



Bericht 2022

# Aufbau eines Pilotbetriebsnetzes Permakultur und Agroforst

Tobias Messmer

Hans Ramseier

Dominik Füglistaller

31.03.2023

## Inhaltsverzeichnis

---

1	Einleitung	3
2	Übersicht Projektstand	4
	2.1 Stand der Aktivitäten	4
3	Material und Methoden	5
	3.1 Pilotbetriebe	5
	3.2 Bodenmonitoring	8
	3.3 Bestäuberinsekten und Nützlinge	9
	3.4 Laufkäfer	9
	3.5 Kategorisierung der Untersuchungsflächen	9
4	Ergebnisse	11
	4.1 Resultate und Diskussion	11
	4.1.1 Bodenproben 2022	11
	4.1.2 Bestäuber und Nützlinge	16
	4.1.3 Laufkäfer 2022	19
	4.1.4 Laufkäfer 2020-2022	22
	4.2 Zusammenfassung	28
5	Wirtschaftlichkeit	30
	5.1 Datenerhebung	30
6	Wissenstransfer und Ausbildung	30
7	Ausblick	30
8	Danksagung	31
9	Literatur	32

# 1 Einleitung

Die Land- und Ernährungswirtschaft steht vor grossen Herausforderungen. Gemäss FAO (2017) wird die Weltbevölkerung bis 2050 auf fast 10 Milliarden anwachsen. Die Situation wird verschärft durch das erwartete Einkommenswachstum in Ländern mit niedrigen und mittleren Einkommen, indem die Ernährung in Richtung eines höheren Fleischkonsums, aber auch von Obst -und Gemüse geht. Die FAO schätzt deshalb, dass die landwirtschaftliche Produktion im Vergleich zu 2013 um rund 50% ansteigen muss (edb.). Weltweit nimmt die Ackerfläche ab. Gemäss einer Einschätzung des Umweltbundesamtes in Deutschland (2015) gehen jährlich 10 Millionen Hektaren Ackerland verloren und ein Viertel der globalen Bodenfläche enthält heute deutlich weniger Humus und Nährstoffe als vor 25 Jahren oder lässt sich gar nicht mehr als Ackerland nutzen (edb.). Weiter ist ein dramatischer Rückgang fliegender Insekten zu beobachten, zu denen zahlreiche Bestäuber und Nützlinge gehören, von welchen die landwirtschaftliche Produktion in grossem Masse abhängig ist (Hallmann et al. 2017). Auch die Laufkäfer, von welchen viele Arten räuberisch leben und Schadinsekten wie Schnecken, Blattläuse oder Kohlweisslingslarven vertilgen, sind zunehmend in Bedrängnis. Ursachen hierfür sind grossflächig ausgeräumte landwirtschaftliche Nutzflächen, sowie der Einsatz von Pflanzenschutzmitteln in den landwirtschaftlichen Reinkulturen (ebd.). Verbliebende Habitate könnten zu isoliert, fragmentiert oder zu wenig komplex sein, als dass Nützlinge in genügender Anzahl vorkommen und sich verbreiten können. Somit findet nur noch eine geringe natürliche Schädlingsregulierung statt.

All die genannten Faktoren haben weitreichende Folgen für die Landwirtschaft und unsere Ernährung. Es müssen mehr Nahrungsmittel auf kleinerer Fläche produziert werden, oft hört man den Begriff von «Ökologischer Intensivierung». Weltweit ist ein Trend hin zur Spezialisierung und grossen Agrokomplexen zu beobachten. Die Arbeitsproduktivität steigt und Anbausysteme werden weit vereinfacht bis hin zu Monokulturen. Um solche Systeme aufrecht zu erhalten, braucht es hohe Inputs an Dünger, Pflanzenschutz und Wasser. Diese Entwicklung ist kurzfristig möglicherweise zwar lohnend und kommt der Forderung nach billigen Nahrungsmitteln nach, längerfristig betrachtet aber sicher nicht nachhaltig. Ein Ansatz, mehr Nahrungs- und Futtermittel auf der vorhandenen Fläche zu produzieren und gleichzeitig den Einsatz von Hilfsstoffen zu minimieren, sind Permakultur- und Agroforstsysteme. Dieser Entwicklung darf sich die Schweiz nicht entziehen. Auch in der Schweiz müssen für die Zukunft ressourcenschonendere Systeme entwickelt und umgesetzt werden, und Permakultur ist ein solcher möglicher Ansatz.

In der Permakultur werden Produktionssysteme in der Form von Agrarökosystemen geschaffen, welche sich selbst regulieren, nur wenig Input von aussen verlangen und trotzdem hohe Erträge abwerfen. Dabei werden möglichst lokale Ressourcen so genutzt, dass die Systeme langfristig funktionsfähig bleiben (Mollison 2017). Weltweit gewinnt der Ansatz der Permakultur (PK) an Bekanntheit und wird in Gärten und auf Landwirtschaftsflächen erprobt. Auch hiesige Pionierbetriebe planen auf ihren Anbauflächen Permakultursysteme oder bewirtschaften bestehende Permakulturflächen seit mehreren Jahren erfolgreich. Die Fachgruppe «Pflanzenschutz und Agrarökologie» der Hochschule für Agrar-, Forst- und Lebensmittelwissenschaften (HAFL) begleitet seit Beginn des Jahres 2020 eine Gruppe ebendieser Betriebe. Ziel ist es, bei der Planung und Umsetzung der Permakultursysteme eine beratende Rolle zu übernehmen, sowie die Auswirkungen der Permakultur auf die Umwelt, Produktion, sowie die Wirtschaftlichkeit der Betriebe zu untersuchen. Der vorliegende Zwischenbericht soll Aufschluss geben über den aktuellen Projektstand, vorliegende Resultate und das weitere Vorgehen.

## 2 Übersicht Projektstand

Im folgenden Kapitel wird der aktuelle Projektstand dargelegt und rekapituliert, inwiefern die zu Projektbeginn gesteckten Ziele realisiert werden konnten. Anschliessend werden die Ergebnisse der letztjährigen Untersuchungen vorgestellt und besondere Resultate diskutiert.

### 2.1 Stand der Aktivitäten

In der folgenden Tabelle ist der Stand der verschiedenen Aktivitäten aufgeführt.

Tabelle 1 : Stand der Aktivitäten je Themengebiet. ■ = Ziel erreicht; ■ = in Bearbeitung; ■ = Ziel nicht erreicht

Arbeitspakete / Themengebiete	Geschätzte Stunden	Termine	2020				2021				2022				
			1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
			Quartal				Quartal				Quartal				
<b>1 Grundlagen, Beratung, Planung</b>															
1.1	Anfragen potenzielle Pilotbetriebe	10	31.03.2020	■											
1.2	Festlegung des definitiven Umfangs für das 1. Jahr	10	31.03.2020	■											
1.3	Beratung und Planung Einführung PK-Elemente	120	31.06.2020	■	■			■					■	■	
<b>2 Erhebung IST-Zustand</b>															
2.1	Festlegen der Messpunkte resp. der Aufnahmeflächen	40	31.03.2020	■				■							
2.2	Aufnahme der Umgebung	20	30.06.2020	■	■			■	■				■	■	
2.3	Auswertung der Aufnahmen	25	30.09.2020		■	■				■			■	■	■
<b>3 Bodenuntersuchungen</b>															
3.1	Bodenstruktur	100	30.06.2020/22		■			■	■				■	■	
3.2	Bestimmen des organischen Kohlenstoffes	20	30.06.2020/22		■			■	■				■	■	
3.3	Bestimmen des pH-Wertes	20	30.06.2020/22		■			■	■				■	■	
3.4	Biologische Aktivität	60	30.06.2020/21/22		■			■	■				■	■	
3.5	Auswertung Bodenuntersuchungen	20	30.11.2020/21/22			■	■					■	■	■	
<b>4 Biodiversität</b>															
4.1	Laufkäfer fangen	54	2mal/Jahr		■	■			■	■			■	■	
4.2	Bestäuberinsekten und Nützlinge erheben	35	3mal/Jahr		■	■			■	■			■	■	
4.3	Bestäuberinsekten auszählen und bestimmen	135	31.10.2020/21/22			■	■		■	■			■	■	■
4.4	Auswertung Biodiversitätsparameter	30	15.12.2020/21/22				■				■	■			■
<b>5 Wirtschaftlichkeit</b>															
5.1	Vorbereitungsarbeiten für standardisierte Aufzeichnungen	15	31.03.2020	■											
5.2	Auswertung Wirtschaftlichkeit	40	Dez.-Jan. 20/21/22			■	■				■	■			■
<b>6 Wissenstransfer</b>															
6.1	Erarbeitung eines Grobkonzeptes Wissenstransfer	10	30.04.2020		■								■		
6.2	Wissenstransfer innerhalb des Pilotbetriebsnetzes	30	2-3 Verant./Jahr		■	■			■	■			■	■	
6.3	Wissenstransfer ausserhalb des Pilotbetriebsnetzes	30	5-6 Verant./Jahr		■	■			■	■			■	■	
<b>7 Berichterstattung</b>															
7.1	Erarbeitung Zwischenbericht	15	31.12.2020/21			■					■	■			
7.2	Erarbeitung Schlussbericht	25	31.12.2022											■	■
<b>8 Projektmanagement</b>															
8.1	Projektmanagement und -monitoring	18	fortlaufend	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
8.2	Projektorganisation, Arbeitsteilung, Kontakte Partner	9	fortlaufend	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
8.3	Projektbegleitung (Organisation, Durchführung, Protokoll), 9 Sitzungen à 2h Dauer	30		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

In einigen Gebieten wurden die gesteckten Ziele nicht oder nur teilweise erreicht:

1.3: Beratung und Planung Einführung PK-Elemente: Im Jahr 2022 bestand von Seiten der Betriebe kein Bedarf an Beratung und Planung neuer Elemente. Die Betriebe befinden sich in der Etablierungsphase und sind dabei die bestehenden Elemente und Flächen weiterzuentwickeln und zu erhalten.

**2.1-2.3:** Messpunkte und Aufnahmeflächen wurden auf allen Betrieben wie im Jahr 2021 beprobt. Neu beprobt wurden Bodenprofile auf den Betrieben Tannacker, Kestenholz, Farngut und Gassner. Für die Aufnahme der Umgebung wurde im Rahmen des BNF-Programmes Emily Oliveira (aus Brasilien) angestellt. Zu Beginn war sie eine grosse Unterstützung für das Projekt, durch Probleme bei der Verlängerung ihres Visums konnte sie allerdings die Aufnahme der Umgebung nicht fertigstellen. Dadurch konnte dieses Projektziel bis dahin nicht umgesetzt werden. Neu wurde eine Masterarbeit zu diesem Thema ausgeschrieben und wir hoffen, dass dieses Teilziel in diesem Rahmen bearbeitet werden kann.

**3.1-3.5:** 2022 konnte nun Bodenproben auf den restlichen Betrieben entnommen werden, so dass nun auf allen Betrieben mit Ausnahme des neu hinzugekommen Betriebes Aebletenhof in Meilen ZH, die Basisdaten, die als Grundlage für ein weiteres Monitoring dienen sollen und mit welchen eine Entwicklung nachvollzogen werden sollen, erhoben werden. Da eine zu erwartende Entwicklung im Boden sehr langsam vonstattengeht, werden im Jahr 2023 die ersten Wiederholungsmessungen der im Jahr 2020 beprobten Bodenprofile vorgenommen.

**4.3-4.4:** Fänge der Laufkäfer und Fluginsekten wurden im Jahr 2022 planmässig vorgenommen.

**5.2:** Die Auswertungen zur Wirtschaftlichkeit gestaltet sich schwierig, da die meisten Betriebe zum einen in der Aufbauphase sind und somit keine verlässlichen Daten zur Wirtschaftlichkeit liefern können. Zum anderen haben überraschenderweise die Mehrheit der Betriebe wenig Interesse an einer Untersuchung der Wirtschaftlichkeit ihrer Permakulturflächen. Daher ist die bisherige Datengrundlage nur sehr spärlich und lückenhaft vorhanden. Dies führt dazu, dass Stand heute keine Aussage über die Wirtschaftlichkeit der Permakulturflächen gemacht werden kann. Es hat sich herausgestellt, dass die an diesem Projekt teilnehmenden Betriebe sich in erster Linie für die Fragen der Biodiversität und den Zustand des Bodens interessieren. Bei den meisten Betrieben werden nur Teilflächen (teilweise nur eine einzige Fläche) nach Permakulturprinzipien bewirtschaftet und machen dann für den Gesamtbetrieb eine Mischrechnung. Der Gesamtbetrieb muss wirtschaftlich sein. Diesen Punkt haben wir anscheinend zu wenig berücksichtigt bei der Auswahl der Betriebe.

Hier müssen bei einem weiteren Projekt sehr gezielt Betriebe ausgesucht werden, die ein wirkliches Interesse auch an der Aufnahme ihrer Wirtschaftsdaten haben. Hier kann auf das eingereichte Beratungs-Projekt «Erfassung der Wirtschaftlichkeit von Permakulturbetrieben» verwiesen werden, in welchem explizit auf die Erfassung der Wirtschaftsdaten eingegangen werden soll.

**6.1-6.3:** Im Jahr 2022 konnte ein Anlass mit den teilnehmenden Betrieben organisiert werden. Dieser fand am 11.05.2022 auf dem Biohof Horbermatt statt. Auf diesem Betrieb wurde am 04.09.2022 die Permakultur allgemein und das Pilotprojekt im speziellen im Rahmen eines Hoffestes anlässlich des 30 jährigen Jubiläums der BärnerBioBure vorgestellt. Der Anlass war mit ca. 150 Personen sehr gut besucht.

## 3 Material und Methoden

### 3.1 Pilotbetriebe

Seit Beginn des Projektes konnte ein Netzwerk von 12 Pilotbetrieben aufgebaut werden. Im Jahr 2022 wurde der Hof Aebleten in Meilen ZH, an welchen die Genossenschaft «Minga vo Meile» angeschlossen ist, neu in das Netzwerk aufgenommen. Die Abbildung 1 gibt einen Überblick über die geographische Lage der Betriebe.

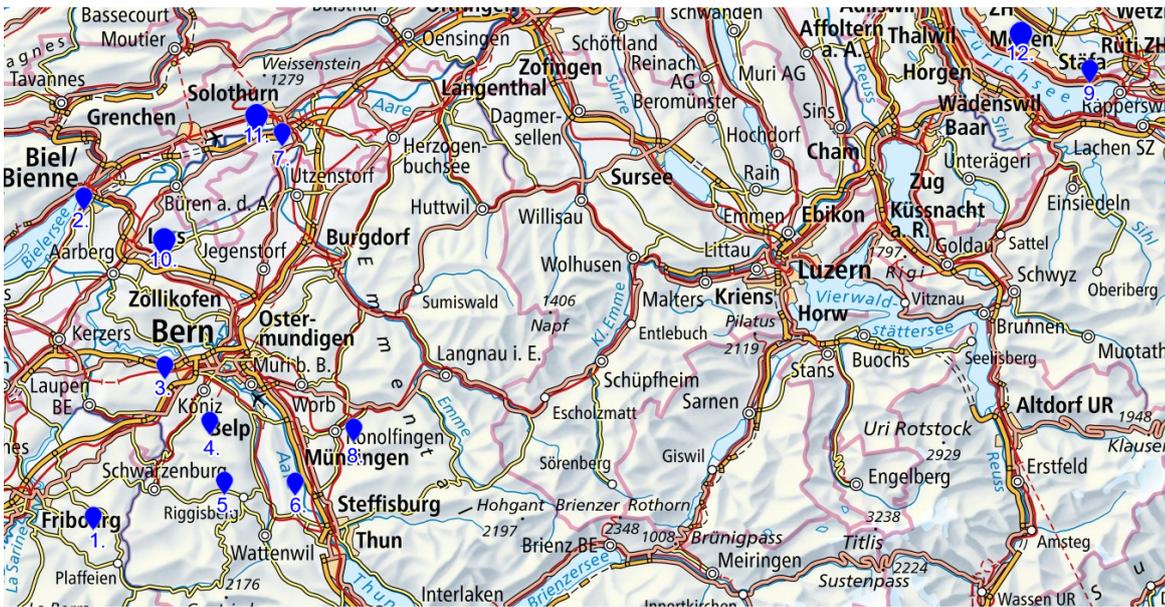


Abbildung 1 : Lage der Pilotbetriebe im Projekt «Aufbau eines Pilotbetriebsnetzes Permakultur und Agroforst», Stand 02.2022

Landschaftstypologisch liegen die Betriebe Luginbühl, Tannacker, Auenhof und Aebleten in der futterbaugeprägten Hügellandschaft des Mittellandes, die Betriebe König, Farngut, Paradies und die Genossenschaft Kirschblüte in der ackerbaugeprägte Hügellandschaft des Mittellandes, der Betrieb Gassner im Übergang von Siedlungslandschaft zur ackerbaugeprägten Hügellandschaft des Mittellandes und die Betriebe Kestenholz und Horbermatt in der stark geformten Hügellandschaft des Mittellandes. Die ackerbaugeprägten und die futterbaugeprägten Hügellandschaften des Mittellandes zeichnen sich durch eine Hügellandschaft mit glazialen Formen und Hangneigungen von meist über 10% aus.

Nr.		Vorhandene PK-Elemente (Jahr der Entstehung)	Referenzflächen
1	Biohof Tannacker	Kleinflächige Mischkultur Grossflächige Mischkultur Haselnuss- und Beerenhain Wildobsthecke	Extensivwiese Diverse Ackerkulturen
2	Betrieb Gassner	Waldgartensystem (2016) Agroforst (2019)	Diverse Ackerkulturen
3	Königs Biohof	Obstbaumanlage (2020)	Diverse Ackerkulturen
4	Biohof Horbermatt	Waldgartensystem (2020)	Weide
5	Hof Muriboden	In Planung	
6	Betrieb Luginbühl	Geplante Permakulturfläche mit Obstbäumen, Wildobst und Gemüse in Reihemischkultur	Diverse Acker- und Gemüsekulturen
7	Paradieshof	Alte Obstbaumanlage wird diversifiziert (2020)	
8	Betrieb Kestenholz	Teichanlage mit diversen Obstbäumen und Beerenobst (2016) Agroforst (2019)	Diverse Ackerkulturen
9	Permakultur Auenhof	Diverse Mischkultur-Obst- und Beerenanlagen (2020)	Wiese

		Agroforst (2020)	
		Kräuterbeete (2020)	
		Wildhecke (2020)	
10	Farngut	Agroforst (2020)	Diverse Ackerkulturen
11	Genossenschaft Kirschblüte	Mischkultur: Obst- und Beerenanlagen, ein- und mehrjähriges Gemüse (2020)	Gemüseflächen in Monokultur
12	Hof Aebleten/Genossenschaft Minga vo Meile	Kleinflächige Mischkultur mit einjährigem Gemüse (2016)	Extensivwiese (ab 2023)
		Diverse Mischkultur-Obst- und Beerenanlagen (2018)	Intensiver Obstbau (ab 2023)
		Agroforst (2021)	

Tabelle 2 : Pilotbetriebe, vorhandene PK-Elemente und Referenzflächen.

Die Form der Landwirtschaft ist jeweils intensiv mit den jeweiligen Schwerpunkten Acker- beziehungsweise Futterbau. Die stark geformte Hügellandschaft des Mittellandes ist gekennzeichnet durch ein kleinräumig stark ausgeprägtes Relief und ein mosaikartiges Landnutzungsmusters mit vor allem Futterbau und Heimweiden (BAFU, 2011). Sowohl topographisch und klimatisch als auch betreffend der landwirtschaftlichen Intensität in ihrer Umgebung decken die Betriebe daher ein breites Spektrum ab. Alle Betriebe sind entweder zertifizierte Biobetriebe oder wirtschaften nach den BioSuisse-Richtlinien, die auf den Betrieben als Mindestanforderung angesehen werden. Hauptsächlich Ackerbau betreiben Farngut, Gassner, Horbermatt, Kestenholz, König und Paradies, Gemüsebau die Genossenschaft Kirschblüte, Luginbühl und Tannacker. Die Betriebe Horbermatt und König sind auch im Futterbau tätig. Der Auenhof wird seit 2020 zu einem Lern- und Demonstrationshof für Permakultur umgestaltet, auf dem verschiedene Permakultur-Elemente, wie Waldgärten oder Agroforst, etabliert werden.

Im Jahr 2022 wurde der Hof Aebleten, der mit der Genossenschaft Minga vo Meile zusammenarbeitet, in das Projekt aufgenommen. Dieser Hof wurde hinzugenommen, da er räumlich nahe am Auenhof liegt und somit die Beprobung rationalisiert werden kann. Die Genossenschaft besteht seit 2016 und folgt den Prinzipien der Solidarischen Landwirtschaft. Dies bedeutet, dass die Genossenschafter\*innen 16 Stunden im Jahr auf dem Betrieb mitarbeiten und die Produkte aus den Gärten selbst ernten. Mit der Gründung der Genossenschaft entstand ein kleinräumiger Gemüsebau mit Mischkulturen, ab 2018 kam ein Agroforstsystem im Keylinesystem mit diversen Obst-Beeren-Gemüse-Mischkulturen in Reihenanbau hinzu und 2022 wurde auf einer entfernten Parzelle des Hofes ein Agroforstsystem mit Wiesengräben angelegt. Dort wurden 2022 Baumhaseln in Reihen gepflanzt und die Flächen dazwischen mit Gründüngerpflanzen ausgesät. Daneben ist das Betreiberehepaar Jeannine und Lukas van Puijenbroek sehr aktiv in den Bereichen Regenerative Landwirtschaft, Solidarische Landwirtschaft und Agroforst.

In Tabelle 2 sind die PK-Elemente der Betriebe aufgelistet. Um beurteilen zu können, ob sich die Entwicklung der jeweils untersuchten Parameter mit dem Vorhandensein der PK-Elemente begründen lässt, wurden auf allen Betrieben Referenz- oder Vergleichsflächen gewählt, welche entweder als Wiese, Weide oder als Fruchtfolgefläche (FFF) bewirtschaftet werden. Als Waldgarten werden im folgenden Anlagen bezeichnet, die eine Mischung aus (Obst-)bäumen, Beerenobst und Unterkulturen, wie beispielsweise Gemüse, Stauden, Pilzen, bodendeckende Pflanzen und/oder Kletterpflanzen, aufweisen. Unter dem Begriff Agroforst werden Anlagen verstanden, in denen Ackerkulturen in Fruchtfolge zwischen Baumreihen angebaut werden, die aus Wildobst, Wertholzbäumen und/oder stickstoffbindenden Baumarten bestehen.

### 3.2 Bodenmonitoring

Auf den Betrieben wurden Spatenproben auf den Permakulturflächen und jeweiligen Referenzflächen genommen und die Parameter Festigkeit der Bodenstruktur, Aggregatform und -grösse, Porosität, Farbe und Geruch, Durchwurzelung, Anzahl der Regenwürmer und Bodenfeuchte sowie mittels Fühlprobe die Bodenart für jeden Horizont erfasst. Mit der Aufnahme dieser Parameter auf den Permakulturfläche im frühen Stadium der veränderten Bearbeitung soll der ursprüngliche Zustand des Bodens abgebildet werden. Durch die weitere Erhebung in den folgenden Jahren soll so die Wirkung der veränderten Bearbeitung auf die oben genannten Bodenparameter festgestellt werden. Zum Vergleich werden die gleichen Parameter auf Referenzflächen aufgenommen.

Bei der Spatenprobe wird mit einem Spaten (idealerweise 45 Zentimeter lang) eine kleine Grube von 70 cm Länge, 40 cm Breite und 40 cm Tiefe ausgehoben. Man gräbt von zwei Seiten und achtet darauf, dass auf der einen Seite der Boden durch den Spaten nicht gepresst wird. Dort sticht man am Schluss eine zirka 10 cm dicke Erdscheibe heraus, die daraufhin auf die oben genannten Parameter hin untersucht wird.

Anschliessend werden mit einem Bodenbohrer («Holländer») an verschiedenen Stellen um die Profilgrube horizontweise Proben entnommen, in Plastikbeutel verpackt und ins Labor gebracht. Dort werden die Proben luftgetrocknet und zur weiteren Bearbeitung aufbewahrt.

Im Labor für Boden und Umwelttechnik (Ibu) in 3602 Thun wurden an den Proben folgende Parameter nach den Referenzmethoden der Agroscope erhoben (Flisch et al. 2017): pH-Wert, Humusgehalt, die pflanzenverfügbare Nährstoffe Ca, Mg, K, P, die potentielle Kationenaustauschkapazität, sowie der Gesamtgehalt an Ca, Mg, K, P, Al, Fe.

Für die Messung biologischer Aktivität im Boden wurde in Kooperation mit dem ETH-Spin-off Digit soil die Aktivität von 5 Enzymen gemessen. Diese Enzyme stehen mit dem Kohlenstoff-, Stickstoff- und Phosphorkreislauf in Verbindung und können somit die Fruchtbarkeit der Böden massgeblich beeinflussen (Tabelle 3).

Tabelle 3: Die gemessenen Enzyme, ihre Bedeutung für den jeweiligen Nährstoffkreislauf und Art des Substrates, welches sie abbauen.

Abkürzung	Enzym	Involvierter Nährstoffkreislauf	Natürliches Substrat/Prozess
NAG	$\beta$ -glucosaminidase	Kohlenstoff	Hydrolyse von Chitin
GLS	$\beta$ -glucosidase	Kohlenstoff	Beta-D-Glukoside und Oligosaccharide (Freisetzung von Glukose)
MUX	$\beta$ -Xylosidase	Kohlenstoff (Abbau von Hemicellulose)	Hydrolyse von Hemicellulose (beta-D-Xylans and Xylobiose)
MUP	phosphatases (Phosphomonerases)	Phosphor	Bestandteile mit Phosphat-Monoester
LAP/LEU	Amino-peptidase-leucin	Stickstoff	Hydrolyse von Leucin am N-Terminus von Polypeptide and Proteinen

Hierzu wurden im Oktober 2022 60 Bodenproben (20 Standorte mit jeweils 3 Replikaten) mit dem Holländerbohrer in den Ah- und Ap-Horizonten von 0-10 cm Tiefe auf 8 Betrieben (Farngut, Gassner, Horbermatt, Luginbühl, Kestenholz, Kirschblüte, Paradies und Tannacker) in den Flächenkategorien Fruchtfolgeflächen (FFF), Baumreihen (in Agroforst- und Permakultursystemen), in der Mitte von

Fruchtfolgeflächen, die an die Baumreihen angrenzen (Agroforst-FFF) und Permakulturflächen entnommen. Anschliessend wurden die Proben bis zur Messung auf 4°C gekühlt gelagert und zur Messung auf Raumtemperatur (23-24°C) gebracht.

### **3.3 Bestäuberinsekten und Nützlinge**

Auf den Betrieben wurden jeweils Flächen festgelegt, welche mit Hilfe der Keschnetze beprobt werden sollten. Es wurden Flächen gewählt, auf welchen bereits PK-Elemente bestehen oder solche geplant sind. Ergänzend wurden auf allen Betrieben Referenzflächen zum Vergleich gewählt (Tabelle 2). Die Beprobungen wurden im Jahr 2022 während der Hauptaktivität der Insekten von Juni bis August dreimal wiederholt. Bei jeder Beprobung werden 50 Kescherschläge bei «Flugwetter» für Insekten gemacht (Wind < 15 km/h, Temperatur 20-30 °C). Nach dem letzten Schlag wird das Netz verschlossen und in einer Kühlbox aufbewahrt. Bei Ankunft im Labor werden die Insekten eingefroren und fortlaufend sortiert. Dabei werden unterschiedliche Arthropoden-Gruppen erfasst, die sich in ihrer Bedeutung als Bestäuber und natürliche Feinde von Schädlingen unterscheiden. Eingeteilt wird in folgende taxonomische Gruppen: Honigbienen, Hummeln, übrige Wildbienen, Raubwanzen, Schwebfliegen, Schlupfwespen, Marienkäfer, Weichkäfer, Kurzflügler, Florfliegen, Raubfliegen, Spinnen, Ameisen und übrige Zweiflügler. Die restlichen Arthropoden wie etwa Schmetterlinge oder Wespen werden nicht besonders kategorisiert.

### **3.4 Laufkäfer**

Für die Laufkäferfänge wurde für die Wahl der Fallenstandorte analog den Kescherfängen vorgegangen. Die Beprobungen mit den Barberfallen wurde 2022 während der Hauptaktivität der Käfer von Juni bis August zweimal wiederholt.

Zum Aufstellen einer Barberfalle werden Plastikbecher (Durchmesser 9 cm) am gewünschten Standort im Boden versenkt, sodass der Becherrand möglichst bündig mit der Bodenoberfläche ist. Der Becher wird mit ein bis zwei Dezilitern Koservierungsflüssigkeit (Propylenglykol gemischt mit Wasser) gefüllt (2:1 Propylenglykol : Wasser). Die Falle wird mit einem kleinen Dach versehen, damit diese bei Regen nicht überläuft. Die Barberfallen werden jeweils nach 14 Tagen geleert, der Inhalt anschliessend im Labor sortiert. Dabei werden die Anzahl Individuen der taxonomischen Gruppen der Laufkäfer gezählt und erfasst. Die Laufkäfer der Saison 2022 wurden von einem Spezialisten bis auf Artniveau bestimmt.

### **3.5 Kategorisierung der Untersuchungsflächen**

Mit dem Monitoring der Insekten soll untersucht werden, wie sich eine Bewirtschaftung nach den Prinzipien der Permakultur und dadurch entstehende Strukturen auf landwirtschaftlichen Nutzflächen auf die Population verschiedener Insektengruppen (Artenzahl, Individuenzahl, Zusammensetzung der Population) auswirkt. Um nicht nur die einzelnen Betriebe bewerten, sondern eine Synthese über die vorhandenen Strukturen herstellen zu können, ist es notwendig vergleichbare Kategorien zu schaffen. Diese können im Anschluss auch statistisch beurteilt werden. Kategorien sind in aller Regel standardisiert, um dies gewährleisten zu können. Im Falle dieser Arbeit ist dies nicht einfach, da die einzelnen Betriebe ihre Permakultursysteme mit verschiedenen Elementen individuell gestaltet haben. Zusätzlich erschwert die Lage der Betriebe einen direkten Vergleich. Sie liegen geographisch zum Teil weit auseinander, was sich unter

anderem in der landschaftstypologischen Einteilung in drei verschiedene Einheiten ausgedrückt. Somit ergeben sich klimatische und topographische Unterschiede. Trotzdem wird der Versuch gemacht, Kategorien zu bilden, die in sich möglichst einheitlich und untereinander möglichst verschieden sind, um zu einer Bewertung der Elemente zu gelangen. Im Folgenden werden die Kategorien kurz vorgestellt:

- **Agroforst/Wiese und Agroforst/Fruchtfolgefläche:** Bei dieser Kategorie stehen Baumreihen in der Art des «Alley cropping» entweder entlang einer Wiese oder einer Fruchtfolgefläche. Die Zusammensetzung der Baumarten in der Reihe variiert hierbei von Obstbäumen, Wildobst oder Pioniergehölzen, die zum Teil Stickstoff aus der Atmosphäre binden können. Diese Elemente befinden sich auf den Betrieben Auenhof, Gassner, Kestenholz, Farngut, Hof Aebleten und Genossenschaft Kirschblüte.
- **Extensivwiese:** In diese Kategorie fallen Wiesen, die nach den Vorgaben der Agridea entweder Qualitätsstufe 1 oder 2 haben und dementsprechend bewirtschaftet werden. Extensivwiesen sind auf folgenden Betrieben zu finden: Auenhof, Horbermatt, Farngut, Genossenschaft Kirschblüte, Tannacker.
- **Fruchtfolgeflächen (FFF):** Dies sind «ackerfähige» landwirtschaftliche Nutzflächen, also Ackerland, Kunstwiesen und ackerfähige Naturwiesen, und werden auf den Betrieben selbst biologisch bewirtschaftet. Die Referenzfläche beim Betrieb Tannacker wird jedoch konventionell bewirtschaftet. In diesem Projekt werden ausschliesslich Ackerland und Kunstwiesen als Fruchtfolgeflächen bezeichnet. Sie dienen als Vergleichsflächen zu den anderen struktureicheren Elementen auf den Betrieben. Bis auf den Auenhof sind FFF auf allen Betrieben vorhanden.
- **Gemüseflächen:** Hier werden meist in Reihemischkultur Gemüse und Kräuter angebaut. Dieses Element befindet sich bei den Betrieben Auenhof, Farngut, Luginbühl, Kestenholz, Hof Aebleten und Tannacker.
- **Hecke/Gemüsefläche/Weide/Wiese:** Hier grenzt eine Hecke unterschiedlicher Qualität jeweils an eine Fruchtfolgefläche, Gemüsefläche, Weide oder Wiese. Auf den Betrieben Auenhof, Horbermatt und Tannacker ist dieses Element vorhanden.
- **Permakultur:** Dies ist diejenige Kategorie, die am weitesten gefasst und in ihrer Gestaltung am variabelsten ist. Hierunter verstehen wir Flächen, auf welchen ein- und mehrjährige Pflanzen in Mischkultur angebaut werden. Hierzu zählen Baumscheiben (König), traditionelle Hochstammfeldobst- oder Niederstammanlagen, die gerade umgestaltet werden (König, Paradies), Beerenobst- und Wildobstanlagen, die mit weiteren ein- oder mehrjährigen Pflanzen durchsetzt sind (Auenhof, Genossenschaft Kirschblüte, Horbermatt, Kestenholz, Tannacker, Hof Aebleten), aber auch Flächen, die mit Gründüngung und schonender Bodenbearbeitung vorbereitet werden (Luginbühl) und Waldgartensysteme (Gassner).
- **Wald/Fruchtfolgefläche:** Hier grenzt der Wald an eine Fruchtfolgefläche. Dies ist nur beim Betrieb Horbermatt der Fall.
- **Weiden und Wiesen:** Weiden sind Flächen, die regelmässig als Hausweide dienen, Wiesen werden zur Heuernte mehrmals während der Vegetationsperiode gemäht. Diese Elemente dienen wie die Fruchtfolgeflächen als Vergleichsflächen zu den struktureicheren anderen Elementen. Bis auf den Betrieb Tannacker weisen alle Betriebe die eine oder andere Kategorie auf.

## 4 Ergebnisse

### 4.1 Resultate und Diskussion

#### 4.1.1 Bodenproben 2022

Im Folgenden werden die wichtigsten Ergebnisse der Beprobungskampagne im Jahr 2022 vorgestellt.

Die Bodentextur auf allen beprobten Standorten kann zwischen **stark lehmiger Sand** und **stark sandigen Lehm** eingeordnet werden. Das bedeutet, dass die Wasserdurchlässigkeit und die Durchlüftung als **gut**, die Durchwurzelbarkeit als **sehr gut**, die Bearbeitbarkeit als **leicht**, die Wasserspeicherbarkeit als **mittel** und die Nährstoffspeicherbarkeit als **gering-mittel** bewertet werden kann (Flisch et al. 2017). Bis auf die Nährstoffspeicherbarkeit, die durch einen hohen Humusgehalt ausgeglichen werden könnte, sind die Böden auf den untersuchten Flächen bezüglich der Textur als gut geeignet für die Landwirtschaft zu bezeichnen.

Tabelle 4: Ergebnisse der Probenentnahme 2020 bis 2022. Die Analyse der pflanzenverfügbaren Nährstoffe Ca, P, K, Mg auf den Betrieben Auenhof (P6, P8, P9) und Tannacker müssen wiederholt werden.

		Horizont	Ton	Schluff	Sand	Humus	pH	Ca	P	K	Mg	BS	
Betrieb			% G/G				H <sub>2</sub> O	mg/kg				%	
Auenhof	Agroforst/ Wiese	P1	2-12	6	11	79.8	16	6.7	303	51	56	922	90
			12-25	6	11	79.8	16	6.8	296	54	67	919	91
	Permakultur	P2	0-10	6	11	81.3	9	6.6	203	181	155	526	88
			10-20	11	31	54.8	7	6.8	133	173	102	470	90
	Permakultur	P3	0-13	16	21	61.5	4	6.4	108	14	200	738	86
			13-24	16	21	61.3	4.5	6.7	92	9	139	720	88
	Permakultur	P4	0-16	11	21	65.2	8	6.7	113	127	191	620	88
			16-28	11	21	66	6	7.2	120	87	127	611	87
	Permakultur	P5	0-8	11	11	76.1	8	5.9	83	16	94	421	79
			8-20	11	11	76.7	5.5	6.2	56	5	69	336	76
	Permakultur	P6	0-8	32.0	30.3	28.2	9.6	6.8	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	91
			8-25	31.2	26.4	38.0	4.4	6.8	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	89
			25+-	30.3	25.5	41.8	2.4	6.9	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	91
	Wiese	P8	0-8	28.7	31.3	33.2	6.8	6.9	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	97
			8-32	30.3	29.7	36.5	3.4	7.3	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	98
32+-			24.3	32.5	41.5	1.8	6.7	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	99	
Agroforst/ Baumreihe	P9	0-8	27.0	31.6	35.0	6.3	7.0	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	97	
		8-25	24.9	34.1	36.6	4.5	7.1	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	98	
		25-30	23.4	31.2	43.1	2.3	7.2	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	99	
Farngut	Agroforst/ Baumreihe	P1	0-15	20.3	36.0	39.4	4.3	6.5	69	23	83	202	87
			15-28	17.8	30.6	48.4	3.3	6.2	52	16	64	132	81
			28-40+	17.4	25.5	55.4	1.7	6.5	47	5	62	93	87
	Agroforst/FFF	P2	0-15	17.9	28.7	49.5	3.9	6.9	92	30	95	194	92
			15-35	18.0	30.2	47.8	4.0	6.6	69	25	80	202	88
			35-40+	19.8	37.2	40.9	2.1	6.9	54	6	73	159	89
	Agroforst/FFF	P3	0-10	17.7	31.8	47.3	3.2	6.7	82	58	80	151	90
			10-20	17.7	32.0	47.4	2.9	6.0	61	39	66	126	82
			30-40	18.7	33.4	46.7	1.2	6.1	40	6	67	108	87

Gassner	Permakultur	P1	0-8	11	11	76.8	5	6.5	92	56	151	232	88
			8-16	11	11	77	4.5	6.4	77	34	76	168	85
	Permakultur	P2	0-7	11	11	76.8	5	5.9	128	96	77	155	77
			7-14	11	11	77.3	3	5.9	46	8	56	112	74
	Permakultur	P3	0-8	11	21	66.5	4.5	5.9	102	84	76	145	76
			8-13	11	11	77.1	4	5.9	57	13	60	156	74
	Agroforst/FFF	P4	0-10	13.7	29.0	54.1	3.1	7.1	93	43	424	123	92
			10-25	14.4	25.1	57.9	2.7	6.5	64	21	119	88	85
			25-35	13.3	23.5	61.6	1.7	6.3	45	15	76	77	82
			35-40+	12.3	25.2	61.5	1.0	6.8	29	7	69	59	86
	Agroforst/ Baumreihe	P5	0-15	13.6	31.2	51.7	3.5	6.7	71	32	202	95	89
			15-30	13.8	29.0	54.2	2.9	6.5	73	25	127	85	89
			30-35+	15.0	23.6	59.9	1.4	6.8	50	9	91	69	89
	Kestenhholz	Extensivwiese	P1	0-15	17.3	33.9	44.8	4.0	5.4	56	36	83	136
15-25				16.6	31.0	49.0	3.4	5.3	48	23	57	85	56
25-40				16.4	23.0	58.3	2.3	5.3	36	14	37	56	53
Agroforst/ Baumreihe		P2	0-10	18.0	31.5	45.9	4.7	5.3	75	40	186	137	64
			10-25	18.1	34.5	43.9	3.4	5.4	56	29	186	96	61
			25-35	16.8	31.3	48.8	3.0	5.5	39	16	102	65	60
Agroforst/FFF		P3	0-15	16.4	27.3	52.7	3.7	5.2	47	24	83	87	55
			15-30	17.2	31.7	47.6	3.6	5.4	48	22	69	94	55
			30-35+	16.7	32.5	48.6	2.2	5.3	31	8	41	59	50
Agroforst/FFF		P4	0-25	17.8	30.2	47.9	4.1	5.3	54	15	143	97	61
			25-35	21.5	32.4	44.7	1.4	5.5	30	6	78	108	70
Agroforst/ Baumreihe		P5	0-25	17.8	28.1	49.9	4.2	5.6	77	26	214	160	72
			25-40	16.8	28.2	53.2	1.9	5.7	34	7	46	80	74
König		Permakultur	P1	0-5	11	11	76.8	5	6.4	92	168	616	197
	5-10			11	11	76.7	5.5	6.1	75	129	373	121	78
	15-20			11	21	66.3	5	6.2	58	57	153	73	74
	Weide	P2	0-5	11	21	66.1	5.5	6.1	107	89	95	170	77
			5-10	11	21	66.1	5.5	6.3	88	63	55	102	78
			15-20	11	11	76.8	5	6.7	87	36	49	45	87
Luginbühl	Permakultur	P1	0-5	16	11	72	3.5	6.5	95	48	387	154	84
			5-10	16	21	61.7	3.5	6.3	72	31	304	100	79
			15-20	21	21	56.7	3	6.5	82	45	160	99	81
	Permakultur	P2	0-5	16	11	72	3.5	6.0	93	39	101	147	77
			5-10	16	21	61.9	3	6.1	74	29	64	114	75
			15-20	16	21	61.9	3	6.4	72	34	67	133	78
Paradies	Permakultur	P1	0-5	16	21	61.7	3.5	5.9	64	67	173	121	73
			5-10	11	11	77.2	3.5	6.3	57	55	117	96	75
			15-20	16	21	61.9	3	6.2	41	42	74	59	72
	Permakultur	P2	0-5	11	11	77.3	3	5.7	62	41	195	131	66
			5-10	11	11	77.3	3	5.6	42	27	77	94	61
			15-20	21	11	67.2	2.5	5.7	29	14	59	68	65
	Permakultur	P3	0-5	6	11	82.1	5	5.9	76	31	129	134	68
			5-10	6	11	82.2	4.5	5.6	52	23	75	80	59
			15-20	11	11	77.1	4	5.6	39	13	47	40	62
Tannacker	Extensivwiese	P1	0-15	12.5	24.6	58.5	4.4	5.7	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	43

			15-29	13.9	26.1	57.2	2.8	5.8	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	52	
			29-40	7.9	23.2	68.1	0.8	6.3	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	37	
	Gemüse/ kleinflächig	P2	0-10	14.8	29.5	50.2	5.5	6.3	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	75	
				10-25	13.6	30.1	53.7	2.6	5.9	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	40
				25-40	14.7	25.5	55.0	4.9	5.4	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	38
					0-10	14.9	28.0	52.4	4.7	6.5	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
	Gemüse/ grossflächig	P3	10-25	11.5	33.2	52.4	2.9	5.4	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	40	
				25-35	11.5	29.4	56.7	2.4	5.8	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	42
				35-40	12.1	29.4	56.9	1.6	6.4	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	39
					0-15	10.1	32.1	55.0	2.8	5.8	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
	Permakultur	P4	15-40	11.2	27.0	60.3	1.5	6.1	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	32	
				40-50+	13.6	32.5	52.5	1.4	5.6	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	40

Die pH-Werte in den untersuchten Bodenproben liegen zwischen pH 5.1 und pH 7 und sind somit als neutral bis stark sauer einzuordnen. Die sauren Böden (pH 5.2-5.9) liegen vor allem auf den Betrieben Kestenholz, Tannacker und Paradies, die neutralen (pH 6.8 - >7) vor allem auf den Betrieben Auenhof und Farngut. Die Bodenproben der weiteren Betriebe befinden sich im schwach sauren Bereich. Auf den Betrieben mit stark sauren bis sauren Böden ist zeitnah eine Aufkalkung zu empfehlen, um eine weitere erfolgreiche Kulturführung zu gewährleisten. Die sauren Verhältnisse der Böden auf den Betrieben Kestenholz, Tannacker und Paradies zeigen sich ebenfalls bei der Basensättigung, welche dort unter 70 % liegt und auf dem Betrieb Tannacker, mit Ausnahme der Oberböden auf den beiden Gemüseflächen (75 beziehungsweise 78 %) bei unter 50 % liegt. Dies wiederum zeigt, dass mit einem guten Management des Mulchens auch auf sauren Böden eine gute Nährstoffversorgung erreicht werden kann.

Die pflanzenverfügbaren Kationen Magnesium, Phosphor, Calcium und Kalium sind in durchgehend allen Böden auf allen Betrieben mindestens als **genügend** zu bezeichnen, dies sogar auf den sauren Standorten der Betriebe Kestenholz und Paradies.

Inwiefern sich die Bodenparameter, insbesondere Humusgehalt und pflanzenverfügbare Nährstoffe, die sehr stark mit dem Humusgehalt korrelieren, verändern beziehungsweise bereits verändert haben seit der letzten Probenahme, werden die Proben zeigen, die im weiteren Verlauf des Projektes entnommen werden.

Die vorläufigen Ergebnisse zur biologischen Aktivität auf den einzelnen Betrieben, gemessen anhand der Aktivität von 5 Enzymen, sind in Tabelle 5 aufgeführt. Auf den Betrieben Farngut und Horbermatt zeigen sich signifikant höhere kohlenstoffgebundene enzymatische Aktivitäten in den Baumreihen als in den benachbarten Fruchtfolgeflächen, wohingegen auf den Betrieben Luginbühl und Kirschblüte die Permakulturflächen eine höhere Aktivität aufweisen als die Fruchtfolgeflächen. Bei den anderen Betrieben konnten keine signifikanten Unterschiede unter den verschiedenen Flächenkategorien festgestellt werden. Bei den phosphatgebundenen Enzymen lassen sich nur auf zwei Betrieben statistisch signifikante Unterschiede zwischen den Flächen feststellen. Zum einen wiederum auf dem Betrieb Farngut, auf welchem wiederum die Baumreihe höhere enzymatische Aktivität aufweist als die Flächen Fruchtfolgefläche, Permakultur und die Fruchtfolgefläche innerhalb zweier Baumreihen. Zum anderen auf dem Betrieb Paradies, wo eine höhere Aktivität in der Fruchtfolgefläche als in der Baumreihe im Permakultursystem festgestellt werden konnte. Hier ist es möglich, dass noch die Auswirkungen der früheren Bewirtschaftungsform zu

sehen sind, in welcher intensiver Pflanzenschutz in der Niederstammplantage betrieben worden ist, was wiederum auf die biologische Aktivität im Boden nachwirken könnte.

Tabelle 5: Ergebnisse von ANOVA-Tests zu den Auswirkungen von Farmelementen auf die Bodenaktivität, gemessen durch die Bodenenzyme GLS, MUX, NAG, MUP und LAP (siehe Tabelle 3 für Details zu den einzelnen Enzymen). Die Summe der Enzyme GLS, MUX, NAG bezieht sich auf den Kohlenstoffkreislauf und die folgenden auf den Phosphor- bzw. Stickstoffkreislauf. Ein geometrischer Mittelwert des enzymatischen Signals wurde als Proxy für die Bodenaktivität berechnet. Buchstaben bezeichnen Tukey-Post-Hoc-Tests, nur Kontraste für signifikante Anova-Ergebnisse werden angezeigt, diese sind fett hervorgehoben. Unterschiede zwischen Elementen mit denselben Buchstaben werden statistisch nicht unterstützt.

Betrieb	Sum sq.	F-value	Pr(>F)	FFF	Permakultur	Baumreihe	Agroforst-FFF
Summe von GLS, MUX, NAG (Kohlenstoffkreislauf)							
Farngut	4809.50	4.48	<b>0.040</b>	<b>b</b>	ab	a	ab
Gassner	1669.00	1.12	0.396				
Horbermatt	6567.00	74.88	<b>0.001</b>	<b>b</b>		a	
Luginbühl	484.20	61.95	<b>0.001</b>	<b>b</b>	a		
Kestenhholz	1335.00	3.37	0.141				
Kirschblüte	403.44	7.88	<b>0.048</b>	<b>b</b>	a		
Paradies	35.04	0.09	0.784				
Tannacker	127.88	0.28	0.627				
MUP (Phosphorkreislauf)							
Farngut	8434.10	16.61	<b>0.001</b>	<b>b</b>	<b>b</b>	a	<b>b</b>
Gassner	3541.80	2.70	0.117				
Horbermatt	835.44	6.16	0.068				
Luginbühl	0.01	0.00	0.993				
Kestenhholz	56.43	0.18	0.694				
Kirschblüte	265.34	2.05	0.225				
Paradies	1646.73	9.88	<b>0.035</b>	<b>a</b>		<b>b</b>	
Tannacker	1001.00	3.80	0.123				
LAP (Stickstoffkreislauf)							
Farngut	23.34	0.24	0.868				
Gassner	12.20	0.30	0.823				
Horbermatt	44.83	5.37	0.081				
Luginbühl	0.04	0.01	0.917				
Kestenhholz	3.84	1.12	0.350				
Kirschblüte	6.83	0.59	0.484				
Paradies	4.41	0.65	0.478				
Tannacker	21.28	4.35	0.106				
Geometrisches Mittel (Bodenaktivität)							
Gesamt	100.54	1.808	0.1864				

Bei der Stickstoffkreislauf-gebundenen Enzymaktivität konnten hingegen keine signifikanten Unterschiede zwischen den verschiedenen Flächenkategorien festgestellt werden.

Betrachtet man die mittlere mikrobiologische Bodenaktivität auf den einzelnen Flächenkategorien (Abbildung 2) ist zu sehen, dass die höchste enzymatische Aktivität in den Baumreihen stattfindet, gefolgt von den Permakulturflächen, den Fruchtfolgeflächen und den Fruchtfolgeflächen innerhalb der Baumreihen.

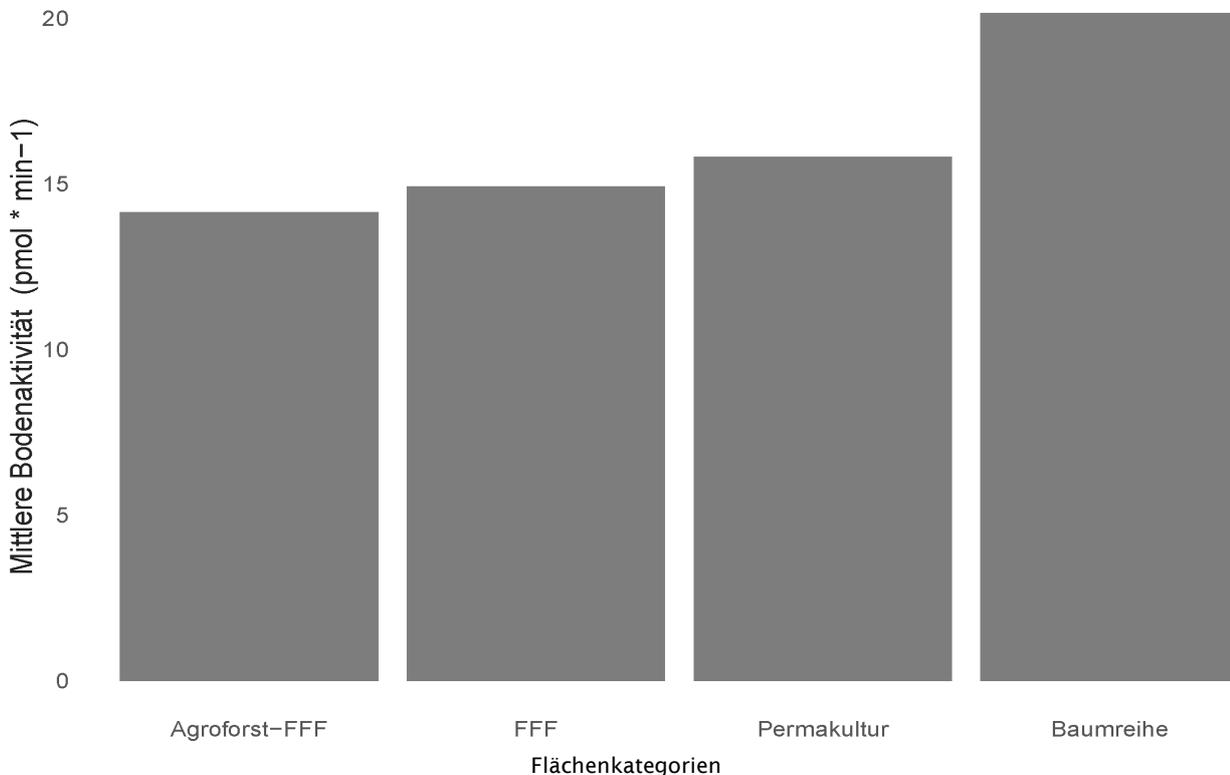


Abbildung 2: Geometrisches Mittel der enzymatischen Bodenaktivität auf den Flächenkategorien Agroforst-FFF, Fruchtfolgeflächen (FFF), Permakultur und Baumreihen (Agroforst- und Permakultursysteme).

Interessant ist der Unterschied zwischen den Baumreihen selbst und den Fruchtfolgeflächen, welche sich zwischen zwei Baumreihen befinden, da die Baumreihen die höchste und die Fruchtfolgeflächen die niedrigste enzymatische Aktivität aufweisen. Der Boden in den Baumreihen wird auf den untersuchten Betrieben nicht bearbeitet beziehungsweise mit Grasschnitt oder Holzhäckseln gemulcht, wohingegen auf den Fruchtfolgeflächen eine regelmässige Bodenbearbeitung erfolgt. Dies deckt sich mit den Ergebnissen von Monreal und Bergstrom (2000), die verschiedene Landnutzungssysteme untersucht haben und eine erhöhte enzymatische Bodenaktivität auf unbearbeiteten Böden im Gegensatz zu gepflügten Böden feststellen konnten.

Es wurde allerdings erwartet, dass auf den Fruchtfolgeflächen innerhalb der Agroforstflächen, u.a. durch das gemässigtere Mikroklima, welches in einem Agroforstsystem durch Beschattung, verminderter Wind- und Wassererosion entsteht und der Zufuhr von organischem Material durch den jährlichen Laubabwurf, die biologische Aktivität angeregt werden sollte. Dies scheint auf den von uns untersuchten Flächen allerdings nicht der Fall zu sein. Dies könnte möglicherweise an dem jungen Alter der Agroforstanlagen (< 5 Jahre) liegen, so dass ein positiver Rückkopplungseffekt noch nicht zu erkennen ist.

Allerdings deuten diese vorläufigen Ergebnisse darauf hin, dass mit der Pflanzung von Bäumen und Schaffung von punktuellen Strukturen wie in Permakultursystemen die enzymatische Bodenaktivität erhöht werden kann. Weitere, idealerweise langfristige Untersuchungen können hier Aufschluss geben.

#### 4.1.2 Bestäuber und Nützlinge

Im Jahr 2022 wurden bei 174 Kescherfängen auf 8 Betrieben insgesamt 13099 fliegende Insekten gefangen, wovon 3497 oder 27 % Bestäuber und Nützlinge waren. Im Jahr 2021 wurden während 191 Erhebungen auf 10 Betrieben 22797 fliegende Insekten gefangen, wovon 6266 oder 27.5 % Bestäuber und Nützlinge waren. Im Jahr 2020 wurden während 221 Erhebungen auf 11 Betrieben 14092 Insekten gefangen, wovon 5231 oder 37 % Bestäuber und Nützlinge waren.

Insgesamt wurden von 2020-2022 49988 Insekten gefangen. 14994 davon konnten als Bestäuber und Nützlinge identifiziert werden, was einem Anteil von 30 % entspricht.

Honigbienen (HB), Hummeln (HU) und Wildbienen (WB), die wichtigsten Bestäuber vieler Kulturpflanzen, machen insgesamt 1.7 % der gesamten Insekten und knapp 6 % innerhalb der Gruppe der Bestäuber und Nützlingen aus. Dieser geringe Anteil könnte darauf zurückzuführen sein, dass sich auf den jeweiligen Kescherstrecken nur wenige blühende Pflanzen befinden, die für Bestäuber interessant sind. Es kommt auf den untersuchten Betrieben häufig vor, dass Wiesen regelmässig gemäht werden, um das Schnittgut als Mulchmaterial zu verwenden (Auenhof, Gassner, Horbermatt) oder die Wiesen und Weiden hauptsächlich von Süssgräsern dominiert werden, die für Bestäuber wenig interessant sind (Horbermatt, Kestenholz, Luginbühl).

Dominierende Blütenpflanzen, die auf fast allen Betrieben anzutreffen sind, sind Spitzwegerich (*Plantago lanceolata*), Kriechender Hahnenfuss (*Ranunculus repens*), Rotklee (*Trifolium pratense*) und Weissklee (*Trifolium repens*). Daneben kommen, je nach Gestaltung der Flächen, diverse Wiesenpflanzen und (Wild-)Kräuter vor, die jeweils allerdings nur einen sehr geringen Deckungsgrad von meist unter 3 % auf der gesamten Kescherstrecke ausmachen.

Auch auf den beprobten Fruchtfolge- und Gemüseflächen ist die Ackerbegleitflora durch mechanische Unkrautregulierung nicht in einem Ausmass vorhanden, wodurch Bestäuber angezogen würden (Gassner, König, Luginbühl, Tannacker).

Tabelle 6: Anzahl der Individuen und der jeweilige prozentuale Anteil der sortierten taxonomischen Gruppen an der Gesamtmenge und der Anteil der Bestäuber- und Nützlingsgruppen an der Gesamtmenge Bestäuber und Nützlinge (B & N) in den Jahren 2020 bis 2022. HB = Honigbienen, HU = Hummeln, WB = Wildbienen, RW = Raubwanzen, SF = Schwebfliegen, SW = Schlupfwespen, MK = Marienkäfer, WK = Weichkäfer, KF = Kurzflügler, FF = Florfliegen, RF = Raubfliegen, SP = Spinnen, AM = Ameisen, Dip = Diptera (Zweiflügler), UE = Übrige Insekten

Periode		Bestäuber und Nützlinge											Sonstige			Summe	
		HB	HU	WB	RW	SF	SW	MK	WK	KF	FF	RF	SP	AM	Dip		U
2020	Anzahl Individuen	72	4	93	965	391	1102	32	137	8	7	162	524	132	5672	3798	<b>13099</b>
	%-Anteil	0.5	0.03	0.7	7.4	3.0	8.4	0.2	1.0	0.1	0.1	1.2	4.0	1.0	43	29	
	%-Anteil B&N	2.1	0.1	2.7	28	11	32	0.9	3.9	0.2	0.2	4.6	15				
2021	Anzahl Individuen	115	0	229	2565	827	1854	52	19	8	21	50	526	508	12247	3776	<b>22797</b>
	%-Anteil	0.5	0	1.0	11.3	3.6	8.1	0.2	0.1	0.0	0.1	0.2	2.3	2.2	54	17	
	%-Anteil B&N	1.8	0.0	3.7	41	13	30	0.8	0.3	0.1	0.3	0.8	8.4				
2022	Anzahl Individuen	72	12	260	2408	446	1272	65	14	10	48	37	587	206	5280	3375	<b>14092</b>
	%-Anteil	0.5	0.1	1.8	17.1	3.2	9.0	0.5	0.1	0.1	0.3	0.3	4.2	1.5	37	24	
	%-Anteil B&N	1.4	0.2	5.0	46	8.5	24	1.2	0.3	0.2	0.9	0.7	11				
2020 - 2022	Anzahl Individuen	259	16	582	5938	1664	4228	149	170	26	76	249	1637	846	23199	10949	<b>49988</b>
	%-Anteil	0.5	0.03	1.2	11.9	3.3	8.5	0.3	0.3	0.1	0.2	0.5	3.3	1.7	46	22	
	%-Anteil B&N	1.7	0.1	3.9	40	11	28	1.0	1.1	0.2	0.5	1.7	11				

Raubwanzen (RW) und Schlupfwespen (SW) weisen in allen drei Jahren die höchsten Individuenzahlen innerhalb der Bestäuber und Nützlingen auf. Ihr jeweiliger Anteil liegt, betrachtet man die gesamten Individuenzahlen, zwischen 8 und 17 %, und innerhalb der Gruppe Bestäuber und Nützlinge zwischen 24 und 46 %. Bei diesen beiden Gruppen muss noch geklärt werden, wie der hohe Anteil eingeschätzt werden kann.

Betrachtet man die Anzahl der Bestäuber und Nützlinge auf den einzelnen Flächenkategorien, fällt auf, dass die meisten Bestäuber und Nützlinge in den Kategorien Hecke/Gemüse, Extensivwiese, Gemüsefläche, Hecke/Weide und den Permakulturflächen zu finden sind (Abbildung 2). Die Daten hierfür wurden normalisiert, das heisst, die Gesamtzahl durch die Stichprobenanzahl geteilt. Die Unterschiede in der Stichprobenanzahl kommen dadurch zu Stande, dass nicht alle Kategorien auf den Betrieben zu finden sind und auch die Anzahl der Kescherstrecken auf den jeweiligen Flächen von Betrieb zu Betrieb variieren können.

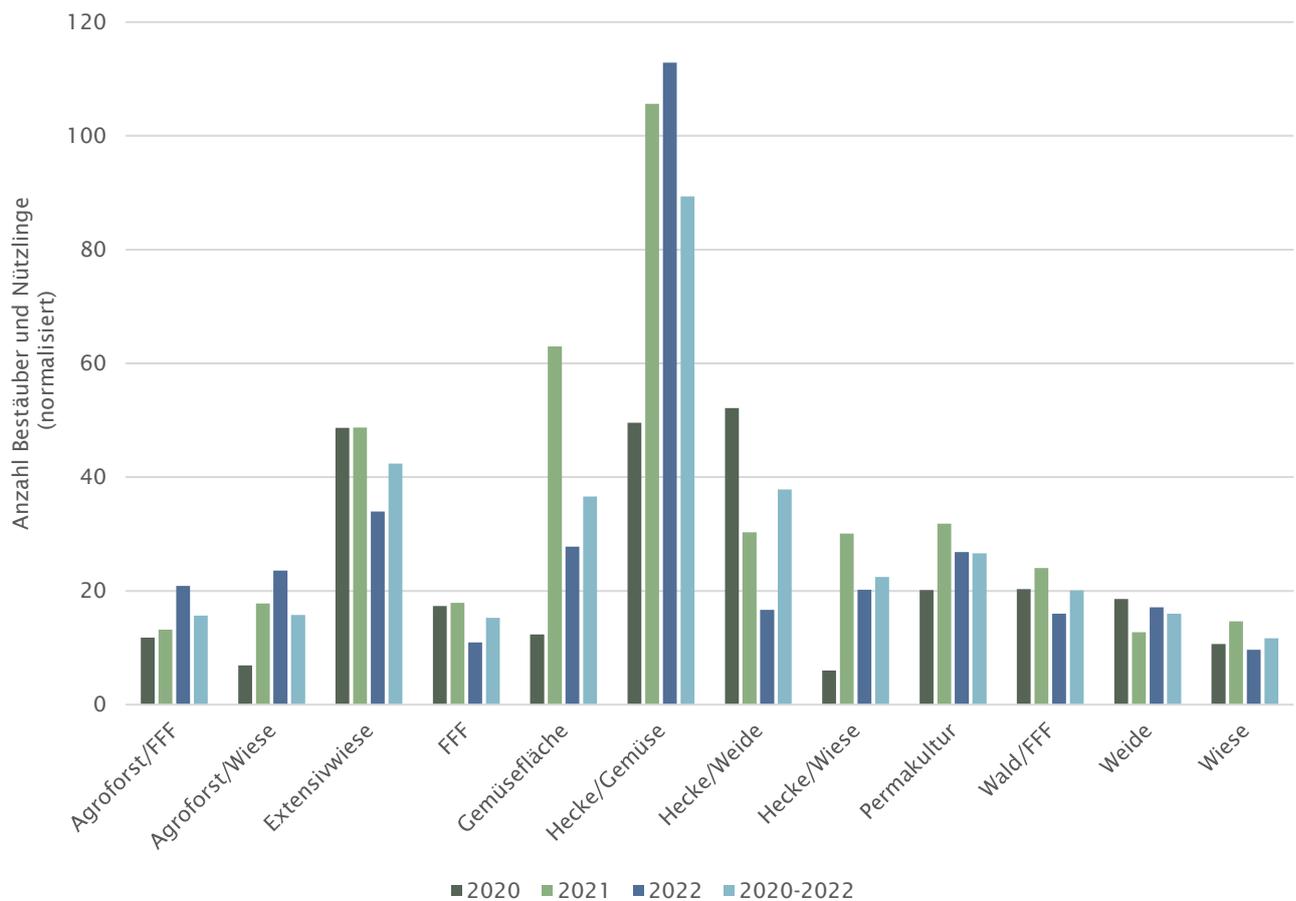


Abbildung 3 : Anzahl der Bestäuber und Nützlinge auf den untersuchten Flächen, normalisiert mittels der jeweiligen Stichprobenanzahl (n). 2020: Agroforst/FFF, n = 15; Agroforst/Wiese, n = 10, Extensivwiese, n = 9; FFF, n = 36; Gemüsefläche, n = 12; Hecke/Gemüse, n = 9; Hecke/Weide, n = 6; Hecke/Wiese, n = 3; Permakultur, n = 47; Wald/FFF, n = 3; Weide, n = 12; Wiese, n = 3. 2021: Agroforst/FFF, n = 15; Agroforst/Wiese, n = 9, Extensivwiese, n = 15; FFF, n = 39; Gemüsefläche, n = 18; Hecke/Gemüse, n = 9; Hecke/Weide, n = 3; Hecke/Wiese, n = 9; Permakultur, n = 55; Wald/FFF, n = 3; Weide, n = 13; Wiese, n = 3. 2022: Agroforst/FFF, n = 18; Agroforst/Wiese, n = 9, Extensivwiese, n = 18; FFF, n = 41; Gemüsefläche, n = 21; Hecke/Gemüse, n = 9; Hecke/Weide, n = 3; Hecke/Wiese, n = 9; Permakultur, n = 56; Wald/FFF, n = 3; Weide, n = 10; Wiese, n = 3. 2020-2022: Agroforst/FFF, n = 48; Agroforst/Wiese, n = 28, Extensivwiese, n = 42; FFF, n = 116; Gemüsefläche, n = 51; Hecke/Gemüse, n = 27; Hecke/Weide, n = 12; Hecke/Wiese, n = 21; Permakultur, n = 158; Wald/FFF, n = 9; Weide, n = 35; Wiese, n = 9.

Es ist zu sehen, dass die meisten Bestäuber und Nützlinge, zum einen entlang von Randzonen (Hecke/Gemüse, Hecke/Weide), zum anderen auf Flächen, auf welchen die Pflanzen lange stehen können (Extensivwiesen), auf den Gemüseflächen, auf welchen Mischkulturen angelegt sind und den Permakulturflächen, auf welchen eine grosse Vielfalt ein- und mehrjähriger Pflanzen und Kulturen vorhanden sind, gehäuft vorkommen. Die Agroforstflächen weisen in diesem Datensatz keine erhöhte Abundanz von Bestäubern und Nützlingen auf. Dies scheint überraschend, da durch die Baumreihen eine Randzone entsteht, und angenommen werden könnte, dass auch durch diese Massnahme die Abundanz erhöht werden sollte. Allerdings sind die untersuchten Agroforstflächen noch sehr jung (< 5 Jahre) und die Baumreihen sind im Unterschied zu Hecken einreihig aufgebaut, so dass hier wahrscheinlich die Effekte eines erhöhten Vorkommens von Bestäubern und Nützlingen verzögert auftritt.

Kleinräumige, strukturierte Flächen und Randzonen, auf welchen eine hohe Vielfalt an Pflanzen und Kulturen angepflanzt werden, eignen sich daher sehr gut, um Bestäuber und Nützlinge anzulocken und sollten vermehrt gefördert werden (Tscharntke 2021, Martin et al. 2019). Um das Habitat für Bestäuber und Nützlingen in Agroforstsystemen zu verbessern, empfiehlt es sich zwischen den Bäumen Heckenpflanzen und Stauden zu integrieren. Dies erfordert je nach Bestand zwar einen erhöhten Arbeitsaufwand für Pflege und Erhalt der Strukturen, kommt aber dem Vorkommen an Bestäubern und Nützlingen entgegen.

#### 4.1.3 Laufkäfer 2022

Die Individuenzahl der gefangenen Laufkäfer liegt mit 2650 im Jahr 2022 zwischen den Jahren 2020 mit 3840 Individuen und 2021 mit 1629 Individuen. Hingegen ist die Artenzahl im Jahr 2022 mit 63 Arten höher als in den vorangegangenen Jahren mit 55 im Jahr 2020 beziehungsweise 57 im Jahr 2021 (Tabelle 5).

Tabelle 7: Anzahl der Laufkäferindividuen und Anzahl der Laufkäferarten, die in den Untersuchungsperioden 2020 bis 2022 gezählt worden sind.

		Agroforst/FFF	Agroforst/Wiese	Extensivwiese	FFF	Gemüsefläche	Hecke/Gemüse	Hecke/Weide	Hecke/Wiese	Permakultur	Wald/FFF	Weide	Wiese	Gesamt
2020	<b>Gesamtindividuenzahl</b>	215	95	93	843	1080	280	13	17	619	320	242	23	<b>3840</b>
	<b>Gesamtartenzahl</b>	12	5	14	27	23	19	7	4	30	14	15	6	<b>55</b>
2021	<b>Gesamtindividuenzahl</b>	249	93	18	558	166	17	18	49	313	73	57	18	<b>1629</b>
	<b>Gesamtartenzahl</b>	16	18	10	28	22	7	8	9	38	10	12	7	<b>57</b>
2022	<b>Gesamtindividuenzahl</b>	797	35	22	889	351	80	8	19	364	13	35	37	<b>2650</b>
	<b>Gesamtartenzahl</b>	27	7	12	42	34	19	4	10	33	7	7	8	<b>63</b>

Die meisten Laufkäferindividuen wurden auf den Fruchtfolgeflächen mit 889 Individuen, die 34 % an der Gesamtzahl ausmachen, gezählt. Auf den Agroforstflächen, die an eine Fruchtfolgefläche anschliessen, wurden 797 Individuen gezählt, gefolgt von den Permakulturflächen mit 364 und Gemüseflächen mit 351 Individuen, welche 30 % beziehungsweise 14 % und 13,2 % der Gesamtindividuenzahl ausmachen.

Am wenigsten Individuen wurden bei den Hecken, angrenzend an Weiden, mit 8 Laufkäfern, sowie Wald, angrenzend an Fruchtfolgeflächen mit 13, Hecken angrenzend an Wiesen mit 19 und Extensivwiesen mit 22 Individuen gezählt. (Extensiv-) Wiesen und Weiden scheinen durch den dichten Bewuchs nicht zu den bevorzugten Habitaten für Laufkäfer zu gehören. Allerdings scheinen strukturreiche Ränder, wie Agroforst und Hecken, entlang von Wiesen ein Habitat zu schaffen, das für einzelne Laufkäferarten attraktiv zu sein scheint.

Bei der Artenzahl ergibt sich ein anderes Bild. Auf den verschiedenen Fruchtfolgeflächen wurden 42 Arten bestimmt, das heisst rund 70 % aller bestimmter Arten hat dort ein geeignetes Habitat gefunden. Danach folgen die Gemüseflächen mit 34 Arten, die Permakulturflächen mit 33 Arten und die Agroforst, angrenzend an Fruchtfolgeflächen, mit 27 Arten, womit zwischen 40 und 70 % aller Arten auf diesen offenen und regelmässig bearbeiteten Flächen vorkommen.

Am wenigsten Arten wurden wiederum auf den Weiden, Wiesen und den verschiedenen Hecken gezählt, was sich mit Pffiffner und Luka (1996) deckt, die einen geringen Einfluss einer neuangelegten Hecke auf die Laufkäferpopulation gezeigt haben. Da es sich hier bei den Hecken um ältere Bestände handelt, scheint es so zu sein, dass Hecken zur Förderung verschiedener Laufkäferarten weniger geeignet sind.

Bei den Laufkäferarten dominieren die drei Arten *Harpalus rufipes*, *Poecilus cupreus* und *Pterostichus melanarius* mit 1384, 175 und 229 Individuen. Arten der Gattungen *Harpalus* ernähren sich im Adultstadium vorwiegend von Samen und Pollen, und liefern somit einen Hinweis auf die Intensität des Pflanzenbaus, das heisst, je mehr Arten dieser Gattungen vorhanden sind, desto extensiver ist die Anbauweise (Luka 1996).

Tabelle 8: Laufkäferarten und ihre Verteilung auf den verschiedenen Flächen in der Untersuchungsperiode 2022.

Taxon													
	Agroforst/FFF	Agroforst/Wiese	Extensivwiese	FFF	Gemüsefläche	Hecke/Gemüse	Hecke/Weide	Hecke/Wiese	Permakultur	Wald/FFF	Weide	Wiese	Gesamt
<i>Abax ovalis</i>	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	2
<i>Abax parallelepipedus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
<i>Agonum muelleri</i>	9	0	0	17	9	1	0	0	5	0	0	0	41
<i>Amara aenea</i>	10	0	1	26	15	1	0	0	6	0	0	0	59
<i>Amara aulica</i>	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	2
<i>Amara convexior</i>	5	0	2	1	0	1	0	0	3	0	0	0	12
<i>Amara curta</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Amara familiaris</i>	1	0	0	13	5	0	0	0	0	0	0	0	19
<i>Amara kulti</i>	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
<i>Amara lunicollis</i>	0	0	0	1	0	0	1	0	5	0	0	2	9
<i>Amara ovata</i>	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
<i>Amara plebeja</i>	0	0	0	10	3	0	0	0	0	0	0	0	13
<i>Amara similata</i>	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2
<i>Anchomenus dorsalis</i>	4	0	0	54	3	0	0	0	3	0	0	0	64
<i>Anisodactylus binotatus</i>	6	4	0	17	7	0	0	2	16	3	0	3	58
<i>Anisodactylus nemorivagus</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Anisodactylus signaus</i>	7	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	10
<i>Badister sodalis</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
<i>Bembidion properans</i>	12	0	0	17	4	6	0	0	0	0	0	0	39
<i>Bembidion quadrimaculatum</i>	11	0	0	16	20	0	0	0	0	0	1	0	48
<i>Bembidion tetracolum</i>	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	3
<i>Brachinus elegans</i>	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	5
<i>Brachinus explodens</i>	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	2
<i>Calathus fuscipes</i>	1	0	1	7	8	5	0	0	3	0	5	0	30
<i>Carabus auratus</i>	0	0	0	0	0	0	0	7	1	0	0	0	8
<i>Carabus coriaceus</i>	1	0	2	0	4	2	0	2	1	1	0	0	13
<i>Carabus granulatus</i>	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	3
<i>Carabus monilis</i>	0	0	0	1	1	2	0	0	1	0	0	0	5
<i>Carabus violaceus</i>	0	0	3	5	4	18	0	0	3	5	0	0	38

Taxon	Agroforst/FFF	Agroforst/Wiese	Extensivwiese	FFF	Gemüsefläche	Hecke/Gemüse	Hecke/Weide	Hecke/Wiese	Permakultur	Wald/FFF	Weide	Wiese	Gesamt
<i>Carabus violaceus purpurascens</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
<i>Clivina fossor</i>	2	0	0	6	1	0	0	0	0	0	0	0	9
<i>Diachromus germanus</i>	5	0	1	15	3	0	1	0	0	0	0	0	25
<i>Dyschirius globosus</i>	0	0	0	0	7	1	0	0	0	0	0	0	8
<i>Harpalus affinis</i>	10	0	0	63	12	0	0	0	8	0	0	1	94
<i>Harpalus dimidiatus</i>	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	2
<i>Harpalus distinguendus</i>	0	0	0	2	4	0	0	0	1	0	0	0	7
<i>Harpalus griseus</i>	0	0	0	1	1	1	0	0	6	0	0	1	10
<i>Harpalus latus</i>	5	0	4	0	0	0	0	0	2	0	0	0	11
<i>Harpalus luteicornis</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	6	0	0	0	7
<i>Harpalus rubripes</i>	0	0	0	1	1	0	0	0	2	0	0	0	4
<i>Harpalus rufipes</i>	530	24	4	435	170	21	1	1	178	0	3	17	1384
<i>Harpalus subcylindricus</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	3	0	0	0	4
<i>Harpalus tardus</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2
<i>Loricera pilicornis</i>	1	0	0	3	1	1	0	1	3	0	0	0	10
<i>Microlestes minutulus</i>	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	2
<i>Nebria brevicollis</i>	3	0	0	2	5	0	0	0	0	1	0	0	11
<i>Ophonus ardosiacus</i>	0	0	0	2	0	0	0	0	1	0	0	0	3
<i>Ophonus azureus</i>	0	1	0	0	0	1	0	0	3	0	0	0	5
<i>Panagaeus bipustulatus</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Parophonus maculicornis</i>	0	1	0	1	0	0	0	0	2	0	0	0	4
<i>Poecilus cupreus</i>	44	0	0	58	11	3	5	0	38	0	13	3	175
<i>Poecilus versicolor</i>	1	2	0	1	4	6	0	1	2	0	4	0	21
<i>Pterostichus anthracinus</i>	47	0	0	12	7	0	0	2	6	1	0	0	75
<i>Pterostichus melanarius</i>	72	2	0	74	22	7	0	1	43	0	8	0	229
<i>Pterostichus niger</i>	0	0	0	0	8	0	0	0	2	0	0	0	10
<i>Pterostichus strenuus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
<i>Pterostichus vernalis</i>	1	0	0	4	1	1	0	1	4	0	1	9	22
<i>Stenolophus teutonius</i>	2	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	5
<i>Stomis pumicatus</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	2	0	0	0	3
<i>Synuchus vivalis</i>	1	0	0	1	1	0	0	0	3	0	0	1	7
<i>Trechus quadristriatus</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Trichotichnus laevicollis</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Zabrus tenebrioides</i>	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3

*Poecilus cupreus* (175 Individuen) und *Pterostichus melanarius* (229 Individuen) hingegen ernähren sich räuberisch und sind wichtige Nützlinge, wenn es darum geht das Vorkommen von Blattläusen beziehungsweise Kohlweisslingsraupen zu regulieren (Luka 1996). Ihr gehäuftes Vorkommen in den Fruchtfolge-, Gemüse- und Permakulturflächen auf allen Betrieben (Tabelle 6) könnte anzeigen, dass eine gewisse Pufferung gegenüber den genannten Schadinsekten besteht. Auch das Vorkommen von 68 Individuen der Gattung *Carabus* ist erfreulich. Sie reagieren sehr empfindlich auf intensive Bewirtschaftung und sind daher in der Agrarlandschaft selten geworden (Luka 1996). Sie wurden vor allem in den

Kategorien Hecken (31 Individuen), Gemüseflächen (9 Individuen) und Permakultur (7 Individuen) nachgewiesen, was für deren relative Attraktivität als Habitat für Grosslaufkäfer spricht. Überraschend hingegen ist das Vorkommen von 9 Carabus-Individuen auf Fruchtfolgeflächen. Fünf Individuen von *Carabus violaceus* kamen dabei auf der Fruchtfolgefläche, welche an den Betrieb Tannacker angrenzt, vor. Der Betrieb Tannacker ist ein sehr klein strukturierter Betrieb mit einem hohen Vorkommen an Laufkäfern. Es kann also davon ausgegangen werden, dass diese Laufkäferart von dort auf die Fruchtfolgefläche gelangt ist.

#### 4.1.4 Laufkäfer 2020-2022

In der Untersuchungsperiode 2020-2022 wurden insgesamt 79 Laufkäferarten auf den 11 Betrieben und 12 Flächenkategorien vorgefunden. Es konnte auch eine kontinuierliche Zunahme der Laufkäferarten verzeichnet werden, von 55 Arten 2020 über 57 Arten 2021 auf 63 Arten im Jahr 2022 (Tabelle 5). Da 79 Arten gefunden wurden, bedeutet das, dass gewisse Arten entweder nur in einem oder 2 Jahren, aber nicht über die gesamte Periode bestimmt wurden. Eine Übersicht darüber geben Tabelle 7 und Tabelle 8. 36 Laufkäferarten kamen von 2020 bis 2022 in allen Jahren vor. Dazu gehören unter anderen *Amara aenea*, *Amara lunicollis*, *Anchomenus dorsalis*, *Anisodactylus binotatus*, *Calathus fuscipes*, *Harpalus rufipes*, *Poecilus cupreus*, *Poecilus versicolor*, *Pterostichus melanarius* und *Pterostichus vernalis* (Tabelle 7). Diese Arten können als Generalisten gelten, die vor allem Grünland, Ackerflächen und Pioniervegetation besiedeln (Tabelle 7).

Tabelle 9: Die bestimmten Laufkäfertaxa während der Jahre 2020 bis 2022, deren Lebensraumbindung, ihre Lebensraumpräferenz, die jeweiligen Betriebe, auf welchen die Arten bestimmt wurden und ihr Status auf der Roten Liste. \* = statistische Signifikanz. Lebensraumbereich-Präferenz: AF = Ackerflächen, GL = Grünland, PV = Pioniervegetation, ÜZ = Übergangszonen, WA = Wald, UF = Ufer und Feuchtgebiete. (Quelle: Luka H, Marggi W, Huber C, Gonseth Y, Nagel P, 2009). Betriebe: AU = Auenhof, B = Farngut, GA = Gassner, HM = Horbermatt, K = König, KE = Kestenholz, LK = Luginbühl, N = Genossenschaft Kirschblüte, P = Paradies, TA = Tannacker. Rote Liste: LC = nicht gefährdet, NT = potentiell gefährdet, VU = verletzlich, DD = ungenügende Datengrundlage (Quelle: Chittaro et al 2022, im Druck).

Taxon	2020	2021	2022	Lebensraumbindung	Lebensraumbereich-Präferenz	Betriebe	RL
<i>Abax ovalis</i>			x	eurytop	ÜZ*, WA	TA	LC
<i>Abax parallelepipedus</i>	x		x	eurytop	ÜZ*, WA	HM, TA	LC
<i>Abax parallelus</i>	x			eurytop	ÜZ*, WA	P	LC
<i>Agonum muelleri</i>	x	x	x	eurytop	AF*, PV, GL	HM, KE, TA, LK, B, K, P, AE	LC
<i>Agonum sexpunctatum</i>	x	x		eurytop	PV, ÜZ/ GL	KE	LC
<i>Amara aenea</i>	x	x	x	eurytop	GL*, PV*	Au, KE, P, TA, LK, B, N, GA, HM, K	LC
<i>Amara aulica</i>	x	x	x	eurytop	PV* / GL	TA, LK, N	LC
<i>Amara bifrons</i>	x	x		stenotop	PV	TA	LC
<i>Amara communis</i>	x			eurytop	PV*, GL*	TA	LC
<i>Amara convexior</i>	x	x	x	eurytop	GL*, PV*	AU, GA, TA, N, HM, KE, P	LC
<i>Amara curta</i>			x	eurytop	PV, GL	GA	LC
<i>Amara familiaris</i>	x	x	x	eurytop	PV*/ GL	K, GA, HM, P, B, N, TA	LC

Taxon	2020	2021	2022	Lebensraum- bindung	Lebensraum- bereich- Präferenz	Betriebe	RL
<i>Amara fulvipes</i>		x		stenotop	GL	GA	LC
<i>Amara kulti</i>		x	x	stenotop	GL	GA, HM, KE, N	LC
<i>Amara lunicollis</i>	x	x	x	eurytop	GL*, ÜZ	GA, AU, HM, KE, TA, LK	LC
<i>Amara nitida</i>	x	x		eurytop	WA, GL	HM	VU
<i>Amara ovata</i>	x	x	x	eurytop	PV*, AF*, ÜZ*	KE, K, TA, AU	LC
<i>Amara plebeja</i>	x		x	eurytop	PV*, GL*, AF*	K, GA, KE, B	LC
<i>Amara similata</i>	x	x	x	stenotop	PV*	HM, K, TA, LK, N	LC
<i>Anchomenus dorsalis</i>	x	x	x	eurytop	GL*, PV*	GA, K, P, HM, KE, TA, LK, B, N	LC
<i>Anisodactylus binotatus</i>	x	x	x	eurytop	PV*, GL/ AF	AU, GA, KE, K, P, TA, LK, B, N, HM	LC
<i>Anisodactylus nemorivagus</i>	x	x	x	stenotop	GL	KE, N, HM	NT
<i>Anisodactylus signatus</i>			x	eurytop	PV*, AF	P, B, GA	NT
<i>Asaphidion flavipes</i>		x		eurytop	AF*, PV	B	LC
<i>Badister bullatus</i>		x		eurytop	PV*, GL, ÜZ	P	LC
<i>Badister sodalis</i>			x	eurytop	PV*, AF/ UF	AU	LC
<i>Bembidion lampros</i>	x	x		eurytop	AF*, GL*, PV*	K, HM	LC
<i>Bembidion properans</i>	x	x	x	eurytop	GL*, PV*	GA, K, P, HM, B, TA, LK	LC
<i>Bembidion quadrimaculatum</i>	x	x	x	eurytop	ÜZ*, WA,	K, P, HM, B, GA, LK, N, AE	LC
<i>Bembidion tetracolum</i>			x	eurytop	AF*/UF	B	LC
<i>Brachinus elegans</i>			x	stenotop	PV*	GA	
<i>Brachinus explodens</i>		x	x	eurytop	PV*, GL*	N, GA, B	LC
<i>Calathus fuscipes</i>	x	x	x	eurytop	GL*, AF	K, P, GA, HM, TA, LK, KE	LC
<i>Carabus auratus</i>		x	x	eurytop	AF / GL	AU	VU
<i>Carabus cancellatus</i>	x			stenotop	AF*	HM	VU
<i>Carabus coriaceus</i>	x	x	x	eurytop	WA, PV, ÜZ	AU, TA, HM, AE	LC
<i>Carabus granulatus</i>		x	x	eurytop	AF*/ GL	KE, TA, AE	LC
<i>Carabus monilis</i>	x	x	x	eurytop	AF*, PV*	GA, KE, B, TA, LK	LC
<i>Carabus nemoralis</i>	x			eurytop	ÜZ*, WA, GL	TA	LC
<i>Carabus problematicus</i>	x			stenotop	ÜZ*	TA	LC
<i>Carabus violaceus</i>	x	x	x	eurytop	ÜZ, AF	HM, TA	LC
<i>Carabus violaceus purpurascens</i>		x	x	eurytop	ÜZ, AF	P	LC
<i>Clivina fossor</i>	x	x	x	eurytop	AF*, PV*	B, TA, GA	LC
<i>Diachromus germanus</i>	x	x	x	eurytop	PV*,GL	AU, GA, HM, KE, LK, B	LC
<i>Dyschirius globosus</i>	x	x	x	eurytop	GL / UF	TA	LC
<i>Harpalus affinis</i>	x	x	x	stenotop	PV*	GA, P, HM, KE, K, TA, LK, B, N, AU, AE	LC
<i>Harpalus dimidiatus</i>	x	x	x	eurytop	GL, ÜZ	AU, GA, N	NT
<i>Harpalus distinguendus</i>		x	x	stenotop	PV*	B, GA, P, LK, N	LC
<i>Harpalus griseus</i>			x	eurytop	PV/ AF	AU, GA, P, AE	LC
<i>Harpalus latus</i>	x	x	x	eurytop	ÜZ*, WA	GA, KE, TA, P, HM	LC
<i>Harpalus luteicornis</i>	x	x	x	eurytop	PV* / UF	GA, N, P	NT

Taxon	2020	2021	2022	Lebensraum- bindung	Lebensraum- bereich- Präferenz	Betriebe	RL
<i>Harpalus rubripes</i>	x	x	x	eurytop	GL*, PV*, ÜZ	GA, P, B, AE	LC
<i>Harpalus rufipes</i>	x	x	x	eurytop	PV*, ÜZ / AF	AU, GA, K, KE, HM, P, TA, LK, B, N, AE	LC
<i>Harpalus subcylindricus</i>		x	x	eurytop		GA, N	DD
<i>Harpalus tardus</i>	x	x	x	eurytop	PV* / GL	GA, P, N, AU	LC
<i>Loricera pilicornis</i>	x	x	x	eurytop	AF*, GL / UF	B, K, GA, HM, KE, N	LC
<i>Microlestes minutulus</i>	x		x	eurytop	PV* / GL	LK, TA	LC
<i>Nebria brevicollis</i>	x	x	x	eurytop	ÜZ*/ WA	KE, K, P, TA, LK, B, GA, HM	LC
<i>Oodes helopioides</i>		x		eurytop	GL / UF	B	NT
<i>Ophonus ardosiacus</i>	x		x	stenotop	PV*	TA, LK, N	LC
<i>Ophonus azureus</i>			x	stenotop	PV*	AU, P, N	LC
<i>Ophonus puncticeps</i>	x			stenotop	PV*	TA	NT
<i>Panagaeus bipustulatus</i>	x	x	x	stenotop	ÜZ	P, TA	VU
<i>Parophonus maculicornis</i>	x	x	x	stenotop	GL*	AU, GA, P, N	LC
<i>Poecilus cupreus</i>	x	x	x	eurytop	AF*, PV	AU, GA, HM, KE, LK, KE, K, P, TA, LK, B, N, AE	LC
<i>Poecilus versicolor</i>	x	x	x	stenotop	GL*	AU, HM, KE, TA, B	LC
<i>Pterostichus anthracinus</i>	x	x	x	eurytop	PV*, AF* / UF	HM, KE, LK, B, AE	LC
<i>Pterostichus madidus</i>		x		eurytop	ÜZ*, WA*	AU	NT
<i>Pterostichus melanarius</i>	x	x	x	eurytop	AF*, PV	AU, GA, HM, KE, K, P, TA, LK, B, N	LC
<i>Pterostichus niger</i>	x	x	x	eurytop	PV*, AF* / WA	HM, P, KE, LK	LC
<i>Pterostichus ovoideus</i>	x	x		eurytop	GL, AF	AU, HM	NT
<i>Pterostichus strenuus</i>			x	eurytop	GL*/ WA	HM	LC
<i>Pterostichus vernalis</i>	x	x	x	eurytop	PV*, GL	AU, GA, KE, K, LK, B, HM, P	LC
<i>Stenolophus teutonius</i>	x	x	x	stenotop	PV*	KE, GA, TA, B	LC
<i>Stomis pumicatus</i>		x	x	eurytop	PV, AF	N, LK	LC
<i>Synuchus vivalis</i>	x	x	x	eurytop	ÜZ, AF	KE, B, HM, TA, LK	LC
<i>Trechus quadristriatus</i>	x		x	stenotop	AF*	HM, GA	LC
<i>Trichotichnus laeicollis</i>			x	eurytop	WA*/ GL	TA	LC
<i>Zabrus tenebrioides</i>			x	eurytop	PV, AF	GA	NT

Sechs Arten wurden nur im Jahr 2020, 5 Arten nur im Jahr 2021 und 12 Arten nur im Jahr 2022 gefunden, 5 Arten in den Jahren 2020 und 2021, 8 Arten in den Jahren 2021 und 2022 und 6 Arten in den Jahren 2020 und 2022 (Tabelle 7). Bei über der Hälfte der Arten kommt es also von Jahr zu Jahr zu einer Schwankung im Bestand. Welche Faktoren dafür verantwortlich sein könnten, kann an dieser Stelle nicht geklärt werden. Möglicherweise liegt es an Temperatur- oder Feuchtigkeitsunterschieden während der Zeitpunkte, an denen die Fallen aufgestellt worden sind. Oder aber wir haben zu wenige Fallen pro Fläche aufgestellt, so dass mit unserem Versuchsdesign eine repräsentative Aussage über die Individuen- und Artenzahl nur annäherungsweise gegeben werden kann. Hier würde eine längere Zeitreihe der Laufkäfer-fänge Aufschluss geben. Von Seiten der Flächenkategorie können ebenfalls interessante Aussagen getroffen werden. So kommen 54 der 79 Arten auf den Permakulturflächen vor, 52 Arten auf den Fruchtfolgefleichen und 41 Arten auf den Gemüseflächen, was 68 %, 66 % beziehungsweise 52 % der Gesamtartenzahl entspricht. Knapp

dahinter kommen die Agroforst/Fruchtfolgeflächen mit 33 Arten und die Randzonen Hecke / Gemüse mit 30 Arten, was 42 % beziehungsweise 38 % der Gesamtartenzahl entspricht (Tabelle 8).

Tabelle 10 : Fluktuation der insgesamt 79 Laufkäferarten auf den Flächenkategorien von 2020 – 2022. 1 = während einem Jahr vorhanden, 2 = während 2 Jahren vorhanden, 3 = während 3 Jahren vorhanden.

Taxon	Agroforst/FFF	Agroforst/Wiese	Extensivwiese	FFF	Gemüsefläche	Hecke/Gemüse	Hecke/Weide	Hecke/Wiese	Permakultur	Wald/FFF	Weide	Wiese
<i>Abax ovalis</i>	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Abax parallelepipedus</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0
<i>Abax parallelus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
<i>Agonum muelleri</i>	1	0	0	3	3	2	0	0	3	2	2	0
<i>Agonum sexpunctatum</i>	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Amara aenea</i>	2	1	2	3	3	2	1	0	3	0	1	2
<i>Amara aulica</i>	0	0	0	0	3	2	0	0	1	0	0	0
<i>Amara bifrons</i>	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0
<i>Amara communis</i>	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
<i>Amara convexior</i>	1	0	1	1	0	2	1	0	3	0	0	0
<i>Amara curta</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Amara familiaris</i>	1	0	0	2	2	0	0	0	1	1	1	0
<i>Amara fulvipes</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
<i>Amara kulti</i>	1	0	1	1	0	0	1	0	1	0	0	0
<i>Amara lunicollis</i>	1	2	1	3	1	1	3	1	3	0	0	1
<i>Amara nitida</i>	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0
<i>Amara ovata</i>	1	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0
<i>Amara plebeja</i>	0	0	0	2	1	0	1	0	1	1	0	0
<i>Amara similata</i>	0	0	0	2	1	0	0	0	0	1	0	0
<i>Anchomenus dorsalis</i>	3	0	1	3	3	0	0	1	3	1	1	1
<i>Anisodactylus binotatus</i>	3	3	1	3	3	0	1	2	3	1	1	3
<i>Anisodactylus nemorivagus</i>	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Anisodactylus signatus</i>	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Asaphidion flavipes</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Badister bullatus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
<i>Badister sodalis</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
<i>Bembidion lampros</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
<i>Bembidion properans</i>	1	0	1	3	2	2	1	0	1	1	1	0
<i>Bembidion quadrimaculatum</i>	1	0	0	3	1	0	0	0	1	0	2	0
<i>Bembidion tetracolum</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Brachinus elegans</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Brachinus explodens</i>	0	1	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0
<i>Calathus fuscipes</i>	2	0	2	3	3	2	0	0	3	0	3	1
<i>Carabus auratus</i>	0	1	0	0	0	0	0	2	2	0	0	0
<i>Carabus cancellatus</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0

Taxon	Agroforst/ FFF	Agroforst/ Wiese	Extensiv- wiese	FFF	Gemüse- fläche	Hecke/ Gemüse	Hecke/ Weide	Hecke/ Wiese	Perma- kultur	Wald/FFF	Weide	Wiese
<i>Carabus coriaceus</i>	1	1	3	0	3	2	0	1	2	1	0	0
<i>Carabus granulatus</i>	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Carabus monilis</i>	2	0	1	2	2	2	0	0	2	0	0	0
<i>Carabus nemoralis</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0
<i>Carabus problematicus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
<i>Carabus violaceus</i>	0	0	3	2	2	3	0	0	3	2	0	0
<i>Carabus violaceus purpurascens</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0
<i>Clivina fossor</i>	1	1	0	2	2	1	0	0	0	1	1	0
<i>Diachromus germanus</i>	2	1	1	3	1	0	1	1	2	0	1	0
<i>Dyschirius globosus</i>	0	0	0	0	2	1	0	0	1	0	0	0
<i>Harpalus affinis</i>	3	0	1	3	3	0	0	0	3	1	0	1
<i>Harpalus dimidiatus</i>	0	1	1	0	0	1	0	0	1	1	0	0
<i>Harpalus distinguendus</i>	0	0	0	1	2	0	0	0	1	0	0	0
<i>Harpalus griseus</i>	0	0	0	1	1	1	0	0	1	0	0	1
<i>Harpalus latus</i>	2	0	3	1	0	1	0	0	3	0	0	0
<i>Harpalus luteicornis</i>	0	1	0	2	0	0	0	0	3	0	0	0
<i>Harpalus rubripes</i>	1	0	0	1	1	0	0	0	3	0	0	0
<i>Harpalus rufipes</i>	2	2	2	2	2	2	1	1	2	1	2	2
<i>Harpalus subcylindricus</i>	0	1	0	1	0	0	0	0	2	0	0	0
<i>Harpalus tardus</i>	1	1	1	1	0	0	0	0	3	0	0	0
<i>Loricera pilicornis</i>	1	0	0	2	1	1	0	1	1	0	0	0
<i>Microlestes minutulus</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0
<i>Nebria brevicollis</i>	2	0	0	3	3	0	0	0	2	1	2	0
<i>Oodes helopioides</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Ophonus ardosiacus</i>	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0
<i>Ophonus azureus</i>	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0
<i>Ophonus puncticeps</i>	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
<i>Panagaeus bipustulatus</i>	0	0	2	0	1	1	0	0	1	0	0	0
<i>Parophonus maculicornis</i>	0	2	0	1	0	0	0	0	3	0	0	1
<i>Poecilus cupreus</i>	3	2	0	3	3	3	2	2	3	2	3	3
<i>Poecilus versicolor</i>	3	3	2	3	3	2	2	3	3	1	3	1
<i>Pterostichus anthracinus</i>	2	0	0	2	3	0	0	2	3	2	0	0
<i>Pterostichus madidus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
<i>Pterostichus melanarius</i>	3	2	0	3	3	2	2	1	3	2	3	0
<i>Pterostichus niger</i>	0	0	0	0	2	1	0	0	2	2	0	0
<i>Pterostichus ovoideus</i>	0	0	0	0	0	0	0	2	1	0	1	0
<i>Pterostichus strenuus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
<i>Pterostichus vernalis</i>	2	1	1	3	1	1	0	2	2	1	3	1
<i>Stenolophus teutonius</i>	1	0	0	1	2	1	0	0	0	0	0	1
<i>Stomis pumicatus</i>	0	0	0	2	0	0	0	0	1	0	0	0
<i>Synuchus vivalis</i>	1	0	0	2	2	0	0	0	1	0	0	1
<i>Trechus quadristriatus</i>	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Trichotichnus laevicollis</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Zabrus tenebrioides</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Gesamte Anzahl Arten</b>	<b>33</b>	<b>20</b>	<b>24</b>	<b>52</b>	<b>41</b>	<b>30</b>	<b>13</b>	<b>15</b>	<b>54</b>	<b>24</b>	<b>19</b>	<b>14</b>

Die wenigsten Arten wurden in den Kategorien Hecke/Weide, Hecke/Wiese und Wiese mit 13, 15 und 14 Arten gefunden. Das geringe Vorkommen entlang der Hecken mit angrenzender Dauerkultur über drei Jahre zeigt, dass eine lineare Struktur nicht ausreicht zur Förderung der Laufkäferarten ist (Pfiffner und Luka 1996). Daher ist das hohe Vorkommen von 30 Arten in der Kategorie Hecke/Gemüsefläche auch hauptsächlich auf die angrenzende Gemüsefläche und deren Artenreichtum von 41 Arten zurückzuführen. Es scheint daher für die Förderung der Laufkäfer wichtig, dass der Boden nicht zu dicht bewachsen ist und schonend bearbeitet wird, punktuelle, nicht zu dichte Strukturen vorhanden und die Schlaggrößen besonders bei Fruchtfolgeflächen gering sind (Tscharrntke 2021, Luka 1996, Pfiffner und Luka 1996). Betrachtet man die Fluktuation der Laufkäfer auf den einzelnen Betrieben (Tabelle 9), ist zu erkennen, dass es auf den Betrieben Tannacker (14 Laufkäferarten), Gassner (12) und Horbermatt (10) zu den meisten Änderungen im Bestand, und auf den Betrieben König (2), Kestenholz (4) und Luginbühl (4) zu den geringsten Änderungen gekommen ist. Möglicherweise ist dies so zu erklären, dass auf den Betrieben mit wenigen Änderungen im Bestand sich bereits ein Gleichgewicht eingestellt hat, wobei nur noch wenige Arten dazukommen. Bei den Betrieben mit den meisten Änderungen sich dieses aber noch einstellen muss, da die Veränderungen sich dahingehend auswirken, dass neue Arten in sich entwickelnde Habitate einziehen und aber nur in geringer Individuenzahl vorhanden sind, so dass sie nur sporadisch in die Barberfallen geraten.

Tabelle 11 : Vorkommen und Änderungen im Bestand von Laufkäfern auf den Pilotbetrieben zwischen 2020 und 2022. Die Zahlen beziehen sich auf die Anzahl verschiedener Laufkäferarten, die nur während einzelner (2020 oder 2021 oder 2022) oder zweier Jahre (2020/2021 oder 2021/2022 oder 2020/2022), aber nicht während der gesamten Untersuchungsperiode 2020-2022 in jedem Jahr vorgefunden wurden.

Betrieb	2020	2021	2022	2020/2021	2021/2022	2020/2022	
Aebleten			1		1		2
Auenhof		1	3	1	1		6
Farngut		2	2		2	1	7
Gassner		1	5		4	2	12
Horbermatt	1		1	3	1	4	10
König				1		1	2
Kestenholz				1	2	1	4
Luginbühl					2	2	4
KiGeno			1		5	1	7
Paradies	1	1	3		2		7
Tannacker	4		2	2	1	5	14

Aus Sicht der Landwirtschaft ist die Förderung von Nützlingen, die grosse Mengen an Schadinsekten vertilgen wie die Gattungen *Carabus*, *Poecilus* und *Pterostichus* oder Pflanzensamen fressen und so einer Verunkrautung vorbeugen, wie die Gattungen *Harpalus* und *Diachromus*, erstrebenswert.

Aus Sicht der Biodiversitätsförderung steht die Förderung von Rote Liste-Arten, sowie Spezialisten (stenotope Arten) im Vordergrund. So konnten von der aktualisierten Rote Liste (Chittaro et al 2022, im Druck) 2 verletzte (*Carabus auratus* und *Panagaeus bipustulatus*) und 4 potenziell gefährdete Arten (*Anisodactylus nemorivagus*, *Anisodactylus signatus*, *Harpalus dimidiatus*, *Harpalus luteicornis*) bestimmt werden (Tabelle 8). Die Individuenzahl dieser Arten ist jeweils < 10 Individuen (Tabelle 7), was in Anbetracht

der Gesamtanzahl an Individuen von 2650 Individuen gering erscheinen mag (Tabelle 6). Die meisten dieser Arten haben ihre Lebensraumbereichpräferenz im Grünland und in Übergangszonen (Tabelle 8), sie können daher durch eine geringe Bewirtschaftungsintensität und der Schaffung einer strukturreicheren Landschaft potentiell gefördert werden, solange eine gute Vernetzung zwischen verschiedenen Flächen gegeben ist (Pffiffner und Luka, 1996).

Daneben konnten 13 stenotope Arten bestimmt werden (Tabelle 8). Diese Arten sind auf einen engen Lebensraumbereich spezialisiert, reagieren also besonders empfindlich auf Störungen ihres Habitats. Darunter befinden sich *Amara similata*, *Brachinus elegans*, *Harpalus affinis*, *Harpalus distinguendus*, *Ophonus ardosiacus*, *Ophonus azureus* und *Stenolophus teutonius*, die ihr bevorzugtes Habitat in Pioniervegetation haben, beispielsweise auf Ruderalstandorten, Trittfluren oder Brachen. In Übergangszonen wie Krautsäumen und Feldrainen, Gebüsch, Hecken, gebüschreichen Vorwaldgesellschaften oder Waldrändern, sowie Hochstaudenfluren ist die stenotope Art *Panagaeus bipustulatus* zu Hause (Luka et al 2009). Dies verdeutlicht, dass mit strukturreichen Flächen (Agroforst, Permakultur) und einer extensiven und bodenschonenden Bewirtschaftung auch von Gemüseflächen und Fruchtfolgeflächen, sowohl für die Landwirtschaft interessante räuberische Laufkäfergattungen als auch für die Biodiversität wichtige Laufkäfergattungen angezogen werden können. Daneben kommen stenotope Arten vor, die nur an Grünland wie *Amara kulti*, *Anisodactylus nemorivagus*, *Parophonus maculicornis* und *Poecilus versicolor* oder nur an Ackerflächen wie *Trechus quadristriatus* gebunden sind.

## 4.2 Zusammenfassung

Auf nun 12 Betrieben wird untersucht, inwiefern die Anlage von Permakultur- und Agroforstflächen auf landwirtschaftlichen Nutzflächen Einfluss auf Bodenparameter (Humusgehalt, pH, pflanzenverfügbare Nährstoffe), Fluginsekten (Bestäuber und Nützlinge), sowie Laufkäfer haben. Permakulturflächen sind gekennzeichnet durch bodenaufbauende Bewirtschaftung (z.B. Mulch) und den Anbau und Mischung ein- und mehrjähriger (Kultur-)pflanzen und Wildobst. Bestandteil sind häufig auch Hecken, die Lebensraum für verschiedene Tiere bieten und Wind- und Wassererosion vermindern, als Windbremse funktionieren, sowie durch Laubwurf Humus bildend wirken. Auf Agroforstflächen werden Bäume in Reihen neben und auf Fruchtfolgeflächen gepflanzt. Auch hier entstehen Lebensräume und verschiedenen Formen der Erosion werden vermindert. Um die Auswirkungen dieser Flächen einschätzen zu können, wurden Referenzstandorte wie Wiesen oder Weiden beprobt.

Bodenproben wurden mittlerweile auf 10 Betrieben entnommen und im Labor untersucht. Die Bodenart der Horizonte liegt zwischen stark lehmigem Sand und stark sandigem Lehm, was auf positive Bodeneigenschaften wie gute Wasserleitfähigkeit und gute Bearbeitbarkeit hinweisen. Die oberen Horizonte sind schwach humos bis humusreich. Die niedrigsten Gehalte fanden sich auf den Betrieben Luginbühl und Paradies, die höchsten auf dem Auenhof. Die Böden weisen in den meisten Fällen gute Werte auf in Bezug auf die Eignung als landwirtschaftliche Flächen. Inwiefern die veränderte Gestaltung und Bewirtschaftung Einfluss auf die Bodenparameter hat, werden weitere Beprobungen an den gleichen Stellen zeigen. Untersuchungen zur enzymatischen und somit mikrobiellen Bodenaktivität weisen auf eine erhöhte mikrobielle Aktivität in den Baumreihen der Agroforst- und Permakultursysteme hin. Darauf folgen Permakulturflächen, Fruchtfolgeflächen und Fruchtfolgeflächen zwischen den Baumreihen in Agroforstsystemen. Diese Ergebnisse weisen darauf hin, dass holzige Strukturen wie Bäume sowie komplexe

und kleinräumige Landwirtschaftssysteme zu einer Erhöhung der mikrobiellen Aktivität im Boden, was eine verbesserte Mineralisation und somit Verfügbarkeit der Nährstoffe für Pflanzen verbessert werden kann. Fluginsekten wurden 2020, 2021 und 2022 jeweils zu drei Terminen während der Sommermonate gefangen und in Bestäuber und Nützlinge und andere Insekten eingeteilt. Es wurden jeweils 13099, 22797 und 14092 Individuen gefangen, wovon in den drei Jahren durchschnittlich 30 % Bestäuber und Nützlinge waren. Von diesen machten Raubwanzen und Schlupfwespen mit rund 10 % die häufigsten Nützlingsgruppen aus. Diese sind wichtige Antagonisten für Schädlingsarten in der Landwirtschaft. Bestäuberinsekten (Honigbienen, Hummeln, Wildbienen) waren nur zu einem geringen Anteil von rund 1.5 % vorhanden, was auf fehlende Pflanzen auf den beprobten Flächen hindeutet, die für diese Gruppen attraktiv sind. Die meisten Bestäuber und Nützlinge wurden auf den Flächenkategorien Hecke/Gemüse, Hecke/Weide, Extensivwiesen, Gemüseflächen und Permakulturflächen gefangen. Daraus kann der Schluss gezogen werden, dass Bestäuber und Nützlinge vor allem durch Strukturen wie Hecken, Extensivwiesen und punktuelle Strukturen, wie sie in Permakulturflächen zu finden sind, gefördert werden können.

Laufkäfer wurden in den Jahren 2020, 2021 und 2022 zweimal während der Sommermonate gefangen. Es wurden jeweils 3840, 1629 und 2650 Individuen gefangen, wobei sich eine Erhöhung der Artenzahl von 55 auf 63 verzeichnen liess. Insgesamt wurden während der drei Jahre 79 Laufkäferarten auf den verschiedenen Flächenkategorien vorgefunden. Die meisten Individuen wurden in den Fruchtfolgeflächen gefangen, hier dominieren die Gattungen *Pterostichus*, *Poecilus* und *Harpalus*. Die beiden erstgenannten ernähren sich ausschliesslich räuberisch und sind wichtige Antagonisten zu Schädlingsarten, wie beispielsweise Blattläusen, die letztgenannte lebt phytophag, ernährt sich also von Samen und Pollen von Wildpflanzen.

Über die drei Jahre hinweggesehen, wurden auf den Permakulturflächen mit 54 Laufkäferarten die meisten Arten vorgefunden, gefolgt von den Fruchtfolgeflächen mit 52 Arten und den Gemüseflächen mit 41 Arten. Über die drei Jahre gesehen, konnten 13 potentiell gefährdete Arten der Roten Liste, sowie 18 Arten, die eine enge Habitatbindung haben und somit als Spezialisten gelten, identifiziert werden.

Somit zeigt sich, dass mit punktuellen Strukturen, extensiver Bearbeitung Habitats geschaffen werden können, die sowohl für die Landwirtschaft als auch die Biodiversitätsförderung wichtige Laufkäferarten, wie die Gattung der Grosslaufkäfer (*Carabus*), geschaffen werden können.

Die Frage der Schwankungen bei der Erfassung der Laufkäferpopulation lässt sich bei diesem Versuchsdesign nur durch eine längere Zeitreihe beantworten. Hier können verschiedene Faktoren wie Witterung und Bodenfeuchte mit hineinspielen, was wir bei diesem Projekt nicht klären können. Eine weitere Möglichkeit wäre, mehr Fallen pro Fläche zu installieren, um das Beobachtungsnetz engmaschiger zu gestalten, um auch Laufkäferarten mit geringer Populationsdichte besser erfassen zu können. Dies kann in diesem Projekt nicht mehr geschehen und müsste somit in einem Folgeprojekt angegangen werden.

## 5 Wirtschaftlichkeit

### 5.1 Datenerhebung

Die Betriebe des Pilotbetriebsnetzes wurden gebeten, Aufzeichnungen zu ihren PK-Flächen zu machen. Erfasst wurden investierte Arbeitskraftstunden (Akh), Ausgaben für Produktionsmittel, Inputs in Form von Kompost oder Mulch, sowie die Erntemengen aller Produkte.

Leider ist dieser Teil des Projektes von der Seite der Betriebe nicht wie gewünscht wahrgenommen worden. Trotz mehrmaliger Hinweise, die Daten mittels von uns erstellter Aufnahmebögen zu erheben und den Mehraufwand mit 600 CHF pro Jahr zu entschädigen, ist der Rücklauf sehr gering. Mit den uns zugesandten Daten lässt sich keine aussagekräftige Auswertung machen. Gemäss einiger Rückmeldungen von den Betrieben lässt sich sagen, dass der Fokus der meisten Betriebe, die an diesem Projekt teilnehmen, auf der Förderung der Biodiversität steht. Die Permakulturflächen auf diesen Betrieben sind eher Experimentierflächen, die kaum zum wirtschaftlichen Überleben der Betriebe beitragen müssen. Um die Wirtschaftlichkeit erheben zu wollen, müssen für weitere Projekte gezielt Betriebe ausfindig gemacht werden, die ein Interesse an der Erhebung wirtschaftlicher Daten haben. Die Wirtschaftlichkeit ist auch ein sehr wichtiger Punkt in Permakultursystemen, gerade in der Schweiz wo die Arbeitskosten hoch sind, ist es unabdingbar in diesem Bereich Antworten geben zu können. So sind Projekteingaben erfolgt beim BLW und der Stiftung Sur la Croix, um mittels der Webapp «WTrac» Daten zu erheben. Hier haben wir die Zusage von 11 Betrieben, die bereit und interessiert sind Daten zu erheben, um Vollkostenrechnungen für ihre Permakulturflächen berechnen und Aussagen über die Wirtschaftlichkeit machen zu können.

## 6 Wissenstransfer und Ausbildung

Im Jahr 2022 fand ein gemeinsamer Anlass der teilnehmenden Betriebsleiter\*innen auf dem Biohof Horbermatt am 11.05.2022 statt. Dort wurden bisherige Ergebnisse diskutiert und die im Jahr 2019 geplante und 2020 umgesetzte Permakulturfläche besichtigt und Erfahrungen ausgetauscht. Dabei ging es vor allem um die Vorteile von verschiedenen Mulchsystemen, die Vor- und Nachteile von vielfältigen Obst- und Beerenanlagen und Massnahmen gegen Wildverbiss.

Ebenfalls auf der Horbermatt wurde die Permakultur im Allgemeinen und die Permakulturfläche anlässlich eines Hoffestes zum 30-jährigen Jubiläum der BärnerBioBure vorgestellt und diskutiert.

Auch sind wir im Thematischen Netzwerk Boden ([www.netzwerk-boden.ch](http://www.netzwerk-boden.ch)) der Agridea vertreten, wo wir in der OG Humusaufbau/Bodenfruchtbarkeit Fragen zur Bodenfruchtbarkeit anhand unseres Projektes diskutieren und unsere Ergebnisse teilen werden.

## 7 Ausblick

Folgende Aktivitäten stehen demnächst im Zentrum

- Planung der Erhebungsperiode 2023 unter Einbezug der vorliegenden Daten und Erfahrungen aus dem Vorjahr (erstes Quartal)
- Wiederholung der Bodenentnahme auf allen Betrieben, um die eventuelle Änderungen der Bodenparameter Humus- und Nährstoffgehalte, sowie der Kationenaustauschkapazitäten zu ermitteln (zweites und drittes Quartal)

- Aufnahme der Umgebung / ökologischen Infrastruktur der Betriebe (Planung und Durchführung) (erstes und zweites Quartal)
- Weitere Austauschtreffen mit den beteiligten Betrieben (zweites und drittes Quartal)

Die Tabelle 9 zeigt den angepassten Projektablauf.

Tabelle 12 : Angepasster Projektablauf fürs Jahr 2023

Arbeitspakete / Themengebiete	Geschätzte Stunden	Termine	2020				2021				2022				2023			
			1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
			Quartal				Quartal				Quartal				Quartal			
<b>1 Grundlagen, Beratung, Planung</b>																		
1.1	Anfragen potenzielle Pilotbetriebe	10	31.03.2020	■														
1.2	Festlegung des definitiven Umfangs für das 1. Jahr	10	31.03.2020	■														
1.3	Beratung und Planung Einführung PK-Elemente	120	31.06.2020	■	■			■				■	■					■
<b>2 Erhebung IST-Zustand</b>																		
2.1	Festlegen der Messpunkte resp. der Aufnahmeflächen	40	31.03.2020	■				■										
2.2	Aufnahme der Umgebung	20	30.06.2020	■	■			■	■			■	■					■
2.3	Auswertung der Aufnahmen	25	30.09.2020	■	■	■				■		■	■	■				■
<b>3 Bodenuntersuchungen</b>																		
3.1	Bodenstruktur	100	30.06.2020/22		■				■	■			■	■				■
3.2	Bestimmen des organischen Kohlenstoffes	20	30.06.2020/22		■				■	■			■	■				■
3.3	Bestimmen des pH-Wertes	20	30.06.2020/22		■				■	■			■	■				■
3.4	Biologische Aktivität	60	30.06.2020/21/22		■				■	■			■	■				■
3.5	Auswertung Bodenuntersuchungen	20	30.11.2020/21/22			■	■					■	■	■				■
<b>4 Biodiversität</b>																		
4.1	Laufkäfer fangen	54	2mal/Jahr		■	■			■	■			■	■				■
4.2	Bestäuberinsekten und Nützlinge erheben	35	3mal/Jahr		■	■			■	■			■	■				■
4.3	Bestäuberinsekten auszählen und bestimmen	135	31.10.2020/21/22		■	■			■	■			■	■				■
4.4	Auswertung Biodiversitätsparameter	30	15.12.2020/21/22			■				■	■			■	■			■
<b>5 Wirtschaftlichkeit</b>																		
5.1	Vorbereitungsarbeiten für standardisierte Aufzeichnungen	15	31.03.2020	■														
5.2	Auswertung Wirtschaftlichkeit	40	Dez.-Jan. 20/21/22			■	■			■	■			■	■			■
<b>6 Wissenstransfer</b>																		
6.1	Erarbeitung eines Grobkonzeptes Wissenstransfer	10	30.04.2020	■	■							■						■
6.2	Wissenstransfer innerhalb des Pilotbetriebsnetzes	30	2-3 Verant./Jahr	■	■				■	■			■	■				■
6.3	Wissenstransfer ausserhalb des Pilotbetriebsnetzes	30	5-6 Verant./Jahr	■	■				■	■			■	■				■
<b>7 Berichterstattung</b>																		
7.1	Erarbeitung Zwischenbericht	15	31.12.2020/21			■				■	■			■	■			■
7.2	Erarbeitung Schlussbericht	25	31.12.2022											■	■			■
<b>8 Projektmanagement</b>																		
8.1	Projektmanagement und -monitoring	18	fortlaufend	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
8.2	Projektorganisation, Arbeitsteilung, Kontakte Partner	9	fortlaufend	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
8.3	Projektbegleitung (Organisation, Durchführung, Protokoll), 9 Sitzungen à 2h Dauer	30		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

## 8 Danksagung

Wir bedanken uns bei den Stiftungen Sur-la-Croix und dem Bundesamt für Landwirtschaft (BLW) für die finanzielle Unterstützung. Bei Moira Rudaz, Mila Laager und Emily Oliveira für die Unterstützung bei der Feldarbeit, Rafah Naser für das Sortieren der Fluginsekten und Mila Laager für das Auszählen der Laufkäfer, sowie bei René Hoess für das Bestimmen der Laufkäfer auf Artniveau. Grossen Dank geht an die Betriebsleiter\*innen, ohne deren Mitarbeit dieses Projekt nicht möglich wäre: Jeannine und Lukas van

Puijenbroek vom Hof Aebleten, Marcus Pan auf dem Auenhof, Ueli Gassner, David Kestenholz, Thomas König, Melanie und Philipp Ramser auf der Horbermatt, Carolin Luginbühl, Jann Krättli und Nadja Ruchti auf dem Hof Tannacker, Markus Bucher auf dem Hof Farngut, Genossenschaft Kirschblüte sowie Christine Flury und Christian Foster auf dem Paradieshof.

## 9 Literatur

BAFU 2011. Landschaftstypologie Schweiz Teil 2: Beschreibung der Landschaftstypen. Bern.

Chittaro Y, Hoess R, Huber C, Luka H, Marggi W, Szallies A, Gonseth Y. 2022 (im Druck). Liste rouge des Carabidés. Espèces menacées en Suisse. Office fédéral de l'environnement, Berne et Info fauna – CSCF, Neuchâtel.

FAO. 2017. The future of food and agriculture – Trends and challenges. Rome

Flisch R, Neuweiler R, Kuster T, Oberholzer HR, Huguenin-Elie O, Richner W. 2017. Grundlagen für die Düngung landwirtschaftlicher Kulturen in der Schweiz (GRUD). Bodeneigenschaften und Bodenanalyse. Agroscope.

Hallmann CA, Sorg M, Jongejans E, Siepel H, Hofland N, Schwan H et al. 2017. More than 75 percent decline over 27 years in total flying insect biomass in protected areas. PLoS ONE 12(10).

Luka H. 1996. Laufkäfer: Nützlinge und Bioindikatoren in der Landwirtschaft. Agrarforschung 3 (1): 33-36.

Luka H, Marggi W, Huber C, Gonseth Y, Nagel P, 2009. Coleoptera, Carabidae. Ecology - atlas. Centre Suisse de Cartographie de la Faune, Neuchâtel, 677 S.

Martin E.A. et al. 2019. The interplay of landscape composition and configuration: new pathways to manage functional biodiversity and agroecosystem services across Europe. Ecology Letters 22, 1083–1094.

Mollison B. 2017. Permakultur Konkret. Entwürfe für eine ökologische Zukunft. Pala Verlag.

Monreal C.M. und Bergstrom D.W. 2000. Soil enzymatic factors expressing the influence of land use, tillage system and texture on soil biochemical quality. Canadian Journal Of Soil Science: 419-428.

Pfiffner L, Luka H. 1996. Laufkäfer-Förderung durch Ausgleichsflächen. Auswirkungen neu angelegter Grünstreifen und einer Hecke im Ackerland. Naturschutz und Landschaftsplanung 28 (5).

Tscharntke T. 2021. Bedeutung einer vielfältigen und kleinteiligen Agrarstruktur für die Biodiversität und ihre Förderung im Rahmen der Gemeinsamen Europäischen Agrarpolitik (Gap). Studie im Auftrag der Fraktion B90/Grüne im Deutschen Bundestag.

UBA. 2015. Daten zur Umwelt 2015. Bonn.