

Landwirtschaft und Biodiversität

Auswirkungen unterschiedlicher Anbausysteme
auf die biologische Vielfalt





Biodiversität gehört zum System des biologischen Landbaus. Die Förderung der Artenvielfalt auf den landwirtschaftlichen Betrieben bildet einen wichtigen Bestandteil der biologischen Produktion. Mit Biodiversitätsflächen, Flächen mit geringer Anbauintensität und einer standortangepassten Bewirtschaftungsweise bieten Biobetriebe mehr Raum und Ressourcen für die unterschiedlichsten Bedürfnisse zahlreicher Arten.

Verstärkte Ökosystemdienstleistungen durch grössere Biodiversität dienen den Landwirt*innen, indem sie Eingriffe (z. B. den Einsatz von Insektiziden) in ihr Anbausystem reduzieren können. Funktionelle Gruppen wie Bestäuber, Nützlinge oder Zersetzer werden durch den biologischen Anbau begünstigt.

Die Artenvielfalt variiert zwischen den Anbausystemen (u. a. biologisch, konventionell) unterschiedlich stark. Die Unterschiede können aber im direkten Vergleich der Produktionssysteme ebenfalls gross sein: 1-jährige Ackerkulturen, Wein- und Obstbaukulturen oder Dauergrünland haben unterschiedliche Potenziale für die Förderung der Artenvielfalt.

Der biologische Anbau fördert mit einer reichen biologischen Vielfalt die Stabilität und Resilienz der Produktionssysteme, was bei zunehmend häufiger auftretenden Störereignissen und klimatischen Veränderungen an Bedeutung gewinnt. In Kombination mit Massnahmen des Naturschutzes kann der Biolandbau zusätzliche Synergien zur Förderung der Biodiversität nutzen.

Inhalt

Biodiversität und Landwirtschaft	3
Artenrückgang und die Rolle der Landwirtschaft ...	4
Grössere Artenvielfalt auf Biobetrieben	6
Grössere Lebensraumvielfalt auf Biobetrieben	10
Verbesserte Ökosystemleistungen bei biologischer Bewirtschaftung	11
Höhere Resilienz biologischer Anbauflächen	13
Biolandbau als Teil der Problemlösung	13
Risiken der Konventionalisierung im Biolandbau ...	14

Biodiversität und Landwirtschaft

Biodiversität umfasst die gesamte Vielfalt aller Lebensformen. Neben den Tieren und Pflanzen werden zur Beurteilung der Biodiversität auch Bakterien und Pilze einbezogen. Die Vielfalt und die Qualität der Lebensräume sowie ihre Vernetzung beeinflussen die Biodiversität massgeblich.

Für die Sicherung des Fortbestandes einer Art an einem Ort ist die genetische Vielfalt innerhalb der Population zentral. Die sogenannte genetische Variabilität ermöglicht es Arten, sich an veränderte Umweltbedingungen oder Klimaveränderungen anzupassen. Sind naturnahe Lebensräume einer Art sehr weit voneinander entfernt, droht den jeweiligen Populationen die Isolation und der Verlust genetischen Austauschs. Deshalb ist es für den Erhalt der Biodiversität wichtig, dass Lebensräume erhalten bleiben und vernetzt sind. Optimal verteilte naturnahe Lebensräume in ausreichender Quantität und Qualität sichern langfristig die biologischen Entwicklungsmöglichkeiten zahlreicher Arten. In der Vielseitigkeit und Häufigkeit verschiedener Lebensräume in der Landschaft liegt das Potenzial für eine effektive Biodiversitätsförderung.

Nutzen für die Landwirtschaft

Biodiversität ist eine wichtige Voraussetzung für eine gesunde und natürliche Entwicklung aller Lebewesen. Eine reiche biologische Vielfalt fördert die optimale Funktionsweise natürlicher Prozesse und stützt Ökosystemdienstleistungen, die für die Landwirtschaft von grosser Bedeutung sind. Dazu zählen z. B. die natürliche Schädlingsregulierung, die Bestäubung von Kultur- und Wildpflanzen durch Insekten und der Auf- und Abbau von Pflanzenbiomasse.

Die Agrarpolitik fördert zunehmend Anbaumethoden, welche die Biodiversität erhalten und natürliche Ressourcen schonen^[1]. Agrarökologische Massnahmen sollen die Anbausysteme robuster und effizienter machen und helfen, den Einsatz von externen Hilfsstoffen zu minimieren. Damit können natürliche Regulationsprozesse und damit die Funktionalität und die Nachhaltigkeit der Anbausysteme verbessert werden.

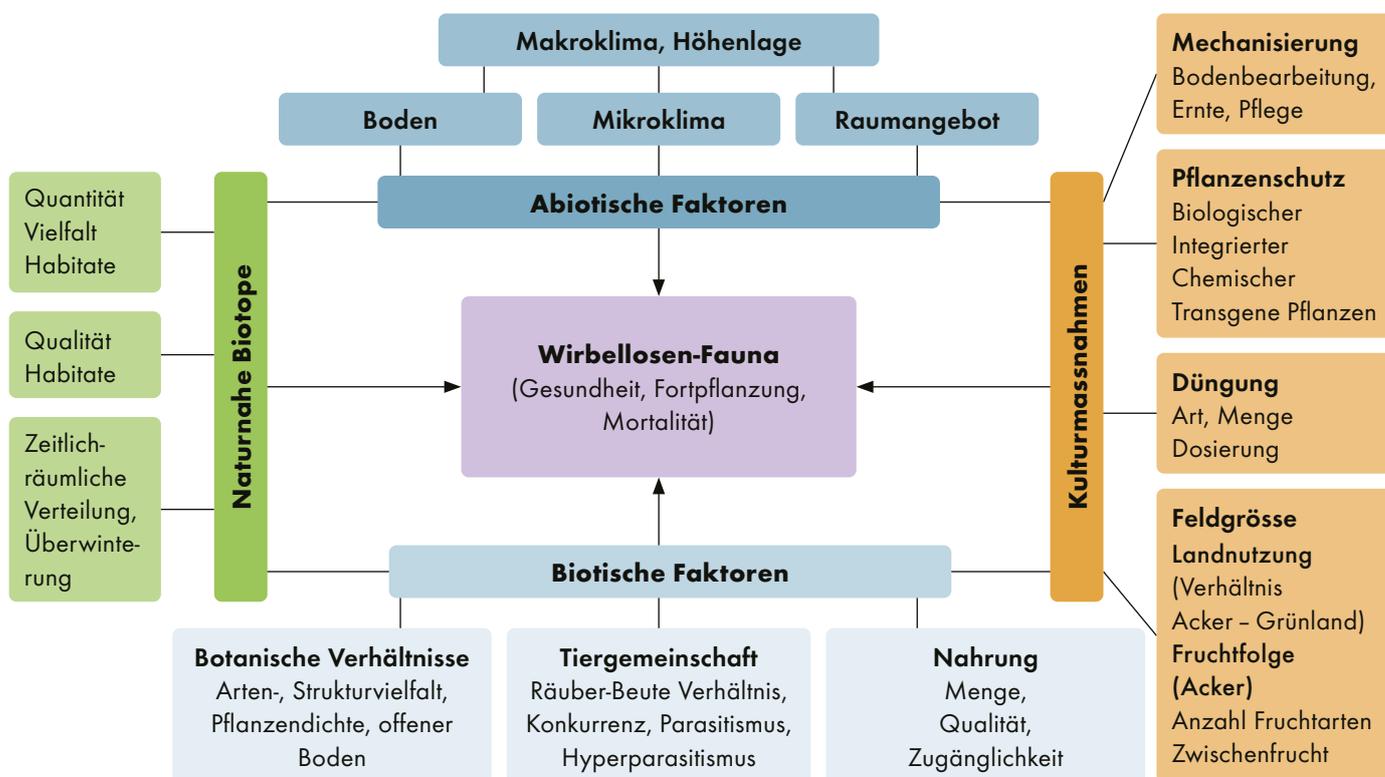
Schlüsselfaktoren für die Biodiversität in der Landwirtschaft

Im Allgemeinen wird die Vielfalt von Flora und Fauna auf lokaler Ebene sowohl von anthropogenen Faktoren (z. B. Art und Intensität der landwirtschaftlichen Praktiken), als auch von nicht-anthropogenen Faktoren (z. B. Standortbedingungen wie Bodenbeschaffenheit, Höhenlage oder Mikroklima) beeinflusst. Das überträgt sich auch auf Landschaftsebene, bei der es besonders auf die Qualität der Landschaftsinfrastruktur (z. B. Fläche und Vielfalt naturnaher Lebensräume) ankommt. Biotische Faktoren wie das Angebot an Nahrungsressourcen und die florale, strukturelle Vielfalt in Kultur- und Nichtkulturhabitaten beeinflussen die Vielfalt und Abundanz der tierischen Organismen (Abbildung 1 auf Seite 4).



Naturnahe Flächen dienen vielen Arten zur Überwinterung und als Lebensraum. Eine vernetzte Vielfalt an Biodiversitätsflächen und Kleinstrukturen fördern die Biodiversität auf hohem Niveau und bieten seltenen, gefährdeten Arten einen Lebensraum.

Abbildung 1: Einflussfaktoren auf die Biodiversität am Beispiel der Kleintierfauna



Abiotische und biotische Standortfaktoren prägen die Bedingungen für die Kleintierfauna stark. Anthropogene Tätigkeiten wie landwirtschaftliche Kulturmassnahmen und die Pflege und der Unterhalt naturnaher Lebensräume beeinflussen weiter das Vorkommen der Wirbellosenfauna^[2].

Artenrückgang und die Rolle der Landwirtschaft

Die mit der jahrzehntelang anhaltenden Steigerung der landwirtschaftlichen Produktion verbundene Intensivierung der Landnutzung hat die Rolle der Landwirtschaft für die Biodiversität grundlegend verändert. Einst bot das strukturreiche Kulturland mit Äckern, Wiesen, Säumen, Hecken, Rebbergen, Hochstamm- und Feldgehölzen bis zur industriellen Revolution der Landwirtschaft wertvolle Lebensräume für viele Tier- und Pflanzenarten sowie Bodenorganismen. Die intensive Landwirtschaft hingegen verursacht eine massive Abnahme der Biodiversität. Hauptursachen sind ein hoher Einsatz an Agrochemikalien, der Verlust wertvoller naturnaher Flächen wie Trockenwiesen und -weiden, Hecken, Auen, Hochstammobstgärten, die Überbauung und das Zerschneiden von Lebensräumen (Fragmentierung der Landschaft), ein hoher Tierbesatz oder die Verringerung der genetischen Vielfalt. Weiter verstärken der Klimawandel, eingeschleppte

fremde Arten, Lichtverschmutzung, aber auch die Aufgabe von Wiesen und Weiden im Berggebiet das Problem. Als Folge davon hat der Gesamtbestand der Insekten in den letzten Jahrzehnten deutlich abgenommen: So wurde in Deutschland innerhalb von drei Jahrzehnten in 63 von Agrarland umgebenen Naturschutzflächen eine Reduktion der Insektenbiomasse um 75 % festgestellt^[3]. Auch im Grünland wurde innerhalb von 10 Jahren ein Rückgang der Insekten um 67 % Biomasse und 34 % Arten beobachtet^[4]. Ein Schwund der Insekten an Biomasse und Arten ist besonders problematisch, da Insekten vielen anderen Arten als Nahrung dienen, z. B. zahlreichen Amphibien, Vögeln und Fledermäusen. Eine Veränderung der Nahrungskette gefährdet somit auch viele andere Arten und letztlich viele wichtige Funktionen in der Landwirtschaft wie zum Beispiel die natürliche Bestäubung (Kaskadeneffekt). Auch für die Schweiz wurde der Verlust der Biodiversi-

tät in verschiedenen Sektoren analysiert und dokumentiert^[5,6]. Die Roten Listen bedrohter Tier- und Pflanzenarten machen die intensive Landwirtschaft als einen der Hauptverursacher für den Artenverlust in der Kulturlandschaft aus. Viele Populationen sind bedroht, weil ihre Mindestgrösse zu klein und die nötige Fläche und Qualität der Lebensräume zu gering sind (fehlender Genaustausch). Intensiver Pestizideinsatz, synthetische Stickstoffdünger, Flurbereinigungen, Drainagen und der Einsatz von schweren Maschinen haben wesentlich zum drastischen Rückgang der biologischen Vielfalt und zum Insektensterben beigetragen.

Anbausysteme im Fokus

Ob eine Bewirtschaftung intensiv oder extensiv geprägt ist, hängt vom zugelassenen Einsatz der Hilfsstoffe, den Betriebsstrukturen sowie der Mechanisierung und Landnutzung (Kulturarten, ökologische Infrastruktur u. a.) auf dem Betrieb ab. Es gibt eine grosse Bandbreite an unterschiedlichen Anbausystemen, von konventionellen, integrierten (IPM mit Agrarökologie), ökologischen Anbausystemen mit hohem Input bis hin zu Anbausystemen mit geringem Input wie biologisch-dynamische Anbausysteme, regenerative oder Permakultur-Anbausysteme (Abbildung 2). Auch innerhalb der einzelnen Anbausysteme gibt es eine grosse Variabilität der Anbaupraktiken, insbesondere im biologischen Landbau. Diese erstreckt sich von der ganzheitlichen biologisch-dynamischen Landwirtschaft

mit Diversität im Anbau und diversen naturnahen Flächen bis zur intensiven ökologischen (Acker-) Produktion in homogenen Landschaften (z. B. in Südspanien, Osteuropa). Darüber hinaus gibt es eine grosse Bandbreite unterschiedlicher Betriebs-typen, von spezialisierten Betrieben (Acker-, Gemüse-, Obst- oder Weinbau) bis hin zu diversifizierten gemischten Betrieben mit grossen Unterschieden in der Artenvielfalt zwischen Flach-, Hügel- und Bergland.



Biologisch bewirtschaftete Äcker beherbergen häufig eine reiche Flora mit seltenen und bedrohten Pflanzenarten.

Abbildung 2: Anbausysteme zwischen Produktivität und Biodiversitätsförderung

Naturnah	Ökologisch	Integriert	Konventionell-industriell
Gesamtbetrieblicher Systemansatz	Ökonomisch optimierter Systemansatz	Pestizidreduktion und agrarökologische Massnahmen	Grossflächige Monokulturen
Beispiele: Agroforst, Demeter, Premium Biolandbau	Agrarökologie Beispiel: Bioland (intensiv)	Beispiel: Integrierter Anbau (IP)	Ertragsmaximierung Beispiel: Massentierhaltung



Eine zunehmende Anbauintensität geht in der Regel mit einer Abnahme der Diversifizierung in der Produktion und einer geringeren Förderung und Pflege vielfältiger, naturnaher Lebensräume einher.

Grössere Artenvielfalt auf Biobetrieben

Zahlreiche Vergleichsstudien über den Einfluss konventioneller und biologischer Anbausysteme belegen, dass sich der Biolandbau günstiger auf Flora und Fauna im einzelnen Feld wie auch auf Betriebsebene auswirkt^[7,8]. Globale Metastudien zeigen auf, dass in biologisch bewirtschafteten Flächen im Durchschnitt ein Drittel mehr Arten und 50 % mehr Individuen vorkommen^[9]. Die festgestellten Unterschiede waren über die letzten 30 Jahre stabil^[10]. Die Effekte unterscheiden sich je nach Organismengruppe und variieren auch mit der Ausstattung der Landschaft, dem Kultursystem und der Anbauintensität. Die stärksten Effekte des biologischen Anbaus zeigen sich in 1-jährigen Ackerkulturen, gefolgt von Spezialkulturen (Wein-, Obstbau). Die geringsten Effekte sind im Grünland nachgewiesen worden. Wichtige Gruppen wie Bestäuber, Nützlinge und Zersetzer werden durch den Bioanbau in diversen Kultursystemen gefördert^[9,10,11] (siehe Tabelle 1). Die positiven Effekte wirken sich nicht nur lokal, sondern auch auf Landschaftsebene aus^[12,13,14].

Verschiedene Tier- und Pflanzen-Gruppen werden dabei gefördert. Bodenorganismen, diverse Insektengruppen, Spinnen, Vögel, und Säugetiere profitieren je nach Kultur überdurchschnittlich von biologischer Bewirtschaftung (Tabelle 1 auf Seite 7). Schädlinge hingegen kommen meist in den unterschiedlichen Anbausystemen in ähnlicher Anzahl vor^[15]. Eine globale Meta-Studie über Mikroorganismen bestätigte, dass Indikatoren zur mikrobiellen Biomasseaktivität durch biologischen Anbau im Mittel um 32–85 % erhöht werden^[16].

Vergleichende Untersuchungen in Berggebieten wurden bisher kaum durchgeführt.

Chancen für seltene und gefährdete Arten

Eine globale Metastudie zeigt zudem, dass Bioanbau seltene Insekten und Spinnen fördern kann (Abundanz +55 %, Vielfalt +27 % im Vergleich zu konventionellem Anbau)^[17]. Für die Erhaltung gefährdeter Arten braucht es aber meist massgeschneiderte Artenschutzprogramme. Die üblichen Agrarumweltprogramme im Kulturland reichen dazu nicht aus. Dennoch kann der biologische Landbau hierzu einen wichtigen Beitrag leisten, insbesondere, wenn reichlich wertvolle und naturnahe Flächen vorhanden sind^[18]. Die Feldlerche, eine typische Art

der offenen Kulturlandschaft, die durch die Intensivierung der Landwirtschaft stark zurückgedrängt wurde, sowie die selten gewordenen Kiebitze und Rebhühner können bei biologischer Bewirtschaftung höhere Siedlungsdichten erreichen^[19,20]. Auch seltene Pflanzenarten im Acker^[21,22] und anspruchsvolle Laufkäferarten wurden auf Biobetrieben in höherer Vielfalt und Dichte nachgewiesen^[18].

Förderung funktioneller Gruppen

Vielfältige und individuenreiche funktionelle Gruppen sind eine wichtige Grundlage für das Funktionieren vieler ökologischer Prozesse in Anbausystemen. Funktionelle Gruppen wie Bestäuber, Nützlinge, Destruenten und Produzenten (Vielfalt der Pflanzen) werden durch den Bioanbau begünstigt.

Drei globale Übersichtsstudien zeigen auf, dass sich der Biolandbau im Vergleich zur konventionellen Produktion positiv auf die Vielfalt und Dichte der Bestäuber, Nützlinge, Destruenten (nur Dichte), Herbivoren (nur Vielfalt) und Pflanzen auswirkt^[10,11]. Die Dichten der Bestäuber (+90 %), der Nützlinge (+38 %) und seltener Arthropoden (+55 %) profitieren am meisten (siehe Tabelle 1., Seite 7)^[17].



Wie einige andere in ihrer Nahrung spezialisierte Wildbienen-Arten sammelt die Natterkopf-Mauerbiene (*Hoplitis adunca*) den Pollen einer einzigen Pflanzenart (*Echium vulgare*).

Tabelle 1: Auswirkungen des biologischen Anbaus auf die Vielfalt und die Häufigkeit verschiedener Arten und funktioneller Gruppen im Vergleich zu konventioneller Bewirtschaftung ^[9,10,16,23,24,25,26]

Gruppen	Kultursystem	Häufigkeit	Artenvielfalt
Pflanzen	Ackerland	++	++
	Grasland		+ (=)
	Weinbau	+	+
Vögel	Diverse Kultursysteme	+ (=)	+
Säugetiere/Fledermäuse	Diverse Kultursysteme	+	+
Regenwürmer	Ackerland	+	=
	Weinbau	+ (=)	=
Spinnen	Ackerland	+	+
	Wein- und Obstbau	+	+
Käfer	Diverse Kultursysteme	= (+)	= (+)
Wildbienen	Diverse Kultursysteme	+ (=)	+ (=)
Schmetterlinge	Diverse Kultursysteme	+	+ (=)
Bodenmikroben	Diverse Kultursysteme	+*	
Mykorrhiza-Pilze	Ackerland	+	+
Bestäuber (funktionelle Gruppen)	Diverse Kultursysteme	++	++
Nützlinge (funktionelle Gruppen)	Diverse Kultursysteme	+	+
Zersetzer (funktionelle Gruppen)	Diverse Kultursysteme	+	+

Positiv '+', kein Unterschied '=', in wenigen Fällen '()' im Vergleich zu konventioneller Bewirtschaftung

* Biomasse bei Mikroorganismen

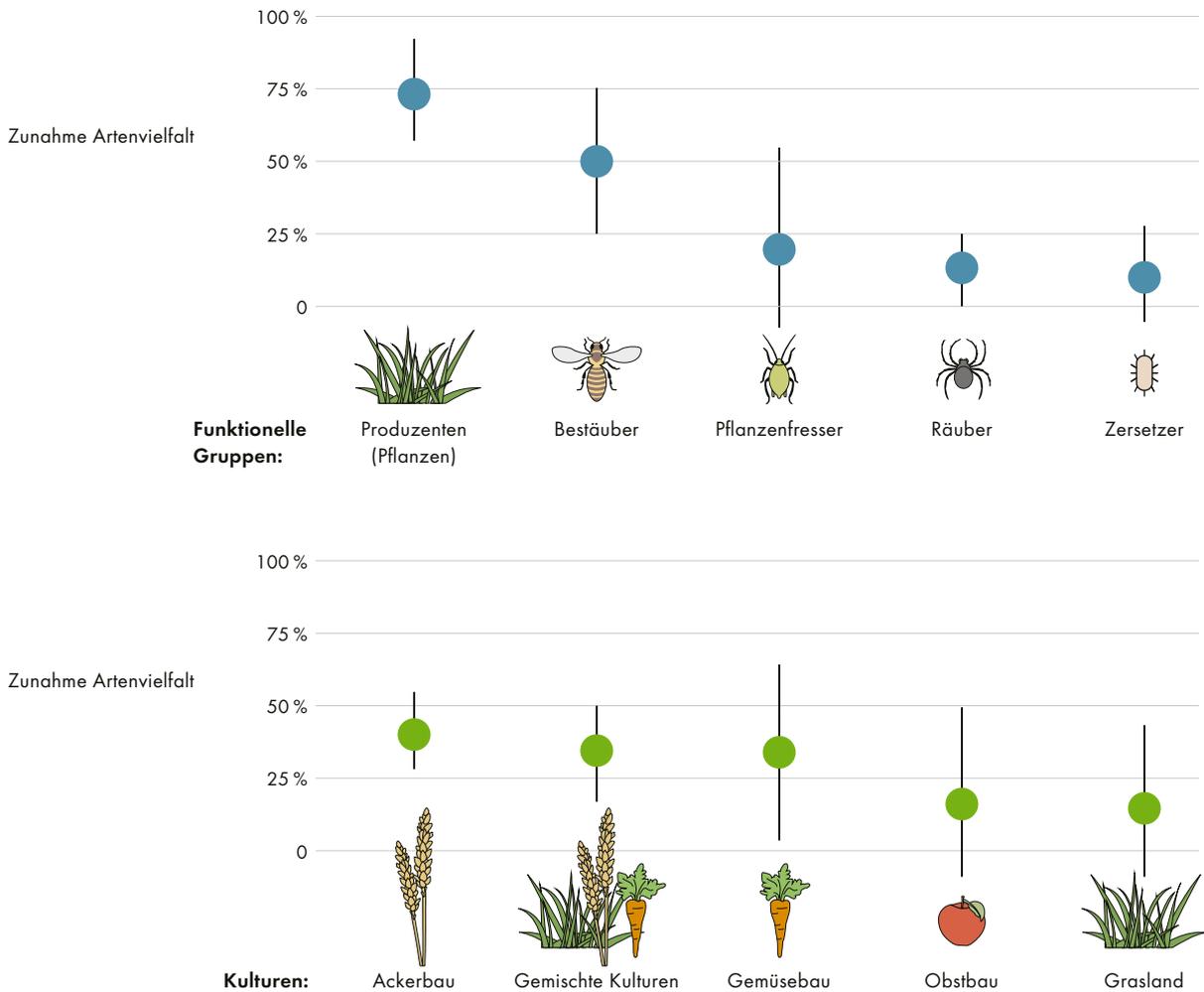


Bodenbrütende Vögel wie die Feldlerche können nur in extensiv bewirtschafteten Flächen überleben.



Seltene Arten wie der Dukatenfalter profitieren von artenreichem Grünland.

Abbildung 3: Relative Zunahme der Artenvielfalt auf Biobetrieben im Vergleich zu konventionellen Betrieben



Die Unterschiede in der Artenvielfalt auf Biobetrieben im Vergleich zu konventionellen Betrieben (konv. Ref. = 0) fallen bei allen funktionellen Gruppen (oben) und Kultursystemen (unten) unterschiedlich aus. Die Vielfalt der Pflanzenarten ist auf biologischen Betrieben rund 75 % höher als auf konventionellen Betrieben. Dauergrünflächen wie Wiesen und Weiden sind gemäss einer Metastudie insgesamt lediglich um 20 % artenreicher^[10].

Biodiversität im Obstbau

Tafelobstanlagen sind intensive Anbausysteme. Vergleichende Untersuchungen von Tafelobstanlagen in verschiedenen europäischen Ländern zeigen, dass die Dichte und die Vielfalt (+38 %) diverser Nützlingsgruppen in biologisch bewirtschafteten Anlagen höher sind als in IP-Produktionsanlagen^[27,28]. Besonders profitieren räuberische Käfer, Wanzen und Spinnen. Dies

führt zu einer höheren natürlichen Schädlingskontrolle (Blattläuse) in Bioapfelanlagen^[29]. Solche indirekt positiven Aspekte können einen Teil der Ertragsunterschiede kompensieren. Blühstreifen und andere Massnahmen in der Kultur verstärken die positiven Effekte auf die Nützlinge und die Schädlingskontrolle^[30]. Keine Unterschiede wurden hingegen bei der natürlichen Bestäubung der Obstbäume festgestellt.



Rebberge bringen als mehrjährige Kulturen bei Verzicht auf synthetische Pestizide und Kunstdünger stabile, artenreiche Ökosysteme hervor. Reiche Pflanzenvielfalt wertet den Rebberg auf und macht die Fläche für viele Tiere und Organismen attraktiv.

Biodiversität im Rebberg

Rebberge bergen ein grosses Potenzial für die Biodiversität. Die Biodiversität wird durch eine Vielfalt landwirtschaftlicher Praktiken (Bodenbearbeitung, Pflanzenschutz, Bodenpflege) und agronomischer Charakteristika (Boden- und Klimaverhältnisse, Direktzug oder terrassierter Rebberg) beeinflusst. Aufgrund dieser grossen Heterogenität sind die Unterschiede zu anderen Anbausystemen sehr variabel. Diverse Übersichtsstudien zeigen, dass sich die Biobewirtschaftung in Rebbergen positiv auf die Pflanzenvielfalt, die Bodenorganismen (mikrobielle Biomasse, Atmung), die Bakterienvielfalt, die Bodenpilze (Mykorrhiza) und Regenwürmern auswirkt. Ebenso profitieren diverse Gliederfüsser-Gruppen wie Spinnen, Laufkäfer, Wildbienen oder Ameisen, die in grösserer Anzahl und Vielfalt vorkommen^[23,24,25,31]. Neben der Artenvielfalt verändert sich auch die Zusammensetzung der Tiergemeinschaften in den Rebbergen stark.

Intensive Bodenbearbeitung kann positive lokale Effekte in Biorebbergen wieder zunichte machen. Das Vorkommen von Regenwürmern in biologisch bewirtschafteten Rebbergen gleicht sich bei intensiver Bodenbearbeitung jenem in konventionell bewirtschafteten Weinbauflächen an^[24].

Als weitere wichtige Nützlinge sind Raubmilben als wichtige Gegenspieler von Spinnmilben im Rebberg gerne gesehen. Auch sie kommen in Biorebbergen in grösserer Vielfalt und Dichte vor. Ihr Vorkommen ist dabei stark von der Intensität des Pflanzenschutzregimes abhängig.

Auf Landschaftsebene können durch biologische Bewirtschaftung von Rebbergen die Vielfalt und Dichte an Fledermäusen^[32] und Feldvögeln (mehr insektenfressende Arten) auch in eher ausgeräumten Landschaften gefördert werden^[33]. In strukturreichen Weinbaugebieten hingegen (z. B. Toscana) unterscheidet sich das Vorkommen von Feldvögeln bei biologischer Bewirtschaftung nicht, da durch naturnahe Begleitbiotope allfällige Verluste durch die landwirtschaftliche Bewirtschaftung ausgeglichen werden^[34].

Die lokalen Effekte auf die unterschiedlichen Tier- und Organismengruppen sind letztlich stark von der Anbauintensität abhängig. Als Hauptursachen für eine reduzierte Biodiversität gelten intensiver Pestizid- und Herbizideinsatz, zu intensive Bodenbearbeitung und fehlende (Dauer-)Begrünung. Agrarökologische Massnahmen wie Dauerbegrünung/artenreiche Einsaaten, schonende Bodenpflege oder Herbizidverzicht können Systemunterschiede bei diversen Organismengruppen nivellieren. Zudem wird die Faunavielfalt im Rebberg wesentlich durch den Flächenanteil der umgebenden naturnahen Flächen beeinflusst.



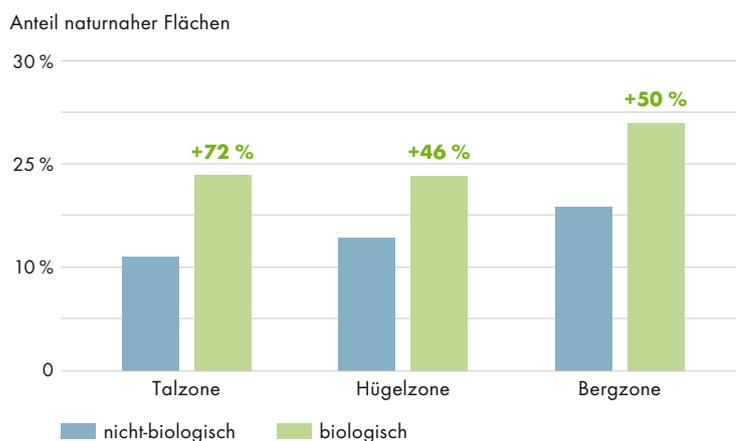
Reichliches Angebot an Biodiversitätsflächen wie Blühstreifen ist für das Überleben vieler Arten wichtig. Naturnahe Lebensräume bieten wertvolle Nahrungsressourcen und sichere Rückzugs- oder auch Überwinterungsorte.

Grössere Lebensraumvielfalt auf Biobetrieben

Neben der Anbauintensität in den Kulturflächen ist der Anteil von naturnahen Flächen auf den Landwirtschaftsbetrieben ein zentraler Faktor für die Erhaltung der Biodiversität. Hecken, arten- und strukturreiche Wiesen und Weiden, Wildblumenstreifen, Brachen und Kleinstrukturen sind als Lebensraum sowie als temporärer Rückzugs- und Überwinterungsort für viele Tierarten überlebenswichtig^[35].

Vergleiche von Biobetrieben mit konventionellen Betrieben in der Schweiz^[36], Dänemark^[37] und in England^[38] zeigen, dass der Anteil an naturnahen Flächen auf Biobetrieben höher ist als auf konventionellen Betrieben. Vielfach weisen Biobetriebe geringere Schlaggrössen, eine höhere Vielfalt der Nutzflächen und eine vielfältigere Landnutzung auf^[39]. Eine Analyse sämtlicher Schweizer Landwirtschaftsbetriebe ergab, dass die Biobetriebe im Durchschnitt 22 % und die Nicht-Biobetriebe 13 % ihrer Nutzfläche als naturnahe Fläche ausweisen. Biobetriebe setzen damit $\frac{2}{3}$ mehr Massnahmen um (Abbildung 4). Am grössten sind die Unterschiede bei extensiv und wenig intensiv genutzten Wiesen sowie Hecken und Hochstammobstbäumen in der Tal- und Hügellzone^[36]. In sehr produktiven Gunstlagen besteht jedoch auch bei Biobetrieben ein grosses Defizit an wertvollen Biodiversitätsflächen.

Abbildung 4: Anteil naturnaher Biodiversitätsflächen auf Biobetrieben und Nicht-Biobetrieben



Der Anteil der Biodiversitätsflächen ist bei biologischen Betrieben in allen topographischen Zonen grösser. Den grössten Unterschied machen biologische Betriebe in der intensiv bewirtschafteten Talzone^[36].

Positive Effekte auf Landschaftsebene

Der Biolandbau fördert die Biodiversität nicht nur lokal, sondern auch auf Landschaftsebene. Dieser positive Landschaftseffekt wurde in 1-jährigen Kulturen und Dauerkulturen für die Ackerflora^[40], die Bestäuber^[17,41] und verschiedene Nützlingsgruppen^[17,13,42] festgestellt. Generell kommen in eher mässig strukturierten Landschaften die positiven Auswirkungen ökologischer Anbausysteme am stärksten zum Tragen^[22,41,43,44,45,46]. Hingegen feh-

len in stark ausgeräumten Landschaften mit einem geringen Anteil an Bioflächen und isolierten Bioflächen ausreichende Quell- und Austauschgebiete der Artenvielfalt. Dadurch können die Bioflächen ihr Potenzial nicht ausschöpfen.

Mit einem wachsenden Anteil an Bioflächen in der Landschaft nehmen auch die positiven Effekte auf die Artenvielfalt weiter zu. Der Biolandbau

kann dadurch in der Förderung der Flora und Fauna im Kontext der Agrarumweltprogramme eine komplementäre und synergistische Rolle übernehmen^[40,42,47].

Wie sich grossflächig zusammenhängender Biolandbau auf die unterschiedlichen Tier- und Pflanzengruppen auswirkt, wurde bisher noch nicht erforscht und ist Gegenstand weiterer Forschungen.

Verbesserte Ökosystemleistungen bei biologischer Bewirtschaftung

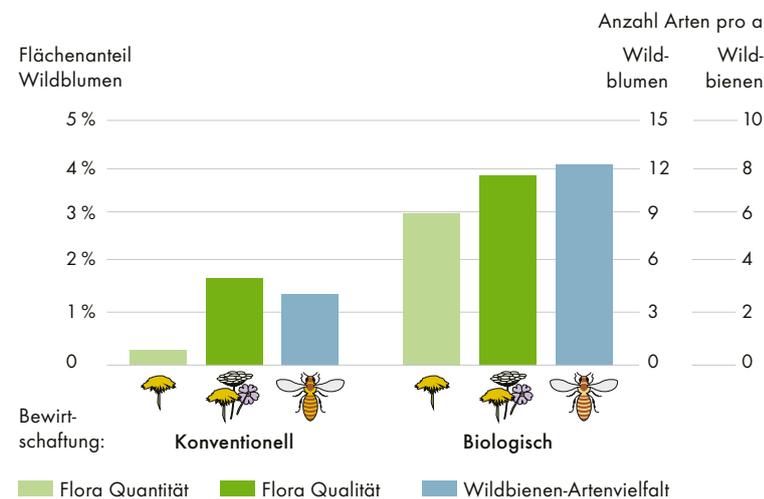
Eine reiche Artenvielfalt ist eine wichtige Grundlage für das Funktionieren vieler Prozesse im Naturhaushalt. Artenreiche Lebensräume sind produktiver und können sich besser an Umweltveränderungen wie den Klimawandel anpassen. Zum Beispiel erodieren artenreiche Wiesen weniger und sind in Trockenphasen ertragsstabiler und haben eine längere Wachstumsperiode^[48]. Die auf Biobetrieben festgestellte höhere Artenvielfalt und die grösseren Populationsdichten bestimmter Arten beeinflussen wichtige ökologische Prozesse. Nachweislich kann der biologische Landbau Funktionen verbessern wie:

Natürliche Bestäubung^[22,41,45,46]

Blütenbesuchende Insekten wie Honigbienen und Wildbienen werden durch die höhere Deckung und Vielfalt der Begleitflora in Biogetreidefeldern gefördert. Artenvielfalt und Individuenzahl von Bienen können 3-fach bzw. 7-fach höher sein als in konventionellen Flächen^[46]. Mit zunehmendem Anteil Bioflächen in der Ackerlandschaft steigen auch die Populationen der Wildbienen inklusive die der Hummeln in den umliegenden naturnahen Flächen stark an^[41].

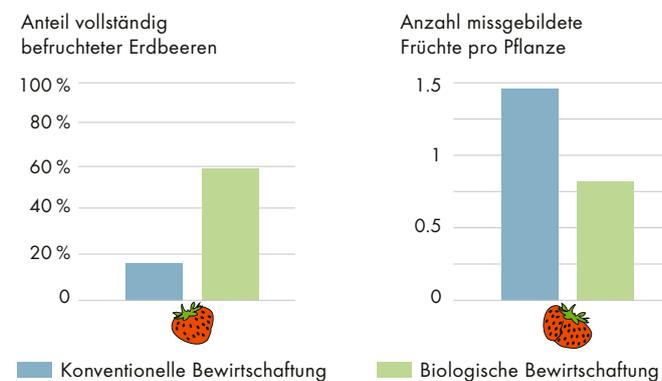
Wildbienen spielen für die Bestäubung von Kultur- und Wildpflanzen eine zentrale Rolle. Der biologische Ackerbau verbessert durch die höheren Dichten von Wildbienen die Bestäubung von Blütenpflanzen sogar in naturnahen Flächen^[22,41]. Biologischer Landbau kann die Wildbienenartvielfalt und -häufigkeit nicht nur auf Betriebs-, sondern auch auf Landschaftsebene fördern^[41]. Mehrere Studien belegen, dass Biolandbau die Artenvielfalt, die Individuenzahl und die Vermehrungsraten der Wildbienen fördert (Abbildung 5). Die Bestäubung der Kulturpflanzen, vor allem anspruchsvoller Kulturen wie Erdbeeren und Wassermelonen, kann auf Biobetrieben durch Wildbienen teilweise besser

Abbildung 5: Auswirkungen der biologischen Bewirtschaftung auf die Biodiversität in Ackerflächen



Die biologische Bewirtschaftung von Ackerland fördert die Wildbienenartvielfalt dank eines höheren Blütenangebots und einer höheren Blütenpflanzenartvielfalt^[46].

Abbildung 6: Auswirkungen der biologischen Bewirtschaftung auf die Bestäubung von Kulturpflanzen



Im biologischen Anbau von Erdbeeren kommt es insgesamt zu weniger Missbildungen von Früchten durch bessere Bestäubungsleistungen^[49].



Nährstoffarme Flächen bieten eine grössere botanische Vielfalt. Davon profitieren auch die Populationen von solitären Wildbienen stark.

sichergestellt werden und ist so letztlich weniger auf kostenintensive Bestäuber wie Hummeln und Honigbienen angewiesen^[49,50]. Die grössere Vielfalt und Anzahl der Bestäuber auf Biobetrieben führt im biologischem Anbau schon nach einer Umstellungsphase von 2 bis 4 Jahren zu einem höheren Frucht-ertrag und geringeren Verlusten durch unförmige bzw. deformierte und somit unverkäufliche Beeren (Abbildung 6 auf Seite 11).

Natürliche Reduktion von Schadorganismen

Die höhere Vielfalt von Flora und Fauna fördert auch Nützlinge, die Schädlinge natürlich reduzieren^[15,51]. Biologischer Anbau erhöht in diversen Fällen die natürliche Schädlingsregulierung im Vergleich zum konventionellen Anbau^[15]. Dies wurde in Acker-^[52], Weinbau-^[13] und Obstkulturen^[29] festgestellt. Die Stärke der Effekte wird massgeblich von Kulturmassnahmen und der Landschaftsausstattung beeinflusst. Die stärkste natürliche Schädlingsregulierung in 1-jährigen Biokulturen wurde in strukturierten Landschaften festgestellt. Sie sinkt mit zunehmender Ausräumung/Homogenisierung der Agrarlandschaft und Pflanzenschutzintensität. Der Einsatz von Insektiziden reduziert das Potenzial natürlicher Schädlingskontrolle beträchtlich^[15,53].

Unkrautsamen können in Bioäckern stärker durch spezifische Käferarten reduziert werden als in konventionellen Flächen^[54,55].

Untersuchungen aus Norwegen zeigen, dass bodenbürtige Schädlinge in Bioböden durch eine reichhaltigere Pilzfauna stärker reduziert werden als in konventionell bewirtschafteten Böden^[56].

Dungabbau in Weiden

Auf Bioweiden wurde eine reichere Fauna im Dung festgestellt^[57]. Im Gegensatz zu konventionellen Weiden wird diese Fauna auf Bioweiden weniger durch chemische Tierarzneimittel geschädigt. Die Dungfauna trägt wesentlich zum Abbau und einer rascheren Rezyklierung der Nährstoffe des Dungs bei, was sich positiv auf die Futterqualität auswirkt.

Effekte gesteigerter Ökosystemleistungen auf lokaler wie auf Landschaftsebene

Eine höhere Vielfalt diverser funktioneller Gruppen (Nützlinge, Saprophage, Mycophage, Phytophage) wurde auch in Biorebbergen festgestellt^[58]. Die natürliche Regulation bestimmter Schädlingsarten (Traubenwickler) kann sowohl auf lokaler als auch auf Landschaftsebene stärker als in konventionellen Reben sein^[13]. Zudem werden wichtige Nützlingsgruppen durch einen steigenden Anteil an Bioweinbauflächen in einer vom Weinbau geprägten Landschaft (Bordeaux) stärker gefördert als durch naturnahe Flächen^[47].

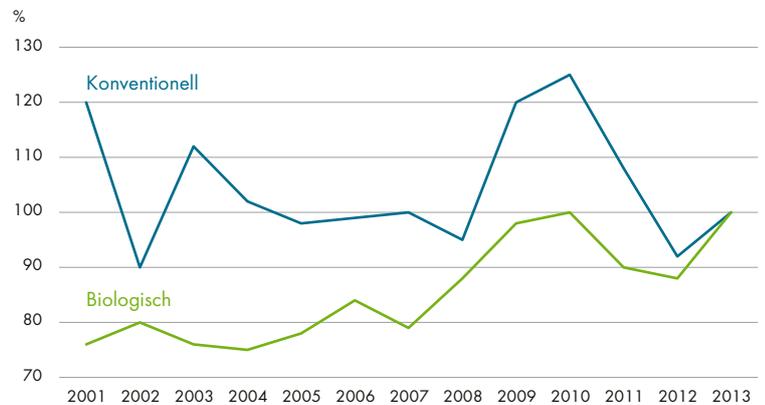
Höhere Resilienz biologischer Anbauflächen

Die Arten- und Lebensraumvielfalt leistet einen wichtigen Beitrag zur Resilienz und Anpassungsfähigkeit landwirtschaftlicher Kulturen gegenüber Umwelteinflüssen. Strukturreiche und abwechslungsreiche Landschaften fördern die Mobilität und Migration der Fauna an neue Standorte und begünstigen damit den wichtigen Genaustausch. Nützlinge profitieren ebenfalls von der Strukturvielfalt und stärken dabei die Systemstabilität und Resilienz. Die geringere Abhängigkeit von externen Betriebsmitteln, die nachhaltige Nutzung von Ressourcen, die Diversifizierung des Anbaus sowie die Selbstorganisation und Innovation tragen ihrerseits zur sozioökonomischen Resilienz des Bioanbaus bei.

Im Vergleich zur konventionellen Landwirtschaft entwickeln Kulturpflanzen in biologisch bewirtschafteten Anbausystemen unter sehr trockenen Bedingungen meist höhere Erträge. Zum Beispiel waren die Erträge bei Biomais 37 % und Soja 96 % höher als im konventionellen Anbau^[59]. Ein anderes Beispiel sind artenreiche Wiesen, die in Trockenphasen ertragsstabiler sind und eine längere Wachstumsperiode aufweisen^[48].

Im Schnitt liegen die Flächenenerträge im Biolandbau um 20 % tiefer als im konventionellen Anbau^[60,61]. Diese Differenz variiert aber sehr stark je nach Kultur und angewandter Anbaupraktiken. Der Anbau von verschiedenen Kulturen und eine agrarökologisch optimierte Fruchtfolge in biologisch bewirtschafteten Systemen reduzieren den Ertragsunterschied auf rund 10 % und weniger (Abb 7 oben)^[60]. Ein zusätzlicher Faktor, der die Ertragsdifferenz reduzieren kann, ist die Resilienz von biologisch bewirtschafteten Systemen beispiels-

Abbildung 7: Entwicklung der Ertragsdifferenzen von konventionell und biologisch bewirtschafteten Ackerflächen



Durchschnittlicher relativer Ertrag im konventionellen (blau) und im biologischen (grün) Anbau gemessen in einer 6-jährigen Fruchtfolge über eine Zeitspanne von 13 Jahren. Relativer Ertrag: 100 % = längerfristiger mittlerer Ertrag pro Kultur. Pro Jahr sind die Erträge für alle Kulturen zusammengefasst^[62]. In diesem langjährigen Feldversuch aus den Niederlanden gleichen sich die Erträge des Biolandbaus mit der Zeit denjenigen des konventionellen Anbaus an.

weise gegenüber Trockenheit. Die Reduktion der Ertragsdifferenz zwischen dem biologischen und konventionellen Landbau wird durch neuen technischen Fortschritt vor allem im Bereich der Züchtung, des Pflanzenschutzes sowie der Anbautechnik kleiner werden. Der biologische Anbau führt durch die erhöhte Biodiversität insgesamt zu einer größeren räumlichen Stabilität gegenüber biotischen und abiotischen Bodenprozessen. Damit wird ein entscheidender Faktor für die langfristige Sicherung der Erträge geschaffen^[62].

Biolandbau als Teil der Problemlösung

Die Biodiversitäts- und die Klimakrise hängen sehr stark mit der Landnutzung zusammen. Der biologische Landbau hat diesbezüglich in den letzten Jahrzehnten viel Erfahrung mit gesamtbetrieblichen Lösungsansätzen gesammelt. Solche Agrarökologisch orientierte Ansätze können dann in unterschiedliche Landbausysteme integriert werden. Um aktuelle Umwelthanliegen zu entschärfen und die Agrarökologie zu stärken, wird der biologische Anbau agrarpolitisch zunehmend stärker berücksichtigt. Die EU-Biodiversitätsstrategie 2030 hat das Ziel, dass bis zum Jahr 2030 mindestens 25 % der landwirtschaftlichen Flächen biologisch bewirt-

schaltet werden (EC 2020: Biodiversitätsstrategie 2030; Strategie Vom Hof auf den Tisch). Aus agrarökologischer Perspektive wäre der Aufbau von ganzen Bioregionen (beispielsweise in Acker-Grünland-Landschaft) vorteilhaft. Beträchtliche positive Skalierungseffekte auch auf die Biodiversität und andere Umweltaspekte (z. B. Trinkwasser- und Gewässerschutz) sind dabei wahrscheinlich. Diese positiven Effekte sind durch eine generell tiefere Anbauintensität (geringerer Hilfsstoffeinsatz), kleinere Schlaggrößen im Anbau, mehr naturnahe und artenreiche Lebensräume sowie durch die potenzielle Veränderung der Begleitbiotope zu erwarten.

Risiken der Konventionalisierung im Biolandbau

Auch auf Biobetrieben besteht ein Spannungsfeld zwischen landwirtschaftlicher Nutzung und dem Erhalt natürlicher Lebensräume. Der steigende ökonomische Druck und die hohe Nachfrage nach Bioprodukten kann Biolandwirt:innen dazu drängen, ihre Produktion zu intensivieren und zu spezialisieren. Eine übermässige Intensivierung der Bioproduktion und Spezialisierung auf wenige Kulturen gefährden jedoch die vielfältigen Vorteile (Risiko der Konventionalisierung).

Ein rein ertragsoptimierter Anbau führt zu einem höheren Einsatz von Hilfsstoffen wie organischem Dünger und biologischen Pestiziden, vereinfachten Fruchtfolgen, einer Vergrösserung der Schlaggrössen, einer Verringerung der Biodiversitätsflächen und einer intensiven Bodenbearbeitung/-pflege und Unkrautregulierung.

Ein agrarökologisch optimierter und diversifizierter Biolandbau mit qualitativ wertvollen Biodiversitätsflächen hat eine nachhaltige Wirkung auf die Biodiversität und ermöglicht zahlreiche Synergien zwischen Natur und Produktion.

Eine gesamtbetriebliche Fachberatung spielt dabei eine wichtige Rolle. Sie steigert den Anteil und fördert die Qualität von Biodiversitätsflächen und verbessert den Wissenstransfer für eine agrarökologische Produktion^[63]. Mit gesamtbetrieblichen Fachberatungen in Agrarökologie und Naturschutz sowie einer Weiterentwicklung der Anbaurichtlinien betreffend Biodiversität und Landschaftsgestaltung, können ökologische sowie betriebswirtschaftliche Leistungen weiter verbessert werden.

Grössere Artenvielfalt durch agrarökologischen Systemansatz

Im biologischen Landbau werden verschiedene Massnahmen im Anbau und in der Landschaftsgestaltung umgesetzt, die sich nachweislich positiv auf die biologische Vielfalt auswirken. Insbesondere fördern folgende für den Biobetrieb typische Massnahmen die Biodiversität:

- Verzicht auf Herbizide
- Verzicht auf chemisch-synthetische Pestizide
- Massnahmen zur Nützlingsförderung (funktionelle Biodiversität, vorbeugender Pflanzenschutz)
- Geringere Düngung (insbesondere Stickstoff-Input) und Verzicht auf mineralische Stickstoffdünger
- Vielfältige Fruchtfolgen mit hohem Kleeagrassanteil und Einbau von Zwischenfrüchten
- Schonende Bodenpflege (Humuswirtschaft)
- Begrenzter Tierbesatz und Futterzukauf
- Beträchtlicher Anteil an naturnahen Flächen
- Vielfalt an diversen Nutzflächen (Mischbetriebe)
- Vielfältige Betriebsstruktur und geringe Spezialisierung im Anbau

Diese Faktoren fördern nicht nur die Biodiversität, sondern stärken auch die natürlichen Kreisläufe

und steigern so die Nachhaltigkeit von Biobetrieben. Die Effekte des biologischen Anbaus sind letztlich stark vom betrieblichen und landschaftlichen Kontext abhängig^[61]. Je nach Ansprüchen und Mobilität von Organismengruppen sind sie unterschiedlich und variieren in Abhängigkeit von Landschaftcharakteristika und Anbauintensität.

Stärkung der Ökosystemfunktionen und Schonung/Einsparung von Ressourcen

Um wichtige Ökosystemfunktionen zu erhalten und die Biodiversitätsverluste zu reduzieren, braucht es einen Ressourcen schonenderen Anbau (Reduktion Pestizide und Dünger) und einen deutlich höheren Anteil von Biodiversitätsflächen und biologisch bewirtschafteten Flächen in der Landschaft^[9,10,11]. Der Biolandbau nutzt Synergien der vorhandenen Ökosysteme und hat im Rahmen von Agrarumweltprogrammen eine komplementäre Wirkung auf die Biodiversität. Wesentlich für eine erfolgreiche Umsetzung von Biodiversitätsmassnahmen auf den Betrieben und in der gesamten Agrarlandschaft sind neben der gesamtbetrieblichen Fachberatung eine faire Honorierung ökologischer Leistungen und wirksame ökonomische Anreizsysteme zur gezielten Förderung der (funktionellen) Biodiversität.

Für weitere Informationen zu Leistungen des Biolandbaus siehe:

www.argumente.fibl.org
www.agri-biodiv.ch

Literatur

- 1 Reganold J. P. and J. M. Wachter, 2016. Organic agriculture in the twenty-first century. *Nature Plants* 2,1-8
- 2 Pfiffner L. and L. Armengot, 2019. Biodiversity as a prerequisite of sustainable organic farming. In: *Improving organic crop cultivation* Köpke (ed.), Chapter 16: 401-433. Burleigh Dodds Science Publishing, Cambridge, UK. ISBN: 978-1-78676-184-2
- 3 Hallmann C. A. et al., 2017. More than 75 percent decline over 27 years in total flying insect biomass in protected areas. *PLoS ONE* 12(10): e0185809
- 4 Seibold S. et al., 2019. Arthropod decline in grasslands and forests is associated with landscape-level drivers. *Nature*, 574(7780), pp.671-674
- 5 Fischer M. et al., 2015. Zustand der Biodiversität in der Schweiz 2014. Forum Biodiversität Schweiz, Bern
- 6 Lachat T. et al., 2010. Wandel der Biodiversität in der Schweiz seit 1900. Ist die Talsohle erreicht? Bristol-Stiftung; Haupt, Zürich
- 7 Mäder P. et al., 2002. Soil fertility and biodiversity in organic farming. *Science* 296: 1694-1697
- 8 Hole D. G. et al., 2005. Does organic farming benefit biodiversity? *Biological Conservation* 122: 113-130
- 9 Bengtsson J. et al., 2005. The effects of organic agriculture on biodiversity and abundance: a meta-analysis. *Journal of Applied Ecology* 42: 261-269
- 10 Tuck S. L. et al., 2014. Land-use intensity and the effects of organic farming on biodiversity: a hierarchical meta-analysis. *Journal of Applied Ecology*, 51, 746-755
- 11 Smith O. M. et al., 2019. Organic farming provides reliable environmental benefits but increases variability in crop yields: a global meta-analysis. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 3, p.82
- 12 Henckel L. et al., 2015. Organic fields sustain weed metacommunity dynamics in farmland landscapes. *Proceedings of the Royal Society B Biological Science*, 282, 1808
- 13 Muneret L. et al., 2019a. Organic farming at local and landscape scales fosters biological pest control in vineyards. *Ecological applications*, 29(1), p.e01818
- 14 Inclan D. J. et al., 2015. Organic farming enhances parasitoid diversity at the local and landscape scales. *Journal of Applied Ecology*, 52(4), pp.1102-1109
- 15 Muneret L. et al., 2018a. Evidence that organic farming promotes pest control. *Nature sustainability*, 1(7), pp.361-368
- 16 Lori M. et al., 2017. Organic farming enhances soil microbial abundance and activity - A meta-analysis and meta-regression. *PLoS one*, 12(7), p.e0180442.19
- 17 Lichtenberg E. M. et al., 2017. A global synthesis of the effects of diversified farming systems on arthropod diversity within fields and across agricultural landscapes. *Global Change Biology*, 23, 4946-4957
- 18 Pfiffner L. and H. Luka, 2003. Effects of low-input farming systems on carabids and epigeal spiders - a paired farm approach. *Basic and Applied Ecology* 4: 117-127
- 19 NABU 2004. Vögel der Agrarlandschaft - Bestand, Gefährdung, Schutz. Naturschutzbund Deutschland e.V., Berlin, p 44
- 20 Neumann H., R. Loges and F. Taube, 2007. Fördert der ökologische Landbau die Vielfalt und Häufigkeit von Brutvögeln auf Ackerflächen? *Berichte über Landwirtschaft* 85, 272-299
- 21 Gabriel D. et al., 2006. Beta diversity at different spatial scales: plant communities in organic and conventional agriculture. *Ecological Applications* 16: 2011-2021
- 22 Gabriel D. and T. Scharntke, 2007. Insect pollinated plants benefit from organic farming. *Agric. Ecosystems and Environment* 118: 43-48
- 23 Döring J. et al., 2019. Organic and biodynamic viticulture affect biodiversity and properties of vine and wine: a systematic quantitative review. *American Journal of Enology and Viticulture*, 70(3), pp.221-242.
- 24 Karimi B. et al., 2020. A meta-analysis of the ecotoxicological impact of viticultural practices on soil biodiversity. *Environmental Chemistry Letters*, pp.1-20
- 25 Stein-Bachinger K. et al., 2021. To what extent does organic farming promote species richness and abundance in temperate climates? A review. *Organic Agriculture*, 11(1), pp.1-12
- 26 Paiola A. et al., 2020. Exploring the potential of vineyards for biodiversity conservation and delivery of biodiversity-mediated ecosystem services: A global-scale systematic review. *Science of the total environment*, 706, p.135839
- 27 Happe A. K. et al., 2019. Predatory arthropods in apple orchards across Europe: responses to agricultural management, adjacent habitat, landscape composition and country. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 273, pp.141-150.
- 28 Samnegård U. et al., 2019. Management trade offs on ecosystem services in apple orchards across Europe: Direct and indirect effects of organic production. *J. of Applied Ecology*, 56(4), pp.802-811
- 29 Porcel M. et al., 2018. Organic management in apple orchards: higher impacts on biological control than on pollination. *Journal of Applied Ecology*, 55(6), pp.2779-2789.
- 30 Cahenzli F. et al., 2019. Perennial flower strips for pest control in organic apple orchards-A pan-European study. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 278, 43-53
- 31 Katayama N. et al., 2019. Biodiversity and yield under different land-use types in orchard/vineyard landscapes: a meta-analysis. *Biological Conservation*, 229, pp.125-133
- 32 Rodríguez-San Pedro A. et al., 2018. Influence of agricultural management on bat activity and species richness in vineyards of central Chile. *Journal of Mammalogy*, 99(6), pp.1495-1502
- 33 Rollan A., A. Hernández-Matías and J. Real, 2019. Organic farming favours bird communities and their resilience to climate change in Mediterranean vineyards. *Agriculture, ecosystems & environment*, 269, pp.107-115
- 34 Assandri G. et al., 2016. Diversity in the monotony? Habitat traits and management practices shape avian communities in intensive vineyards. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 223, pp.250-260
- 35 Pfiffner L. and H. Luka, 2000. Overwintering of arthropods in soils of arable fields and adjacent semi-natural habitats. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 78, 215-222
- 36 Schader C. et al., 2008. Umsetzung von Ökomassnahmen auf Bio- und ÖLN-Betrieben. *Agrarforschung* 15: 506-511
- 37 Aude E., K. Tybirk and M. Bruus Pedersen, 2003. Vegetation diversity of conventional and organic hedgerows in Denmark. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 99, 135-147
- 38 Gibson R. H. et al., 2007. Plant diversity and land use under organic and conventional agriculture: a whole-farm approach. *Journal of Applied Ecology* 44: 792-803
- 39 Norton L. et al., 2009. Consequences of organic and non-organic farming practices for field, farm and landscape complexity. *Ecosystems and Environment*, 129, 221-227
- 40 Henckel L. et al., 2015. Organic fields sustain weed metacommunity dynamics in farmland landscapes. *Proceedings of the Royal Society B Biological Science*, 282, 1808
- 41 Holzschuh A. et al., 2008. Agricultural landscapes with organic crops support higher pollinator diversity. *Oikos* 117: 354-361
- 42 Inclan D. J. et al., 2015. Organic farming enhances parasitoid diversity at the local and landscape scales. *Journal of Applied Ecology*, 52(4), pp.1102-1109
- 43 Tschantke T. et al., 2005. Landscape perspectives on agricultural intensification and biodiversity - ecosystem service management. *Ecology Letters* 8 (8): 857-874
- 44 Rundlof M. and H. G. Smith, 2006. The effect of organic farming on butterfly diversity depends on landscape context. *Journal of Applied Ecology* 43 (6):1121-1127

- 45 Moradin L. A. and M. L. Winston, 2005. Wild bee abundance and seed production in conventional, organic, and genetically modified canola. *Ecological Applications* 15: 871-881
- 46 Holzschuh A. et al., 2007. Diversity of flower-visiting bees in cereal fields: effects of farming system, landscape composition and regional context. *Journal of Applied Ecology* 44: 41-49
- 47 Muneret L. et al., 2019b. Organic farming expansion drives natural enemy abundance but not diversity in vineyard dominated landscapes. *Ecology and evolution*, 9(23), pp.13532-13542
- 48 Oehri J. et al., 2017. Biodiversity promotes primary productivity and growing season lengthening at the landscape scale. *PNAS* 114. 10160-10165
- 49 Andersson G. K., M. Rundlöf and H. G. Smith, 2012. Organic farming improves pollination success in strawberries. *PLoS one*, 7(2), p.e31599
- 50 Williams N. M. and C. Kremen, 2007. Resource distributions among habitats determine solitary bee offspring production in a mosaic landscape. *Ecological applications*: 17, 910-921
- 51 Zehnder G. et al., 2007. Arthropod pest management in organic crops. *Annual Review of Entomology*, 52: 57-80
- 52 Birkhofer K. et al., 2016. Organic farming affects the biological control of hemipteran pests and yields in spring barley independent of landscape complexity. *Landscape ecology*, 31(3), 567-579
- 53 Geiger F. et al., 2010a. Persistent negative effects of pesticides on biodiversity and biological control potential on European farmland. *Basic and Applied Ecology*, 11, 97-105
- 54 Navntoft S. et al., 2009. Weed seed predation in organic and conventional fields. *Biological Control* 49: 11-16
- 55 Diekötter T. et al., 2016. Organic farming affects the potential of a granivorous carabid beetle to control arable weeds at local and landscape scales. *Agricultural and Forest Entomology* 18,167-173
- 56 Klingen I., J. Eilenberg and R. Meadow, 2002. Effects of farming system, field margins and bait insect on the occurrence of insect pathogenic fungi in soils. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 91: 191-198
- 57 Hutton S. A. and P. S. Giller, 2003. The effects of the intensification of agriculture on northern temperate dung beetle communities. *Journal of Applied Ecology* 40: 994-1007
- 58 Miguel-Aristu J. et al., 2019. Efectos del manejo del viñedo sobre la biodiversidad de artrópodos epiedáficos en Andalucía oriental (España). *Revista Ecosistemas* 28, no. 3: 115-125
- 59 Gomiero et al., 2011. Environmental Impact of Different Agricultural Management Practices: Conventional vs. Organic Agriculture. *Critical Reviews in Plant Sciences* 30: 95-124
- 60 Ponisio L. C. et al., 2015. Diversification practices reduce organic to conventional yield gap. *Proc. R. Soc. B.*, 282, 20141396
- 61 Seufert V. and N. Ramankutty, 2017. Many shades of gray – The context-dependent performance of organic agriculture. *Science advances*, 3(3), p.e1602638
- 62 Schrama J. J. et al., 2018. Crop yield gap and stability in organic and conventional farming systems. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 256: 123-130
- 63 Chevillat V. et al., 2017. Mehr und qualitativ wertvollere Biodiversitätsförderflächen dank Beratung. *Agrarforschung Schweiz* 8 (6): 232-239

Impressum

Herausgeber

Forschungsinstitut für biologischen Landbau FiBL
Ackerstrasse 113, Postfach 219, 5070 Frick, Schweiz
Tel. +41 (0)62 865 72 72, info.suisse@fibl.org
www.fibl.org

Autor*innen: Lukas Pfiffner und Sibylle Stöckli (FiBL Schweiz)

Redaktion: Vanessa Gabel, Jeremias Lütold, Gilles Weidmann (FiBL)

Gestaltung: Sandra Walti und Brigitta Maurer (FiBL Schweiz)

Fotos: Thomas Alföldi (FiBL): Seite 1; Lukas Pfiffner (FiBL): S. 2, 5, 7 (1), 10, 12, 13; Andy Ducry (BirdLife Schweiz): S. 3; Markus Jenny (Vogelwarte Sempach): S. 7 (2); Maya Frommelt (Bio Suisse): S. 9

FiBL-Artikelnummer: 1524

DOI: 10.5281/zenodo.6601993

Das Merkblatt steht auf shop.fibl.org kostenlos als Download zur Verfügung.

2. Auflage 2022 © FiBL

Das Werk ist in allen seinen Teilen urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung ist ohne Zustimmung des Herausgebers unzulässig. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen und die Einspeicherung in und Verarbeitung durch elektronische Systeme.