



Christian STETTER und Johannes SAUER

Die Bereitschaft bayerischer Landwirt:innen zur Kultivierung von Agroforstsystemen in Anbetracht regionaler Wetterextreme

Agroforstsysteme sind vielversprechende klimaresistente Landnutzungsformen mit hohem ökologischem Nutzen. Die Bereitschaft von bayerischen Landwirt:innen zur Umstellung auf Agrarholzsysteme hängt von verschiedenen Faktoren ab, einschließlich finanzieller Anreize und Extremwetterereignisse. Trotz bestehender Vorbehalte steigt ihre Bereitschaft, solche Systeme nach Extremwetterereignissen langfristig zu übernehmen. Politische Maßnahmen wie finanzielle Anreize und verkürzte Mindestnutzungsdauer können den Anbau von Agrarholzsystemen fördern und die Landwirtschaft klimaresistenter machen. Die Förderung solcher Systeme gewinnt daher an Bedeutung.

Agroforstsysteme als Klimamaßnahme mit ökologischem Nutzen

Die Folgen des Klimawandels stellen Gesellschaft und Wirtschaft gleichermaßen vor noch nie dagewesene Herausforderungen (IPCC 2021). Die Landwirtschaft ist in zweifacher Hinsicht von der globalen Erderwärmung betroffen. Auf der einen Seite gilt sie als einer der Haupttreiber des Klimawandels. Insgesamt 17 Prozent der weltweiten Treibhausgasemissionen entfallen auf die Landwirtschaft und die damit verbundene Landnutzung (TUBIELLO 2019). Auf der anderen Seite sind Landwirt:innen stark von den negativen Folgen des Klimawandels betroffen. Dabei spielt das immer häufigere Auftreten von Extremwetterjahren, wie zum Beispiel der Hitzesommer 2003 oder das Dürrejahr 2018, eine

zentrale Rolle. Dies macht sich vermehrt durch Ernteausfälle und Ertragseinbußen bemerkbar (WEBBER et al. 2020). Aus diesem Grund ist es wichtig, dass landwirtschaftliche Betriebe ihre Resilienz gegenüber dem Klimawandel erhöhen. Unter Resilienz versteht man dabei die Anpassungs-, Erholungs- und Wiederherstellungsfähigkeit von landwirtschaftlichen Betrieben gegenüber externen Schocks (OECD 2020).

Landwirt:innen haben durchaus Spielraum, wie sie ihre Widerstandsfähigkeit erhöhen können. Neben der Tierhaltung spielt Landnutzung eine zentrale Rolle. Landnutzung und die damit verbundenen Anpassungen spielen eine entscheidende Rolle sowohl bei der Anpassung an den Klimawandel als auch bei der Minderung

Abbildung 1:

Agroforstsysteme können vorteilhaft sein, denn durch die Kombination von Gehölzen und Ackernutzung und/oder Tierhaltung entstehen vorteilhafte Wechselwirkungen (Foto: Isabelle Frenzel/DeFAF e.V.).

Abbildung 2:

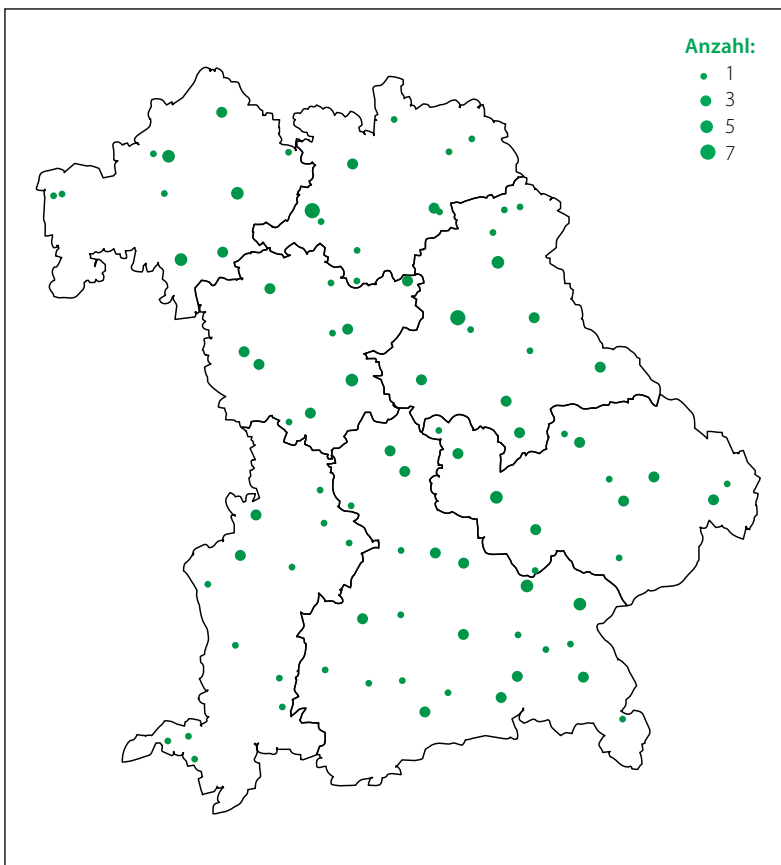
Bayerische Landwirt:innen wurden im Rahmen eines diskreten Entscheidungs-experiments mit der Frage konfrontiert, ob sie auf ihren Anbauflächen Ackerbau betreiben, Kurzumtriebsplantagen anpflanzen oder Agroforstsysteme (Alley-Cropping) kultivieren sollten (Fotos: AI-generiert via DALL-E).



seiner negativen Auswirkungen (PIELKE 2005). Dies beinhaltet den Anbau alternativer Kulturen und Sorten sowie Anpassungen der Anbaustrategien hinsichtlich des Einsatzes von Wasser, Düngemitteln oder Pestiziden (GRAVELINE & MEREL 2014). In diesem Zusammenhang empfiehlt der Weltklimarat den Anbau von Agrarholzsystemen als eine wirksame Maßnahme zur Anpassung an den Klimawandel (IPCC 2022). Bäume auf landwirtschaftlichen Flächen anzupflanzen kann erheblich dazu beitragen, die Auswirkungen des Klimawandels zu mildern. Darüber hinaus bieten solche Systeme vielfältige ökologische Vorteile wie Kohlen-

Abbildung 3:

Insgesamt wurden 198 Landwirt:innen befragt.



stoffspeicherung, Reduzierung von Treibhausgasen, Regulierung von Wasserkreisläufen, Verbesserung der Nährstoff- und Wassernutzungseffizienz sowie Bereitstellung wichtiger Ökosystemleistungen (CARDINAELE et al. 2021).

Neben Kurzumtriebsplantagen (KUP), welche aus schnellwachsenden und ausschlagfähigen Gehölzen wie Weide und Pappel bestehen und vor allem stofflich und energetisch genutzt werden, wird sogenannten Agroforstsystemen eine wichtige Rolle im Kontext des Klimawandels zugeschrieben. Agroforst hat eine lange Geschichte in der deutschen Landwirtschaft und ist für den Naturschutz von großer Bedeutung. Historisch umfasst der Begriff Agroforst verschiedene Systeme wie Streuobstwiesen, Hutewälder und Windschutzhecken (KONOLD & REEG 2009). Im Kontext moderner Landwirtschaft und im Licht des fortschreitenden Klimawandels gelten insbesondere sogenannte Alley Cropping-Systeme als vielversprechende Landnutzungsmöglichkeit (TSONKOVA et al. 2012). In solchen Systemen werden ackerbaulich genutzte Flächen von KUP-Streifen durchzogen, und zwar dergestalt, dass möglichst wenige technische Hindernisse für die Bewirtschaft:innen entstehen (siehe Abbildung 2).

Diese Systeme gelten deshalb als vielversprechend, weil sie nicht nur aus ökologischer und ökonomischer Sicht sinnvoll sein können (ROSA-SCHLEICH et al. 2019), sondern auch zur Vermeidung von Treibhausgasen und zur Anpassung an den Klimawandel beitragen. Sie können große Mengen an Kohlenstoff speichern, fossile Energieträger ersetzen und so atmosphärisches Kohlendioxid (CO₂) reduzieren (NOORDWIJK et al. 2014). Was die Anpassung betrifft, so bietet die Integration von Bäumen auf landwirtschaftlichen Flächen ein Mittel gegen Wetterextreme, indem Wasserkreisläufe reguliert, die Nährstoff- und Wassernutzungseffizienz verbessert und das Mikroklima verändert werden. Darüber hinaus stellt die Agroforstwirtschaft zahlreiche Ökosystemleistungen bereit und wird deshalb als eine wichtige Komponente im Bereich der ökosystembasierten Anpassung an den Klimawandel angesehen (NOORDWIJK et al. 2014).

Es stellt sich also die Frage: warum werden solche Systeme trotz zahlreicher Vorzüge in der Praxis kaum beobachtet? In unserer Forschungsarbeit, die im Rahmen des Bayerischen Netzwerks für Klimaforschung (bayklif) entstanden ist, befassten wir uns deshalb mit der (fehlenden) Bereitschaft von bayerischen

Landwirt:innen zur Kultivierung von Agroholzsystemen und ob sich diese Bereitschaft mit dem Auftreten von Extremwetterjahren, wie zum Beispiel in den Jahren 2003 oder 2018, verändern könnte.

Studienaufbau

Um diese Frage zu beantworten, eignete sich eine etablierte Forschungsmethode aus der experimentellen Ökonomie, ein sogenanntes diskretes Entscheidungsexperiment (Discrete Choice Experiment; LOUVIERE et al. 2000). In solchen Experimenten werden Individuen (hier Landwirt:innen) wiederholt vor eine Entscheidung zwischen unterschiedlichen Handlungsoptionen gestellt, deren Eigenschaften variiert werden. Dies erlaubt es, einen Zusammenhang zwischen diesen Eigenschaften und den Präferenzen (was die Befragten bevorzugen) für unterschiedliche Alternativen mittels statistischer Methoden herzustellen.

In der vorliegenden Studie wurden Landwirt:innen vor die Entscheidung gestellt, entweder Ackerbau im klassischen Sinne zu betreiben, Kurzumtriebsplantagen zu etablieren oder Alley Cropping zu übernehmen. Dabei wurden wichtige Faktoren für die Entscheidung, wie zum Beispiel der Deckungsbeitrag (Gewinn pro Hektar), die Mindestnutzungsdauer oder Subventionszahlungen aus Agrarumweltprogrammen, variiert. Zudem wurden weitere wichtige betriebliche Charakteristika wie Hofgröße, Betriebsart und so weiter abgefragt.

Das Experiment wurde im Oktober 2020 online durchgeführt und richtete sich an ackerbaubetreibende Landwirt:innen, die über eine Agrarmarktforschungsplattform sowie über verschiedene, mit dem Deutschen Landwirtschaftsverlag (dlv) assoziierte Medien akquiriert wurden. Insgesamt konnten die Antworten von 198 bayerischen Landwirt:innen verwertet werden, die sich räumlich über ganz Bayern verteilen (Abbildung 3).

Was beeinflusst die Bereitschaft von Landwirt:innen zum Anbau von Agroforstsystemen?

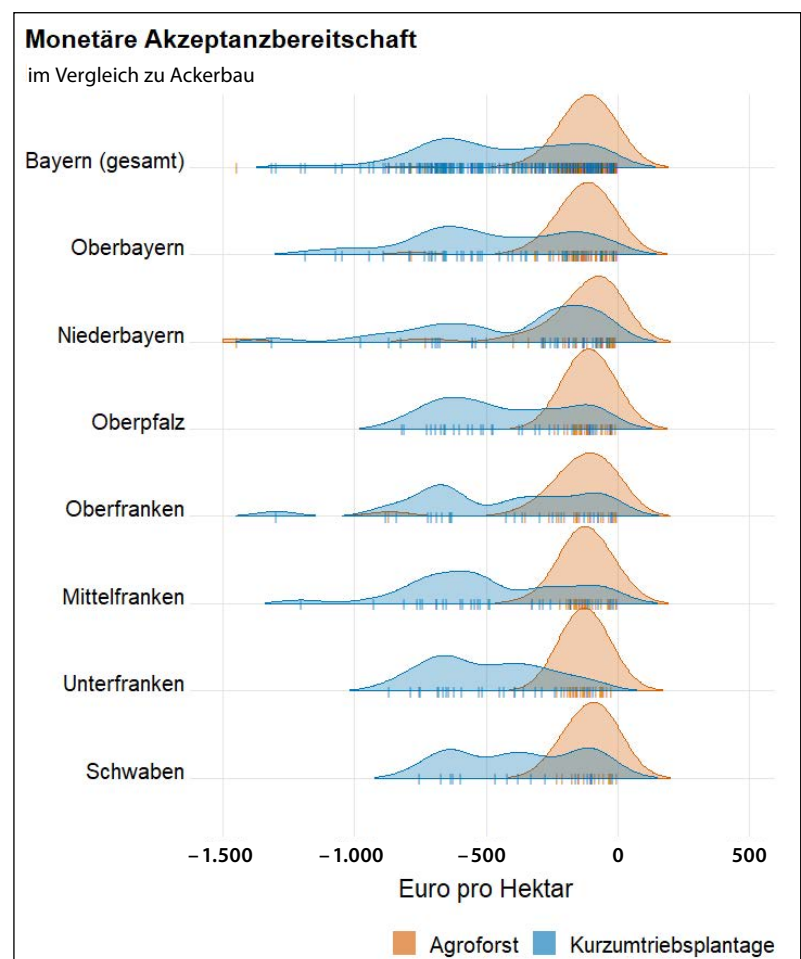
Etwa die Hälfte der Befragten betreiben Landwirtschaft im Vollerwerb, was leicht über dem bayerischen Durchschnitt von 45 % liegt. Die Anteile an Acker- und Grünland, das Alter der Landwirt:innen und die Beteiligungsquote an Agrarumweltprogrammen entsprechen weitgehend dem bayerischen Durchschnitt. Die Stichprobenbetriebe bewirtschaften jedoch im Durchschnitt mehr Fläche, haben einen geringeren Anteil an Pachtflächen und weniger

Arbeitskräfte als der Durchschnitt der bayerischen Landwirt:innen. Der Anteil der Biobetriebe in der Stichprobe beträgt 10 %, ähnlich wie der Grundgesamtheitsanteil von 12 %. Die deskriptiven Statistiken zeigen insgesamt, dass unsere Stichprobe die bayerische Landwirt:innenpopulation gut widerspiegelt. Zudem gaben fast alle Befragten an, dass sie bereits negative Folgen von klimawandelbedingten Extremwetterereignissen erlebt haben, insbesondere in Form von Ertrags- und Qualitätsverlusten.

Die geografische Zuteilung der Betriebe mittels Postleitzahlen erlaubte es, den Einfluss der lokalen Wetterhistorie der Betriebe mit deren Landnutzungspräferenzen in Verbindung zu stellen. Dazu wurden die Befragungsergebnisse mit räumlichen Wetterdaten (CORNES et al. 2018) aus der letzten Dekade verschnitten. Dieses Vorgehen erlaubte es, in einem nächsten Schritt Extremwetterjahre zu simulieren und zu untersuchen, inwieweit sich die Anbauwahrscheinlichkeiten der jeweiligen Systeme angesichts solcher Extremwetterlagen dynamisch verändern.

Abbildung 4:

Verteilung der Akzeptanzbereitschaft von Landwirt:innen zur Adoption von Kurzumtriebsplantagen und Agroforst für Bayern und dessen Regierungsbezirke. Die monetäre Akzeptanzbereitschaft gibt an, wie viele Euro pro Hektar den Landwirt:innen zusätzlich zum Gewinn des Status Quo-Ackerbausystems bezahlt werden müssten, damit sie diese Alternativen übernehmen würden.



Die Ergebnisse der Studie konnten die Hypothese bestätigen, dass Landwirt:innen grundsätzlich den Status Quo, also reine Ackerbausysteme gegenüber Agroforstwirtschaft und Kurzumtriebsplantagen, bevorzugten. Dies drückte sich in einer durchschnittlichen monetären Akzeptanzbereitschaft für Alley Cropping-Systeme von -123 Euro pro Hektar und Kurzumtriebsplantagen von -513 Euro pro Hektar aus. Das bedeutet: Betriebe wären erst dann bereit solche Systeme zu etablieren, wenn sie diese Geldbeträge als zusätzlichen Bonus auf den ökonomischen Gewinn durch ackerbauliche Nutzung bekämen.

Es wurde allerdings gleichermaßen deutlich, dass es erhebliche Unterschiede diesbezüglich zwischen den einzelnen Regionen und Betrieben gibt (siehe Abbildung 3). So waren Betriebe im Regierungsbezirk Schwaben tendenziell eher bereit Agrarholzsysteme anzubauen, als zum Beispiel Betriebe in Oberbayern. Des Weiteren stellten wir fest, dass die fehlende Bereitschaft zumindest teilweise durch Zahlungen für Agrarumweltmaßnahmen und einer Verringerung der minimalen Nutzungsdauer verbessert werden kann.

Der Fakt, dass Agrarholzsysteme als klima- und extremwetterresilient gelten, legt die Vermutung nahe, dass Extremwetterereignisse die Bereitschaft zum Anbau solcher Systeme erhöhen könnte. Die Ergebnisse der Simulationen der Extremwetterjahre 2018 und 2003 (Abbildung 4) zeigen, dass Landwirt:innen tatsächlich auf solche Extremereignisse reagieren und ihre Anbauwahrscheinlichkeit von Agroforstsystemen steigt. Simuliert man länger andauernde Extremwetterlagen über mehrere Jahre hinweg,

welche im Rahmen des Klimawandels wahrscheinlicher werden, zeigt sich, dass sich die Wahrscheinlichkeit des Anbaus von Agroforstsystemen stark erhöht und langfristig über der von Ackerbausystemen liegen kann.

Während sich die Unterschiede zwischen den Extremwetterjahren 2018 und 2003 auch in den Anbauwahrscheinlichkeiten widerspiegeln, bleibt die grundsätzliche Tendenz zur höheren Bereitschaft zum Anbau von Alley Cropping-Systemen bestehen.

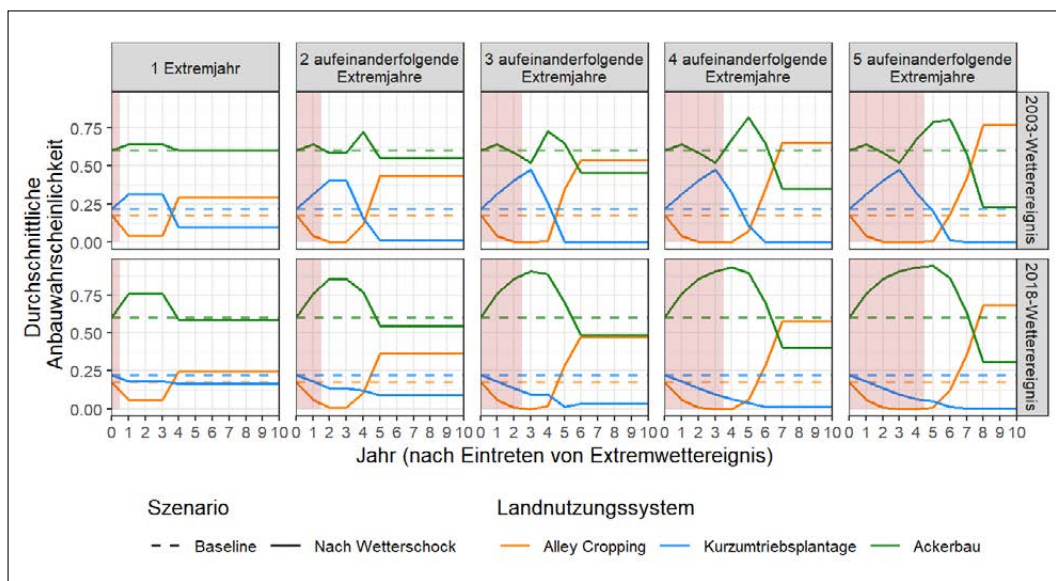
Im Rahmen der Simulationen traten erneut regionale Unterschiede zum Vorschein. So geht zum Beispiel aus den Ergebnissen hervor, dass für die Landwirt:innen im bayerischen Durchschnitt Kurzumtriebsplantagen keine große Rolle als Klimawandelanpassungsstrategie zu spielen scheinen. Ausnahme ist hier wieder der Regierungsbezirk Schwaben, wo die Bereitschaft zur Kultivierung von Kurzumtriebsplantagen hoch ist. Die Ergebnisse der Studie zeigen, dass bayerische Landwirt:innen durchaus zu klimaresilientem Anpassungsverhalten in der Lage sind.

Handlungsempfehlungen: Wie den Anbau von Agrarholzsystem erhöhen?

Die unterschiedlichen Szenarien unterstrichen die Möglichkeit des Gesetzgebers, durch politisches Handeln transformative Prozesse hin zu mehr Klimaresilienz zu unterstützen. So könnten Agrarumweltzahlungen in Höhe von bis zu 200 Euro pro Hektar die langfristige Anbauwahrscheinlichkeit von Agrarholzsystemen infolge eines Extremwetterjahres um bis zu 10 % erhöhen. Eine Reduzierung der Mindestlebensdauer

Abbildung 5:

Simulationsergebnisse: Durchschnittliche Anbauwahrscheinlichkeiten der verschiedenen Anbausysteme in Bayern als Reaktion auf die simulierten Extremwetterjahre 2003 und 2018. Die gestrichelte Linie beschreibt die Anbauwahrscheinlichkeiten bei durchschnittlichem Wetter ohne Extremereignisse



für Agrarholzsysteme, zum Beispiel durch züchterischen und technischen Fortschritt, kann zudem deren Anbauwahrscheinlichkeit um bis zu 15 % erhöhen.

Gemäß unseren Ergebnissen durchlaufen landwirtschaftliche Systeme drei Phasen nach einem Extremwitterschock: **Absorption, Erholung und Anpassung**. In der Absorptionsphase neigen die Landwirt:innen dazu, unmittelbar nach einem Schock an ihren bestehenden Anbaupraktiken festzuhalten. Dieses anfängliche Festhalten am Status Quo könnte auf Faktoren wie starre Entscheidungsprozesse, feste Produktionsstrukturen, wahrgenommene Risiken und wahrgenommene Nachteile und Kosten im Zusammenhang mit alternativen Landnutzungen zurückzuführen sein (DESSART et al. 2019; GIRARD et al. 2021). Die Erholungsphase dauert ein bis fünf Jahre. Diese Phase markiert einen Zeitraum relativer Stabilität, in dem die extremen Wetterbedingungen abgeklungen sind und es den Landwirt:innen möglich ist, ihre ursprünglichen Landnutzungsentscheidungen zu überdenken und sich auf Anpassungsmaßnahmen vorzubereiten (BÉNÉ et al. 2012). Die anschließende Anpassungsphase zeigt die Fähigkeit der Landwirt:innen, sich an die veränderten Klimabedingungen anzupassen. Finanzielle Anreize oder technologischer Fortschritt können die Landwirt:innen bei der Adoption von Agrarholzsystemen unterstützen.

Unsere Ergebnisse haben wichtige Implikationen für politische Entscheidungsträger. Programme zur Bezahlung von Klima- und Umweltleistungen erhöhen die Wahrscheinlichkeit, dass Landwirt:innen holzbasierte und agroforstliche Landnutzungssysteme übernehmen, und sind damit wertvolle Instrumente zur Förderung klimaresistenter Systeme. Die bayerische Landesregierung hat dies erkannt und fördert seit diesem Jahr (2023) die Etablierung von Agrarholzsystemen im Rahmen des Kulturlandschaftsprogramms (KULAP; URL 1, STMELF).

Ein weiterer relevanter Aspekt für politische Entscheidungsträger ist es, die Nutzungsdauer von Landnutzungsoptionen in Betracht zu ziehen. Die Förderung innovativer Züchtungsmethoden zur Verkürzung der Mindestlebensdauer von Agrarholzsystemen kann ein wichtiger Baustein zur Unterstützung klimaresistenter Agrarholzsysteme sein (QAIM 2020).

Fazit

Die vorliegende Studie trägt wesentlich zum Verständnis der Beziehung zwischen Klimaschwankungen und Landnutzungsänderungen bei, insbesondere durch die Bewertung des Potenzials neuartiger Landnutzungsformen. Die Integration eines ökonomischen Experimentes in den Simulationsansatz bietet eine ganzheitliche Sicht auf den Zusammenhang zwischen extremen Wetterereignissen und Landnutzungsänderungen. Wir konnten so zeigen, dass bayerische Landwirt:innen trotz bestehender Vorbehalte dazu bereit sind, klimaresiliente Landnutzungssysteme wie Agroforst und Kurzumtriebsplantagen im Hinblick auf den fortschreitenden Klimawandel zukünftig vermehrt anzubauen.

Literatur

- BÉNÉ, C., WOOD, R. G., NEWSHAM, A. et al. (2012): Resilience: New Utopia or New Tyranny? Reflection about the Potentials and Limits of the Concept of Resilience in Relation to Vulnerability Reduction Programmes. – IDS Working Papers 2012(405): 1–61.
- CARDINAEL, R., CADISCH, G., GOSME, M. et al. (2021): Climate change mitigation and adaptation in agriculture: Why agroforestry should be part of the solution. – *Agriculture, Ecosystems & Environment* 319 (June): 107555.
- CORNES, R. C., VAN DER SCHRIER, G., VAN DEN BESSELAAR, E. J. M. et al. (2018): An Ensemble Version of the E-OBS Temperature and Precipitation Data Sets. – *Journal of Geophysical Research: Atmospheres* 123(17): 9391–9409 (Blackwell Publishing Ltd.).
- DESSART, F. J., BARREIRO-HURLÉ, J. & VAN BAVEL, R. (2019): Behavioural factors affecting the adoption of sustainable farming practices: A policy-oriented review. – *European Review of Agricultural Economics* 46(3): 417–471.
- GIRARD, J., DELACÔTE, P. & LEBLOIS, A. (2021): Agricultural households' adaptation to weather shocks in Sub-Saharan Africa: Implications for land-use change and deforestation. – *Environment and Development Economics* 26(5–6): 538–560.
- GRAVELINE, N. & MEREL, P. (2014): Intensive and extensive margin adjustments to water scarcity in France's Cereal Belt. – *European Review of Agricultural Economics* 41(5): 707–743.
- IPCC (2021): *Climate Change 2021: The Physical Science Basis – Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. – Cambridge (Cambridge University Press).
- IPCC (2022): *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability – Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. – Cambridge, UK and New York, NY, USA (Cambridge University Press).

- KONOLD, W. & REEG, T. (2009): Historische Agroforstsysteme in Deutschland. – In: Anbau und Nutzung von Bäumen auf Landwirtschaftlichen Flächen, Wiley: 313–324.
- LOUIERE, J. J., HENSHER, D. A., SWAIT, J. D. et al. (2000): Stated Choice Methods. – Cambridge, UK (Cambridge University Press).
- VAN NOORDWIJK, M., BAYALA, J., HAIRIAH, K., et al. (2014): Agroforestry solutions for buffering climate variability and adapting to change. – In: Climate change impact and adaptation in agricultural systems, Wallingford (CABI): 216–232.
- OECD (2020): Strengthening Agricultural Resilience in the Face of Multiple Risks. – Paris (OECD Publishing).
- PIELKE, R. A. (2005): Land Use and Climate Change. – Science 310(5754): 1625–1626.
- QAIM, M. (2020): Role of New Plant Breeding Technologies for Food Security and Sustainable Agricultural Development. – Applied Economic Perspectives and Policy 42(2): 129–150.
- ROSA-SCHLEICH, J., LOOS, J., MUSSHOFF, O. et al. (2019): Ecological-economic trade-offs of Diversified Farming Systems – A review. – Ecological Economics 160 (January 2018), Elsevier: 251–263.
- TSONKOVA, P., BÖHM, C., QUINKENSTEIN, A. et al. (2012): Ecological benefits provided by alley cropping systems for production of woody biomass in the temperate region: A review. – Agroforestry Systems 85(1): 133–152.
- TUBIELLO, F. N. (2019): Greenhouse gas emissions due to agriculture. – In: FERRANTI, P., BERRY, E. M. & ANDERSON, J. R. (eds.): Encyclopedia of food security and sustainability, Elsevier: 196–205.

URL 1: StMELF (= BAYERISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT UND FORSTEN): Agrarumwelt- und Klimamaßnahmen (AUKM); www.stmelf.bayern.de/foerderung/foerderung-von-agrarumweltmassnahmen-in-bayern/index.html (abgerufen am 07.07.2023).

WEBBER, H., LISCHIED, G., SOMMER, M. et al. (2020): No perfect storm for crop yield failure in Germany. – Environmental Research Letters 15(10): 104012.

Hinweis:

Der dem Artikel zugrunde liegende wissenschaftliche Aufsatz (Tackling Climate Change: Agroforestry Adoption in the Face of Regional Weather Extremes) ist Teil von Dr. Stetters Dissertationsschrift (Agricultural Production and Environmental Change: An Economic Investigation) an der Technischen Universität München (<https://mediatum.ub.tum.de/?id=1662082>).

Autoren



Dr. Christian Stetter

Jahrgang 1992

Christian Stetter, Agrarökonom, studierte in Hohenheim und promovierte an der Technischen Universität (TU) München. Derzeit Postdoc an der Eidgenössischen Technischen Hochschule (ETH) Zürich, forscht er zu Agrarproduktion, Klimawandel und maschinellem Lernen in der Agrarökonomie.

ETH Zürich, Agrarökonomie und -politik
cstetter@ethz.ch



Prof. Dr. Johannes Sauer

Prof. Dr. Johannes Sauer ist seit 2013 Lehrstuhlinhaber an der Technischen Universität (TU) München. Er hat eine Promotion in Agrarökonomie von der Universität Bonn und besitzt unter anderem einen Masterabschluss vom Imperial College London. Seine Forschungsinteressen umfassen unter anderem Produktionsanalyse, nachhaltige Innovation, Agrarumweltverhalten, Biodiversität und ökonomische Modellierung.

Technische Universität München, Produktions- und Ressourcenökonomie
+49 8161 71-4008
jo.sauer@tum.de

Zitiervorschlag

STETTER, C. & SAUER, J.: Die Bereitschaft bayerischer Landwirt:innen zur Kultivierung von Agroforstsystemen in Anbetracht regionaler Wetterextreme. – Anliegen Natur 46(1): 15–20, Laufen; www.anl.bayern.de/publikationen.