

Resilienzschwachstellen in der deutschen Lebensmittelversorgung

Eine Ausarbeitung von:

Prof. Dr. Christoph Gornott, Julia Tomalka, Sophie von Loeben, Maria Erl, Nele Gloy, Nadine Grimm-Pampe, Tim Heckmann, Lennart Jansen und Dr. Chiara Sophia Weituschat

Diese Ausarbeitung wurde durch die Bundestagsfraktion Bündnis 90/Die Grünen im Rahmen einer direkten Beauftragung gefördert.

Disclaimer: Die dargestellten Inhalte spiegeln ausschließlich die Auffassungen der Autoren wider und geben nicht notwendigerweise die Position des Förderers wieder. Der Förderer hatte keinen Einfluss auf die Erstellung, die inhaltliche Ausgestaltung, und die dargestellten Ergebnisse und Schlussfolgerungen.

Titelfoto: Christoph Gornott

Stand: Dezember 2025, mit Ergänzungen im April 2026

Inhaltsverzeichnis

1. Zusammenfassung und strategische Empfehlungen zur Erhöhung der Krisenfestigkeit der deutschen Lebensmittelversorgung.....	4
1.1 Zusammenfassung.....	4
1.2 Empfehlungen	4
2. Literaturgestützte Szenarien	7
2. Hintergrund	11
3. Aktuelle Risiken, Krisen und ihre Wechselwirkungen	12
3.1 Klimawandel	12
3.2 Andere Umweltrisiken.....	14
3.3 Ökonomische und geopolitische Krisen	16
3.4 Wechselwirkungen zwischen Krisen.....	18
4. Verwundbarkeiten und Beispiele im deutschen Agrar- und Ernährungssystem	20
4.1 Weizen und Brot.....	20
4.2 Kaffee	23
4.3 Bier, Hopfen und Braugerste.....	25
4.4 Kakao.....	27
5. Strategische Empfehlungen zur Erhöhung der Krisenfestigkeit des deutschen Agrar- und Ernährungssystems	29
5.1 Nationale Strategien zur Stärkung der Versorgungsresilienz	30
5.2 Europäische und internationale Weichenstellungen	32
5.3 Systemische Perspektive	34
Literaturverzeichnis.....	37

1. Zusammenfassung und strategische Empfehlungen zur Erhöhung der Krisenfestigkeit der deutschen Lebensmittelversorgung

1.1 Zusammenfassung

Die deutsche Lebensmittelversorgung ist in zunehmendem Maße durch Klimawandel, Umweltrisiken, geopolitische Spannungen und strukturelle Abhängigkeiten entlang globaler Wertschöpfungsketten verwundbar. Produktionsausfälle infolge von Extremwetterereignissen nehmen weltweit zu, während Handelsbeziehungen fragmentierter und politisch volatil werden. Diese Entwicklungen betreffen insbesondere Lebensmittel, bei denen Deutschland einen geringen Selbstversorgungsgrad aufweist, wirken sich jedoch auch auf Produkte mit hoher inländischer Produktion aus, sobald globale Angebotsengpässe, Exportrestriktionen oder Preisverwerfungen auftreten. Versorgungssicherheit ist damit nicht allein eine Frage nationaler Produktionsmengen, sondern des Funktionierens komplexer, international verflochtener Lieferketten und expliziter Bestandteil von Zivil- und Katastrophenschutz als Teil der nationalen Sicherheitsstrategie.

Die Verwundbarkeit zeigt sich sowohl bei Grundnahrungsmitteln als auch bei Genussmitteln mit hoher gesellschaftlicher und emotionaler Relevanz. Weizen steht exemplarisch für ein zentrales Grundnahrungsmittel mit hoher Bedeutung für die tägliche Ernährung. Trotz eines hohen Selbstversorgungsgrades ist Deutschland in globale Märkte eingebunden und damit indirekt von Produktionsausfällen, Handelsstrategien und geopolitischen Entscheidungen großer Exportländer wie Russland, den USA, China oder Indien abhängig. Verwerfungen in anderen Weltregionen können über Preis- und Handelsdynamiken auch die Versorgung in Deutschland beeinflussen.

Braugerste und Hopfen repräsentieren landwirtschaftliche Kulturen, die überwiegend in Deutschland produziert werden, deren Wertschöpfung jedoch stark konzentriert und sensibel gegenüber Klimaextremen, Qualitätsanforderungen und Verarbeitungsengpässen ist. Beide Kulturen sind eng mit regionalen Identitäten – insbesondere in Bayern – verbunden und besitzen eine hohe emotionale und kulturelle Bedeutung. Gleichzeitig zeigen Braugerste und Hopfen, dass selbst regional verankerte Produkte durch globale Vorleistungsabhängigkeiten und Marktkonzentration verwundbar bleiben.

Kaffee und Kakao stehen für importabhängige Genussmittel, die in Deutschland nicht angebaut werden können, aber einen festen Platz im Konsum und im gesellschaftlichen Alltag haben. Ihre Produktion ist hochgradig geografisch konzentriert, ökologisch sensibel und von sozialen sowie politischen Risiken geprägt. Entwaldung, Klimawandel, Einkommensunsicherheit und Marktvolatilität erhöhen die Wahrscheinlichkeit von Angebotsengpässen und Preissprüngen.

Die exemplarische Auswahl von Weizen, Braugerste, Hopfen, Kaffee und Kakao verdeutlicht damit unterschiedliche, aber miteinander verbundene Verwundbarkeiten des deutschen Ernährungssystems.

1.2 Empfehlungen

Die nachfolgenden Empfehlungen gliedern sich in nationale Strategien, europäische und internationale Weichenstellungen sowie systemische Maßnahmen entlang der gesamten Wertschöpfungskette. Ziel ist eine krisenfeste Versorgungssicherheit durch verlässliche politische Rahmenbedingungen, finanzielle Anreize und institutionelle Strategien. Die Empfehlungen greifen die oben genannten Lebensmittel auf, sind aber auch für andere Lebensmittel in ähnlicher Weise relevant.

1.1 Nationale Strategien und Maßnahmen: Die Politik sollte auf nationaler Ebene einen umfassenden Rahmen schaffen, der agronomische, wirtschaftliche und infrastrukturelle Resilienzmaßnahmen unterstützt:

- **Förderung klimaresilienter Anbausysteme:** Staatliche Programme sollten Mischkulturen, Agroforstsysteme, Humusaufbau, Wasserretention und die Entwicklung von klimaangepassten Sorten gezielt fördern. Für Weizen und Braugerste sind insbesondere verbessertes Nährstoffmanagement, Beregnung, gezielte Fruchtfolgen¹ und die Züchtung von klimaangepassten Sorten zentrale Ansatzpunkte. Politische Maßnahmen können hier Forschungsförderung, Investitionsanreize und Beratungssysteme umfassen, um landwirtschaftliche Betriebe bei der Umsetzung zu unterstützen.
- **Stärkung regionaler Wertschöpfungsketten:** Politische Förderprogramme sollten regionale Produktions- und Verarbeitungsketten unterstützen, um Abhängigkeiten von Importen zu reduzieren, ökologische Vorteile zu sichern und kleinen und mittleren Unternehmen Marktzugang zu verschaffen. Gezielte Förderung, steuerliche Anreize und technische Unterstützung können den Ausbau solcher regionalen Strukturen erleichtern.
- **Finanzielles Risikomanagement:** Die Politik sollte den gesetzlichen Rahmen für Preisstabilisierungsmechanismen, Vertragsanbauprogramme und Warenterminmärkte² ausbauen. Zudem ist eine Stärkung von Klimarisikoversicherungen notwendig, unterstützt durch einheitliche Standards und die Kopplung an risikomindernde Anbaupraktiken (Beregnung, Fruchtfolge, Sorten). Politische Maßnahmen könnten Subventionen, entsprechende rechtliche Rahmen und die Harmonisierung bundesweiter Regelungen umfassen.
- **Reduktion von Abhängigkeiten:** Staatliche Programme sollten den heimischen Anbau von Eiweißpflanzen, Kreislaufwirtschaftsprojekte (z. B. Phosphorrecycling) und nachhaltige Düngemittelproduktion fördern. Politische Anreize, Forschungsförderung und die Unterstützung von Pilotprojekten sind hier zentrale Instrumente. Maßnahmen sollten in die europäische „Open Strategic Autonomy“³ integriert und auf EU Ebene abgestimmt werden.

1.2 Europäische und internationale Handlungsempfehlungen: Die politische Steuerung auf EU- und internationaler Ebene ist entscheidend, da zentrale Risiken wie Marktvolatilität, geopolitische Krisen und Klimafolgen grenzüberschreitend wirken:

- **EU-Handelspolitik:** Die Bundesregierung sollte sich für die Diversifizierung von Handelspartnern und die Reduktion von Zöllen und nicht-tarifären Handelshemmnissen einsetzen. Gleichzeitig sollten Abkommen langfristig faire und nachhaltige Wettbewerbsbedingungen sicherstellen, etwa Umwelt- und Sozialstandards.
- **Reform der GAP:** Die Gemeinsame Agrarpolitik (GAP) sollte stärker auf Resilienz und Nachhaltigkeit ausgerichtet werden, um die Versorgungssicherheit zu verbessern. Politik kann Förderinstrumente so gestalten, dass klimaangepasste, biodiverse Produktionssysteme, regionale Wertschöpfungsketten und strategische Lagerkapazitäten gestärkt werden.
- **Internationale Kooperation:** Deutschland sollte seine Entwicklungspolitik gezielt einsetzen, um Produzenten in Exportländern stabilere Erträge zu ermöglichen, etwa durch verbessertes

¹ Zeitliche Abfolge verschiedener Nutzpflanzen auf derselben landwirtschaftlichen Fläche.

² Börsen, an denen standardisierte Verträge (Futures) für zukünftige Lieferungen von Rohstoffen (z.B. Getreide) gehandelt werden, um Preisrisiken abzusichern.

³ Das Ziel der EU, ihre Versorgungssouveränität in strategischen Bereichen zu stärken und Abhängigkeiten zu reduzieren, ohne den offenen und regelbasierten Welthandel und die internationale Kooperation aufzugeben.

Saatgut, Züchtung krankheitsresistenter Sorten, Agroforstsysteme oder Schulungen. Politische Maßnahmen sollten zudem Governance, politische Stabilität und existenzsichernde Einkommen fördern. Integration in internationale Umweltabkommen wie UNFCCC, UNCCD oder CBD kann diese Wirkung verstärken.

- **Klimapolitik:** Die Bundesregierung sollte national und international konsequent die Ziele des Pariser Klimaabkommens umsetzen. Dazu gehört ein ambitionierterer Klimaschutz und eine systematische Förderung von Klimaanpassungsstrategien, um langfristige Risiken für Produktion, Infrastruktur und Versorgungssicherheit zu minimieren. Politische Entscheidungen sollten wissenschaftlich fundiert sein.

1.3 Systemische Handlungsempfehlungen: Politische Maßnahmen müssen die gesamte Wertschöpfungskette einbeziehen und systemische Risiken adressieren:

- **Monitoring und Frühwarnsysteme:** Die Bundesregierung sollte den Ausbau digitaler Dateninfrastrukturen, Monitoring-Systeme und Frühwarnmechanismen vorantreiben. Hohe Datenqualität, robuste Risikoindikatoren und koordinierte institutionelle Zuständigkeiten ermöglichen eine frühzeitige Reaktion auf Klimarisiken, Ernteaufschläge oder geopolitische Störungen. Ertragsprognosen auf Landkreisebene könnten operative Handlungsempfehlungen ermöglichen.
- **Krisenmanagement und Notfallplanung:** Politische Verantwortung umfasst strategische Reserven inklusive deren Verteilung und Verarbeitung (z. B. Bundesreserve Getreide und zivile Notfallvorräte), koordinierte Krisenmechanismen (European Food Security Crisis preparedness and response mechanism) und Notfallpläne. Hierzu zählen die Sicherung grenzüberschreitender Arbeitsmobilität, rasches Eingreifen bei Marktungleichgewichten und die Förderung von Substitutionsmöglichkeiten und Redundanzen.
- **Cyberresilienz:** Die Bundesregierung sollte IT-Sicherheitsstandards für digitale Systeme in Landwirtschaft, Logistik und Handel verpflichtend einführen. Notfallprotokolle, redundante Systeme und gezielte Unterstützung kleiner und mittlerer Unternehmen erhöhen die Widerstandsfähigkeit der Versorgungskette gegenüber Cyberangriffen.
- **Ökologische Resilienz:** Politische Maßnahmen müssen nachhaltiges Bodenmanagement, Wiederherstellung degradierter Böden, diversifizierte Anbausysteme und Schutz ökologischer Pufferzonen (z.B. Biotop, Moore) fördern. Umweltauflagen sollten eng mit Agrar-, Handels- und Entwicklungspolitik verzahnt werden, um langfristige Versorgungssicherheit, regionale Stabilität und Krisenresilienz zu sichern.
- **Proaktive Risikoabschätzung:** Die Politik sollte seltene, aber hochwirksame Ereignisse (z.B. Extremwetterereignisse, Energiepreisschocks, disruptive technologische Entwicklungen) antizipieren und entsprechende Vorsorgekonzepte entwickeln. Dies erfordert szenariobasierte Planung, Investitionen in resiliente Infrastruktur und integrative Risikopolitik, die nationale, europäische und internationale Ebenen miteinander verbindet.

Politischer Handlungsrahmen

Der Bericht zeigt, dass Versorgungssicherheit nur durch einen multidimensionalen politischen Ansatz erreicht werden kann, der auf wissenschaftlicher Evidenz basiert. Die Politik muss **verbindliche und langfristige Rahmenbedingungen** schaffen, gezielt Investitionen fördern und die Zusammenarbeit aller Akteure, inklusive die des Zivil- und Katastrophenschutzes, entlang der gesamten Wertschöpfungskette stärken. Nur so lässt sich die deutsche Versorgungssicherheit dauerhaft gegenüber Klima-, Umwelt- und geopolitischen Risiken stärken.

2. Literaturgestützte Szenarien

Im Folgenden werden **literaturgestützte Szenarien** entwickelt, die die Verwundbarkeit heutiger Lebensmittelversorgungssysteme und das Risiko zusammengesetzter („compound“) Ereignisse illustrieren. Die Szenarien leiten sich aus empirisch dokumentierten Eintrittswahrscheinlichkeiten und Schadensausmaßen einzelner Gefährdungen ab sowie aus der plausiblen Annahme, dass sich diese Ereignisse überlagern oder sequenziell auftreten können. Die dargestellten kaskadischen Effekte stützen sich ebenfalls auf beobachtete Mechanismen aus der wissenschaftlichen Literatur, beinhalten jedoch notwendigerweise Annahmen über deren gleichzeitiges oder aufeinanderfolgendes Eintreten. **Es handelt sich somit nicht um Prognosen, sondern um theorie- und evidenzbasierte Stressszenarien zur Illustration systemischer Verwundbarkeiten.**

Für viele der beschriebenen Ereigniskopplungen liegen jedoch keine belastbaren historischen Daten vor. Politische Priorisierungsentscheidungen müssen daher unter erheblicher Unsicherheit getroffen werden. Vor diesem Hintergrund sollten insbesondere robuste Maßnahmen identifiziert werden, die über ein breites Spektrum plausibler Szenarien hinweg wirksam bleiben und nicht von einzelnen, spezifischen Annahmen abhängen.

Bei der Auswahl der Güter repräsentieren sowohl materielle Versorgungssicherheit als auch eine gefühlte Versorgungssicherheit und deren gesellschaftliche Wirkungen. Die Güter dienen somit nicht nur als Fallstudien, sondern auch als sozialwissenschaftliche „Seismographen“ für Verwundbarkeit, Resilienz sowie das Zusammenspiel von Versorgung, Verhalten und Sicherheit in einer zunehmend von Polykrisen geprägten Welt.

Weizen: Der globale Weizenmarkt ist hochgradig vernetzt und stark von wenigen großen Produktionsregionen geprägt. China, Indien, Russland und die USA gehören zu den weltweit bedeutendsten Weizenproduzenten. Produktionsausfälle in diesen Regionen würden daher nicht isoliert wirken, sondern unmittelbare Effekte auf die globalen Märkte entfalten. Attributionsstudien legen nahe, dass der anthropogene Klimawandel die Wahrscheinlichkeit solcher Extremereignisse in den wichtigen Anbauregionen signifikant erhöhen könnte. Insbesondere könnte die Wahrscheinlichkeit gleichzeitig auftretender extremer Hitzewellen während der Kornfüllungsphase steigen. Temperaturen über 42 °C könnten Totalausfälle verursachen und in Nordchina sowie Nordindien zu Ertragsrückgängen von über 30 % führen. Historische Erfahrungen deuten darauf hin, dass betroffene Länder in solchen Situationen Exportrestriktionen in Betracht ziehen würden, um die nationale Versorgung zu stabilisieren. In der Folge wären deutliche Preisreaktionen auf den Weltmärkten plausibel; vergangene Krisen zeigen, dass kurzfristige Preissprünge von über 90 % auftreten könnten – insbesondere in Kombination mit Exportrestriktionen und spekulativen Marktreaktionen.

Obwohl Deutschland rechnerisch einen Selbstversorgungsgrad von rund 120 % aufweist, ist der europäische Markt eng in den Weltmarkt integriert. Ein externer Preisschock würde daher über Exportanreize, Terminmärkte sowie steigende Energie- und Futtermittelkosten in die europäische Wertschöpfungskette übertragen. Produktions- und Verarbeitungskosten für Mühlen, Bäckereien und Lebensmittelhersteller würden steigen und wahrscheinlich an Verbraucher weitergegeben. Die systemische Verwundbarkeit entstünde dabei nicht primär durch den globalen Ernteausfall, sondern durch die enge Kopplung internationaler Märkte, die Geschwindigkeit der Preisübertragung und die begrenzte Möglichkeit, nationale Märkte kurzfristig abzuschirmen.

Mediale Berichterstattung über eine „globale Getreidekrise“ oder „Exportstopps“ könnte Unsicherheitswahrnehmungen verstärken. Erfahrungen aus früheren Krisen – einschließlich der COVID-19-Pandemie – legen nahe, dass nicht allein physische Knappheit, sondern bereits

wahrgenommene Unsicherheit zu sprunghafter Nachfrage, Verteilungsproblemen und hohem politischem Interventionsbedarf führen könnte. In einem solchen Kontext wären regionale Hamsterkäufe plausibel; daraus resultierende kurzfristige Leerstände im Einzelhandel würden weniger auf Produktionsausfälle als auf logistische Kapazitätsgrenzen und Nachfragespitzen zurückgehen. Besonders einkommensschwache Haushalte wären von steigenden Preisen überproportional betroffen, was sozialen und politischen Druck erhöhen könnte.

Ein zusätzlicher exogener Schock – etwa ein hybrider Angriff auf Stromnetze, Hafenlogistik oder digitale Warenwirtschaftssysteme – würde auf ein bereits vorbelastetes System treffen. Selbst temporäre Störungen könnten die Weiterverarbeitung und Verteilung erheblich beeinträchtigen. Vorhandene Bestände ließen sich möglicherweise nicht effizient verteilen; lokale physische Knappheiten könnten entstehen, obwohl auf nationaler Ebene ausreichend Getreide verfügbar wäre. Diese zweite Stresswelle könnte Hamsterkäufe, Desinformationsdynamiken und Vertrauensverluste weiter verstärken.

Die Krise bliebe wahrscheinlich unterhalb einer kalorischen Mangelsituation, könnte jedoch erhebliches Potenzial für gesellschaftliche Spannungen entfalten. Behörden müssten neben logistischen Maßnahmen verstärkt kommunikativ stabilisierend wirken, um Vertrauensverluste zu begrenzen. Möglicherweise würde dies auch Druck auf die Bundesregierung ausüben, Preisbremsen oder Freigaben aus der Bundesreserve Getreide zu prüfen. Aus einer Marktkrise würde sich so eine infrastrukturell und sicherheitspolitisch aufgeladene Versorgungskrise entwickeln.

Das Szenario verdeutlicht die systemische Verwundbarkeit des Weizenmarkts und zeigt, dass klimabedingte Ernteaufschläge, Preisreaktionen auf den Weltmärkten, logistische Engpässe und gesellschaftliche Wahrnehmungsdynamiken sich gegenseitig verstärken und eine Polykrise auslösen könnten. Unsicher bleibt dabei weniger das Auftreten einzelner Ereignisse, sondern deren mögliche Synchronisierung und Rückkopplungseffekte – eine zentrale analytische Herausforderung für Risiko- und Krisenmanagement.

Kaffee: Kaffee wird ausschließlich außerhalb des globalen Nordens produziert und stammt weltweit aus wenigen klimatisch hochsensiblen Anbauregionen. Für Arabica-Kaffee, der den europäischen Markt dominiert, sind insbesondere Brasilien und Teile Ostafrikas von zentraler Bedeutung. Diese hohe geographische Konzentration erhöht die Anfälligkeit gegenüber synchron auftretenden Extremereignissen.

Aufeinanderfolgende Extremwetterereignisse – etwa eine ausgeprägte Dürre in Ostafrika sowie Starkregen mit anschließendem Pilzbefall in Brasilien – könnten zu erheblichen Produktionsausfällen von Arabica-Kaffee führen. Die globale Kaffeeproduktion könnte in einem solchen Szenario um rund 30 % sinken. Da der Weltmarkt stark auf wenige klimatisch geeignete Anbauregionen konzentriert ist, könnten die Börsen unmittelbar reagieren: Die Rohkaffeepreise würden innerhalb weniger Monate deutlich, möglicherweise um mehr als 100 %, steigen.

Röster und Einzelhandel würden diese Preissteigerungen zeitverzögert weitergeben. Binnen kurzer Zeit könnten sich die Verbraucherpreise für Kaffee deutlich erhöhen oder sogar verdoppeln. Einzelne Sorten wären zeitweise nicht verfügbar, da Händler nicht ausreichend Ware am Weltmarkt beschaffen könnten. Im Gegensatz zu Weizen entstünde keine kalorische Mangelsituation; die systemische Relevanz ergäbe sich vielmehr aus der hohen Importabhängigkeit, der Marktkonzentration und der symbolischen Bedeutung des Gutes im Alltag hochentwickelter Konsumgesellschaften.

In der Folge könnte sich eine ausgeprägte gesellschaftliche Verunsicherung entwickeln. Kaffee ist tief im Alltag verankert – in Arbeitsroutinen, sozialen Begegnungen und Konsumgewohnheiten. Medienberichte über eine „Klimakrise im Kaffeegürtel“ und dauerhaft steigende Preise könnten das Gefühl struktureller Instabilität verstärken. In sozialen Netzwerken würden sich Narrative über ein „Versagen der Politik“ oder einen „Kontrollverlust durch Globalisierung“ verbreiten.

Dies könnte kurzfristige Hamsterkäufe auslösen. Besonders einkommensschwache Haushalte würden sensibel auf die Preissteigerungen reagieren; Konsumverzicht könnte als sozialer Statusverlust wahrgenommen werden. Die Situation bliebe ökonomisch grundsätzlich beherrschbar, würde jedoch eine deutliche politisch-gesellschaftliche Dynamik entfalten: Die gefühlte Versorgungssicherheit könnte sinken, das Vertrauen in Institutionen würde belastet. In einem angespannten politischen Umfeld könnten populistische oder demokratiekritische Akteure die Situation zur Mobilisierung gegen internationale Handels- und Klimapolitik nutzen. Behörden stünden vor der Aufgabe, kommunikativ stabilisierend zu wirken, um eine Eskalation durch Fehlwahrnehmungen zu vermeiden.

Das Szenario verdeutlicht, dass auch nicht-essenzielle, aber emotional bedeutsame Güter systemrelevant werden können, wenn ihre Verfügbarkeit symbolisch für Stabilität, Wohlstand und globale Ordnung steht. Es zeigt eine typische Polykrisen-Dynamik, in der klimabedingte Produktionsrisiken, Marktreaktionen und gesellschaftliche Wahrnehmungsprozesse eng miteinander verknüpft sind.

Unsicher ist dabei weniger das Auftreten einzelner Extremereignisse als deren mögliche Synchronisierung sowie die Wechselwirkungen mit Wahrnehmungs- und Mobilisierungsdynamiken. Kaffee fungiert damit als sozialer Seismograph: Seine Verfügbarkeit steht symbolisch für Stabilität und die Funktionsfähigkeit globaler Ordnung – und kann bei Störungen überproportionale gesellschaftliche Resonanz entfalten.

Kakao: Der globale Kakaomarkt ist stark konzentriert: Rund 60–70 % der weltweiten Rohkakaoproduktion stammen aus wenigen Ländern Westafrikas, insbesondere aus der Côte d’Ivoire. Auch die Weiterverarbeitung zu Kakaomasse, -butter oder -pulver ist stark gebündelt und wird von wenigen multinationalen Unternehmen dominiert. In Europa laufen große Mengen über einige wenige Häfen, darunter der Port of Amsterdam und der Port of Antwerp-Bruges, die als zentrale Drehscheiben für Lagerung, Verarbeitung und Distribution dienen. Diese strukturellen Konzentrationen schaffen Effizienz, erhöhen jedoch zugleich die systemische Verwundbarkeit, da der Ausfall einzelner Knotenpunkte erhebliche Kaskadeneffekte auslösen könnte.

Vor dem Hintergrund einer angespannten Produktion in den Hauptanbaugebieten und bereits volatiler Kakaopreise könnte ein koordinierter Cyberangriff auf zentrale europäische Verarbeitungs- und Logistikknotenpunkte zu einer weiteren Eskalation führen. Die unmittelbaren Folgen wären Produktionsstillstände, verzögerte Containerabfertigung in den Häfen sowie Störungen digitaler Qualitäts- und Steuerungssysteme. Selbst bei ausreichender physischer Verfügbarkeit von Rohkakao stünden verarbeitete Produkte dann nur eingeschränkt zur Verfügung, da Engpässe in der Verarbeitung und Distribution die Lieferketten unterbrechen würden.

Obwohl Kakao kein Grundnahrungsmittel ist, besitzt er für viele Konsumentinnen und Konsumenten eine hohe emotionale und kulturelle Bedeutung. Leere Regale oder stark steigende Preise könnten daher symbolisch als Zeichen wirtschaftlicher Instabilität wahrgenommen werden und das Vertrauen in Markt- und Versorgungssysteme untergraben. In einem angespannten wirtschaftlichen oder politischen Umfeld könnten solche Entwicklungen gesellschaftliche Verunsicherung verstärken und bestehende Krisendynamiken weiter aufladen.

Das Szenario verdeutlicht, dass Verwundbarkeit hier weniger aus absoluter Knappheit resultieren würde, sondern aus einer Kombination struktureller Faktoren: geringer Redundanz in Verarbeitung und Logistik, hoher Abhängigkeit von wenigen geografischen Knotenpunkten, spekulativen Marktreaktionen sowie der digitalen Verwundbarkeit industrieller Systeme. Es zeigt damit eine typische Polykrisen-Konstellation, in der klimabedingte Produktionsrisiken, Marktvolatilität und gezielte Störungen kritischer Infrastrukturen zusammenwirken.

Die einzelnen Elemente dieses Szenarios – klimabedingte Produktionsrückgänge in Westafrika, hohe Markt- und Infrastrukturkonzentration sowie Cyberangriffe auf Industrieanlagen und Hafenlogistik – sind empirisch gut dokumentiert. Neu und analytisch herausfordernd ist jedoch ihre potenzielle Überlagerung: Ein bereits angespanntes Marktumfeld könnte durch gezielte Störungen zentraler Verarbeitungs- und Logistikknoten erheblich eskalieren.

Bier: Der deutsche Biermarkt ist durch eine hohe regionale Verwurzelung und zugleich eine starke Konzentration der Rohstoffversorgung geprägt. Braugerste und Hopfen werden überwiegend in wenigen Regionen Deutschlands angebaut, während Malzproduzenten und Brauereien teilweise hoch spezialisiert und eng voneinander abhängig sind. Eine plausible Bedrohungslage ergibt sich aus dem gleichzeitigen Auftreten klimatischer Stressereignisse – etwa Dürreperioden oder ungewöhnlich feuchte Sommer – sowie einer Zunahme von Krankheiten und Schädlingen, deren Ausbreitung durch den Klimawandel begünstigt wird.

Zudem ist die Bierproduktion stark von fossilen Energieträgern abhängig. Ein plötzlicher Rückgang der Gaslieferungen aus dem Ausland würde zu stark steigenden Energiepreisen führen und könnte regionale Engpässe in der Stromversorgung verursachen. Parallel würden auch die Preise für Stickstoff- und Mineraldünger steigen, da deren Produktion eng an die Verfügbarkeit von Gas als Ausgangsstoff und Energieträger gekoppelt ist. In der Folge würden landwirtschaftliche Betriebe ihre Düngung reduzieren, was zu sinkenden Erträgen führt und insbesondere in Regionen mit marginalen Böden zusätzliche Produktionsrückgänge zur Folge hätte.

Die verringerte Rohstoffverfügbarkeit würde sich unmittelbar auf Mälzereien und Brauereien auswirken: Lieferketten könnten unterbrochen werden, Produktionspläne müssten angepasst werden, und Lagerbestände würden nicht ausreichen, um die Nachfrage vollständig zu decken. Gleichzeitig würde die Kombination aus steigenden Energie- und Produktionskosten sowie sinkenden Erträgen den wirtschaftlichen Druck entlang der gesamten Wertschöpfungskette deutlich erhöhen.

Diese Engpässe könnten regionale Preissteigerungen bei Bier nach sich ziehen und soziale Unsicherheit verstärken. Das Szenario verdeutlicht damit eine typische Polykrisen-Dynamik, in der klimatische, energiepolitische und agrarökonomische Risiken zusammenwirken und sich gegenseitig verstärken. Selbst ohne starke Produktionsausfälle könnten so erhebliche Versorgungsstörungen entstehen.

Obwohl Bier kein Grundnahrungsmittel ist, besitzt es in Deutschland eine hohe gesellschaftliche und kulturelle Bedeutung. Einschränkungen in der Verfügbarkeit oder deutliche Preiserhöhungen könnten daher das Vertrauen in Versorgungssysteme beeinträchtigen, soziale Spannungen verstärken und lokale Proteste oder Hamsterkäufe auslösen.

2. Hintergrund

In Deutschland wie auch in anderen Industrienationen basiert die Lebensmittelversorgung auf einem komplexen Netzwerk, das lokale, nationale und internationale Ebenen umfasst. Diese Integration sorgt zwar für Effizienz durch eine Spezialisierung einzelner Regionen auf bestimmte Produkte und sichert eine kontinuierliche Verfügbarkeit, schafft aber auch Abhängigkeiten, die zu Schwachstellen führen können. Diese Schwachstellen werden durch den Klimawandel, Umweltrisiken und ökonomische und geopolitische Krisen, die die heimische Agrarproduktion und internationale Lieferketten stören können, zunehmend offengelegt. Solche Störungen können sich wiederum auf die Verfügbarkeit und Erschwinglichkeit verschiedener Lebensmittel in Deutschland auswirken. Eine zuverlässige Lebensmittelversorgung erfordert widerstandsfähige Lebensmittelsysteme, die in der Lage sind, Risiken und Krisen zu antizipieren, abzufedern und sich von ihnen zu erholen. Die Stärkung dieser Widerstandsfähigkeit ist daher von entscheidender Bedeutung für die Versorgungssicherheit und das menschliche Wohlergehen, sowohl heute als auch langfristig.

Dieses Positionspapier gibt einen Überblick über den vorhandenen Wissenstand und gliedert sich in drei Teile. Der erste Teil diskutiert unterschiedliche Krisen, die die Lebensmittelversorgung in Deutschland beeinträchtigt haben oder beeinträchtigen könnten, und beleuchtet deren (mögliche) Auswirkungen. Der zweite Teil präsentiert fünf Fallstudien – Weizen Kaffee, Hopfen, Braugerste und Kakao –, die aufgrund ihrer politischen und wirtschaftlichen Bedeutung, ihres weit verbreiteten Konsums und ihrer kulturellen Bedeutung in Deutschland ausgewählt wurden. Diese Fallstudien veranschaulichen, wie anfällig verschiedene Lebensmittel sowohl lokal als auch global für unterschiedliche Krisen sein können, und zeigen die potenziellen Folgen für die Verfügbarkeit und Erschwinglichkeit für deutsche Verbraucherinnen und Verbraucher auf. Der dritte Teil enthält politische Empfehlungen zur Stärkung der Widerstandsfähigkeit der deutschen Lebensmittelversorgung und zur Sicherung kulturell bedeutender Güter.

Der Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) definiert **Risiko** als das Potenzial für nachteilige Folgen für menschliche oder ökologische Systeme unter Berücksichtigung einer Vielfalt von Werten und Zielen solcher Systeme (IPCC, 2023). Im Zusammenhang mit dem Klimawandel können Risiken sowohl aus den möglichen Auswirkungen des Klimawandels als auch aus den Reaktionen des Menschen auf den Klimawandel entstehen. Gleiches gilt für viele andere Risiken, deren potentielle Folgen durch den Menschen verstärkt werden können. Sobald ein Risiko eintritt und das Funktionieren eines Systems bedroht, lässt sich von einer Krise sprechen.

Eine **Krise** ist zudem oft durch Unsicherheit und Dringlichkeit gekennzeichnet. Sie kann definiert werden als „ein plötzliches Ereignis oder eine eng miteinander verbundene Reihe von Ereignissen innerhalb oder zwischen sozial-ökologischen Systemen, die in relativ kurzer Zeit das Wohlergehen einer großen Anzahl von Menschen erheblich beeinträchtigen“ (Homer-Dixon et al., 2015). Einige Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler verwenden inzwischen auch den Begriff „Polykrise“, um die Zusammenhänge und die Komplexität aktueller globaler Krisen zu beschreiben (Jørgensen et al., 2023; Lawrence et al., 2024). Jede Krise – sei es ein Extremwetterereignis wie die Überschwemmungen im Ahrtal oder eine Gesundheitskrise wie die globale COVID-19-Pandemie – wirkt sich auf unterschiedliche Weise auf Ernährungssysteme aus. Das Verständnis dieser Unterschiede ist für wirksame Antworten von entscheidender Bedeutung.

Resilienz im Zusammenhang mit Versorgungssicherheit lässt sich anhand der drei Rs definieren: Robustheit, um Störungen zu widerstehen; Erholung (recovery) und Rückkehr nach einer Störung; und Neuausrichtung (reorientation) hin zu alternativen Funktionsweisen nach einer Störung (Tendall et al., 2015; Zurek et al., 2022). Im Wesentlichen geht es um die zuverlässige Versorgung mit Lebensmitteln trotz Krisen, die sowohl biophysikalische (z.B. Ernteausfälle), als auch sozioökonomische Komponenten hat (z.B. Einkommensverluste).

3. Aktuelle Risiken, Krisen und ihre Wechselwirkungen

Die Lebensmittelversorgung Deutschlands ist zunehmend vielfältigen Risiken ausgesetzt, die in Krisen münden können. Dazu gehören Klimafolgen, Umweltrisiken und ökonomische und geopolitische Risiken. Diese Risiken verstärken bestehende Schwachstellen und Abhängigkeiten und können den zuverlässigen Zugang der deutschen Bevölkerung zu verschiedenen Arten von Lebensmitteln einschränken oder stören. Dies wirft dringende Fragen zur Widerstandsfähigkeit der deutschen Lebensmittelversorgung auf. In diesem Kapitel geben wir einen Überblick über die wichtigsten Risiken für die Lebensmittelversorgung Deutschlands. Wir veranschaulichen auch, wie diese Risiken zusammenhängen und dass sie integrierte Lösungen erfordern.

3.1 Klimawandel

In Deutschland sind die Auswirkungen des Klimawandels auf die Lebensmittelversorgung besonders in der Primärproduktion zu spüren. Obwohl diese Auswirkungen überwiegend negativ sind, ist zu beachten, dass der Klimawandel auch positive Effekte für die Pflanzenproduktion haben kann, z.B. durch den CO₂-Effekt, durch den Pflanzen mit bestimmten Stoffwechseleigenschaften von höheren CO₂-Konzentrationen profitieren können (Vanaja et al., 2024). Die konkreten Klimafolgen variieren je nach Empfindlichkeit eines Produktionssystems und der Umsetzung von Anpassungsstrategien (Lotze-Campen et al., 2023). In Deutschland ist die Landwirtschaft vor allen von folgenden klimatischen Veränderungen betroffen: zunehmend warme und trockene Sommer und zunehmend feuchte, warme und schneearme Winter (Lotze-Campen et al., 2023). Darüber hinaus nehmen Häufigkeit und Schwere von Extremwetterereignissen wie Starkregen, Hagelstürmen und Hitzewellen immer weiter zu (Lotze-Campen et al., 2023). Extreme Temperaturen wirken sich negativ auf das Pflanzenwachstum aus. So können Temperaturen über 31 °C zu einer Sterilität von Pollen führen und dadurch die Befruchtung und den Fruchtausatz stören, was sowohl den Ertrag verringert (Rezaei et al., 2018) als auch die Kornqualität negativ beeinflusst (Petersen & Weigel, 2015).

Dieser Effekt spiegelt sich in den gemeldeten Weizenenerträgen für das Jahr 2018 wider, welches in Deutschland ein außergewöhnlich heißes und trockenes Jahr war mit einem durchschnittlichen Niederschlagsdefizit von 110 mm im Zeitraum von April bis Juli (Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft, 2019). Infolgedessen gingen die Winterweizenenerträge im Vergleich zum Vorjahr um -19 % zurück (Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft, 2019). Ähnliche Rückgänge wurden bei Roggen (-20 %) und Wintergerste (-18 %) beobachtet (Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft, 2019). Übermäßige Hitze und Niederschlagsdefizite können sich auch negativ auf die Hopfenproduktion auswirken, die eine kontinuierliche Wasserversorgung erfordert. Im Jahr 2022 war die Hopfenproduktion in Bayern aufgrund von extremer Hitze, Dürre und Hagelstürmen starken Belastungen ausgesetzt, was zu erheblichen Schäden und einem Ertragsrückgang von -23 % im Vergleich zum Vorjahr führte (Bayerisches Landesamt für Statistik, 2023). Staunässe infolge extremer Niederschläge kann sich ebenfalls negativ auf die Pflanzenproduktion auswirken, ist im Vergleich zu anderen Extremwetterereignissen wie Dürren aber noch mit wesentlich geringeren wirtschaftlichen Verlusten verbunden (Schmitt et al. 2022).

Nicht zu vernachlässigen sind zudem die indirekteren Folgen des Klimawandels auf die Landwirtschaft: Hierzu zählen unter anderem die erhöhte Schadempfindlichkeit von bereits durch Klimaextreme oder einer Zunahme an Spurengasen wie Ozon gestressten Pflanzen (Petersen & Weigel 2025), eine verkürzte Generationenfolge und Nordwanderung von Schadinsekten aufgrund von globaler Erwärmung und milderen Wintern, und Leistungseinbußen bei Nutztieren durch zunehmenden Hitzestress und abnehmende Futterqualität und -verfügbarkeit (Umweltbundesamt, 2022).

Obwohl die heimische Produktion eine wichtige Grundlage bildet, wird die Lebensmittelversorgung Deutschlands gleichermaßen durch internationale Importe geprägt, die vom Klimawandel beeinflusst werden können. So importierte Deutschland im Jahr 2022 rund 3,2 Millionen Tonnen Gemüse,

zusätzlich zu den eigens erzeugten 3,8 Millionen Tonnen (Bundesministerium für Landwirtschaft, Ernährung und Heimat, 2023). Zu den weltweit klimasensitivsten Lebensmitteln zählen Kakao, Kaffee, Soja, Palmöl und Bananen. So konzentriert sich beispielsweise die Kakaoproduktion auf eine relativ kleine Region in Westafrika, aus der mehr als 70 % des weltweiten Kakao stammen (Swiss Platform for Sustainable Cocoa, 2025). Infolge der sich verändernden Temperatur- und Niederschlagsmuster wird erwartet, dass sich die Kakaoproduktion von der Elfenbeinküste und Ghana nach Nigeria und Kamerun verlagert, während sie innerhalb der Elfenbeinküste und Ghana zunehmend auf den Süden beschränkt sein könnte (Asante et al., 2025)⁴. Eine solche Verlagerung der Produktion könnte schwerwiegende Folgen haben, z.B. Entwaldung für eine Verschiebung der Anbauregionen (Gloy et al., 2025). Ähnliche Verlagerungsdynamiken sind bei Kaffee zu beobachten (Abigaba et al., 2024), der in verschiedenen Weltregionen angebaut wird, darunter Brasilien, Vietnam und Kolumbien (U.S. Department of Agriculture, 2025). Kaffee ist auf bestimmte klimatische Bedingungen angewiesen, darunter stabile Temperaturen und bestimmte Niederschlagsmuster. Erkenntnisse aus Uganda zeigen, dass die prognostizierten Veränderungen der Anbaubedingungen für Arabica- und Robusta-Kaffee zu einer Verringerung der geeigneten Anbauflächen und letztlich zu Ertragseinbußen führen können, was wiederum eine Ausweitung des Anbaus in bergige, bewaldete Gebiete zur Folge haben kann (Abigaba et al., 2024)¹. Die Ausdehnung in Waldgebiete und Abholzung sind auch im Zusammenhang mit Sojaproduktion ein großes Problem, insbesondere in Brasilien (Barona et al., 2010). Teile des Amazonas geben schon heute mehr CO₂ ab, als sie aufnehmen, was den größten Regenwald der Erde immer näher an einen Kipppunkt bringt (Gatti et al., 2021). Auch auf Bananenerträge werden sich zukünftige klimatische Bedingungen negativ auswirken: Eine Studie zu den wichtigsten Bananenanbaugebieten in Lateinamerika zeigt, dass Bananenerträge um bis zu 22 % zurückgehen könnten, wenn Emissionen nicht reduziert werden (Noleppa et al., 2021). Niedrigere Ernteerträge werden sich sehr wahrscheinlich in internationalen Bananenpreisen niederschlagen und damit auch in Deutschland zu höheren Preisen führen.

Ein ähnliches Bild lässt sich auch in Europa beobachten. So wird beispielsweise in Italien aufgrund der prognostizierten Temperaturanstiege und begrenzter Wasserressourcen mit einem Rückgang der Produktion von Industrietomaten gerechnet (Cammarano et al., 2022), während in Teilen Griechenlands aufgrund der prognostizierten Temperaturanstiege und kürzeren Kälteperioden, die für die Blüte und Fruchtproduktion wichtig sind, mit geringeren Olivenerträgen zu rechnen ist (Grillakis et al., 2022). In Spanien führte 2023 eine Dürre zu einem Rückgang der Olivenölproduktion um mehr als 40 % im Vergleich zu den Vorjahren (Nadeu et al., 2024). Zusätzlich zum Klimawandel stellt das Feuerbakterium (*Xylella fastidiosa*) eine weitere Bedrohung für die landwirtschaftliche Produktion im Mittelmeerraum dar. Dabei handelt es sich um einen bakteriellen Erreger, der bereits 2008 auf einer Kaffeeepflanze aus Costa Rica nach Italien gelangte und 2013 erstmals nachgewiesen wurde (Sicard et al., 2021). Seitdem hat er Olivenhaine in Italien, Spanien, Frankreich und Portugal verwüstet (European Food Safety Authority, 2025). Seine weitere Ausbreitung könnte die Olivenerträge erheblich beeinträchtigen, was auch Auswirkungen auf Deutschland hätte, das für den heimischen Verbrauch ausschließlich auf Olivenimporte angewiesen ist. Sowohl Tomaten als auch Oliven sind unverzichtbare Bestandteile der mediterranen und mittlerweile auch in Deutschland weit verbreiteten Ernährungsweise, die durch ihren Schwerpunkt auf pflanzliche Lebensmittel, die in der Regel weniger Land und Wasser benötigen als tierische Lebensmittel, einen Beitrag sowohl für das

⁴ Diese Studien berücksichtigen nur biophysikalische Bedingungen. Die tatsächlichen Klimafolgen und Möglichkeiten zur Anpassung hängen von sozioökonomischen Faktoren wie Einkommensniveau und Zugang zu Land, Technologien und Bildung ab.

menschliche Wohlbefinden als auch die planetare Gesundheit liefert (Koliaki et al., 2024). Die abnehmende Anbaueignung von Tomaten und Oliven unter zukünftigen Klimabedingungen könnte daher negative Auswirkungen auf Ernährungstraditionen und die Wirtschaft haben.

Deutschland ist nicht nur bei bestimmten Kulturen, insbesondere bei Obst und Gemüse, von Importen abhängig (siehe Abbildung 1), sondern in vielen Fällen auch von bestimmten Erzeugerländern oder -regionen. So importierte Deutschland im Jahr 2023 Zitrusfrüchte im Wert von 1,19 Milliarden Euro, wobei etwa 900 Millionen Euro allein nach Spanien fließen (Observatory of Economic Complexity, 2023). Diese Abhängigkeit wurde durch die Überschwemmungen in Valencia im Jahr 2024 deutlich, die die lokale Zitrusproduktion stark beeinträchtigte und durch Schäden an Erträgen, Feldern, Maschinen, Fahrzeugen und Straßen zeigte, inwiefern sich Klimafolgen auf eine gesamte Wertschöpfungskette auswirken können (Butler & Jones, 2024; Fekete et al., 2025).

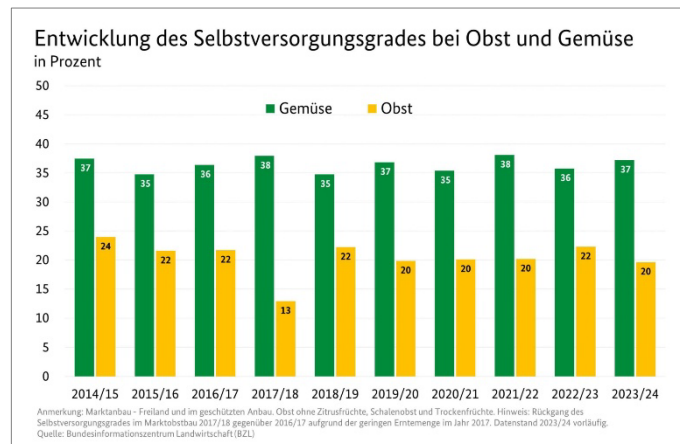


Abbildung 1: Entwicklung des Selbstversorgungsgrades bei Obst und Gemüse.

3.2 Andere Umweltrisiken

Neben dem Klimawandel gibt es weitere Umweltrisiken, die sich auf die Lebensmittelversorgung Deutschlands auswirken. Dazu zählen unter anderem Bodendegradation, Süßwasserknappheit und der Verlust der Biodiversität, die wiederum das Auftreten von Krankheiten und Schädlingen begünstigen.

Bodendegradation

Der Boden stellt als Fundament für Pflanzenbau, Tierproduktion und Forstwirtschaft eine zentrale natürliche Ressource des Menschen dar. Doch die Produktivität von Böden nimmt zunehmend ab. Diese Verringerung bzw. den Verlust der biologischen oder wirtschaftlichen Produktivität und Komplexität von Böden nennt man Bodendegradation (UNCCD, 1994). Bodendegradation ist weltweit zu beobachten und wird in erster Linie durch menschliche Aktivitäten verursacht, insbesondere durch landwirtschaftliche Praktiken wie Monokulturen, übermäßige Bodenbearbeitung oder übermäßiger Einsatz von Dünge- und Pflanzenschutzmitteln, Überweidung und übermäßige Entnahme von Grundwasser.

Auf Landschaftsebene führt Bodendegradation auch zu einer Zunahme von Bodenerosion und erhöht gleichzeitig die Anfälligkeit für verschiedene Katastrophen wie Überschwemmungen und Erdbeben (Remondo et al., 2024). So haben beispielsweise Weinberge im Mittelmeerraum zunehmend mit Bodenerosion zu kämpfen, was sich auf die Qualität des Weins auswirkt, die im Weinanbau eine höhere Priorität hat als bei anderen Kulturen. Derartige Herausforderungen, steigenden Temperaturen und Wasserknappheit machen es immer schwieriger, Qualität und Rentabilität im Weinanbau zu gewährleisten (Visconti et al., 2024). Diese Auswirkungen werden sich in Zukunft verstärken und könnten dazu führen, dass die Anbaueignung in klassischen Weinregionen wie der Rioja-Region im Nordosten Spaniens abnimmt und sich nach Norden verschiebt (Cardell et al., 2019), mit Folgen für sowohl spanische Winzerinnen und Winzer als auch deutsche Verbraucherinnen und Verbraucher.

Süßwasserknappheit

Die Erschöpfung von Süßwasserressourcen steht in engem Zusammenhang mit Bodendegradation und dem Klimawandel. Süßwasser macht nur 3 % der globalen Wasserressourcen aus, und der größte Teil davon ist unzugänglich, bzw. in Eiskappen und Grundwasserreservoirs gespeichert (Schlesinger & Bernhardt, 2020). Das Leben auf der Erde, insbesondere die landwirtschaftliche Produktion, hängt jedoch genau von dieser knappen Ressource ab – gleichzeitig wird es schwieriger, eine wachsende Weltbevölkerung mit immer weiter schwindenden Wasserressourcen zu ernähren (Rockström et al., 2014). Der weltweite Rückgang von Süßwasserressourcen im Zusammenhang mit der Lebensmittelproduktion hat verschiedene Ursachen, darunter nicht nachhaltige Wasserkraftprojekte (Grill et al., 2019) und die übermäßige Entnahme von Oberflächen- und Grundwasser (Wada et al., 2014). Beispiele für Krisen, die durch Wasserknappheit ausgelöst oder verschärft wurden, sind die US-amerikanische Dust Bowl der 1930er Jahre (Schubert et al., 2004), der Kollaps des Aralsees (Micklin et al., 2014) und die langanhaltende Dürre vor dem Arabischen Frühling und Bürgerkrieg in Syrien (Gleick, 2014).

Die Erschöpfung der Wasserressourcen kann auch eine Folge von Entwaldung sein, wie die sogenannten „fliegenden Flüsse“ zeigen – unsichtbare Luftströme aus Wasserdampf, die durch die Transpiration von Bäumen in tropischen Regenwäldern entstehen (Getirana et al., 2021). Diese Ströme transportieren Feuchtigkeit über Hunderte oder sogar Tausende von Kilometern zu landwirtschaftlichen Gebieten in Windrichtung. Die Abholzung für den Anbau von Nutzpflanzen wie Soja schwächt diesen Prozess und führt zu einem Niederschlagsrückgang nicht nur vor Ort, sondern auch in weit entfernten landwirtschaftlichen Gebieten (Leal Filho et al., 2025). Regionen mit der stärksten landwirtschaftlichen Expansion, wie beispielsweise der südliche brasilianische Amazonas, sind diejenigen, in denen aufgrund geringerer Niederschläge die größten Ertragseinbußen prognostiziert werden (Leite-Filho et al., 2021). Dies stellt ein Risiko für Länder wie Deutschland dar, deren Fleischproduktion in hohem Maße auf Sojaimporte angewiesen ist, und könnte sich auf die Verfügbarkeit und Preisentwicklung von Viehfutter sowie die landwirtschaftliche Produktion in nachgelagerten Wertschöpfungsstufen auswirken (Bundesministerium für Landwirtschaft, Ernährung und Heimat, 2024).

Verlust der Biodiversität

Der Verlust der Biodiversität schreitet weltweit voran und untergräbt wesentliche Funktionen, die gesunde Ökosysteme erfüllen. Die sogenannte terrestrische Biosphäre umfasst alle Ökosysteme und Lebewesen an Land. Sie liefert viele überlebenswichtige Beiträge der Natur für den Menschen (Ökosystemdienstleistungen), dazu zählen Hochwasserregulierung, Futtermittelproduktion und Erholungsmöglichkeiten (IPBES, 2019; Neugarten et al., 2024). Der Schutz der Biodiversität – der Vielfalt der Ökosysteme und Lebewesen innerhalb der Biosphäre – ist entscheidend für die Stabilität des Erdsystems, z.B. für die Bodenfruchtbarkeit, die Kohlenstoffbindung und Nährstoffkreisläufe (IPBES, 2019; Jiao et al., 2022), Wasserqualität und Wasserflussregulierung (IPBES, 2019; Wang-Erlandsson et al., 2022), Bestäubung (IPBES, 2016) und die Bekämpfung von Krankheiten und Schädlingen (Beillouin et al., 2021). Der Druck durch die Landnutzung, einschließlich der Umwandlung natürlicher Ökosysteme, der Übernutzung natürlicher Ressourcen und der Umweltverschmutzung, stellt eine noch größere Bedrohung für die globale Biodiversität dar als der Klimawandel (Jaureguiberry et al., 2022) und gefährdet lebenswichtige Ökosystemfunktionen, was letztlich zum derzeitigen massenhaften Artensterben führt (IPBES, 2018). Zu den größten Bedrohungen für die terrestrische Biodiversität zählen die Umwandlung und Fragmentierung von Lebensräumen (Leclère et al., 2020) und der Rückgang naturnaher Elemente in Agrarlandschaften (Mohamed et al., 2024). Die Erhaltung der Biodiversität ist für die Versorgungssicherheit von entscheidender Bedeutung, da

eine hohe Biodiversität im Boden zur Schädlingsbekämpfung beiträgt und Lebensraum für Bestäuber bietet, die Bodenfruchtbarkeit fördert und somit die Pflanzenproduktion stabilisiert (Larsen & Noack, 2020). Insbesondere in Kombination mit breiten und diverseren Fruchtfolgen liefert sie einen nicht unerheblichen Beitrag zur Resilienz von Agroökosystemen. Die Bodendegradation verringert Biodiversität und schwächt natürliche Schädlingsbekämpfung und Widerstandsfähigkeit ganzer Agrarökosysteme, was zu einem höheren Einsatz von Pflanzenschutzmitteln führen kann, der die Bodengesundheit weiter beeinträchtigt. Dieser Kreislauf, verstärkt durch die Auswirkungen des Klimawandels, kann zu geringeren Ernteerträgen und einer schlechteren Qualität führen und sowohl die Landwirtschaft als auch Verbraucherinnen und Verbrauchern stärker verwundbar machen (Ma et al., 2025). Für die Erhaltung der Biodiversität und der damit verbundenen Ökosystemfunktionen ist die Bewahrung von heterogenen Lebensräumen von entscheidender Bedeutung. Eine aktuelle Studie (Kelling et al., 2026) zeigt zum Beispiel, dass die Schädlingsbekämpfung durch Fledermäuse auf naturnahe Gebiete angewiesen ist. Ein Viertel der gefressenen Insekten der untersuchten Fledermäuse waren landwirtschaftliche Schädlinge, aber obwohl mehr als 95 % ihres Aktionsradius aus Ackerland bestand, waren die Fledermäuse zur Deckung ihres Energiebedarfs auf Gewässer und Feuchtgebiete angewiesen, die nur 0,5 % der Fläche ausmachten.

3.3 Ökonomische und geopolitische Krisen

Ökonomische und geopolitische Krisen können weitreichende Auswirkungen auf die Lebensmittelversorgung haben.

Globale Pandemien

So hat zum Beispiel die globale COVID-19-Pandemie die Lebensmittelversorgung auf verschiedene Weise beeinträchtigt, etwa die Aussaat aufgrund von Mangel an Saatgut oder Düngemitteln, die Ernte aufgrund von Arbeitskräftemangel, den Transport aufgrund eingeschränkter Transportmöglichkeiten oder Absätze aufgrund von Lockdowns (Clapp & Moseley, 2020; Swinnen & McDermott, 2020). Die Störungen konzentrierten sich insbesondere auf arbeitsintensive Knotenpunkte der Lebensmittelwertschöpfungskette, wie beispielsweise COVID-19-Ausbrüche in Fleischverarbeitungsfabriken, die zu vorübergehenden Schließungen von Fabriken, Verarbeitungsverzögerungen und Umsatzrückgängen führten (Seeliger & Sebastian, 2022). Außerdem wirkte sich die COVID-19-Pandemie stark auf das Kaufverhalten in Deutschland aus. Trotz der Zusicherungen der Lebensmittelindustrie hinsichtlich der Verfügbarkeit von Lebensmitteln war diese erste Phase der Pandemie durch Hamsterkäufe gekennzeichnet, die in Erwartung von Mobilitätseinschränkungen und aus Angst vor Störungen in der Lebensmittelversorgung getätigt wurden (Hobbs, 2021; Lehberger et al., 2021). Zu den typischerweise gehorteten Produkten gehörten haltbare Produkte wie Nudeln, Reis oder Tomatenkonserven sowie Tiefkühlkost (Coluccia et al., 2021; Richards & Rickard, 2020). Dieses Kaufverhalten spiegelte sich auch im Konsum wider: Eine Studie zu pandemiebedingten Veränderungen im Lebensmittelkonsum in Dänemark, Deutschland und Slowenien ergab, dass mehr haltbare und weniger frische Lebensmittel als vor der Pandemie konsumiert wurden (Janssen et al., 2021). In Dänemark und Deutschland stieg insbesondere der Konsum von Fertiggerichten, süßen Snacks wie Kuchen, Keksen und Schokolade sowie alkoholischen Getränken. Dieselbe Studie ergab, dass größere Ängste hinsichtlich der Beschaffung von Lebensmitteln herrschten als vor der Pandemie, was teilweise das Hamsterkaufverhalten erklärt. Diese Ergebnisse zeigen, dass Pandemien ungesunde Ernährungsweisen begünstigen können, und unterstreichen die Notwendigkeit von Maßnahmen, die auch in Krisenzeiten einen verlässlichen Zugang zu gesunden und nahrhaften Lebensmitteln gewährleisten. Schließlich zeigte die Studie auch, dass die Pandemie zu Einkommensverlusten für 23 % der Bevölkerung in Deutschland führte, wodurch Teile der Bevölkerung weniger Mittel für den Kauf von gesunden Lebensmitteln hatten, von denen einige zu höheren Preisen angeboten wurden. Dies zeigt, dass Krisen wirtschaftlich schwächere

Gruppen besonders stark treffen und bestehende Ungleichheiten beim Zugang zu gesunden Lebensmitteln weiter verschärfen.

Gewalttätige Konflikte

Ebenso können sich gewalttätige Konflikte in anderen Weltregionen auf die Verfügbarkeit, Qualität und Preise von Lebensmitteln in Deutschland auswirken. Sie können die landwirtschaftliche Produktion, den Transport und den Handel nicht nur in den direkt betroffenen Ländern stören, sondern auch Verbraucherinnen und Verbraucher an anderen Orten beeinträchtigen. Die russische Invasion in der Ukraine und der darauffolgende Krieg haben zu erheblichen Störungen der Lebensmittelversorgung geführt, die sich gerade erst von der COVID-19-Pandemie erholte (Abay et al., 2023; Leal Filho et al., 2023). Im Gegensatz zu anderen Ländern ist Deutschland kaum auf Lebensmittelimporte aus der Ukraine angewiesen (Jagtap et al., 2022), da es bei vielen Grundnahrungsmitteln wie Getreide, Zucker und Kartoffeln einen relativ hohen



Abbildung 2: Selbstversorgungsgrad bei Lebensmitteln in Deutschland 2023.

Selbstversorgungsgrad aufweist (siehe Abbildung 2). Der Krieg führte jedoch zu höheren Energiepreisen, was insbesondere die Lebensmittelindustrie zu spüren bekam – eine der energieintensivsten Branchen (Wölfl et al., 2022). Lebensmittel müssen gekühlt, gepresst oder gemischt werden – all diese Prozesse erfordern viel Energie (Bundesvereinigung der deutschen Ernährungsindustrie, 2022). Darüber hinaus beschlossen viele Lebensmittelhersteller, sowohl Produktionsmaterialien als auch fertige Produkte zu lagern, wodurch die Lagerkosten stiegen (Wölfl et al., 2022). So trugen unter anderem höhere Energiepreise und Lagerkosten zu Preissteigerungen bei vielen Lebensmitteln bei: Insbesondere die Preise für pflanzliche Produkte stiegen im Vergleich zum Vorjahr um 46 % (Wölfl et al., 2022). Von solchen Preissteigerungen sind

vor allem einkommensschwache Haushalte betroffen, da sie einen großen Teil ihres Einkommens für Lebensmittel ausgeben müssen (Rudloff, 2023). Der Krieg trug auch zu Verschiebungen bei Saisonarbeitskräften für wichtige Kulturen wie Spargel oder Erdbeeren bei, da viele Arbeitskräfte in der Landwirtschaft aus Osteuropa, darunter auch aus der Ukraine, stammen. In einem Interview sagte Robert Dahl, Geschäftsführer eines führenden Erdbeerbetriebs in Deutschland, dass seine internationale Belegschaft in den 13 Jahren vor dem Krieg hauptsächlich aus Studierenden aus der Ukraine bestand, die nun teilweise durch Menschen aus Rumänien ersetzt werden mussten (Kraus, 2025). Solche Verschiebungen können die Verfügbarkeit bestimmter saisonaler Produkte verringern, die Produktionskosten erhöhen und letztlich die Verbraucherpreise in die Höhe treiben. Sie zeigen allerdings auch, wie stark die deutsche Landwirtschaft mit der Arbeitsmobilität innerhalb Europas verflochten ist, und verdeutlichen, dass die Versorgungssicherheit auch dann beeinträchtigt werden kann, wenn Deutschland nicht direkt von Agrarimporten aus Konfliktregionen abhängig ist.

Neben Angebot und Nachfrage ist auch die Verfügbarkeit der Ware maßgeblich für stabile Preise und eine sichere Versorgung. Wertschöpfungsketten sind heute eng getaktet, und bereits kleine Störungen verursachen hohe Kosten. Durch Seeangriffe auf Frachtschiffe sowie durch Umleitungen entstehen kurzfristige Lieferengpässe und steigende Transportkosten. Die Nichtpassierbarkeit des

Suezkanals und die notwendige Umleitung über das Kap der Guten Hoffnung führen zu massiven Verzögerungen (Glauber & Mamun, 2024; Miller, 2023). Beispielsweise wurde der Schaden der sechstägigen Blockade des Suezkanals durch die „Ever Given“ im Jahr 2021 auf rund 88 Millionen US-Dollar geschätzt (Tran et al., 2025). Für Weiterverarbeiter stellt dies eine erhebliche Belastung dar, da Produktionsinfrastrukturen knapp, hochspezialisiert und auf kontinuierliche Auslastung ausgelegt sind. Ein Produktionsstillstand führt häufig zu irreversiblen Verlusten, die kaum wieder aufzuholen sind.

3.4 Wechselwirkungen zwischen Krisen

Die in diesem Abschnitt vorgestellten Krisen – Klimawandel, Bodendegradation, Süßwasserknappheit, Verlust der Biodiversität, Kriege und Konflikte, und Pandemien – treten nicht isoliert auf, sondern sind durch eine Vielzahl biophysikalischer und menschlicher Prozesse miteinander verbunden. Somit ist es sehr wahrscheinlich, dass eine Krise weitere Krisen auslösen oder verschärfen kann (Tomalka et al., 2024). In Abbildung 3 stellen wir die oben genannten Krisen, ihre Wechselwirkungen und die Hauptursachen dieser Wechselwirkungen dar. Aufgrund des beispiellosen Drucks auf das Erdsystem und der engen Verflechtungen globalisierter Gesellschaften sehen wir uns zunehmend mit mehreren gleichzeitig auftretenden Krisen konfrontiert – ein Zustand, der als Polykrise bezeichnet wird (Jørgensen et al., 2023; Lawrence et al., 2024). Lawrence et al. (2022) definieren eine Polykrise als „die kausale Verflechtung von Krisen in mehreren globalen Systemen in einer Weise, die die Aussichten der Menschheit erheblich verschlechtert“ (Seite 2). Die unterschiedlichen Verflechtungen und die Gleichzeitigkeit von Krisen können schlimmere Auswirkungen haben, als die von einzelnen Krisen. Der Cerrado, Brasiliens größte Sojaproduktionsregion, ist ein gutes Beispiel dafür: Die großflächige Entwaldung in dieser Region hat erheblich zum Klimawandel beigetragen, was wiederum zu Ertragseinbußen bei Sojabohnen und einer verstärkten Entwaldung für die Ausweitung der Landwirtschaft geführt hat (Leite-Filho et al., 2024). Der Klimawandel hat aufgrund von Temperaturanstiegen und einer Verringerung der Evapotranspiration auch Auswirkungen auf die Wasserverfügbarkeit im Cerrado (Rodrigues et al., 2022), zur Bodendegradation beigetragen (Lopes Dos Santos et al., 2021) und die Wahrscheinlichkeit von Waldbränden erhöht (Li et al., 2021), wodurch die Region in eine Abwärtsspirale sich gegenseitig verstärkender Krisen geraten ist. Wenn nichts unternommen wird, werden sich diese Trends fortsetzen und direkte Auswirkungen auf die Verfügbarkeit und den Preis von Soja haben – einem wichtigen Rohstoff für die deutsche Tierhaltung.

Versorgungssicherheit ist ein zentraler Bestandteil von Zivil- und Katastrophenschutz, da die globale Abhängigkeit von komplexen Lieferketten erhebliche Verwundbarkeiten schafft. Störungen – verursacht durch Klimawandel, Umweltgefahren, geopolitische Konflikte oder hybride Angriffe – können schnell lokale und globale Krisen auslösen. Die Resilienz hängt stark von regionalen und lokalen Kapazitäten ab. Lokale Landwirtschaft, Unternehmen im Handel und der Verarbeitung, **digitale Plattformen und informelle Netzwerke** können die Versorgung in Krisensituationen stabilisieren. **Gleichzeitig ist die soziale Kohäsion entscheidend: Nachbarschaftliche Unterstützung und Selbsthilfefähigkeiten erhöhen die Fähigkeit der Bevölkerung, kurzfristige Versorgungsengpässe zu überbrücken. Hybride Bedrohungen wie Desinformation oder politische Instrumentalisierung von Versorgungsengpässen erhöhen die Eintrittswahrscheinlichkeit von Krisen weiter** (u.a. National Emergency Briefing (UK): www.nebriefing.org).

Eine strategische Perspektive auf Ernährungssicherheit erkennt, dass Effizienz allein nicht schützt. Investitionen in robuste, diversifizierte Agrarsysteme, regionale Handelsstrukturen und den Schutz kritischer Infrastruktur sind notwendig. Besonders kritisch sind dabei neue geopolitische Infrastrukturprojekte wie der UAE-India Food Security Corridor, der als strategische Handels- und Versorgungskette zwischen dem Nahen Osten und Südasien konzipiert ist. Solche Korridore erhöhen

zwar Effizienz und Versorgungskapazitäten, schaffen jedoch gleichzeitig neue Abhängigkeiten und potenzielle Angriffspunkte entlang zentraler logistischer Knotenpunkte (Yıldırım, 2026).

Aktuelle Konflikte zeigen zudem, dass Lebensmittel gezielt als Waffe eingesetzt werden. Dies geschieht etwa durch die systematische Zerstörung landwirtschaftlicher Infrastruktur und die Kontrolle globaler Getreideexporte, was weltweit steigende Preise und Hunger zur Folge hat – deutlich sichtbar im Ukraine-Konflikt. Aber auch im Sudan und im Jemen wird deutlich, wie die gezielte Blockade oder Manipulation von Nahrungsmittelhilfen sowie Angriffe auf Agrarinfrastruktur zur Durchsetzung geopolitischer Ziele genutzt werden. Nichtstaatliche Akteure wie Boko Haram oder Al Shabab setzen Nahrungsmittel gezielt ein, um Kontrolle auszuüben, Kämpfer zu rekrutieren oder die Bevölkerung zu beeinflussen (Mudie-Mantz & Werz, 2025).

Die Anerkennung von Versorgungssicherheit als nationale und internationale Sicherheitsfrage ermöglicht vorbeugende Maßnahmen gegen solche geopolitischen Bedrohungen und stärkt die globale Widerstandsfähigkeit. Versorgungssicherheit ist damit nicht nur eine humanitäre Frage, sondern ein strategischer Sicherheitsfaktor. Starke lokale Kapazitäten, soziale Netzwerke und internationale Kooperation bilden das Rückgrat der Resilienz gegenüber wachsenden hybriden und geopolitischen Bedrohungen.

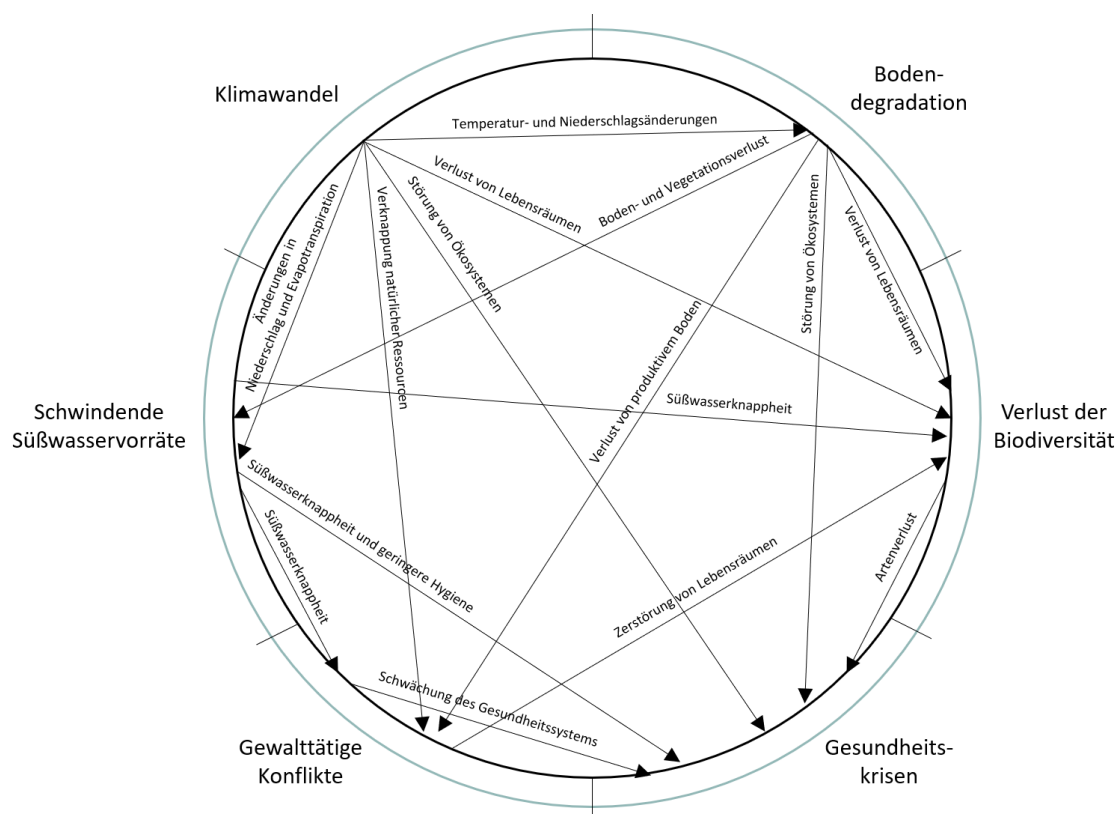


Abbildung 3: Risiken und Krisen mit beispielhaften Verstärkungseffekten.

Die Wechselwirkungen zwischen Krisen sind Teil des Problems, können aber auch Teil der Lösung sein. So können beispielsweise der Schutz und die Wiederaufforstung von Wäldern gleichzeitig dazu beitragen, den Klimawandel, Bodendegradation, den Verlust der Biodiversität und die Erschöpfung von Süßwasserressourcen zu bekämpfen. Die Anerkennung dieser Wechselwirkungen und des Potenzials integrierter Lösungen kann die zuverlässige Lebensmittelversorgung angesichts künftiger Krisen stärken und widerstandsfähigere Ernährungssysteme schaffen.

4. Verwundbarkeiten und Beispiele im deutschen Agrar- und Ernährungssystem

Dieser Abschnitt untersucht zentrale Verwundbarkeiten der deutschen Lebensmittelversorgung, sowohl im Inland als auch bei importierten Produkten. Durch ausgewählte Beispiele werden jene Segmente des Ernährungssystems beleuchtet, in denen gesellschaftliche Bedeutung, ökologische Sensitivität und politisch-ökonomische Abhängigkeiten besonders ausgeprägt sind. Konkret geht es um Lebensmittel, die bereits heute oder künftig verstärkt nicht mehr in ausreichender Menge oder zu stabilen, erschwinglichen Preisen verfügbar sein könnten. Anhand der Fälle Weizen (Brotgetreide), Kaffee, Braugerste und Hopfen (Bier) sowie Kakao wird bewertet, unter welchen Bedingungen nationale Versorgungsengpässe entstehen können, welche klimatischen, Umwelt-, marktbezogenen und geopolitischen Risiken dabei dominieren und wie stark Deutschland von globalen Produktionsregionen abhängig ist.

Die genannten Beispiele stellen keine vollständige Aufzählung dar, sondern verdeutlichen lediglich exemplarisch die unterschiedlichen Resilienzschwachstellen innerhalb der deutschen Ernährungssysteme. Vergleichbare Abhängigkeiten bestehen etwa bei Soja als Futtermittel, bei Gemüseimporten aus Spanien und den Niederlanden, Sonnenblumenöl und Palmöl aus der Ukraine, Indonesien und Malaysia oder bei weiteren Grundnahrungsmitteln wie Reis und Hartweizen. Auch die Versorgung mit Kartoffeln könnte – trotz eines Selbstversorgungsgrades von rund 150 % – unter extremen klimatischen oder geopolitischen Stressereignissen beeinträchtigt werden. Da die zugrunde liegenden Verwundbarkeiten jedoch ähnlich gelagert sind, konzentriert sich der folgende Abschnitt auf den Weizen als zentrales Beispiel.

Die Auswahl der Produkte Weizen, Braugerste, Hopfen, Kaffee und Kakao dient dazu, verschiedene Typen von Resilienzschwachstellen sichtbar zu machen: zwei Güter, die in Deutschland produziert werden können (Brot und Bier) und zwei, die vollständig aus globalen Lieferketten stammen (Kaffee und Kakao). Während Weizen ein essenzielles Grundnahrungsmittel repräsentiert, besitzen Bier, Schokolade und Kaffee vor allem einen hohen kulturellen und emotionalen Wert, sodass Störungen in ihrer Verfügbarkeit breite gesellschaftliche Wahrnehmung und Reaktionen auslösen können. Kakao und Kaffee sind nicht redundant, sondern repräsentieren zwei unterschiedliche Risikoprofile innerhalb global produzierter Genussmittelketten mit hoher gesellschaftlicher und emotionaler Relevanz in Deutschland. Die parallele Betrachtung ermöglicht eine differenzierte Analyse ökologischer, geopolitischer und ökonomischer Verwundbarkeiten der deutschen Lebensmittelversorgung.

4.1 Weizen und Brot

Bedeutung für Deutschland

Pro Haushalt wurden in Deutschland im Jahr 2023 rund 40,7 kg Brot gegessen (Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung, 2025a). Ein Großteil davon basiert auf in Deutschland erzeugtem Weizen. Deutschland weist beim Weizen seit Jahren einen Selbstversorgungsgrad von über 100 % auf, in guten Ertragsjahren sogar über 125 %. Das bedeutet: Die inländische Versorgung ist prinzipiell gesichert. Historisch war das nicht immer so – erst seit den 1970er Jahren zählt Deutschland zu den Nettoexporteuren von Weizen (Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung, 2025a). Von der gesamten Weizenproduktion werden allerdings etwa 51 % als Tierfutter eingesetzt und fließen somit nur indirekt in die menschliche Ernährung ein (Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung, 2025a).

Resilienzschwachstellen durch den Klimawandel

Der Klimawandel bedroht die globale Weizenproduktion zunehmend. Bereits heute liegen die globalen Weizenerträge im Durchschnitt rund 10 % niedriger, als sie ohne anthropogene Erwärmung wären (Lobell & Di Tommaso, 2025). Steigende Temperaturen und anhaltende Trockenperioden führen, besonders in tropischen Regionen, zu deutlichen Ertragsrückgängen (Lesk et al., 2022) – insbesondere Hitze während der Blüte und Kornfüllung hat besonders starke negative Effekte (Farooq et al., 2011). Aber auch die gemäßigten Breiten – einschließlich Deutschland – sind von einer erhöhten Anfälligkeit gegenüber Trockenheit betroffen. Höhere Temperaturen und der CO₂-Düngeeffekt wirken in den gemäßigten Breiten grundsätzlich ertragssteigernd (Rezaei et al., 2023), andere Studien gehen jedoch davon aus, dass sich die Effekte in Deutschland insgesamt ausgleichen oder leicht negativ ausfallen (Helman & Bonfil, 2022). Parallel zu möglichen Ertragseffekten führen steigende CO₂-Konzentrationen jedoch zu einer Verringerung wichtiger Inhaltsstoffe wie Protein, Eisen und Zink (Myers et al., 2014; Waha et al., 2025) – ein Problem, das sowohl den Nährwert als auch die Backqualität beeinträchtigt.

Wesentlich stärker als der mittelfristige Trend wirken sich jedoch die zunehmenden jährlichen Ertragsschwankungen aus. Für Deutschland sind vor allem das gleichzeitige Auftreten von Hitzestress und Trockenheit ausschlaggebend für deutlich unterdurchschnittliche Weizenerträge (Becker et al., 2025). Das Extremjahr 2018 zeigte dies eindrücklich: In einigen Regionen brachen die Erträge um bis zu 30 % ein – verglichen mit dem Durchschnitt der drei Vorjahre (Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft, 2017). Mit fortschreitendem Klimawandel wird dieses simultane Auftreten von Hitze- und Trockenstress häufiger werden (Lesk et al., 2022), und durch den Klimawandel länger anhaltende Wetterlagen verstärken sowohl Hitzewellen, Dürren als auch anhaltend zu nasse Bedingungen (Hoffmann et al., 2021).

Auch wenn Deutschland sich alleine mit Weizen versorgen kann, entstehende die Preise aus globalem Angebot und Nachfrage. Entsprechend haben klimabedingte Angebotsveränderungen unmittelbare Auswirkungen auf Preise und Versorgungslage in Deutschland. Besonders relevant sind Indien und China, die gemeinsam rund ein Drittel der weltweiten Weizenproduktion stellen – Indien zudem als bedeutender Nettoexporteur (Statistisches Bundesamt, n.d.). Beide Länder sind regelmäßig Temperaturen von über 40 °C ausgesetzt. Bei Temperaturen zwischen 40 und 45 °C erleidet die Photosynthese des Weizens irreversible Schäden; die Pflanzen sterben häufig ab und es kommt zum Totalausfall der Ernte (Bernacchi et al., 2023, 2025; Ortiz et al., 2008; Yamori et al., 2014). Damit sind zwei der wichtigsten Weizenanbauländer – mit jeweils über einer Milliarde Einwohnern – extrem verwundbar gegenüber Hitzestress. Ein großflächiger Ernteausschlag hätte potenziell katastrophale Folgen für die globale Versorgung und Stabilität (Ajewole, et al., 2025; Sidhu, 2023).

Resilienzschwachstellen durch andere Umweltrisiken

Neben dem Klimawandel spielen auch andere Umweltrisiken eine wichtige Rolle. Zentral sind vor allem der Verlust produktiver Anbaubedingungen – etwa durch Bodendegradation oder Biodiversitätsverlust – sowie das verstärkte Auftreten von Krankheiten und Schädlingen, die für eine stabile und ausreichende Weizenernte von großer Bedeutung sind.

Der Boden ist für die Weizenproduktion zentral, da Weizen hohe Ansprüche an die Bodenqualität stellt. Zunehmende Bodendegradation erschwert die Anbaubedingungen, wodurch hohe und stabile landwirtschaftliche Erträge zunehmend schwieriger zu erzielen sind (Tomalka et al., 2024). Gleichzeitig ist die Fähigkeit der Böden, Nährstoffe wie Stickstoff und Phosphor sowie Wasser und Bodenkohlenstoff verfügbar zu halten, zentral für eine gute Versorgung der Pflanzen und damit für hohe und stabile Erträge. Auch der Verlust von Biodiversität hat einen negativen Einfluss auf die Weizenproduktion: Studien zeigen beispielsweise, dass auf Böden mit höherer Biodiversität die Weizenerträge im Durchschnitt um rund 15 % höher ausfallen und auch die Ertragsstabilität um 5–15 % zunimmt (Yan et al., 2025).

Krankheiten und Schädlinge breiten sich durch globalen Handel und mit steigenden Temperaturen schneller aus. Dies betrifft sowohl bekannte Erreger als auch neu entstehende Varianten, gegen die Weizensorten nicht mehr resistent sind. Ein bekanntes Beispiel ist der Schwarzrost, eine Pilzkrankheit, die das Potenzial besitzt, Ernten ganzer Länder zu zerstören, gegen die Weizen jedoch seit den 1970er Jahren resistent war. 1998 trat jedoch in Uganda eine neue Variante des Schwarzrosts mit dem Namen Ug99 auf (Bhardwaj et al., 2022; Rezaei et al., 2023). Seitdem kommt es immer wieder zu vereinzelten Ausbrüchen; bislang ist es jedoch nicht zu einer Pandemie gekommen, in der große Teile der globalen Weizenernte verloren gingen. Auch in Europa wurden einzelne Fälle registriert, insbesondere im Mittelmeerraum (FAO, 2008; Patpour et al., 2022). In China wurde Ug99 bislang zwar nicht nachgewiesen, jedoch sind etwa 98 % der chinesischen Sorten nicht resistent gegenüber diesem Erreger – eine Ausbreitung hätte daher verheerende Folgen für die globale Weizenproduktion (Zhao & Kang, 2023). Voranschreitender Klimawandel und eine immer globalisierte Welt erhöhe das Risiko, dass diese oder auch andere Krankheiten und Schädlinge die globale Weizenproduktion einbrechen lassen (King et al., 2024).

Resilienzschwachstellen durch ökonomische und geopolitische Krisen

Russische und ukrainische Weizenexporte stellten zusammen ca. ein Viertel des weltweiten Exportvolumens (Ukraine rund 10 %, Russland etwa 14 %) (Statistisches Bundesamt, n.d.). Mit dem russischen Angriff auf die Ukraine sind die globalen Weizenpreise sprunghaft gestiegen – um rund 37 % im Vergleich zum Durchschnittsniveau der Jahre 2000–2020. Durch internationale Kooperationen wie die UN-vermittelte Black Sea Grain Initiative und den Solidaritätskorridor der EU konnte dieser Preisschock jedoch spürbar abgefedert werden. Ohne diese Maßnahmen wären Preissteigerungen von etwa 50 %, im Falle zusätzlicher Missernten in wichtigen Kornkammern sogar bis zu 90 % möglich gewesen (Kuhla et al., 2024).

Die multiplen Krisen durch Krieg, Klimawandel und Markteingriffe können sich gegenseitig verstärken. Eine Studie (Mora, et al., forthcoming) zeigt, dass der anthropogene Klimawandel die Trockenheit im Jahr 2010 in Russland deutlich verschärft hat (für Sommerweizen um den Faktor zehn), was zu einer messbaren Reduktion der russischen Weizenernte führte. Russland reagierte auf die Ernteaufälle mit Exportrestriktionen. Dieses Beispiel verdeutlicht die hohe Bedeutung internationaler Zusammenarbeit und eines funktionierenden globalen Agrarhandels, insbesondere in Zeiten von stärker werdenden Klimaextremen.

Preissteigerungen bei Grundnahrungsmitteln infolge von Exportbeschränkungen und Ernteaufällen trugen auch – neben weiteren politischen und gesellschaftlichen Faktoren – zum Ausbruch des „Arabischen Frühlings“ bei. In mehreren nordafrikanischen Staaten führte dies zu tiefgreifenden politischen Umbrüchen und langfristigen Transformationsprozessen, wenn auch in sehr unterschiedliche Richtungen (Bari et al., 2025; Soffiantini, 2020). Ein ähnlicher Preiseffekt, mit kaskadischen Einflüssen auf Ernährungssicherheit auf dem afrikanischen Kontinent, wurde auch im Zuge des Kriegs in der Ukraine beobachtet (Auer et al., 2025).

Bei der Düngerbeschaffung besteht eine strukturelle Abhängigkeit, die die Resilienz des Ernährungssystems beeinflusst. Die energieintensive Synthese von Stickstoffdüngern macht Deutschland stark von Ländern mit günstigen Erdgasressourcen abhängig, während, global betrachtet, Phosphor vor allem aus Marokko, der Westsahara, Russland und China stammt und Kalium primär aus Kanada, Belarus und Russland bezogen wird (Hebebrand & Glauber, 2024; Zhang et al., 2023). Diese Konzentration weniger Förderländer schafft geopolitische Verwundbarkeiten, da Lieferengpässe oder Handelskonflikte kurzfristig kaum zu ersetzen sind und direkte Auswirkungen auf landwirtschaftliche Produktionskosten und Erträge haben können (Zhang et al., 2023). Obwohl Deutschland sich weitgehend selbst mit Kalidünger versorgen kann – rund 6 % der globalen Produktion stammen aus Deutschland – haben sich die Preise infolge des Ukrainekriegs dennoch auch

hier mehr als verdoppelt (European Commission, 2025b; Georgitzikis & D'elia, 2022). Die Nichtpassierbarkeit des Suezkanals führen zudem zu Verzögerungen der Lieferungen von Dünger und Flüssiggas (Energie für die Produktion) (Glauber & Mamun, 2024).

Auch wenn das größte klimabedingte Risiko im Bereich der landwirtschaftlichen Produktion liegt, bestehen entlang der gesamten Wertschöpfungskette zusätzliche Verwundbarkeiten. Klimaextreme gefährden Transport-, Lager- und Verarbeitungsinfrastrukturen (Tchonkouang et al., 2024), wobei die Studienlage hierzu bislang deutlich dünner ist. Zudem prägen große Supermarktketten durch ihre ausgeprägte Marktmacht die deutschen Agrar- und Lebensmittelmärkte wesentlich. Sie bündeln Nachfrage, drücken Erzeugerpreise und setzen Qualitäts- und Lieferstandards, die den Handlungsspielraum landwirtschaftlicher Betriebe sowie kleinerer Verarbeitungsunternehmen stark einschränken. Dadurch werden notwendige Anpassungen im Agrar- und Ernährungssystem zusätzlich behindert (Helander et al., 2024; Weber & Anders, 2007).

Zusammenfassend zeigt sich das die multiplen Krisen bereits heute enorme Wirkung auf Weizenpreis und -menge haben und ihr Zusammenspiel das Potenzial hat, eine mangelnde Verfügbarkeit bis hin einem nationalen Versorgungsnotstand auszulösen. Aus diesem Grund gibt es als kritische Infrastruktur eine Bundesreserve an Weizen, die aber dazu gedacht ist kurzfristig Engpässe von einigen Tagen bis wenigen Wochen in der Versorgung der Bevölkerung zu überbrücken (Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung, 2025b; Bundesministerium für Landwirtschaft, Ernährung und Heimat, n.d.).

4.2 Kaffee

Bedeutung für Deutschland

Kaffee ist das Lieblingsgetränk der Deutschen, noch vor Bier und Mineralwasser. Mit durchschnittlich 3,3 Tassen pro Person pro Tag war Kaffee auch 2025 wieder das meistkonsumierte Getränk in Deutschland (Tchibo & brand eins, 2025). Unabhängig von wirtschaftlichen Herausforderungen wird auf den Genuss kaum verzichtet. Der Kaffeeconsum ist für über 90 % der Deutschen ein fester Bestandteil der täglichen Routine (Tchibo & brand eins, 2024). Auch wirtschaftlich spielt Kaffee für Deutschland eine wichtige Rolle. Die Bundesrepublik gehört zu den weltweit größten Importeuren von Rohkaffee und bezieht jährlich über eine Million Tonnen. In 2024, importierte Deutschland circa 1,16 Millionen Tonnen. Das entspricht einem Importwert von circa 4,78 Milliarden Euro (Tchibo & brand eins, 2025). Da in Deutschland selbst kein Kaffee angebaut werden kann, sind die Deutschen vollständig auf Importe angewiesen. Deutschland fungiert außerdem als wichtiges Verarbeitungszentrum, das große Teile des in Europa konsumierten Kaffees veredelt. Der Deutsche Kaffeeverband verweist auf über 900 Röstereien, die von kleinen handwerklichen Betrieben bis zu großen Industrieunternehmen reichen und gemeinsam einen bedeutenden wirtschaftlichen Beitrag leisten (Deutscher Kaffeeverband, 2025). Auf jedes geröstete Kilogramm Kaffee wird in Deutschland eine Röststeuer von 2,19 Euro/kg erhoben, bei löslichem Kaffee beträgt der Steuersatz 4,78 Euro/kg (Kaffeesteuergesetz (KaffeeStG), 2009). Im Jahr 2024 beliefen sich die Einnahmen durch die Röststeuer auf über 1 Milliarden Euro (Rudnicka, 2025).

Resilienzschwachstellen durch den Klimawandel

Die weltweite Kaffeeproduktion basiert überwiegend auf zwei Arten: Arabica-Kaffee (*Coffea arabica*) und Robusta-Kaffee (*Coffea canephora*), die entlang des sogenannten „Kaffeegürtels“ rund um den Äquator, angebaut werden. Arabica macht etwa 60 % des weltweiten Kaffeevolumens aus und gilt häufig als geschmacklich hochwertiger. Die optimalen Anbaubedingungen sind relativ eng begrenzt. Arabica Kaffee wächst bei Temperaturen von 15–24 °C, wobei die besten Erträge bei Temperaturen

von 18-22 °C erzielt werden. Temperaturen über 24 °C verursachen Stress für die Pflanze und können ihr sogar nachhaltig schaden (Bunn et al., 2015; Magrach & Ghazoul, 2015; Zullo et al., 2011). Robusta macht etwa 40 % des weltweiten Kaffeevolumens aus. Diese Art ist hitzetoleranter als Arabica und bevorzugt einen Temperaturbereich von 22–28 °C. Robusta verträgt jedoch nur geringe saisonale Temperaturschwankungen und reagiert äußerst empfindlich auf niedrige Temperaturen (Bunn et al., 2015; Coste, 1992; DaMatta & Ramalho, 2006; Magrach & Ghazoul, 2015). Beide Arten benötigen ein bestimmtes jährliches Niederschlagsmuster mit einigen Monaten mit wenig Regen oder sogar relativer Trockenheit. Das saisonale Niederschlagsmuster, insbesondere nach der Trockenzeit, hat einen großen Einfluss auf die Blüte und die Entwicklung der Kaffeekirsche (Coste, 1992). Wetteranomalien während der Bohnenbildung können sowohl den Kaffeeertrag, als auch die Qualität erheblich beeinträchtigen (Dinh et al., 2022; Kath et al., 2021).

Diese Faktoren machen Kaffee besonders anfällig gegenüber dem Klimawandel. Zu den aktuellen und prognostizierten Auswirkungen des Klimawandels zählen ein Rückgang der für den Kaffeeanbau geeigneten Flächen (Bunn et al., 2015; Grüter et al., 2022; Ovalle-Rivera et al., 2015), sinkende Erträge (Craparo et al., 2015; Della Peruta et al., 2025; Dinh et al., 2022) und Qualität (Chemura et al., 2021; Kath et al., 2021), sowie die Ausbreitung von Schädlingen und Krankheiten (Jaramillo et al., 2011). Klimaprojektionen zeigen, dass der Klimawandel die weltweit geeignete Kaffeeanbaufläche um mehr als die Hälfte verringern könnte (Bunn et al., 2015). Die Hauptlast dieser Veränderungen tragen vor allem Kleinbäuerinnen und -bauern, die für die Produktion des Großteils des weltweiten Kaffeevolumens verantwortlich sind (Harvey et al., 2021).

Schon heute wirken sich erhöhte Temperaturen, sich verschiebende Niederschlagsmuster, sowie Extremwetterereignisse, wie Dürre, Frost oder Starkregen auf den globalen Kaffeeanbau aus. Brasilien, zum Beispiel, der größte Kaffeexporteur weltweit und Hauptlieferant Deutschlands (Deutscher Kaffeeverband, 2025), verzeichnete massive Ernteeinbrüche in den letzten Jahren auf Grund von Dürren und Frost. Auch Vietnam hatte in den letzten Jahren mit ungünstigen Wetterbedingungen und den damit einhergehenden Ernteeinbrüchen zu kämpfen (Amrouk et al., 2025). Brasilien und Vietnam stellen zusammen fast 50% des weltweiten Kaffeevolumens. Ernteeinbrüche in einem der Länder machen sich sofort in der globalen Verfügbarkeit bemerkbar und führen zu stark fluktuierenden Kaffeepreisen (Amrouk et al., 2025), die auch für deutsche Konsumentinnen und Konsumenten spürbar sind.

Resilienzschwachstellen durch andere Umweltrisiken

Neben dem Klimawandel beeinflussen weitere Umweltrisiken die Resilienz des globalen Kaffeesektors. Entwaldung führt in vielen Anbaugebieten zu einer Verschlechterung lokaler Ökosysteme, dem Verlust natürlicher Schattenstrukturen und einer erhöhten Anfälligkeit gegenüber Extremwetter und Bodenerosion (Veldkamp et al., 2020). Der fortschreitende Verlust der Biodiversität reduziert die genetische Vielfalt wilder Kaffeearten, die als wichtige Ressource für künftige Züchtungsprogramme für klima- und schädlingsresiliente Kaffeesorten dienen könnten (Davis et al., 2019). Die Degradation fruchtbarer Böden, verursacht durch intensive Bewirtschaftung, unzureichende Nährstoffrückführung und chemische Belastungen, beeinträchtigt langfristig die Bodenfruchtbarkeit und damit die Produktivität in Kaffeeanbaugebieten (Netsere & Takala, 2021). Auch die Kaffeequalität wird maßgeblich von der Bodenqualität beeinflusst (Getachew et al., 2022). Diese Belastungen überschneiden sich zunehmend: Die Überschreitung planetarer Grenzen wie Biodiversitätsverlust und Landnutzungswandel erhöht die Verwundbarkeit von Kaffeeanbausystemen und bedroht nicht nur die langfristige Kaffeeproduktion, sondern die Stabilität globaler Agrar- und Handelssysteme insgesamt. Mit der EU-Verordnung zu entwaldungsfreien Lieferketten (EUDR) wird versucht, diesen systemischen Risiken zu begegnen.

Resilienzschwachstellen durch ökonomische und geopolitische Krisen

Der Weltmarktpreis für Kaffee wird an der Börse festgelegt und durch Angebot und Nachfrage bestimmt und somit stark beeinflusst von ökonomischen und geopolitischen Entwicklungen. Der sogenannte „C-Market“ an der Börse in New York fungiert als standardisierter Handelsplatz für Kaffeeterminingeschäfte (Futures) von Arabica-Kaffee, bei denen Käufer und Verkäufer Kontrakte über die zukünftige Lieferung von Rohkaffee zu einem heute vereinbarten Preis abschließen. Für Robusta-Kaffee übernimmt die Londoner Börse eine vergleichbare Funktion.

Wie oben beschrieben führten zu einem klimabedingten Produktionsausfall in großen Anbauländern wie Brasilien und Vietnam zu Engpässen auf dem Weltmarkt. Gleichzeitig stieg die Nachfrage in bisher untergeordneten Märkten, insbesondere in China und im Nahen Osten, deutlich an, was den Druck auf die verfügbaren Mengen verstärkte (Smith, 2025; Statista, 2025; Woods, 2025). Vor allem der weiter steigende Kaffeekonsum in China könnte große Auswirkungen auf die globale Kaffeeverfügbarkeit haben. Sollte der Pro-Kopf-Verbrauch der Chinesen auf den weltweiten Durchschnitt wachsen, würde China zum größten Kaffeemarkt der Welt werden (Woods, 2025). Auch in bereits etablierten Märkten, wie in Deutschland, wächst der Kaffeekonsum weiter (Tchibo & brand eins, 2024, 2025).

Zudem führten Handelskonflikte, insbesondere die zeitweise stark erhöhten Importzölle der USA für Produkte aus Kaffeeanbauländern wie Brasilien, zu Verzögerungen in der Kaffeelieferung und starken Preisfluktuationen an der Börse. Hinzu kommen Logistikprobleme: Konflikte und Unsicherheiten auf wichtigen Transportwegen, wie dem Suezkanal, verteuern Transport, verzögern die Lieferung verfügbarer Mengen und verschärfen die wahrgenommene Knappheit zusätzlich (Glauber & Mamun, 2024; Grant, 2024). Dieses Zusammenspiel aus rückläufigem Angebot, steigender Nachfrage und geopolitischen Risiken führt zu einer erhöhten Volatilität und Rekordpreisen auf dem globalen Kaffeemarkt und in den deutschen Supermarkregalen. Hohe Kaffeepreise haben eine spürbare gesellschaftliche Bedeutung, werden in den Medien aufmerksam diskutiert und können die wahrgenommene Konsumzufriedenheit beeinflussen.

Schon heute bekommen Konsumentinnen und Konsument die Auswirkungen multipler Krisen auf die Kaffeeproduktion zu spüren. Die Kaffeepreise erreichten mit durchschnittlich USD3,54/lbs an der Rohstoffbörse in New York im Februar dieses Jahres (2025) ein historisches Rekordhoch (ICO, 2025). Medien in Deutschland berichten seit mehreren Monaten über die stark gestiegenen Kaffeepreise und die Reaktion der Konsumentinnen und Konsumenten (Kowatsch, 2025; Schiechel, 2025). In Supermärkten kam es wiederholt zu Diebstählen (Georgi, 2025). Die starken Preisfluktuationen stellen auch ein wirtschaftliches Risiko für deutsche Kaffeeimportunternehmen und Röstereien dar.

Die starken Schwankungen der Kaffeepreise in den letzten Jahren, einschließlich des Erreichens der historisch höchsten Kaffeepreise sind nicht auf einzelne Ereignisse zurückzuführen. Vielmehr entstehen sie durch ein Zusammenspiel verschiedener langfristiger und kurzfristiger Faktoren und werden beeinflusst von klimatischen, ökonomischen und geopolitischen Krisen. Der Klimawandel und die steigende Nachfrage werden diese Preisvolatilität in Zukunft voraussichtlich weiter verstärken.

4.3 Bier, Hopfen und Braugerste

Bedeutung für Deutschland

Der Bierkonsum in Deutschland sinkt seit Jahren stetig, liegt aber mit rund 88-90 Litern pro Kopf (2024/2025) immer noch hoch im europäischen Vergleich und bleibt fester Bestandteil deutscher Identität. Bier besitzt in Deutschland eine lange kulturelle Bedeutung. Es ist eng verknüpft mit regionalen Traditionen, gesellschaftlichen Ritualen und Festen wie dem Oktoberfest oder lokalen Volksfesten. Seit Jahrhunderten wird Bier in handwerklicher Braukunst aus den vier Rohstoffen Wasser, Malz, Hopfen und Hefe hergestellt. Das Reinheitsgebot ist zu einer internationalen Identitätsanker für deutsches Bier geworden und wird als wichtige staatliche Regulierung

wahrgenommen. Bier ist somit nicht nur ein Konsumgut, sondern auch Bestandteil des kulturellen und politischen Selbstverständnisses (Terrell, 2024).

Hopfen ist als Kulturpflanze essenziell für das Brauen von Bier. Bitterkeit, Geruch, Geschmack sowie die Förderung der Schaumbildung des Bieres sind auf Hopfen zurückzuführen (Bundesinformationszentrum Landwirtschaft, 2025b). Hallertau in Bayern ist dabei nicht nur in Deutschland, sondern auch global mit 15.680 Hektar das größte Anbaugebiet (BMEL, 2025). Das Anbaugebiet bestimmt maßgeblich Aroma- und Bittersorten (Verband Deutscher Hopfenpflanzer e.V., 2025). Hopfen benötigt eine balancierte Menge Sonnenschein sowie Niederschlag und zusätzlich das Ausbleiben von Frost von April bis September (Bundesinformationszentrum Landwirtschaft, 2025b). Generell wird in Deutschland mehr Hopfen geerntet als national benötigt wird. Dies ermöglicht den Export von über 50 % der Erträge (Bundesinformationszentrum Landwirtschaft, 2025a).

Deutschland weist bei Gerste zwar einen Selbstversorgungsgrad von über 100 % auf, muss aber dennoch jährlich rund 1 Mio. Tonnen Braugerste importieren (im Vergleich: deutsche Produktion etwa 1,7 Mio. t), weil ein großer Teil der heimischen Ernte nicht die erforderliche Brauqualität erreicht (Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung, 2025a). Global wird nur etwa 30 % der Gerste vermälzt; der Rest dient überwiegend als Futtermittel. Zu den wichtigsten Exporteuren von Braugerste zählen Australien (mit 30–40 % des weltweiten Handelsvolumens), Russland, die USA sowie in Europa Großbritannien und Tschechien (Devanand et al., 2024; Xie et al., 2018; Yawson et al., 2020). In Deutschland liegen die größten Anbau- und Produktionsflächen in Bayern, gefolgt von Baden-Württemberg, wobei hauptsächlich Sommergerste eingesetzt wird (Braugersten-Gemeinschaft e.V., 2025).

Resilienzschwachstellen durch den Klimawandel

Hopfen ist durch seine hohen klimatischen Ansprüche und die Bedürfnissen an die Bodenbeschaffenheit eine anspruchsvolle Kulturpflanze (Bundesinformationszentrum Landwirtschaft, 2025b). Steigende Temperaturen führten bereits zu einer Verschiebung der Wachstumsperiode (Mozny et al., 2023). Diese Verschiebung wird sich bis 2050 weiter negativ auf den Hopfenertrag (4 - 18 %) und den Alphasäure-Gehalt auswirken (20-30 %), der entscheidend für die Bitterkeit des Biers ist. Steigende Temperaturen und Dürre werden diesbezüglich als entscheidende Einflussfaktoren auf die Hopfenquantität sowie -qualität von Aromasorten genannt und auf die Dringlichkeit von Klima-Anpassungsstrategien verwiesen (Mozny et al., 2023). In den Jahren 2013, 2015 und 2018 wurden erhebliche Ertragsminderungen durch Trockenperioden verzeichnet (Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE, 2025). Das Neuzüchten von Aroma-, Bitter- und Spezial-Aroma-Hopfensorte wurde in Deutschland als Reaktion auf unter anderem Klimawandelfolgen intensiviert (Bundesministerium für Landwirtschaft und Ernährung, 2023).

Bereits heute liegen die globalen Gerstenerträge im Durchschnitt etwa 13 % niedriger, als sie ohne Klimawandel sein könnten (Lobell & Di Tommaso, 2025). Klimaprojektionen deuten auf weitere Rückgänge von 3 bis 17 % hin. Dies kann unter Extrembedingungen die Bierpreise mehr als verdoppeln, abhängig von Klimaszenarien und betroffenen Weltregionen (Xie et al., 2018).

Die Anforderungen an Braugerste sind sehr hoch: Nur bei Einhaltung der Qualitätsparameter wird sie für Mälzereien verwendet. Zentrale Kriterien sind ein Eiweißgehalt von 9,5–11,5 % und ein möglichst hohes Hektolitergewicht (relevant für das Gewicht pro Korn). Zudem muss die Gerste bei Ernte gesund sein: Pilzkrankungen wie Rhynchosporium, Netzflecken, Ramularia oder Zwergrost mindern den Wert erheblich. Widrige Witterung, z.B. langanhaltender Niederschlag wie im Juli 2025, kann zu erheblichen Ausfällen vermarktungsfähiger Ware führen (Landwirtschaftskammer Niedersachsen, 2025; Roeb & Koch, 2025).

Kombinationen aus nassen Wintern und trockenen Frühjahren erschweren insbesondere auf leichten Böden den Anbau. Wärmere Sommer verkürzen die Vegetationszeit und erhöhen das Risiko schlechter Kornausbildung (Roeb & Koch, 2025). Trockenstress während Blüte und Kornentwicklung wirkt sich negativ auf Stärkegehalt und damit auf die Braugerstenqualität aus (Hör et al., 2025; Wiegmann et al., 2019). Beispielsweise hat eine Dürre 2018/2019 Australien zu Verlusten von rund 45 % der Gerstenernte geführt (Devanand et al., 2024).

Resilienzschwachstellen durch andere Umweltrisiken

Zusätzlich zu Auswirkungen des Klimawandels spielen auch Pflanzenkrankheiten und -schädlinge eine entscheidende Rolle für die Hopfenernte. Diesbezüglich sind Peronospora, Echter Mehltau, Verticilliumwelke, Hopfenmosaik- und die Hopfenblattlaus, Gemeine Spinnmilbe, zu nennen (Bayrisches Landesanstalt für Landwirtschaft, 2025), die, zumindest teilweise, durch den Klimawandel begünstigt werden.

Resilienzschwachstellen durch ökonomische und geopolitische Krisen

Aufgrund der hohen Qualitätsansprüche der Mälzereien ist Deutschland auf Importe von Braugerste aus wenigen Ländern angewiesen. Die stark konzentrierte Vermälzung kann so schnell zum Flaschenhals der Bierproduktion werden (Maier et al., 2020). Faktoren wie die in 2025 eingeführten US-Zölle oder unterbrochene Handelsbeziehungen mit Russland wirken direkt auf die Preise. Um sich abzusichern, schließen deutsche Mälzereien bereits im Herbst oder Winter Vorverträge mit Abnehmern für die kommende Anbausaison (Landwirtschaftskammer Niedersachsen, 2025). Lieferengpässe können zu deutlichen Preisausschlägen führen, die sich direkt im Bierpreis widerspiegeln. Die Energiepreiskrise zeigte zudem, wie unterschiedlich Sektoren reagieren: Während der Mälzereisektor stark betroffen war, reagierte der Hopfensektor sehr viel weniger (Bublik & Hess, 2025).

4.4 Kakao

Bedeutung für Deutschland

Deutschland ist einer der größten Exporteure von Schokoladenprodukten weltweit. Knapp zehn Prozent der Weltkakaoernte wird allein in Deutschland verarbeitet. Der Verbrauch von Kakao in Deutschland lag im Wirtschaftsjahr 2023/24 bei 3,1 kg pro Kopf (Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung, BLE). Etwa 40–45 % der weltweiten Kakaoproduktion stammen aus der Elfenbeinküste, welche zusammen mit Ghana, Nigeria und Kamerun, zusammen rund 70 % des weltweit gehandelten Kakaos produziert (Hyslop & Workman, 2025). In Deutschland stammen etwa ein Drittel der importierten Kakaobohnen direkt aus der Elfenbeinküste und etwa ein weiteres Drittel aus den Niederlanden, die ihrerseits rund die Hälfte ihrer Kakaobohnen aus der Elfenbeinküste beziehen (Jumle et al., 2022). Damit entfallen knapp 50 % des in Deutschland verwendeten Kakaos auf ein einziges Land. Laut dem Bundesverband der Deutschen Süßwarenindustrie, BDSI kamen Jahr 2023 sogar 67 % aller Rohkakaolieferungen nach Deutschland aus der Elfenbeinküste, gefolgt von Ghana mit 12 %. Insgesamt importiert die EU etwa 60 % der weltweiten Kakaoproduktion (FAO, 2025). Zudem gibt es bei den Käufern und Verarbeitern eine Marktkonzentration mit nur vier Unternehmen – Barry Callebaut, Cargill, Olam und Ecom – die einen Großteil des Handels abwickeln (Voora et al., 2019).

Resilienzschwachstellen durch den Klimawandel

Extremwetterereignisse (Dürreperioden, Hitzewellen, aber auch extreme Niederschläge) können zu signifikanten Ertragseinbußen führen und die jährliche Produktion stark schwanken lassen (Asante et al., 2025).

Der Klimawandel hat in Westafrika lokal sehr unterschiedliche Auswirkungen: Bis 2060 können in vielen Regionen potenzielle Erträge zunehmen (insbesondere unter feuchteren Klimaszenarien und bei voller Berücksichtigung der CO₂-Düngungseffekte), wobei Nigeria und Kamerun stärkere Ertragszuwächse als Ghana und der Elfenbeinküste verzeichnen (Asante et al., 2025). In Nigeria, Kamerun und Ghana werden bis Mitte des Jahrhunderts lokale Flächenzugewinne erwarten (Asante et al., 2025; Gloy et al., 2025; Läderach et al., 2013; Ofori-Boateng & Insah, 2014), die Elfenbeinküste hingegen könnte große Teile der derzeit geeigneten Anbaufläche verlieren (Asante et al., 2025; Läderach et al., 2013). Eine Ausbreitung oder Verschiebung von Anbauflächen könnte allerdings zu weiterer Entwaldung führen. Gegen Ende des Jahrhunderts sind jedoch auch in anderen Teilen Westafrikas Verluste für geeignete Kakaoflächen zu erwarten, wie in Kamerun zum Beispiel (Gloy et al., 2025). Die ausgeprägten regionalen Unterschiede machen deutlich, dass gezielte Anpassungsstrategien für eine stabile Kakaoversorgung unerlässlich sind (Asante et al., 2025).

Sowohl Temperaturanstieg als auch Veränderungen des Niederschlags, insbesondere längere Trockenphasen, sind für den an das Mikroklima schattiger, dichter Regenwälder angepassten Kakao wesentliche Treiber sinkender Anbaueignung und Ertragsrückgänge (Schroth, Jeusset, et al., 2016). Niederschlagsschwankungen sind ebenfalls wichtige Faktoren um die Eignung von Flächen für Kakaoanbau zu bestimmen (Schroth, Läderach, et al., 2016). Trockenperioden von mehr als drei Monaten beeinflussen die Kakaoproduktion negativ (Ofori-Boateng & Insah, 2014). Zudem ist unter diesen Bedingungen die Anfälligkeit für Krankheiten und Schädlinge deutlich erhöht.

Resilienzschwachstellen durch andere Umweltrisiken

Pflanzenkrankheiten und Schädlinge verursachen weltweit erhebliche Ertragsverluste im Kakaoanbau, die je nach Region zwischen 20–90 % liegen. Besonders gravierend ist die Black Pod-Krankheit, ausgelöst durch Phytophthora-Erreger, die jährlich Verluste von 30–90 % verursachen kann (Adeniyi, 2019). Weitere wichtige Krankheiten wie Frosty Pod oder Witches' Broom sind bislang auf den amerikanischen Kontinent begrenzt, stellen aber potenzielle globale Risiken dar (Ploetz, 2007). Durch den Klimawandel verändern sich zudem die Verbreitung von Pathogenen und die Umweltbedingungen, was das Krankheitsmanagement weiter erschwert (Cilas & Bastide, 2020).

Zwar stehen verschiedene Maßnahmen wie resistente Sorten, Barrierekulturen, verbessertes Schattenmanagement und integrierte Pflanzenschutzstrategien zur Verfügung. Hohe Kosten, hoher Arbeitsaufwand und fehlendes Wissen verhindern jedoch ihre breite Anwendung. Viele kleinbäuerliche Betriebe verfügen nicht über ausreichende finanzielle Ressourcen und Wissen um wirksame Pflanzenschutzmaßnahmen anzuwenden. Die gleichzeitige Belastung durch Cocoa Swollen Shoot Virus Disease (CSSVD), Black Pod und Miriden kann ganze Ernten vernichten. Trotz Rodungsmaßnahmen breitet sich CSSVD weiter aus und verursacht in Ghana und der Elfenbeinküste regelmäßig neue Ausbrüche (Wessel & Quist-Wessel, 2015).

Kakaoanbau verursacht über 37 % des Waldverlusts in Schutzgebieten in der Elfenbeinküste und über 13 % in Ghana. Zudem unterschätzen offizielle Statistiken die tatsächlich bepflanzte Fläche (insbesondere in Ghana) deutlich (Kalischek et al., 2023). Produktionszuwächse wurden zumeist durch Ausweitung der Fläche, aber nicht durch höhere Erträge erreicht (Wessel & Quist-Wessel, 2015). Eine weitere Expansion des Kakaogürtels in der Elfenbeinküste und Ghana würde mit erheblichen Waldverlusten einhergehen, was lokale Klimaextreme verstärkt und natürliche Regulationsmechanismen (z.B. durch Nützlinge) schwächt (Schroth, Läderach, et al., 2016). Die Kakaoproduktion ist ein bedeutender Treiber der Entwaldung, und Kakao-Importe werden voraussichtlich künftig durch die EUDR beeinflusst.

Resilienzschwachstellen durch ökonomische und geopolitische Krisen

Die Verfügbarkeit von Arbeitskräften in ländlichen Kakaoanbaugebieten stellt für Produzenten eine wesentliche Einschränkung dar und Kinderarbeit bleibt ein fortbestehendes Problem. Seit langem wird in der Kakaoindustrie intensiv über existenzsichernde Einkommen und faire Löhne für die Produktion und Arbeitskräfte diskutiert, häufig im Rahmen freiwilliger privater Standards. Allerdings sind die erzielten Erfolge bislang begrenzt, und die Evidenz zu Verbesserungen in der Praxis ist uneinheitlich (Dreoni et al., 2021; Garrett et al., 2021; Meemken, 2020; Oya et al., 2017).

Parallel dazu sind die Preise entlang der Wertschöpfungskette ungleich verteilt und stark volatil. Versuche zur Preiskontrolle und Stabilisierung hatten zwar teilweise positive Effekte, konnten die strukturellen Ungleichheiten und Risiken jedoch nur begrenzt abmildern. In Kombination mit den bestehenden Marktrisiken und der hohen Konzentration der Käufer auf wenige Unternehmen erhöhen zusätzliche Klimarisiken, wie Dürren oder unregelmäßige Niederschläge, die Bedrohung für die Lebensgrundlagen der Produzenten erheblich (Gilbert, 2024; Staritz et al., 2022).

Trotz der hohen geografischen Konzentration der Produktion hatten politische Störungen in den Produzentenländern bislang nur begrenzte Auswirkungen auf die stark angestiegenen Exporte aus der Elfenbeinküste (Our World in Data, 2025). Ghana und die Elfenbeinküste gelten als relativ stabil, während nördliche Regionen außerhalb der Kakaoanbaugebiete schweren Sicherheitsrisiken ausgesetzt sind. Auch in anderen als stabil geltenden Ländern in Westafrika kam es in den letzten Jahren zu Staatsstreichen, etwa in Niger, was zeigt, dass politische Instabilität und zusätzlicher terroristischer Druck die Region zusätzlich belastet.

Diese Verflechtung von sozialen, ökonomischen und ökologischen Risiken verdeutlicht, wie anfällig die Kakao-Wertschöpfungskette für externe Schocks ist und wie dringlich Maßnahmen zur Stärkung von Resilienz und Fairness entlang der gesamten Kette sind (Hyslop & Workman, 2025).

Dieses Kapitel analysiert zentrale Verwundbarkeiten der deutschen Lebensmittelversorgung, sowohl bei inländischer Produktion als auch bei Importen. Anhand von Beispielen wie Weizen, Kaffee, Hopfen, Braugerste und Kakao werden ökologische, ökonomische und geopolitische Risiken illustriert. Trotz hoher Selbstversorgung mit Weizen wirken klimabedingte Ertragsausfälle, extreme Wetterereignisse und Schädlinge bereits heute auf Erträge, Qualität und Preise. Das Zusammenspiel dieser Faktoren hat das Potenzial erhebliche Auswirkungen auf die Versorgungssicherheit von weizenbasierten Grundnahrungsmitteln in Deutschland zu haben. Kaffee und Kakao sind vollständig importabhängig und besonders durch Temperaturstress, Niederschlagsvariabilität, Schädlinge sowie Markt- und Handelsrisiken gefährdet. Hopfen und Braugerste zeigen, dass selbst in Deutschland angebaute Genussmittel oder Mälzrohstoffe empfindlich auf Temperaturanstieg, Trockenstress und Krankheiten reagieren. Globale Handelsverflechtungen, Exportrestriktionen, Konzentration auf wenige Lieferländer sowie Lieferkettenengpässe verschärfen die Versorgungssituation zusätzlich. Die Beispiele verdeutlichen, dass Resilienzmaßnahmen entlang der gesamten Wertschöpfungskette – von Anbau über Verarbeitung bis Import – notwendig sind, um Versorgungssicherheit zu gewährleisten. Politische und institutionelle Maßnahmen, wie Lagerbestände, Handelskooperationen und Anpassungsstrategien, sind entscheidend, um die Auswirkungen multipler Krisen auf deutsche Konsumentinnen und Konsumenten abzufedern.

5. Strategische Empfehlungen zur Erhöhung der Krisenfestigkeit des deutschen Agrar- und Ernährungssystems

Der dritte Teil des Berichts formuliert strategische Empfehlungen zur Stärkung der Resilienz der deutschen Versorgungssicherheit mit Lebensmitteln, basierend auf wissenschaftlicher Evidenz. Die

Vorschläge adressieren drei Ebenen: 1) nationale Strategien, 2) europäische und internationale Weichenstellungen sowie 3) eine systemische Gesamtperspektive⁵. Eine krisenfeste Lebensmittelversorgung lässt sich nur durch ein breites Instrumentenspektrum erreichen, um auf Klima-, Umwelt- und geopolitische Risiken zu reagieren – von agronomischen Anpassungen über wirtschafts- und handelspolitische Maßnahmen bis hin zu internationaler Kooperation. Die Politik ist gefordert, hierfür einen verlässlichen Rahmen zu schaffen und in ausgewählten Bereichen finanzielle Unterstützung bereitzustellen.



Abbildung 4: Strategische Empfehlungen zur Erhöhung der Krisenfestigkeit der deutschen Lebensmittelversorgung nach den drei Handlungsfeldern.

5.1 Nationale Strategien zur Stärkung der Versorgungsresilienz

Die Stärkung der Resilienz landwirtschaftlicher Produktionssysteme in Deutschland erfordert Maßnahmen, die sowohl auf Betriebsebene als auch im nationalen Politikrahmen ansetzen. Forschung zeigt, dass Diversifizierung, Risikomanagement, regionale Wertschöpfungsketten und wissensbasierte Innovationen zentrale Bausteine widerstandsfähiger Agrarsysteme sind (FAO, 2021) – für diese muss die Politik durch u.a. Förderprogramme, Beratungssysteme, Investitionsanreize, rechtliche Rahmenbedingungen und Forschung und Innovation den Rahmen schaffen, der Planungssicherheit garantiert. Die nachfolgenden Maßnahmen fokussieren exemplarisch auf die im vorherigen Kapitel diskutierten Lebensmittel Weizen und Bier – viele dieser Maßnahmen sind aber genauso für andere landwirtschaftliche Kulturen relevant.

Ein zentrales Handlungsfeld ist der Ausbau **klimaresilienter Anbausysteme**. Mischkulturen, Agroforst, Humusaufbau, Wasserretention und die Züchtung von klimaangepassten Sorten können wesentlich dazu beitragen, Erträge auch unter zunehmenden Klima- und Wetterrisiken zu stabilisieren. Das

⁵Die drei Ebenen sind eng miteinander verzahnt und einige der Maßnahmen wirken auf mehreren Ebenen.

größte Potenzial in der Weizenproduktion wird in Deutschland etwa bei einem verbessertem Nährstoffmanagement und Beregnung gesehen (Rezaei et al., 2023). Überdies kann der Anbau von Mischkulturen die Stabilität von Agrarökosystemen deutlich erhöhen; dennoch findet dieses Potenzial bislang wenig Eingang in Handlungsempfehlungen, da viele Studien landwirtschaftliche Kulturen isoliert betrachten (Waha et al., 2025). Für Braugerste sind Maßnahmen zum Erhalt von Bodenwasser und Nährstoffmanagement wichtig, um Ernten trotz eines unbeständigeren Klimas zu sichern. Beispielsweise gewinnt die Herbstaussaat von Sommergerste aufgrund milderer Winter an Bedeutung, da sie Trockenstress reduziert und häufig höhere Erträge ermöglicht (Braugersten-Gemeinschaft e.V., 2025; Landwirtschaftskammer Niedersachsen, 2025; Roeb & Koch, 2025). Die Züchtung spielt ebenfalls eine zentrale Rolle. Dazu zählen beispielsweise Sorten, die aufgrund verkürzter Anbauzeiten oder tieferer Aussaat, resilienter gegen Hitze sind (Ortiz et al., 2008; Zhao et al., 2022), ebenso wie Sorten mit erhöhter Toleranz gegenüber Salzstress, Überschwemmungen oder Krankheiten, oder mit veränderten pflanzenphysiologischen Eigenschaften, die eine stärkere Kohlenstoffspeicherung ermöglichen (Eckardt et al., 2023). Ein weiterer wichtiger Ansatz ist dabei die Einkreuzung von wilden Verwandten und Landrassen (King et al., 2024). Gleichzeitig ist das Potenzial der Züchtung begrenzt: Züchtungsprozesse sind zeitaufwendig, ihre Ergebnisse nur eingeschränkt vorhersagbar, und züchterische Eingriffe in einzelne Eigenschaften gehen häufig mit unbeabsichtigten Veränderungen anderer Merkmale einher. Zudem müssen vielfältige lokale Standort- und Nutzungseigenschaften berücksichtigt werden, was die Übertragbarkeit von Züchtungserfolgen weiter einschränkt (Ceccarelli & Grando, 2020).

Auch die Stärkung **regionaler Wertschöpfungsketten** kann die Resilienz der Versorgungssicherheit erhöhen und gleichzeitig kleinen und mittleren Unternehmen helfen, neue Märkte zu erschließen. Sie reduzieren Abhängigkeiten von Importen, senken Emissionen und verringern virtuelle Wasser- und Nährstoffflüsse (Kolev & Obst, 2022; Mekonnen et al., 2024; Royer & Simon, 2023). Regionale Braugersten-, Malz- und Bierwertschöpfungsketten etwa schaffen zusätzliche ökologische Vorteile, da Braugerste eine verhältnismäßig extensive Kultur ist, die vergleichsweise wenig Stickstoff benötigt und lokal den Grundwasserschutz unterstützen kann (Maier et al., 2020). Bei der Brotherstellung können z.B. auch Ersatzgetreide wie Dinkel oder andere Getreidesorten eingesetzt werden. Außerdem ist es möglich, mit Weizen, der nicht der üblichen Brotweizenqualität entspricht, Brot zu backen – dies wurde lange Zeit auch in hierzulande praktiziert, als Deutschland noch nicht ausreichend Brotweizenqualität produziert hat.

Finanzinstrumente als Risikomanagement bilden einen weiteren Schwerpunkt. Preisstabilisierung und Risikoabsicherung – etwa über Mehrjahreslieferverträge oder Warenterminmärkte – können Marktvolatilität dämpfen. Während Vertragsanbau für Hopfen und Malz üblich ist, ist dies für Brotweizen meist nicht der Fall. Weizen und Malz werden vor allem privatwirtschaftlich gehandelt, wohingegen Hopfen überwiegend genossenschaftlich organisiert ist (Bublik & Hess, 2025). Vertragsanbau kann ein wirksames Instrument sein, um nachhaltige Bewirtschaftung zu fördern (z.B. durch weniger Einsatz von Pflanzenschutzmitteln, weitere Fruchtfolge, anlegen von Blühstreifen) und gleichzeitig Planungssicherheit geben (Weituschat et al., 2023). Weiterhin können Klimarisikoversicherungen einen Teil des Risikos an die Versicherungswirtschaft abgeben. Mehrgefahrenversicherungen, z.B. gegen Dürre, spielen in Deutschland bislang eine geringe Rolle. Der Grund liegt u.a. an begrenzten Subventionen für diese Produkte (Michels et al., 2024; Nordmeyer & Mußhoff, 2023) und in fehlenden einheitlichen Standards: Jedes Bundesland setzt eigene Regeln und nutzt europäische Mittel unterschiedlich, sodass Versicherungsunternehmen keine skalierbaren, innovativen Produkte anbieten (Schmitt et al., 2025a). Durch ein breiteres Angebot an Klimarisikoversicherungen – ermöglicht durch einheitliche Standards und den Einschluss weiterer landwirtschaftlicher Kulturen – kann das Gesamtrisiko deutlich reduziert werden. Wenn Versicherungen zudem an risikomindernde Anbaupraktiken gekoppelt werden, steigt ihre

Wirksamkeit weiter, da sowohl Schadenswahrscheinlichkeit als auch potenzielle Ausfallkosten sinken (Schmitt et al., 2025b).

Zudem ist die **Reduktion von Abhängigkeiten** bei Futtermitteln, Düngern und Energie entscheidend. Besonders relevant ist die Abhängigkeit von Düngern: Perspektivisch besteht die Möglichkeit, synthetischen Stickstoff durch den Einsatz erneuerbarer Energien kostengünstiger zu produzieren. Gleichzeitig sind die Verringerung von Stickstoffverlusten und die Ausweitung des Leguminosenanbaus wichtige Hebel, wobei Letzterer zusätzlich im Rahmen der Eiweißpflanzenstrategie auch zur Reduktion von Abhängigkeiten im Bereich Futtermittel beiträgt. Bei Phosphor und anderen Makronährstoffen sind insbesondere Kreislaufwirtschaft und Recycling von Nährstoffen von Bedeutung. Erste Phosphorrecyclinganlagen in Bayern zeigen beispielsweise, dass dies technisch funktioniert, deren Wettbewerbsfähigkeit ist aber noch begrenzt (BMFTR, 2025). Zu den zentralen Herausforderungen zählen bislang noch hohe Kosten, komplexe Abfallbehandlung und die Zusammenarbeit verschiedener Akteursgruppen, die systemorientierte Ansätze erfordern (Raniero et al., 2025). Aber auch mit dieser technischen Innovation bleibt ein integriertes Nährstoffmanagement wichtig zum Erreichen von Umweltzielen.

5.2 Europäische und internationale Weichenstellungen

Da zentrale Risiken für Versorgungssicherheit – von Marktvolatilität zu geopolitischen Störungen – zunehmend grenzüberschreitend wirken, gewinnt europäische und internationale Governance an Bedeutung. Studien zeigen, dass strategische Versorgungssicherheit, handelspolitische Kohärenz und internationale Kooperation entscheidend sind, um systemische Schocks abzufedern und Versorgungssicherheit langfristig zu sichern (Deconinck et al., 2023; Europäische Kommission, 2021; WFP, 2025).

Internationale Weichenstellungen

Internationale Zusammenarbeit wird vor dem Hintergrund globaler Machtverschiebungen – etwa zwischen den USA und China sowie durch die sich verändernde Rolle von BRICS und G7 – immer wichtiger. Entwicklungspolitik hat eine hohe ökonomische, geopolitische und sicherheitspolitische Wirkung und gewährleistet dadurch Versorgungssicherheit durch stabile, verlässliche Beziehungen (Chang et al., 2025; Heidland et al., 2025; Klingebiel, 2023).

Dennoch sollte sich Deutschland gemeinsam mit der EU weiterhin für das Einhalten des Pariser Klimaabkommens einsetzen. Angesichts der Tatsache, dass das verbleibende 1,5-°C-Kohlenstoffbudget weltweit in rasantem Tempo aufgebraucht wird und die globalen Emissionen weiterhin steigen und somit die oben beschriebenen Krisen weiter verschärfen, sollte Deutschland wissenschaftlichen Erkenntnisse systematisch in politische Entscheidungsprozesse einbinden und sich national wie international klar zu einem **zügigen und vollständigen Ausstieg aus fossilen Energieträgern** bekennen. Parallel dazu sollte Deutschland seine Strategien zur Klimaanpassung konsequent weiterentwickeln und umsetzen, um die wachsenden klimabedingten Risiken für Gesellschaft, Infrastruktur, Wirtschaft und Ökosysteme wirksam zu begrenzen. Eine ambitionierte nationale Klimapolitik stärkt zudem Deutschlands internationale Glaubwürdigkeit und Verhandlungskraft.

Deutsche und europäische **Entwicklungspolitik** kann mit **Maßnahmen in Erzeugerländern** Erträge wichtiger deutscher Importgüter erhöhen und stabilisieren (Heidland et al., 2025). Besonders deutlich zeigt sich das Potenzial bei Kulturen wie Kakao: In vielen Herkunftsländern erzielen Produzenten nur 10–20 % des möglichen Ertrags, der unter vergleichbaren klimatischen Bedingungen an Versuchsstationen erreicht wird (Asante et al., 2025). Projekte, die Kleinbäuerinnen und -bauern bessere und verlässlichere Ernten ermöglichen, tragen zugleich zur deutschen Versorgungssicherheit, globalen Ernährungssicherheit und zu nachhaltigen Entwicklungszielen bei. Beispiele dafür sind verbessertes Saatgut (Chemura et al., 2025), die Züchtung trockenheits- oder krankheitsresistenter

oder besonders ertragreicher Sorten (Hampf, et al., 2024) oder Agroforstsysteme (Gloy et al., 2025; Abigaba et al., 2024). Agroforstsysteme können überdies die Resilienz ganzer Produktionssysteme erhöhen – durch die verbesserte Temperaturregulation, höhere Humusgehalte, größere Biodiversität und verbesserte Wasserhaushalte (Abebaw et al., 2025; Köthke et al., 2022; Mathieu et al., 2025). Ergänzend sind Investitionen in Schulungen, Beratungsdienste und Risikomanagement erforderlich damit diese Maßnahmen ihre volle Wirkung entfalten (Castle et al., 2021; Houndjo Kpoviwanou et al., 2024).

Neben der Produktion können Maßnahmen zur Verbesserung von **Arbeitsbedingungen, Einkommen, Governance und politischer Stabilität** die Versorgungssicherheit stärken. Dazu zählen etwa existenzsichernde Einkommen, Mindestpreisstützungen, Qualifizierungsprogramme oder der Aufbau belastbarer staatlicher Institutionen (z.B. Rechtssicherheit in Lieferländern) (Klingebiel, 2023). Diese Maßnahmen sollten stärker in internationale Abkommen der Rio-Konventionen zu Klima-, Boden-, Wald- und Biodiversitätsschutz (UNFCCC, UNCCD, und CBD) integriert werden (Abebaw et al., 2025). Zwar können diese Abkommen kurzfristig Kosten erhöhen, langfristig tragen sie jedoch dazu bei, ökologische Schäden, soziale Instabilität und marktbedingte Versorgungsrisiken zu vermeiden und die Resilienz globaler Lieferketten zu stärken. Investitionen in Klima-, Wald- und Biodiversitätsschutz sind damit zentrale Voraussetzungen für stabile Agrarproduktion und eine verlässliche Versorgungssicherheit, insbesondere für Importländer wie Deutschland (Fleckenstein, 2024).

Europäische Weichenstellungen

Je stärker Importe auf wenige Länder konzentriert sind, desto anfälliger reagieren Versorgungssysteme auf Klimaextreme, geopolitische Konflikte oder pandemiebedingte Störungen. Die Europäische Union ist stark vom **globalen Handel und internationalen Lieferketten** abhängig, wodurch sich die Auswirkungen von Klimawandel, Umweltrisiken und geopolitischen Spannungen zunehmend indirekt auf die Versorgungssicherheit in der EU übertragen. Dies wirft grundlegende Fragen zur Rolle der Handelsliberalisierung auf, insbesondere im Hinblick auf die Verfügbarkeit, Erschwinglichkeit und ökologische Nachhaltigkeit von Lebensmitteln. Eine Vielzahl aktueller Studien, die sich primär mit Effizienzgewinnen durch offenen Handel befassen, zeigt, dass Ernährungssysteme umso anfälliger für Klimaextreme, geopolitische Konflikte oder pandemiebedingte Störungen sind, je stärker sich Importe auf wenige Länder konzentrieren. Entsprechend wird argumentiert, dass eine **Diversifizierung der Handelsbeziehungen** – etwa durch EU-Abkommen mit Westafrika (EPA), der Ukraine oder Kanada sowie durch den Abbau tarifärer und nichttarifärer Handelshemmnisse – die Resilienz erhöhen kann. Auch das EU-Mercosur-Abkommen, das eine weitgehende Zollreduktion vorsieht, wird in diesem Kontext als potenzieller Beitrag zur Stabilisierung der Versorgung diskutiert.

Gleichzeitig zeigen zahlreiche Studien, dass diese ökonomischen Vorteile häufig mit ökologischen und sozialen Zielkonflikten einhergehen. So weisen Analysen darauf hin, dass Handelsliberalisierung mit steigenden Treibhausgasemissionen korreliert, insbesondere zwischen Industrie- und Entwicklungsländern (Nemati et al., 2019), und dass Umweltbelastungen nach Handelsabkommen wie NAFTA zugenommen haben (Yu et al., 2011). Auch die Entwaldung nimmt im Zuge zunehmender Handelsverflechtungen, insbesondere in Lateinamerika, deutlich zu (Kastner et al., 2021), während europäische Importe von Rohstoffen wie Soja, Kaffee oder Palmöl mit erheblichen Entwaldungsrisiken verbunden sind (West et al., 2022). Darüber hinaus zeigen Studien, dass exportorientierte Produktionsstrukturen in Teilen Asiens und Subsahara-Afrikas die lokale Ernährungssicherheit schwächen können (Müller et al., 2021). Zwar enthalten viele Handelsabkommen Nachhaltigkeitskapitel, diese sind jedoch häufig nicht bindend und schwer durchsetzbar (García, 2022), wodurch ihre Wirksamkeit begrenzt bleibt (Santika et al., 2025).

Vor dem Hintergrund zunehmender Umweltdegradation und projizierter Klimarisiken – etwa dass bis 2050 rund 44 % der Agrarimporte der EU von Dürren betroffen sein könnten (Ercin et al., 2021) –

wächst der Bedarf, Handelsziele stärker mit ökologischen und sozialen Anforderungen zu verzahnen um langfristige Versorgungssicherheit zu gewährleisten. Um Rückkopplungseffekte zwischen europäischer Nachfrage, Umweltveränderungen in Produktionsländern und langfristiger Versorgungssicherheit zu berücksichtigen, sollte Handelspolitik stärker auf Stabilität und Resilienz ausgerichtet werden, etwa durch verbindliche Umwelt- und Sozialstandards, die Produktionsrisiken reduzieren und nachhaltige Entwicklung fördern (Jafari et al., 2024; Kummu et al., 2020). Die Etablierung klarer Mindeststandards („regulatorische Untergrenzen“) könnte dabei helfen, faire Wettbewerbsbedingungen zu schaffen und gleichzeitig die langfristige Zuverlässigkeit globaler Agrar- und Lebensmittelströme für die EU zu sichern.

Die **Gemeinsame Agrarpolitik (GAP)** der EU sollte zukünftig stärker Nachhaltigkeits- und Resilienzerfordernisse integrieren (Directorate-General for Agriculture and Rural Development, 2025; European Commission, 2025a). Dazu gehört insbesondere eine klimaangepasste, biodiverse Produktion in strategischen Bereichen, die in der Lage ist, sich an ein verändertes geopolitisches Umfeld anzupassen und so Versorgungssicherheit sicherzustellen. Die bisherige Ausgestaltung der GAP-Subventionen, die immer noch den Besitz von landwirtschaftlichen Flächen honoriert, ist nicht geeignet, diese strategische Steuerungsfunktion zu erfüllen (Baldoni & Ciaian, 2023; European Commission, 2025c). Die geforderte Neuausrichtung der Förderinstrumente auf resilienzsteigernde Maßnahmen, wie den Ausbau von klima- und standortangepassten Produktionssystemen sowie die Stärkung strategischer Wertschöpfungsketten, würde einen wichtigen Beitrag zur Verbesserung der Versorgungssicherheit und zur Stabilität des Agrar- und Ernährungssystems leisten (Directorate-General for Agriculture and Rural Development, 2025; European Commission, 2025a, 2025c).

Europa ist bei Produktions- und Verarbeitungskapazitäten in zentralen Bereichen stark von Drittländern abhängig, etwa bei Pflanzenproteinen oder der Düngemittelproduktion. Vor diesem Hintergrund gewinnt die Diskussion um „Open Strategic Autonomy“ auch im Agrar- und Ernährungssektor an Bedeutung. Das Ziel des Open Strategic Autonomy ist, durch **europäische Investitionen in strategische Produktions- und Verarbeitungsinfrastruktur** bestehende Resilienzschwachstellen zu reduzieren (Kroll, 2024). Dazu zählen beispielsweise der Ausbau und die Förderung von Phosphor- und Stickstoffrecycling-Infrastrukturen sowie die Entwicklung einer nachhaltigen europäischen Düngemittelproduktion. In Kombination mit der Stärkung des heimischen Anbaus von Eiweißpflanzen ergibt sich das Potenzial, sowohl den Bedarf an Mineraldüngern als auch an Futtermittelimporten deutlich zu verringern – zwei zentrale Abhängigkeiten des Agrar- und Ernährungssystems (Havlík et al., 2025).

5.3 Systemische Perspektive

Die Sicherstellung der Versorgungssicherheit erfordert eine systemische Perspektive, die die **gesamte Wertschöpfungskette** – von Inputfaktoren und Produktion bis Verarbeitung, Logistik, Handel und Konsum – und auch soziale und ökologische Resilienz und Krisen- und Sicherheitsaspekte einbezieht. Dazu gehört auch die Verringerung von Lebensmittelverlusten (Gatto & Chepeliev, 2024), eine der effizientesten Strategien, die Versorgungssicherheit zu erhöhen, da bereits produzierte Lebensmittel nicht verloren gehen. Zudem beinhaltet eine systemische Perspektive digitale Infrastruktur, Monitoring und Frühwarnsysteme, Redundanz und die Berücksichtigung von Wechselwirkungen zwischen Ernährung, Umwelt, Lebensgrundlagen, Regierungsführung und Resilienzindikatoren als zentrale Instrumente, um Klima-, Umwelt-, Handels- und geopolitische Risiken abzufedern (Deconinck et al., 2023; FAO, 2021; Schneider et al., 2025).

Die COVID-19-Pandemie und der Krieg in der Ukraine haben zudem gezeigt, wie wichtig koordinierte europäische Krisenmechanismen sind. Der European Food Security Crisis Preparedness and Response Mechanism (EFSCM) bietet hierfür eine Grundlage: Er umfasst ein kooperatives Vorgehen aller öffentlichen und privaten Akteure entlang der Wertschöpfungskette sowie eine enge horizontale

Abstimmung auf politischer und administrativer Ebene. Dazu gehören die laufende Beobachtung von Marktungleichgewichten und bei Bedarf rasches Eingreifen mit bestehenden Instrumenten (z.B. aus GAP und GSR), das Aufrechterhalten funktionsfähiger Lieferketten und Handelsströme, die möglichst freie Mobilität grenzüberschreitender und saisonaler Arbeitskräfte sowie eine frühzeitige, regelmäßige und transparente Kommunikation, um Fehlreaktionen und eine Verschärfung der Lage zu vermeiden (European Commission, 2025d; Pellizzoni et al., 2025). Auch **Substitutionsmöglichkeiten und Redundanzen von Aktivitäten und Netzwerken** tragen neben Diversifizierung, systemischen Ansätzen und Pufferstrategien zu resilienten Agrar- und Ernährungssystemen bei (Rimhanen et al., 2023).

Versorgungssicherheit sollte zudem als Bestandteil der **nationalen Sicherheitsstrategie** verstanden werden. Klimarisiken, geopolitische Schocks und Marktstörungen betreffen das Ernährungssystem unmittelbar. Der Katastrophenschutz kann hierzu wertvolle Expertise beitragen, etwa bei Risikoanalysen, Szenarien und operativer Vorsorge. Frühwarn- und Monitoringsysteme sind essenziell, insbesondere in Regionen außerhalb von Europa, wo geopolitische und Klimarisiken Produktionsausfälle verursachen, die erhebliche Auswirkungen auf deutsche Versorgungssicherheit haben. Ergänzend dazu braucht es **staatliche Notfallpläne**, um systemische und existenzbedrohende Risiken abzufedern. Auch der Aufbau von Risikopuffern für Klimaschocks sind ein wichtiges Instrument. Dazu gehören beispielsweise strategische Vorräte wie die Bundesreserve Getreide (bestehend aus Weizen, Roggen und Hafer) und die Zivile Notfallreserve mit gebrauchsfertigen Nahrungsmitteln (wie Reis, Erbsen, Linsen und Kondensmilch) verteilt auf 150 nicht öffentlich bekannte Lagerstandorte in Deutschland (Wissenschaftliche Dienste Deutscher Bundestag, 2024). Gleichzeitig müssen auch auf nationaler und kommunaler Ebene Strategien entwickelt werden, wie vorhandene Lagerbestände im Krisenfall tatsächlich zu den Menschen gelangen können. Dies umfasst insbesondere die Einbindung von Supermärkten, Logistikunternehmen und lokalen Versorgungsstrukturen in Notfallpläne sowie klare Zuständigkeiten für die Verteilung. Zudem stellt sich die Frage, wie staatliche Notfallreserven praktisch nutzbar gemacht werden können. Gerade bei länger andauernden Stromausfällen zeigen sich hier erhebliche Einschränkungen: Produkte wie Weizen, die erst weiterverarbeitet werden müssen, sind in solchen Situationen deutlich weniger geeignet als unmittelbar konsumierbare Lebensmittel (Gerhold et al., 2019).

Wirksame Resilienzpolitik erfordert den systematischen **Ausbau von Dateninfrastrukturen, Monitoring und Frühwarnsystemen**. Entscheidend sind hohe Datenqualität, robuste Risikoindikatoren und verlässliche Verfahren zur Früherkennung von Klima-, Produktions- und Marktstörungen. Systeme wie Monitoring Agricultural Resources (MARS) des Joint Research Centre (JRC) der Europäischen Kommission zeigen, dass präzise agrarmeteorologische Analysen und kurzfristige Ertragsprognosen wichtige Grundlagen für resiliente Entscheidungen liefern. Gleichzeitig entstehen viele Schwachstellen weniger durch fehlende Daten, als durch unklare institutionelle Zuständigkeiten, weshalb eine bessere Koordination zwischen EU-, Bundes- und Landesbehörden notwendig ist. Ein erweitertes Resilienz-Monitoring könnte die gesamte Wertschöpfungskette abbilden – nicht nur die Produktion – sowie mehr Grundnahrungsmittel, höhere räumliche Auflösung und verknüpfte Markt- und Risikodaten integrieren. Präzisere räumliche Vorhersagesysteme könnten zudem operationale Handlungsempfehlungen auf Landkreisniveau ermöglichen und damit staatliche wie private Akteure frühzeitiger und zielgerichteter unterstützen.

Die Versorgungssicherheit wird zunehmend durch **disruptive Entwicklungen** gefährdet, z.B. plötzliche Extremwetterereignisse, geopolitische Verschiebungen, Exportstopps, technologische Umbrüche oder Marktverwerfungen infolge spekulativer Kapitalströme. Forschung zeigt, dass gerade seltene, aber hochwirksame „Low-Probability/High-Impact“-Ereignisse zu systemischen Schocks führen können, wenn Lieferketten stark konzentriert oder eng getaktet sind. Resilienzpolitiken sollten daher stärker auf Antizipation setzen. Entscheidend ist, dass Politik und Wirtschaft nicht nur auf Krisen reagieren,

sondern potenzielle Disruptionen – z.B. neuartige KI-Entwicklungen, Innovation im Angebot (alternative Proteinquellen durch „Meat 2.0“), Energiepreisschocks oder politisch motivierte Marktinterventionen – aktiv in ihre Vorsorgeplanung integrieren (Huang et al., 2025).

Mit der **Digitalisierung** von Landwirtschaft, Logistik und Handel steigt die Verwundbarkeit gegenüber **Cyberangriffen** erheblich. Von Farm-Management-Systemen über Transportleitsysteme bis zu Lager- und Preissetzungsalgorithmen hängen zentrale Funktionen der Lebensmittelversorgung heute von digitaler Infrastruktur ab. Unterbrechungen können zu Produktionsausfällen, Störungen von Kühlketten oder Marktmanipulation führen. Cyberresilienz erfordert daher harmonisierte Sicherheitsstandards, verpflichtende Risikoanalysen, Notfallprotokolle sowie redundante digitale Systeme für kritische Prozesse. Eine engere Verzahnung von Agrar-, Innen- und Digitalpolitik ist notwendig, um klare Zuständigkeiten, Meldewege und gemeinsame Übungen zu etablieren. Zudem sollten landwirtschaftliche Betriebe und Logistiker stärker bei IT-Sicherheit unterstützt werden, da gerade kleine und mittlere Unternehmen zentrale, aber oft schlecht geschützte Knotenpunkte der Versorgungskette darstellen (Kulkarni et al., 2025; Rioussel, 2024).

Ökologische Stabilität bildet die biophysische Grundlage jeder Versorgungssicherheit. Degradierete Böden, sinkende Biodiversität, Wasserstress und Waldverluste erhöhen die Anfälligkeit von Agrarsystemen gegenüber Klimaextremen und verringern langfristig Produktivität und Verlässlichkeit von Lieferketten. Forschung betont, dass Maßnahmen wie nachhaltiges Bodenmanagement, Wiederherstellung degradierter Böden, diversifizierte Anbausysteme und Schutz ökologischer Pufferzonen zentrale Bausteine systemischer Resilienz sind (Tomalka et al., 2024). Umweltresilienzpolitiken sollten daher eng mit Handels-, Entwicklungs- und Agrarpolitiken verzahnt sein, etwa indem internationale Standards zu entwaldungsfreien Lieferketten, nachhaltiger Bewirtschaftung und integriertes Wassermanagement in Handelsabkommen verankert werden. Nationale und internationale Klima- und Umweltschutzabkommen verhindern langfristig strukturelle Produktionsausfälle und reduzieren damit Kosten. Sie steigern auch regionale Stabilität und stärken damit die Versorgungssicherheit europäischer Verbraucherinnen und Verbraucher.

Veränderte geopolitische Rahmenbedingungen sowie die Zunahme klimabedingter Produktionsausfälle gefährden zunehmend die Versorgungssicherheit in Deutschland. Besonders betroffen sind Lebensmittel mit geringem Selbstversorgungsgrad, doch selbst bei hoher Inlandserzeugung stellt sich die Frage, wie sich Verteilungsdynamiken im Falle massiver globaler Ernteaufälle entwickeln würden. Die großen Weizenproduzenten – Russland, China, Indien und die USA – passen ihre Exportpolitiken regelmäßig an und orientieren sich dabei nicht zwingend an europäischen Versorgungsinteressen. Zudem können Ernteaufälle, selbst wenn sie Deutschland nicht direkt treffen, indirekt erhebliche Rückwirkungen erzeugen: etwa in Ländern des Nahen Ostens mit starker Getreideimportabhängigkeit, die gleichzeitig zentrale Energiepartner für Europa sind; oder in afrikanischen Staaten, die sowohl Grundnahrungsmittel importieren als auch wichtige Rohstoffe für die europäische Elektronik- und Automobilindustrie liefern. Damit wird deutlich, dass Versorgungsrisiken nicht nur auf nationaler Ebene, sondern aus komplexen geopolitischen Interdependenzen entstehen und ein hoher Selbstversorgungsgrad häufig nicht die Lösung ist.

Literaturverzeichnis

- Abay, K. A., Breisinger, C., Glauber, J., Kurdi, S., Laborde, D., & Siddig, K. (2023). The Russia-Ukraine war: Implications for global and regional food security and potential policy responses. *Global Food Security*, 36, 100675. <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2023.100675>
- Abebeaw, S. E., Yeshiwas, E. M., & Feleke, T. G. (2025). A Systematic Review on the Role of Agroforestry Practices in Climate Change Mitigation and Adaptation. *Climate Resilience and Sustainability*, 4(2), e70018. <https://doi.org/10.1002/cli2.70018>
- Abigaba, D., Chemura, A., Gornott, C., & Schauburger, B. (2024). The potential of agroforestry to buffer climate change impacts on suitability of coffee and banana in Uganda. *Agroforestry Systems*, 98(6), 1555–1577. <https://doi.org/10.1007/s10457-024-01025-3>
- Adeniyi, D. (2019). Diversity of Cacao Pathogens and Impact on Yield and Global Production. In P. Osobase Aikpokpodion (Ed.), *Theobroma Cacao—Deploying Science for Sustainability of Global Cocoa Economy*. IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.81993>
- Ajewole, K. K., Sabala, E., & Beckman, J. (2025). *Evaluating the impacts of projected yield changes on India's wheat and rice markets* (ERR-351). U.S. Department of Agriculture, Economic Research Service.
- Amrouk, E. M., Palmeri, F., & Magrini, E. (2025). *Global coffee market and recent price developments*. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). <https://openknowledge.fao.org/handle/20.500.14283/cd4706en>
- Asante, P. A., Rahn, E., Anten, N. P. R., Zuidema, P. A., Morales, A., & Rozendaal, D. M. A. (2025). Climate change impacts on cocoa production in the major producing countries of West and Central Africa by mid-century. *Agricultural and Forest Meteorology*, 362, 110393. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2025.110393>
- Auer, C., Bosello, F., Bressan, G., Delpiazzi, E., Monasterolo, I., Otto, C., Parrado, R., & Reyer, C. P. O. (2025). Cascading socio-economic and financial impacts of the Russia-Ukraine war differ across sectors and regions. *Communications Earth & Environment*, 6(1), 194. <https://doi.org/10.1038/s43247-025-02119-1>
- Baldoni, E., & Ciaian, P. (2023). The capitalization of CAP subsidies into land prices in the EU. *Land Use Policy*, 134, 106900. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2023.106900>
- Bari, M. A., Khuram, M. A., Khan, G. D., & Bin Kamal, M. K. (2025). From revolution to inflation: The economic consequences of the Arab spring on Yemen's food prices. *Humanities and Social Sciences Communications*, 12(1), 1518. <https://doi.org/10.1057/s41599-025-05777-w>
- Barona, E., Ramankutty, N., Hyman, G., & Coomes, O. T. (2010). The role of pasture and soybean in deforestation of the Brazilian Amazon. *Environmental Research Letters*, 5(2), 024002. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/5/2/024002>
- Bayerisches Landesamt für Statistik. (2023). *Hopfenernte in Bayern 2022* [Statistische Berichte]. Bayerisches Landesamt für Statistik.
- Bayrisches Landesanstalt für Landwirtschaft. (2025). *Hopfen – Krankheiten, Schädlinge, nichtparasitäre Schadbilder*. <https://www.lfl.bayern.de/ipz/hopfen/108626/index.php>
- Becker, R., Schauburger, B., Merz, R., Schulz, S., & Gornott, C. (2025). The vulnerability of winter wheat in Germany to air temperature, precipitation or compound extremes is shaped by soil-climate zones. *Agricultural and Forest Meteorology*, 361, 110322. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2024.110322>
- Beillouin, D., Ben-Ari, T., Malézieux, E., Seufert, V., & Makowski, D. (2021). Positive but variable effects of crop diversification on biodiversity and ecosystem services. *Global Change Biology*, 27(19), 4697–4710. <https://doi.org/10.1111/gcb.15747>
- Bernacchi, C. J., Long, S. P., & Ort, D. R. (2025). Safeguarding crop photosynthesis in a rapidly warming world. *Science*, 388(6752), 1153–1160. <https://doi.org/10.1126/science.adv5413>
- Bernacchi, C. J., Ruiz-Vera, U. M., Siebers, M. H., DeLucia, N. J., & Ort, D. R. (2023). Short- and long-term warming events on photosynthetic physiology, growth, and yields of field grown crops. *Biochemical Journal*, 480(13), 999–1014. <https://doi.org/10.1042/BCJ20220433>
- Bhardwaj, S. C., Gangwar, O. P., Prasad, P., & Kumar, S. (2022). Wheat Rust Research-Shifting Paradigms Globally. In P. L. Kashyap, V. Gupta, O. Prakash Gupta, R. Sendhil, K. Gopalareddy, P. Jasrotia, & G. P. Singh (Eds), *New Horizons in Wheat and Barley Research: Crop Protection and Resource Management* (pp. 3–20). Springer Nature. https://doi.org/10.1007/978-981-16-4134-3_1
- BMEL. (2025). *Hopfenanbau*. BMEL-Statistik. <https://www.bmel-statistik.de/landwirtschaft/bodennutzung-und-pflanzliche-erzeugung/hopfenanbau>

- BMFTR. (2025). *Recyclingdünger für die Region*. <https://www.fona.de/de/recyclingduenger-fuer-die-region>
- Braugersten-Gemeinschaft e.V. (2025). *Erntebericht zur Braugerstenernte 2025 in Deutschland—Stand: November 2025*.
- Bublik, N., & Hess, S. (2025). Comparing hops and malt price transmission in the beer value chain: Evidence from Germany. *Agricultural and Food Economics*, 13(1), 82. <https://doi.org/10.1186/s40100-025-00425-y>
- Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung. (2025a). *Bericht zur Markt- und Versorgungslage Getreide 2025*. https://www.ble.de/SharedDocs/Downloads/DE/BZL/Daten-Berichte/Getreide_Getreideerzeugnisse/2025BerichtGetreide.pdf
- Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung. (2025b). *Bundesreserve*. <https://www.ble.de/DE/Themen/Landwirtschaft/Kritische-Infrastruktur/Notfallreserve/Bundesreserve/bundesreserve.html>
- Bundesinformationszentrum Landwirtschaft. (2025a). *Deutscher Hopfen deckt 41 Prozent des weltweiten Bedarfs*. <https://www.landwirtschaft.de/infothek/landwirtschaft-in-zahlen/markt-und-versorgung/deutscher-hopfen-deckt-41-prozent-des-weltweiten-bedarfs>
- Bundesinformationszentrum Landwirtschaft. (2025b). *Hopfen: Eine ganz spezielle Kulturpflanze: BZL*. <https://www.landwirtschaft.de/tier-und-pflanze/pflanze/nutzpflanzen-allgemein/hopfen-eine-ganz-speziale-kulturpflanze>
- Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft. (2017). *Ernte 2018—Mengen und Preise*. https://www.bmleh.de/SharedDocs/Downloads/DE/_Landwirtschaft/Pflanzenbau/Ernte-Bericht/ernte-2018.pdf?__blob=publicationFile&v=2
- Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft. (2019). *Besondere Ernte- und Qualitätsermittlung (BEE) 2018*. Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft.
- Bundesministerium für Landwirtschaft, Ernährung und Heimat. (n.d.). *Staatliche Vorsorge—Häufig gestellte Fragen (FAQ)*. Retrieved 16 December 2025, from <https://www.ernaehrungsvorsorge.de/staatliche-vorsorge/haeufig-gestellte-fragen-faq>
- Bundesministerium für Landwirtschaft, Ernährung und Heimat. (2023). *Statistisches Jahrbuch über Ernährung, Landwirtschaft und Forsten*. Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft. <https://www.bmel-statistik.de/footer/navigation/archiv/statistisches-jahrbuch/tabellen-kapitel-a-b-und-hi-des-statistischen-jahrbuchs>
- Bundesministerium für Landwirtschaft, Ernährung und Heimat. (2024). *Außenhandel mit Brasilien*. <https://www.bmel-statistik.de/aussenhandel/deutscher-aussenhandel/aussenhandel-mit-brasilien>
- Bundesministerium für Landwirtschaft und Ernährung. (2023). *Agrarpolitischer Bericht der Bundesregierung 2023*. https://www.bmleh.de/SharedDocs/Downloads/DE/Broschueren/agrarpolit-2023.pdf?__blob=publicationFile&v=9
- Bundesvereinigung der deutschen Ernährungsindustrie. (2022). *Die Ernährungsindustrie an der Belastungsgrenze* [Handreichung].
- Bunn, C., Läderach, P., Ovalle Rivera, O., & Kirschke, D. (2015). A bitter cup: Climate change profile of global production of Arabica and Robusta coffee. *Climatic Change*, 129(1–2), 89–101. <https://doi.org/10.1007/s10584-014-1306-x>
- Butler, S., & Jones, S. (2024, November 23). Spain's floods force some UK sellers to buy oranges from southern hemisphere. *The Guardian*. <https://www.theguardian.com/business/2024/nov/23/spains-floods-force-uk-sellers-buy-oranges-southern-hemisphere>
- Cammarano, D., Jamshidi, S., Hoogenboom, G., Ruane, A. C., Niyogi, D., & Ronga, D. (2022). Processing tomato production is expected to decrease by 2050 due to the projected increase in temperature. *Nature Food*, 3, 437–444.
- Cardell, M. F., Amengual, A., & Romero, R. (2019). Future effects of climate change on the suitability of wine grape production across Europe. *Regional Environmental Change*, 19(8), 2299–2310. <https://doi.org/10.1007/s10113-019-01502-x>
- Castle, S. E., Miller, D. C., Ordonez, P. J., Baylis, K., & Hughes, K. (2021). The impacts of agroforestry interventions on agricultural productivity, ecosystem services, and human well-being in low- and middle-income countries: A systematic review. *Campbell Systematic Reviews*, 17(2), e1167. <https://doi.org/10.1002/cl2.1167>
- Ceccarelli, S., & Grando, S. (2020). Evolutionary Plant Breeding as a Response to the Complexity of Climate Change. *iScience*, 23(12), 101815. <https://doi.org/10.1016/j.isci.2020.101815>
- Chang, X., Song, Z., & Zhou, T. (2025). Geopolitical risk and global supply chain resilience. *Finance Research Letters*, 86, 108551. <https://doi.org/10.1016/j.frl.2025.108551>

- Chemura, A., Arumugum, P., Murken, L., Romanovska, P., Kutesa, E. A., Von Loeben, S., & Gornott, C. (2025). Contribution of improved varieties to maize productivity under climate change in Uganda. *Food Security*, 17(5), 1223–1239. <https://doi.org/10.1007/s12571-025-01564-2>
- Chemura, A., Mudereri, B. T., Yalew, A. W., & Gornott, C. (2021). Climate change and specialty coffee potential in Ethiopia. *Scientific Reports*, 11(1), 8097. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-87647-4>
- Cilas, C., & Bastide, P. (2020). Challenges to Cocoa Production in the Face of Climate Change and the Spread of Pests and Diseases. *Agronomy*, 10(9), 1232. <https://doi.org/10.3390/agronomy10091232>
- Clapp, J., & Moseley, W. G. (2020). This food crisis is different: COVID-19 and the fragility of the neoliberal food security order. *The Journal of Peasant Studies*, 47(7), 1393–1417. <https://doi.org/10.1080/03066150.2020.1823838>
- Coluccia, B., Agnusdei, G. P., Miglietta, P. P., & De Leo, F. (2021). Effects of COVID-19 on the Italian agri-food supply and value chains. *Food Control*, 123, 107839. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2020.107839>
- Coste, R. (1992). *Coffee: The plant and the product*. Macmillan.
- Craparo, A. C. W., Van Asten, P. J. A., Läderach, P., Jassogne, L. T. P., & Grab, S. W. (2015). Coffea arabica yields decline in Tanzania due to climate change: Global implications. *Agricultural and Forest Meteorology*, 207, 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2015.03.005>
- DaMatta, F. M., & Ramalho, J. D. C. (2006). Impacts of drought and temperature stress on coffee physiology and production: A review. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, 18(1), 55–81. <https://doi.org/10.1590/S1677-04202006000100006>
- Davis, A., Chadburn, H., Moat, J., O’Sullivan, R., Hargreaves, S., & Nic Lughadha, E. (2019). High extinction risk for wild coffee species and implications for coffee sector sustainability. *Science Advances*, 5(1), eaav3473. <https://doi.org/10.1126/sciadv.aav3473>
- Deconinck, K., Henderson, B., Gregg, D., & Hill, D. (2023). Towards resilient food systems: Implications of supply chain disruptions and policy responses. *OECD Food, Agriculture and Fisheries Papers*, No. 205. <https://doi.org/10.1787/f7998e46-en>
- Della Peruta, R., Mereu, V., Spano, D., Marras, S., Vezy, R., & Trabucco, A. (2025). Projecting trends of arabica coffee yield under climate change: A process-based modelling study at continental scale. *Agricultural Systems*, 227, 104353. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2025.104353>
- Deutscher Kaffeeverband. (2025). *Kaffeeland Deutschland: 20. „Tag des Kaffees“ – spannende Fakten zum Lieblingsgetränk*. Deutscher Kaffeeverband e.V. <https://www.kaffeeverband.de/de/presse/kaffeeland-deutschland-20-tag-des-kaffees-spannende-fakten-zum-liebblingsgetraenk>
- Devanand, A., Falster, G. M., Gillett, Z. E., Hobeichi, S., Holgate, C. M., Jin, C., Mu, M., Parker, T., Rifai, S. W., Rome, K. S., Stojanovic, M., Vogel, E., Abram, N. J., Abramowitz, G., Coats, S., Evans, J. P., Gallant, A. J. E., Pitman, A. J., Power, S. B., ... Ukkola, A. M. (2024). Australia’s Tinderbox Drought: An extreme natural event likely worsened by human-caused climate change. *Science Advances*, 10(10), ead3460. <https://doi.org/10.1126/sciadv.adj3460>
- Dinh, T. L. A., Aires, F., & Rahn, E. (2022). Statistical Analysis of the Weather Impact on Robusta Coffee Yield in Vietnam. *Frontiers in Environmental Science*, 10, 820916. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2022.820916>
- Directorate-General for Agriculture and Rural Development. (2025, October 24). *Future CAP proposal aims to protect Sustainability and Resilience in Farming*. https://agriculture.ec.europa.eu/media/news/future-cap-proposal-aims-protect-sustainability-and-resilience-farming-2025-10-24_en
- Dreoni, I., Schaafsma, M., & Matthews, Z. (2021). *The Social Impacts of Cocoa Production: A Systematic Review*. https://www.researchgate.net/publication/363535164_The_social_impacts_of_cocoa_production_a_systematic_review
- Eckardt, N. A., Ainsworth, E. A., Bahuguna, R. N., Broadley, M. R., Busch, W., Carpita, N. C., Castrillo, G., Chory, J., DeHaan, L. R., Duarte, C. M., Henry, A., Jagdish, S. V. K., Langdale, J. A., Leakey, A. D. B., Liao, J. C., Lu, K.-J., McCann, M. C., McKay, J. K., Odeny, D. A., ... Zhang, X. (2023). Climate change challenges, plant science solutions. *The Plant Cell*, 35(1), 24–66. <https://doi.org/10.1093/plcell/koac303>
- Ercin, E., Veldkamp, T. I. E., & Hunink, J. (2021). Cross-border climate vulnerabilities of the European Union to drought. *Nature Communications*, 12(1), 3322. <https://doi.org/10.1038/s41467-021-23584-0>
- Europäische Kommission. (2021). *Strategic dependencies and capacities: Building resilience in the EU agri-food sector*. https://commission.europa.eu/system/files/2021-05/swd-strategic-dependencies-capacities_en.pdf
- European Commission. (2025a). *Europe’s Budget—CAP post-2027: Fostering farm sustainability*.
- European Commission. (2025b). *Fertiliser prices*. <https://agridata.ec.europa.eu/extensions/DashboardFertiliser/FertiliserPrices.html>

- European Commission. (2025c). *The 28 CAP Strategic Plans underway: Summary of implementation in 2023-24*. https://agriculture.ec.europa.eu/document/download/693bd246-94a9-4d34-b82a-fb14546adccb_en?filename=csp-implementation-executive-summary_en%282%29.pdf
- European Commission. (2025d, December 16). *Ensuring global food supply and food security*. https://agriculture.ec.europa.eu/common-agricultural-policy/agri-food-supply-chain/ensuring-global-food-supply-and-food-security_en
- European Food Safety Authority. (2025). *Xylella fastidiosa*. <https://www.efsa.europa.eu/en/topics/topic/xylella-fastidiosa>
- FAO. (2008). *Urgent call for global fight against wheat killer*. Newsroom. <https://www.fao.org/newsroom/detail/Urgent-call-for-global-fight-against-wheat-killer/en>
- FAO. (2021). *The State of Food and Agriculture 2021. Making agrifood systems more resilient to shocks and stresses*. FAO. <https://doi.org/10.4060/cb4476en>
- FAO. (2025). *SEPAL Forest and Land Monitoring for Climate Action—Cocoa*. SEPAL. <https://www.fao.org/in-action/sepal/activities/cocoa/en>
- Farooq, M., Bramley, H., Palta, J. A., & Siddique, K. H. M. (2011). Heat Stress in Wheat during Reproductive and Grain-Filling Phases. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 30(6), 491–507. <https://doi.org/10.1080/07352689.2011.615687>
- Fekete, A., Estrany, J., & Ramírez, M. Á. A. (2025). Cascading impact chains and recovery challenges of the 2024 Valencia catastrophic floods. *Discover Sustainability*, 6(1), 586. <https://doi.org/10.1007/s43621-025-01483-4>
- Fleckenstein, M. (2024). *Aligning the Rio Conventions for Sustainable Food Systems Transformation*. (p. Gland, Switzerland). WWF.
- Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE. (2025). *HoPVen—Fraunhofer ISE*. Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE. <https://www.ise.fraunhofer.de/de/forschungsprojekte/hopven.html>
- García, M. J. (2022). Sanctioning Capacity in Trade and Sustainability Chapters in EU Trade Agreements: The EU–Korea Case. *Politics and Governance*, 10(1), 58–67. <https://doi.org/10.17645/pag.v10i1.4782>
- Garrett, R. D., Levy, S. A., Gollnow, F., Hodel, L., & Rueda, X. (2021). Have food supply chain policies improved forest conservation and rural livelihoods? A systematic review. *Environmental Research Letters*, 16(3), 033002. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/abe0ed>
- Gatti, L. V., Basso, L. S., Miller, J. B., Gloor, M., Gatti Domingues, L., Cassol, H. L. G., Tejada, G., Aragão, L. E. O. C., Nobre, C., Peters, W., Marani, L., Arai, E., Sanches, A. H., Corrêa, S. M., Anderson, L., Von Randow, C., Correia, C. S. C., Crispim, S. P., & Neves, R. A. L. (2021). Amazonia as a carbon source linked to deforestation and climate change. *Nature*, 595(7867), 388–393. <https://doi.org/10.1038/s41586-021-03629-6>
- Gatto, A., & Chepeliev, M. (2024). Global food loss and waste estimates show increasing nutritional and environmental pressures. *Nature Food*, 5(2), 136–147. <https://doi.org/10.1038/s43016-023-00915-6>
- Georgi, U. (2025, July 30). *Supermärkte schließen Kaffee weg*. <https://www.mdr.de/nachrichten/deutschland/panorama/teurer-kaffee-supermarkt-weggesperrt-100.html>
- Georgitzikis, K., & D’elia, E. (2022). *Potash: Impact assessment for supply security*. European Commission. <https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC129105>
- Gerhold, L., Cortez Garcia, K., & Guerrero Lara, A. (with Freie Universität Berlin). (2019). *Lebensmittelversorgung in Krisen und Katastrophen: Versorgung der Bevölkerung mit Lebensmitteln in OECD-Ländern im Falle von Großschadensereignissen: BBK-Projekt-Nr. FP 388 ‘VVL-OECD’, Oktober 2017*. Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe.
- Getachew, M., Tolassa, K., De Frenne, P., Verheyen, K., Tack, A. J. M., Hylander, K., Ayalew, B., & Boeckx, P. (2022). The relationship between elevation, soil temperatures, soil chemical characteristics, and green coffee bean quality and biochemistry in southwest Ethiopia. *Agronomy for Sustainable Development*, 42(4), 61. <https://doi.org/10.1007/s13593-022-00801-8>
- Getirana, A., Libonati, R., & Cataldi, M. (2021). Brazil is in water crisis—It needs a drought plan. *Nature*, 600, 218–220. <https://doi.org/10.1038/d41586-021-03625-w>
- Gilbert, C. L. (2024). Cocoa: Origin Differentials and the Living Income Differential. *The European Journal of Development Research*, 36(4), 777–802. <https://doi.org/10.1057/s41287-023-00612-x>
- Glauber, J., & Mamun, A. (2024, January 17). Impacts of Red Sea shipping disruptions on global food security. *IFPRI Blog: Markets, Trade, and Institutions*. <https://www.ifpri.org/blog/impacts-red-sea-shipping-disruptions-global-food-security/>

- Gleick, P. H. (2014). Water, Drought, Climate Change, and Conflict in Syria. *Weather, Climate, and Society*, 6(3), 331–340. <https://doi.org/10.1175/WCAS-D-13-00059.1>
- Gloy, N., Chemura, A., Tchindjang, M., & Gornott, C. (2025). Mapping climate change impacts on cocoa agroforestry systems in Cameroon to mitigate future deforestation. *Agronomy for Sustainable Development*, 45(6), 66. <https://doi.org/10.1007/s13593-025-01042-1>
- Grant, T. (2024, January 25). Red Sea crisis: Why coffee roasters need to prepare for shipping delays. *Perfect Daily Grind*. <https://perfectdailygrind.com/2024/01/red-sea-conflict-coffee-shipping-delays-roasters/>
- Grill, G., Lehner, B., Thieme, M., Geenen, B., Tickner, D., Antonelli, F., Babu, S., Borrelli, P., Cheng, L., Crochetiere, H., Ehalt Macedo, H., Filgueiras, R., Goichot, M., Higgins, J., Hogan, Z., Lip, B., McClain, M. E., Meng, J., Mulligan, M., ... Zarfl, C. (2019). Mapping the world's free-flowing rivers. *Nature*, 569(7755), 215–221. <https://doi.org/10.1038/s41586-019-1111-9>
- Grillakis, M. G., Kapetanakis, E. G., & Goumenaki, E. (2022). Climate change implications for olive flowering in Crete, Greece: Projections based on historical data. *Climatic Change*, 175(1–2), 7. <https://doi.org/10.1007/s10584-022-03462-4>
- Grüter, R., Trachsel, T., Laube, P., & Jaisli, I. (2022). Expected global suitability of coffee, cashew and avocado due to climate change. *PLOS ONE*, 17(1), e0261976. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0261976>
- Hampf, A., Murken, L., & Gornott, C. (2024). Zukunftssicher durch Anpassung? Die Rolle klimaresilienter Sorten in der Landwirtschaft. In *Warnsignal Klima: Herausforderung Wetterextreme* (pp. 288–294).
- Harvey, C. A., Pritts, A. A., Zwetsloot, M. J., Jansen, K., Pulleman, M. M., Armbrecht, I., Avelino, J., Barrera, J. F., Bunn, C., García, J. H., Isaza, C., Munoz-Ucros, J., Pérez-Alemán, C. J., Rahn, E., Robiglio, V., Somarriba, E., & Valencia, V. (2021). Transformation of coffee-growing landscapes across Latin America. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 41(5), 62. <https://doi.org/10.1007/s13593-021-00712-0>
- Havlík, P., van Meijl, H., Krisztin, T., Müller, M., van Berkum, S., Fellmann, T., Gocht, A., Guyomard, H., Haniotis, T., Matthews, A., Sckokai, P., Stepanyan, D., Witzke, P., Balázs, K., & Bos, D. (2025). *Sustainable agricultural sector: A key component of EU economic prosperity and security – An economic modellers' perspective*. <https://zenodo.org/records/16413131>
- Hebebrand, C., & Glauber, J. (2024, April 5). Global fertilizer trade 2021-2023: What happened after war-related price spikes. *IFPRI*. <https://www.ifpri.org/blog/global-fertilizer-trade-2021-2023-what-happened-after-war-related-price-spikes/>
- Heidland, T., Michael, M., Schularick, M., & Thiele, R. (2025). *Identifying mutual interests: How donor countries benefit from foreign aid* (No. 2291; Kiel Working Paper). Kiel Institute for the World Economy (IfW Kiel). <https://hdl.handle.net/10419/319886>
- Helander, H., Schnepf, S., Stetter, T., Ferrara, F., & Leipold, S. (2024). Convenient solutions, inconvenient truths – Why supermarkets will not drive food system transformation. *Ecological Economics*, 218, 108096. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2023.108096>
- Helman, D., & Bonfil, D. J. (2022). Six decades of warming and drought in the world's top wheat-producing countries offset the benefits of rising CO2 to yield. *Scientific Reports*, 12(1), 7921. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-11423-1>
- Hobbs, J. E. (2021). Food supply chain resilience and the COVID-19 pandemic: What have we learned? *Canadian Journal of Agricultural Economics/Revue Canadienne d'agroeconomie*, 69(2), 189–196. <https://doi.org/10.1111/cjag.12279>
- Hoffmann, P., Lehmann, J., Fallah, B., & Hattermann, F. F. (2021). Atmosphere similarity patterns in boreal summer show an increase of persistent weather conditions connected to hydro-climatic risks. *Scientific Reports*, 11(1), 22893. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-01808-z>
- Homer-Dixon, T., Walker, B., Biggs, R., Crépin, A.-S., Folke, C., Lambin, E. F., Peterson, G. D., Rockström, J., Scheffer, M., Steffen, W., & Troell, M. (2015). Synchronous failure: The emerging causal architecture of global crisis. *Ecology and Society*, 20(3), art6. <https://doi.org/10.5751/ES-07681-200306>
- Hör, S., Beer, T., Hoheneder, F., Becker, T., & Gastl, M. (2025). Influence of drought stress and growth temperature during kernel development on physical and chemical starch characteristics of malting barley. *Cereal Chemistry*, 102(2), 290–302. <https://doi.org/10.1002/cche.10793>
- Houndjo Kpoviwanou, M. R. J., Sourou, B. N. K., & Ouinsavi, C. A. I. N. (2024). Challenges in adoption and wide use of agroforestry technologies in Africa and pathways for improvement: A systematic review. *Trees, Forests and People*, 17, 100642. <https://doi.org/10.1016/j.tfp.2024.100642>
- Huang, I. Y., Forero, O. A., Wagner-Medina, E. V., Florez Diaz, H., Tremma, O., Fargetton, X., & Lowenberg-DeBoer, J. (2025). Resilience of food supply systems to sudden shocks: A global review and narrative synthesis. *Global Food Security*, 44, 100842. <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2025.100842>

- Hyslop, C., & Workman, M. (2025). *Climate and biodiversity risks to EU food imports—Evaluating the climate and biodiversity risks to overseas production and supply chains of maize, rice, wheat, cocoa, coffee and soy*. Foresight Transitions. <https://www.foresighttransitions.co.uk/publications/climate-and-biodiversity-risks-to-eu-food-imports>
- ICO. (2025). *Coffee Market Report February 2025*. International Coffee Organization (ICO). <https://www.ico.org/documents/cy2024-25/cmr-0225-e.pdf>
- IPBES (with Potts, S. G., Imperatriz-Fonseca, V., Ngo, H. T., Bartuska, A., Medellín, R. A., Baste, I. A., Oteng-Yeboah, A., & Watson, R.). (2016). *The assessment report of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services on pollinators, pollination and food production*. IPBES. <https://doi.org/10.5281/ZENODO.3402856>
- IPBES. (2018). *Summary for policymakers of the assessment report on land degradation and restoration of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services*. IPBES. <https://doi.org/10.5281/zenodo.3237411>
- IPBES. (2019). *Global assessment report on biodiversity and ecosystem services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services (Version 1)*. IPBES. <https://doi.org/10.5281/zenodo.6417333>
- IPCC. (2023). *Annex I: Glossary [Reisinger, A., D. Cammarano, A. Fischlin, J.S. Fuglestedt, G. Hansen, Y. Jung, C. Ludden, V. Masson-Delmotte, R. Matthews, J.B.K Mintenbeck, D.J. Orendain, A. Pirani, E. Poloczanska, and J. Romero (eds.)]* (Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, H. Lee and J. Romero (Eds.)]). IPCC.
- Jafari, Y., Engemann, H., & Zimmermann, A. (2024). The multiple dimensions of resilience in agricultural trade networks. *Q Open*, 4(2), qoae024. <https://doi.org/10.1093/qopen/qoae024>
- Jagtap, S., Trollman, H., Trollman, F., Garcia-Garcia, G., Parra-López, C., Duong, L., Martindale, W., Munekata, P. E. S., Lorenzo, J. M., Hdaifeh, A., Hassoun, A., Salonitis, K., & Afy-Shararah, M. (2022). The Russia-Ukraine Conflict: Its Implications for the Global Food Supply Chains. *Foods*, 11(14), 2098. <https://doi.org/10.3390/foods11142098>
- Janssen, M., Chang, B. P. I., Hristov, H., Pravst, I., Profeta, A., & Millard, J. (2021). Changes in Food Consumption During the COVID-19 Pandemic: Analysis of Consumer Survey Data From the First Lockdown Period in Denmark, Germany, and Slovenia. *Frontiers in Nutrition*, 8, 635859. <https://doi.org/10.3389/fnut.2021.635859>
- Jaramillo, J., Muchugu, E., Vega, F. E., Davis, A., Borgemeister, C., & Chabi-Olaye, A. (2011). Some Like It Hot: The Influence and Implications of Climate Change on Coffee Berry Borer (*Hypothenemus hampei*) and Coffee Production in East Africa. *PLoS ONE*, 6(9), e24528. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0024528>
- Jaureguiberry, P., Titeux, N., Wiemers, M., Bowler, D. E., Coscieme, L., Golden, A. S., Guerra, C. A., Jacob, U., Takahashi, Y., Settele, J., Díaz, S., Molnár, Z., & Purvis, A. (2022). The direct drivers of recent global anthropogenic biodiversity loss. *Science Advances*, 8(45), eabm9982. <https://doi.org/10.1126/sciadv.abm9982>
- Jiao, S., Lu, Y., & Wei, G. (2022). Soil multitrophic network complexity enhances the link between biodiversity and multifunctionality in agricultural systems. *Global Change Biology*, 28(1), 140–153. <https://doi.org/10.1111/gcb.15917>
- Jørgensen, P. S., Jansen, R. E. V., Ortega, D. I. A., Wang-Erlandsson, L., Donges, J. F., Österblom, H., Olsson, P., Nyström, M., Lade, S. J., Hahn, T., Folke, C., Peterson, G. D., & Crépin, A.-S. (2023). Evolution of the polycrisis: Anthropocene traps that challenge global sustainability. *Philosophical Transactions B*, 379. <https://doi.org/doi.org/10.1098/rstb.2022.0261>
- Jumle, V., Kunesch, T., & Tröbs, L. (2022). *Von Reis bis Schokolade—Von diesen Ländern hängt die deutsche Lebensmittelversorgung ab*. Tagesspiegel. <https://interaktiv.tagesspiegel.de/lab/von-reis-bis-schokolade-von-diesen-laendern-haengt-die-deutsche-lebensmittelversorgung-ab/>
- Kaffeesteuergesetz (KaffeeStG), Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz (2009). https://www.gesetze-im-internet.de/kaffeestg_2009/index.html
- Kalischek, N., Lang, N., Renier, C., Daudt, R. C., Addoah, T., Thompson, W., Blaser-Hart, W. J., Garrett, R., Schindler, K., & Wegner, J. D. (2023). Cocoa plantations are associated with deforestation in Côte d'Ivoire and Ghana. *Nature Food*, 4(5), 384–393. <https://doi.org/10.1038/s43016-023-00751-8>
- Kastner, T., Chaudhary, A., Gingrich, S., Marques, A., Persson, U. M., Bidoglio, G., Le Provost, G., & Schwarzmüller, F. (2021). Global agricultural trade and land system sustainability: Implications for

- ecosystem carbon storage, biodiversity, and human nutrition. *One Earth*, 4(10), 1425–1443.
<https://doi.org/10.1016/j.oneear.2021.09.006>
- Kath, J., Mittahalli Byrareddy, V., Mushtaq, S., Craparo, A., & Porcel, M. (2021). Temperature and rainfall impacts on robusta coffee bean characteristics. *Climate Risk Management*, 32, 100281.
<https://doi.org/10.1016/j.crm.2021.100281>
- Kelling, M., Scholz, C., Roeleke, M., Blohm, T., Pufelski, J., Nathan, R., Toledo, S., Jeltsch, F., & Voigt, C. C. (2026). Pest suppression services of insectivorous bats in intensively managed arable land benefit from adjacent near-natural areas. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 397, 110101.
<https://doi.org/10.1016/j.agee.2025.110101>
- King, J., Dreisigacker, S., Reynolds, M., Bandyopadhyay, A., Braun, H., Crespo-Herrera, L., Crossa, J., Govindan, V., Huerta, J., Ibba, M. I., Robles-Zazueta, C. A., Saint Pierre, C., Singh, P. K., Singh, R. P., Achary, V. M. M., Bhavani, S., Blasch, G., Cheng, S., Dempewolf, H., ... Uauy, C. (2024). Wheat genetic resources have avoided disease pandemics, improved food security, and reduced environmental footprints: A review of historical impacts and future opportunities. *Global Change Biology*, 30(8), e17440.
<https://doi.org/10.1111/gcb.17440>
- Klingebiel, S. (2023). *Geopolitics, the Global South and Development Policy* (No. 14/2023; IDOS Policy Brief). German Institute of Development and Sustainability (IDOS). <https://hdl.handle.net/10419/279674>
- Kolev, G. V., & Obst, T. (2022). *Global value chains of the EU member states: Policy options in the current debate* (Research Report No. 4/2022). IW-Report. <https://www.econstor.eu/handle/10419/249327>
- Koliaki, C. C., Katsilambros, N. L., & Dimosthenopoulos, C. (2024). The Mediterranean Diet in the Era of Climate Change: A Reference Diet for Human and Planetary Health. *Climate*, 12(9), 136.
<https://doi.org/10.3390/cli12090136>
- Köthke, M., Ahimbisibwe, V., & Lippe, M. (2022). The evidence base on the environmental, economic and social outcomes of agroforestry is patchy—An evidence review map. *Frontiers in Environmental Science*, 10.
<https://doi.org/10.3389/fenvs.2022.925477>
- Kowatsch, S. (Director). (2025, May 2). Kaffee als Luxusgut: Warum der Genuss bald noch teurer wird [Broadcast]. In *SUPER.MARKT*. rbb. <https://www.swr.de/leben/verbraucher/ard-marktcheck/kaffee-als-luxusgut-steigende-preise-100.html>
- Kraus, R. (2025, May 28). *Suche nach Hilfskräften wird für Landwirte schwieriger*. MDR Aktuell.
<https://www.mdr.de/nachrichten/deutschland/wirtschaft/landwirtschaft-ernte-helfer-polen-ukraine-bedingungen-100.html>
- Kroll, H. (2024). *Assessing Open Strategic Autonomy*. <https://doi.org/10.2760/767279>
- Kuhla, K., Puma, M. J., & Otto, C. (2024). International cooperation was key to stabilize wheat prices after the Russian Invasion of Ukraine. *Communications Earth & Environment*, 5(1), 481.
<https://doi.org/10.1038/s43247-024-01638-7>
- Kulkarni, A., Wang, Y., Gopinath, M., Sobien, D., Rahman, A., & Batarseh, F. A. (2025). A review of cybersecurity incidents in the food and agriculture sector. *Journal of Agriculture and Food Research*, 23, 102245.
<https://doi.org/10.1016/j.jafr.2025.102245>
- Kummu, M., Kinnunen, P., Lehtikoinen, E., Porkka, M., Queiroz, C., Röö, E., Troell, M., & Weil, C. (2020). Interplay of trade and food system resilience: Gains on supply diversity over time at the cost of trade independency. *Global Food Security*, 24, 100360. <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2020.100360>
- Läderach, P., Martinez-Valle, A., Schroth, G., & Castro, N. (2013). Predicting the future climatic suitability for cocoa farming of the world's leading producer countries, Ghana and Côte d'Ivoire. *Climatic Change*, 119(3–4), 841–854. <https://doi.org/10.1007/s10584-013-0774-8>
- Landwirtschaftskammer Niedersachsen. (2025). *Landessortenversuche 2025: Sommer-Braugerste*. Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen. https://www.lwk-niedersachsen.de/lwk/news/43333_Landessortenversuche_2025_Sommer-Braugerste
- Larsen, A. E., & Noack, F. (2020). Impact of local and landscape complexity on the stability of field-level pest control. *Nature Sustainability*, 4(2), 120–128. <https://doi.org/10.1038/s41893-020-00637-8>
- Lawrence, M., Homer-Dixon, T., Janzwood, S., Rockström, J., Renn, O., & Donges, J. F. (2024). Global polycrisis: The causal mechanisms of crisis entanglement. *Global Sustainability*, 7, e6.
<https://doi.org/10.1017/sus.2024.1>
- Lawrence, M., Janzwood, S., & Homer-Dixon, T. (2022). *What is a global polycrisis?* [Discussion Paper 2022-4].
- Leal Filho, W., Dinis, M. A. P., Canova, M. A., Cataldi, M., Da Costa, G. A. S., Enrich-Prast, A., Symeonakis, E., & Brearley, F. Q. (2025). Managing ecosystem services in the Brazilian Amazon: The influence of deforestation and forest degradation in the world's largest rain forest. *Geoscience Letters*, 12(1), 24.
<https://doi.org/10.1186/s40562-025-00391-9>

- Leal Filho, W., Viera Trevisan, L., Paulino Pires Eustachio, J. H., Dibbern, T., Castillo Apraiz, J., Rampasso, I., Anholon, R., Gornati, B., Morello, M., & Lambrechts, W. (2023). Sustainable supply chain management and the UN sustainable development goals: Exploring synergies towards sustainable development. *The TQM Journal*. <https://doi.org/10.1108/TQM-04-2023-0114>
- Leclère, D., Obersteiner, M., Barrett, M., Butchart, S. H. M., Chaudhary, A., De Palma, A., DeClerck, F. A. J., Di Marco, M., Doelman, J. C., Dürauer, M., Freeman, R., Harfoot, M., Hasegawa, T., Hellweg, S., Hilbers, J. P., Hill, S. L. L., Humpenöder, F., Jennings, N., Krisztin, T., ... Young, L. (2020). Bending the curve of terrestrial biodiversity needs an integrated strategy. *Nature*, 585(7826), 551–556. <https://doi.org/10.1038/s41586-020-2705-y>
- Lehberger, M., Kleih, A.-K., & Sparke, K. (2021). Panic buying in times of coronavirus (COVID-19): Extending the theory of planned behavior to understand the stockpiling of nonperishable food in Germany. *Appetite*, 161, 105118. <https://doi.org/10.1016/j.appet.2021.105118>
- Leite-Filho, A. T., Soares-Filho, B. S., Davis, J. L., Abrahão, G. M., & Börner, J. (2021). Deforestation reduces rainfall and agricultural revenues in the Brazilian Amazon. *Nature Communications*, 12(1), 2591. <https://doi.org/10.1038/s41467-021-22840-7>
- Leite-Filho, A. T., Soares-Filho, B. S., Oliveira, U., & Coe, M. (2024). Intensification of climate change impacts on agriculture in the Cerrado due to deforestation. *Nature Sustainability*, 8(1), 34–43. <https://doi.org/10.1038/s41893-024-01475-8>
- Lesk, C., Anderson, W., Rigden, A., Coast, O., Jägermeyr, J., McDermid, S., Davis, K. F., & Konar, M. (2022). Compound heat and moisture extreme impacts on global crop yields under climate change. *Nature Reviews Earth & Environment*, 3(12), 872–889. <https://doi.org/10.1038/s43017-022-00368-8>
- Li, S., Sparrow, S. N., Otto, F. E. L., Rifai, S. W., Oliveras, I., Kriken, F., Anderson, L. O., Malhi, Y., & Wallom, D. (2021). Anthropogenic climate change contribution to wildfire-prone weather conditions in the Cerrado and Arc of deforestation. *Environmental Research Letters*, 16(9), 094051. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ac1e3a>
- Lobell, D. B., & Di Tommaso, S. (2025). A half-century of climate change in major agricultural regions: Trends, impacts, and surprises. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 122(20), e2502789122. <https://doi.org/10.1073/pnas.2502789122>
- Lopes Dos Santos, G., Pereira, M. G., Delgado, R. C., Magistrali, I. C., Gomes Da Silva, C., Magno Moreira De Oliveira, C., Pedro Bessa Larangeira, J., & Paula Da Silva, T. (2021). Degradation of the Brazilian Cerrado: Interactions with human disturbance and environmental variables. *Forest Ecology and Management*, 482, 118875. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2020.118875>
- Lotze-Campen, H., Conradt, T., Ewert, F., Fröhlich, C., Gömann, H., Michaelis, P., Lüttger, A., Nendel, C., & Weigel, H.-J. (2023). Klimaauswirkungen und Anpassung in der Landwirtschaft. In *Klimawandel in Deutschland: Entwicklung, Folgen, Risiken und Perspektiven* (2. Auflage). Springer Spektrum.
- Ma, C.-S., Wang, B.-X., Wang, X.-J., Lin, Q.-C., Zhang, W., Yang, X.-F., Van Baaren, J., Bebbber, D. P., Eigenbrode, S. D., Zalucki, M. P., Zeng, J., & Ma, G. (2025). Crop pest responses to global changes in climate and land management. *Nature Reviews Earth & Environment*, 6(4), 264–283. <https://doi.org/10.1038/s43017-025-00652-3>
- Magrath, A., & Ghazoul, J. (2015). Climate and Pest-Driven Geographic Shifts in Global Coffee Production: Implications for Forest Cover, Biodiversity and Carbon Storage. *PLOS ONE*, 10(7), e0133071. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0133071>
- Maier, P., Klein, O., & Schumacher, K. P. (2020). Ecological benefits through alternative food networks? Prospects of regional barley-malt-beer value chains in Bavaria, Germany. *Journal of Cleaner Production*, 265, 121848. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121848>
- Mathieu, A., Martin-Guay, M.-O., & Rivest, D. (2025). Enhancement of Agroecosystem Multifunctionality by Agroforestry: A Global Quantitative Summary. *Global Change Biology*, 31(5), e70234. <https://doi.org/10.1111/gcb.70234>
- Meemken, E.-M. (2020). Do smallholder farmers benefit from sustainability standards? A systematic review and meta-analysis. *Global Food Security*, 26, 100373. <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2020.100373>
- Mekonnen, M. M., Kebede, M. M., Demeke, B. W., Carr, J. A., Chapagain, A., Dalin, C., Debaere, P., D’Odorico, P., Marston, L., Ray, C., Rosa, L., & Zhuo, L. (2024). Trends and environmental impacts of virtual water trade. *Nature Reviews Earth & Environment*, 5(12), 890–905. <https://doi.org/10.1038/s43017-024-00605-2>
- Michels, M., Wever, H., & Mußhoff, O. (2024). Cultivating Support: An Ex-Ante Typological Analysis of Farmers’ Responses to Multi-Peril Crop Insurance Subsidies. *Journal of Agricultural and Applied Economics*, 56(2), 260–277. <https://doi.org/10.1017/aae.2024.8>

- Micklin, P., Aladin, N. V., & Plotnikov, I. (Eds). (2014). *The Aral Sea: The Devastation and Partial Rehabilitation of a Great Lake*. Springer Berlin Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-02356-9>
- Miller. (2023, December 27). *Trade disruptions in Red Sea cast shadows on global grain trade and food security*. <https://millermagazine.com/blog/trade-disruptions-in-red-sea-cast-shadows-on-global-grain-trade-and-food-security-5476>
- Mohamed, A., DeClerck, F., Verburg, P. H., Obura, D., Abrams, J. F., Zafra-Calvo, N., Rocha, J., Estrada-Carmona, N., Fremier, A., Jones, S. K., Meier, I. C., & Stewart-Koster, B. (2024). Securing Nature's Contributions to People requires at least 20%–25% (semi-)natural habitat in human-modified landscapes. *One Earth*, 7(1), 59–71. <https://doi.org/10.1016/j.oneear.2023.12.008>
- Mora, C., Kuhla, K., Romanovska, P., Vogel, E., Svanidze, M., Gornott, C., Alexander, L., Malik, A., Otto, C., Grant, M., & Undorf, S. (forthcoming). *The climate change contribution to local and global impacts of the 2010 wheat production anomaly in Russia*.
- Mozny, M., Trnka, M., Vlach, V., Zalud, Z., Cejka, T., Hajkova, L., Potopova, V., Semenov, M. A., Semeradova, D., & Büntgen, U. (2023). Climate-induced decline in the quality and quantity of European hops calls for immediate adaptation measures. *Nature Communications*, 14(1), 6028. <https://doi.org/10.1038/s41467-023-41474-5>
- Mudie-Mantz, A., & Werz, M. (2025). *Turning Dependency Into Despair: Methods of Using Food as Long-Range Weapon* (1/2025 edn). Munich Security Conference. <https://doi.org/10.47342/UTLW7312>
- Müller, M. F., Penny, G., Niles, M. T., Ricciardi, V., Chiarelli, D. D., Davis, K. F., Dell'Angelo, J., D'Odorico, P., Rosa, L., Rulli, M. C., & Mueller, N. D. (2021). Impact of transnational land acquisitions on local food security and dietary diversity. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 118(4), e2020535118. <https://doi.org/10.1073/pnas.2020535118>
- Myers, S. S., Zanobetti, A., Kloog, I., Huybers, P., Leakey, A. D. B., Bloom, A. J., Carlisle, E., Dietterich, L. H., Fitzgerald, G., Hasegawa, T., Holbrook, N. M., Nelson, R. L., Ottman, M. J., Raboy, V., Sakai, H., Sartor, K. A., Schwartz, J., Seneweera, S., Tausz, M., & Usui, Y. (2014). Increasing CO2 threatens human nutrition. *Nature*, 510(7503), 139–142. <https://doi.org/10.1038/nature13179>
- Nadeu, E., Muro, M., van Dijk, R., & Godfroy, A. (2024). *Increasing climate change resilience: Sustainable management of olive groves in Spain*. Institute for European Environmental Policy.
- Nemati, M., Hu, W., & Reed, M. (2019). Are free trade agreements good for the environment? A panel data analysis. *Review of Development Economics*, 23(1), 435–453. <https://doi.org/10.1111/rode.12554>
- Netsere, A., & Takala, B. (2021). Progress of Soil Fertility and Soil Health Management Research for Arabica Coffee Production in Ethiopia. *Plant*, 9(3), 70. <https://doi.org/10.11648/j.plant.20210903.15>
- Neugarten, R. A., Chaplin-Kramer, R., Sharp, R. P., Schuster, R., Strimas-Mackey, M., Roehrdanz, P. R., Mulligan, M., Van Soesbergen, A., Hole, D., Kennedy, C. M., Oakleaf, J. R., Johnson, J. A., Kiesecker, J., Polasky, S., Hanson, J. O., & Rodewald, A. D. (2024). Mapping the planet's critical areas for biodiversity and nature's contributions to people. *Nature Communications*, 15(1), 261. <https://doi.org/10.1038/s41467-023-43832-9>
- Noleppa, S., Gornott, C., Lüttringhaus, S., Hackenberg, I., & Gleixner, S. (2021). *Climate change and its effects on banana production: Colombia, Costa Rica, the Dominican Republic and Ecuador*. GIZ.
- Nordmeyer, E. F., & Mußhoff, O. (2023). Understanding German farmers' intention to adopt drought insurance. *Journal of Environmental Management*, 345, 118866. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2023.118866>
- Observatory of Economic Complexity. (2023). *Imports to Germany*.
- Ofori-Boateng, K., & Insah, B. (2014). The impact of climate change on cocoa production in West Africa. *International Journal of Climate Change Strategies and Management*, 6(3), 296–314. <https://doi.org/10.1108/IJCCSM-01-2013-0007>
- Ortiz, R., Sayre, K. D., Govaerts, B., Gupta, R., Subbarao, G. V., Ban, T., Hodson, D., Dixon, J. M., Iván Ortiz-Monasterio, J., & Reynolds, M. (2008). Climate change: Can wheat beat the heat? *Agriculture, Ecosystems & Environment, International Agricultural Research and Climate Change: A Focus on Tropical Systems*, 126(1), 46–58. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2008.01.019>
- Our World in Data. (2025). *Cocoa bean production* [Data set]. <https://ourworldindata.org/grapher/cocoa-bean-production?tab=line&country=BRA~IND~CIV~CMR~NGA~PER~GHA>
- Ovalle-Rivera, O., Läderach, P., Bunn, C., Obersteiner, M., & Schroth, G. (2015). Projected Shifts in *Coffea arabica* Suitability among Major Global Producing Regions Due to Climate Change. *PLOS ONE*, 10(4), e0124155. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0124155>
- Oya, C., Schaefer, F., Skolidou, D., McCosker, C., & Langer, L. (2017). Effects of certification schemes for agricultural production on socio-economic outcomes in low- and middle-income countries: A systematic review. *Campbell Systematic Reviews*, 13(1), 1–346. <https://doi.org/10.4073/csr.2017.3>

- Patpour, M., Hovmøller, M. S., Rodriguez-Algaba, J., Randazzo, B., Villegas, D., Shamanin, V. P., Berlin, A., Flath, K., Czembor, P., Hanzalova, A., Sliková, S., Skolotneva, E. S., Jin, Y., Szabo, L., Meyer, K. J. G., Valade, R., Thach, T., Hansen, J. G., & Justesen, A. F. (2022). Wheat Stem Rust Back in Europe: Diversity, Prevalence and Impact on Host Resistance. *Frontiers in Plant Science*, 13. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.882440>
- Pellizzoni, L., Centemeri, L., Benegiamo, M., & Panico, C. (2025). A new food security approach? Continuity and novelty in the European Union's turn to preparedness. *Agriculture and Human Values*, 42(1), 89–105. <https://doi.org/10.1007/s10460-024-10633-9>
- Petersen, U., & Weigel, H.-J. (2015). *Klimaresilienz durch Agrobiodiversität? Literaturstudie zum Zusammenhang zwischen Elementen der Agrobiodiversität und der Empfindlichkeit von landwirtschaftlichen Produktionssystemen gegenüber dem Klimawandel* [Thünen Report 25]. Johann Heinrich von Thünen-Institut.
- Ploetz, R. C. (2007). Cacao Diseases: Important Threats to Chocolate Production Worldwide. *Phytopathology*®, 97(12), 1634–1639. <https://doi.org/10.1094/PHYTO-97-12-1634>
- Raniro, H. R., Serrano-Gomez, J., Mort, H. L., Kalpakchiev, T., Kooij, J., Zhao, Y., Valença, R. M., Magaya, S., Guerrero-Esquivel, A. J., Korving, L., Wilfert, P., Prot, T., Martin-Ortega, J., Müller-Stöver, D. S., van Loosdrecht, M., Cordell, D., Santner, J., Liimatainen, H., Hermann, L., ... Reitzel, K. (2025). Overcoming recycling barriers to transform global phosphorus management. *Nature Reviews Earth & Environment*, 1–18. <https://doi.org/10.1038/s43017-025-00717-3>
- Remondo, J., Forte, L. M., Cendrero, A., Cienciala, P., & Beylich, A. A. (2024). Human-driven global geomorphic change. *Geomorphology*, 457, 109233. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2024.109233>
- Rezaei, E. E., Siebert, S., Manderscheid, R., Müller, J., Mahrookashani, A., Ehrenpfordt, B., Haensch, J., Weigel, H.-J., & Ewert, F. (2018). Quantifying the response of wheat yields to heat stress: The role of the experimental setup. *Field Crops Research*, 217, 93–103. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2017.12.015>
- Rezaei, E. E., Webber, H., Asseng, S., Boote, K., Durand, J. L., Ewert, F., Martre, P., & McCarthy, D. S. (2023). Climate change impacts on crop yields. *Nature Reviews Earth & Environment*, 4(12), 831–846. <https://doi.org/10.1038/s43017-023-00491-0>
- Richards, T. J., & Rickard, B. (2020). COVID-19 impact on fruit and vegetable markets. *Canadian Journal of Agricultural Economics/Revue Canadienne d'agroeconomie*, 68(2). <https://doi.org/10.1111/cjag.12231>
- Rimhanen, K., Aakkula, J., Aro, K., & Rikkinen, P. (2023). The elements of resilience in the food system and means to enhance the stability of the food supply. *Environment Systems and Decisions*, 43(2), 143–160. <https://doi.org/10.1007/s10669-022-09889-5>
- RiOUSSET, P. (2024). *Cybersicherheit in der Nahrungsmittelversorgung. Endbericht zum TA-Projekt*. Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse (ITAS). <https://doi.org/10.5445/IR/1000174915>
- Rockström, J., Falkenmark, M., Folke, C., Lannerstad, M., Barron, J., Enfors, E., Gordon, L., Heinke, J., Hoff, H., & Pahl-Wostl, C. (2014). Food production: A mega water challenge. In *Water Resilience for Human Prosperity* (1st edn). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9781139162463>
- Rodrigues, A. A., Macedo, M. N., Silvério, D. V., Maracahipes, L., Coe, M. T., Brando, P. M., Shimbo, J. Z., Rajão, R., Soares-Filho, B., & Bustamante, M. M. C. (2022). Cerrado deforestation threatens regional climate and water availability for agriculture and ecosystems. *Global Change Biology*, 28(22), 6807–6822. <https://doi.org/10.1111/gcb.16386>
- Roeb, J., & Koch, H. (2025). *Landessortenversuche Sommerbraugerste 2024*. Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen. <https://www.landwirtschaftskammer.de/landwirtschaft/ackerbau/getreide/sommergetreide/sommerbraugerste-sv-2024.htm>
- Royer, S., & Simon, M. (2023). Small but powerful—Local value chains and sustainability-oriented approaches in the agri-food sector. *Business and Society Review*, 128(2), 331–366. <https://doi.org/10.1111/basr.12315>
- Rudloff, B. (2023). Politischer Umgang mit Nahrungsrisiken: Herausforderungen, Optionen und Verbesserungsansätze. *Wirtschaftsdienst*, 103(13), 50–56. <https://doi.org/10.2478/wd-2023-0067>
- Rudnicka, J. (2025). *Steuereinnahmen aus der Kaffeesteuer in Deutschland von 2014 bis 2024*. Statista. <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/225680/umfrage/volumen-der-kaffeesteuereinnahmen-in-deutschland/>
- Santika, T., Nelson, V., Haggard, J., & Thushari, I. (2025). Trade agreements and environmental provisions: A counterfactual analysis of environmental impact shifting under global economic inequality. *Global Environmental Change*, 93, 103028. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2025.103028>

- Schiechel, A. (2025, October 27). *Kaffee-Preisexplosion: Für viele Leser ist klar, wer kassiert*. https://www.focus.de/finanzen/kaffee-preisexplosion-fuer-viele-leser-ist-klar-wer-kassiert_db69fc2b-0fcd-42fc-999c-39d5782d4490.html
- Schlesinger, W. H., & Bernhardt, E. S. (2020). *Biogeochemistry: An analysis of global change* (4th ed). Academic press, an imprint of Elsevier.
- Schmitt, J., Offermann, F., & Finger, R. (2025a). The subsidy-mosaic for agricultural weather insurance in Germany. *Agricultural Systems*, 225, 104289. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2025.104289>
- Schmitt, J., Offermann, F., & Finger, R. (2025b). The use of crop diversification in agricultural yield insurance products. *Food Policy*, 134, 102905. <https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2025.102905>
- Schneider, K. R., Remans, R., Bekele, T. H., Aytakin, D., Conforti, P., Dasgupta, S., DeClerck, F., Dewi, D., Fabi, C., Gephart, J. A., Masuda, Y. J., McLaren, R., Saisana, M., Aburto, N., Ambikapathi, R., Arellano Rodriguez, M., Barquera, S., Battersby, J., Beal, T., ... Fanzo, J. (2025). Governance and resilience as entry points for transforming food systems in the countdown to 2030. *Nature Food*, 6(1), 105–116. <https://doi.org/10.1038/s43016-024-01109-4>
- Schroth, G., Jeusset, A., Gomes, A. D. S., Florence, C. T., Coelho, N. A. P., Faria, D., & Läderach, P. (2016). Climate friendliness of cocoa agroforests is compatible with productivity increase. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 21(1), 67–80. <https://doi.org/10.1007/s11027-014-9570-7>
- Schroth, G., Läderach, P., Martinez-Valle, A. I., Bunn, C., & Jassogne, L. (2016). Vulnerability to climate change of cocoa in West Africa: Patterns, opportunities and limits to adaptation. *Science of The Total Environment*, 556, 231–241. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.03.024>
- Schubert, S. D., Suarez, M. J., Pegion, P. J., Koster, R. D., & Bacmeister, J. T. (2004). On the Cause of the 1930s Dust Bowl. *Science*, 303(5665), 1855–1859. <https://doi.org/10.1126/science.1095048>
- Seeliger, M., & Sebastian, M. (2022). The Influence of the Discursive Power of Unions in the Swift Re-regulation of Slaughterhouse Labour during the COVID-19 Crisis in Germany. *Global Labour Journal*, 13(3). <https://doi.org/10.15173/glj.v13i3.4768>
- Sicard, A., Saponari, M., Vanhove, M., Castillo, A. I., Giampetruzzi, A., Loconsole, G., Saldarelli, P., Boscia, D., Neema, C., & Almeida, R. P. P. (2021). Introduction and adaptation of an emerging pathogen to olive trees in Italy. *Microbial Genomics*, 7(12). <https://doi.org/10.1099/mgen.0.000735>
- Sidhu, B. S. (2023). Likely impacts of the 2022 heatwave on India's wheat production. *Environmental Research Letters*, 18(10), 105001. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/acf871>
- Smith, G. (2025, July 15). The unrelenting rise of the Middle East coffee market. *Global Coffee Report*. <https://www.gcrmag.com/the-unrelenting-rise-of-the-middle-east-coffee-market/>
- Soffiantini, G. (2020). Food insecurity and political instability during the Arab Spring. *Global Food Security*, 26, 100400. <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2020.100400>
- Staritz, C., Tröster, B., Grumiller, J., & Maile, F. (2022). Price-Setting Power in Global Value Chains: The Cases of Price Stabilisation in the Cocoa Sectors in Côte d'Ivoire and Ghana. *The European Journal of Development Research*, 1–29. <https://doi.org/10.1057/s41287-022-00543-z>
- Statista. (2025). *Total coffee consumption volume in China from crop year 2018/19 to 2024/25, with a forecast for 2025/26 (in 1,000 bags)**. Statista Research Department. Total coffee consumption volume in China from crop year 2018/19 to 2024/25, with a forecast for 2025/26 (in 1,000 bags)
- Statistisches Bundesamt. (n.d.). *Export von Lebensmitteln und Tierfutter: Ukraine und Russland mit hohem Weltmarktanteil*. Statistisches Bundesamt. Retrieved 16 December 2025, from <https://www.destatis.de/DE/Themen/Laender-Regionen/Internationales/Thema/landwirtschaft-fischerei/Ukraine-Landwirtschaft.html>
- Swinnen, J., & McDermott, J. (2020). Covid-19 and Global Food Security. *EuroChoices*, 19(3), 26–33. <https://doi.org/10.1111/1746-692X.12288>
- Swiss Platform for Sustainable Cocoa. (2025). *Cocoa facts and figures*. <https://www.kakaoplattform.ch/about-cocoa/cocoa-facts-and-figures>
- Tchibo, & brand eins. (2024). *Kaffeereport 2024*. <https://www.tchibo.com/de/de/company/coffeereport/2024>
- Tchibo, & brand eins. (2025). *Kaffeereport 2025*. <https://www.tchibo.com/de/de/company/coffeereport/2025>
- Tchonkouang, R. D., Onyeaka, H., & Nkoutchou, H. (2024). Assessing the vulnerability of food supply chains to climate change-induced disruptions. *Science of The Total Environment*, 920, 171047. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.171047>
- Tendall, D. M., Joerin, J., Kopainsky, B., Edwards, P., Shreck, A., Le, Q. B., Kruetli, P., Grant, M., & Six, J. (2015). Food system resilience: Defining the concept. *Global Food Security*, 6, 17–23. <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2015.08.001>

- Terrell, R. S. (2024). Entanglements of Scale: The Beer Purity Law from Bavarian Oddity to German Icon, 1906–1975. *Contemporary European History*, 33(2), 748–762. <https://doi.org/10.1017/S096077732200087X>
- Tomalka, J., Hunecke, C., Murken, L., Heckmann, T., Cronauer, C., Becker, R., Collignon, Q., Collins-Sowah, P. A., Crawford, M., Gloy, N., Hampf, A. C., Lotze-Campen, H., Malevolti, G., Maskell, G., Müller, C., Popp, A., Vodounhessi, M., Gornott, C., & Rockström, J. (2024). *Stepping back from the precipice: Transforming land management to stay within planetary boundaries: Special report on land* (p. 122 pages, 15,4 MB) [Application/pdf]. Potsdam Institute for Climate Impact Research. <https://doi.org/10.48485/PIK.2024.018>
- Tran, N. K., Haralambides, H., Notteboom, T., & Cullinane, K. (2025). The costs of maritime supply chain disruptions: The case of the Suez Canal blockage by the ‘Ever Given’ megaship. *International Journal of Production Economics*, 279. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2024.109464>
- Umweltbundesamt. (2022, July 15). *Klimafolgen: Handlungsfeld Landwirtschaft*. <https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/klimafolgen-anpassung/folgen-des-klimawandels/klimafolgen-deutschland/klimafolgen-handlungsfeld-landwirtschaft#abiotischer-stress-bei-kulturpflanzen>
- UNCCD. (1994). *United Nations Convention to Combat Desertification*. UNCCD.
- U.S. Department of Agriculture. (2025). *Coffee production*. Foreign Agricultural Service of the U.S. Department of Agriculture. <https://www.fas.usda.gov/data/production/commodity/0711100>
- Vanaja, M., Sarkar, B., Sathish, P., Jyothi Lakshmi, N., Yadav, S. K., Mohan, Ch., Sushma, A., Yashavanth, B. S., Srinivasa Rao, M., Prabhakar, M., & Singh, V. K. (2024). Elevated CO₂ ameliorates the high temperature stress effects on physio-biochemical, growth, yield traits of maize hybrids. *Scientific Reports*, 14(1), 2928. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-53343-2>
- Veldkamp, E., Schmidt, M., Powers, J. S., & Corre, M. D. (2020). Deforestation and reforestation impacts on soils in the tropics. *Nature Reviews Earth & Environment*, 1(11), 590–605. <https://doi.org/10.1038/s43017-020-0091-5>
- Verband Deutscher Hopfenpflanzer e.V. (2025). *Anbauflächen von Deutschland*.
- Visconti, F., López, R., & Olego, M. Á. (2024). The Health of Vineyard Soils: Towards a Sustainable Viticulture. *Horticulturae*, 10(2), 154. <https://doi.org/10.3390/horticulturae10020154>
- Voora, V., Bermúdez, S., & Larrea, C. (2019). *Global Market Report: Cocoa*. International Institute for Sustainable Development (IISD). <https://www.jstor.org/stable/resrep22025?seq=1>
- Wada, Y., Wisser, D., & Bierkens, M. F. P. (2014). Global modeling of withdrawal, allocation and consumptive use of surface water and groundwater resources. *Earth System Dynamics*, 5(1), 15–40. <https://doi.org/10.5194/esd-5-15-2014>
- Waha, K., Folberth, C., Biemans, H., Boere, E., Bondeau, A., Hartley, A. J., Hoogenboom, G., Jägermeyr, J., Liu, Y., Mathison, C., Müller, C., Nkwasa, A., Olin, S., Ruane, A. C., De Vos, K., White, J. W., Williams, K., & Yu, Q. (2025). Land use modelling needs to better account for multiple cropping to inform pathways for sustainable agriculture. *Communications Earth & Environment*, 6(1), 756. <https://doi.org/10.1038/s43247-025-02724-0>
- Wang-Erlandsson, L., Tobian, A., Van Der Ent, R. J., Fetzer, I., Te Wierik, S., Porkka, M., Staal, A., Jaramillo, F., Dahlmann, H., Singh, C., Greve, P., Gerten, D., Keys, P. W., Gleeson, T., Cornell, S. E., Steffen, W., Bai, X., & Rockström, J. (2022). A planetary boundary for green water. *Nature Reviews Earth & Environment*, 3(6), 380–392. <https://doi.org/10.1038/s43017-022-00287-8>
- Weber, S. A., & Anders, S. M. (2007). Price rigidity and market power in German retailing. *Managerial and Decision Economics*, 28(7), 737–749. <https://doi.org/10.1002/mde.1370>
- Weituschat, C. S., Pascucci, S., Materia, V. C., & Caracciolo, F. (2023). Can contract farming support sustainable intensification in agri-food value chains? *Ecological Economics*, 211, 107876. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2023.107876>
- Wessel, M., & Quist-Wessel, P. M. F. (2015). Cocoa production in West Africa, a review and analysis of recent developments. *NJAS: Wageningen Journal of Life Sciences*, 74–75(1), 1–7. <https://doi.org/10.1016/j.njas.2015.09.001>
- West, C., Croft, S., Titley, M., Ebrey, R., Gollub, E., Simpson, J., & Smythe, J. (2022). *Assessing tropical deforestation risk in Germany’s agricultural commodity supply chains* (J. Richens, Ed.). Trase. <https://doi.org/10.48650/PV1P-Q331>
- WFP. (2025). *Global Report on Food Crises (GRFC) 2025 | World Food Programme*. <https://www.wfp.org/publications/global-report-food-crises-grfc>
- Wiegmann, M., Maurer, A., Pham, A., March, T. J., Al-Abdallat, A., Thomas, W. T. B., Bull, H. J., Shahid, M., Eglinton, J., Baum, M., Flavell, A. J., Tester, M., & Pillen, K. (2019). Barley yield formation under abiotic

- stress depends on the interplay between flowering time genes and environmental cues. *Scientific Reports*, 9(1), 6397. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-42673-1>
- Wissenschaftliche Dienste Deutscher Bundestag. (2024). *Staatliche Notfallreserven von Lebensmitteln Staatliche Notfallreserven von Lebensmitteln Konzepte für die Versorgung der Bevölkerung in Krisenzeiten in Deutschland und anderen europäischen Staaten* (WD 3-3000-103/24).
- Wölfl, A., Dorffmeister, L., Wolf, A., Pfaffl, C., Höppner, P., Bunde, N., & Rindler, M. (2022). Russlands Krieg gegen die Ukraine – Auswirkungen und Betroffenheit aus Branchensicht. *Ifo Schnelldienst Digital*, 3(3), 1–22.
- Woods, D. (2025, September 28). Regions on the rise: China. *Global Coffee Report*. <https://www.gcrmag.com/regions-on-the-rise-china/>
- Xie, W., Xiong, W., Pan, J., Ali, T., Cui, Q., Guan, D., Meng, J., Mueller, N. D., Lin, E., & Davis, S. J. (2018). Decreases in global beer supply due to extreme drought and heat. *Nature Plants*, 4(11), 964–973. <https://doi.org/10.1038/s41477-018-0263-1>
- Yamori, W., Hikosaka, K., & Way, D. A. (2014). Temperature response of photosynthesis in C3, C4, and CAM plants: Temperature acclimation and temperature adaptation. *Photosynthesis Research*, 119(1), 101–117. <https://doi.org/10.1007/s11120-013-9874-6>
- Yan, Z., Xu, Y., Chu, J., Guillaume, T., Bragazza, L., Li, H., Shen, Y., Yang, Y., Zeng, Z., & Zang, H. (2025). Long-term diversified cropping promotes wheat yield and sustainability across contrasting climates: Evidence from China and Switzerland. *Field Crops Research*, 322, 109764. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2025.109764>
- Yawson, D. O., Adu, M. O., & Armah, F. A. (2020). Impacts of climate change and mitigation policies on malt barley supplies and associated virtual water flows in the UK. *Scientific Reports*, 10(1), 376. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-57256-3>
- Yıldırım, K. (2026). *India–Middle East Food Corridors: Strategic Role of Agro-Trade in Food Security Partnerships*.
- Yu, T.-H., Kim, M.-K., & Cho, S.-H. (2011). Does Trade Liberalization Induce More Greenhouse Gas Emissions? The Case of Mexico and the United States Under NAFTA. *American Journal of Agricultural Economics*, 93(2), 545–552. <https://doi.org/10.1093/ajae/aaq145>
- Zhang, Z., Abdullah, M. J., Xu, G., Matsubae, K., & Zeng, X. (2023). Countries' vulnerability to food supply disruptions caused by the Russia–Ukraine war from a trade dependency perspective. *Scientific Reports*, 13(1), 16591. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-43883-4>
- Zhao, J., & Kang, Z. (2023). Fighting wheat rusts in China: A look back and into the future. *Phytopathology Research*, 5(1), 6. <https://doi.org/10.1186/s42483-023-00159-z>
- Zhao, Z., Wang, E., Kirkegaard, J. A., & Rebetzke, G. J. (2022). Novel wheat varieties facilitate deep sowing to beat the heat of changing climates. *Nature Climate Change*, 12(3), 291–296. <https://doi.org/10.1038/s41558-022-01305-9>
- Zullo, J., Pinto, H. S., Assad, E. D., & De Ávila, A. M. H. (2011). Potential for growing Arabica coffee in the extreme south of Brazil in a warmer world. *Climatic Change*, 109(3–4), 535–548. <https://doi.org/10.1007/s10584-011-0058-0>
- Zurek, M., Ingram, J., Sanderson Bellamy, A., Goold, C., Lyon, C., Alexander, P., Barnes, A., Bebbber, D. P., Breeze, T. D., Bruce, A., Collins, L. M., Davies, J., Doherty, B., Ensor, J., Franco, S. C., Gatto, A., Hess, T., Lamprinopoulou, C., Liu, L., ... Withers, P. J. A. (2022). Food System Resilience: Concepts, Issues, and Challenges. *Annual Review of Environment and Resources*, 47(1), 511–534. <https://doi.org/10.1146/annurev-environ-112320-050744>