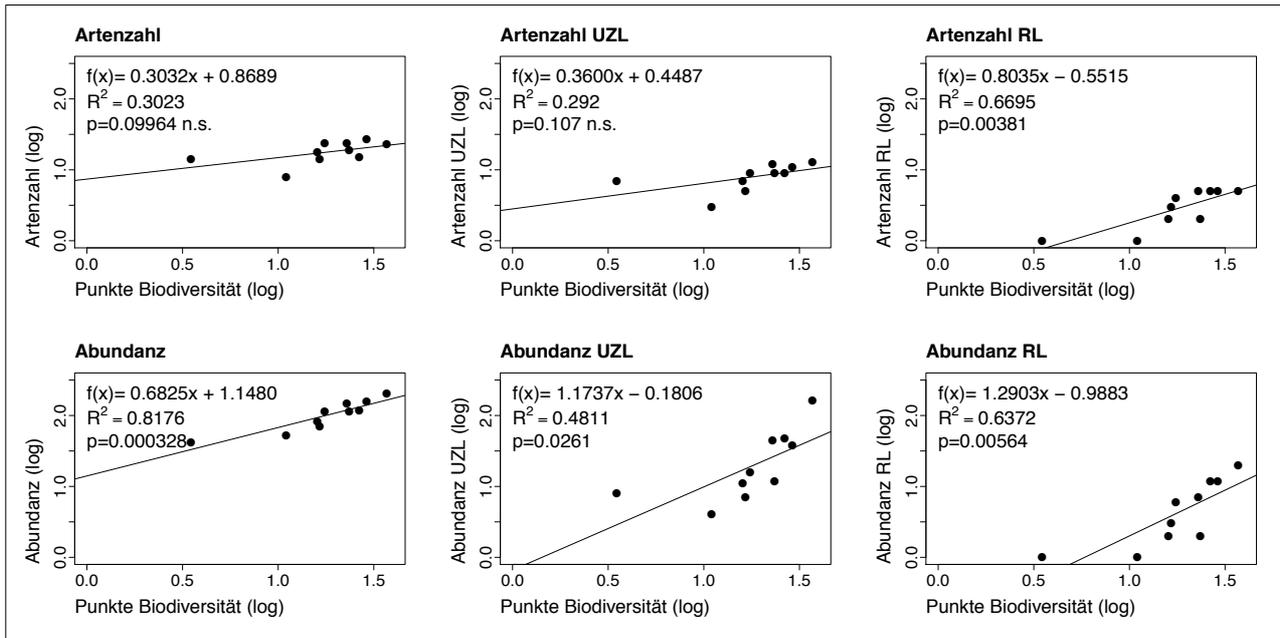


Abb. 23: Einfluss des Bereichs «Biodiversität» des Punktesystems «Mit Vielfalt punkten» auf die Tagfalter-Artenzahl (obere Zeile) und -Abundanz (untere Zeile) der Arten insgesamt, der Rote Liste-Arten (RL) und der Umweltziele Landwirtschafts-Arten (UZL). Links oben in den Diagrammflächen sind die Regressionsfunktion ($f(x)$), das Bestimmtheitsmass (R^2) sowie der p-Wert des F-Tests angegeben. Alle Werte wurden mit $\log_{10}(x+1)$ transformiert.

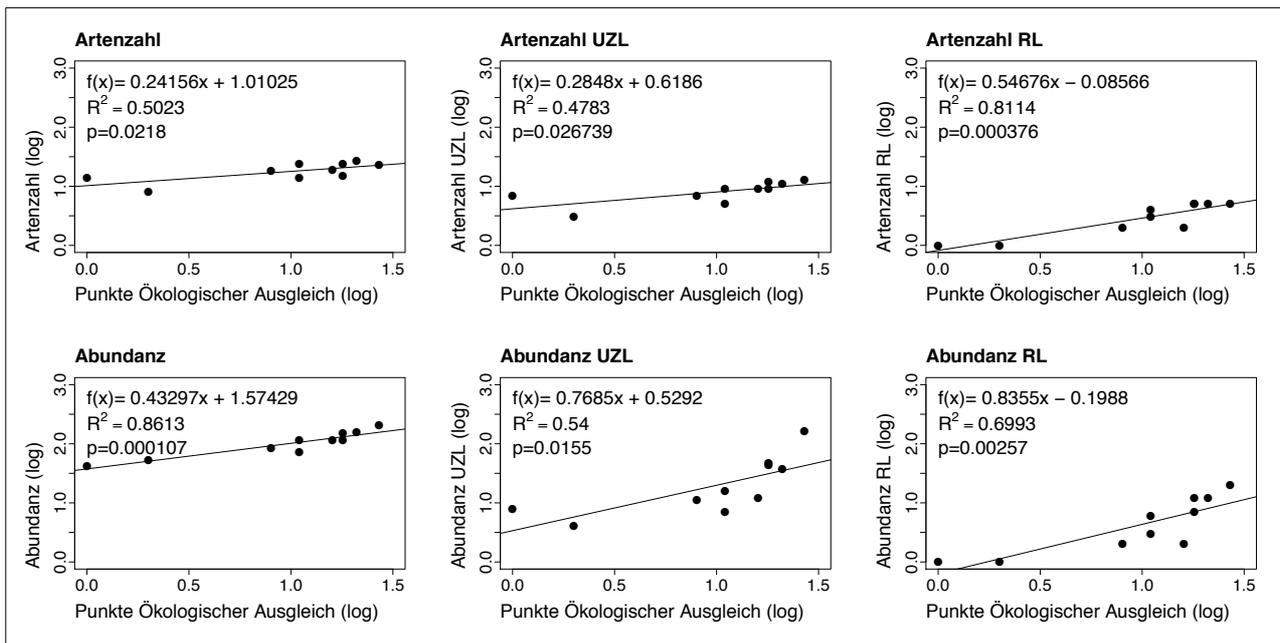


Abb. 24: Einfluss der Kategorie «Ökologischer Ausgleich» des Punktesystems «Mit Vielfalt punkten» auf die Tagfalter-Artenzahl (obere Zeile) und -Abundanz (untere Zeile) der Arten insgesamt, der Rote Liste-Arten (RL) und der Umweltziele Landwirtschafts-Arten (UZL). Links oben in den Diagrammflächen sind die Regressionsfunktion ($f(x)$), das Bestimmtheitsmass (R^2) sowie der p-Wert des F-Tests angegeben. Alle Werte wurden mit $\log_{10}(x+1)$ transformiert.

Die Unterkategorien «Ökologische Ausgleichsflächen», «öAF mit Qualität» und «Grossflächige öAF mit Qualität» korrelierten ebenfalls signifikant positiv mit fünf bzw. sieben Indikatoren der Tagfalter-Vielfalt (Tab. 6). Die Regressionsanalysen ergaben alle einen signifikanten Einfluss der Punktzahlen in den drei Unterkategorien auf die Indikatoren (Anhang 9). Einzig ein signifikanter Einfluss der

Unterkategorien «öAF mit Qualität» auf die Anzahl UZL-Arten konnte anhand der Regressionsanalyse nicht bestätigt werden. Zwischen den Unterkategorien «öAF mit Strukturvielfalt» bzw. «Räumliche Verteilung der öAF» und der Tagfalter-Vielfalt konnte kein Zusammenhang nachgewiesen werden.

Innerhalb der Kategorie «Nutzung» korrelierte die Unterkategorie «Nutzungsparzellen» signifikant positiv mit dem Simpson- und dem Shannon-Index (Tab. 6). Da nur zwei Betriebe in dieser Unterkategorie Punkte erlangten, wurde der Unterschied zwischen Betrieben mit und ohne Punkten in dieser Unterkategorie anhand des einseitigen Wilcoxon-Rangsummentests untersucht. Dabei wiesen die beiden Betriebe mit Punkten in der Unterkategorie «Nutzungsparzellen» signifikant höhere Shannon- und Simpson-Indizes auf (beide $p=0.03$, Anhang 9).

Die einzigen signifikant negativen Korrelationen zwischen Punktzahl und Tagfalter-Vielfalt ergaben sich innerhalb der Kategorie «Grünland» zwischen den Unterkategorien «Einsatz Balkenmäher» bzw. «Verzicht Mähaufbereiter» im extensiven Grünland und der Evenness (Tab. 6). Die Regressionsanalyse zeigt, dass die Evenness mit zunehmender Punktzahl für den Einsatz von Balkenmähern und den Verzicht auf Mähaufbereiter im extensiven Grünland abnahm (Abb. 25).

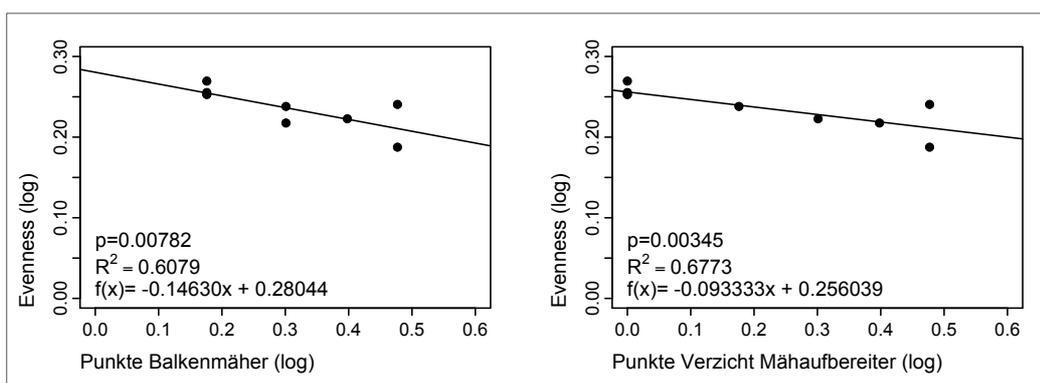


Abb. 25: Einfluss der Kategorien «Einsatz Balkenmäher» (linke Grafik) und «Verzicht Mähaufbereiter» (rechte Grafik) des Punktesystems «Mit Vielfalt punkten» auf die Evenness der Tagfalterpopulationen. Unten links in den Diagrammflächen sind die Regressionsfunktion ($f(x)$), das Bestimmtheitsmass (R^2) sowie der p-Wert des F-Tests angegeben. Alle Werte wurden mit $\log_{10}(x+1)$ transformiert.

5 Diskussion

5.1 Tagfalterfauna im Untersuchungsgebiet

Mit insgesamt 45 nachgewiesenen Tagfalterarten auf allen Untersuchungsflächen ist das Untersuchungsgebiet, verglichen mit den Informationen zur geografischen Verbreitung der Tagfalter, die vom Schweizer Zentrum für die Kartografie der Fauna (CSCF) zusammengetragen werden (CSCF 2013), als durchschnittlich artenreich einzustufen. Die durch die vorliegende Arbeit nachgewiesenen Arten stellen etwas weniger als die Hälfte (45.5%) aller Tagfalterarten dar, welche bisher vom CSCF auf dem Gebiet der vier untersuchten Gemeinden beschrieben wurden (total 99 Arten). Werden nur die 81 Arten berücksichtigt, die innerhalb der letzten 10 Jahren noch beobachtet wurden, steigt dieser Anteil auf 55.6 Prozent (CSCF 2013).

Pro Betrieb ist das Artenspektrum aber deutlich tiefer: In der Gemeinde Escholzmatt-Marbach wurden pro Betrieb durchschnittlich nur 27.2 Prozent der 73 Arten, die in dieser Gemeinde gemäss CSCF potenziell vorkommen, erhoben. Auf dem Betrieb in der Gemeinde Entlebuch sind es 31.5 Prozent von 73 Arten und in Flüfli 22.9 Prozent von 96 Arten. Etwas höher liegt der Betrieb in Schüpfheim mit 40.6 Prozent; hier umfasst das potenzielle Spektrum aber lediglich 32 Arten (CSCF 2013). Die mittlere Artenzahl liegt auf den Betrieben mit 17.6 Arten deutlich unter dem vom Biodiversitätsmonitoring erhobenen Mittelwert von 38.3 Arten für Aufnahmeflächen in der Alpennordflanke und knapp unter dem Wert von 18.8 Arten im Mittelland (Altermatt et al. 2008, vgl. Abb. 2). Die Aufnahmen des Biodiversitätsmonitorings sind aber mit einer Untersuchungsfläche von einem Quadratkilometer und sieben Begehungen entlang eines 2.5 km langen Transekts auch deutlich umfangreicher als die Aufnahmen der vorliegenden Untersuchung. Die erhobene Artenliste ist deshalb auch nicht als abschliessend zu verstehen, sondern muss im Verhältnis zur aufgewandten Kartierdauer betrachtet werden. Aus diesem Grund und auch aufgrund einiger methodischer Vorbehalte (vgl. Kapitel 5.4) ist davon auszugehen, dass das tatsächliche Artenspektrum auf den untersuchten Betrieben grösser ist als das erhobene.

Dennoch ist der mässige Artenreichtum auf den Betrieben im Vergleich mit der generellen Artenvielfalt der Alpennordflanke nicht völlig überraschend. So bestehen im Entlebuch nur geringe Vorkommen von Trockenwiesen und -weiden, welche für Tagfalter äusserst bedeutende Lebensräume sind (Huwyler, Plattner & Roth 2012). Denn Wiesen und Weiden an Trockenstandorten bieten für mehr als 90 Prozent der im Grasland vorkommenden Tagfalter (170 Arten) ein geeignetes Raupenhabitat, während sich an frischen bzw. feuchten Standorten nur rund 41 bzw. 26 Prozent dieser Arten fortpflanzen können (Schneider & Walter 2001). Die im Jahr 2000 durchgeführten Kartierungen der Trockenwiesen und -weiden (TWW) zeigten auf, dass im Kanton Luzern die Dichte an TWW-Objekten im Vergleich zu anderen Kantonen relativ gering ist. Einerseits weil die naturräumlichen Gegebenheiten für

Trockenvegetation kaum gegeben sind und andererseits weil die landwirtschaftlichen Flächen verbreitet intensiv genutzt werden. Abgesehen von den höheren Lagen in Sörenberg und Flühli kommen im Entlebuch nur einzelne, isolierte TWW-Objekte vor (Dipner-Gerber et al. 2001). Diese Gegebenheiten konnten während der Feldarbeit zur vorliegenden Arbeit ebenfalls beobachtet werden. Entsprechend lagen die untersuchten extensiven Wiesen und Weiden meist an frischen Standorten und keine der Untersuchungsflächen wies ausgesprochene Trockenvegetation auf. Die nachgewiesenen Tagfalterarten spiegeln dieses geringe Vorkommen trockener Lebensräume wieder: Nur drei beobachtete Arten sind bezüglich ihres Lebensraumes als ausschliesslich xerothermophil – d.h. wärmebedürftige, vorzugsweise trockenwarme Plätze besiedelnde Arten – einzuteilen (Settele, Feldmann & Reinhardt 1999). Dies sind *Erynnis tages*, *Cupido minimus* und *Polyommatus bellargus*. Diese Tagfalterarten kamen zudem meist nur vereinzelt vor. *Melitaea athalia* und *M. diamina* weisen ebenfalls eine Vorliebe für xerothermophile Lebensräumen auf, kommen aber auch in feuchteren Biotopen vor. Der Grossteil der erhobenen Tagfalterarten sind mesophile Arten oder Ubiquisten (d.h. Arten die in vielen verschiedenen Lebensräumen vorkommen können) (vgl. Anhang 10).

Auch die vier Arten mit der höchsten Stetigkeit in der vorliegenden Untersuchung, sind Ubiquisten (*Maniola jurtina*, *Coenonympha pamphilus*, *Aglais urticae*, *Polyommatus icarus*). Bei Arten, die ebenfalls eine hohe Stetigkeit aufwiesen, aber nur mit geringer Häufigkeit vorkamen, wie beispielsweise *Aporia crataegi*, könnte ein möglicher Grund dafür sein, dass diese Arten verschiedenen Biotope bewohnen können, gleichzeitig aber in eher niedrigen Populationsdichten auftreten. Im Fall von *A. crataegi* beträgt die Populationsdichte ein Individuum pro ha (Settele, Feldmann & Reinhardt 1999, Anhang 10). Umgekehrt können Arten wie *Erebia meolans*, die nur auf wenigen der untersuchten Betrieben vorkamen, dort aber mit grösserer Abundanz beobachtet wurden, vermutlich in höheren Populationsdichten auftreten (bei *E. meolans* bis 64 Individuen pro ha). Gleichzeitig sind sie aber auf ein spezifisches Raupen- oder Imaginalhabitat angewiesen, das sie nicht auf jedem Betrieb vorfinden (Settele, Feldmann & Reinhardt 1999, Anhang 10).

Im Untersuchungsgebiet konnten sechs Arten (13.3% aller erhobenen Arten) nachgewiesen werden, welche auf der Roten Liste der Tagfalter (Wermeille, Chittaro & Gonseth 2014) aufgeführt sind. Alle sechs Arten werden der Kategorie «potenziell gefährdet» zugeteilt. Dies ist in Anbetracht der Tatsache, dass ein Drittel aller einheimischen Tagfalterarten als gefährdet eingestuft wird, eine relativ geringe Anzahl (Wermeille, Chittaro & Gonseth 2014). Die im Untersuchungsgebiet vorkommenden *Brenthis ino*, *Melitaea diamina* und *Zygaena viciae* werden als potenziell gefährdet betrachtet, weil ein Teil ihrer Populationen an Feuchtgebiete der mittleren und tiefen Lagen gebunden sind und diese Lebensräume in der Schweiz gefährdet sind (Wermeille, Chittaro & Gonseth 2014). *Aporia crataegi* und *Hamearis lucina* sind potenziell gefährdet, da sie nicht häufig sind und nur lokal in einigen Regionen der Schweiz vorkommen. Im Gegensatz dazu ist *Erebia medusa* in der Schweiz noch relativ häufig anzutreffen, wegen zunehmender Veränderungen in der Grünlandbewirtschaftung (Aufgabe bzw. Intensivierung) und Überbauung sonniger Hänge jedoch ebenfalls potenziell bedroht. Der Nachweis von *Erebia medusa* im Untersuchungsgebiet (Abb. 26) ist besonders erwähnenswert, da diese Art in der Gemeinde

Entlebuch zuvor 1974 das letzte Mal nachgewiesen wurde (CSCF 2013). Unter den 45 Tagfalterarten sind mit *Erebia meolans* und *Zygaena viciae* auch zwei Vertreter der national prioritären Arten zu finden (beide mit mässiger nationaler Priorität bezüglich Arterhaltung und -förderung und geringer internationaler Verantwortung der Schweiz) (BAFU 2011).



Abb. 26: Nachweis von *Erebia medusa* auf einer extensiven Wiese von Betrieb Nr. 10 in der Gemeinde Entlebuch

Ein Vergleich der erhobenen Artenliste mit den Ziel- und Leitarten von Vernetzungsprojekten in den untersuchten Gemeinden zeigt auf, dass sieben von neun dieser Ziel- und Leitarten (bzw. Artenkomplexe) durch die vorliegende Arbeit nachgewiesen werden konnten (Tab. 7, Knaus 2012). Lediglich *Colias palaeno* sowie *Boloria aquilonaris* – beides Ziel- oder Leitarten der Gemeinden Entlebuch und Flühli – wurden nicht beobachtet. *C. palaeno* wurde bereits während Feldüberprüfungen in den Jahren 2011 und 2012 in den beiden Gemeinden nicht aufgefunden, während *B. aquilonaris* nur in der Gemeinde Entlebuch nachgewiesen werden konnte (vgl. Knaus 2012). Der Grund für die Abwesenheit von *C. palaeno* und *B. aquilonaris* in der vorliegenden Untersuchung ist vermutlich der Lebensraumsanspruch dieser Arten: Beide sind auf Hochmoorgebiete angewiesen (Bühler-Cortesi 2012). Diese waren jedoch nicht Teil des Untersuchungsgebietes da Hochmoore meist nicht zur landwirtschaftlichen Nutzfläche gehören. Die Auswahl der beiden Arten als Ziel- oder Leitarten für landwirtschaftliche Vernetzungsprojekte ist aber in Kombination mit Schutzmassnahmen in den Hochmooren selbst dennoch sinnvoll: Da beide Arten blütenreiche Flächen am Rande von Hochmooren besuchen um Nektar zu saugen, kann durch eine extensive landwirtschaftlichen Bewirtschaftung der Heuwiesen um Hochmoorgebiete das Nahrungsangebot für die Falter erhalten werden (Schweizerischer Bund für Naturschutz 1994).

Ein auffälliger Unterschied zwischen der vorliegenden Arbeit und den Feldüberprüfungen 2011/12 besteht bei der Abundanz der Zygaeninae. Diese wurden in der vorliegenden Untersuchung mit nur einem Individuum auffallend selten beobachtet, im Vergleich zu den 149 Individuen, welche 2011/12 nachgewiesen wurden (Tab. 7). Die Ursache für diesen Unterschied ist nicht klar. Da Zygaeninae durch

ihren schwirrenden, träge wirkenden Flug besonders auffallen (Schweizerischer Bund für Naturschutz 1994), sind sie bei der Feldarbeit kaum zu übersehen. Möglicherweise ist der Unterschied auf interannuelle Schwankungen – wie sie bei vielen Tagfalterarten vorkommen (z.B. Settele, Feldmann & Reinhardt 1999, Schweizerischer Bund für Naturschutz 1994) – zurückzuführen.

Tab. 7: Die Ziel- und Leitarten der Vernetzungsprojekte der Gemeinden Entlebuch, Escholzmatt-Marbach, Flühli und Schüpfeim sowie deren Vorkommen während einer Feldüberprüfung 2011/12 (vgl. Knaus 2012) und in der vorliegenden Erhebung im Jahr 2014

Wissenschaftliche Bezeichnung	Deutsche Bezeichnung	Vorkommen 2011/12 (Anzahl Individuen)	Vorkommen 2014 (Anzahl Individuen)
<i>Anthocharis cardamines</i>	Aurorafalter	19	16
<i>Aporia crataegi</i>	Baumweissling	52	9
Zygaeninae	Rotwiderchen (Artengruppe)	149	1
<i>Polygonia c-album</i>	C-Falter	11	2
<i>Polyommatus icarus</i>	Hauhechel-Bläuling	132	52
<i>Colias palaeno</i>	Hochmoorgelbling	2	–
<i>Boloria aquilonaris</i>	Hochmoor-Perlmutterfalter	2	–
Argynnini und Melitaeini	Perlmutter- und Schreckenfaller (Artengruppe)	645	74
<i>Melanargia galathea</i>	Schachtbrett	309	99

In einem nahegelegenen Gebiet in Stalden (Kanton Obwalden, rund 20 km vom Untersuchungsgebiet entfernt) wurde 2010 ebenfalls im Grünland der unteren Bergregion (600 bis 1200 m. ü. M.) eine ähnliche Tagfalter-Untersuchung wie die vorliegende durchgeführt (Heinzelmann, Lüscher & Walter 2014). Während einer Kartierdauer von insgesamt 1710 Minuten – welche mit den 1800 Minuten der vorliegenden Arbeit vergleichbar ist – wurden auf den 20 untersuchten Betrieben 35 Tagfalterarten und 595 Individuen nachgewiesen. Artenzahl und Abundanz liegen damit deutlich tiefer als in dieser Arbeit (45 Arten und 1092 Individuen). was aber vermutlich auf den methodischen Ansatz zurückzuführen ist. Einerseits wurden in der Arbeit von Heinzelmann, Lüscher & Walter nicht ausschliesslich BFF begangen sondern auch nährstoffreiche Wiesen, andererseits wurde die Transektmethode angewandt, mit welcher sich meist weniger Arten und Individuen pro Zeiteinheit entdecken lassen als durch das freie Absuchen der Flächen (vgl. Kapitel 3.2.1). Die fünf häufigsten Arten in Stalden (*Maniola jurtina*, *Coenonympha pamphilus*, *Polyommatus icarus*, *Aphantopus hyperantus* und *Lycaena tityrus*) zählten auch in der vorliegenden Arbeit zu den 15 häufigsten und auch bei den Arten der Rote Liste gibt es mit *Melitaea diamina* und *Brenthis ino* Übereinstimmungen zwischen den beiden Erhebungen. In Stalden wurden von der Roten Liste ausserdem *Pyrgus malvae*, *Maculinea arion* und *Boloria aquilonaris* gesichtet. Diese Arten wurden in der vorliegenden Arbeit nicht nachgewiesen, obschon sie im Untersuchungsgebiet grundsätzlich vorkommen (CSCF 2014). Der Grund für das fehlende Auftreten von *Boloria aquilonaris* wurde in diesem Kapitel bereits diskutiert. Das von *Pyrgus malvae* bewohnte Habitat (lückig bewachsene Magerwiesen und -weiden) sowie der Lebensraum der Wirtsameisen, auf welche die Raupen von *Maculinea arion* angewiesen sind (südliche Abhänge mit lückigem bzw. kurzem Grasbewuchs), waren im Untersuchungsgebiet im Entlebuch kaum anzutreffen, worauf das Fehlen dieser Arten vermutlich zurückzuführen ist.

Die zehn untersuchten Betriebe unterscheiden sich bezüglich Anzahl nachgewiesener Arten und Individuen relativ stark. Pro Betrieb wurden zwischen 7 und 26 Arten sowie zwischen 41 und 203 Individuen erhoben. Diese grossen Unterschieden sind unter anderem darauf zurückzuführen, dass die Gesamtfläche extensiver Wiesen pro Betrieb zwischen 28 und 752 Aren variierte und mit steigender Gesamtfläche der extensiven Wiesen sowohl mehr Arten als auch Individuen auf einem Betrieb vorkommen, wie in Kapitel 4.3 aufgezeigt wurde. Sowohl Artenzahl und Abundanz als auch Shannon- und Simpson-Index der Betriebe korrelieren signifikant positiv miteinander. Bei den Anteilen an UZL- und RL-Arten war dies hingegen nicht der Fall. Ausserdem waren die Anteile an RL-Arten deutlich tiefer (0.0–28.6%) als die Anteile an UZL-Arten (28.6–57.1%). Die vorliegende Untersuchung bestätigt damit, dass RL-Arten nur vereinzelt vom ökologischen Ausgleich profitieren und zur Förderung bedrohter Arten weitergehende Massnahmen erforderlich sind (Herzog & Walter 2005). Erfreulich ist hingegen, dass auf allen Betrieben ein gewisser Anteil der UZL-Arten nachgewiesen werden konnte.

Die beiden Aufnahmen vom Juni und August 2014 unterscheiden sich bezüglich der durchschnittlichen Artenzahl pro Betrieb kaum voneinander. Während der zweiten Aufnahme wurden jedoch tendenziell mehr Individuen pro Betrieb nachgewiesen, wenn auch die statistische Signifikanz nicht bestätigt werden konnte. Da die erste Aufnahmeperiode noch vor dem frühesten Schnittzeitpunkt der BFF lag, wies die Vegetation auf den Untersuchungsflächen einen einigermaßen einheitlichen Entwicklungsstand auf. Die Gräser waren bereits mehrheitlich im Stadium der Blüte. In der zweiten Aufnahmeperiode bot sich ein deutlich heterogenes Bild, obwohl die von den Bewirtschaftern geplanten und wahrgenommenen Schnitttermine bei der Wahl der Begehungsdaten berücksichtigt wurden, indem die Begehungen nicht kurz nach einem Schnitt durchgeführt wurden. Während einige Flächen noch nicht geschnitten worden waren und die Gräser des ersten Aufwuchses dort bereits abstarben, waren viele Flächen im Wiederaufwuchs nach dem ersten oder zweiten Schnitt. Entsprechend war das Blütenangebot bei der zweiten Aufnahme tiefer, was auch die mittlere Blühsumme der Betriebe (Mittelwert aller untersuchten Teilflächen) bestätigt, welche von 6.49 auf 4.25 abnahm (Anhang 12). Vor diesem Hintergrund ist es verwunderlich, dass – trotz des kleineren Angebotes an Nektarquellen – in der zweiten Aufnahme insgesamt eine höhere Tagfalter-Abundanz beobachtet wurde als in der ersten Aufnahme (Kapitel 4.1.3). Betrachtet man die relative Differenz von der ersten zur zweiten Aufnahme pro Betrieb, so fällt insbesondere Betrieb Nr. 1 mit einer Zunahme der Abundanz um 767 Prozent von 21 Individuen bei der ersten Aufnahme auf 182 Individuen bei der zweiten Aufnahme ins Gewicht (Abb. 13). Der Grund für diesen Unterschied waren die Witterungsbedingungen während der ersten Aufnahme am 5. Juli 2014 (Anhang 6). Die mittlere Temperatur von 15 °C – welche deutlich unter dem Mittel aller Begehungen von 21.4 °C lag – und der Bewölkungsanteil von 25 Prozent sind vermutlich eine Begründung dafür, dass die Flugaktivität der Imagines bei dieser Aufnahme eingeschränkt war. Aufgrund bestehender methodischer Vorbehalte gegenüber der Erhebung des Blütenangebotes (vgl. Kapitel 5.4) ist es ausserdem denkbar, dass die Blühsumme das tatsächliche Blütenangebot während den Aufnahmen nicht ausreichend widerspiegelt. Im Gegensatz zu der allgemein höheren Tagfalter-Abundanz, wurden in der zweiten Aufnahme mit 18 Individuen deutlich weniger Individuen der RL

beobachtet als in der ersten Aufnahme (38 Individuen). Dies liegt insbesondere daran, dass die am häufigsten nachgewiesene RL-Art *Hamearis lucina* (auch «Frühlings-Scheckenfalter»), nur sehr früh im Jahr als Imago auftritt und dementsprechend alle Individuen in der ersten Aufnahmeperiode beobachtet wurden (Bühler-Cortesi 2012).

5.2 Einflussfaktoren auf die Tagfalter-Vielfalt

5.2.1 Standortbedingungen

Von den drei erhobenen Standortbedingungen (Vegetationshöhe, Blühsumme, Struktursumme) war ausschliesslich die Struktursumme sowohl mit der Artenzahl als auch mit der Abundanz der erhobenen Tagfalter hoch signifikant korreliert. Durch die Regressionsanalyse konnte bestätigt werden, dass mit zunehmender mittlerer Struktursumme der Untersuchungsflächen pro Betriebe auch die Artenzahl und die Abundanz der nachgewiesenen Tagfalter anstiegen. Der Zusammenhang zwischen Struktursumme und Artenzahl ist mit einem Bestimmtheitsmass (R^2) von 0.87 besonders deutlich, da ab einem R^2 von 0.26 von einem grossen Effekt ausgegangen werden kann (Cohen 1992 in Universität Zürich 2012). Grundsätzlich ist dieses Ergebnis einleuchtend, da viele Tagfalterarten auf ein Mosaik von Lebensräumen angewiesen sind, um ihren gesamten Entwicklungszyklus vom Ei zum Imago vollenden zu können (Wermeille, Chittaro & Gonseth 2014) und dieses Mosaik durch eine hohe Strukturvielfalt in den BFF verbessert wird. Dennoch steht das Ergebnis im Gegensatz zu einer Untersuchung in TWW-Flächen im Kanton Baselland (Schneider & Walter 2001). Hier wurde beim Vergleich eines Strukturwertes – berechnet aus dem Vorkommen zoologisch wichtiger Strukturelemente wie z.B. Vernässungen, vegetationsfreie Bodenstellen oder Hecken – mit der Anzahl Tagfalterarten keine signifikante Korrelation festgestellt. Vermutlich ist entscheidend, welche Arten von Strukturen erfasst werden und ob diese für Tagfalter relevant sind.

Die nähere Betrachtung der verschiedenen Typen von erhobenen Strukturelementen zeigte, dass in erster Linie das Vorkommen von Asthaufen einen Einfluss auf die Tagfalter-Vielfalt hat und mit einem zunehmenden Anteil an Flächen mit Asthaufen auf einem Betrieb, eine signifikant höhere Artenzahl und Abundanz an Tagfaltern nachgewiesenen werden konnte. Verschiedene Überlegungen führen zu möglichen Erklärungen für diesen Zusammenhang. Es wäre denkbar, dass Arten wie *Lasiommata megera*, die gerne mit offenen Flügeln auf Steinen oder an Mauern sitzen (Schweizerischer Bund für Naturschutz 1994), auch Asthaufen als Ort zum Ruhen nutzen und diese deshalb häufiger von Tagfalterimagines frequentiert werden. Im konkreten Fall von *L. megera* wurde in der vorliegenden Arbeit jedoch kein häufigeres Vorkommen auf Flächen mit Asthaufen beobachtet. Eine weitere Überlegung ist, dass beim Mähen die direkt an den Asthaufen grenzende Vegetation nicht entfernt wird, da die Asthaufen ein Hindernis darstellen. Diese könnte dann, ähnlich einem Altgrasstreifen, nach der Mahd als Rückzugs- und Schonraum dienen sowie Nahrungsressourcen oder Eiablagesubstrat bieten (Gigon, Rocker & Walter 2010) und somit einen positiven Einfluss auf die lokalen Tagfalterpopulationen

haben. Eine Art die durch das partielle Stehenlassen von Gras um die Asthaufen profitiert haben könnte ist *Anthocharis cardamines*, deren Puppen in solchen Altgrasstreifen überwintern können (Bühler-Cortesi 2012) und die in 14 von 16 Fällen auf Flächen mit Asthaufen beobachtet wurde. Ein indirekter Zusammenhang zwischen Asthaufen und der Tagfalter-Vielfalt könnte zudem darin bestehen, dass ein hoher Anteil an Biodiversitätsförderflächen mit Asthaufen eher auf extensiv bewirtschafteten Betrieben vorkommt, deren Bewirtschafter sich Gedanken zur Förderung der Biodiversität machen und entsprechend umsichtig mit dieser umgehen.

Ein weiteres Strukturelement, dessen positiver Einfluss auf die Tagfalter-Vielfalt nachgewiesen werden konnte, sind offene Bodenstellen. Teilflächen mit offenen Bodenstellen wiesen eine signifikant höhere Arten- und Individuenfrequenz auf als Teilflächen ohne offene Bodenstellen. Auf insgesamt 9 von 50 Teilflächen wurden offene Bodenstellen dokumentiert. Tagfalterarten, die häufiger auf Teilflächen mit offenen Bodenstellen anzutreffen waren, sind unter anderem *Aphantopus hyperantus* (19 von 28 Beobachtungen), *Ochlodes venata* (6 von 10) und *Erynnis tages* (5 von 8), wobei keine Art exklusiv auf Teilflächen mit offenen Bodenstellen nachgewiesen wurde. Am häufigsten wies der Flächentyp extensive Weide (mit drei der vier untersuchten Teilflächen) offene Bodenstellen auf. Diese werden vermutlich durch den Tritt des Weideviehs geschaffen und gehören zu der Vielfalt an weidetypischen Strukturen welche die Lebensraumvielfalt und damit das Potenzial für eine hohe Artenvielfalt durchaus verbessern können (Schmid, Wiedemeier & Stäubli 2001). Im vorliegenden Fall hatten die offenen Bodenstellen aber keinen positiven Einfluss auf die Vielfalt sondern auf die Frequenz der Tagfalter. Da extensive Weiden per se keine höhere Tagfalterfrequenz aufwiesen als andere Flächentypen (vgl. Kapitel 4.3 und Abb. 20) und sich auch aufgrund der oben genannten häufiger vorgekommen Tagfalterarten kein eindeutiger Schluss ziehen lässt, findet sich keine abschliessende Erklärung dafür weshalb Teilflächen mit offenen Bodenstellen eine höhere Tagfalterfrequenz aufweisen.

Die ermittelte Blühsumme korrelierte zwar signifikant positiv mit allen Abundanzwerten, bei der anschliessend durchgeführten Regressionsanalyse konnte der Zusammenhang jedoch nicht signifikant bestätigt werden (Anhang 9). Auch bei Tasser (2014), welcher in fünf Untersuchungsgebieten im Alpenraum (u.a. im Entlebuch) das Blütenangebot nach einer sehr ähnlichen Methode wie in der vorliegenden Arbeit anhand der Blütenfarben erhob, ergab sich kein signifikanter Zusammenhang zwischen dem Blütenangebot und den erhobenen Tagfalter-Abundanzen. Im Gegensatz dazu belegen jedoch verschiedene Studien den Zusammenhang zwischen der Gefässpflanzen- und der Tagfalteranzahl (Koch et al. 2013, Pearman & Weber 2007, Panzer & Schwartz 1998) und auch in der Untersuchung von Tasser (2014) korrelierte die Tagfalter-Abundanz mit der Pflanzenartenzahl. In Anbetracht dessen, ist es wahrscheinlich, dass die Blühsumme nicht in der Lage ist, die Vielfalt der für die vorkommenden Tagfalterarten relevanten Nektarpflanzen abzubilden. Verschiedene Vorbehalte gegenüber der Methode mit welcher die Blühsumme ermittelt wurde, stützen diese Annahme (vgl. Kapitel 5.4). Weiter ist es auch denkbar, dass die Vielfalt der Blütenfarben die tatsächliche Pflanzenvielfalt einer Grünfläche nicht widerspiegelt, wobei Tasser (2014) zwischen dem Blütenangebot und der Pflanzenartenzahl einen signifikanten Zusammenhang nachweisen konnte.

Weiter konnte in der vorliegenden Arbeit kein Zusammenhang zwischen der mittleren Vegetationshöhe und der Tagfalter-Vielfalt beobachtet werden. Während eine geringe Vegetationshöhe in der ersten Aufnahmeperiode auf einen mageren bzw. feuchten Standort hinwies, zeigte sie in der zweiten Aufnahmeperiode eher auf, dass das Datum des letzten Schnittes nicht lange zurücklag. Entsprechend ist es nicht überraschend, dass kein Zusammenhang mit der Tagfalter-Vielfalt bestand.

5.2.2 Flächentypen

Zwischen den absoluten Flächen an extensiven Wiesen, Streueflächen sowie extensiven Weiden pro Betrieb und verschiedenen Indikatoren der Tagfalter-Vielfalt, konnten jeweils positive Korrelationen aufgezeigt werden. Bei den extensiven Wiesen bestätigt die Regressionsanalyse, dass mit steigender Gesamtfläche der extensiven Wiesen auf einem Betrieb sowohl mehr Arten als auch Individuen vorkamen. Insbesondere beim Zusammenhang zwischen der Gesamtfläche an extensiven Wiesen und der Artenzahl weist das Bestimmtheitsmass ($R^2=0.67$) auf eine relativ starke Beziehung hin. Eine hohe Gesamtfläche an extensiven Wiesen lässt entweder auf einen sehr grossen Betrieb schliessen, bei dem der Mindestanteil an BFF zur Erfüllung des ökologischen Leistungsnachweises (Schweizerischer Bundesrat 2013) eine grosse Fläche umfasst oder auf einen Betrieb der freiwillig einen hohen Anteil an BFF angelegt hat. Die steigende Artenzahl bei zunehmender Arealfläche entspricht dem Konzept der Arten-Areal-Beziehung und ist unter anderem darauf zurückzuführen, dass grössere Areale grössere Zielorte für eine Besiedelung darstellen und die vorhandenen Populationen ein geringeres Aussterberisiko tragen. Im Fall der Tagfalter spielen sowohl die Fläche selbst als auch die Habitatdiversität eine grosse Rolle (Townsend et al. 2009). Obwohl es sich bei den extensiven Wiesen nicht um isolierte Inseln im herkömmlichen Sinne handelt, stellen sie innerhalb der landwirtschaftlichen Nutzfläche – gemeinsam mit den anderen BFF – eine Art «Inseln extensiver Nutzung» dar. Und da die extensiven Wiesen auf den Betrieben durchschnittlich rund 63 Prozent der BFF ausmachen, ist von einem grossen Einfluss dieses Flächentyps auf die Resultate auszugehen. Es darf jedoch nicht angenommen werden, dass eine grosse absolute Fläche an extensiven Wiesen zwangsläufig einen hohen Anteil dieses Flächentyps an den BFF bedeutet. Auf einem Betrieb mit grossen extensiven Wiesen sind die anderen Flächentypen möglicherweise ebenfalls gross. Auf Betrieben mit grosser Gesamtfläche wurde also nicht generell mehr Kartieraufwand in den extensiven Wiesen geleistet als auf Betrieben mit kleiner absoluter Fläche, da die Kartierdauer aufgrund des Anteils an den BFF festgelegt wurde und nicht anhand der absoluten Fläche.

Im Gegensatz zu den extensiven Wiesen, die auf allen zehn Betrieben vorhanden waren, hatten nur zwei Betriebe Streueflächen angelegt. Folglich lagen nicht genügend Daten für eine Regressionsanalyse vor und es wurde stattdessen zwischen Betrieben mit und ohne diesen Flächentyp verglichen. Dabei zeigte sich, dass Betriebe mit Streueflächen mehr Individuen der Roten Liste-Arten und der Umweltziele Landwirtschafts-Arten beherbergen als Betriebe ohne. Somit stellen Betriebe mit Streueflächen einen wichtigen Lebensraum für (potenziell) gefährdete sowie landwirtschaftsrelevante Tagfalterarten dar. Obwohl Wiesen auf feuchten Standorten nicht so artenreich sind wie solche

auf trockenen (Schneider & Walter 2001), ist in Feuchtgebieten der Anteil an gefährdeten Arten höher (Wermeille, Chittaro & Gonseth 2014). Dies spiegelt sich in den vorliegenden Resultaten in der höheren Abundanz der RL-Arten auf Betrieben mit Streueflächen wieder. Da der Schnitt dieser frühestens ab dem 1. September erfolgen darf (vgl. Kapitel 3.1.3), waren die Streueflächen bei der zweiten Aufnahme noch nicht geschnitten. Durch den späten Schnitt werden in der Vegetation befindliche Entwicklungsstadien (Eigelege, Raupen, Puppen) geschont und geeignete Eiablagestellen, Nektar- und Futterpflanzen sowie Schutz- und Raststellen erhalten (Huemer 1996). Es ist denkbar, dass dies ein Grund für die höhere Abundanz der RL- und UZL-Arten auf Betrieben mit Streueflächen sein könnte.

Auch für extensive Weiden konnte keine Regressionsanalyse durchgeführt werden, da sie nur auf drei Betrieben vorhanden waren. Der Vergleich zwischen Betrieben mit und ohne extensive Weiden zeigte auf, dass Betriebe mit extensiven Weiden einen signifikant höheren Shannon- und Simpson-Index, sprich eine höhere Tagfalterdiversität, aufweisen. Weil durch extensive Beweidung vielfältigere Lebensraumstrukturierungen entstehen als mit den heutigen Mähetechniken, können extensive Weiden bei vergleichbarer Krautschicht eine grössere Tagfalter-Vielfalt beherbergen als Schnittwiesen (Wermeille, Chittaro & Gonseth 2014). Gemäss Fartmann (2006) sind die Artenzahlen und Individuendichten der Tagfalterfauna – entsprechend dem Grundprinzip der Intermediate Disturbance Hypothesis (Connell 1978) – bei einer mittleren Störungs- bzw. Nutzungsintensität am höchsten. Während die Mahd einen sehr gravierenden Eingriff in die Struktur einer Wiese darstellt, bei dem die gesamte Pflanzendecke schlagartig entfernt wird und mikroklimatisch völlig neue Bedingungen geschaffen werden, entspricht die extensive Beweidung mit geringem Tierbesatz auf grosser Fläche eher einer mittleren Störungsintensität bei der die Pflanzendecke selektiv entfernt wird (Huemer & Tarmann 2001). Neben der vielfältigeren Lebensraumstrukturierung und der mittleren Störungsintensität lässt sich die höhere Tagfalterdiversität auf Betrieben mit extensiven Weiden möglicherweise auch aufgrund der Vielfalt verschiedener Flächentypen auf einem Betrieb erklären. Die verschiedenen BFF-Typen unterscheiden sich gemäss Herzog & Walter (2005) zwar nicht bezüglich der Artenzahl, weisen aber unterschiedliche Artenzusammensetzungen auf. Entsprechend kann auf einem Betrieb durch das Vorkommen verschiedener Flächentypen eine grössere Artenzahl vorhanden sein. Viele der untersuchten Betriebe wiesen nur extensive Wiesen und – flächenmässig kaum ins Gewicht fallende – Hecken mit Saum auf. Durch die Ergänzung mit extensiven Weiden, nehmen der Shannon- sowie der Simpson-Index auf den Betrieben zu, weil einerseits die verschiedenen Artenzusammensetzungen der Flächentypen zu einer grösseren Gesamtartenzahl führen und andererseits die Abundanz einzelner, in einem Flächentyp häufig auftretender, Tagfalterarten weniger stark ins Gewicht fällt.

Bei den Hecken mit Saum konnte kein Zusammenhang mit der Tagfalter-Vielfalt aufgezeigt werden. Dies lässt sich dadurch erklären, dass dieser Flächentyp auf den Betrieben nur einen kleinen Anteil der BFF ausmachte (im Schnitt 7.5 Prozent). Aufgrund der kurzen Kartierdauer in den Hecken mit Saum ist daher von einem geringen Einfluss dieses Flächentyps auf die Resultate auszugehen.

Weiter liess sich nicht statistisch signifikant bestätigen, dass Betriebe mit wenig intensiven Wiesen einen tieferen Simpson-Index und eine tiefere Evenness aufweisen als Betriebe ohne diesen Flächentyp. Da wenig intensive Wiesen nur auf zwei Betrieben vorkamen, führte vermutlich die kleine Stichprobe zu diesem nicht signifikanten Ergebnis. Bei der Feldarbeit hinterliessen die wenig intensiven Wiesen den Eindruck von eher monotonen, strukturarmen Lebensräumen, welche meist an relativ gut zu bewirtschaftenden Standorten lagen (Abb. 27). Viele Tagfalterarten des Grünlandes ernähren sich im Raupenstadium von Pflanzen, die ausgesprochene Magerkeitszeiger sind (Schweizerischer Bund für Naturschutz 1994). Diese werden auf den wenig intensiven Wiesen aufgrund der in begrenztem Masse erlaubten Düngung (vgl. Kapitel 3.1.3) nicht begünstigt. Eine geringere Tagfalter-Vielfalt auf Betrieben mit wenig intensiven Wiesen ist folglich nicht auszuschliessen, auch wenn dies hier nicht signifikant aufgezeigt werden konnte.



Abb. 27: Zwei Untersuchungsflächen des Flächentyps «Wenig intensive Wiese»

Da in den einzelnen Flächentypen, aufgrund ihres unterschiedlichen Anteils an den gesamten BFF unterschiedlich viel Zeit für die Kartierungen investiert wurde, lassen sich die Artenzahlen und Abundanzen nicht direkt miteinander vergleichen. Ein Vergleich wurde deshalb basierend auf der Frequenz gemacht, d.h. anhand der pro Minute erhobenen Anzahl Arten und Individuen. Dabei konnte aufgezeigt werden, dass die durchschnittliche Individuenfrequenz in den Streueflächen signifikant höher ist als in den extensiven Wiesen und Hecken. Dies ist vermutlich auf die vorher beschriebenen, positiven Auswirkungen des späten Schnittes auf die Tagfalterpopulationen zurückzuführen. Ungewöhnlich erscheint, dass die Individuenfrequenz in den Streueflächen signifikant höher ist als in den extensiven Wiesen, sich aber von der Individuenfrequenz in den wenig intensiven Wiesen nicht signifikant unterscheidet. Zu diesem Ergebnis geführt haben vermutlich die in den wenig intensiven Wiesen beobachteten hohen Abundanzen einiger weniger anspruchsloser Arten (v.a. *Coenonympha pamphilus* und *Aporia crataegi*).

Bezüglich der Artenfrequenz wurde zwischen den verschiedenen Flächentypen kein signifikanter Unterschied festgestellt (Abb. 20). Dies deckt sich mit den Resultaten der Evaluation der Ökomassnahmen (Herzog & Walter 2005), welche zeigten, dass die verschiedenen BFF-Typen eine vergleichbare Artenzahl aufweisen. Im Gegensatz dazu konnten in der Untersuchung von

Heinzelmann, Lüscher & Walter (2012) in Stalden (Kanton Obwalden) signifikante Unterschiede bezüglich der Artenzahl zwischen den Flächentypen festgestellt werden. So wurden in nährstoffärmeren Wiesen beispielsweise mehr Arten nachgewiesen als in Hecken. Umgerechnet auf die Kartierdauer, lassen sich die Resultate aus Stalden (Heinzelmann, Lüscher & Walter 2012) direkt mit der vorliegenden Arbeit vergleichen. Während die nährstoffreiche Wiesen in Stalden eine ähnliche Frequenz aufwiesen wie wenig intensiven Wiesen im Entlebuch (nämlich 0.15 bzw. 0.14 Arten/Minute), waren Feuchtwiesen und Hecken (mit 0.13 und 0.12 Arten/Minute) in Stalden deutlich artenärmer als Streueflächen und Hecken in der vorliegenden Arbeit (0.37 und 0.26 Arten/Minuten). Im Gegensatz dazu wiesen die nährstoffärmeren Wiesen in Stalden mit 0.25 Arten pro Minute eine höhere Artenfrequenz auf als die extensiven Wiesen im Entlebuch (0.19 Arten pro Minute).

Verglichen mit der Untersuchung von Heinzelmann, Lüscher & Walter (2012) wiesen Hecken mit Saum auf den in der vorliegenden Arbeit untersuchten Betrieben eine deutlich höhere Artenfrequenz auf. Dies ist insofern erstaunlich, da nur eine kleine Anzahl Tagfalter von Gebüsch und Sträuchern abhängig ist (Wermeille, Chittaro & Gonseth 2014). Zudem waren einige der untersuchten Hecken mit Saum sehr hoch und in ihrer Zusammensetzung kaum gestuft (Abb. 28). Sie stellten somit keinen optimalen Lebensraum für die wenigen Tagfalterarten, die sich hier fortpflanzen könnten dar (Wermeille, Chittaro & Gonseth 2014). Es ist jedoch anzunehmen, dass das Ergebnis aufgrund der kleinen Flächengrösse der Hecken mit Saum und der daraus resultierenden kurzen Kartierdauer pro Teilfläche, verzerrt wurde und die tatsächliche Artenfrequenz in den Hecken mit Saum nicht so hoch ist (vgl. Kapitel 5.4).



Abb. 28: Zwei Beispiele von Hecken mit Saum die sich zu Baumhecken entwickelt haben.

5.3 Eignung des Punktesystems und Verbesserungsvorschläge

Die vorliegenden Ergebnisse zeigen, dass zwischen der Gesamtpunktzahl «Biodiversität» nach MVP und der Tagfalter-Vielfalt signifikante Zusammenhänge bestehen. Mit zunehmender Gesamtpunktzahl «Biodiversität» nimmt auch die Abundanz der Tagfalter (insgesamt, der RL-Arten und der UZL-Arten) sowie die Anzahl der RL-Arten auf den Betrieben zu. Dabei ist der Einfluss der Gesamtpunktzahl «Biodiversität» auf die Abundanz als qualitativ besonders hochwertig einzustufen ($R^2=0.82$), während der Einfluss auf die Gesamtartenzahl und die Anzahl UZL-Arten nicht signifikant bestätigt werden konnte. Von den verschiedenen Bereichen innerhalb des Bereichs «Biodiversität» hatte insbesondere die Kategorie «Ökologischer Ausgleich» einen wesentlichen Einfluss auf die Tagfalter-Vielfalt. Hier zeigte sich, dass mit zunehmender Punktzahl «Ökologischer Ausgleich» sowohl die Artenzahl als auch die Abundanz (insgesamt, der RL-Arten und der UZL-Arten) auf den Betrieben ansteigt. Wiederum ist der Zusammenhang zwischen Punktzahl und Abundanz von besonders hoher Güte ($R^2=0.86$).

Entsprechend kann bestätigt werden, dass die Gesamtpunktzahl «Biodiversität» in der Lage ist, die tatsächliche Tagfalter-Vielfalt auf den Berglandwirtschaftsbetrieben aufzuzeigen, unter dem Vorbehalt, dass die Gesamtartenzahl und die Anzahl UZL-Arten nur durch die Teilpunktezahl «Ökologischer Ausgleich» und nicht durch die Gesamtpunktzahl «Biodiversität» abgebildet werden. Erfreulich ist, dass die Gesamtpunktzahl «Biodiversität» auch fähig ist, die potenziell gefährdeten Tagfalterarten der Roten Liste widerzuspiegeln. Dies steht im Gegensatz zu der Untersuchung im Mittelland (Birrer et al. 2014), in welcher die Punktzahl das Vorkommen von faunistischen Rote Liste-Arten nicht zufriedenstellend abbilden konnte. Es ist jedoch darauf hinzuweisen, dass in der vorliegenden Arbeit nur potenziell gefährdete Arten erhoben wurden, während die Studie von Birrer et al. (2014) vermutlich auch Arten mit einem höheren Gefährdungsgrad beinhaltete.

Die weitere Analyse der Daten hat gezeigt, dass innerhalb der Kategorie «Ökologischer Ausgleich» vor allem die drei Unterkategorien «Ökologische Ausgleichsflächen», «öAF mit Qualität» und «Grossflächige öAF mit Qualität» einen positiven Einfluss auf die Tagfalter-Vielfalt hatten. Auch zwischen den Artenzahlen und Abundanzen der RL-Arten und den drei genannten Unterkategorien konnten signifikante Zusammenhänge aufgezeigt werden. Ein besonders deutlicher liegt zwischen der Unterkategorie «Ökologische Ausgleichsflächen», sprich dem Flächenanteil der BFF an der LN, und der Anzahl RL-Arten vor ($R^2=0.71$). Diese starke Koppelung der Tagfaltervielfalt an die Elemente des ökologischen Ausgleichs ist als positive Rückmeldung für das agrarökologische Programm der Schweiz zu werten und zeigt, dass die ökologischen Ausgleichsflächen durchaus einen Beitrag zu Erhalt und Förderung der Biodiversität leisten und sogar einige potentiell gefährdete Arten von diesen Flächen profitieren.

Nicht alle Unterkategorien der Kategorie «Ökologischer Ausgleich» korrelierten mit dem Tagfaltervorkommen. Zwischen den beiden Unterkategorien «öAF mit Strukturvielfalt» bzw. «Räumliche Verteilung der öAF» und der Tagfalter-Vielfalt konnte kein Zusammenhang nachgewiesen werden. Aufgrund des im Kapitel 5.2.1 geschilderten deutlichen Einflusses der Struktursumme auf die

Artenzahl und Abundanz der nachgewiesenen Tagfalter, wäre auch im Fall der «öAF mit Strukturvielfalt» eine Korrelation zu erwarten gewesen. Es ist jedoch so, dass nur drei Betriebe Werte in dieser Unterkategorie eingetragen haben (Anhang 7). Die Struktursumme wurde hingegen während den Feldbegehungen für alle Teilflächen aufgenommen, weshalb alle Betriebe einen gewissen Wert erreichten. Um gemäss MVP als «öAF mit Strukturvielfalt» anrechenbar zu sein, muss eine BFF auf mindestens 5 Prozent ihrer Fläche Kleinstrukturen aufweisen (Kapitel 2.1). Dies können beispielsweise Asthaufen, Feuchtstellen, Felsen oder Einzelbäume sein – alles Strukturelemente die auf den Untersuchungsflächen vielfach vorhanden waren. Ob diese Strukturelemente jeweils mindestens 5 Prozent der Fläche ausmachten, ist schwierig einzuschätzen und hier liegt vermutlich der Grund, weshalb nur drei Betriebe in dieser Unterkategorie etwas angegeben haben: Die Daten zu der Fläche ihrer Strukturelemente haben die Landwirte beim Ausfüllen des Punktesystems vermutlich nicht zur Hand. Folglich müssten sie entweder eine Schätzung treffen oder die entsprechenden Strukturelemente im Feld ausmessen.

Verschiedene Unterkategorien des Punktesystems zielen auf eine heterogene, mosaikartige Landschaft ab, nämlich die Unterkategorie «Räumliche Verteilung der öAF» sowie die «Nutzungstypen» und die «Nutzungsparzellen» (vgl. Kapitel 2.1). Für Tagfalter ist eine mosaikartige Landschaft wichtig, da sie verschiedene Flächen (wie z.B. gemähte, beweidete und unproduktive Grünflächen) für unterschiedliche Tätigkeiten (Nahrungsaufnahme, Ruhen, Fliegen) nutzen (Ouin et al. 2004). Während verschiedene Studien belegen, dass die Tagfalter-Vielfalt mit zunehmender Heterogenität der Landschaft zunimmt (z.B. Weibull, Bengtsson & Nohlgren 2000, Weibull, Östman & Granqvist 2003), besteht zwischen den Massnahmen für Heterogenität des Punktesystems und dem Tagfalterspektrum kaum ein Zusammenhang. Die beiden Unterkategorien «Räumliche Verteilung der öAF» und «Nutzungstypen» korrelierten mit keinem der Indikatoren für Tagfalter-Vielfalt. Einzig Betriebe mit Punkten in der Unterkategorie «Nutzungsparzellen» wiesen einen signifikant höheren Shannon- und Simpson-Index auf als Betriebe ohne Punkte in dieser Unterkategorie. Es ist hier aber hervorzuheben, dass nur zwei Betriebe aufgrund ihrer kleinräumigen Nutzungsparzellen überhaupt Punkte in der Unterkategorie «Nutzungsparzellen» erhielten und es erstaunlich ist, dass der Unterschied statistisch signifikant war. Eine mögliche Erklärung für den fehlenden Zusammenhang zwischen den obengenannten Unterkategorien und der Tagfalter-Vielfalt, könnte sein, dass die Tagfalteraufnahmen ausschliesslich in den BFF durchgeführt wurden, während die Unterkategorien «Nutzungstypen» und «Nutzungsparzellen» sich mehrheitlich auf das intensiv genutzte Kulturland beziehen. Generell ist zu bemängeln, dass in der Unterkategorie «Nutzungstypen» die Vielfalt an verschiedenen BFF-Typen nicht miteinfliesst. Einzig Streueflächen und Hochstamm-Obstgärten können als Nutzungstypen angegeben werden. Zwischen intensiven und extensiven Wiesen bzw. Weiden wird jedoch nicht unterschieden.

Zwischen der Kategorie «Grünland» und der Tagfalter-Vielfalt konnte kein positiver Zusammenhang festgestellt werden, obwohl die diversen Bewirtschaftungsmassnahmen in dieser Kategorie einen direkten Einfluss auf den Lebensraum der Tagfalter haben und insbesondere die weichen Raupen und

immobilen Puppen sehr empfindlich auf verschiedene Wiesenbewirtschaftungsformen reagieren (Humbert et al. 2010b). So ist zum Beispiel der Verzicht auf Silage für die Tagfalter von Bedeutung, da die im Schnittgut verbliebenen Raupen dieses erst verlassen, wenn es getrocknet ist (Schiess-Bühler et al. 2011). Auf den Einsatz von Mähaufbereitern sollte innerhalb der BFF generell verzichtet werden weil durch das Quetschen und Knicken des Mähgutes die Sterberate der Raupen stark erhöht wird (Humbert et al. 2010b). Auch der Einsatz eines Balkenmähers, anstelle von Rotations- oder Schlegelmähern, wird empfohlen (Wermeille, Chittaro & Gonseth 2014), da er zu einer geringeren Verlustrate bei den Raupen führt (Humbert et al. 2010a). Grundsätzlich ist keine der gängigen Mähetechniken völlig schadlos für die sich in der Vegetation befindenden Raupen. Deshalb ist das partielle Stehenlassen von Grünflächen durch eine gestaffelte Wiesennutzung ebenfalls sehr wichtig (Huemer 1996, Humbert et al. 2010a). Obwohl die genannten Bewirtschaftungsmassnahmen einen grossen Einfluss auf Tagfalter haben, korrelierte innerhalb der Kategorie «Grünland» keine einzige Unterkategorie positiv mit der Tagfalter-Vielfalt. Zwischen den Unterkategorien «Einsatz Balkenmäher» und «Verzicht Mähaufbereiter» wurde gar eine negative Korrelation mit der Evenness festgestellt und es zeigte sich, dass die Evenness mit zunehmender Punktzahl für den Einsatz von Balkenmähern und den Verzicht auf Mähaufbereiter im extensiven Grünland abnahm. Eine mögliche Erklärung, warum der Balkenmäher-Einsatz und der Verzicht auf Mähaufbereiter zu einer abnehmenden Evenness, d.h. zu zunehmender Dominanz einzelner Arten innerhalb der Population führen könnten, ist die Überlegung, dass sich bei einer solchen Bewirtschaftung einzelne, sehr gut angepasste Arten etablieren und durchsetzen können, während bei einer Bewirtschaftung mit Kreiselmäher und Mähaufbereitung auch diese Arten reduziert werden. Zusätzlich wäre bei beiden Massnahmen (Balkenmäher-Einsatz und Verzicht auf Mähaufbereiter) aufgrund des schonenderen Umgangs mit den Tagfalterraupen, ein positiver Einfluss auf die Abundanz der Imagines zu erwarten gewesen. Da die Punktzahlen bei diesen Massnahmen auf maximal 2 Punkte limitiert sind, ist die Spannweite zwischen den Betrieben sehr gering (0 bis 2 Punkte), was möglicherweise eine Erklärung für die nicht signifikanten Korrelationen sein könnte. Zudem ist auch die Beteiligung der Betriebe an einigen Grünland-Massnahmen sehr gering. Für den Verzicht auf Mähaufbereiter im extensiven Grünland erreichten nur die Hälfte der Betriebe Punkte und für die gestaffelte Wiesennutzung sogar nur drei Betriebe.

Die Punktzahlen «Biodiversität» und «Ökologischer Ausgleich» korrelierten zwar mit den Artenzahlen und Abundanzen der verschiedenen Artengruppen, nicht aber mit den Diversitätsindizes (vgl. Tab. 6). In anderen Studien wurde ähnliches festgestellt: So korrelierte zum Beispiel die gesamte lokale Artenzahl deutlich mit der Artenzahl verschiedener taxonomischer Gruppen, aber nur sehr schwach mit dem Simpson- und dem Shannon-Index (Duelli & Obrist 1998). Oder die Tagfalter-Artenzahl korrelierte stark negativ mit anthropogenen Störungen, der Shannon-Index hingegen nicht (Kitahara 2000). Duelli & Obrist (2003) meinen, dass insbesondere in der Landwirtschaft häufig einige wenige Arten mit grosser Abundanz auftreten – wie dies in der vorliegenden Arbeit auch der Fall war – und deshalb die Diversitätsindizes, welche die Gleichverteilung der Abundanz innerhalb der Population miteinbeziehen, sehr niedrig ausfallen. Es bleibt die Frage offen, ob es wichtig ist, dass die Punktzahlen auch die

Diversitätsindizes gut abbilden oder ob der Zusammenhang mit der Artenzahl und der Abundanz ausreicht.

Die Analyse hat ergeben, dass die Punktzahlen die Tagfalter-Artenzahl und -Abundanz insgesamt gut abbilden. Dennoch gibt es Aspekte des Punktesystems, die überarbeitet werden könnten. Im Folgenden werden deshalb einige Verbesserungsvorschläge aufgeführt.

Das Erfassen der Strukturelemente in der Unterkategorie «öAF mit Strukturvielfalt» sollte vereinfacht werden, da es sich gezeigt hat, dass nur wenige Landwirte dort Werte eingetragen haben, obwohl die entsprechenden Strukturen auf vielen Betrieben vorhanden waren. Damit die Situation auf dem Betrieb möglichst gut abgebildet wird, ist es jedoch wichtig, dass die Landwirte diese Strukturelemente angeben. Eine Möglichkeit zur Anpassung des Punktesystems in dieser Unterkategorie wäre, dass der Landwirt anstatt eines Mindestanteils an Kleinstrukturen, eine Mindestanzahl verschiedener Strukturelemente auf einer Fläche vorweisen muss. Auch in der vorliegenden Arbeit wurde auf den Teilflächen lediglich überprüft, ob gewisse Strukturtypen vorhanden sind und nicht wie gross deren Anteil ist. Diese Ergebnisse dieser Methode wiesen einen deutlichen Zusammenhang mit der Tagfalter-Vielfalt auf (Kapitel 4.2). Möglich wäre auch ein Ansatz, bei dem mit steigender Flächengrösse auch die Mindestanzahl verschiedener Strukturelemente zunimmt.

Die verschiedenen BFF-Typen weisen bezüglich Tagfaltervorkommen sehr unterschiedliche Artenzusammensetzungen auf und heben sich auch vom intensiven Kulturland klar ab (Herzog & Walter 2005). Sind verschiedene BFF-Typen auf einem Betrieb vorhanden, so nimmt die Artenzahl aufgrund der Kumulation verschiedener Artenzusammensetzungen vermutlich zu. Aus diesem Grund sollte die Vielfalt an verschiedenen Biodiversitätsförderflächen im Punktesystem bei den «Nutzungstypen» stärker miteinbezogen werden. So wie das Punktesystem momentan aufgebaut ist, erhält ein Bergbetrieb mit intensiven Wiesen und Weiden keine zusätzlichen Punkte, wenn er – bei gleichbleibender Gesamtfläche an BFF – neben extensiven Wiesen auch noch Hecken und extensive Weiden angelegt. Positiv ist, dass die Streueflächen bereits als Nutzungstypen anerkannt werden. Allerdings ist dies nur der Fall, wenn sie mindestens 8 Prozent der LN ausmachen. Durch das Senken des erforderlichen Mindestanteils würde ein Anreiz geschaffen werden, auch kleine Streueflächen zu erhalten oder weitere kleine Flächentypen, wie beispielsweise eine extensive Weide, anzulegen. So könnten BFF-Typen die bisher wenig verbreitet sind auf den Betrieben gefördert und das Nutzungsmosaik erweitert werden. In der Unterkategorie «Ökologische Ausgleichsflächen» gilt es weiter zu überlegen, ob es richtig ist, dass alle Flächentypen gleich bewertet werden und die Punktzahlen hier nicht abgestuft sind. Im Fall der wenig intensiven Wiesen, für die weniger strenge Vorschriften bezüglich Düngung gelten und die sich in der vorliegenden Arbeit als tendenziell monotone Lebensräume gezeigt hatten, ist es überlegenswert, ob dieser Flächentyp weniger Punkte erhalten sollte als beispielsweise Streueflächen.

Da verschiedene Massnahmen aus dem Bereich «Grünland» insbesondere für die Raupen und Puppen der Tagfalter sehr wichtig sind, sollten die Maximalpunktzahl für diese Massnahmen höher liegen, damit

der Leistung von Betrieben, die hier grossen Einsatz zeigen, auch entsprechend Rechnung getragen wird. Nur drei Betriebe erhielten für die Massnahme «Verzicht Mähauflbereiter» im extensiven Grünland Punkte. Da der Einsatz von Mähauflbereitern die Sterblichkeit der Tagfalterraupen massiv erhöht, sollte im Punktesystem ein stärkerer Anreiz für die Massnahme «Verzicht auf Mähauflbereiter» geschaffen werden und die Landwirte auch mittels Beratung zu diesem Verzicht motiviert werden. Auch bei der Massnahme «Verzicht auf Silage» im intensiven Grünland ist eine grössere Beteiligung der Betriebe wünschenswert. Für die Umsetzung der Massnahme «Gestaffelte Wiesennutzung» im extensiven Grünland besteht durch den Vertrag, welcher mit dem Kanton abgeschlossen werden muss, eine grosse Hemmschwelle. Es ist verständlich, dass für einen vorgezogenen Schnittzeitpunkt – vor den gemäss Direktzahlungsverordnung frühesten Termin – eine solche Bewilligung notwendig ist. Betriebe, die nach dem offiziellen Termin mähen und einen Anteil der Fläche als Rückzugs-/Schonstreifen stehen lassen, sollten aber keinen kantonalen Vertrag abschliessen müssen, damit diese Massnahme im Punktesystem abgegolten wird.

Abschliessend ist zu betonen, dass es wichtig ist, dass das Punktesystem durch Veränderungen nicht komplizierter wird, denn die einfache und effiziente Berechnung der Punktzahl ist eine grosse Stärke, die keinesfalls verloren gehen darf.

5.4 Verwendete Methoden

Um die Zeitvorgaben einzuhalten und dennoch möglichst viele Betriebe in die Untersuchung einzubeziehen, musste die Anzahl Begehungen pro Betrieb auf zwei begrenzt werden. Für eine annähernd vollständige Erfassung des Artenspektrums eines Gebietes, sind hingegen vier bis fünf Begehungen nötig (Hermann 1992). Es ist in der Folge davon auszugehen, dass die Untersuchung die jahreszeitlichen Aspekte, insbesondere den Monat Juli, nicht vollumfänglich berücksichtigt. Bei vielen Tagfalterarten treten zudem grosse interannuelle Schwankungen auf (Settele, Feldmann & Reinhardt 1999). Da für die vorliegende Arbeit alle Aufnahmen im selben Jahr gemacht wurden, sind diese Schwankungen nur beim Vergleich der Ergebnisse mit Daten aus anderen Jahren zu berücksichtigen.

Bezüglich der beobachteten Häufigkeit der einzelnen Tagfalterarten ist darauf hinzuweisen, dass grosse und auffällig gefärbte Arten, durch den Beobachter häufiger erfasst werden und daher ein stärkeres Gewicht erhalten, als dies der Realität entspricht (Dennis et al. 2006). Dagegen werden kleine, unscheinbare Arten oder Arten, die aufgrund bestimmter Verhaltensweisen (z.B. Aufenthalt vor allem in Baumkronen) weniger auffallen, häufiger übersehen und sind deshalb in den Ergebnissen nicht angemessen berücksichtigt. Auf steilen und unwegsamen Flächen werden zudem Arten, die nicht ohne Einfangen bestimmt werden können, tendenziell unterrepräsentiert, da es vorkommen kann, dass ein Individuum zwar gesichtet, aber nicht gefangen werden kann.

Die zehn untersuchten Betriebe wurden aufgrund ihrer Lage innerhalb der Biosphärenregion und ihrer Biodiversitäts-Punktzahl im MVP-Punktesystem ausgewählt. Dennoch zeigten die Daten des CSCF,

dass das vorhandene Tagfalter-Potenzial in den untersuchten Gemeinden sehr unterschiedlich ist (vgl. Kapitel 5.1). Ausserdem muss berücksichtigt werden, dass die Zusammensetzung der Betriebe – mit einem überproportionalen Anteil Bio-Betriebe (vgl. Kapitel 3.1.2) – für das Untersuchungsgebiet nicht repräsentativ ist. Die Bewirtschaftung der BFF ist jedoch für biologisch und konventionell bewirtschaftete Betriebe vergleichbar, da sie durch die Direktzahlungsverordnung (Schweizerischer Bundesrat 2013) einheitlich geregelt ist. Weiter ist zu erwähnen, dass sich unter den zehn Betrieben ein Betrieb mit einem ausserordentlich grossen BFF-Anteil von rund 60 Prozent der LN befand (Betrieb Nr. 1).

Nicht berücksichtigt wurde bei der Auswahl der Betriebe das Vorhandensein verschiedener Flächentypen, was zur Folge hatte, dass einige davon – genauer Streueflächen, wenig intensive Wiesen und extensive Weiden – nur auf zwei bis drei Betrieben vorkamen. Weiter wurde die Kartierdauer auf den Betrieben so aufgeteilt, dass die Anteile der Flächentypen möglichst gut abgebildet wurden und die Vergleichbarkeit zwischen den Betrieben gewährleistet war. Die Konsequenz dieses methodischen Vorgehens war jedoch, dass auf den verschiedenen Flächentypen ein unterschiedlich grosser Beobachtungsaufwand geleistet wurde. Deshalb konnten die verschiedenen Flächentypen nur miteinander verglichen werden, indem die Anzahl Arten und Individuen auf die Minute Kartierdauer heruntergerechnet wurden. Dies führte aber zu verzerrten Ergebnissen bezüglich der Artenfrequenz, denn bei gleichem Artenreichtum, ist bei einer kürzeren Kartierdauer die Wahrscheinlichkeit, jede Minute eine neue Art zu beobachten, grösser als bei einer längeren Kartierdauer. Folglich wurden auf Flächentypen mit durchschnittlich kleinerer Flächengrösse und einer daraus resultierenden, kürzeren Kartierdauer, aus methodischen Gründen mehr Arten pro Minute nachgewiesen als auf Flächentypen mit durchschnittlich grösserer Flächengrösse. Dies machte sich insbesondere bei den Hecken mit Saum bemerkbar, bei denen die mittlere Kartierdauer 6.2 Minuten betrug, während auf den anderen vier Flächentypen durchschnittlich 21.3 Minuten aufgewendet wurden. Die Ergebnisse zum Einfluss der Flächentypen auf die Tagfalter-Vielfalt (Kapitel 4.3) sind also mit Vorsicht zu interpretieren, da wie erwähnt, einige Flächentypen auf den Betrieben deutlich unterrepräsentiert waren und die Methode zur Verteilung der Kartierdauer auf einen gesamtbetrieblichen Vergleich ausgelegt war und nicht besonders geeignet ist, um zwischen den Flächentypen zu vergleichen. Für einen Vergleich zwischen den Flächentypen wäre es ausserdem wichtig, die Umgebung der Flächen (z.B. Wald in der Nähe) sowie die weitere lokale Standortbedingungen (z.B. Exposition) miteinzubeziehen.

Die angewandte Methode zur Einschätzung des Blütenangebotes anhand der vorhandenen Blütenfarben und deren Deckung (vgl. Kapitel 3.2.2) erwies sich in der Anwendung als relativ subjektiv. So liegt es am jeweiligen Beobachter zu entscheiden, ob eine Blüte eher rot oder orange, eher blau oder violett bzw. eher violett oder rosa ist. Auch die Einteilung der Deckung anhand von fünf Häufigkeits-Kategorien (z.B. Kategorie 1: «Blüten dieser Farbe kommen vereinzelt vor») ist stark vom subjektiven Entscheid des Beobachters abhängig. Verbessert werden könnte diese Methode durch eine vorgegebene Einteilung der in Wiesengesellschaften häufig vorkommenden Blüten nach den

Farbkategorien sowie der Abschätzung des Deckungsgrades anhand von metrischen Kriterien (z.B. Blütenköpfe pro m²).

Bezüglich der Vergleiche der Tagfalter-Vielfalt mit den Punktezahlen anhand von Korrelationen und Regressionsanalysen, ist zu bemerken, dass der Untersuchung mit zehn erhobenen Betrieben nur eine sehr kleine Stichprobe zu Grunde liegt. Eine Allgemeingültigkeit der Ergebnisse ist deshalb kaum gegeben. Ein Zusammenhang zwischen Punktzahl und Tagfalter-Vielfalt kann ausserdem nur gefunden werden, wenn die Massnahmen auf den Betrieben genügend implementiert sind. Dies war nicht bei allen Massnahmen der Fall, wie Kapitel 5.3 zeigte.

5.5 Fazit und Ausblick

Die im Rahmen dieser Arbeit durchgeführten Untersuchungen zeigen, dass das Punktesystem nach MVP, insbesondere die Punktzahl in der Kategorie «Ökologischer Ausgleich», in der Lage ist, die effektive Tagfalter-Vielfalt auf Landwirtschaftsbetrieben in der UNESCO Biosphäre Entlebuch aufzuzeigen. Auch landwirtschaftsrelevante Ziel- und Leitarten sowie potenziell gefährdete Tagfalterarten werden dabei berücksichtigt. Aufgrund der Eignung von Tagfaltern als Biodiversitäts-Indikatoren (vgl. Kapitel 1), kann zudem angenommen werden, dass auch weitere, auf den Betrieben vorkommende Organismengruppen, durch die Punktzahl «Ökologischer Ausgleich» abgebildet werden. In einigen Aspekten besteht Verbesserungspotenzial für das Punktesystem. Beispielsweise sollten die verschiedenen Typen von Biodiversitätsförderflächen als Nutzungstypen angerechnet werden können. Weiter sollte die Erfassung der Strukturelemente vereinfacht werden. Im Bereich «Grünland», der für Tagfalter von besonderer Relevanz ist, würde die vorgeschlagene Erhöhung der Maximalpunktzahl dazu führen, dass auch überdurchschnittliche Leistungen der Betriebe angemessen berücksichtigt werden. Zudem wäre es sinnvoll die Massnahme «Gestaffelte Wiesennutzung» ohne vorgezogenen Schnitzeitpunkt und unabhängig von einer kantonalen Bewilligung zu integrieren. Um die Massnahme «Verzicht auf Mähauflbereiter» zu fördern, sollte den Landwirten der negative Einfluss von Mähauflbereitern auf die Kleintierfauna kommuniziert werden. Dies kann zum Beispiel über den «Leitfaden für die Anwendung des Punktesystems» (Jenny et al. 2011) geschehen.

Um eine deutliche Aussage zum Einfluss einzelner BFF-Typen auf die Tagfalter-Vielfalt machen zu können, sollte bei zukünftigen Untersuchungen darauf geachtet werden, dass die verschiedenen Flächentypen auf den Betrieben gut vertreten sind und auf jedem von ihnen die selbe Kartierdauer eingesetzt wird. Für die vorliegende Arbeit war jedoch die Vergleichbarkeit zwischen den Betrieben wichtiger als die Vergleichbarkeit zwischen den Flächentypen, weshalb eine andere Methode vorgezogen wurde. Die Methode zur Einschätzung des Blütenangebotes hat sich in der vorliegenden Arbeit nicht bewährt und muss für zukünftige Anwendungen verbessert oder durch eine andere Methode ersetzt werden.

Für Folgeprojekte sollte die Untersuchung auf eine grössere Anzahl Betriebe und allenfalls auch auf weitere Organismengruppen ausgeweitet werden, um eine zuverlässigere Aussage über den Zusammenhang der Punktzahl mit der tatsächlichen Biodiversität auf Berglandwirtschaftsbetrieben machen zu können. Ebenfalls sinnvoll wäre es, weitere für Tagfalter relevante Standortbedingungen, wie die Exposition und die Hangneigung, miteinzubeziehen. Auch ein Fokus auf Rote Liste-Arten ist denkbar, da bisher nicht geklärt ist, ob die Punktzahl auch Arten abbilden kann, die einem höheren Gefährdungsgrad als «potenziell gefährdet» zugeteilt sind. Durch die Optimierung des Punktesystems werden Landwirte bei der Planung und Umsetzung agrarökologischer Massnahmen stärker unterstützt, womit zu einer erfolgreichen Biodiversitätsförderung beigetragen wird.

6 Literaturverzeichnis

- Agroscope (2013). *Umweltziele Landwirtschaft «Arten und Lebensräume»*. UZL-Artenliste, Excel-Datei. Abgerufen am 9. September 2014 von <http://www.agroscope.admin.ch/agrarlandschaft-biodiversitaet/03742/06929/index.html?lang=de>
- Altermatt, F., Birrer, S., Plattner, M., Ramseier, P., & Stalling, T. (2008). Erste Resultate zu den Tagfaltern im Biodiversitätsmonitoring Schweiz. *Entomo Helvetica*, 1, S. 75–83.
- BAFU (2010). Moore und Moorlandschaften. Abgerufen am 05.12.2014 von <http://www.bafu.admin.ch/schutzgebiete-inventare/07845/index.html?lang=de>
- BAFU (2011). *Liste der National Prioritären Arten. Arten mit nationaler Priorität für die Erhaltung und Förderung (Stand 2010)*. Umwelt-Vollzug Nr. 1103. Bundesamt für Umwelt: Bern.
- BAFU & BLW (2008). *Umweltziele Landwirtschaft. Hergeleitet aus bestehenden rechtlichen Grundlagen*. Umwelt-Wissen Nr. 0820. Bundesamt für Umwelt: Bern.
- Baur, P. (1998). Ökologischer Ausgleich durch Direktzahlungen. Denkanstösse für eine zielgerechte Weiterentwicklung aus Sicht der Agrarökonomie. *Vermessung, Photogrammetrie, Kulturtechnik*, 96(11), S. 568–571.
- Bio Suisse (2015). *Richtlinien für die Erzeugung, Verarbeitung und den Handel von Knospe-Produkten*. Abgerufen am 15.12.2014 von http://www.bio-suisse.ch/media/VundH/Regelwerk/rl_2015_gesamt_d.pdf
- Birrer, S., Balmer, O., Graf, R., & Jenny, M. (2009). Biodiversität im Kulturland – vom Nebenprodukt zum Marktvorteil. *Mitteilungen aus dem Julius Kühn-Institut*, 421, S. 21–29.
- Birrer, S., Zellweger-Fischer, J., Stoeckli, S., Korner-Nievergelt, F., Balmer, O., Jenny, M., & Pfiffner, L. (2014). Biodiversity at the farm scale: A novel credit point system. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 197, S. 195–203.
- Bühler-Cortesi, T. (2012). *Schmetterlinge. Tagfalter der Schweiz*. Haupt: Bern.
- Burton, R. J., & Schwarz, G. (2013). Result-oriented agri-environmental schemes in Europe and their Potenzial for promoting behavioural change. *Land Use Policy*, 30(1), S. 628–641.
- Caillet-Bois, D., Würth, B., Benz, R., & Stäheli, B. (2014). *Biodiversitätsförderung auf dem Landwirtschaftsbetrieb – Wegleitung*. AGRIDEA: Lindau.
- Coch, T. (2008). Die Unesco-Biosphäre Entlebuch und ihre Nachhaltigkeitsstrategie. *Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen*, 159(7), S. 191–197.
- Cohen, J. (1992). A power primer. *Psychological Bulletin*, 112(1), S. 155–159.

- Connell, J. H. (1978). Diversity in tropical rain forests and coral reefs. *Science*, 199(4335), S. 1302–1310.
- CSCF (2013). *Listenserver CSCF-karch*. Abgerufen am 30. Oktober 2014 von <http://lepus.unine.ch/tab/>
- CSCF (2014). *Kartenserver CSCF-karch*. Abgerufen am 1. November 2014 von <http://lepus.unine.ch/cartol/>
- Dennis, R. L. H., Shreeve, T. G., Isaac, N. J. B., Roy, D. B., Hardy, P. B., Fox, R., & Asher, J. (2006). The effects of visual apparency on bias in butterfly recording and monitoring. *Biological Conservation*, 128(4), S. 486–492.
- Dipner-Gerber, M., Jenny, E., Waldner, R., Eggenberg, S. (2001). *Trockenwiesen und -weiden der Schweiz. Vorgehen und Ergebnisse Kanton Luzern*. Oekoskop und UNA: Basel, Bern.
- Duelli, P., & Obrist, M. K. (1998). In search of the best correlates for local organismal biodiversity in cultivated areas. *Biodiversity & Conservation*, 7(3), S. 297–309.
- Duelli, P., & Obrist, M. K. (2003). Biodiversity indicators: the choice of values and measures. *Agriculture, ecosystems & environment*, 98(1), S. 87–98.
- Eggenberg, S., Gonseth, Y., Fivaz, F., Hedinger, C., Hofer, G., Klieber-Kühne, A., Richner, N., Schneider, K., Szerencsits, E., Walter, T., & Wolf, S. (2013). *Operationalisierung der Umweltziele Landwirtschaft: Bereich Ziel- und Leitarten, Lebensräume (OPAL)*. Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART: Ettenhausen.
- Fartmann, T. (2006): Welche Rolle spielen Störungen für Tagfalter und Widderchen? In: *Fartmann, T. & Hermann, G. (Hrsg.), Larvalökologie von Tagfaltern und Widderchen in Mitteleuropa*. Abhandlungen aus dem Westfälischen Museum für Naturkunde, 68, S. 259–270.
- FiBL (2014). *Leistungsbezogenes Einkommen aus nachhaltiger und ergebnisorientierter Landwirtschaft im Berggebiet*. Abgerufen am 30. Oktober 2014 von [http://www.fibl.org/de/schweiz/projektdatenbank/projektitem.html?tx_projectlist_pi1\[item\]=661&tx_projectlist_pi1\[state\]=detail&cHash=6c9f76b35241d34240508e5b876c1008](http://www.fibl.org/de/schweiz/projektdatenbank/projektitem.html?tx_projectlist_pi1[item]=661&tx_projectlist_pi1[state]=detail&cHash=6c9f76b35241d34240508e5b876c1008)
- Gigon, A., Rocker, S., & Walter, T. (2010). *Praxisorientierte Empfehlungen für die Erhaltung der Insekten- und Pflanzenvielfalt mit Ried-Rotationsbrachen*. Agroscope Reckenholz-Tänikon ART (Hrsg.), ART-Bericht, 721.
- Heinzelmann, R., Lüscher, G., & Walter, T. (2014). Tagfalter- und Widderchenvielfalt im Grünland der unteren Bergregion. *Agrarforschung Schweiz*, 5(10), S. 392–397.
- Hermann, G. (1992). Tagfalter und Widderchen: Methodisches Vorgehen bei Bestandsaufnahmen zu Naturschutz- und Eingriffsplanungen. In: *Trautner J. (Hrsg.), Methodische Standards zur Erfassung von Tierartengruppen*. Margraf Verlag: Weikersheim.

- Herzog, F., & Walter, T. (Hrsg.) (2005). Evaluation der Ökomassnahmen. Bereich Biodiversität. *Schriftenreihe der FAL*, 56. Agroscope FAL Reckenholz: Zürich.
- Huemer, P. (1996). Frühzeitige Mahd, ein bedeutender Gefährdungsfaktor für Schmetterlinge der Streuwiesen (NSG Rheindelta, Vorarlberg, Österreich). *Vorarlberger Naturschau*, 1, S. 265–300.
- Huemer, P., & Tarmann, G. (2001). Artenvielfalt und Bewirtschaftungsintensität: Problemanalyse am Beispiel der Schmetterlinge auf Wiesen und Weiden Südtirols. *Gredleriana*, 1, S. 331–418.
- Humbert, J. Y., Ghazoul, J., Sauter, G. J., & Walter, T. (2010a). Impact of different meadow mowing techniques on field invertebrates. *Journal of Applied Entomology*, 134(7), S. 592–599.
- Humbert, J. Y., Richner, N., Sauter, J., Walter, T., & Ghazoul, J. (2010b). *Wiesen-Ernteprozesse und ihre Wirkung auf die Fauna*. Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART (Hrsg.), ART-Bericht, 724.
- Huwyl, S., Plattner, M., & Roth, T. (2012). *Hotspots der Tagfalter-Vielfalt*. BDM-Facts Nr. 5. Bundesamt für Umwelt: Bern.
- Imstef, R. (ohne Datum). *Bestimmungsschlüssel der Zygaeniden der Schweiz*. Unveröffentlicht.
- IP-Suisse (2014a). *Biodiversitätsanforderungen der IP-SUISSE*. Abgerufen am 04. November 2014 von http://www.ipsuisse.ch/Web/Biodiversit%C3%A4t_id160
- IP-Suisse (2014b). *Biodiversität-Demoversion*. Berggebiet (Bergzone I–IV). Abgerufen am 04. November 2014 von <http://www.ipsuisse.ch/secret/Betrieb/Biodiversitaet/frmBiodiversitaet1.aspx?target=5638&source=23&navid=425>
- Jahl, I., Rudmann, C., Pfiffner, L., & Balmer, O. (2012). Motivationen für die Umsetzung von Ökoausgleichsmassnahmen. *Agrarforschung Schweiz*, 3(4), S. 208–215.
- Jenny, M., Fischer, J., Pfiffner, L., Birrer, S., & Graf, R. (2011). *Leitfaden für die Anwendung des Punktesystems. Biodiversität auf Landwirtschaftsbetrieben im Projekt «Mit Vielfalt punkten»*. Schweizerische Vogelwarte und Forschungsinstitut für biologischen Landbau: Sempach, Frick.
- Jenny, M., Zellweger-Fischer, J., Balmer, O., Birrer, S., & Pfiffner, L. (2013). The credit point system: an innovative approach to enhance biodiversity on farmland. *Aspects of Applied Biology*, 118, S. 23–30.
- Kadlec, T., Tropek, R., & Konvicka, M. (2012). Timed surveys and transect walks as comparable methods for monitoring butterflies in small plots. *Journal of Insect Conservation*, 16, S. 275–280.
- Kitahara, M., Sei, K., & Fujii, K. (2000). Patterns in the structure of grassland butterfly communities along a gradient of human disturbance: further analysis based on the generalist/specialist concept. *Population Ecology*, 42(2), S. 135–144.

- Kleijn, D., Baquero, R. A., Clough, Y., Diaz, M., De Esteban, J. D., Fernández, F., Gabriel, D., Herzog, F., Holzschuh, A., Jöhl, R., Knop, E., Kruess, A., Marshall, E. J. P., Steffan-Dewenter, I., Tschamntke, T., Verhulst, J., West, T. M., & Yela, J. L. (2006). Mixed biodiversity benefits of agri-environment schemes in five European countries. *Ecology letters*, 9(3), S. 243–254.
- Kleijn, D., Berendse, F., Smit, R., & Gilissen, N. (2001). Agri-environment schemes do not effectively protect biodiversity in Dutch agricultural landscapes. *Nature*, 413(6857), S. 723–725.
- Knaus, F. (2011). *Monitoring der Natur und Landschaft in der UNESCO Biosphäre Entlebuch*. Regionalmanagement UBE, Schüpfheim. Unveröffentlicht.
- Knaus, F. (2012). *Resultate der Feldüberprüfung der Ziel- und Leitarten für die Vernetzungsprojekte aller Gemeinden der UNESCO Biosphäre Entlebuch*. Unveröffentlicht.
- Koch, B., Edwards, P. J., Blanckenhorn, W. U., Buholzer, S., Walter, T., Wüest, R. O., & Hofer, G. (2013). Vascular plants as surrogates of butterfly and grasshopper diversity on two Swiss subalpine summer pastures. *Biodiversity and conservation*, 22(6–7), S. 1451–1465.
- Koordinationsstelle Biodiversitäts-Monitoring Schweiz (Hrsg.) (2008). *Anleitung für die Feldarbeit zum Indikator «Z7-Tagfalter»*. Bundesamt für Umwelt: Bern
- Leopold, P., Vischer-Leopold, M., & Glöckner, M. (2005). *Anleitung für landesweites Monitoring tagfliegender Schmetterlinge*. NABUK-AK Tagfalter-Monitoring NRW. Naturschutz-Bund Nordrhein-Westfalen: Düsseldorf.
- LUSTAT Statistik Luzern (2014). *LUSTAT Jahrbuch Kanton Luzern 2014*. LUSTAT Statistik Luzern: Luzern.
- MeteoSchweiz (2014). *Klimabulletin August 2014*. Bundesamt für Meteorologie und Klimatologie: Bern.
- Netzwerk Schweizer Pärke (2014). *Porträt UNESCO Biosphäre Entlebuch*. Netzwerk Schweizer Pärke: Bern.
- Quin, A., Aviron, S., Dover, J., & Burel, F. (2004). Complementation/supplementation of resources for butterflies in agricultural landscapes. *Agriculture, ecosystems & environment*, 103(3), S. 473–479.
- Panzer, R., & Schwartz, M. W. (1998). Effectiveness of a Vegetation-Based Approach to Insect Conservation. *Conservation Biology*, 12(3), S. 693–702.
- Pearman, P. B., & Weber, D. (2007). Common species determine richness patterns in biodiversity indicator taxa. *Biological Conservation*, 138(1), S. 109–119.
- Pielou, E. C. J. (1966). The measurement of diversity in different types of biological collections. *Journal of theoretical biology*, 13, S. 131–144.

- Pollard, E. (1977). A method for assessing changes in the abundance of butterflies. *Biological Conservation*, 12, S. 115–134.
- Pollard, E., & Yates, T. (1993). *Monitoring Butterflies for Ecology and Conservation*. Chapman & Hall: London.
- R Development Core Team (2012). *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing: Wien.
- Roth, T., Amrhein, V., Peter, B., & Weber, D. (2008). A Swiss agri-environment scheme effectively enhances species richness for some taxa over time. *Agriculture, ecosystems & environment*, 125(1), S. 167–172.
- Schiess-Bühler, C., Frick, R., Stäheli, B., & Furi, R. (2011). *Erntetechnik und Artenvielfalt in Wiesen*. Agridea: Lausanne, Lindau.
- Schmid, W., Wiedemeier, P., & Stäubli, A. (2001). *Extensive Weiden und Artenvielfalt – Synthesebericht*. Frick und Sternenbergl.
- Schneider, K., & Walter, T. (2001). Fauna artenreicher Wiesen: Zielarten, Potenzial und Realität am Beispiel der Tagfalter und Heuschrecken. *Schriftenreihe der FAL*, 39, S. 34–44.
- Schweizerischer Bund für Naturschutz (1994). *Tagfalter und ihre Lebensräume. Arten – Gefährdung – Schutz*. Band 1. Fotorotar AG: Egg.
- Schweizerischer Bundesrat (2013). *SR 910.13. Verordnung über die Direktzahlungen an die Landwirtschaft (Direktzahlungsverordnung, DZV) vom 23. Oktober 2013* (Stand am 1. Januar 2014). Bern.
- Settele, J., Feldmann, R., & Reinhardt, R. (Hrsg.) (1999). *Die Tagfalter Deutschlands*. Ulmer: Stuttgart.
- Shannon, C. (1948). A mathematical theory of communication. *The Bell System Technical Journal*, 27, S. 379–423; 623–656.
- Simpson, E. (1949). Measurement of diversity. *Nature*, 163, S. 688.
- Stöckli, S. (2014). *Mit Vielfalt punkten – Anleitung für die Erhebung der Tagfalter, Version 3*. Forschungsinstitut für biologischen Landbau, Schweizerischen Vogelwarte Sempach. Unveröffentlicht.
- Tasser, E. (2014). Umweltqualität des Agrarlandes. Handout zum Vortrag. MERIT-Projekt, User Forum Schweiz. Schüpfheim: 02. Dezember 2014.
- Thomas, J. A. (2005). Monitoring change in the abundance and distribution of insects using butterflies and other indicator groups. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 360(1454), S. 339–357.

- Townsend, C. R., Begon, M., Harper, J. L., Hoffmeister, T. S., Steidle, J. L., & Thomas, F. (2009). *Ökologie*. Springer: Berlin, Heidelberg.
- Universität Zürich (2012). *Methodenberatung. Einfache lineare Regression*. Abgerufen am 24. September 2014 von <http://www.methodenberatung.uzh.ch/datenanalyse/zusammenhaenge/ereg.html>
- van Swaay, C., Warren, M., & Loïs, G. (2006). Biotope use and trends of European butterflies. *Journal of Insect Conservation*, 10(2), S. 189–209.
- Walter, T. et al. (2010). Landwirtschaft. In: Lachat, T., Pauli, D., Gonseth, Y., Klaus, G., Scheidegger, C., Vittoz, P., Walter, T. (Red.). *Wandel der Biodiversität in der Schweiz seit 1900. Ist die Talsohle erreicht?* Bristol-Stiftung, Zürich; Haupt: Bern, Stuttgart, Wien.
- Weggler, M., & Schwarzenbach, Y. (2011). Zusammenhänge zwischen der Bestandsentwicklung der Brutvögel 1988–2008 und der Quantität und Qualität der Ökoflächen im Landwirtschaftsgebiet im Kanton Zürich. *Der Ornithologische Beobachter*, 108(4), S. 323–344.
- Weibull, A. C., Bengtsson, J., & Nohlgren, E. (2000). Diversity of butterflies in the agricultural landscape: the role of farming system and landscape heterogeneity. *Ecography*, 23(6), S. 743–750.
- Weibull, A. C., Östman, Ö., & Granqvist, Å. (2003). Species richness in agroecosystems: the effect of landscape, habitat and farm management. *Biodiversity & Conservation*, 12(7), S. 1335–1355.
- Wermeille, E., Chittaro, & Y., Gonseth, Y. (2014). *Rote Liste der Tagfalter und Widderchen. Papilionoidea, Hesperioidea und Zygaenidae. Gefährdete Arten der Schweiz, Stand 2012*. Bundesamt für Umwelt und Schweizer Zentrum für die Kartografie der Fauna: Bern.
- Wiedemeier, P. (2012a). *Bestimmungsschlüssel für die Gattung Melitaea (Nymphalidae, Lepidoptera) der Schweiz*. Unterrichtsunterlagen Zürcher Hochschule für angewandte Wissenschaften. Unveröffentlicht.
- Wiedemeier, P. (2012b). *Bestimmungshilfe zu den Echten Bläulingen (Polyommatainae, Lycaenidae) der Schweiz*. Unterrichtsunterlagen Zürcher Hochschule für angewandte Wissenschaften. Unveröffentlicht.
- Wiedemeier, P. (2012c). *Bestimmungsschlüssel für die Gattung Erebia (Mohrenfalter) der Schweiz*. Unterrichtsunterlagen Zürcher Hochschule für angewandte Wissenschaften. Unveröffentlicht.

Anhangsverzeichnis

Anhang 1:	Plagiatserklärung
Anhang 2:	Aufgabenstellung
Anhang 3:	Punktesystem
Anhang 4:	Übersichtskarten
Anhang 5:	Untersuchungsflächen
Anhang 6:	Begehungszeitpunkte und Witterungsbedingungen
Anhang 7:	Erreichte Punktzahlen der Betriebe
Anhang 8:	Tagfalter-Vielfalt auf den Betrieben
Anhang 9:	Weitere Ergebnisse
Anhang 10:	Biologische Eigenschaften der erhobenen Tagfalter
Anhang 11:	Bericht zur Arbeit
Anhang 12:	CD mit Rohdaten und digitaler Version der Arbeit

Anhang 1: Plagiatserklärung

ERKLÄRUNG

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

Mit der Abgabe dieser Bachelorarbeit versichert die Studierende, dass sie die Arbeit selbständig und ohne fremde Hilfe verfasst hat.

Die unterzeichnende Studierende erklärt, 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:

Unterschrift:

.....

.....

Anhang 2: Aufgabenstellung

Zürcher Hochschule
für Angewandte Wissenschaften



**Life Sciences und
Facility Management**

Institut für
Umwelt und
Natürliche Ressourcen

Bachelorarbeit		
Studienjahrgang	UI11	
Titel	Tagfalter-Vielfalt auf Luzerner Berglandwirtschaftsbetrieben und das Biodiversität-Punktesystem «Mit Vielfalt punkten»	
Vertraulich	ja X nein	
Fachgebiet	Biodiversität in der Landwirtschaft	
Namen	StudentIn	Aline Dallo
	1. KorrektorIn	Patrik Wiedemeier
	2. KorrektorIn	Sibylle Stöckli
Ausgangslage	<p>Landwirtschaftliche Betriebe beeinflussen die Biodiversität durch die Nutzung und Pflege ihrer Flächen direkt. Im Rahmen des Projektes «Mit Vielfalt punkten» (vom Forschungsinstitut für biologischen Landbau (FiBL) und der Schweizerischen Vogelwarte Sempach in Zusammenarbeit mit Bio Suisse und IP-Suisse durchgeführt) wurde ein Punktesystem entwickelt, mit dem die Leistungen eines landwirtschaftlichen Betriebes zur Förderung der Biodiversität bewertet werden kann. Die Punktezahl kann basierend auf Angaben zu Umfang, Pflege, Lage und Qualität verschiedener Lebensräume durch den Betriebsleiter selbst berechnet werden. Dabei wird zwischen Betrieben im Berg- und Talgebiet unterschieden.</p> <p>Um zu prüfen wie gut das Punktesystem die tatsächliche Vielfalt auf einem Betrieb widerspiegelt, wurden repräsentative Organismengruppen (Vögel, Tagfalter, Heuschrecken, Gefässpflanzen) auf 133 Betrieben im Talgebiet kartiert.</p> <p>Für Betriebe im Berggebiet ist diese Überprüfung noch nicht durchgeführt worden. Anhand der Organismengruppe Tagfalter soll deshalb in dieser Arbeit die Korrelation von Punktezahl und Tagfalter-Diversität für das Berggebiet überprüft werden.</p>	
Zielsetzungen	<p>Es werden Tagfalter-Kartierungen auf Berglandwirtschaftsbetrieben im Entlebuch durchgeführt. Pro Betrieb werden 2 Aufnahmen (Juni und August) gemacht.</p> <p>Die Arbeit soll die folgende Fragestellung beantworten:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Besteht eine positive Korrelation zwischen der Biodiversitäts-Punktezahl und der tatsächlichen Tagfalter-Vielfalt auf den Berglandwirtschaftsbetrieben? – Wie könnte das Punktesystem allenfalls besser auf Tagfalter ausgerichtet werden? 	

<p>Zusätzliche Auftragsmodalitäten</p>	<p><u>ERWARTETE RESULTATE</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Bachelorarbeit gemäss Weisungen ZHAW 2. Kurzbericht zur Arbeit <p><u>INHALTSVERZEICHNIS</u></p> <p>Zusammenfassung Inhaltsverzeichnis</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Einleitung 2. Punktesystem «Mit Vielfalt punkten» <ol style="list-style-type: none"> 2.1 Aufbau 2.2 Ergebnisse der Untersuchung in der Tal- und Hügelzone 3. Material und Methoden <ol style="list-style-type: none"> 3.1 Untersuchungsgebiet <ol style="list-style-type: none"> 3.1.1 UNESCO Biosphäre Entlebuch 3.1.2 Betriebe 3.1.3 Untersuchungsflächen 3.2 Methodik <ol style="list-style-type: none"> 3.2.1 Tagfalteraufnahme 3.2.2 Aufnahme der Standortbedingungen 3.2.3 Datenanalyse 4. Ergebnisse <ol style="list-style-type: none"> 4.1 Tagfalteraufnahme <ol style="list-style-type: none"> 4.1.1 Nachgewiesene Arten 4.1.2 Vergleich zwischen den Betrieben 4.1.3 Vergleich der beiden Aufnahmen 4.2 Einfluss der Standortbedingungen 4.3 Einfluss der Flächentypen 4.4 Punktesystem «Mit Vielfalt punkten» <ol style="list-style-type: none"> 4.4.1 Punktzahlen der Betriebe 4.4.2 Einfluss Punktzahlen auf Tagfalter-Vielfalt 5 Diskussion <ol style="list-style-type: none"> 5.1 Tagfalterfauna im Untersuchungsgebiet 5.2 Einflussfaktoren auf die Tagfaltervielfalt 5.3 Eignung des Punktesystems und Verbesserungsvorschläge 5.4 Verwendete Methoden <p>Literaturverzeichnis Anhang</p>
<p>Formale Anforderungen</p>	<p><i>Die Weisungen zur Arbeit müssen gelesen und erfüllt werden.</i></p> <p>http://www.lsfm.zhaw.ch/science/studium/info/bachelor-studium/wichtige-dokumente.html</p>

Zeitplan	Literatur-Recherche, Literaturteil	März – August 2014
	Planung Methode	März – Mai 2014
	Begehung, Probeaufnahme	Mai 2014, Woche 19
	Kartierungen, erste Aufnahme	Jun 2014
	Kartierungen, zweite Aufnahme	Aug 2014
	Auswertung der Daten, Ergebnisse	Sep 2014
	Verfassen der Diskussion	Okt 2014
	Abgabe zur Vorkorrektur	Ende November 2014
	Mündliche Prüfung/Präsentation	02.12.2014
Abgabe der Arbeit	18.12.2014	
Arbeitsort	Basel, Entlebuch, Frick	

Plagiate verstossen gegen die Urheberrechte, eine Verletzung dieser Rechte wird gemäss der Studien- und Prüfungsordnung für die Bachelorstudiengänge der Hochschule Wädenswil vom 01.09.2006 in § 38, 39 geregelt. Diese Studien- und Prüfungsordnung gilt für alle Bachelorstudienjahrgänge bis und mit Studienstart 2009.

Für Bachelorstudienjahrgänge mit Studienbeginn ab 2010 und die Masterstudiengänge mit Studienbeginn ab 2009 gilt § 39 der Rahmenprüfungsordnung für Bachelor- und Masterstudiengänge an der Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften vom 29.01.2008.

Anhang 3: Punktesystem




Punktesystem – Förderung der Nachhaltigkeit (Biodiversität, Ressourcenschutz) auf Landwirtschaftsbetrieben

Fragebogen für Betriebe im Berggebiet (Bergzonen I-IV)

gelbe Felder: bitte ausfüllen; *kursive Begriffe*: siehe Begriffserklärung; **fett**: anzustrebende Werte Version allgemein 2010

A. Angaben zum Betrieb

1	Betriebsgrösse					
1.1	1.00 ha	Landwirtschaftlich Nutzfläche, davon:	% der LN:		Name, Vorname:	
1.1.1	0.00 ha	<i>Dauergrünland</i>		0%	Adresse:	
1.1.2	0.00 ha	<i>offene Ackerfläche</i>		0%	PLZ:	
1.1.3	0.00 ha	<i>Kunstpflanzen</i>		0%	Ort:	
1.1.4	è 0.00 ha <i>Ackerfläche (total)</i>			0%	Betriebscode:	
1.1.5	0.00 ha	übrige Flächen (Spezialkulturen, Streueflächen usw.)		0%	Jahr:	
1.2	0.00 ha	<i>LN in Tal- und Hügellzone</i>		0%	Telefon:	
1.2.1	0.00 ha	<i>LN in Bergzone I - II</i>		0%	eMail:	
1.2.2	0.00 ha	<i>LN in Bergzone III - IV</i>		0%		
2	Viehbesatz					
	0.0	DGVE total	è	0.00	DGVE/ha	

B. Biodiversität

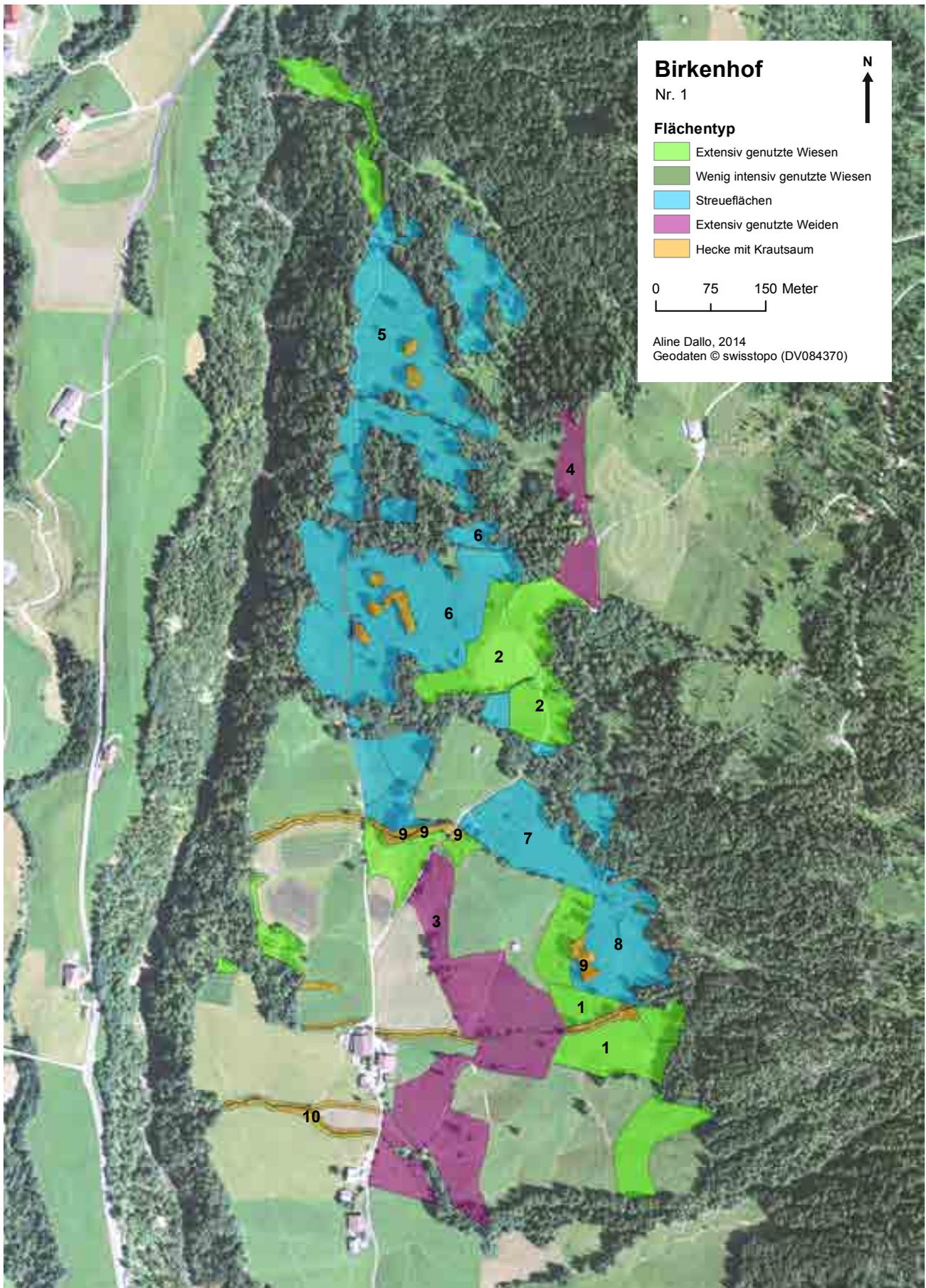
		Punkte		1 Pkt.	2 Pkt.	3 Pkt.	4 Pkt.		Einheit
3	Nutzungsparzellen								
	1 Anzahl Nutzungsparzellen (ohne Ökoflächen)								
	è 1.00 ha durchschnittliche Grösse								
	diese Zeile ist für Betriebe BZ III - IV nicht relevant	0							durchschn. ha
	Betrieb BZ III - IV	1							durchschn. ha
	Nutzungstypen								
	welche Nutzungstypen nehmen mind. 8% der LN auf dem Betrieb ein?								
	<input type="checkbox"/> Ackerkulturen <input type="checkbox"/> Mähwiesen <input type="checkbox"/> Weiden <input type="checkbox"/> Obstbau <input type="checkbox"/> Hochstamm-Obstbau <input type="checkbox"/> Rebbau <input type="checkbox"/> Gemüsebau <input type="checkbox"/> andere Spezialkulturen <input type="checkbox"/> Streueflächen								
4	0 Nutzungstypen	0							Nutzungstypen

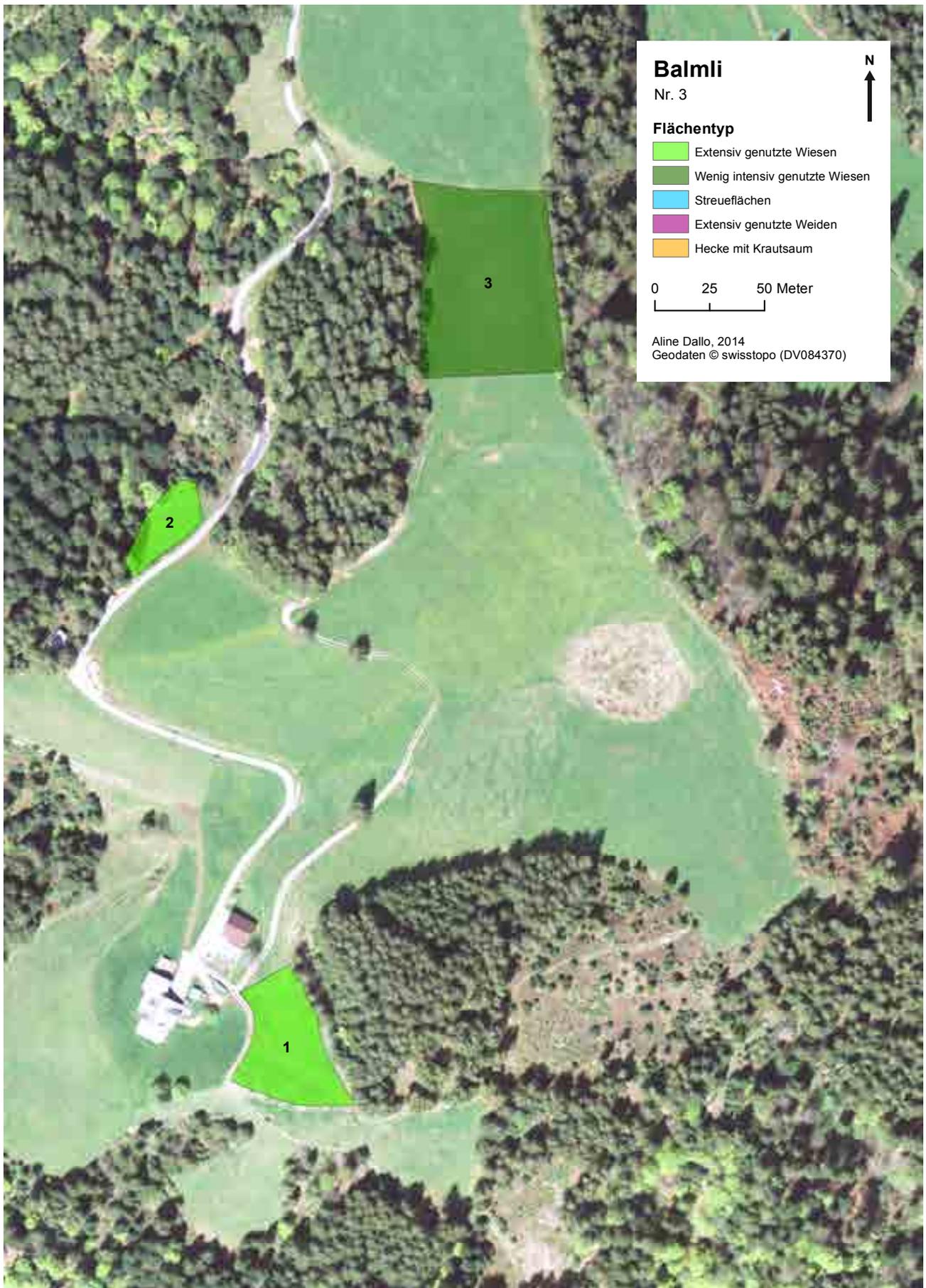
ökologischer Ausgleich

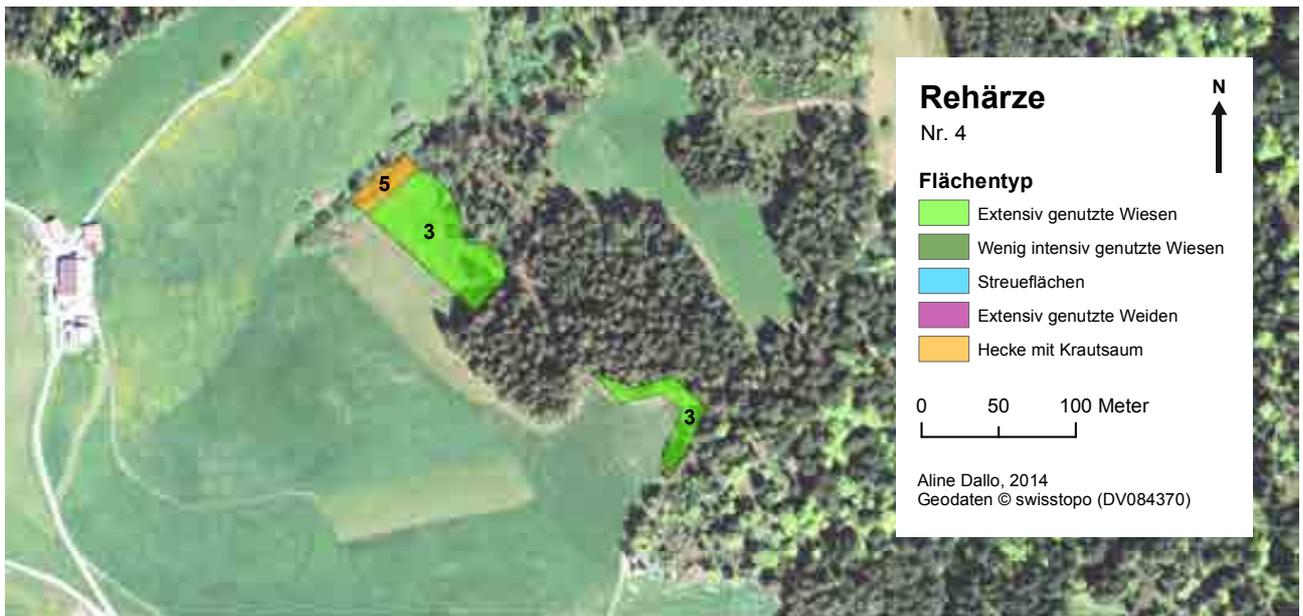
		Punkte		Summe		1 Pkt.	2 Pkt.	3 Pkt.	4 Pkt.	5 Pkt.	6 Pkt.		Einheit
5	ökologische Ausgleichsflächen (ÖAF)												
	Typ	angemeldet	nicht angemeldet	mit ÖQV-Qualität	mit Projekt Qualität	mit Strukturvielfalt							
5.1	extensive Wiesen	0.00 ha	0.00 ha	0.00 ha	0.00 ha	0.00 ha							
5.2	wenig intensive Wiesen	0.00 ha	0.00 ha	0.00 ha	0.00 ha	0.00 ha							
5.3	extensive Weide und Waldweide	0.00 ha	0.00 ha	0.00 ha	0.00 ha	0.00 ha							
5.4	Buntbrachen	0.00 ha			0.00 ha	0.00 ha							
5.5	Rotationsbrachen	0.00 ha			0.00 ha	0.00 ha							
5.6	Säume auf Ackerland	0.00 ha			0.00 ha	0.00 ha							
5.7	Ackerschonstreifen	0.00 ha			0.00 ha	0.00 ha							
5.8	Hecken, Feld- und Ufergehölze	0.00 ha	0.00 ha	0.00 ha	0.00 ha	0.00 ha							
5.9	Streueflächen	0.00 ha	0.00 ha	0.00 ha	0.00 ha	0.00 ha							
5.10	Rebflächen mit hoher Artenvielfalt	0.00 ha	0.00 ha	0.00 ha		0.00 ha							
5.11	übrige Typen	0.00 ha	0.00 ha		0.00 ha								
5.12	Bäume als Ökoflächen	0	0	0									
	è Bäume als Fläche	0.00 ha	0.00 ha	0.00 ha		0.00 ha							
5.13	Total Ökoflächen ohne Bäume		0.00 ha			0.00 ha							
5.13.1	in % der LN		0.0%										
5.14	Total Ökoflächen inkl. Bäume		0.00 ha										
5.14.1	Total Ökoflächen inkl. Bäume in % der LN		0.0%										
5.14.2	für Betriebe BZ I - II nicht relevant												
5.14.3	Betrieb BZ III - IV												
5.15	Ökoflächen auf Ackerflächen		0.00 ha	0.00 ha									
5.15.1	% auf Ackerflächen		0.0%	0.00 ha									
5.16	Ökoflächen auf Dauergrünland/Streueflächen		0.00 ha	0.00 ha									
5.16.1	% auf Dauergrünland/Streueflächen		0.0%	0.0%									
5.17	Total Ökoflächen mit Qualität			0.00									
5.17.1	in % der LN			0.0%									
6.1	0.00 ha Ökoflächen in der Tal-/Hügellz.		0.0% LN in TZHZ										
6.1.1	0.00 ha Ökoflächen in der BZ I - II		0.0% LN in BZ I - II										
6.1.2	0.00 ha Ökoflächen in der BZ III - IV		0.0% LN BZ III - IV										
7	Grossflächige Ökoflächen mit Qualität												
7.1	0 Anzahl Öko-Einzelflächen über 25 a mit Qualität (1 Fläche à 75 a = 3)												
	è 0.0 grossflächige Ökoflächen pro 20 ha LN												
8	Ökoflächen mit Strukturvielfalt												
8.1	0.00 ha Total Ökoflächen mit Strukturvielfalt												
	è 0.0% der LN												
9	räumliche Verteilung der Ökoflächen												
9.1	0 Anzahl separate Ökoflächen von mindestens 10 a (1 Fläche à 75 a = 1)												
	è 0.0 ÖAF auf 20 ha LN												
Punkte Betrieb und ökologischer Ausgleich											1.0		

Aufwertungsmassnahmen auf Produktionsflächen										
offene Ackerfläche		Punkte	Summe	0.5 Pkt.	1 Pkt.	1.5 Pkt.	2 Pkt.	Einheit		
10	Massnahmen auf Ackerflächen									
10	0.00 ha Ackerbau in BZ I-III									
	è 0.0% der LN	0.00		2-3	>3-4	>4-5	>5	%		
10.1	0.00 ha Kleinflächen / patches (auf Getreide, Raps, Sonnenblumen oder Mais)									
	è 0.0% der offenen Ackerflächen	0.00		3-5	>5-10	>10-20	>20	%		
10.2	0.00 ha Weite Reihe im Getreide (2 Reihen ungedrillt)									
	è 0.0% der offenen Ackerflächen	0.00		3-5	>5-10	>10-20	>20	%		
10.3	0.00 ha Anbau Sommergetreide									
	è 0.0% der offenen Ackerflächen	0.00		3-5	>5-10	>10-20	>20	%		
10.4	0.00 ha überwinternde Gründüngung bis 14. Februar									
	è 0.0% der offenen Ackerflächen	0.00		10-15	>15-20	>20-25	>25	%		
10.5	0.00 ha Mais mit Klee/Gras-Untersaat oder Maiswiese									
	è 0.0% der offenen Ackerflächen	0.00		10-15	>15-20	>20-25	>25	%		
10.6	0.00 ha Klee/Gras-Untersaat im Getreide									
	è 0.0% der offenen Ackerflächen	0.00		10-15	>15-20	>20-25	>25	%		
10.7	0.00 ha Buntbrachenmanagement: jeweils 1/4 pro Jahr umbrechen									
	è 0.0% der offenen Ackerflächen	0.00		1.5-2	>2-2.5	>2.5-3	>3	%		
10.8	0.00 ha Verzicht auf Halmverkürzer, Insektizide, Fungizide im Getreide, Raps (Extensio, Bio)									
	è 0.0% der offenen Ackerflächen	0.00		5-15	>15-25	>25-35	>35	%		
10.8b	0.00 ha Verzicht auf Insektizide und Fungizide (ohne Getreide, Raps und Mais)									
	è 0.0% der offenen Ackerflächen	0.00		5-15	>15-25	>25-35	>35	%		
10.9	0.00 ha Verzicht auf Herbizide im Ackerbau									
	è 0.0% der offenen Ackerflächen	0.00		5-20	>20-50	>50-80	>80	%		
10.10	0.00 ha zusätzlich zu 10.9: Verzicht auf Striegel/Hackgeräte im Getreide									
	è 0.0% der offenen Ackerflächen	0.00		3.5-5	>5-10	>10-20	>20	%		
	Teilsomme Aufwertungsmassnahmen offenes Ackerland	0.00								
	offene Ackerfläche an LN: 0.0%									
Punkte offene Ackerfläche (mit Anteil Ackerfläche gewichtet)		0.0								
Grünland		Punkte	Summe	0.5 Pkt.	1 Pkt.	1.5 Pkt.	2 Pkt.	Einheit		
11	Massnahmen im extensiv genutzten Grünland (ext. Weide, ext. Wiese, wenig int. Wiese, Streufläche)									
11.1	0.00 ha Einsatz Balkenmäher									
	è 0.0% vom Dauergrünland & Streufläche	0.00		4-8	>8-12	>12-16	>16	%		
11.2	0.00 ha Verzicht auf Mähauflerler									
	è 0.0% vom Dauergrünland & Streufläche	0.00		9-12	>12-15	>15-18	>18	%		
11.3	0.00 ha gestaffelte Wiesenutzung (mit Vereinbarung mit kantonaler Naturschutzfachstelle)									
	è 0.0% vom Dauergrünland & Streufläche	0.00		2-3	>3-4	>4-5	>5	%		
11.4	0 m Doppelzäune mit Abstand 2 m in extensiv genutzten Weiden									
	è 0 m/ha Extensivweiden	0.00		50-100	>100-150	>150-200	>200	m/ha		
11.5	0.00 ha extensive/wenig intensive Wiesen und extensive Weiden in Hochstammobstgärten									
	è 0.0% vom Dauergrünland & Streufläche	0.00		1-2	>2-3	>3-4	>4	%		
12	Massnahmen im intensiv genutzten Grünland (Dauergrünland, Kunstwiesen)									
12.1	0.00 ha intensiv genutztes Grünland									
12.1.1	0.00 ha Verzicht auf Silage									
	è 0.0% des Intensivgrünlands	0.00		30-40	>40-50	>50-60	>60	%		
12.1.2	0.00 ha Einsatz Balkenmäher									
	è 0.0% des Intensivgrünlands	0.00		30-40	>40-50	>50-60	>60	%		
12.2	0.00 ha Intensivweide									
12.2.2	0 m Doppelzäune mit Abstand 2 m in Intensivweiden									
	è 0.0 m/ha Intensivweiden	0.00		50-100	>100-150	>150-200	>200	m/ha		
	Teilsomme Aufwertungsmassnahmen Grünland/Streufläche	0.00								
	Anteil Grünland&Streufläche an LN: 0.0%									
Punkte Grünland (mit Anteil Grünland gewichtet)		0.0								
spezielle Massnahmen Biodiversität		Punkte	Summe	0.5 Pkt.	1 Pkt.	1.5 Pkt.	2 Pkt.	2.5 Pkt.	3 Pkt.	Einheit
13	Waldrand									
13.1	0 m Waldrand aufgewertet (Länge)									
		0.00		100-200	>200-300	>300-400	>400			m
14	Genetische Vielfalt									
14.1	alte/gefährdete Tierrassen									
	0.0 DGVE									
	è 0.0% der DGVE	0.00		10-25	>25-50	>50-75	>75			
14.2	alte, regionaltypische, gefährdete und/oder resistente Obst-, Gemüse- oder Getreidesorten									
	Punkte gemäss gutachterlicher Bewertung der Berater	0.00								
15	spezifische Massnahmen für Zielarten									
	z.B. Wassermatten, Benjeshecke, Streifenmähd, Tümpel, Teiche, Trockenmauern, Nistkästen, offene Bodenstellen, Infrarot-Retter, Amphibienzäune usw.									
	Punkte gemäss gutachterlicher Bewertung der Berater	0.00								
Punkte spezielle Massnahmen Biodiversität		0.0								
Punkte Biodiversität Total		1.0								
C. Ressourcenschutz		Punkte	Summe	0.5 Pkt.	1 Pkt.	1.5 Pkt.	2 Pkt.	2.5 Pkt.	3 Pkt.	Einheit
16.1	0% der Gülle mit Schleppllauch verteilt									
	nein zusätzlich zu 16.1 alle Güllelager mit fester Abdeckung (ja / nein)	0.00		10-30	>30-50	>50-70	>70			%
16.1.1	nein zusätzlich zu 16.1 alle Laufhöfe mit perforiertem Boden und Windschutzvorrichtungen (ja / nein)	0.00								ja/nein
16.1.2	nein RP-Gehalt des Schweinefutters max. gemäss Empfehlungen von Agroscope ALP	0.00								ja/nein
16.3	0% Standard N-Ausnutzungsgrad des Hofdünger-N in der Suisse-Bilanz									%
16.4	0% offene Ackerfläche mit pfluglosem Anbau									%
		0.00		5-20	>20-45	>45-60	>60-75	>75		%
Punkte Ressourcenschutz		0.0								
Gesamtpunktzahl	1.0	davon aus Biodiversität:	1.0	Zielwert: 12 Punkte (ab 2013: 17 Punkte, wovon mind. 15 aus Biodiversität)						
Bemerkungen:										
Version allgemein Berg 2010.4										
© Forschungsinstitut für biologischen Landbau und Schweizerische Vogelwarte, April 2010										

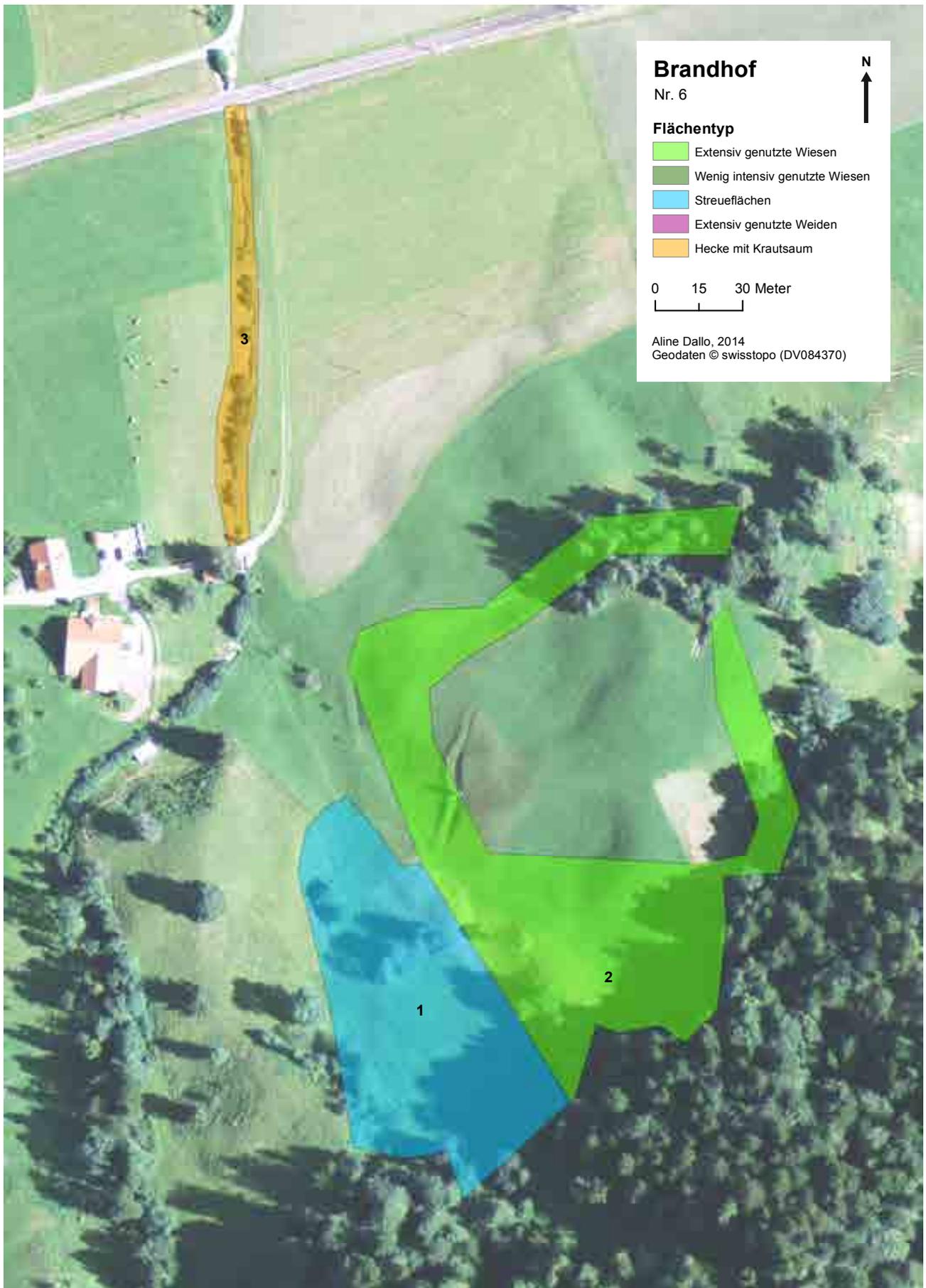
Anhang 4: Übersichtskarten

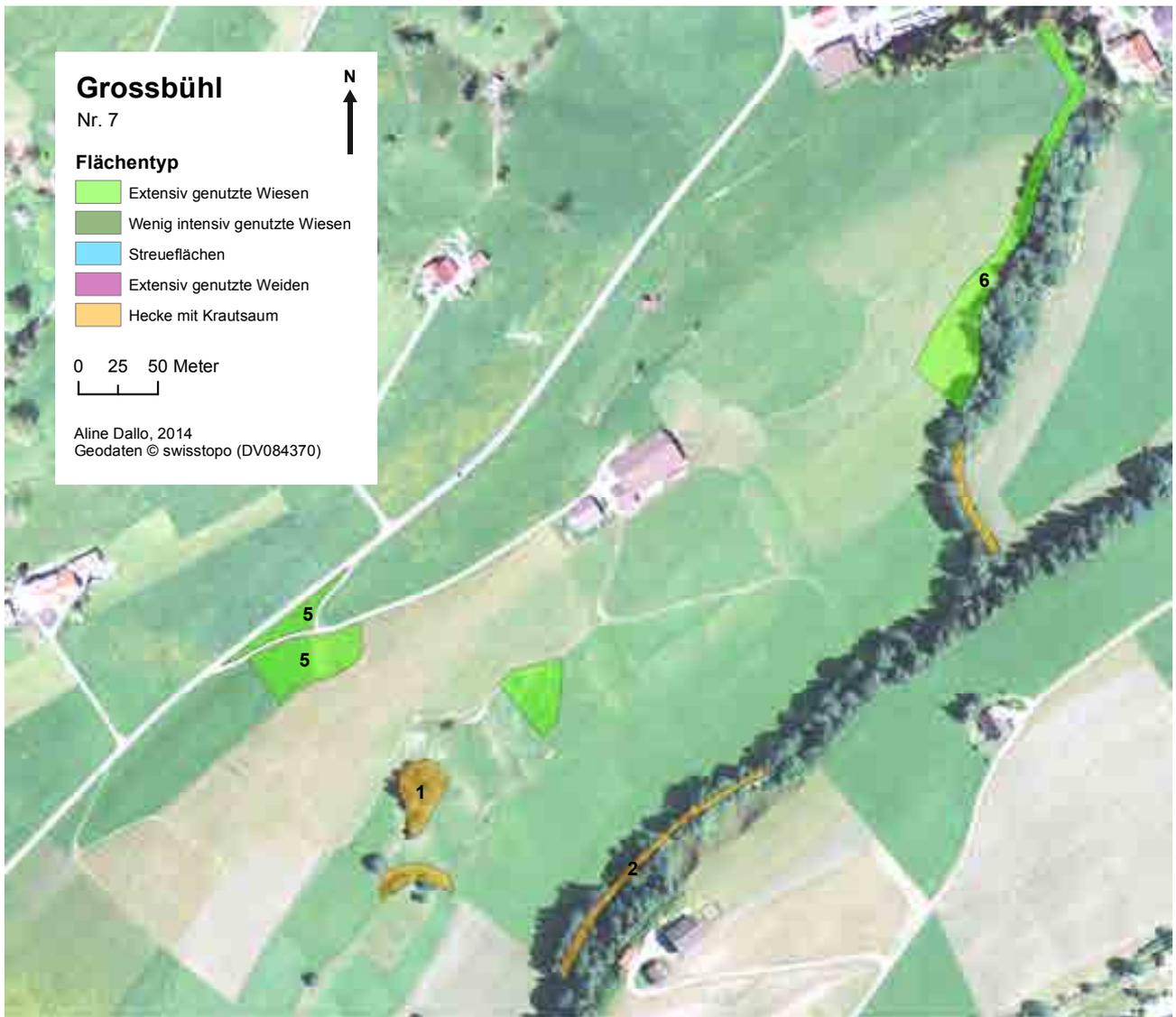


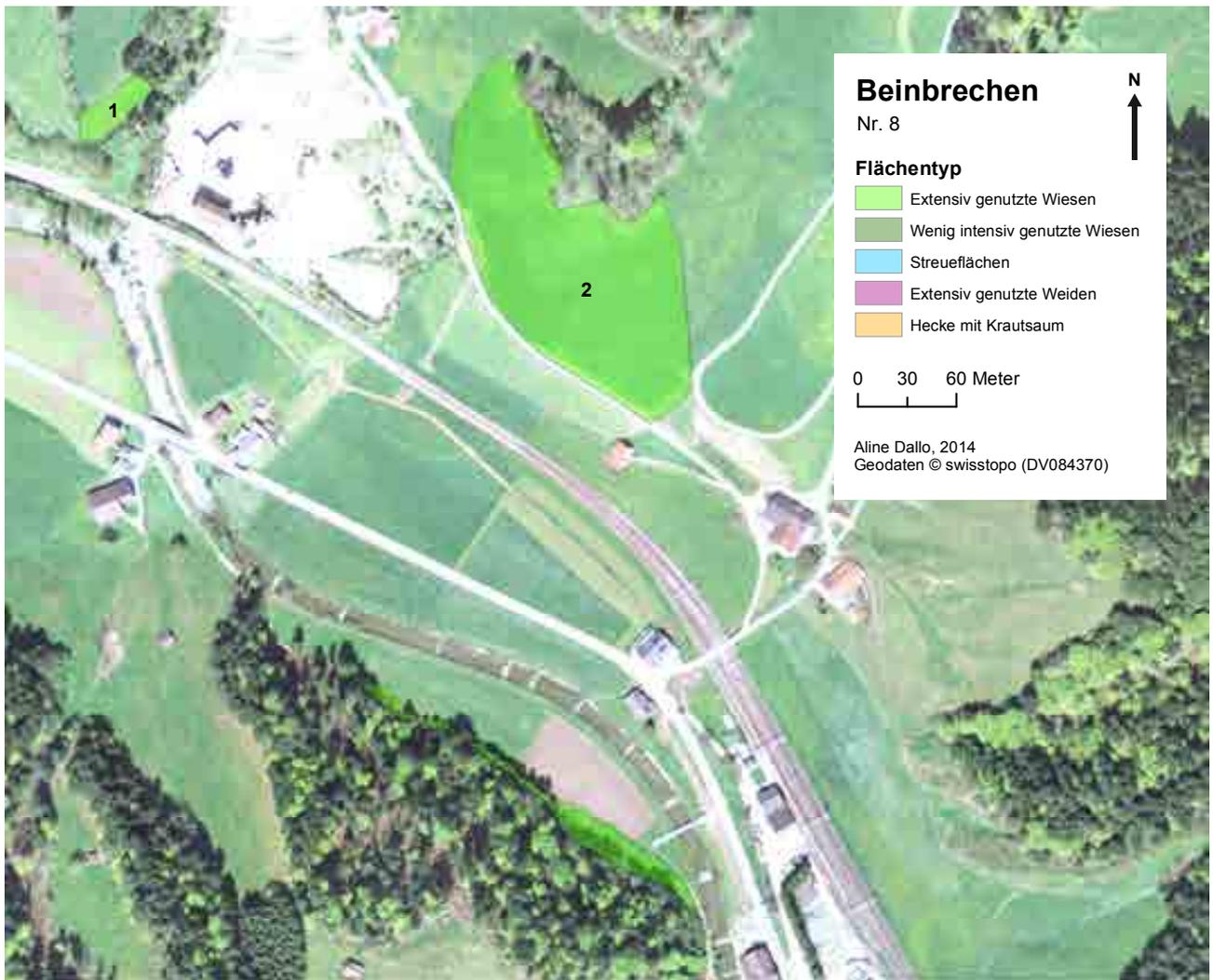


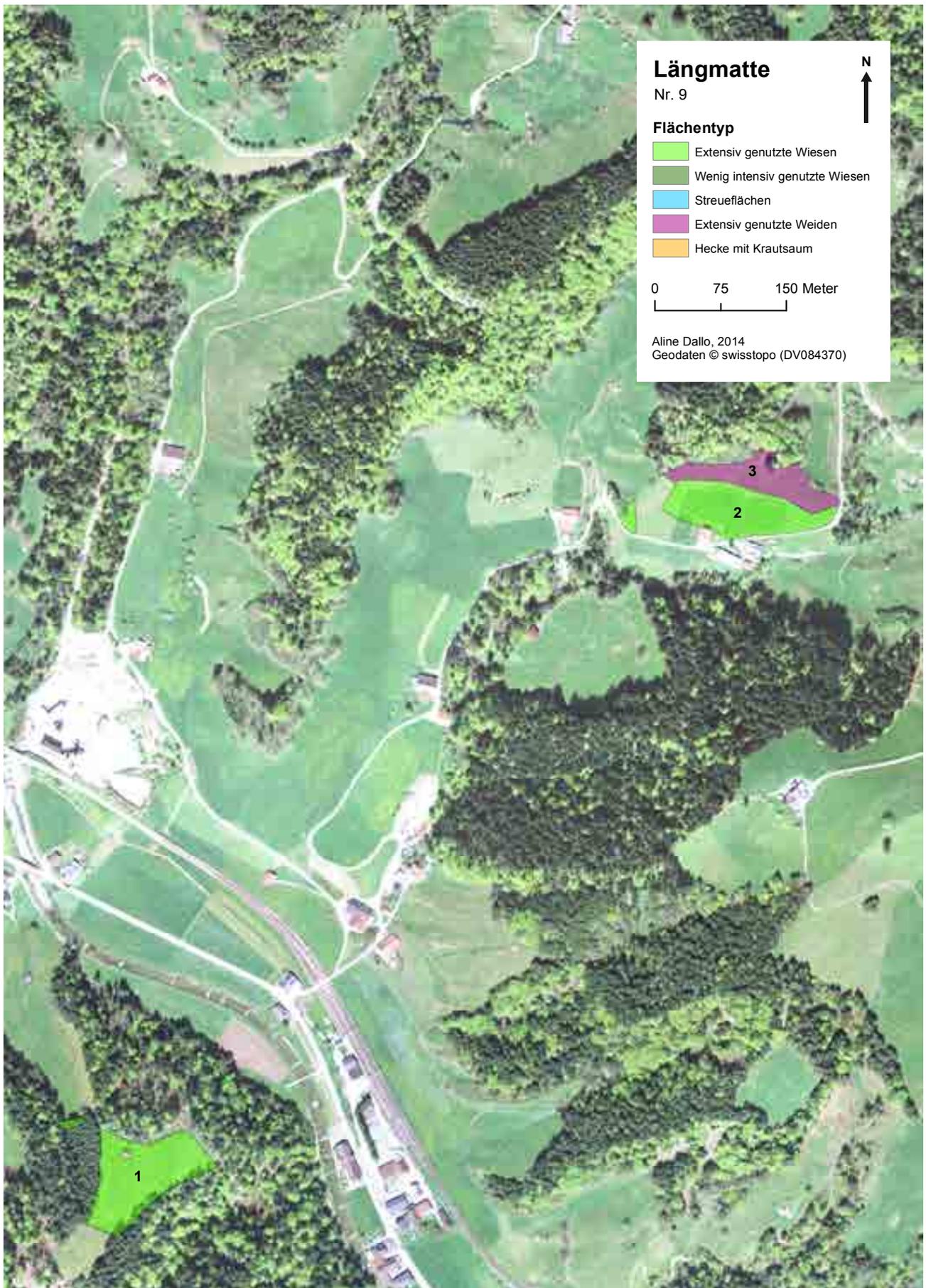


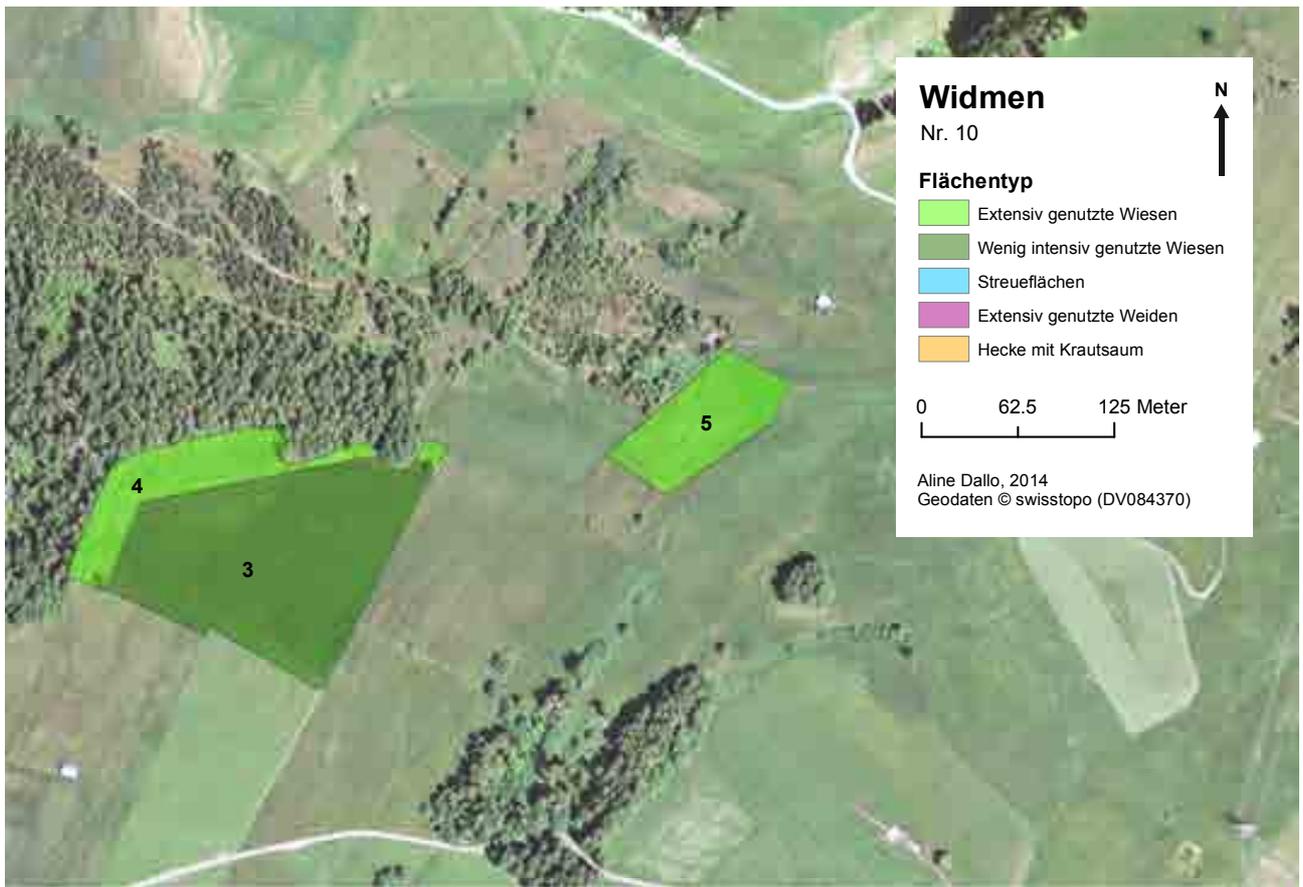












Anhang 5: Untersuchungsflächen

Tab. 1: Untersuchungsflächen nach Betrieben

Betrieb	Flächennummer	Typ	Kartierdauer (Minuten)	Flächengrösse (Aren)
1	1.01	Extensive Wiese	11.0	131
	1.02	Extensive Wiese	11.6	190
	1.03	Extensive Weide	8.0	81
	1.04	Extensive Weide	8.9	88
	1.05	Streuefläche	11.0	253
	1.06	Streuefläche	11.0	332
	1.07	Streuefläche	11.0	155
	1.08	Streuefläche	11.7	144
	1.09	Hecke mit Saum	3.0	32
	1.10	Hecke mit Saum	2.8	32
2	2.01	Hecke mit Saum	5.0	11
	2.02	Hecke mit Saum	5.0	8
	2.03	Hecke mit Saum	6.0	12
	2.04	Extensive Wiese	30.0	94
	2.05	Extensive Wiese	30.0	95
	2.06	Extensive Wiese	14.0	21
3	3.01	Extensive Wiese	20.0	20
	3.02	Extensive Wiese	11.0	8
	3.03	Wenig intensive Wiese	59.0	53
4	4.01	Extensive Wiese	25.0	47
	4.02	Extensive Wiese	25.0	54
	4.03	Extensive Wiese	23.0	50
	4.04	Hecke mit Saum	3.5	9
	4.05	Hecke mit Saum	3.5	7
	4.06	Extensive Wiese	10.0	14
5	5.01	Extensive Wiese	20.0	27
	5.02	Extensive Wiese	21.2	37
	5.03	Extensive Wiese	30.0	39
	5.04	Hecke mit Saum	18.8	35
6	6.01	Streuefläche	31.5	68
	6.02	Extensive Wiese	48.2	104
	6.03	Hecke mit Saum	10.2	22
7	7.01	Hecke mit Saum	5.0	10
	7.02	Hecke mit Saum	5.0	10
	7.03	Extensive Wiese	30.0	100
	7.04	Extensive Wiese	30.0	169
	7.05	Extensive Wiese	7.0	22
	7.06	Extensive Wiese	13.0	44
8	8.01	Extensive Wiese	13.0	12
	8.02	Extensive Wiese	25.0	180
	8.03	Extensive Wiese	15.0	40
	8.04	Extensive Weide	37.0	113

Tagfalter-Vielfalt auf Luzerner Berglandwirtschaftsbetrieben und das Punktesystem «Mit Vielfalt punkten»

9	9.01	Extensive Wiese	36.0	100
	9.02	Extensive Wiese	36.4	106
	9.03	Extensive Weide	17.6	50
10	10.01	Extensive Wiese	18.3	145
	10.02	Wenig intensive Wiese	30.7	246
	10.03	Wenig intensive Wiese	25.0	190
	10.04	Extensive Wiese	8.0	65
	10.05	Extensive Wiese	8.0	59

Anhang 6: Begehungszeitpunkte und Witterungsbedingungen

Tab. 2: Begehungszeitpunkte und -bedingungen der Tagfaltererhebungen

Betrieb	Aufnahmeperiode	Datum	Beginn	Ende	Temperatur (°C)	Bewölkung (%)	Maximale Windstärke (Beaufort)
1	1	05.06.14	10:50	16:55	15.0	25	2.5
	2	18.08.14	10:00	16:00	18.5	10	2.0
2	1	06.06.14	13:45	16:45	22.0	10	2.5
	1	07.06.14	10:50	13:30	26.0	0	2.0
	2	10.08.14	11:30	15:30	24.0	10	2.0
3	1	06.06.14	10:25	12:45	21.0	0	1.0
	2	21.08.14	12:30	15:30	20.0	25	1.0
4	1	09.06.14	13:30	17:00	25.0	30	1.5
	2	08.08.14	12:45	16:15	22.0	25	1.5
5	1	08.06.14	17:00	17:45	26.0	0	2.5
	1	09.06.14	10:00	13:00	25.0	0	1.0
	2	28.08.14	11:30	14:15	19.5	10	2.0
6	1	07.06.14	14:00	17:15	26.0	20	2.0
	1	08.06.14	16:10	16:50	26.0	0	1.5
	2	08.08.14	09:45	12:15	21.5	0	1.0
7	1	11.06.14	10:10	15:15	24.0	0	1.5
	2	28.08.14	09:30	11:20	18.0	20	1.5
	2	28.08.14	14:20	15:30	20.0	20	1.5
8	1	10.06.14	14:00	18:00	25.0	30	1.5
	2	17.08.14	14:30	17:30	20.0	5	2.0
9	1	10.06.14	10:00	13:30	25.0	0	2.0
	2	21.08.14	09:45	12:00	18.0	15	1.5
10	1	08.06.14	10:30	15:30	24.5	0	1.5
	2	17.08.14	10:15	13:30	19.5	0	2.0

Anhang 7: Erreichte Punktzahlen der Betriebe

Tab. 3: Erreichte Punktzahlen der zehn Betriebe in den verschiedenen Teilbereichen des Punktesystems «Mit Vielfalt punkten»
 (Abkürzungen: RL=Rote Liste, UZL= Umweltziele Landwirtschaft, I=Intensives Grünland, E=Extensives Grünland,
 LN=Landwirtschaftliche Nutzfläche)

Punktekategorien	Verteilung der Punkte auf die zehn Betriebe									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Total	39.0	31.5	10.0	15.5	6.5	25.5	25.5	16.5	15.0	21.9
Biodiversität	36.0	28.0	10.0	15.5	2.5	25.5	22.5	16.5	15.0	21.9
Nutzung	4.0	2.0	3.0	2.0	2.0	2.0	3.0	4.0	2.0	0.0
Nutzungspartellen (Ø Fläche)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.0	4.0	0.0	0.0
Nutzungstypen (mind. 8% der LN)	4.0	2.0	3.0	2.0	2.0	2.0	0.0	0.0	2.0	0.0
Ökologischer Ausgleich	26.0	20.0	1.0	10.0	0.0	17.0	15.0	10.0	7.0	17.0
Ökologische Ausgleichsflächen (öAF)	6.0	4.0	0.0	3.0	0.0	4.0	5.0	6.0	0.0	5.0
öAF mit Qualität	6.0	6.0	0.0	3.0	0.0	6.0	3.0	0.0	4.0	6.0
Grossflächige öAF mit Qualität (mind. 25 a)	6.0	6.0	0.0	2.0	0.0	6.0	3.0	0.0	3.0	6.0
öAF mit Strukturvielfalt (mind. 5% Kleinstrukturen)	4.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0	0.0	0.0	0.0
Räumliche Verteilung der öAF	4.0	3.0	1.0	2.0	0.0	1.0	2.0	4.0	0.0	0.0
Offene Ackerfläche	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Grünland	6.0	3.5	6.0	3.5	0.5	6.5	4.5	2.5	3.0	4.4
Einsatz Balkenmäher (E)	2.0	1.5	2.0	1.0	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	1.0
Verzicht Mähauflbereiter (E)	2.0	1.0	2.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.5
Gestaffelte Wiesennutzung (E)	2.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0	1.5	0.0	0.0	0.0
Doppelzäune (E)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Extensives Grünland in Hochstammobstgärten	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Verzicht Silage (I)	0.0	0.0	0.0	2.0	0.0	2.0	1.0	1.0	2.0	2.0
Einsatz Balkenmäher (I)	0.0	1.0	2.0	0.0	0.0	2.0	1.5	1.0	0.5	0.0
Doppelzäune (I)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Spezielle Massnahmen	0.0	2.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.0	0.5
Aufgewerteter Waldrand	0	1.5	0	0	0	0	0	0	2	0.5
Genetische Vielfalt	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Massnahmen Zielarten	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0

Anhang 8: Tagfalter-Vielfalt auf den Betrieben

Tab. 4: Anzahl Arten und Individuen total, der Roten Liste (RL) und der Umweltziele Landwirtschaft (UZL) sowie die Diversitätsindizes Simpson, Shannon und Evenness im Vergleich zwischen den Betrieben

Betrieb	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Arten total	22	26	7	13	13	14	18	23	17	23
Individuen total	203	156	51	70	41	115	113	113	82	148
Arten RL	4	4	0	2	0	4	1	3	1	4
Anteil Arten RL (%)	18.2	15.4	0.0	15.4	0.0	28.6	5.6	13.0	5.9	17.4
Individuen RL	19	11	0	2	0	11	1	5	1	6
Anteil Individuen RL (%)	9.4	7.1	0.0	2.9	0.0	9.6	0.9	4.4	1.2	4.1
Arten UZL	12	10	2	4	6	8	8	8	6	11
Anteil Arten UZL (%)	54.5	38.5	28.6	30.8	46.2	57.1	44.4	34.8	35.3	47.8
Individuen UZL	161	37	3	6	7	47	11	15	10	43
Anteil Individuen UZL (%)	79.3	23.7	5.9	8.6	17.1	40.9	9.7	13.3	12.2	29.1
Simpson	0.85	0.76	0.50	0.76	0.83	0.83	0.86	0.92	0.86	0.75
Shannon	2.27	2.19	1.05	1.86	2.03	2.09	2.27	2.68	2.26	2.05
Evenness	0.74	0.67	0.54	0.73	0.79	0.79	0.79	0.86	0.80	0.65

Anhang 9: Weitere Ergebnisse

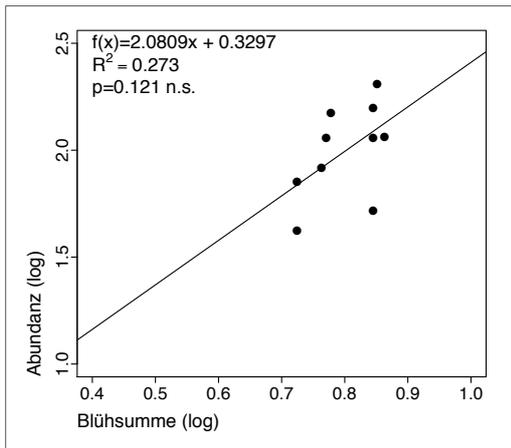


Abb. 1: Einfluss der Blühsumme (Mittelwert der untersuchten Teilflächen pro Betrieb) auf die Abundanz. Links oben in den Diagrammflächen sind die Regressionsfunktion ($f(x)$), das Bestimmtheitsmass (R^2) sowie der p-Wert des F-Tests angegeben. Alle Werte wurden mit $\log_{10}(x+1)$ transformiert.

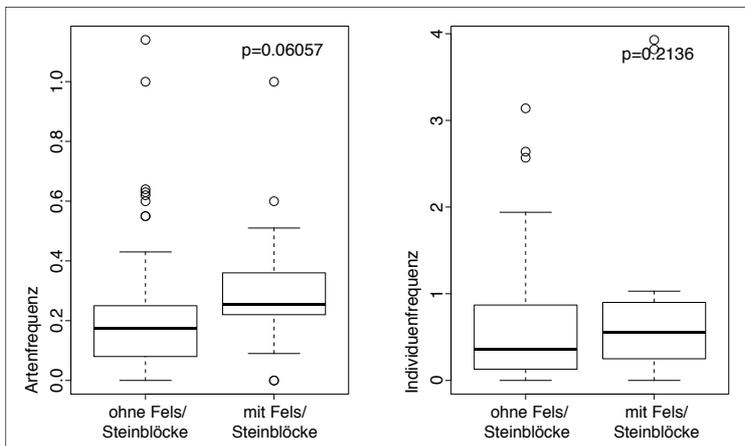


Abb. 2: Teilflächen mit ($n=7$) und ohne ($n=43$) Fels/Steinblöcke im Vergleich bezüglich der Artenfrequenz (linke Grafik) und Individuenfrequenz (rechte Grafik). Die Tagfalterfrequenz gibt die Anzahl Arten/Individuen pro Minute Kartierdauer. Innerhalb der Boxen ist der Median dargestellt. Ausreisser sind als Kreise eingezeichnet. Oben rechts sind die p-Werte gemäss einseitigem Wilcoxon-Rangsummentest angegeben.

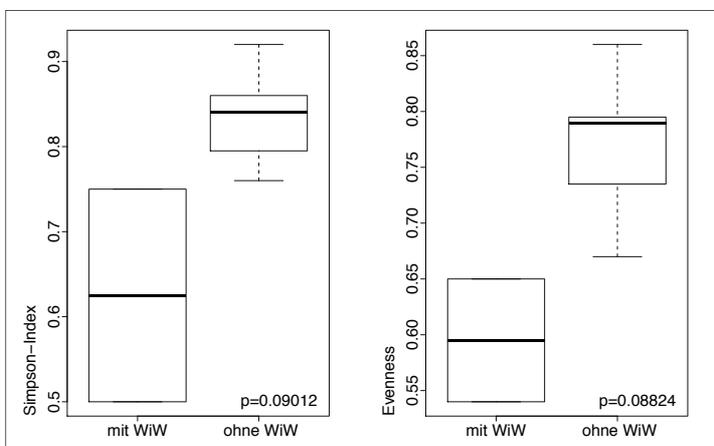


Abb. 3: Simpson-Index (linke Grafik) und Evenness (rechte Grafik) im Vergleich zwischen Betrieben mit ($n=2$) und ohne ($n=8$) wenig intensive Wiesen (WiW). Innerhalb der Boxen ist der Median dargestellt. Unten links sind die p-Werte gemäss einseitigem Wilcoxon-Rangsummentest angegeben.

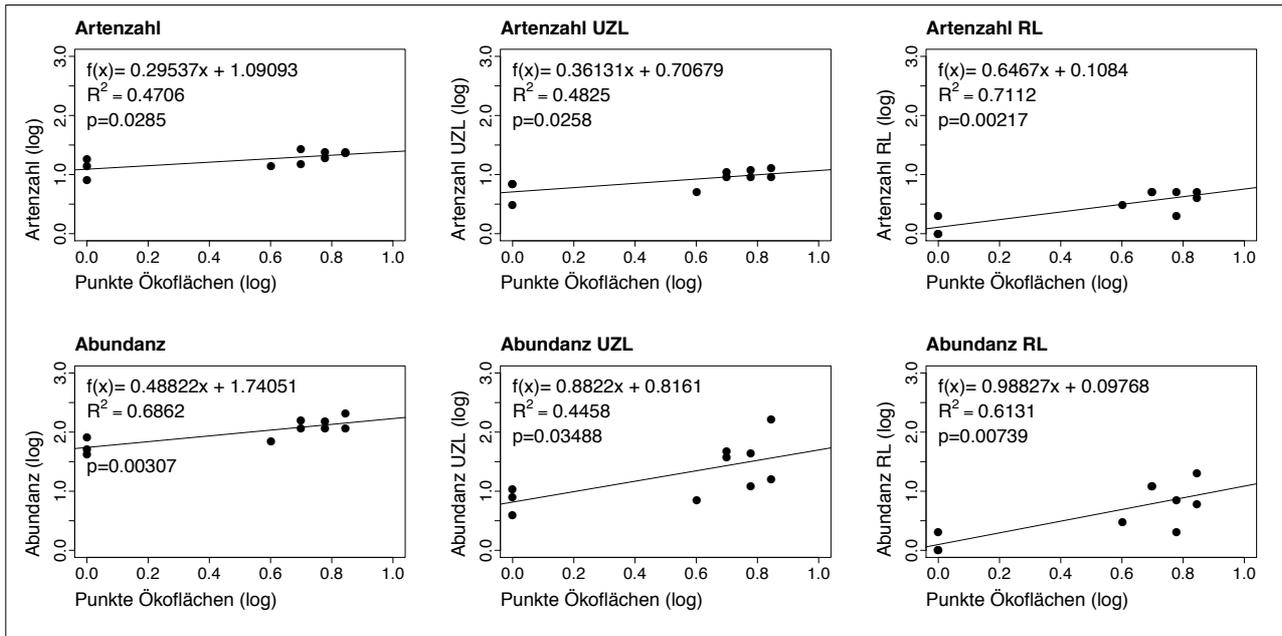


Abb. 4: Einfluss des Teilbereiches «Ökologische Ausgleichsflächen» des Punktesystems «Mit Vielfalt punkten» auf die Tagfalter-Artenzahl (obere Zeile) und -Abundanz (untere Zeile) insgesamt, der Roten Liste (RL) und der Umweltziele Landwirtschaft (UZL). Links oben in den Diagrammflächen sind die Regressionsfunktion ($f(x)$), das Bestimmtheitsmass (R^2) sowie der p-Wert des F-Tests angegeben. Alle Werte wurden mit $\log_{10}(x+1)$ transformiert.

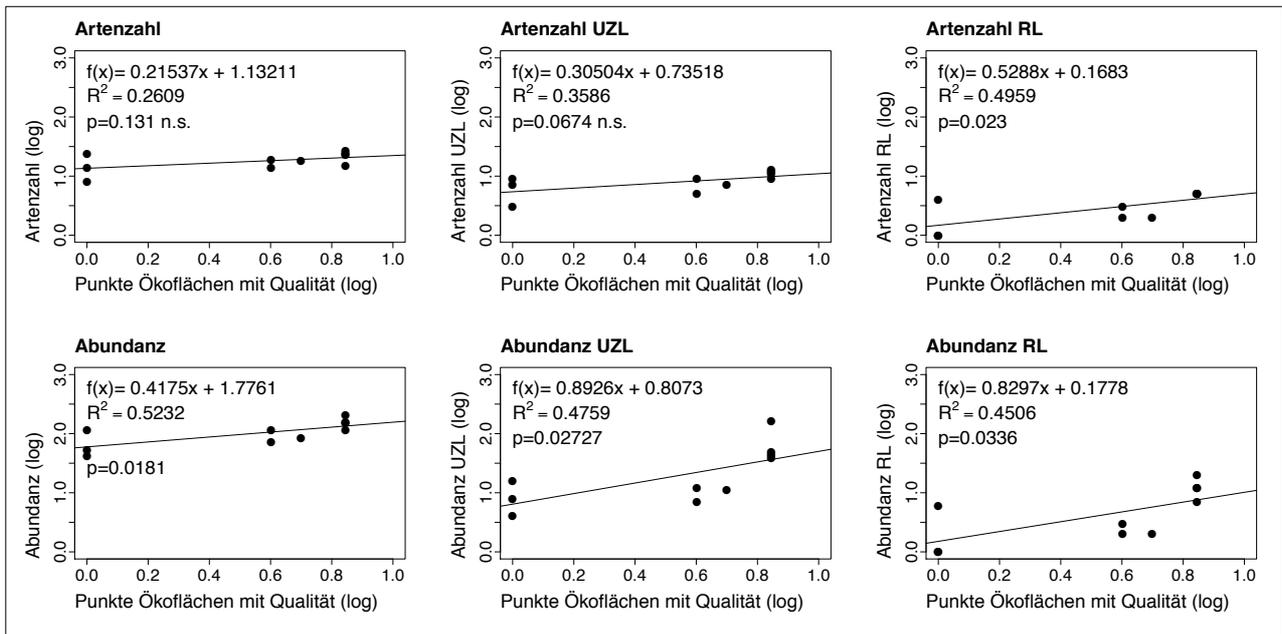


Abb. 5: Einfluss des Teilbereiches «Ökologische Ausgleichsflächen mit Qualität» des Punktesystems «Mit Vielfalt punkten» auf die Tagfalter-Artenzahl (obere Zeile) und -Abundanz (untere Zeile) insgesamt, der Roten Liste (RL) und der Umweltziele Landwirtschaft (UZL). Links oben in den Diagrammflächen sind die Regressionsfunktion ($f(x)$), das Bestimmtheitsmass (R^2) sowie der p-Wert des F-Tests angegeben. Alle Werte wurden mit $\log_{10}(x+1)$ transformiert.

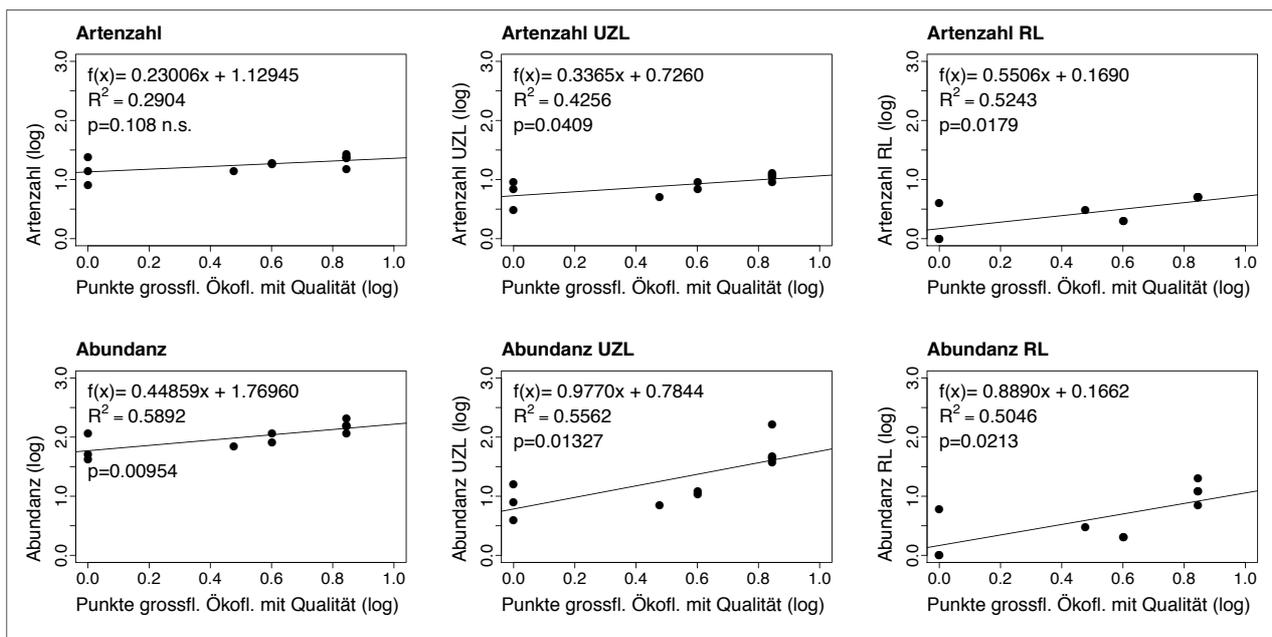


Abb. 6: Einfluss des Teilbereiches «Grossflächige ökologische Ausgleichsflächen mit Qualität» des Punktesystems «Mit Vielfalt punkten» auf die Tagfalter-Artenzahl (obere Zeile) und -Abundanz (untere Zeile) insgesamt, der Roten Liste (RL) und der Umweltziele Landwirtschaft (UZL). Links oben in den Diagrammflächen sind die Regressionsfunktion $f(x)$, das Bestimmtheitsmass (R^2) sowie der p-Wert des F-Tests angegeben. Alle Werte wurden mit $\log_{10}(x+1)$ transformiert.

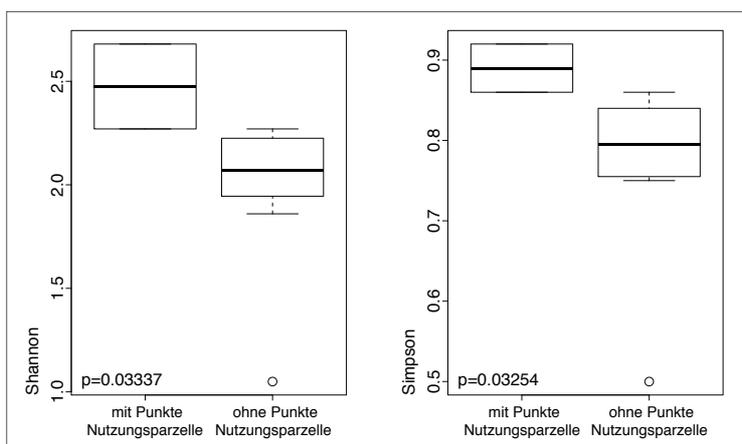


Abb. 7: Betriebe mit (n=2) und ohne (n=8) Punkte in der Unterkategorie «Nutzungsparzelle» im Punktesystem „Mit Vielfalt punkten“ im Vergleich bezüglich Shannon- (links) und Simpson-Index (rechts). Innerhalb der Boxen ist der Median dargestellt. Ausreisser sind als Kreise eingezeichnet. Unten links ist der p-Wert des einseitigen Wilcoxon-Rangsummentests angegeben.

Anhang 10: Biologische Eigenschaften der erhobenen Tagfalter

Tab. 5: Biotopnutzung, Lebensraum und Populationsdichte der erhobenen Tagfalterarten
(Quelle: Settele, Feldmann & Reinhardt 1999)

Art	Biotopnutzung	Lebensraum	Populationsdichte
<i>Aglais urticae</i>	BK	U (M1)	5–8
<i>Anthocharis cardamines</i>	V	M2	4–6
<i>Aphantopus hyperantus</i>	V	M1	2–4
<i>Aporia crataegi</i>	V	M2	6
<i>Araschnia levana</i>	M	M3	5
<i>Argynnis aglaja</i>	V	M2	5
<i>Argynnis paphia</i>	BK	M3	5–7
<i>Boloria euphrosyne</i>	BK	M2	5
<i>Boloria titania</i>	M	A	–
<i>Brenthis ino</i>	VK	H/M1	2–5
<i>Coenonympha pamphilus</i>	V	U (M1)	3–5
<i>Colias alfacariensis / C. hyale</i>	–	–	–
<i>Colias crocea</i>	V	U (M1)	2–8
<i>Cupido minimus</i>	M	X1	3–5
<i>Erebia aethiops</i>	V	M3	4
<i>Erebia ligea</i>	M	M3	4
<i>Erebia medusa</i>	V	M2	3
<i>Erebia meolans</i>	M	A	3–5
<i>Erynnis tages</i>	V	X1	4
<i>Gonepteryx rhamni</i>	V	M2	4–8
<i>Hamearis lucina</i>	M	M2	4
<i>Hesperia comma</i>	V	M1	4
<i>Inachis io</i>	BK	U (M1)	5–9
<i>Lasiommata maera</i>	V/VK	X2/M3	4–6
<i>Lasiommata megera</i>	M	M1	4/6
<i>Leptidea sinapis / reali</i>	–	–	–
<i>Lycaena hippothoe euridice</i>	M	H	4
<i>Lycaena tityrus</i>	V	M2	3
<i>Maniola jurtina</i>	V	U (M1)	1–4
<i>Melanargia galathea</i>	V	M1	3
<i>Melitaea athalia</i>	VK	M/X/H	2–5
<i>Melitaea diamina</i>	V/VK	H/X1	2–5
<i>Ochlodes venata</i>	V	U (M1)	4
<i>Pararge aegeria</i>	BK	M3	4
<i>Pieris bryoniae / P. napi</i>	–	–	–
<i>Pieris rapae</i>	V	U (M1)	2–6
<i>Polygonia c-album</i>	V	M3	6–8
<i>Polyommatus bellargus</i>	M	X1	2/5
<i>Polyommatus icarus</i>	V	U (M1)	2/5
<i>Polyommatus semiargus</i>	V	M2/H	3
<i>Satyrium w-album</i>	M	M3	2

<i>Thymelicus lineola</i>	V	M1	1–4
<i>Thymelicus sylvestris</i>	V	M2	1–4
<i>Vanessa atalanta</i>	V	U (M1)	6–9
<i>Zygaena viciae</i>	–	–	–

Legende:

Biotopnutzung

M = Mono-Biotopbewohner

V = Verschieden-Biotopbewohner

BK = Biotopkomplexbewohner

VK = Verschiedene Komplexe bewohnend

Lebensraum

U = Ubiquisten

M1 = Mesophile Arten des Offenlandes

M2 = Mesophile Arten gehölzreicher Übergangsbereiche (auch Saumstrukturen)

M3 = Mesophile Waldarten

X1 = Xerothermophile Offenlandbewohner

X2 = Xerothermophile Gehölzbewohner

H = Hygrophile Arten

A = Alpine Arten

Populationsdichte (Individuen pro Fläche)

1 = 1000/ha

2 = 260/ha

3 = 64/ha

4 = 16/ha

5 = 4/ha

6 = 1/ha

7 = 25/km²

8 = 6/km²

9 = 2/km²

Anhang 11: Bericht zur Arbeit

Der Bericht zu der vorliegenden Arbeit ist am Ende des Anhanges angefügt.

Anhang 12: CD mit Rohdaten und digitaler Version der Arbeit

Die CD befindet sich am Ende der Arbeit und enthält folgende Daten:

01. Digitale Version der Bachelorarbeit (.pdf)
02. Digitale Version des Berichtes (.pdf)
03. Artenliste, Blühsumme und Vegetationshöhe pro Betrieb (.xlsx)
04. Erhebungsdaten pro Teilfläche (.xlsx)
05. Struktursumme pro Betrieb (.xlsx)