

DISS. ETH NO. 26860

## **Economic Perspective on Grasslands, Biodiversity and Weather Extremes**

A thesis submitted to attain the degree of  
DOCTOR OF SCIENCES of ETH ZURICH  
(Dr. sc. ETH Zurich)

presented by  
Sergei Schaub

MSc. Agricultural and Food Economics,  
Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn

born on 17.09.1990  
German citizen

accepted on the recommendation of  
Prof. Dr. Robert Finger  
Prof. Dr. Nina Buchmann  
Prof. Dr. Andreas Lüscher  
Prof. Dr. Salvatore Di Falco

2020

**Abstract**

Grasslands cover large shares of the world's terrestrial area and are essential for the global food security as well as for the agricultural economy as they provide feed for animals. The same grasslands are a host of biodiversity and provide a wide range of other ecosystem services. Changes in the climatic conditions, population, consumer demands and policies, which put pressure on grasslands and grassland-based production, requires farmers to adapt. For farmers and their utility, two aspects are especially important in this context: expected income and stability of income, i.e. income risk.

Farmers have a set of tools to adapt and influence grassland production, including the choice of the (plant) species diversity level in their grassland. Species diversity have been shown to increase yields and yield stability as well as that it can mitigate adverse effects of weather extremes, such as droughts. A key challenge is to transform these findings also into economic terms and to quantify these potential benefits of species diversity in terms of farmers' utility. Empirical economic assessments of the effects of species diversity ('diversity effects') in grasslands that aim to value these effects from farmers' perspectives have been conducted only in a limited number. Those studies that did such economic assessment usually focused on biomass yields (i.e. quantity of yield) and extensively managed grasslands and neglected essential aspects for farmers, such as forage quality, different management intensities, extreme weather events (e.g. droughts), market responses (e.g. hay prices) or differences in farm types.

Droughts that are a severe risk for grasslands are predicted to increase in frequency and intensity in the future due to climate change. Understanding the economic consequences of drought effects and how species diversity, among other tools, can help to reduce adverse effects is important. Moreover, droughts can not only cause yield losses but also market response (e.g. hay prices response), which are equally important to farmers but not explored so far.

The overall research goal of the thesis is to support farmers, extension services and policy makers by answering the question '*What is the value of species diversity in grasslands for farmers?*'. Therefore, we conduct an economic valuation of the diversity effect in grasslands from a farmers' perspective in *Chapter 2 to 4*: In *Chapter 2*, we economically assess the diversity effects on expected yields, expected revenues and risk in intensively managed grasslands, considering biomass yields and forage quality. We find that species diversity increased biomass yields while it did not affect forage quality. Thus, species diversity increased quality-adjusted yields (biomass yields x forage quality) and potential revenues from milk production. Moreover, species diversity decreased farmers' risk. In *Chapter 3*, we investigate the diversity effect on expected yields and revenues, considering biomass yields and forage quality across a wide range of management intensities. The results show that species diversity increased quality-adjusted yields and revenues across management regimes and that the benefits from species diversity can be as high as increasing management intensity. In *Chapter 4*, we analyze the

diversity effect under increasing drought risks while considering hay yield and price responses to droughts as well as different farm types. We find that species diversity increased income and decreased risk. The diversity effect was independent of drought probability and the drought effect largely dependent on farm type.

We complement the economic assessment of species diversity by an in-depth analysis of droughts effect hay prices and differences between drought effects on hay prices and feed grain prices (*Chapter 5*). We find that regional and national droughts substantially increased hay prices while feed grain prices were not affected in South Germany. The differences between hay and feed grain price responses can be linked to transport and transaction costs, thus, to market integration.

Moreover, we provide supplementary analysis about biodiversity loss communication, public interest in biodiversity in climate change and societal concerns on pesticide use in the appendices of the thesis. In conclusion, the thesis adds to the existing knowledge of species diversity and its economic value by extending the (economic) assessment of species diversity. Considering key aspects for farmers, we show that species diversity is an economically relevant factor of production and that maintaining and reestablishing species diverse grasslands can contribute to future sustainable intensification of grassland-based production. Moreover, we provide new insights to the consequences of droughts on hay and feed grain prices and that these prices are differently affected. The knowledge on these drought effects on prices in combination with diversity effects in grasslands can help to better understand and mitigate adverse drought effects in grassland-based production, especially considering climate change. The gained insights in this thesis, about the species diversity effects and the drought effects, should be considered in farm management as well as in the decisions of policy makers.

## Zusammenfassung

Grasland bedeckt einen großen Teil der globalen Landfläche und ist sowohl für die weltweite Ernährungssicherheit als auch für die Agrarwirtschaft von wesentlicher Bedeutung, da es als Futtermittelquelle für Tiere dient. Dasselbe Grasland beherbergt zudem eine Vielzahl von Arten und bietet zahlreiche weitere Ökosystemdienstleistungen. Veränderungen der klimatischen Bedingungen, der Bevölkerungszahl, der Verbraucherwünsche und der Politik – welche Druck auf das Grasland und die graslandbasierte Produktion von Lebensmitteln ausüben – erfordern Anpassungen der Landwirtinnen und Landwirte. Für die Landwirtinnen und Landwirte und ihren ökonomischen Nutzen sind in diesem Zusammenhang zwei Aspekte besonders relevant: das erwartete Einkommen und die Einkommensstabilität, d.h. das Einkommensrisiko.

Die Landwirtinnen und Landwirte verfügen über eine Reihe von Instrumenten zur Anpassung ihres Graslands, einschließlich der Wahl der (Pflanzen-)Artenvielfalt. Forschungsergebnisse haben gezeigt, dass die Artenvielfalt die Erträge und die Stabilität des Graslands erhöht sowie dass die Artenvielfalt negative Effekte von Wetterextremen, wie Dürren, reduzieren kann. Eine zentrale Herausforderung besteht darin, diese Erkenntnisse und die potenziellen Vorteile der Artenvielfalt im Hinblick auf den ökonomischen Nutzen für die Landwirtinnen und Landwirte zu quantifizieren. Empirische ökonomische Bewertungen der Effekte der Artenvielfalt ("Diversitätseffekte") im Grasland aus einer landwirtschaftlichen Sicht wurden bisher nur in einer begrenzten Anzahl durchgeführt. Die Studien, die eine solche ökonomische Bewertung vornahmen, konzentrierten sich in der Regel auf Biomasserträge (d.h. die Ertragsmenge) und extensiv bewirtschaftetes Grasland und vernachlässigten wesentliche Aspekte für die Landwirtinnen und Landwirte, wie z.B. Futterqualität, unterschiedliche Bewirtschaftungsintensitäten, extreme Wetterereignisse (z.B. Dürren), Marktreaktionen (z.B. Heupreise) oder Unterschiede in den Betriebstypen.

Dürren, die ein großes Risiko für Grasland darstellen, werden aufgrund des Klimawandels in Zukunft voraussichtlich häufiger und intensiver auftreten. Es ist wichtig, die wirtschaftlichen Folgen von Dürreeffekten zu verstehen und zu verstehen, wie die Artenvielfalt, neben anderen Instrumenten, dazu beitragen kann, die negativen Auswirkungen zu reduzieren. Darüber hinaus können Dürren nicht nur Ertragseinbußen verursachen, sondern auch Marktreaktionen (z.B. Heupreisereaktionen) auslösen. Diese Marktreaktionen sind für Landwirtinnen und Landwirte ebenso wichtig wie Ertragseinbußen, sind aber bisher noch nicht genauer untersucht worden.

Das übergeordnete Forschungsziel dieser Arbeit ist die Unterstützung von Landwirtinnen und Landwirte, Beratungsdiensten und politischen Entscheidungsträgern durch die Beantwortung der Frage 'Was ist der Mehrwert von Artenvielfalt für Landwirtinnen und Landwirte im Grasland?'. Daher führen wir in *Kapitel 2 bis 4* eine ökonomische Bewertung der Diversitätseffekte im Grasland aus landwirtschaftlicher Perspektive durch: In *Kapitel 2* bewerten wir ökonomisch die Diversitätseffekte

auf die erwarteten Erträge, die erwarteten Einnahmen und das Risiko in intensiv bewirtschaftetem Grasland. Dabei berücksichtigen wir Biomasseerträge als auch die Futterqualität. Wir finden, dass Artenvielfalt die Biomasseerträge erhöht, während sie die Futterqualität nicht beeinflusst. Die Artenvielfalt erhöhte somit die qualitätskorrigierten Erträge (Biomasseerträge x Futterqualität) und die potenziellen Einnahmen aus der Milchproduktion. Darüber hinaus verringerte die Artenvielfalt das Risiko der Landwirtinnen und Landwirte. In *Kapitel 3* untersuchen wir den Diversitätseffekt auf die zu erwartenden Erträge und Einnahmen. Dabei berücksichtigen wir Biomasseerträge und die Futterqualität über ein weites Spektrum an Bewirtschaftungsintensitäten. Unsere Resultate zeigen, dass Artenvielfalt die qualitätskorrigierten Erträge und Einnahmen über die verschiedenen Bewirtschaftungsregimes hinweg erhöht hat und dass die Vorteile der Artenvielfalt ebenso hoch sein können wie die Erhöhung der Bewirtschaftungsintensität. In *Kapitel 4* analysieren wir den Diversitätseffekt unter zunehmendem Dürreerisiko. Dabei berücksichtigen wir den Einfluss von Dürre auf Heupreise und verschiedene Betriebstypen. Wir finden, dass die Artenvielfalt das Einkommen erhöht und das Risiko verringert. Der Diversitätseffekt war unabhängig von der Dürrewahrscheinlichkeit und der Dürreeffekt auf Einkommen und Risiko war weitgehend vom Betriebstyp abhängig.

Ergänzend zur ökonomischen Bewertung der Artenvielfalt analysieren wir die Auswirkungen von Dürren auf die Heupreise und Unterschiede des Dürreeffekts auf Heupreise und Futtergetreidepreise (*Kapitel 5*). Wir finden, dass regionale und nationale Dürren die Heupreise in Süddeutschland erheblich erhöhten, während die Futtergetreidepreise nicht betroffen waren. Die unterschiedlichen Reaktionen von Heu- und Futtergetreidepreisen können mit den Transport- und Transaktionskosten, und damit mit der Marktintegration, in Verbindung gebracht werden.

Zudem bieten wir ergänzende Analysen in den Anhängen dieser Arbeit zu den Themen Kommunikation des Biodiversitätsverlusts, Interesse der Öffentlichkeit in den Themen Klimawandel und Biodiversität und gesellschaftlichen Bedenken in Bezug auf Pflanzenschutzmitteleinsatzes.

Zusammenfassend ergänzt diese Arbeit durch Erweiterung der (ökonomischen) Bewertung von Artenvielfalt das vorhandene Wissen über Artenvielfalt und dessen ökonomischen Mehrwert. Wir zeigen, dass Artenvielfalt ein ökonomisch relevanter Produktionsfaktor ist und dass die Erhaltung und Wiederherstellung artenreicher Graslandschaften zu einer nachhaltigen Intensivierung der graslandbasierten Produktion beitragen kann. Darüber hinaus liefern wir neue Erkenntnisse über die Auswirkungen von Dürren auf Heu- und Futtergetreidepreise und dass diese Preise unterschiedlich durch Dürre beeinflusst werden. Die Erkenntnisse über diese Dürreeffekte auf Preise zusammen mit den Diversitätseffekte im Grasland kann dazu beitragen, die negativen Auswirkungen von Dürren auf die graslandbasierte Produktion zu verstehen und abzuschwächen. Dies ist besonders wichtig unter Berücksichtigung des Klimawandels. Die in dieser Arbeit gewonnenen Erkenntnisse über die Effekte

von Artenvielfalt und von Dürren sollten sowohl bei der landwirtschaftliche Betriebsführung als auch bei Entscheidungen von politischen Entscheidungsträger berücksichtigt werden.