

HAUPTTEIL

Fallstudien und Übersichten zur
Biodiversität in Kulturlandschaften

erfordert deshalb eine Landschaftsperspektive. Dies ist für die Aufrechterhaltung von Populationen sowie der Funktionsfähigkeit ökologischer Prozesse von großer Bedeutung (Tscharntke & Brandl 2004; Rand et al. 2006), denn agrarisch genutzte Flächen sind durch den Austausch von Organismen mit semi-natürlichen Flächen verbunden. Diese Wechselwirkungen zwischen Feldern und der umgebenden Landschaft sind für das Verständnis der Funktionsweise von Agrarökosystemen von zentraler Bedeutung. In den sich räumlich und zeitlich schnell verändernden Agrarlandschaften sollte ein hoher Artenreichtum deshalb die Resilienz des Ökosystems erhöhen, das heißt die Kapazität, sich nach Störungsereignissen zu erholen (Abb. 56).

In diesem Kapitel wird gezeigt, wie der Zusammenhang von Biodiversität und Produktivität ist (Kapitel 2.3.3.1) und wie ein geeignetes Landschaftsmanagement zu einer Verbesserung der Bestäubung von Kulturpflanzen (Kapitel 2.3.3.2) und zur nachhaltigen biologischen Schädlingskontrolle (Kapitel 2.3.3.3) beitragen kann. Es wird der Nutzen kleinräumiger Extensivierungsmaßnahmen wie die Anlage von Ackerrandstreifen, Blühstreifen und des ökologischen Landbaus untersucht sowie die Bedeutung eines großräumigen Landschaftsmanagements (Tscharntke et al. 2005). Außerdem wird der Beitrag dieser Maßnahmen zur Produktion von Nahrungsmitteln und biologischen Rohstoffen dargestellt (Klein et al. 2007; Tscharntke et al. 2007). Die Ergebnisse bilden eine Grundlage für zukünftige Strategien einer nachhaltigen Landnutzung.

2.3.3.1 Diversität, Produktivität und landwirtschaftliche Intensivierung

Carsten Thies, Johannes Schreiber, Andreas Flohre, Christina Fischer,
Teja Tscharntke

Einleitung

Die negativen Beziehungen von Biodiversität und landwirtschaftlicher Intensivierung sind vielfach belegt (Firbank 1988; McLaughlin & Mineau 1995; Sotherton 1998; Stoa et al. 2001; Robinson & Sutherland 2002; Benton et al. 2003). Dennoch ist über die genaue Art der Beziehungen einzelner Faktoren im Detail überraschend wenig bekannt, obgleich dies für ein effektives Biodiversitätsmanagement von großer Bedeutung sein sollte (Kleijn et al. 2009). So implizieren lineare Abnahmen der Diversität entlang von Gradienten der Landnutzungsintensität, dass eine Reduktion der Landnutzungsintensität immer gleichermaßen effektiv für die Erhöhung der Diversität ist, während exponentielle Abnahmen bedeuten, dass eine Reduktion der Landnutzungsintensität bei geringer Landnutzungsintensität besonders effektiv ist – bis hin zur völligen Segregation von Landwirtschaft und Naturschutz (Kleijn & Sutherland 2003; Green et al. 2005).

Wir haben Daten zur Biodiversität mit Daten zur Landnutzungsintensität von ökologisch und konventionell bewirtschafteten Weizenfeldern auf 27 landwirtschaft-

lichen Betrieben in Verbindung gebracht. Die Biodiversität wurde anhand des Artenreichtums von Ackerwildpflanzen, die Produktivität anhand des Weizenertrags und die Landnutzungsintensität anhand des Produktionsmitteleinsatzes erfasst. Eine Besonderheit unserer Untersuchungen ist, dass die verschiedenen Produktionsmittel wie Bodenbearbeitung, Düngung und Pflanzenschutz monetarisiert und damit vergleichbar gemacht wurden. Dies ermöglichte eine gleichzeitige Bewertung ökologischer und ökonomischer Effekte der landwirtschaftlichen Intensivierung. Die Bedeutung der β -Diversität sowie die Effekte der Landschaftskomplexität (vgl. Kapitel 2.2.1) haben wir in dieser Untersuchung nicht berücksichtigt, denn unsere Daten zeigten, dass die β -Diversität sehr hoch mit der hier gemessenen γ -Diversität (5 Kartierungen der Ackerwildpflanzendiversität/Betrieb) korrelierte.

Intensität im ökologischen und konventionellen Landbau

Ein Überblick über Diversität, Produktivität und die Intensität der Landnutzung im ökologischen und konventionellen Landbau wird in Tabelle 14 gegeben. Der Vergleich der Betriebsformen zeigte, dass die Weizenerträge in konventionellen Feldern (71 dt/ha) etwa doppelt so hoch waren wie in ökologischen Feldern (35 dt/ha). Der Produktionsmitteleinsatz, das heißt, die Summe variabler Kosten, war in konventionellen Feldern (572 €/ha) mehr als doppelt so hoch wie in ökologischen Feldern (264 €/ha). Die Artenvielfalt an Ackerwildpflanzen hingegen war in ökologischen Feldern (25 Arten/125 Quadratmeter) fast dreimal so hoch wie in konventionellen Feldern (9 Arten/125 Quadratmeter).

Die Analyse der verschiedenen Produktionsmittel zeigte eine große Variation. So waren keine signifikanten Unterschiede zwischen ökologischen und konventionellen Betrieben beim Einsatz von Saatgut, Maschinen und organischer Düngung festzustellen. Ökologische und konventionelle Betriebe unterschieden sich im Wesentlichen durch den Einsatz von Mineraldüngern und Pflanzenschutzmitteln, der auf ökologischen Feldern generell unterblieb und auf konventionellen Feldern stark variierte (Tab. 14).

Lineare vs. nicht-lineare Effekte der Landnutzungsintensität

Die vergleichende Analyse verschiedener curvi-linearer Regressionsmodelle von Diversität, Produktivität und Landnutzungsintensität zeigte, dass sich die Abnahme der Diversität mit dem Dünge- und Pflanzenschutzmitteleinsatz sowie der Summe variabler Kosten und dem Weizenertrag genauer mit exponentiellen, logarithmischen bzw. reziproken Funktionen beschreiben ließ als mit linearen Funktionen (Tab. 15). Die Regressionen verdeutlichen, dass Maßnahmen zur Erhöhung der Ackerwildpflanzendiversität auf Standorten mit hohem Produktionsmitteleinsatz und hohem Ertragspotenzial disproportional teuer bzw. auf extensiv bewirtschafteten Standorten

Tab. 14: Diversität, Produktivität und Landnutzungsintensität auf ökologisch (N=14) und konventionell (N=13) bewirtschafteten Weizenfeldern in Süd-Niedersachsen.

		Ökologisch			Konventionell		
		$0 \pm SE$	Min.	Max.	$0 \pm SE$	Min.	Max.
Saatgut ¹	€/ha	103,1 ± 4,7	51,3	124,2	70,9 ± 2,5	50,4	82,0
Maschinen ²	€/ha	92,4 ± 8,7	62,1	150,4	104,6 ± 8,5	78,0	175,4
Organische Dünger ³	€/ha	69,1 ± 33,5	0	421,8	49,8 ± 21,8	0	216,0
Mineralische Dünger ³	€/ha	0	0	0	129,1 ± 14,1	51,3	249,2
Wachstumsregulatoren	€/ha	0	0	0	10,7 ± 1,6	6,0	23,1
Herbizide	€/ha	0	0	0	83,7 ± 9,1	41,0	134,0
Fungizide	€/ha	0	0	0	112,2 ± 18,5	25,0	302,0
Insektizide	€/ha	0	0	0	11,1 ± 1,4	0	16,4
Summe variabler Kosten ⁴	€/ha	264,2 ± 62,2	114,8	662,5	572,0 ± 34,7	445,2	951,9
Weizenertrag ⁵	dt/ha	34,6 ± 2,6	21,0	56,0	71,1 ± 4,5	30,0	91,0
Wildpflanzen ⁶	Artenzahl	25,2 ± 1,9	16	36	8,8 ± 1,3	4	18

1 Aussaatmengen: 191,0 ± 8,7 kg/ha, min: 195 kg/ha, max.: 230 kg/ha (ökologische Betriebe); 172,8 ± 6,1 kg/ha, min.: 123 kg/ha, max.: 200 kg/ha (konventionelle Betriebe).
2 Kosten für Grundbodenbearbeitung (Pflügen), Saatbettbereitung, Düngerausbringung, mechanische Unkrautkontrolle (ökologische Betriebe) und Pflanzenschutzmittelausbringung (konventionelle Betriebe).
3 Kosten für organische und mineralische Düngemittel (Düngerwert von N, P und K).
4 Kosten für eingesetztes Kapital (Zinsansatz) und sonstige Kosten (z. B. Hagelversicherung) sind nicht berücksichtigt.
5 Monetäre Erträge können nur im Rahmen der gesamten Fruchtfolge beurteilt werden.
6 Fünf Kartierungen à 25 m²/Acker = 125 m².

Tab. 15: Ergebnisse der Anpassung verschiedener curvi-linearer Modelle im Vergleich zu linearen Modellen an Daten zur Ackerwildpflanzendiversität.

Prädiktor-Variable	Linear Funktion			Nicht-Linear Funktion		
	Funktion	F	R ²	Funktion	F	R ²
Düngemittel	$y = 24,1 - 0,06x$	17,4***	0,409	$y = 26,8 - 1,07\sqrt{x}$	26,7***	0,516
Pflanzenschutzmittel	$y = 24,1 - 0,06x$	26,1***	0,510	$y = 26,5 - 1,15\sqrt{x}$	33,4***	0,572
Summe variabler Kosten	$y = 31,5 - 0,04x$	34,0***	0,576	$y = 103,7 - 14,7\ln x$	52,2***	0,680
Weizenertrag	$y = 35,5 - 0,35x$	36,0***	0,590	$y = \exp(4 - 0,03y)$	48,6***	0,660

deutlich effektiver sind. Danach führt im Weizenanbau eine Reduktion der variablen Kosten von 700 €/ha auf 500 €/ha zu einer Erhöhung der Wildpflanzenartenzahl von etwa 4 (von 8 auf 12), eine Reduktion der variablen Kosten von 500 €/ha auf 300 €/ha zu einer Erhöhung der Wildpflanzenartenzahl von etwa 6 (von 12 auf 18) und eine

Reduktion der variablen Kosten von 300 €/ha auf 100 €/ha zu einer Erhöhung der Wildpflanzenartenzahl von etwa 22 (von 18 auf 40) (Abb. 57 a). Eine Reduktion des Weizenertes von 80 dt/ha auf 60 dt/ha führt zu einer Erhöhung der Wildpflanzenartenzahl um etwa 4 (von 10 auf 14), eine Reduktion des Weizenertes von 60 dt/ha auf 40 dt/ha führt zu einer Erhöhung der Wildpflanzenartenzahl um etwa 6 (von 14 auf 20) und eine Reduktion des Weizenertes von 40 dt/ha auf 20 dt/ha führt zu einer Erhöhung der Wildpflanzenartenzahl um etwa 12 (von 20 auf 32) (Abb. 57 b). Die Wildpflanzenartenzahlen als Funktion des Düngemittel- und Pflanzenschutzmitteleinsatzes, das heißt den Parametern, die für die variablen Kosten des Weizenanbaus und den Weizenertag verantwortlich sind, ist in Abbildung 58 dargestellt. Danach lassen sich bestimmte Niveaus von Wildpflanzenartenzahlen durch verschiedene Kombinationen des Dünge- und Pflanzenschutzmitteleinsatzes erzielen, höhere Niveaus von Wildpflanzenartenzahlen aber nur, wenn die Intensität des Dünge- und Pflanzenschutzmitteleinsatzes drastisch reduziert wird.

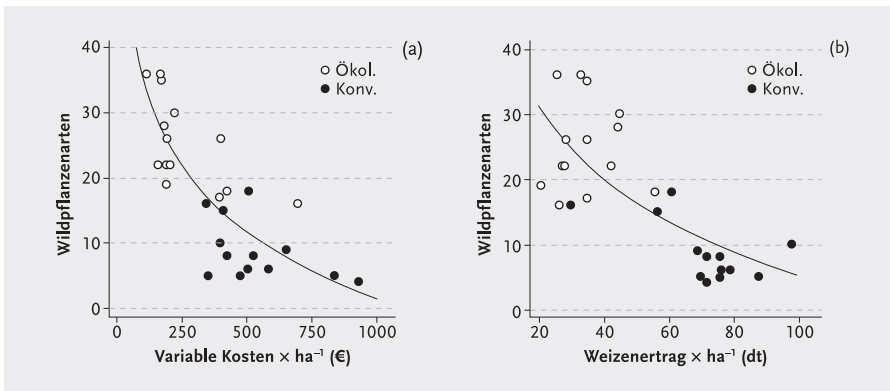


Abb. 57: Beziehungen zwischen der Ackerwildpflanzendiversität und dem Produktionsmitteleinsatz, das heißt der Summe variabler Kosten (a) und dem Ertrag (b) im Weizenanbau (siehe auch Tab. 15).

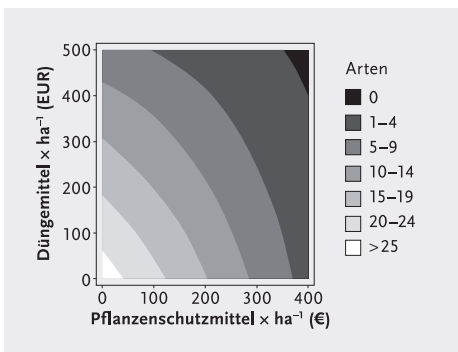


Abb. 58: Niveaus der Ackerwildpflanzendiversität als Funktion des Düngemittel- und Pflanzenschutzmitteleinsatzes.

Implikationen für extensiv und intensiv genutzte Felder und Regionen

Unsere Analysen zur Ackerwildpflanzendiversität entlang eines Gradienten von sehr extensiv bis hin zu sehr intensiv bewirtschafteten Weizenfeldern zeigten eine hochsignifikante Abnahme der Diversität mit zunehmender Landnutzungsintensität. Die negativen Beziehungen von Ackerwildpflanzendiversität und Landnutzungsintensität ließen sich darüber hinaus genauer mit exponentiellen, logarithmischen oder reziproken Funktionen beschreiben als mit linearen Funktionen. Dies impliziert, dass eine Erhöhung der Landnutzungsintensität auf artenreichen, extensiv genutzten Feldern deutliche negative Effekte für die Biodiversität hat, während eine Erhöhung der Landnutzungsintensität auf artenarmen, intensiv genutzten Feldern nur noch geringe Effekte erwarten lässt. Eine hohe Ackerwildpflanzendiversität und assoziierte Ökosystemfunktionen sind demnach insbesondere auf Feldern mit extensiver Landnutzung zu erwarten. Die nicht-lineare Abnahme der Diversität mit der Landnutzungsintensität impliziert auch, dass der Erhalt einer hohen Ackerwildpflanzendiversität auf intensiv bewirtschafteten Feldern disproportional teuer ist. Bei langfristig prognostizierten Weizenpreisen von etwa 20 €/dt (Food and Agricultural Policy Research Institute 2010) und durchschnittlichen variablen Kosten von etwa 8 €/dt Weizen (Tab. 14) lassen sich die Kosten-Nutzen-Relationen abschätzen. Maßnahmen zur Erhöhung der Diversität auf bewirtschafteten Äckern sind bei extensiver Landnutzung deshalb besonders kosteneffizient. Dennoch sollten auch intensiv genutzte Felder und Regionen berücksichtigt werden. Denn auch diese tragen über die β -Diversität (vgl. Kapitel 2.2.1) und/oder das Vorkommen gefährdeter Arten (Gabriel et al. 2006) zur Diversität und zum regionalen Artenpool bei. In Regionen mit intensiver Landnutzung könnten segregative Naturschutzstrategien (außerhalb der bewirtschafteten Äcker) wie die Anlage von Ackerrandstreifen kosteneffizienter sein.

2.3.3.2 Bedeutung und Management der Bestäubung in Kulturlandschaften

Teja Tschardtke, Carsten Dormann, Andrea Holzschuh, Alexandra M. Klein,
Carsten Thies

Der Verlust lokaler, regionaler und globaler Artenvielfalt aufgrund der dramatischen, durch menschliche Aktivitäten ausgelösten Umweltveränderungen beeinflusst wichtige ökologische Funktionen (Sala et al. 2000). Diese Verluste betreffen Vögel und Säugetiere, aber auch Bienen und andere Insektengruppen, die als essenzielle Bestäuber eine wichtige Rolle in Ökosystemen spielen. Ihre Bestäubungsleistungen sind entscheidend bei der Fortpflanzung vieler Wildpflanzen- und für den Ertrag der meisten Kulturpflanzenarten. Bestäubung durch Tiere gehört in die Kategorie der regulierenden ökosystemaren Dienstleistungen, da die transportierte Menge, die Transportrichtung und die Transportdistanzen der Pollenkörner durch die Aktivität der Bestäuber bestimmt werden (s. Kapitel 2.3.4). Aufgrund der direkten Verbin-