

# Klimaneutraler Acker- und Gemüsebau

Auswirkungen von reduzierter Bodenbearbeitung und  
Gründungen auf Bodenfruchtbarkeit, Klima und Ökonomie  
– bisherige Erkenntnisse und aktuelle Versuche





Die Biolandwirtschaft hat das Potenzial, klimaneutral zu produzieren.

## Biolandbau – die Lösung für das Klimaproblem?

Die Landwirtschaft trägt weltweit mit 12–32 Prozent zum Klimawandel bei. Hauptquellen sind der Methanausstoss der Wiederkäuer, der CO<sub>2</sub>-Verbrauch für die Herstellung von Düngern und Pestiziden, die Abholzung von Wäldern für den Ackerbau und Weideflächen sowie die Bodenerosion. Auch der Einsatz des Pflugs verbraucht viel Energie, verstärkt den Abbau von Humus und belastet somit das Klima.

Gemäss bisherigen Untersuchungen benötigt die biologische Landwirtschaft schon heute mit den gängigen Methoden weniger Energie als die konventionelle Bewirtschaftung. Im DOK-Versuch zum Beispiel verbrauchen die Bioverfahren 20 Prozent weniger Energie pro Ertragseinheit. Dies macht den Biolandbau zwar klimafreundlicher, aber noch nicht klimaneutral. Durch die Anwendung reduzierter Bodenbearbeitungsverfahren und den vermehrten Anbau von Stickstoff fixierenden Gründungspflanzen liessen sich der Energiebedarf und der CO<sub>2</sub>-Ausstoss nochmals deutlich senken und die Erträge steigern.

Der im Biolandbau traditionell verwendete Pflug braucht nicht nur viel Energie und baut Humus ab, er zerstört auch das Bodengefüge, schadet den Regenwürmern und

### Rückbindung von Kohlenstoff im Boden: Anbausysteme im Vergleich

Feldversuche	Anbausysteme	C-Gewinne (+) oder C-Verluste (–) in kg pro Hektar und Jahr <sup>1</sup>
DOK-Versuch, CH, seit 1978	Bio-dyn., Wirtschaftsdünger kompostiert	+42
	Bio, Wirtschaftsdünger frisch	–123
	IP, Wirtschaftsdünger und Mineraldünger	–84
	IP, Mineraldünger	–207
SADP, USA, seit 1994	Bio, pfluglos	+1829
	Konventionell, pfluglos	0
Rodale FST, USA, seit 1981	Bio, Wirtschaftsdünger	+1218
	Bio, Gründüngung	+857
	Konventionell, Mineraldünger	+217
Praxisbetriebe, Bayern, D, Daten modelliert	18 Bioackerbaubetriebe (Mittelwert)	+402
	10 konv. Ackerbaubetriebe (Mittelwert)	–202
Bodenbearbeitungsversuch, Frick, CH, seit 2002	Bio, mit Pflug	0
	Bio, mit reduzierter Bodenbearbeitung	+879

<sup>1</sup> Umrechnungsfaktor: kg C mal 3,67 = kg CO<sub>2</sub>



Der seit 1978 laufende DOK-Langzeitversuch in Therwil (BL) weist deutliche Unterschiede in der Bodenfruchtbarkeit und der Energieeffizienz zwischen den Landbausystemen biologisch-dynamisch (D), organisch-biologisch (O) und konventionell (K) nach.

nützlichen Pilzen und fördert die Erosion. Pfluglose Bodenbearbeitungsverfahren galten bis vor Kurzem als nicht biotauglich, da ihre kontinuierliche Anwendung die Ausbreitung von Wurzelunkräutern fördere und die Mineralisierung von Stickstoff aus Boden und Hofdüngern im Frühjahr oft ungenügend sei. Neue Ergebnisse zeigen jedoch, dass eine flache Bodenbearbeitung, z.B. nach Getreide, in Kombination mit periodischem Lockern bei trockenen Verhältnissen eine Alternative zum Pflug sein könnte. Der vermehrte Anbau von Leguminose-Gründungen könnte zudem beträchtliche Mengen an Stickstoffdünger einsparen. Beide Methoden fördern den Aufbau von Humus, einem wichtigen Nährstoffpool und CO<sub>2</sub>-Speicher im Boden.

Humus vermag aber nicht nur klimawirksames CO<sub>2</sub> zu binden, sondern verbessert auch die Nährstoffaustauschkapazität des Bodens sowie die Infiltration und Speicherung von Wasser. Humus macht die Pflanzen dadurch toleranter gegenüber extremen Witterungsbedingungen. Humus ist auch Lebensgrundlage für viele Bodenlebewesen, welche den Nährstoffzyklus in Gang halten. Durch seine Kittwirkung macht der Humus ausserdem schwere Böden leichter und sandige Böden bindiger. Humusaufbau ist ein wesentlicher Faktor der Bodenfruchtbarkeit und kann so in den Ländern des Südens zur Ernährungssicherung beitragen.

## Klimatische Optimierung der Biolandbausysteme

Für die Optimierung der Anbausysteme im Biolandbau bezüglich ihrer Wirkung auf das Klima bestehen noch Wissenslücken. Es fehlen bisher zuverlässige Informationen zum Potenzial der CO<sub>2</sub>-Bindung sowie zur Energie- und Nährstoffeffizienz von reduzierten Bodenbearbeitungssystemen und des Einsatzes von Gründungen. Die in dieser Broschüre vorgestellten Versuche sollen dazu wichtige Resultate liefern. Ergänzend sollen ökonomische Analysen Aufschluss geben über die Wirtschaftlichkeit der reduzierten Bodenbearbeitungsmassnahmen auf Betriebsebene. Hochrechnungen für den ganzen landwirtschaftlichen Sektor sollen zudem das Potenzial des klimaneutralen Ackerbaus für die gesamte Schweiz aufzeigen.

### Drei Forschungsfragen stehen im Vordergrund:

- > Wie wirkt sich reduzierte Bodenbearbeitung auf unterschiedlichen Bodentypen aus (Ertrag, Humus, Unkräuter)?
- > Kann die Stickstoffversorgung bei reduzierter Bodenbearbeitung und konsequentem Anbau von Gründungen sichergestellt werden?
- > Wie wirken sich die optimierten Acker- und Gemüsebauverfahren auf Energieeffizienz, Humusbilanz, Ressourcenverbrauch, Klima und Betriebswirtschaft aus?



«Die Unterschiede in den Bodeneigenschaften sind erstaunlich. Bei pflugloser Bearbeitung lässt sich der Spaten leichter einstechen und der Boden fühlt sich beim Begehen weicher an.» (Pius Allemann, FiBL-Versuchsbetrieb Frick).

## Reduzierte Bodenbearbeitung auf schweren Böden (Exaktversuch Frick)

In einem Langzeitversuch auf schwerem Boden in Frick (AG) führte die reduzierte Bodenbearbeitung bei biologischer Bewirtschaftung nach sechs Jahren zu einer Steigerung des Kohlenstoffgehalts im Boden um 17 Prozent (+0,37 Prozentpunkte  $C_{org}$ ) und zu einer besseren Ertragssicherheit. Die Getreideerträge fielen im Versuch zwar 10 Prozent tiefer aus als bei traditioneller Bewirtschaftung mit dem Pflug, dafür wurden bei reduzierter Bodenbearbeitung tendenziell höhere Zwischenfutter- und Sonnenblumenenerträge und 26 Prozent mehr Klee gras bzw. 34 Prozent mehr Silomais geerntet. Dank der Anreicherung von Humus wurden schon nach wenigen Jahren 3,7 Tonnen mehr Kohlendioxid-Äquivalente je Hektar und Jahr im Boden gespeichert als bei Einsatz des Pflugs (Durchschnitt über 6 Jahre). Dieser Prozess der Humusanreicherung hält nach bisherigen Erkenntnissen 20 bis 30 Jahre an.

Im Fricker Versuch sollen die langfristigen Auswirkungen reduzierter Bodenbearbeitung auf Ertrag, Bodenfruchtbarkeit und Unkrautbesatz geklärt werden. Der Versuch verfügt über eine sechsgliedrige Fruchtfolge mit Mais, Winterweizen, Sonnenblumen, Dinkel und zweimal Klee gras. Ein Düngungsverfahren verwendet Mistkompost mit wenig Gülle (Strategie Bodenaufbau) und eines nur Gülle (Strategie direkte Ernährung der Pflanze). Zur Pflanzenstärkung und Belebung des Bodens werden biologisch-dynamische Präparate ausgebracht. Die Umweltauswirkungen werden mittels Ökobilanzvergleich ermittelt. Dabei werden auch die Auswirkungen aufs Klima berücksichtigt.

### Trockensubstanzerträge in Frick pro Hektar (2003–2008)

Bodenbearbeitung	Winterweizen 2003	Sonnenblumen 2004	Dinkel (entspelzt) 2005	Klee gras 2006	Klee gras 2007	Mais 2008	Mittel aller Kulturen
Pflug (t/ha)	5,18	3,19	2,43	7,51	7,79	12,27	
Reduzierte Bodenbearbeitung (t/ha)	4,43	3,33	2,23	9,66	9,6	16,48	
Differenz gegenüber Pflug	-14 %	+4 %	-8 %	+29 %	+23 %	+34 %	+11,7 %



*«Reduzierte Bodenbearbeitung hält meine Böden fruchtbar.» (André Leimgruber, Schlatthof, Aesch (BL), Christoph Merian Stiftung, Basel).*

## **Reduzierte Bodenbearbeitung auf mittelschweren Böden (Exaktversuche Muri und Aesch)**

Der Erfolg von Bodenbearbeitungsmassnahmen hängt im biologischen Landbau stark vom Bodentyp und den lokalen klimatischen Bedingungen ab. Die Versuche in Muri (BE) und Aesch (BL) auf mittelschweren Böden sollen ergänzende Informationen zur Optimierung der reduzierten Bodenbearbeitung in Böden mit kritischer Wasserspeicherung liefern.

Im Vordergrund der Versuche steht die Interaktion zwischen Bodenbearbeitung, Düngungsniveau und Sorte. Verglichen werden der Einsatz des Pflugs mit reduzierter Bodenbearbeitung auf zwei Stufen mineralischer und organischer Düngung in der Fruchtfolge Mais, Ackerbohnen, Winterweizen und Klee gras. Im Rahmen eines EU-Projektes (NUE-CROPS) werden sechs Maissorten auf ihre Stickstoff- und Phosphoreffizienz untersucht. Die Verfahren werden mit Ökobilanzen bewertet.



*«Durch reduzierte Bodenbearbeitung sparen wir die Hälfte an Diesel ein.» (Ulrich (rechts) und Samuel Ineichen, Sentenhof, Muri (AG)).*



Gründüngungen wie Wintererbsen binden von Spätherbst bis Frühjahr bis 150 kg Stickstoff pro Hektare. Zur Erzeugung derselben Menge Mineraldünger würden 150 kg Erdöl gebraucht, was 450 kg CO<sub>2</sub>-Äquivalenten entspricht.

## Reduzierte Bodenbearbeitung im Ackerbau und Gründüngungen im Gemüsebau (Streifenversuche)

Der Anbau von Winterleguminosen als Gründüngung verbessert die Stickstoffversorgung der Folgekultur und schützt den Boden im Frühjahr vor Erosion. Bisherige Erfahrungen mit Winterleguminosen vor Mais führten zu einer Ertragssteigerung von 50 bis 100 Prozent. Der Nährstoffbedarf von Mais ist vergleichbar mit jenem von Sommer- und Lagergemüse. Deshalb sollten Winterleguminosen auch in Gemüsefruchtfolgen wesentlich zur Verbesserung der Nährstoffversorgung beitragen.

### Silomaisertrag nach Vorkultur von zwei Erbsensorten und Roggen über den Winter im Vergleich zu Brache. Mittelwerte von zwei Jahren.

Gründüngung	Futtererbse	Eiweisserbse	Roggen
Differenz gegenüber Brache	+79 %	+76 %	-2 %

In enger Zusammenarbeit mit Beratern und Landwirten wird in Streifenversuchen auf Ackerbau- und Gemüsebaubetrieben der Anbau durch reduzierte Bodenbearbeitung und den konsequenten Anbau von Gründüngungen optimiert.

Im Ackerbau werden in drei Regionen (Nordwestschweiz, Westschweiz und Bern) auf je drei Praxisbetrieben in einer standorttypischen dreigliedrigen Fruchtfolge reduzierte und traditionelle Bodenbearbeitung miteinander verglichen. Dazu wird jeweils ein mindestens zwölf Meter breiter Streifen pfluglos bearbeitet. Bei beiden Verfahren werden das Wachstum der Pflanzen und die Entwicklung des Unkrauts erfasst sowie der Ertrag der Kulturpflanzen erhoben.

In den Versuchen im Gemüsebau wird der Anbau von Wintererbsen mit betriebsüblichen Verfahren (in der Regel Brache) verglichen. Um möglichst viel Stickstoff für die Folgekultur zu gewinnen, werden Versuche zum Saatzeitpunkt, zur Saatmenge und zur Einarbeitung der Gründüngung durchgeführt. Die Böden werden so weit wie möglich pfluglos bewirtschaftet mit schonenden Geräten.

#### Standorte Ackerbauversuche

Oberwil (BL), Full-Reuenthal (AG), St. Erhard (LU), Hindelbank (BE), Kirchlindach (BE), Münsingen (BE), Chavannes-le-Veyron (VD), La Sarraz (VD), Chésèrèx (VD)

#### Standorte Gemüsebauversuche

Rudolfingen (ZH), Unterstammheim (ZH), Fehrltorf (ZH), Frick (AG)



## Ökologisch-ökonomische Wirkungsanalyse

Zum Energiesparpotenzial reduzierter Bodenbearbeitungsverfahren und dem Anbau von Gründüngungen, sowie zu deren Wirkung auf das Klima existieren bisher erst wenige Daten. Deshalb werden mit den in den Versuchen erhobenen Zahlen ökologisch-ökonomische Wirkungsanalysen für die einzelnen Kulturen und die Fruchtfolgen gerechnet.

Um eine weitreichende Akzeptanz der Bodenbearbeitungs- und Gründüngungsverfahren in der Praxis zu gewährleisten, müssen diese auch ökonomisch nachhaltig sein. Mit Hilfe von betriebswirtschaftlichen Berechnungen wird die Rentabilität der klimafreundlichen Kulturmassnahmen mit jener der bisherigen Bewirtschaftung sowohl auf Verfahrensebene als auch auf Betriebsebene verglichen. Da anzunehmen ist, dass der technische Innovationssprung neue Formen der betrieblichen Zusammenarbeit auslösen wird, werden die Auswirkungen der Zusammenarbeit mit Hilfe von Modellsimulationen berechnet. Anhand der Simulationen soll auch das betriebswirtschaftliche Risiko der klimafreundlichen Kulturmassnahmen beurteilt werden.

Mit einer sektoralen Betrachtung sollen schliesslich die Auswirkungen der Einführung der neuen Kulturmassnahmen auf die Biolandwirtschaft sowie die gesamte Landwirtschaft der Schweiz untersucht werden. Damit können die ökonomischen und ökologischen Auswirkungen miteinander gekoppelt werden. Daraus können klimaschonende Anbaustrategien zur Förderung vorgeschlagen werden.



## Projektteam

**FiBL: Bodenwissenschaften:** Paul Mäder, Alfred Berner, Andreas Fliessbach, Monika Messmer **Anbautechnik:** Martin Koller, Franco Weibel **Sozioökonomie:** Matthias Stolze, Christian Schader, Jörn Sanders **Beratung:** Hansueli Dierauer, Maurice Clerc

In Zusammenarbeit mit: Bodenschutzfachstelle des Kantons Bern, Peter Hofer

### Dank

#### Herzlichen Dank an folgende Betriebsleiterinnen und Betriebsleiter:

Pius Allemann, FiBL-Gutsbetrieb, 5070 Frick; Thomas Buchli, André Leimgruber, Schlatt-  
hof, 4147 Aesch, und Christoph Merian Stiftung, Basel; Ulrich Ineichen, Sentenhof,  
5630 Muri; Andreas Ineichen, Bruderholzhof, 4104 Oberwil; René Stefani, Strickhof 399,  
5324 Full-Reuenthal; Cyriac Schnyder, BG Brämatt, 6212 St. Erhard; Peter Grossenbacher,  
Bernstrasse 4, 3324 Hindelbank; Hansueli Häberli, Hubel 48, 3038 Kirchlindach;  
Urs Siegenthaler, Schwand, 3110 Münsingen; André Horisberger, Ferme David,  
1309 Chavannes-le-Veyron; Olivier Eberhard, Chemin du Bois de Fey 5, 1315 La Sarraz;  
Thomas Hauser, Le Crêt-Neuf, 1275 Chéserey; Beatrice Peter, Grüthof, 8465 Wildens-  
buch; Rathgeb's Bioprodukte, 8476 Unterstammheim; Gerber BioGreens, 8320 Fehraltorf

## Finanzierung

Bundesamt für Landwirtschaft  
Coop Fonds für Nachhaltigkeit  
EU-Projekt NUE-CROPS  
Evidenzgesellschaft  
Sampo Initiative  
Software AG-Stiftung (DE)  
Stichting Demeter (NL)  
Stiftung zur Pflege von Mensch, Mitwelt und Erde

## Kontakt

Paul Mäder, FiBL, Tel. 062 865 72 32, E-Mail [paul.maeder@fibl.org](mailto:paul.maeder@fibl.org)  
Forschungsinstitut für biologischen Landbau FiBL  
Ackerstrasse, CH-5070 Frick  
Tel. 062 865 72 72, Fax 062 865 72 73  
E-Mail [info.suisse@fibl.org](mailto:info.suisse@fibl.org), [www.fibl.org](http://www.fibl.org)