

Bioanbau im Vergleich

Ergebnisse aus 45 Jahren DOK-Versuch

Von Bauern gegründet – von Forschenden ausgeführt

Landwirte und Forschende des Biolandbaus haben 1978 die Initiative ergriffen, um einen Vergleich von biologischer und konventioneller Landwirtschaft herzustellen und haben dazu den DOK-Versuch eingerichtet. Dieser liegt im Leimental südwestlich von Basel, auf fruchtbaren Lössböden, in der Südostecke des Rheingrabens. Mittlerweile ist er der weltweit am längsten andauernde Versuch zum Vergleich landwirtschaftlicher Anbausystemen. Mit seiner grossen Datenbasis und einem Probenarchiv bietet er bis heute eine ideale Plattform für verschiedenste Forschungsprojekte. Dutzende Projekte wurden in den letzten 45 Jahren hier realisiert und tausende Boden- und Pflanzenproben analysiert und ausgewertet. Daraus entstanden unter anderem 130 Publikationen in wissenschaftlichen Fachzeitschriften, sowie zahlreiche Doktor- und studentische Abschlussarbeiten. In diesem Faktenblatt werden die wichtigsten Erkenntnisse aus dem Langzeitversuch leicht verständlich dargestellt und interpretiert.



Wie ist der Versuch aufgebaut?

Die Anbausysteme

Im DOK-Versuch werden die Anbausysteme Biologisch-dynamisch (**D**), Biologisch-organisch (**O**) und Konventionell (**K**) verglichen. Diese Systeme simulieren Betriebe mit Ackerbau und Viehhaltung mit 1,4 Düngegrossvieheinheiten (**DGVE**) pro Hektar^[1].

Die Biosysteme folgen den Richtlinien von Demeter und Bio Suisse. Die Hofdünger kommen von Betrieben, die nach den jeweiligen Systemen wirtschaften. Die Demeter-Richtlinien verlangen den Einsatz von speziellen Feld- und Kompostpräparaten und die Terminierung von Feldarbeiten unter Berücksichtigung der kosmischen Konstellation.

Das konventionelle Verfahren entspricht heute der integrierten Produktion mit ausgeglichener Nährstoffbilanz, zusätzlichem Einsatz von Mineral-

dünger nach Bedarf und Pflanzenschutz nach ökonomischen Schadschwellen. Seit Beginn der zweiten Fruchtfolgeperiode (1985) gibt es zudem ein rein mineralisch gedüngtes konventionelles System, das einen viehlosen Betrieb repräsentiert (**M**).

Die Fruchtfolge

Die siebenjährige Fruchtfolge mit zweieinhalb Jahren Bodenruhe ohne Pflug unter Klee gras ist typisch für viehhaltende Betriebe in der Schweiz. Die einjährigen Kulturen sind Hackfrüchte (Randen, Mais, Kartoffeln, Kohl), Getreide (Weizen, Gerste) und Soja als Körnerleguminose. Die angebauten Zwischenfrüchte werden entweder als Gründüngung oder als Futter genutzt.

Die Fruchtfolge rotiert zeitlich versetzt auf drei parallelen Schlägen. In jedem Jahr stehen also drei verschiedene Kulturen der Fruchtfolge in den Parzellen des Versuchs. Die Fruchtfolge ist in allen Anbausystemen gleich und stellt daher einen Kompromiss zwischen den Systemen dar. Nach jeder Fruchtfolgeperiode (FFP) wurde sie leicht angepasst und bis 2013 veränderten sich auch die Position der Kulturen jeweils ein wenig. Zu Anfang wurden Gerste und Weisskohl angebaut – später Randen statt des arbeitsintensiven Weisskohls. In jeder FFP gab es Kartoffeln, Winterweizen und Klee gras. Mit Beginn der dritten FFP (1992) wurde anstelle von Gerste ein drittes Jahr Kunstwiese (Klee gras) eingefügt, da die getreidebetonte Fruchtfolge in allen Systemen zu Fusskrankheiten führte. Seit 1999 werden Mais und Soja angebaut und die Kunstwiese steht wieder über zwei Jahre. Die Gründe für die Veränderungen waren die angestrebte optimale Stickstoffnutzung in der Fruchtfolge sowie das systemunabhängige Auftreten von Schädlingen, vor allem von Drahtwürmern bei Kartoffeln^[1].

Die Düngung

Im Versuch wird mit zwei unterschiedlichen Düngungsintensitäten gearbeitet. Die volle Düngungsstufe entspricht mit 1,4 DGVE pro Hektar der durchschnittlichen Tierbesatzdichte eines gemischt wirtschaftenden Betriebs in der Schweiz. In der zweiten Düngungsstufe wurde in allen drei Systemen (entsprechend 0,7 DGVE) nur mit der halben Hofdüngermenge und im System K auch die halbe Mineraldüngermenge gedüngt. Die Nährstoffmengen von Stickstoff, Phosphor und Kali in den beiden Biosystemen waren um 40 % tiefer als im konventionellen mit Hofdünger, wobei der mineralische Stickstoff in den Biosystemen 60 % unter dem des

konventionellen Systems lag. In den Biosystemen war die mit dem Hofdünger zugeführte organische Substanz durch die systemspezifische Aufbereitung des Hofdüngers verringert, denn in O wird Rottemist eingesetzt, der einmal umgesetzt wird und in D wird Mistkompost hergestellt, der zudem noch die biodynamischen Kompostpräparate erhält. Die Düngungsstrategie der konventionellen Verfahren fusst auf den Grundlagen für die Düngung landwirtschaftlicher Kulturen in der Schweiz^[2], die nur einen Teil des Hofdünger Stickstoffs berücksichtigt.

Der Pflanzenschutz

1978 waren Pflanzenschutzmittel verfügbar, die heute nicht mehr zugelassen sind, weil sie zu schädlich für die Umwelt, die Anwender*innen oder die Konsument*innen sind. Die Aufwandmengen waren teilweise sehr hoch. In den konventionellen Systemen wurden damals im Durchschnitt 4 kg Wirkstoff pro Hektar und Jahr ausgebracht – zu Kartoffeln bedeutend mehr und in den Klee grasjahren gar keine. Fungizide und Herbizide machten den grössten Anteil aus. Heute sind die ausgebrachten Mengen in den konventionellen Systemen deutlich geringer. Gründe dafür sind Produktinnovation und die weit verbreitete Umstellung auf bedarfsorientierte Behandlungen. Im System O ist der Einsatz von Kupfer zur Bekämpfung der Kraut- und Knollenfäule (*Phytophthora infestans*) bei Kartoffeln erlaubt. Kartoffelkäfer werden in den Bioverfahren mit einem biologischen Pflanzenschutzmittel reguliert. Ansonsten bedient sich der Biolandbau präventiver Methoden. Im Durchschnitt der Fruchtfolgen und Kulturen wurden in den Bioverfahren 92 % weniger Pflanzenschutzmittel ausgebracht als in den konventionellen Verfahren.

Tabelle 1: Charakteristika der DOK-Anbausysteme

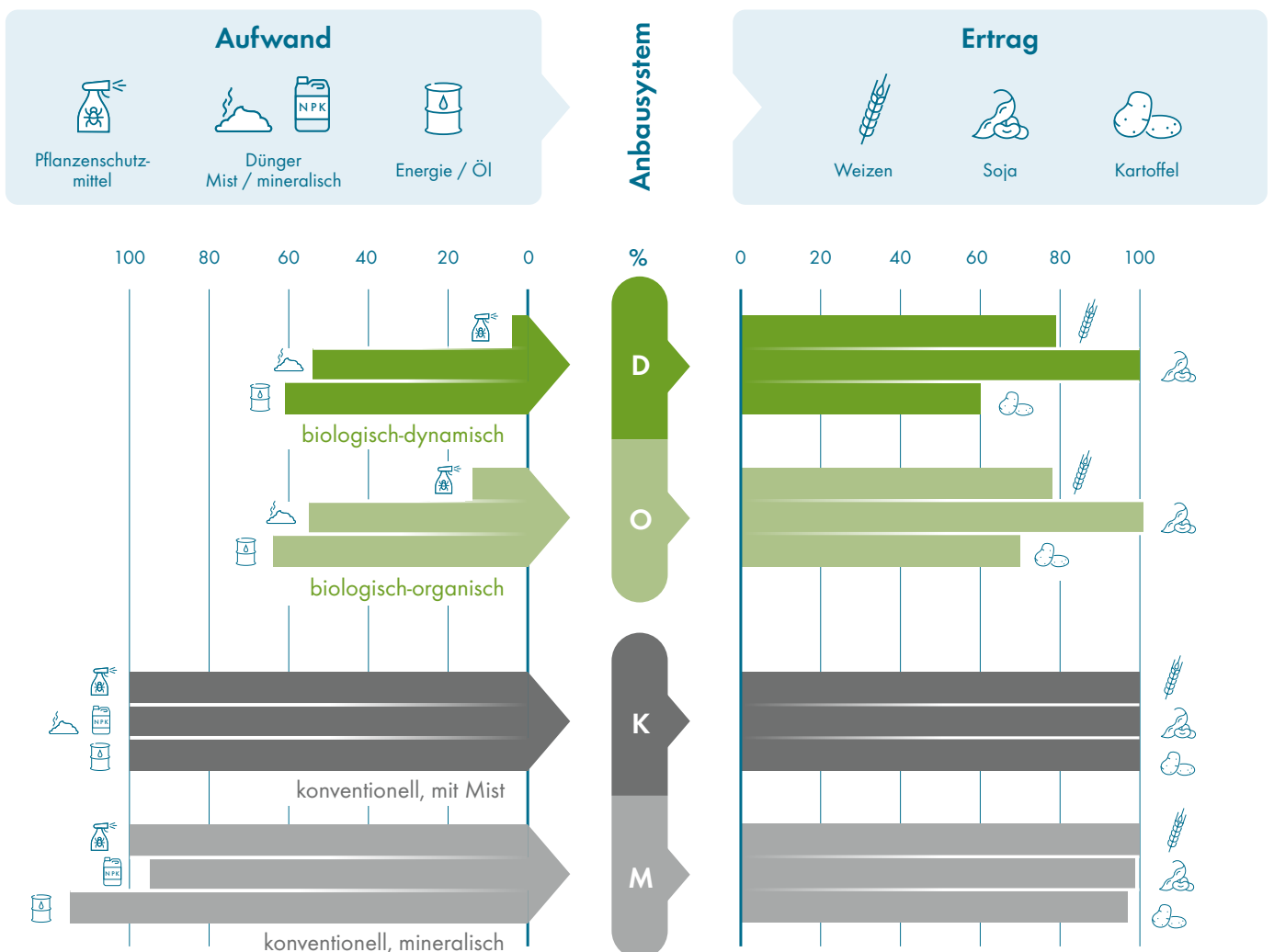
	Anbausystem	D biologisch-dynamisch	O biologisch-organisch	K konventionell, mit Mist	M konventionell, mineralisch
Düngung	Hofdünger	Mistkompost und Gülle	Rottemist und Gülle	Stapelmist und Gülle	-
	Mineraldünger	Gesteinsmehl	Gesteinsmehl, Kalimagnesia	Harnstoff, Ammonium-Nitrat, Calcium-Ammonium-Nitrat, Triple-Superphosphat, Kaliumchlorid	
Pflanzenschutz	Unkrautkontrolle	Mechanisch durch Striegel und Hacken		Mechanisch und Herbizide	
	Pflanzenkrankheiten	Indirekte Massnahmen	Indirekte Massnahmen, Kupferpräparate zu Kartoffel	Fungizide	
	Schädlinge	Biocontrol (<i>Bacillus thuringiensis</i>), Pflanzenextrakte		Insektizide, Biocontrol, Schneckenkörner und vorbeugende Massnahmen	
	Besonderheiten	Biodynamische Präparate	-	Wachstumsregulatoren	

Bioerträge bleiben langfristig stabil

Die seit Beginn aufgezeichneten Erträge waren in den Biosystemen trotz der Beschränkung auf Hofdünger stabil. Während die Ertragsminderung in den Biosystemen gegenüber den konventionellen Systemen über die ersten drei Fruchtfolgeperioden 20 % betrug, reduzierte sie sich auf 15 % über sechs Fruchtfolgeperioden. Je nach Kultur variieren die Ertragsunterschiede jedoch stark. Beim Klee gras war der Ertrag in den Biosystemen im Durchschnitt um nur 9 % geringer, bei Kartoffeln aber war die Ertragsminderung mit 32 % sehr hoch. Der Ertrag von Bioweizen war um 22 % tiefer, der von Silomais aber nur um 12 %. Soja lieferte gleich hohe Erträge^[3]. Die guten Bioerträge bei Klee gras und Soja sind auf ihre Fähigkeit, Stickstoff aus der Luft zu fixieren, zurückzuführen. Diese spezielle Fähigkeit haben

Leguminosen dank ihrer Symbiose mit Knöllchenbakterien, die im Biolandbau eine wichtige Rolle spielt. Beim Weizen erzielte das System **D** in den letzten beiden Fruchtfolgeperioden im Vergleich zum System **O**, leicht erhöhte Erträge, möglicherweise aufgrund der Sorte aus biodynamischer Getreidezucht. **O** wies aber durch die effizientere Kontrolle von Krautfäule 15 % Mehrertrag bei den Kartoffeln auf. Biosysteme sind also sehr effizient: Sie produzieren 85 % der konventionellen Erträge mit rund 50 % an Nährstoffen und Energie, und 92 % weniger Pflanzenschutzmitteln. Die deutliche Aufwandreduktion hat Auswirkungen auf die Biodiversität, das Klima und die Bodenfruchtbarkeit. Überdies sind Lebens- und Futtermittel und Gewässer weniger mit Dünger und Pestiziden belastet.

Abbildung 1: Aufwand und Ertrag der DOK-Systeme über die gesamte Versuchsdauer

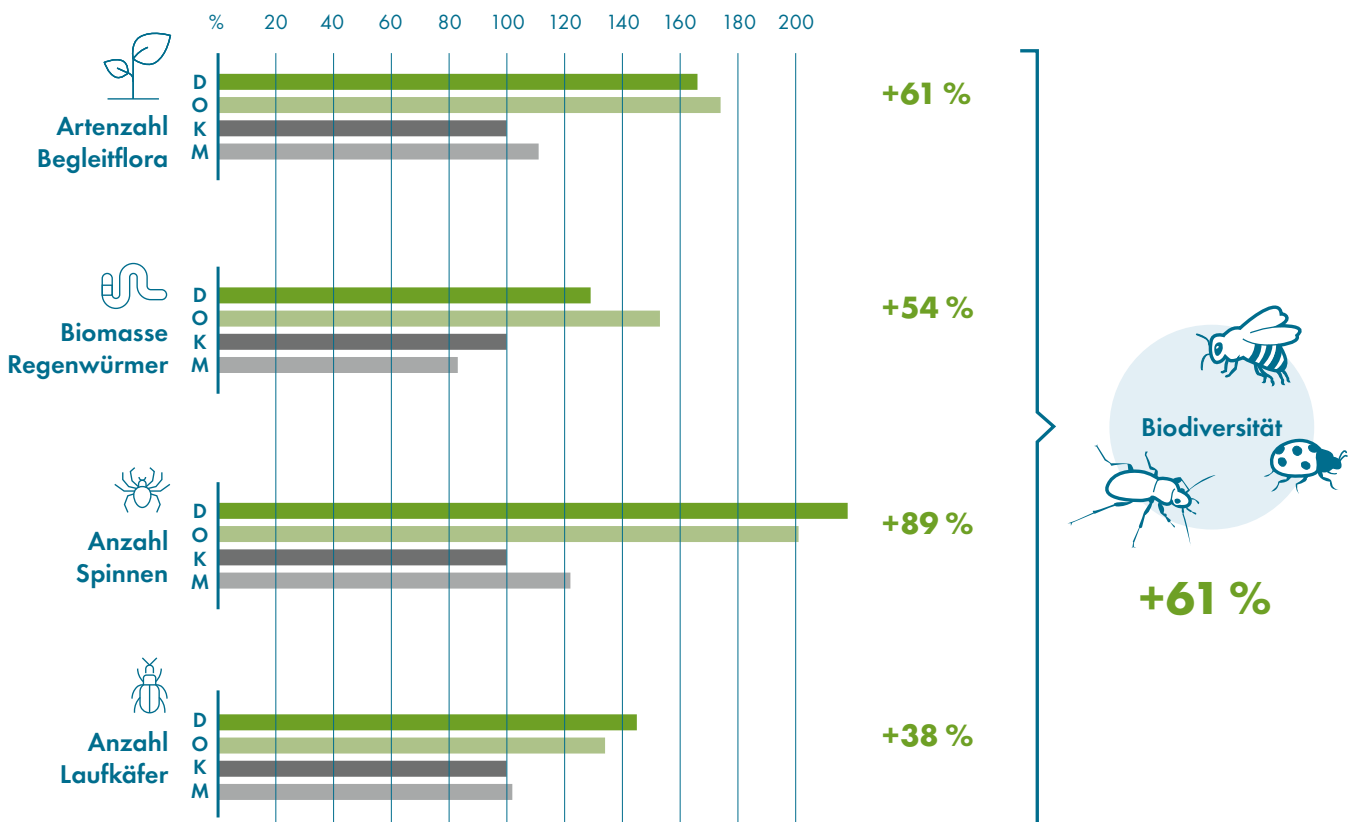


Mehr Biodiversität durch Bioanbau

Der Biodiversitätsverlust ist eines der grossen globalen Probleme, auf das die Landwirtschaft starken Einfluss hat. Für die Biodiversitätsbewertung im DOK-Versuch wurden Arten herangezogen, deren Mobilitätsradius die Größe der Versuchsfelder nicht weit überschreitet. Wegen des Verzichts auf Herbizide sind die pflanzliche Vielfalt und auch der Samenvorrat in den Biosystemen deutlich höher als im System **K**^[4]. Aber auch Laufkäfer, Kurzflügler und Spinnen waren in den Bioparzellen rund doppelt so häufig wie in **K**^[5]. In den ersten Fruchtfolgeperioden waren auch die Regenwurmpopulationen im System **K** stark beeinträchtigt^[6]. Die organische Düngung förderte die Anzahl und Artenvielfalt von Nematoden, welche Bakterien und Pflanzen fressen. Andererseits wurden Nematoden, die sich hauptsächlich von Pilzen ernähren, vermehrt im rein mineralisch gedüngten System gefunden^[5]. Die Mikro-

organismen des Bodens vermehren sich besonders stark an der Wurzeloberfläche, aber auch im Verdauungstrakt der grösseren Bodenorganismen, wenn Ernterückstände abgebaut werden. Die Dynamik ihrer Gemeinschaftsstruktur ist daher eng mit derjenigen von Pflanzen und Bodentieren verbunden. Die Gemeinschaft der Bakterien wurde stärker durch die Düngungsintensität, diejenige der Pilze stärker durch die Systemunterschiede beeinflusst^[7]. Mykorrhiza-Pilze können mit Kulturpflanzen eine Symbiose bilden und wurden in den Biosystemen häufiger nachgewiesen. Unter Trockenstress war die Mykorrhiza-Symbiose an der Weizenwurzel im System **D** besonders stark ausgeprägt. Die vielfältigere Bakteriengemeinschaft in Böden des Systems **O** blieb in Trockenphasen länger aktiv, was sich positiv auf die Stickstoffmineralisierung und damit auf das Pflanzenwachstum auswirkte^[8].

Abbildung 2: Indikatoren für Biodiversität



- D biologisch-dynamisch
- O biologisch-organisch
- K konventionell, mit Mist
- M konventionell, mineralisch

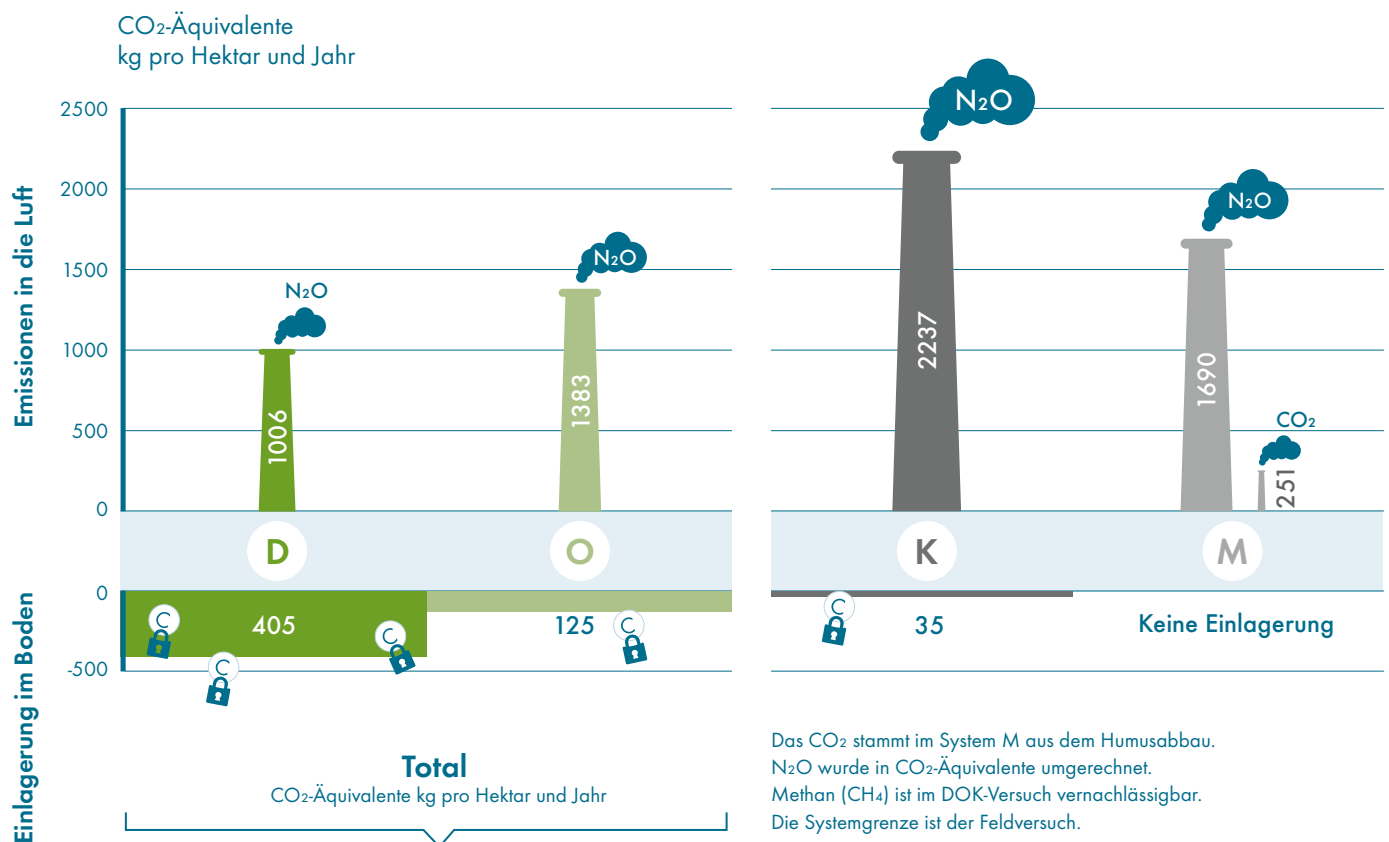
Prozentzahlen beziehen sich auf beide biologische Anbausysteme zusammengenommen gegenüber beiden konventionellen Systemen.

Bioanbau ist gut für das Klima

Die derzeitige Klimaveränderung wird von sogenannten Treibhausgasen (THG) verursacht. Die drei wichtigsten dafür verantwortlichen THG sind Kohlendioxid (CO₂), Methan (CH₄) und Lachgas (N₂O). In der Landwirtschaft werden Massnahmen sowohl zum Klimaschutz als auch zur Klimaanpassung diskutiert. Das System **D** speichert als einziges der DOK-Systeme substantiell organischen Kohlenstoff (C) in Form von Humus im Boden, wahrscheinlich aufgrund der Mistkompostierung^[9]. Ausserdem wurden hier die geringsten Lachgas-Emissionen (N₂O) gemessen, während die hohe Stickstoffdüngung in den konventionellen Systemen zu erhöhten THG-Emissionsraten führte^[10]. Summarisch waren die THG-Emissionen der Flächen bei voller Düngung im System **D** um 63 % und im System **O** um 44 % tiefer als diejenigen vom konventionellen System mit Hofdünger.

Wissenschaftliche Modelle, welche die Kohlenstoffeinträge in Böden abschätzen und die Grundlage für die internationalen Klimaberichte sind, gingen bisher davon aus, dass sich unterirdischen C-Einträge proportional zur oberirdischen Biomasse verhalten: Je höher der Ertrag einer Kultur ist, desto mehr C wird unterirdisch in den Boden eingetragen. Im Umkehrschluss würde das heissen, dass in konventionellen Anbausystemen mehr C in den Boden eingetragen wird als in biologischen Systemen. Ergebnisse aus dem DOK-Versuch konnten diese Annahme für Winterweizen und Mais widerlegen. Sie zeigen, dass die unterirdischen Einträge weitgehend unabhängig von der oberirdischen Biomasseproduktion sind und dass biologische Systeme trotz geringerer Erträge tendenziell sogar etwas höhere unterirdische C-Einträge aufweisen^[11].

Abbildung 3: Aus dem Boden stammende Treibhausgas-Emissionen in Form von Lachgas (N₂O) und CO₂



-55% *

* beide biologische Anbausysteme zusammengenommen gegenüber beiden konventionellen Systemen.

- D biologisch-dynamisch
- O biologisch-organisch
- K konventionell, mit Mist
- M konventionell, mineralisch

Bioanbau begünstigt die Bodenfruchtbarkeit

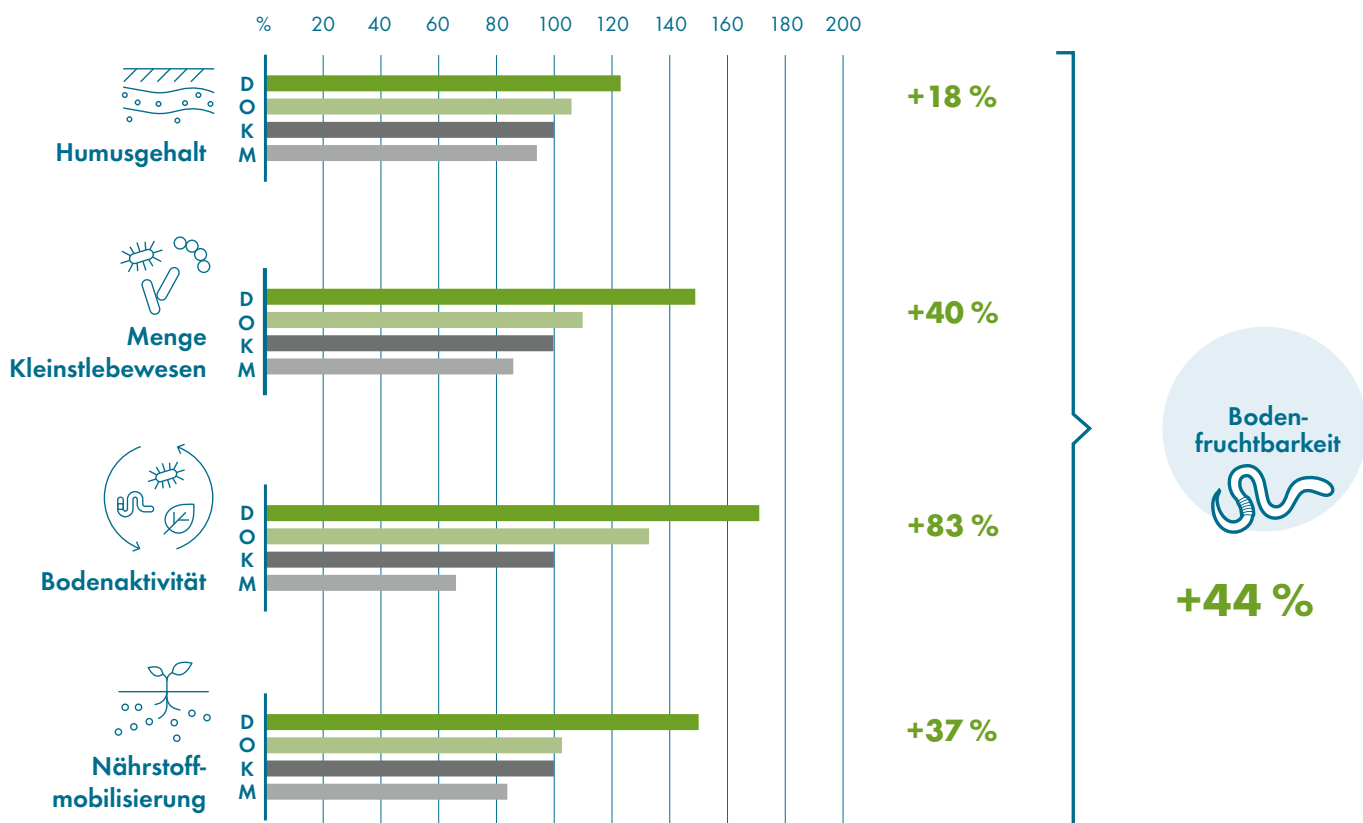
Biologische und Biodynamische Anbausysteme zeigen bei unbedeckten Böden eine weniger verschlammte Bodenoberfläche. Die Böden haben eine stabilere Struktur. Nach 21 Jahren konventioneller Bewirtschaftung hatten sich die pH-Werte unter den Sollwert gesenkt, der die Empfehlung zur Kalkung anzeigt. In diesen Böden ist eine Erhaltung eines pH-Wertes über 6 für die Bodenstruktur, die biologische Aktivität und die Pflanzenernährung wichtig. Dadurch werden eine bessere Wasserinfiltration und ein höherer Erosionsschutz gewährleistet. Pro Hektar wurden 5 t Kalk ausgebracht. Bei den Biosystemen war eine Kalkung nicht nötig.

In den Verfahren mit voller Düngung und Hofdünger waren die Humusgehalte und -vorräte konstant oder stiegen an. Ohne organischen

Dünger oder mit reduzierter Düngung haben die Böden Humus verloren^[9]. Mit der Mistkompostanwendung erreichte das Verfahren **D** signifikant höhere Humusgehalte als alle anderen Verfahren.

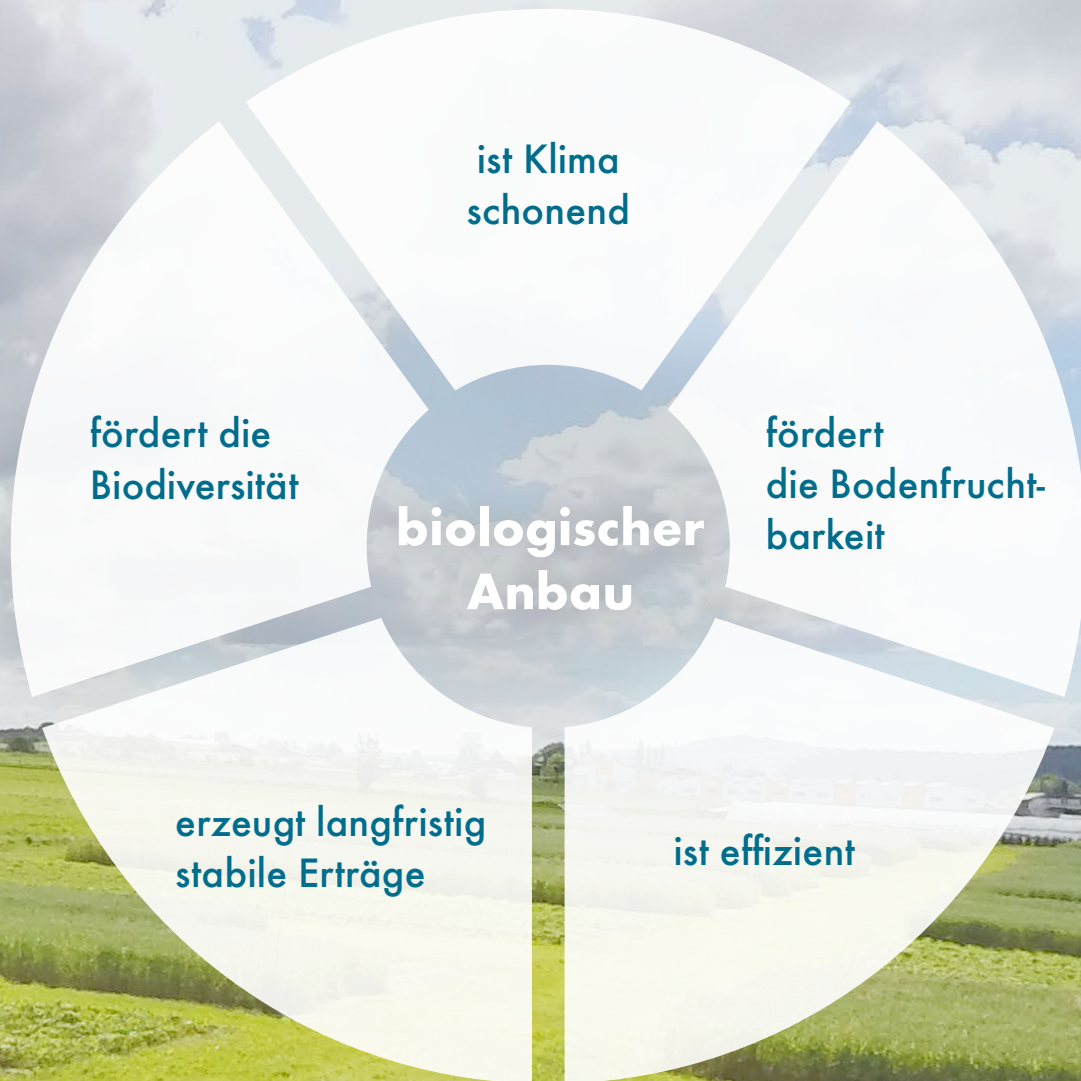
Die mikrobielle Biomasse (Menge an Kleinstlebewesen), ihre Aktivität und Effizienz war in den Biosystemen deutlich höher als in den konventionellen. Das Potenzial, organischen Phosphor zu mobilisieren (Phosphataseaktivität), war im biodynamischen System 50 % höher als im konventionellen System mit Mist. Alle Indikatoren für Bodenfruchtbarkeit zeigten in den Biosystemen und besonders im biodynamischen System bessere Werte. Die Bodenfruchtbarkeit in **D** bei reduzierter Düngung erreichte oder überstieg die vom **K** bei voller Düngung^[9].

Abbildung 4: Indikatoren für Bodenfruchtbarkeit



- D biologisch-dynamisch
- O biologisch-organisch
- K konventionell, mit Mist
- M konventionell, mineralisch

Prozentzahlen beziehen sich auf beide biologische Anbausysteme zusammengenommen gegenüber beiden konventionellen Systemen.



Fazit

biologischer Anbau bietet nachhaltige Lösungen für einige der drängendsten Probleme unserer Zeit

Literatur

- 1 Mäder, P., Fliessbach, A., Dubois, D., Gunst, L., Fried, P., & Niggli, U. (2002). Soil fertility and biodiversity in organic farming. *Science* 296, 1694-1697.
- 2 Carlen, C., Flisch, R., Gilli, C., Huguenin-Elie, O., Kuster, T., Latsch, A. J., Mayer, J., Neuweiler, R., Richner, W., Sinaj, S., Spring, J.-L. (2017). Grundlagen für die Düngung landwirtschaftlicher Kulturen in der Schweiz: GRUD. *Agrarforschung Schweiz*, 8, (6), 2017, 1-280
- 3 Knapp, S., Gunst, L., Mäder, P., Ghiasi, S., & Mayer, J. (2023). Organic cropping systems maintain yields but have lower yield levels and yield stability than conventional systems – Results from the DOK trial in Switzerland. *Field Crops Research* 302, 109072.
- 4 Rotchés-Ribalta, R., Armengot, L., Mäder, P., Mayer, J., & Sans, F. X. (2016). Long-Term Management Affects the Community Composition of Arable Soil Seedbanks. *Weed Science* 65(1), 73-82.
- 5 Birkhofer, K., Bezemer, T. M., Bloem, J., Bonkowski, M., Christensen, S., Dubois, D., Ekelund, F., Fliessbach, A., Gunst, L., Hedlund, K., Mäder, P., Mikola, J., Robin, C., Setälä, H., Tatin-Froux, F., Van Der Putten, W. H., & Scheu, S. (2008). Long-term organic farming fosters below and aboveground biota: Implications for soil quality, biological control and productivity. *Soil Biology & Biochemistry* 40(9), 2297-2308.
- 6 Pfiffner, L., & Mäder, P. (1997). Effects of Biodynamic, Organic and Conventional Production Systems on Earthworm Populations. *Biological Agriculture and Horticulture – Entomological Research in Organic Agriculture* 15, 3-10.
- 7 Lori, M., Hartmann, M., Kundel, D., Mayer, J., Mueller, R. C., Mäder, P., & Krause, H.-M. (2023). Soil microbial communities are sensitive to differences in fertilization intensity in organic and conventional farming systems. *FEMS Microbiology Ecology* 99(6).
- 8 Lori, M., Piton, G., Symanczik, S., Legay, N., Brussaard, L., Jaenicke, S., Nascimento, E., Reis, F., Sousa, J. P., Mäder, P., Gattinger, A., Clément, J.-C., & Foulquier, A. (2020). Compared to conventional, ecological intensive management promotes beneficial proteolytic soil microbial communities for agro-ecosystem functioning under climate change-induced rain regimes. *Scientific Reports* 10(1), 7296
- 9 Krause, H.-M., Stehle, B., Mayer, J., Mayer, M., Steffens, M., Mäder, P., & Fliessbach, A. (2022). Biological soil quality and soil organic carbon change in biodynamic, organic, and conventional farming systems after 42 years. *Agronomy for Sustainable Development* 42(6), 117.
- 10 Skinner, C., Gattinger, A., Krauss, M., Krause, H.-M., Mayer, J., Van Der Heijden, M. G. A., & Mäder, P. (2019). The impact of long-term organic farming on soil-derived greenhouse gas emissions. *Scientific Reports* 9(1), 1702.
- 11 Hirte, J., Leifeld, J., Abiven, S., Oberholzer, H.-R., & Mayer, J. (2018). Below ground carbon inputs to soil via root biomass and rhizodeposition of field-grown maize and wheat at harvest are independent of net primary productivity. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 265, 556-566

Weiterführende Informationen

Podcast FiBL Focus

Der DOK-Versuch – Anbausysteme im Vergleich

fibl.org > Infothek > Podcast > FiBL Focus > Folge Nr. 64

Impressum

Herausgebende Institution

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

Autor*innen: Vanessa Gabel, Andreas Fliessbach, Hans-Martin Krause und Paul Mäder

Durchsicht: Simona Moosmann (FiBL Schweiz)

Redaktion: Vanessa Gabel (FiBL Schweiz)

Gestaltung: Patrick Baumann und Brigitta Maurer (FiBL Schweiz)

Fotos: Dominika Kundel (FiBL Schweiz) S. 1, Tibor Fuchs S. 7

FiBL Art.-Nr.: 1776

Permalink: orgprints.org/id/eprint/54101/

Das Faktenblatt steht unter shop.fibl.org > 1776 auch zum kostenlosen Download zur Verfügung.

Empfohlene Zitierweise: Gabel, V., Fliessbach, A., Krause, H.-M., & Mäder P. (2024). Bioanbau im Vergleich – Ergebnisse aus 45 Jahren DOK-Versuch. Forschungsinstitut für biologischen Landbau FiBL, Frick. shop.fibl.org > 1776

Alle Angaben in diesem Faktenblatt basieren auf bestem Wissen und der Erfahrung der Autor*innen. Trotz grösster Sorgfalt sind Unrichtigkeiten und Anwendungsfehler nicht auszuschliessen. Daher können Autor*innen und Herausgeber keinerlei Haftung für etwa vorhandene inhaltliche Unrichtigkeiten, sowie für Schäden aus der Befolgung der Empfehlungen übernehmen.

2024 © FiBL

Für detaillierte Copyright-Informationen siehe fibl.org/de/copyright