

# Ertragsveränderungen vor dem Hintergrund der Klimakrise und Auswirkungen auf die Flächennutzung

Jahresbericht 2023 des Julius Kühn-Instituts und des Thünen-Instituts

## Autorinnen

Til Feike<sup>1\*</sup>, Ahmed Attia<sup>1</sup>, Jacob-Jeff Bernhardt<sup>2</sup>, Marlene Bittner<sup>1</sup>, Jonas Böhm<sup>3</sup>, Bernd Hackauf<sup>4</sup>, Amir Hajjarpoor<sup>1</sup>, Johannes Hausmann<sup>5</sup>, Christian Jorzig<sup>1</sup>, Lorenz Kottmann<sup>6</sup>, Sandra Kregel-Horney<sup>1</sup>, Lars Kretschmer<sup>6</sup>, Maren Langhof<sup>6</sup>, Donghui Ma<sup>1</sup>, Frank Offermann<sup>3</sup>, Bernhard Osterburg<sup>7</sup>, Ludwig Riedesel<sup>1</sup>, Dima Sabboura<sup>1</sup>, Iven Schlich<sup>1</sup>, Jonas Schmitt<sup>3</sup>, Albrecht Serfling<sup>8</sup>, Ashifur Rahman Shawon<sup>1</sup>, Mareike Söder<sup>7\*</sup>, Tim Mark Ziesche<sup>8</sup>, Maximilian Zinnbauer<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Julius Kühn-Institut, Institut für Strategien und Folgenabschätzung

<sup>2</sup>Thünen-Institut, Institut für Lebensverhältnisse in ländlichen Räumen

<sup>3</sup>Thünen-Institut, Institut für Betriebswirtschaft

<sup>4</sup>Julius Kühn-Institut, Institut für Züchtungsforschung an landwirtschaftlichen Kulturen

<sup>5</sup>Julius Kühn-Institut, Institut für Pflanzenschutz in Ackerbau und Grünland

<sup>6</sup>Julius Kühn-Institut, Institut für Pflanzenbau und Bodenkunde

<sup>7</sup>Thünen-Institut, Stabsstelle Klima und Boden

<sup>8</sup>Julius Kühn-Institut, Institut für Resistenzforschung und Stresstoleranz

\*Ansprechpersonen am Julius Kühn-Institut und am Thünen-Institut



**Feike, Til; Attia, Ahmed**; Bernhardt, Jacob-Jeff; **Bittner, Marlene**; Böhm, Jonas; **Hackauf, Bernd**; Hajjarpoor, Amir; **Hausmann, Johannes; Jorzig, Christian; Kottmann, Lorenz; Krengel-Horney, Sandra; Kretschmer, Lars; Langhof, Maren**; Ma, Donghui; Offermann, Frank; **Osterburg, Bernhard; Riedesel, Ludwig; Sabboura, Dima; Schlich, Iven**; Schmitt, Jonas; **Serfling, Albrecht; Shawon, Ashifur Rahman**; Söder, Mareike; **Ziesche, Tim Mark**; Zinnbauer, Maximilian (2024): Ertragsveränderungen vor dem Hintergrund der Klimakrise und Auswirkungen auf die Flächennutzung: Jahresbericht 2023 des Julius Kühn-Instituts und des Thünen-Instituts. (Berichte aus dem Julius Kühn-Institut 228). Quedlinburg, Deutschland, 76 Seiten

**Doi:** [10.5073/20240718-123233-0](https://doi.org/10.5073/20240718-123233-0)

[Link OpenAgrar](#)

## Zusammenfassung

Der Jahresbericht des Julius Kühn-Instituts und des Thünen Instituts zu „Ertragsveränderungen vor dem Hintergrund der Klimakrise und Auswirkungen auf die Flächennutzung“ fokussiert in diesem Jahr auf drei Kernfragen. So werden i) die Auswirkungen langfristiger Klimaänderungen basierend auf den IPCC Szenarien, ii) die Witterung im Berichtsjahr vor dem Hintergrund des Klimawandels und iii) der Einfluss von Extremwetterereignissen im Klimawandel beleuchtet. Hierbei wird der in der umfangreichen Stellungnahme KlimErtrag (Söder et al., 2022) erarbeitete Wissens- und Entwicklungsstand mit den neuesten Analysen der Ressortforschung und der aktuellen internationalen Literatur mittels gezielter Literaturrecherche abgeglichen. Dabei wird insbesondere überprüft, ob es neue Erkenntnisse gibt, die den damaligen Wissensstand entgegenstehen oder diesen bestärken und welche neuen Forschungs- und Entwicklungsbedarfe sich abzeichnen.

Zur Frage 1 „Welche Auswirkungen haben durchschnittliche Klimaänderungen (IPCC-Szenarien) auf Erträge und Flächennutzung in Deutschland“ wurden die bisherig erarbeiteten Analyse fortgeführt und ausgeweitet. Die Literaturrecherche untermauert die wesentlichen Erkenntnisse der Stellungnahme KlimErtrag, dass die Erträge von C3-Pflanzen wie Weizen bis zur Mitte des Jahrhunderts weiter steigen, und die Erträge von C4-Pflanzen insbesondere Mais, der nicht vom CO<sub>2</sub>-Düngeeffekt profitiert, stagnieren oder gar leicht zurückgehen. Zudem sind die gemäßigten Breiten Gunstregionen des Klimawandels, während die Landwirtschaft im globalen Süden unter der fortschreitenden Erwärmung zunehmend leidet. Die Ausweitung der Analysen bis zum Ende des Jahrhunderts zeigt weiter steigende Erträge für Roggen als C3-Pflanze, jedoch ein Ertragsplateau zum Ende des Jahrhunderts. Weiterhin wird die fortschreitende Erwärmung zur Verbesserung der Anbaueignung von Sorghum als trockenstresstolerante Alternative zum Mais in bestimmten Regionen beitragen. Als wichtige Entwicklungsfelder im Bereich der Analysefähigkeit wurde die prozessbasierte Modellierung von Fruchtfolgen entwickelt und es werden zusätzliche Kulturarten und Zielp Parameter neben dem Ertrag berücksichtigt (u.a., Bodenkohlenstoffentwicklung, Stickstoffnutzung, etc). Weiterhin wird nochmals dezidiert dargelegt, dass die Diskrepanz zwischen der projizierten Niederschlagsentwicklung seit 2010 und den tatsächlichen Niederschlägen in diesem Zeitraum Zweifel an der Zuverlässigkeit der projizierten Ertragssteigerungen im Klimawandel aufkommen lassen. Die Klima- und Ertragsprojektionen stellen jedoch weiterhin den aktuellen globalen Wissens- und Methodenstand da.

Zur Frage 2 „Welche Auswirkungen und ggf. auch Trends sind im jeweiligen Berichtsjahr zu beobachten“ wurde der Witterungsverlauf und seine Auswirkungen auf Erträge und Flächennutzung vor dem Hintergrund des Klimawandels eingeordnet, in Ergänzung zum Erntebericht. Die ungünstige Witterungsverteilung und feuchte Bedingungen zu ungünstigen Zeitpunkten in 2023, die im Klimawandel voraussichtlich weiter zunehmen, standen hierbei im Fokus. Fortwährend feuchte Bedingungen im Frühjahr verzögerten die Aussaat der Sommerungen vielerorts was ein Grund für die Verschiebung von Hafer und Sommerweizen sowie -gerste hin zu Mais war. Die anschließende Trockenheit im Frühsommer war in verschiedenen Regionen und Kulturen ertragswirksam. Ab Ende Juni traten vermehrt Unwetter auf und es blieb fortwährend feucht, was die Ernte von Getreide verzögerte und zum Teil zu massiven Einbußen in der Ertragsquantität und vor allem Qualität führte. Die Anpassung der Kulturpflanzen und Anbausysteme an feuchtere Bedingungen zur Reife und Ernte ist daher essentiell, und die Erhöhung der Standfestigkeit eine zunehmend wichtige Anpassungsmaßnahme. Die anhaltend feuchten Bedingungen im Herbst 2023 erschwerten die Aussaat und führten zu einer erhöhten Nachfrage nach Saatgut von Sommerungen mit Auswirkungen auf die Flächennutzung im kommenden Jahr.

Weiterhin wurden Besonderheiten im Auftreten neuer Schadorganismen in der Klimakrise beleuchtet. Das durch Zikaden übertragene „Syndrom der niedrigen Zuckergehalte“ (SBR) breitet sich weiter aus

(~50.000 ha in 2023), und trat in diesem Jahr in Kombination dem ebenfalls durch Zikaden übertragenen Stolbur-Phytoplasma (~10.000 ha) auf. Der Befall, der zu substantiellen ertraglichen und wirtschaftlichen Einbußen führt, wird im Zuge der fortschreitenden Erwärmung und besseren Bedingungen für die Zikaden voraussichtlich weiter zunehmen. Der Einfluss des Klimawandels im Zusammenhang mit biotischem Stress wurde auch in einer Langzeitanalyse zur Insektenabundanz in Agrarlandschaften und ihrer regulierenden Wirkung auf Blattläuse gezeigt. Im Zuge der fortschreitenden Erwärmung verschiebt sich das Verhältnis von Pflanzenschädlingen zu Gegenspielern zugunsten der Schädlinge was mit einem Verlust schädlingsregulierender Ökosystemdienstleistungen einhergeht.

Zur Frage 3 „Welche Auswirkungen werden zukünftige Extremwetterereignisse auf die Erträge und Flächennutzung in Deutschland voraussichtlich haben?“ wurde eine Literaturrecherche durchgeführt sowie Erkenntnisse der experimentellen Forschung und Langzeitanalysen der Ressortforschung dargestellt. In der Stellungnahme KlimErtrag wurde dargestellt, dass Extremwetterereignisse zu substantiellen Ertragsverlusten in verschiedenen Kulturen in Deutschland in den letzten Jahrzehnten geführt haben und dass es regionale Unterschiede hinsichtlich der Verluste gibt. Die Literaturrecherche hat diese Ergebnisse insgesamt bestätigt.

Ziel der experimentellen Forschung ist es die Ursache-Wirkungsbeziehungen der klimatischen Veränderungen und der Zunahme von Extremereignissen auf Erträge besser zu beschreiben um robustere Aussagen über zukünftige Entwicklungen treffen zu können. Neue Versuchsergebnisse der Ressortforschung zeigen, dass Raps in der Lage ist extremen Hitzestress jedoch nicht Trockenstress zur Blüte vollständig zu kompensieren. Weiterhin zeigen Langzeitanalysen, dass die extreme Trockenheit in den Jahren 2018 bis 2020 zu substantiellen Reduktionen im Holzertrag in Agroforstsystemen geführt hat. In einem FACE (Free Air Carbon Dioxide Enrichment) Experiment konnte darüber hinaus gezeigt werden, dass sich der CO<sub>2</sub>-Anstieg positiv auf die Ertragsleistung von Weizen auswirkt, dass jedoch auch der Befall mit Braunrost zunimmt.

In Einklang mit den Ergebnissen aus KlimErtrag zeigten weiterführende Analysen, dass Trockenheit ein Hauptfaktor für die Getreideerträge und monetäre Verluste in der deutschen Landwirtschaft ist. Die Schäden durch Extremwetterereignisse wie Dürre und Trockenheit sind ungleich über Deutschland hinweg verteilt. Dementsprechend müssen sich Landwirte regionsspezifisch an den Klimawandel anpassen. Politikprogramme zur Förderung des Risikomanagements und der Klimaanpassung sollten diese Erkenntnisse nutzen, um die vorhandenen finanziellen Fördermittel möglichst kosteneffektiv einzusetzen. Eine anschließende Studie untersuchte dezidiert den Einfluss der Standorteigenschaften auf die Ertragsverluste durch Extremwetter bei Roggen vs. Weizen. In beiden Kulturen fanden sich kaum signifikante Ertragsverluste auf guten Standorten, während diese auf schlechten Standorten um ein Vielfaches höher lagen. Entsprechend werden Hohertragsstandorte mit hoher Klimaresilienz zukünftig weiter an Bedeutung für die Ernährungssicherung gewinnen.

Durch gezielte Züchtungsforschung konnte im Roggen, der lageranfälligsten Getreideart, durch die Einkreuzung eines Kurzstrohgens eine signifikante Halmverkürzung erzielt werden, die zu einer substantiellen Verbesserung der Halmstabilität geführt hat. Weiterführende Analysen haben gezeigt, dass das Kurzstrohgen keinen negativen Einfluss auf das Wurzelsystem von Roggen hat, und die Anpassung gegenüber Starkregen und Sturm nicht mit einem Verlust der Anpassungsfähigkeit gegenüber Trockenheit einhergeht. Ein aus dem Projekt RYE-SUS heraus entwickelter Genotyp befindet sich gerade im zweiten Jahr der Wertprüfung mit einer erhofften Sortenzulassung für den deutschen und europäischen Markt in 2026.

Aktuelle Analysen zeigen, dass Anbaudiversifizierung eine Anpassungsmaßnahme ist, um das Erlösrisiko im Ackerbau zu senken, wobei sie besonders effektiv ist, wenn Ackerfrüchte mit möglichst

unterschiedlichen vulnerablen Wachstumszeiträumen kombiniert werden. Besonders geeignet ist das Risikoinstrument bei moderaten Dürreereignissen, bei extremer Dürre sind weitere inner- und außerbetriebliche Risikoinstrumente notwendig. Die Ergebnisse zeigen die Vorteile einer Mehrfruchtversicherung im Vergleich zu einer Einzelfruchtversicherung. Erstere ist in Deutschland bisher aber nicht etabliert. In einer weiteren Studie konnte gezeigt werden, dass ein Dürreereignis auch dauerhafte Auswirkungen auf die Produktionsentscheidungen der Landwirte haben kann, sodass die Bewertung der Auswirkungen von Wetter und Klima auf die landwirtschaftliche Produktion über reine Ertragseffekte hinausgehen und transformative Anpassungen des Produktionsangebots und der Inputnachfrage auf Betriebsebene z.B. in Folge von Dürreereignissen berücksichtigt werden müssen.

Als weitere potentielle Anpassungsmaßnahmen, zeigt eine Analyse der Klimaanpassung über eine mögliche Ausweitung der Bewässerung am Beispiel Bayern regionalisiert und differenziert nach Fruchtarten eine steigende Bewässerungsbedürftigkeit bis zur Mitte des Jahrhunderts.

In Bezug auf die Frage nach möglichen Konsequenzen der klimabedingten Veränderungen der Ertragslage in Deutschland für die Flächennutzung konnte gezeigt werden, dass die zunehmenden Flächenansprüche aus unterschiedlichen politischen Strategien, die ohnehin bestehenden Flächennutzungskonkurrenzen noch verstärken. Die Nutzungsansprüche müssen künftig stärker gegeneinander abgewogen, und Synergien und Mehrfachnutzungen von Flächen sollten so weit wie möglich realisiert werden.

Eine große Herausforderung für Teile der Daueraufgabe liegt nach wie vor in der fehlenden Nutzbarmachung und Verknüpfbarkeit raumzeitlich aufgelöster Produktions- und Ertragsdaten der offiziellen statistischen Erhebungen. Für einige Bereiche (z.B. Sonderkulturen, Ökolandbau, flächendeckende genaue Verortung der Erhebung) fehlt es gar an statistischen Erhebungen tatsächlicher Erträge. Das in dem von TI und JKI an das BMEL übermittelten Konzeptpapier vorgeschlagene, schrittweise Vorgehen, sollte daher von BMEL weiter konsequent verfolgt werden.

## Einleitung

Der fortschreitende Klimawandel ist eine der größten Herausforderungen des 21. Jahrhunderts. Seine Auswirkungen auf die Pflanzenproduktion in Deutschland besser zu verstehen ist dringend geboten, um die gezielte Entwicklung von Lösungsansätzen weiter voranzutreiben und die Anbausysteme zielgerichtet und effektiv an die sich ändernden Bedingungen anzupassen. Vor diesem Hintergrund hat das BMEL am 13. September 2022 mit dem Erlass zu „Ertragsveränderungen vor dem Hintergrund der Klimakrise und Auswirkungen auf die Flächennutzung“ verfügt, dass die Ressortforschung, d.h., das Thünen-Institut und das Julius Kühn-Institut, jährlich aktuelle Forschungsergebnisse zu Auswirkungen von Klimaänderungen und Extremwetterereignissen auf Erträge berichten. Hierbei wurden insgesamt sieben Kernfragen formuliert, die die Auswirkungen der Klimaänderung auf die Pflanzenproduktion in Deutschland auf vielfältige Weise beleuchten. Dabei sollen die Auswirkungen langfristiger Klimaänderungen basierend auf den IPCC Szenarien, der Witterung im Berichtsjahr und von Extremwetterereignissen betrachtet werden, und dabei die möglichen Auswirkungen auf die Ernährungssicherung in Deutschland und weltweit berücksichtigt werden. Zudem sollen weitere Ziele, wie das Öko-Landbau-Ziel und die Flächenumwidmung in der Bewertung berücksichtigt und die Unsicherheiten der langfristigen Ertragsbewertung dargelegt werden.

Im Gespräch mit BMEL Referat 521 wurde Anfang 2023 festgelegt, dass die jährliche Berichterstattung nicht in jedem Jahr alle sieben Kernfragen behandelt, sondern thematische Schwerpunkte gesetzt werden. In diesem Jahr wurde entschieden die ersten drei Fragen des Erlasses genauer zu beleuchten und entsprechende neue Erkenntnisse und Entwicklungen aufzuzeigen. Die drei Fragen sind:

1. Welche Auswirkungen haben durchschnittliche Klimaänderungen (IPCC-Szenarien) auf Erträge und Flächennutzung in Deutschland (Fortführung und Ausweitung des bisher erarbeiteten Monitorings)?
2. Welche Auswirkungen und ggf. auch Trends sind im jeweiligen Berichtsjahr zu beobachten (z.B. klimabedingte Veränderungen des Kulturartenspektrums, von Schadorganismen und Bewirtschaftungsformen in Deutschland)?
3. Welche Auswirkungen werden zukünftige Extremwetterereignisse auf die Erträge und Flächennutzung in Deutschland voraussichtlich haben?

Dabei sollten auch die besonderen Witterungsverhältnisse sowie deren Auswirkung auf Erträge und Flächennutzung, sowie entsprechende Anpassungsbedarfe und -möglichkeiten dargelegt werden. Entsprechend wird im Bericht auch auf die Frage der Entwicklung der Flächennutzung und möglicher Flächennutzungskonkurrenzen eingegangen. Darüber hinaus werden die Herausforderungen insbesondere in Bezug auf den Zugang und die Nutzbarkeit von Forschungsdaten adressiert. Im Anhang wird zudem eine Liste aktueller Publikationen und laufender Projekte des Thünen-Instituts und des Julius Kühn-Instituts mit Bezug zum Erlass bereitgestellt.

## Welche Auswirkungen haben durchschnittliche Klimaänderungen auf Erträge und Flächennutzung in Deutschland?

Zur Bewertung der langfristigen Ertragsentwicklung bis zur Mitte und zum Ende des 21. Jahrhunderts basierend auf den Szenarien des IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), ist die Nutzung prozessbasierter Ertrags- bzw. Agrar-Ökosystemmodelle, die das gesamte Boden-Pflanzen-Atmosphärensystem in täglichen Zeitschritten simulieren, die derzeit am besten geeignete wissenschaftliche Methode.