

R. Bloch, J. Bachinger,
R. Fohrmann, R. Pfriem
(Hrsg.)

KLIMZUG 

Land- und Ernährungswirtschaft im Klimawandel

Auswirkungen, Anpassungsstrategien
und Entscheidungshilfen

Klimawandel in Regionen zukunftsfähig gestalten / Band 8



Ralf Bloch, Johann Bachinger, Reinhard Fohrmann, Reinhard Pfriem (Hrsg.)

Land- und Ernährungswirtschaft im Klimawandel

Auswirkungen, Anpassungsstrategien und Entscheidungshilfen

ISBN 978-3-86581-702-0

397 Seiten, 16,5 x 23,5 cm, 39,95 Euro

oekom verlag, München 2014

©oekom verlag 2014

www.oekom.de

Ralf Bloch, Johann Bachinger, Anna Maria Häring

Praxisversuche zur Erhöhung der Anpassungskapazität im Ökolandbau

1 Klimawandel trifft Ökolandbau

Nach aktuellen Klimaprojektionen für Deutschland wird das Land Brandenburg besonders stark von den Auswirkungen des Klimawandels betroffen sein. Schon jetzt stellen geringe Niederschläge, Vorsommertrockenheit, Dürreperioden und milde Winter eine Herausforderung für die Landwirtschaft dar. Hinzu kommen immer häufiger Extremwetterereignisse wie Starkniederschläge und Hitzeperioden (MLUV, 2008). Hiervon ist insbesondere der ökologische Landbau betroffen, der in Brandenburg überwiegend auf Sandstandorten praktiziert wird, die ein geringes Wasserspeichervermögen aufweisen (Bachinger, 2002).

Insbesondere die Stickstoffversorgung kann sich auf diesen Standorten durch die zu erwartenden klimatischen Veränderungen weiter verschlechtern. Beispielsweise wird bei Vorsommertrockenheit durch das schnelle Austrocknen der Sandböden die mikrobielle Stickstofffreisetzung reduziert, andererseits erhöhen die immer häufiger auftretenden Starkniederschläge und milderen, niederschlagsreicheren Winter die Nitratauswaschungsgefahr (Reyer et al., 2012). Ebenso können die klimatischen Veränderungen dazu führen, dass durch zunehmenden Wassermangel das Wachstum von Futter- und Körnerleguminosen stark beeinträchtigt wird. Hierauf reagieren ökologische Betriebe besonders empfindlich, da aufgrund der Anbaurichtlinien Futterverluste nur begrenzt durch Zukauf kompensiert werden können. Abnehmende Erträge bei Futterleguminosen haben wiederum einen geringeren Stickstoffinput in die betriebsinternen Stoffflüsse zur Folge, wodurch die oft angespannte Stickstoffversorgung im Ökolandbau weiter verschlechtert wird.

Hinzu kommt, dass durch den Klimawandel die Anzahl an verfügbaren Feldarbeitstagen abnehmen kann, an denen die Witterung die Durchführung von

Feldarbeiten ermöglicht. So kann beispielsweise nach Starkniederschlägen die Befahrbarkeit von Ackerflächen stark eingeschränkt sein. Ebenso können stark ausgetrocknete Böden nur eingeschränkt bearbeitet werden. Eine geringere Anzahl verfügbarer Feldarbeitstage ist insbesondere für den Ökolandbau problematisch, da durch den Verzicht auf Mineraldünger und chemischen Pflanzenschutz viele und zum Teil arbeitsintensive Feldarbeiten termingerecht durchgeführt werden müssen (mechanische Unkrautregulierung, Klee grasumbruch, Einbringen von Mist) und hierbei die Abhängigkeit vom Pflug besonders hoch ist.

Zur Regulierung von Unkräutern und Pflanzenkrankheiten sowie zur Ausnutzung von Vorfruchteffekten unterliegt die Fruchtfolgegestaltung im Ökolandbau strengen Regeln. Demnach ist das Anbausystem neben dem hohen Leguminosenanteil (Anbauumfang zwischen 20 und 40 Prozent) auch auf einen hohen Anteil von Sommergetreide in der Fruchtfolge angewiesen. Olesen et al. (2011) und Kersebaum et al. (2009) gehen davon aus, dass gerade der Anbau von Sommergetreide durch die Klimaänderungen in Mitteleuropa besonders betroffen sein wird, da eine zunehmende Frühjahrs- und Sommertrockenheit insbesondere beim Sommergetreide sensible Entwicklungsphasen wie Keimung sowie Blatt-, Blüte- und Fruchtbildung negativ beeinträchtigen könnte. Im Vergleich zum Wintergetreide können die Sommerformen nicht von der zunehmenden Winterfeuchte profitieren und weisen ferner einen höheren Wasserverbrauch auf (Chmielewski, 2007). Insbesondere die für Brandenburg typische Frühjahrstrockenheit stellt für Sommerkulturen eine besondere Gefährdung dar (Drastig et al., 2010). Kersebaum et al. (2009) gehen deshalb davon aus, dass insbesondere in wärmeren und trockenen Regionen der Anbau von Hafer abnehmen wird. Hiervon besonders betroffen wäre wiederum der ökologische Landbau in Brandenburg, wo der Hafer die zweitwichtigste Getreideart darstellt.

Auch der höhere Unkrautanteil macht den Ökolandbau gegenüber dem Klimawandel empfindlich. Bedingt durch den höheren Anteil an Unkräutern sind die Kulturpflanzen im Ökolandbau bereits jetzt einer verstärkten Wasser-, Licht- und Nährstoffkonkurrenz ausgesetzt, was zu Ertragsverlusten beiträgt. Nach Schaller et al. (2007) können rund zwölf Prozent der weltweiten Ertragsverluste auf Unkräuter zurückgeführt werden. Diese könnten sich durch die Klimaänderungen weiter verschärfen, wenn sich Unkrautpopulationen verändern und zum Beispiel Unkräuter durch milde Winter begünstigt werden (Gerowitz & Struck, 2008). Insbesondere perennierende Rhizom- und Wurzelunkräuter werden von den Klimaänderungen besonders profitieren, da sie aufgrund ihrer spezifischen Wachstumsstrategien gut an zunehmende Trockenheit angepasst sind. Zu diesen

Arten gehören nach Kersebaum et al. (2009) die Quecke (*Agropyron repense*) und die Ackerkratzdistel (*Cirsium arvense*), die bereits heute zu den Hauptproblemenkräutern im Brandenburger Ökolandbau zählen.

2 Steigerung der Anpassungskapazität durch Praxisversuche

Oben aufgeführte Punkte machen deutlich, dass der Brandenburger Ökolandbau spezifische Schwachstellen aufweist, aus denen zukünftig negative Klimawirkungen (Stickstoff-, Wassermangel, abnehmende Erträge etc.) resultieren können. Inwieweit diese eintreten werden, wird einerseits von den tatsächlichen Auswirkungen des Klimawandels und andererseits von der Anpassungskapazität der Ökobetriebe abhängen. Diese Anpassungskapazität hängt von der Gesamtheit der Fähigkeiten, Ressourcen und Institutionen einer Region ab, Anpassungsmaßnahmen wirksam umzusetzen (Bundesregierung, 2008). Bestimmt wird sie vor allem durch sozioökonomische Faktoren wie finanzielle Ressourcen, Know-how und Technologien, institutionelle Kapazitäten sowie politischen Willen. Ferner spielen Faktoren wie soziale Netzwerke, Möglichkeiten zur Risikostreuung sowie die Fähigkeiten von Entscheidungsträgern, Informationen zu verarbeiten und daraus abgeleitete Entscheidungen zu treffen, eine wichtige Rolle (Yohe & Tol, 2002; Günther, 2009). Nach Smit & Wandel (2006) resultieren Anpassungsmaßnahmen erst aus der Nutzung der Anpassungskapazität. Der Ökolandbau steht hierbei vor der großen Herausforderung, system- und richtlinienkonforme Anpassungsmaßnahmen für den Ackerbau zu entwickeln, da viele im konventionellen Anbau gängige Maßnahmen nicht übertragbar sind (z. B. die Anwendung von Direktsaatverfahren in Kombination mit Glyphosat als Verdunstungs- und Erosionsschutzmaßnahme).

Anpassungsmaßnahmen für den Brandenburger Ökolandbau wurden von 2009 bis 2014 im Rahmen des KLIMZUG-Projekts Innovationsnetzwerk Klimaanpassung Brandenburg-Berlin (INKA BB) entwickelt. Hierbei wurde ein Aktionsforschungsansatz angewandt, der aktuelle Probleme aus der Praxis aufgreift und hierfür schrittweise Lösungsansätze entwickelt (Knierim & Hirte, 2011). Dieser Ansatz ist durch eine gleichberechtigte Partnerschaft zwischen Nichtwissenschaftlern (Praxispartner) und Wissenschaftlern geprägt.

Im vorliegenden Fall wurden zur Erfassung der Fragestellungen aus der Praxis und zur gemeinsamen Entwicklung von Praxisversuchen SWOT-Analysen durchgeführt. Hierbei handelt es sich um eine Methode, die eine Betrachtung der Stär-

ken (Strengths) und Schwächen (Weaknesses) sowie der Chancen (Opportunities) und Risiken (Threats) eines Vorhabens ermöglicht (Kurtilla et al., 2000). Der Erkenntnisgewinn aus den Praxisversuchen wurde wiederum im Akteurskreis mittels SWOT-Analysen evaluiert. Insgesamt wurden in sechs Praxisbetrieben mehrjährige Anbausystemversuche zur Erprobung von Handlungsoptionen zur Optimierung der Wasser-, Futter- und Stickstoffversorgung und damit der Anpassungskapazität an klimatische Veränderungen durchgeführt:

- ◆ wassereffizientes Stoppelsaatverfahren zum Anbau von Zwischenfrüchten (Ökodorf Brodowin);
- ◆ Risikostreuung durch Zweikulturnutzungssysteme zum Anbau von Silomais (Landgut Pretschen);
- ◆ Optimierung der Wasser- und Stickstoffversorgung von Hafer und Winterweizen (Gut Wilmersdorf);
- ◆ Erhöhung der Fruchtartendiversität durch Wintererbsen- und Sommerroggenanbau (Beerfelder Hof);
- ◆ Anpassung des Anbaus von Körnerleguminosen (Fehrower Agrarbetrieb);
- ◆ Getreidemulchsaaten nach mehrjährigem Kleegrasanbau (Gut Temmen).

Zeitgleich wurden die Praxisversuche durch vergleichbare Exaktversuche auf Versuchsflächen der ZALF-Forschungsstation in Müncheberg unersetzt (genesteter Ansatz). In allen Versuchen wurden Anbauverfahren mit reduzierter Bodenbearbeitung in Kombination mit veränderten Aussatterminen und dem Anbau von Zwischenfrüchten erprobt. Durch diese Maßnahmenkombination sollten vor allem der Erosionsschutz, die Durchwurzelung sowie die Wasserverdaulichkeit der Böden verbessert werden. Als innovatives Bodenbearbeitungsgerät wurde in allen Versuchen der Ringschneider von »HEKO Landmaschinen« eingesetzt, da er eine ganzflächig wurzeldurchtrennende, gefügekonservierende Flachbodenbearbeitung bei hoher Flächenleistung gewährleistet. Im Folgenden werden einzelne Ergebnisse der Praxisversuche vorgestellt.

2.1 Wassereffizientes Stoppelsaatverfahren zum Anbau von Zwischenfrüchten

Durch den Klimawandel werden sich im Sommer häufiger Trockenphasen mit Starkregenereignissen abwechseln. Um Nährstoffverlusten und Erosion vorzubeugen, sollten daher auf leichten Böden Zeiträume mit offenem Ackerboden unbedingt vermieden werden. Eine stetige Bodenbedeckung lässt sich durch Zwi-

schenfrüchte erzielen, die als Unter- oder Stoppelsaaten zur Gründung oder als Futternutzung angebaut werden können (Kolbe, 2004). Dieser Anbau bietet zahlreiche Vorteile. Mithilfe schnell wachsender Zwischenfrüchte können so zum Beispiel Restfeuchte und Niederschläge produktiv zur Erzeugung von »Regenwurmfutter« genutzt werden (Erhöhung der Infiltrationsleistung durch Regenwurmkanäle). Durch den Anbau von Zwischenfrüchten lässt sich außerdem die Humusreproduktion verbessern, wodurch einem verstärkten Humusabbau während milder Winter entgegengewirkt wird. Gleichzeitig kann durch Humusaufbau die Wasserspeicherkapazität erhöht werden. Weitere Vorteile des Zwischenfruchtanbaus sind Unterkrautunterdrückung, Nährstoffkonservierung und, sofern Leguminosen verwendet werden, auch Stickstofffixierung (Kolbe, 2004). Diese Vorteile des Zwischenfruchtanbaus werden jedoch nur wirksam, wenn die Bestände auch einen hohen Biomassertrag und Deckungsgrad erzielen, was bei den geringen Niederschlägen und den leichten Böden in Brandenburg ohnehin problematisch ist. Erfahrungsgemäß erreichen viele Zwischenfruchtbestände diese Entwicklungsstufe nicht, da sie während der Erntezeit aufgrund hoher Arbeitspitzen und geringer Schlagkraft zu spät ausgesät werden (Zimmermann et al., 2011). Zu Verzögerungen kommt es insbesondere, wenn Stroh aufgedreht wird und dieses, wie im Ökolandbau häufig, mit Unkräutern durchsetzt ist. Die Strohtrocknung dauert hierdurch länger, wobei nutzbare Bodenfeuchte verloren geht. Um hierfür eine Lösung zu entwickeln, wurde auf dem Ökodorf Brodowin eine neue Methode zur effektiven Etablierung von Zwischenfrüchten erprobt. Hierbei wurde untersucht, wie sich noch während der Ernte durch eine unverzügliche möglichst flache Stoppelbearbeitung (Ringschneider sechs Zentimeter Arbeitstiefe) im Zwischenschwadbereich Wasserverluste durch die Unterbrechung des kapillaren Aufstiegs minimieren lassen und wie gleichzeitig die Restfeuchte zur Etablierung von Stoppelsaaten genutzt werden kann. So wurde in einem Arbeitsgang mit einem Schneckenkornstreuer in der Fronthydraulik ein Zwischenfruchtgemenge ausgebracht (Gemenge 45 Kilogramm pro Hektar: Alexandrinerklee, Bitterlupine, Buchweizen, Felderbse, Öllein, Ölrettich, Perserklee, Ramtillkraut, Serradella, Sommerwicke, Sonnenblume) und durch den nachfolgenden Ringschneider eingearbeitet (Verfahren A). Unmittelbar nach der Strohbearbeitung erfolgte diese Form der Breitsaat auch im Schwadbereich. Als Vergleichsvariante wurde das Zwischenfruchtgemenge erst einige Tage später nach der betriebsüblichen Strohbearbeitung, einer Stoppelbearbeitung (Grubbereinsatz) und in Drillsaat ausgebracht (Verfahren B). Der Versuch wurde als Langparzellenversuch angelegt und von 2010 bis 2012 auf drei verschiedenen Standorten wiederholt. Auf jede

Tabelle 1: Trockenmasseerträge und Stickstoffgehalte von Zwischenfruchtaufwüchsen bei unterschiedlichen Etablierungsverfahren (Ökodorf Brodowin).

Anbaujahr	2010		2011		2012	
Niederschlag Juli–Oktober (mm)	311		355		272	
Verfahren	A	B	A	B	A	B
Aussaattermin	30.07.	02.08.	09.08.	12.08.	30.07.	08.08.
Biomasseschnitt	05.10.		14.10.		10.10.	
TM dt/ha	29	20	27	24	20	15
N kg/ha	77	60	68	60	61	52

A: Unverzögliche Breitsaat mit Schneckenkornstreuer und Flachbodenbearbeitung.

B: Betriebsübliche Drillsaat nach Strohbergung und Stoppelsturz mit dem Schwergrubber.

Parzelle (250 Meter lang, 50 Meter breit) wurden acht Bonitur- und Erntepunkte verteilt. Die Bodenart variierte auf allen Versuchsschlägen zwischen sandig bis lehmig. Obwohl die Witterungsverhältnisse von Jahr zu Jahr variierten, ermöglichte die unverzügliche und kostengünstigere Breitsaatvariante (Verfahren A) in jedem Versuchsjahr eine zuverlässige und flächendeckende Zwischenfruchtetablierung und kann somit als eine »robuste Handlungsoption« betrachtet werden. 2010 wurden mit dem Verfahren fast 50 Prozent mehr Biomasseaufwuchs erreicht als mit dem betriebsüblichen Ansaatverfahren B (Tabelle 1). Trotz der ungleichmäßigen Saatgutablage war bei Verfahren A ein Auflaufen aller Gemengepartner (groß- und kleinkörnige Saaten) gewährleistet. Durch den Praxisversuch wird die Bedeutung der alten Regel für einen erfolgreichen Zwischenfruchtanbau: »Ein Tag im Juli ist so viel wert wie eine Woche im August und wie der ganze September« eindrucksvoll unterstrichen. Demnach sollte für eine erfolgreiche Etablierung von Zwischenfrüchten kein Tag nach der Ernte ungenutzt bleiben. Ein gutes Management und eine hohe Schlagkraft ermöglichen zu diesem Zeitpunkt eine effektive Ausnutzung der Restvegetationszeit und somit auch eine bessere Anpassung an die Auswirkungen des Klimawandels (Schutz vor Erosion durch schnelle Bodenbedeckung). Außerdem waren die früh gesäten Zwischenfruchtbestände besonders blütenreich und dienten Bienen und zahlreichen anderen Insektenarten als Herbsttracht. Den vielfältigen Ökosystemleistungen des Zwischenfruchtanbaus wie Bodenschutz, Minderung von Stickstoffemissionen und

Förderung der Bestäubungsleistung (vgl. Stolze et al., 2012) stehen jedoch hohe Saatgutkosten gegenüber. Umso notwendiger sind zuverlässige und robuste Verfahren, die einen hohen Etablierungserfolg gewährleisten.

2.2 Risikostreuung durch Zweikulturnutzungssysteme zum Anbau von Silomais

Neben dem Zwischenfruchtanbau gelten Zweikulturnutzungssysteme (Zweikultursystem, Zweitfruchtsystem, englisch »double cropping«) als eine Anpassungsmaßnahme an den Klimawandel, da sie von einem früheren Vegetationsbeginn und einer verlängerten Vegetationsperiode maßgeblich profitieren könnten (Eitzinger et al., 2009). Dabei handelt es sich um Anbausysteme zur Futter- oder Biomassegewinnung, die in einem Anbaujahr die Ernte zweier Hauptfrüchte ermöglichen. In der Regel folgt auf die frühe Ernte einer unreifen Winterzwischenfrucht im Mai oder Juni (z. B. Winterroggen, Wickroggen, Landsberger Gemenge) der Anbau einer Wärme liebenden Kultur (Mais, Hirse, Sonnenblume), die im Herbst geerntet wird (Vetter & Peyker, 2008). Grundvoraussetzung für Zweikulturnutzungssysteme ist jedoch eine ausreichende Wasserversorgung, da ansonsten der Wasserverbrauch der Vorfrucht die Keimung und Jugendentwicklung der Zweitkultur gefährden kann. Geeignete Kombinationen aus Erst- und Zweitkultur und hierzu passende Anbauverfahren sollten daher immer standortspezifisch entwickelt werden.

Beispielhaft hierfür wurde von 2010 bis 2012 auf dem Landgut Pretschen im Spreewald (Bodenart Sand, Ackerzahl 23–28; 551 Millimeter Jahresniederschlag) ein Praxisversuch angelegt. Um ausreichend Ackerfutter für das eigene Milchvieh zu erzeugen, erfolgt der Silomaisanbau auf dem Demeterbetrieb Landgut Pretschen im Zweikultursystem im Fruchtfolgeglied Grünroggen–Silomais–Winterroggen. Der Grünroggen wird als Ganzpflanzensilage verwendet. Nach der Grünroggenernte (Anfang Mai), einer Stallmistgabe und einer Pflugbodenbearbeitung erfolgt die Silomaisaussaat betriebsüblich erst Mitte Mai (Mais als Zweitfrucht, Verfahren A). Zu diesem Zeitpunkt ist die Bodentemperatur für die Maisaussaat meist optimal, jedoch kann es bei den leichten Böden und Vorsommertrockenheit bereits zu Wasser- und infolge zu Stickstoffmangel kommen. Die jährlichen Ertragsschwankungen sind daher beim Silomais entsprechend hoch. In einem zweifaktoriellen Langparzellenversuch wurden dem betriebsüblichen Anbauverfahren drei alternative Anbauverfahren mit pflugloser Bodenbearbeitung sowie veränderten Aussaatterminen gegenübergestellt. Die Parzellen waren jeweils

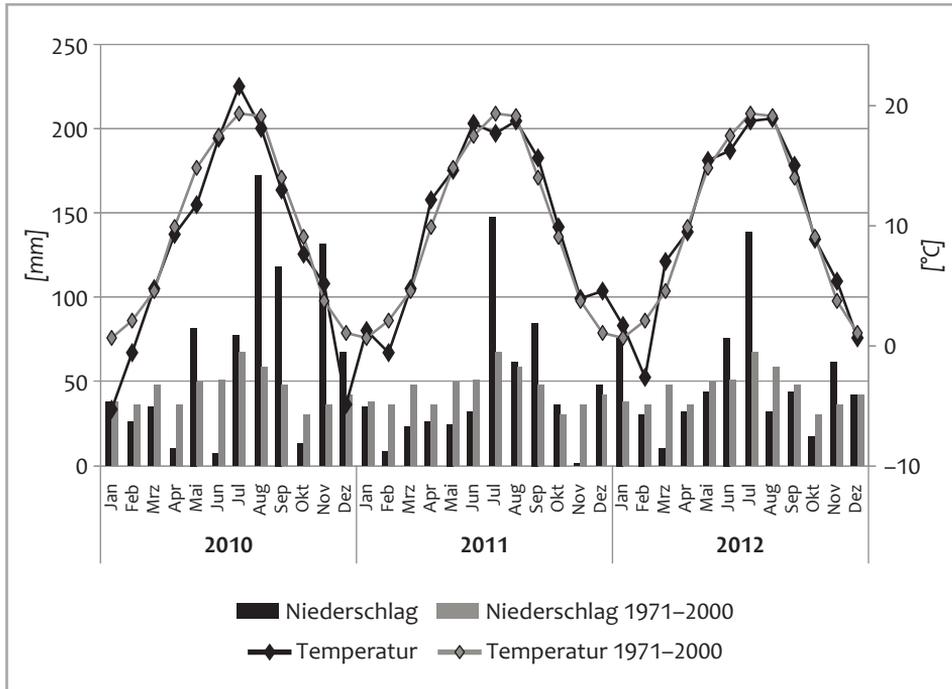


Abbildung 1: Temperaturverlauf und Niederschlagsmengen am Versuchsstandort Pretschen für die Jahre 2010 bis 2012 im Vergleich zum langjährigen Mittel der Referenzperiode 1971 bis 2000 (Klimastation Lübben-Blumenfelde) (Quelle: DWD).

800 Meter lang, 12 Meter breit und verfügten über sieben Boniturpunkte. Im Vergleich zum betriebsüblichen Standardverfahren A wurde bei Variante B der Ringschneider eingesetzt, um Wasserverlusten vorzubeugen. Durch die flach schneidende Bearbeitung der Oberkrume soll mehr Feuchtigkeit im Boden für die Keimung der Zwischenfrucht verbleiben. Ferner besteht bei dieser Variante durch die flach eingearbeiteten Ernte- und Wurzelrückstände ein erhöhter Erosionsschutz. Außerdem wurde der Grünroggen in zwei Verfahren (C und D) als Winterzwischenfrucht umgebrochen und eine Fröhsaat durchgeführt (Erstmais mit Aussaattermin Mitte April). Durch den frühzeitigen Umbruch soll der Verbrauch an pflanzenverfügbarem Bodenwasser reduziert werden, der bei Grünroggen besonders hoch ist. Ferner soll durch die frühzeitige Aussaat ein besseres Wurzelwachstum erreicht werden, wodurch der Silomais eine höhere Resilienz gegenüber Wassermangel bekommen soll. Ferner soll durch den früh gesäten Erstmais ein höherer Ertrag erzielt werden, der auch den Verzicht auf den Grün-

Tabelle 2: Praxisversuch Landgut Pretschen: Grünroggen- und Silomaiserträge der Jahre 2010 bis 2012.

Anbaujahr	2010				2011				2012			
Verfahren	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D
Grünroggenernte	04.05.				04.05.				04.05.			
Grünroggen TM dt/ha	34				22				28			
Silomais Sorte	Moskita Bio											
Silomais Aussaattermin	07.05.		14.04.		16.05.		04.05.		20.05.		10.05.	
Nachsaat	–		20.05.*									
Silomais Erntetermin	29.09.				13.09.				17.09.			
Silomais TM dt/ha	37	42	85		122	46	–	–	90	102	120	110
Gesamtbiomasse Ertrag TM dt/ha	71	76	85		144	68	–	–	118	130	120	110

A: Zweitfruchtsystem mit Pflugbodenbearbeitung (Mai Spätsaat)

B: Zweitfruchtsystem mit Ringschneiderbearbeitung (Mais Spätsaat)

C: Erstfrucht Silomais nach Pflugbodenbearbeitung (Mais Frühsaat)

D: Erstfrucht Silomais nach Ringschneiderbearbeitung (Mais Frühsaat)

*Pflugbodenbearbeitung und Drillsaat

roggenertrag kompensiert. Der Umbruch des Winterroggens erfolgte bei Variante C mit dem Pflug und bei Variante D mit dem Ringschneider. Die Unkrautregulierung erfolgt auf allen Varianten einheitlich mit der Rollhacke. Parallel dazu wurde der Versuch in modifizierter Form als Exaktversuch und Spaltanlage auf den Versuchsfeldern in Müncheberg angelegt (lehmgiger Sand, Ackerzahl 29–35; 556 Millimeter Jahresniederschlag). Als Maisvorfrucht wurde hier anstelle von Grünroggen Luzerne-Klee gras angebaut.

Bedingt durch einen sehr kalten und feuchten Mai (Abbildung 1) musste 2010 in Pretschen auf den früh gesäten Streifen (C und D) eine Nachsaat erfolgen (Ende Mai). Die Beerntung aller Versuchsstreifen erfolgt Ende September unter sehr erschwerten Bedingungen, da die Versuchsfeld für den Maishäcksler aufgrund extremer Niederschläge im August und September nur eingeschränkt zu befahren war. Die höchsten Erträge wurden auf dem Streifen mit Nachsaat erzielt (Tabelle 2). Zwischen den Bodenbearbeitungsvarianten A und B konnten keine

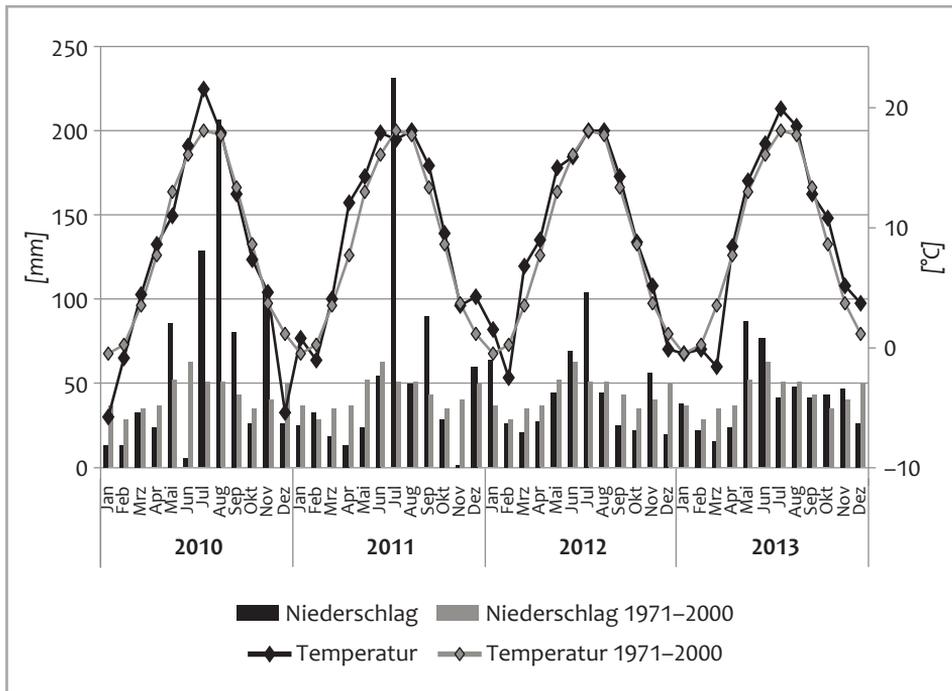


Abbildung 2: Temperaturverlauf und Niederschlagsmengen am Versuchsstandort Münchenber für die Jahre 2010–2013 im Vergleich zum langjährigen Mittel der Referenzperiode 1971–2000 (Klimastation Münchenber; Quelle ZALF)

signifikanten Ertragsunterschiede festgestellt werden. Der parallel in Münchenber durchgeführte Exaktversuch zeigte ein vergleichbares Ergebnis. So musste in Münchenber wegen unzureichenden Feldaufgangs, einer starken Verunkrautung mit Wurzelunkräutern und Vogelfraß der Versuch abgebrochen und ein ganzflächiger Umbruch mit Neuansaat durchgeführt werden. Bedingt durch den feuchten Boden, die Wärme im Juli und eine dadurch bedingte gute Stickstoffmineralisierung konnte diese Spätsaat jedoch auf den Referenzparzellen im Exaktversuch einen Ertrag von 157 TM Dezitonnen pro Hektar erbringen (Tabelle 3).

2011 lieferten Exakt- und Praxisversuche keine vergleichbaren Ergebnisse, verdeutlichten jedoch auf unterschiedliche Art und Weise die Auswirkungen eines trockenen und warmen Frühjahres. So führten Spätfröste und Frühjahrestrockenheit in Pretschen dazu, dass die Erstmaisvarianten (C und D) wiederholt keinen Ertrag erzielten. Im Gegensatz zu 2010 wurde aufgrund der Trockenheit jedoch keine Nachsaat durchgeführt. Zusätzlich zur Trockenheit wurde die Entwicklung

Tabelle 3: Versuchsstation Müncheberg: Luzerne-Klee gras- und Silomais erträge der Jahre 2010 bis 2013.

Anbaujahr	2010		2011				2012				2013			
	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D
Luzerne-Klee grasernte			17.05.				15.05.				21.05.			
Klee grasertrag TM dt/ha			38				36				39			
Silomais Sorte	Sudoku		Lorado		Mazurka		Lorado		Mazurka		Barcelos		Mazurka	
Silomais Aussaat termin	05.05.		23.05.		26.04.		31.05.		10.05.		06.06.		14.05.	
Nachsaat	08.06.*													
Silomais Erntetermin	06.10.		19.09.				08.10.		19.09.		07.10.		17.09.	
Silomais TM dt/ha	157		–	146	158	108	122	124	196 ^a	184 ^b	112 ^a	89 ^b	138 ^a	85 ^b
Gesamtbiomasse Ertrag TM dt/ha	157		38	184	158	108	158	160	196	184	151	128	138	85

a, b: Unterschiedliche Hochbuchstaben einer Zeile zeigen signifikante Unterschiede ($P \leq 0,05$; Tukey Test).

A: Zweitfruchtssystem mit Pflugbodenbearbeitung (Mai Spätsaat)

B: Zweitfruchtssystem mit Ringschneiderbearbeitung (Mais Spätsaat)

C: Erstmais nach Pflugbodenbearbeitung (Mais Frühsaat)

D: Erstmais Silomais nach Ringschneiderbearbeitung (Mais Frühsaat)

*Pflugbodenbearbeitung und Drillsaat

des Silomais durch eine starke Verunkrautung mit Quecke beeinträchtigt. Dabei war der Queckenanteil auf der pfluglosen Variante B mehr als doppelt so hoch (Deckungsgrade zwischen 30 und 60 Prozent) wie auf der gepflügten Variante A. Am Standort Müncheberg wurde hingegen mit Variante B der höchste Gesamtbiomassertrag erzielt. Demgegenüber konnte aufgrund von Trockenheit (Abbildung 2) auf der spät gepflügten Variante A kein Ertrag erzielt werden. Das Wenden des bereits trockenen Bodens führte dazu, dass dem Mais ausreichend Wasser für die Keimung fehlte.

Nach einer Zwischenevaluation durch die Praxispartner mittels einer SWOT-Analyse wurde der Praxisversuch für das Jahr 2012 modifiziert. Mit dem Ziel, die

witterungsbedingten Anfälligkeiten der Erstmaisvarianten zu reduzieren, wurden deren Aussattermine auf die zweite Maiwoche verlegt. Ebenso wurde für die Zweitmaisvarianten ein späterer Saattermin gewählt (Ende Mai). Die längere Zeitspanne zwischen Grünroggenernte und Maisaussaat wurde bei den Varianten A und B für die Queckenbekämpfung verwendet (Einsatz des CMN Queckenkillers). Geprägt durch ein feuchtes und warmes Frühjahr, wiesen die Ergebnisse von Exakt- und Praxisversuch 2012 erneut Parallelen auf. So konnte an beiden Standorten bei den Spätsaatverfahren (A und B) kein signifikanter Unterschied zwischen den Bodenbearbeitungsvarianten ermittelt werden. Der Erstmais erbrachte an beiden Standorten höhere Erträge als der Zweitmais, wobei die gepflügte Variante C einen höheren Ertrag als die Variante D erzielt. Dieser Unterschied war am Standort Müncheberg signifikant. Wie in den beiden Anbaujahren zuvor erbrachte auch im Jahr 2013 die Variante C im Müncheberger Exaktversuch den höchsten Silomaisertrag.

Eine proaktive Anpassung an Wetterextreme ist im Ackerbau nur eingeschränkt möglich, und meist lassen sich Schäden und Verluste nur durch passive bzw. reaktive Anpassungsmaßnahmen beheben (z. B. Futterzukauf oder Hagelversicherung). Die Versuchsergebnisse zeigen jedoch, dass sich im Sinne einer Risikostreuung die Gefahr von Ertragsverlusten, zum Beispiel durch Diversifizierung der Anbauverfahren, reduzieren lässt. Zweikultursysteme können hierbei auch auf leichten Standorten eine Handlungsoption darstellen. Zeiträume, die für den Maisaufwuchs witterungsbedingt riskant sind (Ende April/Anfang Mai), können hiermit überbrückt und gleichzeitig produktiv genutzt werden. Sofern die Böden gut erwärmt und der Unkrautdruck nicht zu hoch ist, kann bei darauffolgenden Spätsaaten auch auf den Pflug verzichtet werden (vgl. Graß & Scheffer, 2003). Hierdurch können Wasserverluste reduziert, der Boden vor Erosion geschützt und Bearbeitungskosten eingespart werden. Um Qualitätseinbußen beim Silomais vorzubeugen, sollten bei Spätsaaten aber stets geeignete Sorten verwendet werden, die eine sichere Abreife und somit eine entsprechende Silagequalität ermöglichen. Auch Umbruch und späte Neuansaat können in Jahren mit extremer Witterung wie 2010 eine probate Maßnahme sein, schließlich können lückige und stark verunkrautete Bestände im ökologischen Landbau langfristig zu nur schwer zu beherrschenden Unkrautproblemen führen, wie unter anderem die Queckenproblematik in Pretschen im Jahr 2011 zeigte. Zukünftig könnte sich diese Problematik noch weiter verschärfen, wenn klimawandelbedingt die Anzahl verfügbarer Feldarbeitstage abnimmt. Aufwendige Maßnahmen, die zu einer bestimmten Zeit stattfinden müssen und eine hohe Schlagkraft vorausset-

zen, könnten entfallen. Hierzu zählt zum Beispiel die Queckenbekämpfung im Ökolandbau. Hierbei wird die Quecke mit der Scheibenegge zerteilt, mit dem Feingrubber an die Bodenoberfläche gebracht, anschließend durch die Sonne abgetrocknet und danach mit dem Pflug tief eingelegt.

2.3 Termingerechte Aussaat von Hafer durch Mulchsaaten

In den Fruchtfolgen des Ökolandbaus nimmt der Hafer eine wichtige Funktion ein. So verfügt er im Getreideanbau über einen hohen Vorfruchtwert, da er als Gesundungsfrucht keine Fußkrankheiten (z. B. Schwarzbeinigkeit) überträgt sowie durch sein ausgeprägtes vegetatives Wachstum Unkräuter gut unterdrückt (Lütke Entrup & Oehmichen, 2006). Ferner ist Hafer eine gute Klee-grasnachfrucht, da er über ein ausgedehntes Wurzelsystem und ein hohes Nährstoffaneignungsvermögen verfügt (Dreymann, 2003; Beckmann et al., 2001). Somit ist er in der Lage, auch bei schlecht zersetzten Vorfruchtrückständen und einem mangelhaften Saatbett gute Erträge zu erzielen. Im Vergleich mit anderen Getreidearten weist Hafer jedoch die geringste Trockentoleranz auf und reagiert bei hohen Temperaturen und Aussaatverschiebungen schnell mit einer abfallenden Ertragskurve (Schaller et al., 2007; Chmielewski & Köhn, 1999). Um die Vorteile des Haferanbaus auch weiterhin unter veränderten Klimabedingungen (mehr Winter-niederschläge und häufigere Vorsommertrockenheit) nutzen zu können, wurde auf dem Gut Wilmersdorf ein alternatives Anbauverfahren erprobt, das eine termingerechte und bodenschonende Aussaat ermöglichen soll. Der Praxisversuch wurde als Blockanlage mit 16 Parzellen angelegt. Im Vordergrund standen hierbei die Fragen, ob sich mehrjährige Luzerne-Klee-gras-Bestände durch die ganzflächig durchtrennende Flachbodenbearbeitung des Ringschneiders abtöten lassen und ob sich nach dieser Bearbeitung druschwürdige Haferbestände im Mulchsaatenverfahren als Vorfrucht für Winterweizen etablieren lassen. Das Klee-gras wurde sowohl mit dem Pflug (Arbeitstiefe 25 Zentimeter) als auch mit dem Ringschneider (sechs Zentimeter) umgebrochen. Außer bei Beständen, die stark luzernebetont waren, reichte eine zweimalige Ringschneiderbearbeitung aus, um das Klee-gras komplett abzuschneiden. Nach einem Abtrocknen der Klee-gras-rückstände wurde auf allen Parzellen mit einer Saatbett-Drill-Kombination, bestehend aus Feingrubber und Väderstad-Drillmaschine, Hafer angesät.

Beeinflusst durch eine kühle Witterung, waren die Ringschneiderparzellen im Jahr 2010 durch eine verringerte Stickstoffmineralisation und eine stärkere Verunkrautung mit Leguminosenunterwuchs sowie Wurzelunkräutern gekennzeichnet.

net. Gegenüber den gepflügten Varianten wiesen sie signifikant geringere Feldaufgänge, Bestandesdichten und Biomasserträge auf (Tabelle 4). Im warmen Frühjahr 2011 konnten hingegen keine signifikanten Unterschiede zwischen den Bodenbearbeitungsvarianten ermittelt werden. Im Jahr 2012, welches durch ein trockenes und warmes Frühjahr gekennzeichnet war, wurden auf den Ringschneiderparzellen signifikant geringere Kornerträge ermittelt.

Tabelle 4: Haferanbau nach zweijährigem Luzerne-Klee gras (Gut Wilmersdorf, lehmiger Sand).

Anbaujahr	2010		2011		2012	
	Pflug	Ring- schneider	Pflug	Ring- schneider	Pflug	Ring- schneider
Feldaufgang (Pflanzen/m ²)	148 ^a	130 ^b	216	187	148	152
Bestandesdichte (Halme/m ²)	256 ^a	195 ^b	295	276	177	171
Biomasse Hafer (TM dt/ha)	63 ^a	47 ^b	53	43	33	29
Biomasse Unkraut (TM dt/ha)	6	20	8	8	13	16
Ertrag (86 % TM dt/ha)	46	30	44	43	40 ^a	21 ^b

a, b: Unterschiedliche Hochbuchstaben einer Zeile zeigen signifikante Unterschiede ($P \leq 0,05$; Tukey Test).

Der Praxisversuch zeigte deutlich die Vor- und Nachteile des neuen Verfahrens. Vorteilhaft ist, dass der Ringschneider ein bodenschonendes Abtöten von Luzerne-Klee gras-Beständen ermöglicht, wohingegen die betriebsübliche Pflugbodenbearbeitung insbesondere im feuchten Frühjahr 2010 eine deutliche Pflugsohle hinterließ. Hierdurch eröffnet sich die Möglichkeit, Haferaussaaten – auch nach niederschlagsreichen Wintermonaten – termingerecht zu realisieren, wodurch die Anzahl verfügbarer Feldarbeitstage erweitert werden kann. Nachteilig und für den Landwirt nicht akzeptabel sind der deutlich geringere Kornertrag und die verstärkte Verunkrautung. Entsprechende Ergebnisse wurden an den Standorten Temmen (Sommerweizen), Brodowin (Hafer) und Müncheberg (Winterroggen, Hafer) erzielt. Im Vergleich zu gepflügten Varianten wiesen die Ringschneider-Getreidemulchsaaten hier im Mittel 28 Prozent geringere Kornerträge auf. Die geringeren Erträge in den Ringschneidervarianten konnten unter anderem auf erhöhte Lagerungsdichte und verringerte Durchwurzelung im unbearbeiteten Krumbereich zurückgeführt werden, die bei bodenphysikalischen Untersuchungen am Standort Müncheberg festgestellt wurden (Hofbauer et al., 2013).

3 Schlussfolgerungen

Der genestete Ansatz aus mehrjährigen Praxis- und Exaktversuchen erwies sich als wirkungsvolle Methode, um Anpassungsmaßnahmen zu identifizieren und sie auf ihre Robustheit und Regionalisierung hin zu überprüfen. Aus einer Vielzahl von erprobten Anbauverfahren erwiesen sich jedoch nur einige als praxistaugliche Handlungsoptionen. Hierzu zählen unter anderem das in Brodowin erprobte Stoppelsaatverfahren für Zwischenfrüchte, die pfluglose Spätaussaat von Silomais sowie der Einsatz des Ringschneiders zum Regulieren mehrjähriger Klee grasbestände. Durch diese Verfahren lassen sich Handlungsspielräume erweitern, witterungsbedingt schwierige Zeitfenster effektiver nutzen und Risiken im Acker- und insbesondere im Futterbau minimieren. Demzufolge können sie einen Beitrag zur Diversifizierung von Anbauverfahren leisten, was sich positiv auf die Anpassungskapazität der Betriebe auswirken kann. Zugleich wurde aber auch deutlich, dass aufgrund der Ertragseinbußen pfluglose Anbauverfahren im Brandenburger Ökolandbau nur temporär und kulturartenspezifisch als Anpassungsmaßnahmen infrage kommen. Gemäß Gruber & Thamm (2005) wird im Ökolandbau Nordostdeutschlands bis zu ein Drittel der Ertragsschwankungen durch standort- und witterungsbedingte Einflüsse verursacht, womit das Ertragsrisiko deutlich höher ist als im konventionellen Landbau. Die Einflussnahme des Ökolandwirtes auf den Ertrag ist deshalb gering, sodass auf den Einsatz verbleibender Maßnahmen wie den Pflug nicht verzichtet werden sollte. Hinzu kommt, dass die Sandböden in Brandenburg für reduzierte Bodenbearbeitungsverfahren kaum geeignet sind, da sie aufgrund ihrer Textur und geringer Humusgehalte zur Dichtlagerung neigen (Ellmer et al., 2001). Somit ist die Anpassungskapazität an diesem Punkt stark reduziert. Eingeschränkte Anwendungsmöglichkeiten für die reduzierte Bodenbearbeitung im Ökolandbau können aber auf der Betriebsebene fruchtfolge- und kulturartenspezifisch entwickelt werden. Wie das Projekt INKA BB zeigt, können Aktionsforschungsvorhaben die Landwirte hierbei wirkungsvoll unterstützen. So gaben bei einer Praxispartnerbefragung 80 Prozent der am Teilprojekt Ökolandbau mitwirkenden Akteure an, dass sie ihren Wissensstand zum Thema Anpassung an den Klimawandel durch das Projekt verbessern konnten. Ferner gaben 50 Prozent der Akteure an, die im Projekt erprobten Anpassungsmaßnahmen nach Projektende weiter anwenden zu wollen.