

Joachim von Braun

ZEF Direktor und Professor für
wirtschaftlichen und technologischen Wandel,
Universität Bonn
Genscherallee 3, 53113 Bonn
jvonbraun@uni-bonn.de www.zef.de

Deutscher Bundestag

Ausschuss f. wirtschaftl.
Zusammenarbeit u. Entwicklung

Ausschussdrucksache

19(19)201 b

Öffentliche Anhörung 5.6.19

24. Mai 2019

**Anhörung im Ausschuss für wirtschaftliche Zusammenarbeit und
Entwicklung (AWZ) des Deutschen Bundestages zu Welternährung und
Klimawandel am 5. Juni 2019**

Antworten auf die Fragen des AWZ

**Themenblock 1: Auswirkungen des Klimawandels auf die Sicherung der
Welternährung – wissenschaftliche Einordnung des Problemfeldes**

1. **Wie gravierend sind die Folgen des Klimawandels für die Sicherstellung einer ausreichenden globalen Lebensmittelversorgung?
Wie wirkt sich die Klimakrise insbesondere auf die Ernährungssituation in den am wenigsten entwickelten Ländern (Least Developed Countries, LDCs) aus?
Inwieweit sind Frauen im ländlichen Raum auf besondere Weise davon betroffen?**
 - Der **Klimawandel hat bereits gravierende Auswirkungen** auf die Sicherstellung einer ausreichenden Lebensmittelversorgung. Dabei darf Lebensmittelversorgung nicht etwa nur als Kalorienversorgung verstanden werden, sondern als Zugang zu einer gesunden Ernährung mit einer hinreichenden Versorgung an Mikronährstoffen (z.B. Eisen, Zink, Vitamin A). Klimaschutzpolitik ist nicht etwas für die fernere Zukunft, sondern schon jetzt erforderlich, wegen der akuten Belastungen der Gesundheit auf Grund von Klimagasen, Hitze Schocks und extremen Wetterereignissen wie Stürme, Waldbrände, Fluten.
Weltweit sind ca. 821 Millionen Menschen von **Ernährungsunsicherheiten** betroffen. Die Zahl der Hungernden ist geringer als vor 15 Jahren, nimmt jedoch seit 2014 wieder zu. Die Hauptursache für diese Entwicklung sind durch den Klimawandel verstärkte extreme Wetterereignisse, sowie Konflikte und eine Verlangsamung des wirtschaftlichen Wachstums in einigen

Entwicklungsländern.¹ 2017 sind ca. 39 Millionen Menschen aufgrund von Klimaereignissen in akute Ernährungsunsicherheit gedrängt worden, ca. 74 Millionen durch Konflikt, insbes. am Horn von Afrika, einschließlich Ost-Kenia, Sahelzone, Zentral Afrika.² Im Jahr 2017 verursachten extreme Wetterereignisse weltweit wirtschaftliche Verluste von 326 Milliarden US-Dollar. Der Klimawandel hat die Ernteerträge in einigen Regionen seit den 80er Jahren bereits um etwa 5-10% gesenkt, darunter auch die Gerste- und Weizenerträge in Europa.³ Die Tierproduktion wurde ebenfalls durch Krankheiten sowie ein vermehrtes Auftreten von schweren Dürren und Grünlandbränden beeinträchtigt.

Klimawandel zerstört Umwelt und trägt zu Artensterben und unwiederbringlichem **Verlust an Biodiversität** bei, einschließlich Agro-Biodiversität. Das erschwert den Bestand und die innovative Weiterentwicklung der Nutzpflanzen.

Analysen des Zentrums für Entwicklungsforschung der Universität Bonn (ZEF) ergeben, dass der Klimawandel die Nahrungsmittelproduktion direkt reduziert. Hinzu kommen indirekte negative Auswirkungen auf die Produktion aufgrund von erhöhten Schwankungen der Nahrungsmittelpreise. Diese Preisschwankungen signalisieren Risiko und verringern die Anreize für Investitionen in die Landwirtschaft. Insgesamt werden **Produktionseinbußen bei Mais, Reis, Weizen und Soja um 9% bis 2030 und um 23% bis 2050** vorausgesagt.⁴ Eigentlich sind aber in diesem Zeitraum hohe Produktionssteigerungen erforderlich.

Die weltweite Versorgungslage ist somit ernsthaft bedroht. Das Erreichen der nachhaltigen Entwicklungsziele (SDGs) 1 & 2 zur Überwindung extremer Armut und Hunger bis 2030 ist unter diesen Bedingungen nicht möglich. Die Produktivität und Widerstandsfähigkeit des globalen Nahrungsmittelsystems muss rasch verbessert werden, wie auch der weltweite Verbund der 130 Akademien der Wissenschaften (InterAcademy Partnership, IAP) jüngst gefordert hat.⁵ Die negativen Auswirkungen des Klimawandels steigen nicht nur linear, sondern verstärkt mit den Temperaturen an,.

1 FAO, IFAD, UNICEF, WFP, & WHO. (2018). The State of Food Security and Nutrition in the World 2018. Building climate resilience for food security and nutrition. Rome, Italy.

2 Food Security Information Network (2018). Global Report on Food Crises 2018. Rome, Italy.

3 Iizumi, T., & Ramankutty, N. (2016). Changes in yield variability of major crops for 1981–2010 explained by climate change. *Environmental Research Letters*, 11(3), 034003; and Moore, F. C., & Lobell, D. B. (2015). The fingerprint of climate trends on European crop yields. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 112(9), 2670–2675.

⁴ Haile, M. G., Wossen, T., Tesfaye, K., & von Braun, J. (2017). Impact of Climate Change, Weather Extremes, and Price Risk on Global Food Supply. *Economics of Disasters and Climate Change*, 1(1), 55–75.

⁵ InterAcademy Partnership, 2018. Opportunities for future research and innovation on food and nutrition security and agriculture. The InterAcademy Partnership's global perspective Synthesis by IAP based on the four regional academy network studies. Trieste and Washington DC.

- **Der CO²-Düngeeffekt**⁶ kann einige dieser obengenannten Ertragsverluste ausgleichen, vorausgesetzt dass genügend Wasser und Bodennährstoffe zur Verfügung stehen, was angesichts der weltweit zunehmenden Bodendegradation⁷ und der Wasserknappheit in vielen Regionen der Welt nicht der Fall ist. Es gibt auch deutliche Hinweise darauf, dass der CO²-Düngeeffekt zu einem geringeren Nährstoffgehalt der Pflanzen führt.⁸ Eine sinkende Zink- und Eisenkonzentration von Nutzpflanzen aufgrund des CO²-Düngeeffekts kann zwischen 2015 und 2050 einen zusätzlichen Verlust von 126 Millionen gesunden Lebensjahren (Disability Adjusted Life Years, DALYs) verursachen, vor allem in den am wenigsten entwickelten Ländern (LDCs).⁹ Von Nährstoffmangel („verborgener Hunger“) sind etwa 2 Milliarden Menschen betroffen.
- Die **LDCs** (47) werden besonders stark unter Engpässen in der Lebensmittelversorgung leiden. Dies liegt daran, dass große Teile der Bevölkerungen in diesen Ländern besonders anfällig für die negativen Folgen des Klimawandels und diesen auch am häufigsten ausgesetzt sind. Sie geben einen erheblichen Anteil ihres Haushaltsbudgets für Lebensmittel aus und viele sind von der Landwirtschaft als Einkommensquelle abhängig.¹⁰ Im Durchschnitt ist der Getreideertrag in Afrika mit 1,6 t/ha weniger als halb so hoch wie der globale Durchschnitt von 3,9 t/ha.¹¹ Damit erreichen die derzeitigen Maiserträge in Afrika südlich der Sahara nur etwa 15-27% ihres Potenzials.¹² Der Klimawandel wird die Herausforderungen der Ertragssteigerungen in LDCs erheblich verschärfen. In 2050 wird die Welt von ca. 30% mehr Menschen bewohnt sein. Der Zuwachs erfolgt überwiegend in den urbanen Gebieten und in Ländern mit niedrigem Einkommen und hohem Anteil Armer und von Hunger betroffenen Menschen. Bis 2050 werden Ertragsausfälle in Subsahara-Afrika auf etwa - 22% (Mais), - 17% (Hirse und Hirse) bzw. - 8% (Maniok) geschätzt.¹³ Abhängig von verschiedenen Szenarien des Klimawandels und der sozioökonomischen Entwicklung steigt

⁶ d.h. erhöhte Photosyntheserate bei Pflanzen aufgrund eines erhöhten Kohlendioxidausstoß in der Atmosphäre.

⁷ Nkonya, E., Anderson, W., Kato, E., Koo, J., Mirzabaev, A., von Braun, J., & Meyer, S. (2016). Global Cost of Land Degradation. In *Economics of Land Degradation and Improvement – A Global Assessment for Sustainable Development* (pp. 117–165). Cham: Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-19168-3_6

⁸ Myers, S.S. et al. (2014). Rising CO₂ threatens human nutrition, *Nature* 510: 139-142

⁹ Weyant, C. et al. (2018). Anticipated burden and mitigation of carbon-dioxide-induced nutritional deficiencies and related diseases: A simulation modeling study. *PLOS Medicine*, 15(7), e1002586.

¹⁰ Olsson, L. et al. (2014). Livelihoods and poverty. In T. E. B. Field et al. (Eds.), *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge: Cambridge University Press.

¹¹ Tadele, Z. (2017). Raising Crop Productivity in Africa through Intensification. *Agronomy*, 7(1), 22.

¹² van Ittersum, M. K., van Bussel, L. G. J., Wolf, J., Grassini, P., van Wart, J., Guilpart, N., ... Cassman, K. G. (2016). Can sub-Saharan Africa feed itself? *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 113(52), 14964–14969.

¹³ Schlenker, W., & Lobell, D. B. (2010). Robust negative impacts of climate change on African agriculture. *Environmental Research Letters*, 5(1), 014010.

die prognostizierte Zahl der vom Hunger bedrohten Menschen in Subsahara-Afrika und Südasien bis 2050 um 12 bzw. 16 Millionen.¹⁴ Die Situation wird durch das Bevölkerungswachstum noch verschärft. Obwohl die Wachstumsraten zurückgehen werden, wird sich die Bevölkerungszahl in den Trockengebieten Subsahara-Afrikas, in denen viele LDCs liegen, in den nächsten 30 Jahren voraussichtlich verdoppeln.¹⁵

- **Frauen** in Entwicklungsländern sind besonders stark betroffen, da sie nur über begrenzte Ressourcen verfügen, um Anpassungsmaßnahmen vorzunehmen. Frauen stellen zudem einen wichtigen Anteil der landwirtschaftlichen Arbeitskräfte in Entwicklungsländern dar.¹⁶ Umfang und Art der Auswirkungen variieren zwischen Ländern und auch lokal. Neue Untersuchungen in Bangladesch und Kenia zeigen allerdings, dass Frauen in der Landwirtschaft keineswegs passiv gegenüber dem Klimawandel sind sondern ihre Landnutzung anpassen und sich auch aktiv zu Gruppen zusammenschließen, um den wachsenden Risiken zu begegnen.¹⁷ Diese Tendenzen sollten im Rahmen von Klima-Anpassungspolitiken mit genossenschaftlichen Ansätzen unterstützt werden.

2. Welche Länder und Regionen werden mit Blick auf die Produktion von Lebensmitteln von den erwartbaren Folgen des Klimawandels profitieren, welche werden Nachteile haben? Inwieweit wird der Klimawandel überregional zu einer Mehr- oder Minderproduktion führen, da in wärmeren Teilen der Erde dann mehrfach geerntet werden kann bzw. gleichzeitig die Verwüstung voranschreitet, und welche Rolle spielt die Zunahme von Unwettern dabei?

- Der Klimawandel erhöht die Ertragspotenziale in einigen klimatisch gemäßigten Regionen des Nordens, verringert aber die Erträge in den Tropen, Subtropen und Trockengebieten (aufgrund von Dürren, Überschwemmungen, Hitzewellen, Schädlingen). Obwohl das agro-klimatische Potenzial für die landwirtschaftliche Produktion in einigen Ländern der nördlichen Breitengrade, z.B. Russland, den skandinavischen Ländern, Großbritannien, Irland und Kanada, steigt, werden auch dort Wetterschwankung zunehmen.¹⁸

¹⁴ Hasegawa, T. et al. (2018). Risk of increased food insecurity under stringent global climate change mitigation policy. *Nature Climate Change*, 8(8), 699–703.

¹⁵ van der Esch, S. et al. (2017). *Exploring future changes in land use and land condition and the impacts on food, water, climate change and biodiversity: Scenarios for the UNCCD Global Land Outlook*. UNCCD Global Land Outlook.

¹⁶ Doss, C., Meinen-Dick, R., Quisumbing, A., & Theis, S. (2018). Women in agriculture: Four myths. *Global Food Security*, 16, 69–74; Wambui, G. et al. (2018) Women in African Agriculture: Integrating Women into Value Chains to Build a Stronger Sector, ZEF Working Paper 175, Universität Bonn.

¹⁷ Ngigi, M., Mueller, U., & Birner, R. (2016). *Gender Differences in Climate Change Perceptions and Adaptation Strategies: An Intra-Household Analysis from Rural Kenya*. ZEF-Discussion Papers on Development Policy (Vol. 210); Rakib, M., & Matz, J. A. (2016). The Impact of Shocks on Gender-differentiated Asset Dynamics in Bangladesh. *The Journal of Development Studies*, 52(3), 377–395.

¹⁸ Hoag, H. (2014). Russian summer tops “universal” heatwave index. *Nature News*, 29 October; Swinnen, J., Burkitbayeva, S., Schierhorn, F., Prishchepov, A. V., & Müller, D. (2017). Production potential in the “bread

Das bedeutet, dass, selbst wenn potenzielle Gewinne in der Pflanzenproduktion die Verluste an anderer Stelle teilweise ausgleichen, das globale **Nahrungsangebot insgesamt knapper und volatil** wird, was wiederum zu vermehrt schwankenden Lebensmittelpreisen führt. Die Nettoauswirkungen des Klimawandels auf die Gesamtmenge der Nahrungsmittelproduktion werden, wie oben angemerkt, negativ sein. Besonders bedroht sind Küstenregionen mit derzeit hoher landwirtschaftlicher Produktion, wie in Bangladesch und Vietnam, und von Dürre gefährdete Standorte wie große Teile Ost und West-Afrikas, Marokko, Gebiete Südasiens und Chinas.

- Darüber hinaus werden **Hitzewellen, Dürren und Überschwemmungen** sowie die zunehmende Ausbreitung klimasensibler **Infektionskrankheiten**¹⁹ die menschliche Gesundheit weltweit, sowohl in Industrie- als auch in Entwicklungsländern, beeinträchtigen²⁰. Dies wird sich auch auf die Ernährungssituation insbesondere bei Säuglingen und älteren Menschen, auswirken. Zunehmende Risiken von extremen Wetterereignissen sind direkt dem Klimawandel zuzuordnen.²¹ Die Regenwassermengen und Überschwemmungen durch den Klimawandel weiten sich aus, wie in den vergangenen Monaten im südlichen Afrika, Ostasien und der Karibik zu beobachten.

3. Wie groß ist das absehbar mehr zu produzierende Volumen an Lebensmitteln angesichts der steigenden Weltbevölkerung und sich verändernder Essgewohnheiten? Inwiefern verschärft der Klimawandel das Produktionsproblem, inwiefern das Zugangs- und Verteilungsproblem in Fragen der Ernährungssicherung?

- Um 9 Milliarden Menschen im Jahr 2050 zu ernähren, muss die gesamte Nahrungsmittelproduktion um **etwa 50%** gegenüber dem derzeitigen Niveau steigen.²² Die aktuellen Steigerungen der landwirtschaftlichen Produktivität sind nicht hoch genug, um die zusätzliche Nachfrage und den Bedarf zu decken. Erhebliche zusätzliche öffentliche und private Investitionen in das gesamte Nahrungsmittelsystem sind nötig, um Erträge zu steigern, die Effizienz des Systems zu erhöhen und das Angebot an gesunden Lebensmitteln zu erweitern. Der Klimawandel trägt zu Degradation, Versalzung und Qualitätsverlusten der Böden bei. Dies kann bis 2050 zu einem Verlust von 250 Millionen Hektar Anbaufläche führen, schätzt die

baskets” of Eastern Europe and Central Asia. *Global Food Security*, 14, 38–53.

¹⁹ Watts, N., et al. (2018). The 2018 report of the Lancet Countdown on health and climate change: shaping the health of nations for centuries to come. *The Lancet*, 392(10163), 2479–2514.

²⁰ Ramanathan, V. et al. (2018). Climate Extremes and Global Health. *Foreign Affairs*, July 31.

²¹ Harrington, L.J. & Otto, F.E.L. Attributable damage liability in a non-linear climate. *Climatic Change* 153(1-2): 15.20.

²² FAO. (2018). The future of food and agriculture – Alternative pathways to 2050. Rome.

FAO. Untersuchungen des ZEF, Universität Bonn habe einen globalen Verlust durch Bodendegradation von ca. 300 Milliarden US\$ pro Jahr ermittelt.²³

- Der Klimawandel wird nachhaltige Land- und Wassernutzung noch schwieriger machen (vgl. Antworten zu 1 und 2). Darüber hinaus werden die Nahrungsmittelstabilität und Lebensmittelsicherheit (Pilzbefall) durch extreme Wetterereignisse wie Überschwemmungen und Wirbelstürme negativ beeinflusst, z.B. weil **Transport- und Lagerinfrastrukturen** beschädigt und die Lebensmittelwertschöpfungskette unterbrochen wird. Dies wird es erschweren, die schon jetzt hohen Nachernte-Verluste an Nahrungsmitteln in Entwicklungsländern zu verringern.

4. Wir wirken sich der Anbau von Soja und Palmöl auf die Ernährungssicherung aus? Gibt es Verdrängungseffekte zu Lasten der Ernährung insbesondere der einheimischen Bevölkerung in den Anbauländern?

- Die Expansion von **Soja und Palmöl** hat bedeutende Umweltschäden bewirkt, insbesondere durch Abholzung großer Waldflächen und den damit verbundenen Verlust der biologischen Vielfalt. Im Jahr 2010 stammten 45% bzw. 31% der Ölpalmenplantagen Südostasiens und Südamerikas aus Gebieten, die 1989 noch bewaldet waren.²⁴ Auswirkungen der Expansion von Soja und Palmöl auf die Ernährungssicherheit wurden bisher nur wenig erforscht. Eine der wenigen Studien zu dem Thema in Indonesien hat gezeigt, dass Bauern dank gesteigertem Einkommen aus dem Ölpalmenanbau ihre Ernährungssicherheit und -qualität verbessern konnten.²⁵ Voraussetzung hierfür sind gut funktionierende Märkte, die Zugang zu vielfältigen Lebensmitteln bieten. Andererseits trägt das billige Speiseöl zum weltweitem Problem wachsenden Übergewichts der Bevölkerung, auch in Entwicklungs- und Schwellenländern bei.

5. Welchen Beitrag konnte die europäische und deutsche Entwicklungszusammenarbeit (EZ) bisher leisten, um klimabedingten Hunger zu bekämpfen oder ihm vorzubeugen? Wo bestehen diesbezüglich noch Verbesserungsmöglichkeiten?

- Solide Klimapolitik ist keine isolierte Politik, sondern Teil einer **Ordnungspolitik**, die auf der Basis der sozialen Marktwirtschaft entwickelt

²³ Nkonya, E., A. Mirzabaev, J. von Braun (ed.) 2016. Economics of land degradation and sustainable land management. Springer Publ.

²⁴ Vijay, V., Pimm, S. L., Jenkins, C. N., & Smith, S. J. (2016). The Impacts of Oil Palm on Recent Deforestation and Biodiversity Loss. *PLOS ONE*, 11(7), e0159668.

²⁵ Euler, M. et al. (2017). Oil Palm Adoption, Household Welfare, and Nutrition Among Smallholder Farmers in Indonesia. *World Development*, 93, 219–235.

werden muss und ethischen Prinzipien wie Fairness und Gerechtigkeit sowie Nachhaltigkeit folgt. Klimabedingter Hunger ist nicht und sollte nicht als ein isoliertes Feld der EZ verstanden werden.

Derzeit spielt die deutsche Entwicklungszusammenarbeit eine weltweit wichtige und führende Rolle bei der Förderung von Agrarentwicklung und Ernährungssicherung. Maßnahmen zur Minimierung negativer Auswirkungen des Klimawandels sind integraler Teil **der Politik für Ernährungssicherheit mit Partnerländern**. So investiert das BMZ im Rahmen der Sonderinitiative Eine Welt Ohne Hunger erheblich in die Bekämpfung des Hungers und die Förderung der ländlichen Entwicklung, unter anderem durch mehr als 30 bilaterale, regionale und globale Projekte, die sich mit Fragen des Klimawandels befassen. Teil des Programms ist die Etablierung „Grüner Innovationszentren“ um die lokale Verfügbarkeit an Nahrungsmitteln zu verbessern. Diese Initiativen sind erfolgsversprechend und sollten ausgedehnt und verstetigt werden, mit dem klaren Ziel, einen signifikanten deutschen Beitrag zur Erreichung des SDG zu leisten. Das **G7 Versprechen des Gipfels in Elmau**, 500 Millionen Menschen bis 2030 aus Hunger und Unterernährung zu bringen, erfordert erhöhte Anstrengungen, einschließlich Haushaltsmittel zur nachhaltigen Hungerüberwindung.

Klimaschocks bewirken regionale Störungen der Versorgung und das erfordern mehr Ausgleich durch **Handel**. Damit wird noch mehr Aufmerksamkeit für regelbasierten freien Handel, der auch soziale und ökologische Standards beachtet, erforderlich. Die afrikanische Freihandelszone ist langfristig eine Chance auch im Hinblick auf vermehrten Handel mit Nahrungsmitteln innerhalb Afrikas. **Politische Innovationen** und Reformen in den Entwicklungsländern sind wichtig, aber auch **zusätzliche Mittel**. Die Förderung erneuerbarer Energien im ländlichen Raum, Ausbau der Infrastruktur und verstärkte Investitionen in landwirtschaftliche Forschung und Innovation (sowohl in der Pflanzen- als auch in der Tierproduktion) mit Innovationen in der Pflanzenzüchtung müssen die Agrarentwicklung flankieren und unterstützen.²⁶

²⁶ Bioökonomierat. (2018). *Genome editing: Europe needs new genetic engineering legislation*. BÖRMEMO 07. Berlin.

Themenblock 2 Ernährung sicherstellen – Klimawandel bekämpfen

1. Was sind die entscheidenden und erfolgreichsten Akteure für die Sicherung der Welternährung angesichts sich verändernder klimatischer Bedingungen, die durch die deutsche EZ intensiver gefördert werden sollten?

- Klimapolitik muss Anpassung an und Verhinderung des Klimawandels beinhalten. Es gibt mehrere **internationale Institutionen**, die eine wichtige Rolle bei der Entwicklung von Lösungen für die Ernährungssicherheit unter den Bedingungen des Klimawandels spielen. Darunter ist die Arbeit der Organisationen der Vereinten Nationen wie FAO, WFP, IFAD und UNFCCC zu nennen. Der Klimawandel fordert vor allem Innovationen – politische, institutionelle und technologische. Der **internationalen Forschung** (Consultative Group on International Agricultural Research - CGIAR) und zunehmend auch den Akademien der Wissenschaften Afrikas und Asiens kommen wichtige Rollen in der Strategieentwicklung und Innovation zu. Von Deutschland geförderte Initiativen wie das West African Science Service Center on Climate Change and Adapted Land Use (WASCAL) tragen wesentlich zur Entwicklung lokaler Kapazitäten bei. In Afrika hat inzwischen **AGRA** (Alliance for a Green Revolution in Africa) eine sehr signifikante Rolle für die Ernährungssicherung eingenommen. **NROs** wie insbesondere die Welthungerhilfe leisten einen wichtigen Beitrag zur Ernährungssicherung und verbinden Nothilfe in klimabedingten Krisen mit langfristiger nachhaltiger Entwicklung. Dem **Privatsektor** kommt eine wachsende Rolle zu, insbesondere auch afrikanischen Unternehmen (einschl. social business Start-ups, digitale Dienste) und ebenso Unternehmen in Südasien (Indien, Bangladesch). Zudem gewinnen ausländische Direktinvestitionen in den Agrar- und Nahrungsmittelsektor zunehmend an Bedeutung.²⁷

2. Inwieweit können neue Anbaumethoden helfen, schädliche Folgen des Klimawandels für die Welternährung zu begrenzen? Welche Rolle können kleinbäuerliche Strukturen und traditionelles Wissen dabei spielen? Was kann in diesem Zusammenhang mit industrieller Produktion konkurrieren?

- **Das gesamte Agrar- und Ernährungssystem muss Klima-smart werden.** Einzelne Maßnahmen sind nicht hinreichend. Anbaumethoden sind wichtiger Teil der Anpassung. Nachhaltige Landmanagementpraktiken (international „Sustainable Land Management“ genannt - SLM) sind notwendig, um Bodendegradation zu vermeiden und umzukehren.²⁸ SLM-Maßnahmen tragen

²⁷ Husmann, C. and Kubik, Z. (2019) *Foreign direct investment in the African food and agriculture sector: trends, determinants and impacts*, ZEF-Discussion Papers on Development Policy No. 274, Universität Bonn.

²⁸ Nkonya, E., Anderson, W., Kato, E., Koo, J., Mirzabaev, A., von Braun, J., & Meyer, S. (2016). Global Cost of Land Degradation. In *Economics of Land Degradation and Improvement – A Global Assessment for Sustainable Development* (pp. 117–165). Cham: Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978->

auch zum Klimaschutz und zum Erhalt der Biodiversität bei.²⁹ Zu diesen Maßnahmen gehören beispielsweise die konservierende Landwirtschaft und die nachhaltige Intensivierung der landwirtschaftlichen Produktion (z.B. der Ausbau effizienter Bewässerungssysteme mit Solarenergie).³⁰ Zudem sind durch eine Mechanisierung der Landwirtschaft in weiten Teilen Afrikas und Asiens Produktionsfortschritte zu erwarten.³¹ Dabei muss allerdings die Verfügbarkeit von Energiequellen in abgelegenen Regionen berücksichtigt werden. Voraussetzung für SLM sind gesicherte Landnutzungsrechte, da sonst die Anreize für langfristige Investitionen fehlen.

- **Kleinbäuerliche Strukturen** sind und bleiben noch lange das prägende Strukturmerkmal der afrikanischen und asiatischen Landwirtschaft. Kleine Betriebe können effizienter und effektiver Teil des Ernährungssystems sein, wie dies z.B. Chinas Landwirtschaft zeigt. Wichtig ist die Stärkung ihrer Resilienz durch überbetriebliche Kooperation und Dienstleistungen (z.B. Mechanisierung, digitaler Zugang zu Märkten und Beratung). Kleine Betriebe sollten aber nicht idealisiert werden. Ländliche Entwicklung mit mehr Beschäftigung außerhalb der Landwirtschaft reduziert Klimaschocks bei Kleinbauern.
- **Indigenes und lokales Wissen** spielt eine wichtige Rolle, z.B. wurden erfolgreiche Fälle von Landrestaurierung und -rehabilitation in Westafrika durch die Nutzung von indigenem und lokalem Wissen erleichtert (z.B. Nutzung von Pflanzgruben im Sahel). Die Arbeit des ZEF identifizierte viele solcher landwirtschaftliche Praktiken, die zur Ernährungssicherheit beitragen können.³²
- Die industrielle Produktion und die kleinbäuerliche Landwirtschaft könnten wichtige **symbiotische Beziehungen** entwickeln (z.B. Wissensfluss, Inputs usw.). Um negative Auswirkungen großflächiger Landwirtschaft auf die Ernährungssicherheit und die Lebensgrundlage der Kleinbauern zu vermeiden, bedarf es sicherer und transparenter Landbesitzregelungen um willkürliche Landenteignungen zu vermeiden.

3-319-19168-3_6

²⁹ Sanz, M. J., Vente, J. de, Chotte, J.-L., Bernoux, M., Kust, G., Ruiz, I., ... Akhtar-Schuster, M. (2017). *Sustainable Land Management contribution to successful land-based climate change adaptation and mitigation. A Report of the Science-Policy Interface*. Bonn, Germany.

³⁰ Xie, H. et al. (2018) Can Sub-Saharan Africa feed itself? The role of irrigation development in the region's drylands for food security, *Water International*, 43(6), 796-814; PARI Policy Brief No 12 (Small-Scale Irrigation Potential In Sub-Saharan Africa)

³¹ Malabo Montpellier Panel (2018). "Mechanized: Transforming Africa's Agriculture Value Chains"; ZEF-PARI Policy Briefs No. 5 (Smallholder agricultural mechanization in Africa).

³² Tambo, J. (2018) Recognizing and rewarding farmers' creativity through contests: experiences and insights from four African countries, ZEF Working Paper No. 166.

3. Inwieweit kann ein verändertes Konsumverhalten (z. B. weniger Fleischkonsum; Insekten oder Algen als Nahrungsmittel) dazu beitragen, negative Folgen des Klimawandels zu bremsen und die Ernährung sicherzustellen? Wie kann eine solche Änderung des Konsumverhaltens vorangetrieben werden?

- Der Übergang zu einer **stärker pflanzlich-basierten Ernährung** in Industrieländern (im Einklang mit den Richtlinien für eine gesunde Ernährung) könnte die globale Sterblichkeit um 6-10% und die durch Lebensmittel verursachten Treibhausgasemissionen um 29-70% gegenüber einem Referenzszenario im Jahr 2050 senken.³³ Solche nachhaltigen Ernährungsmuster ermöglichen es auch, den Wasserverbrauch in der Landwirtschaft zu halbieren.³⁴ Derzeit wird etwa ein Drittel der produzierten Lebensmittel weltweit verschwendet oder geht nach der Ernte verloren. Während in Entwicklungsländern die Lebensmittelabfälle hauptsächlich in der Produktions- und frühen Nacherntephase anfallen, fallen diese in Ländern mit hohem Einkommen häufig beim Verarbeiter, im Supermarkt und Verbraucher an. Die Verringerung solcher Abfälle würde die Treibhausgasemissionen aus den Nahrungsmittelsystemen, die bei Herstellung, Lagerung und Transport anfallen, proportional reduzieren.
- Es gibt eine Vielzahl von preislichen und anderen **Anreizinstrumenten**, um eine Umstellung auf die erwähnten Verhaltensmustern zu erreichen, aber Bildungsmaßnahmen sollten Priorität haben. Diese beinhalten neben Steuern und Vorschriften auch sogenannte „Nudges“ (dt. Anstupsen), wie z.B. die Bereitstellung von Informationen über nachhaltigen Konsum und Aufklärungskampagnen, die darauf abzielen, eine bewusste Verhaltensänderung beim Konsumenten zu induzieren. Die „Wissenschaftsplattform Nachhaltigkeit 2030“³⁵ hat dies in Arbeit. Eine CO₂-Bepreisung bietet ebenfalls Anreize zur Veränderung des Konsumverhaltens. Besonders beim Fleischkonsum sind gesundheitliche Risiken und die dadurch steigenden Kosten für das Gesundheitssystem zu berücksichtigen. Es sollten im Konsens mit der Bevölkerung definierte lokale Experimente gewagt werden. Haushalte mit geringer Kaufkraft dürfen nicht benachteiligt, sondern müssen ggf. kompensiert werden. Nachhaltiger Konsum und die Chancen und Grenzen seiner positiven externen Effekte muss eine Forschungspriorität in Industrieländern einschl. Deutschland werden.

³³ Springmann, M. et al. (2016). Analysis and valuation of the health and climate change cobenefits of dietary change. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 113(15), 4146–4151.

³⁴ Aleksandrowicz, L. et al. (2016). The Impacts of Dietary Change on Greenhouse Gas Emissions, Land Use, Water Use, and Health: A Systematic Review. *PLOS ONE*, 11(11), e0165797.

³⁵ <https://www.wpn2030.de/>

4. Ist es sinnvoll, eher auf Maßnahmen der Ernährungssicherung, wie Förderung der landwirtschaftlichen Produktivität, oder auf Klimaschutzmaßnahmen zu setzen, oder sollte beides parallel vorangetrieben werden?

- Beide müssen **parallel verfolgt** werden, die jeweiligen Maßnahmen alleine sind nicht ausreichend. Aufgrund der Dynamiken im Klimasystem sind einige Auswirkungen des Klimawandels auf die Nahrungsmittelsysteme nicht mehr umkehrbar. Daher sind Maßnahmen erforderlich, um die Nahrungsmittelsysteme an diese Veränderungen anzupassen. Gleichzeitig sind Maßnahmen zur Eindämmung des Klimawandels erforderlich, da ein höheres Maß an Erwärmung mit höheren Risiken für die Nahrungsmittelsysteme und die Ernährungssicherheit verbunden ist.³⁶ **Versicherungssysteme** zur Absicherung gegen Dürre, Überschwemmungen, Nutztierverluste sollten ausgeweitet werden. Sie sind inzwischen zu niedrigen Kosten möglich.
- Der Agrar-, Klima- und Ökologieforschung sollte höhere Priorität beigemessen werden. **Pflanzenzüchtung** für angepasste Sorten, klimagerechte Tierhaltung; Präzisionslandwirtschaft; nachhaltige Stickstoff- und Phosphat-Düngung sind auch in Entwicklungsländern immer notwendiger. Der beschleunigte Klimawandel bewirkt rasche Veränderung der Standorte der Nahrungsproduktion. Eine **Neubewertung der modernen genetischen Methoden** sollte auf wissenschaftlicher Basis in Angriff genommen werden. Dabei sollte eine differenzierte Regulierung der Genom-Editierung vorgenommen werden, denn diese ist nicht mit der früheren Gentransfer-Technik vergleichbar, die z.B. die heutigen europäischen Regulierungen definiert.

5. Inwieweit kann durch großflächige Aufforstungen ein lokales Klima verbessert und dann auch entsprechend mehr Nahrungsmittel produziert werden?

- Die Erwartung, dass die großflächige Aufforstung das lokale Klima durch eine Zunahme der lokalen Niederschläge verbessert, gilt als sehr unsicher für Trockengebiete. Im Gegensatz dazu ist die **Wiederaufforstung** (d.h. Aufforstung ehemaliger Wald- und baumreicher Savannengebiete wie im südlichen Sahel) aufgrund der ökologischen Vorteile stärker zu befürworten. Lokale Agroforstmaßnahmen, d.h. der kombinierte Anbau von Bäumen und Nutzpflanzen, erweisen sich als synergistisch, insbesondere wenn die Bäume sorgfältig für die lokalen Bedingungen ausgewählt wurden, wenn sie als

³⁶ Adger, W. N. et al. (2014). Human security. In C. B. Field et al. (Eds.), *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A* (pp. 755–791). New York: Cambridge University Press.; Hoegh-Guldberg, O. et al. (2018). Chapter 3: Impacts of 1.5°C global warming on natural and human systems. In *GLOBAL WARMING OF 1.5 °C*. IPCC.

Windschutz dienen, die Bodenerosion begrenzen oder den Wettbewerb der Nutzpflanzen um Nährstoffe vermeiden.³⁷

- Deutschland sollte verstärkt in eine **nachhaltige Landnutzung und Bioökonomie** investieren, zu Hause und international. Dies beinhaltet auch, in die Klimapolitikmaßnahmen nach **Art. 6 des Pariser Abkommens** zu investieren, also Klimagas kompensieren, z.B. durch Investitionen in CO²-Sequestrierung in Land und Forstmaßnahmen, nachhaltige Holznutzung und nachhaltige Energieentwicklung in Entwicklungsländern. Der Art. 6 des Pariser Klimaabkommens ermöglicht es, Klimaemissionen international zu handeln, d.h. Kompensation für deutsche Emissionen bei anderen Ländern zu ermöglichen und zu vergüten. Dies viel stärker auch für Innovation im Agrar- und Energiesektor in Entwicklungs- und Schwellenländern zu nutzen würde die Verteilungswirkungen und Effizienz Deutschlands Klimapolitik verbessern. **Ein globales deutsches Engagement** könnte darin bestehen, in Afrika, insbesondere in der Sahel- und Horn Region, nachhaltige dezentrale Energiesysteme im ländlichen Raum aufbauen zu helfen (Solar, Wind) sowie Anreize zu nachhaltiger und produktiver Land- und Forstwirtschaft zu fördern, die in Kombination mit der Energieentwicklung CO² einsparen und Beschäftigung fördern (siehe Maßnahmen oben 2.).

6. In welchem Maße können Fischwirtschaft einschließlich Wildfang, Fischzucht und Wasserpflanzen wie Algen noch stärker genutzt werden? Welche Potenziale sehen Sie hier im Kontext des Klimawandels?

- **Aquakulturen haben erhebliche Potentiale** insbesondere für die Proteinversorgung der wachsenden Städte in Entwicklungsländern. In Afrika ist dies der am raschesten wachsende Agrar-Subsektor. Vermehrte Förderung ist angezeigt. Reis-Fisch-Kulturen sind in Asien etabliert und zunehmend effizienter in Wertschöpfungsketten integriert. Die weltweite Fischerei ist durch den Klimawandel stark gefährdet, da die Meere bereits jetzt überfischt sind. Die wichtigsten Folgen des Klimawandels für die Ozeane sind die Versauerung und Sauerstoffbegrenzung in Folge höherer Wassertemperaturen.³⁸ Der Klimawandel wird die Risiken für die Seefischerei erhöhen; eine wissenschaftliche Studie schätzt, dass etwa 60% der 825 derzeit gefangenen Meeresfischarten bis 2050 aufgrund von Klimawandel und

³⁷ Mbow, C. et al. (2014). Achieving mitigation and adaptation to climate change through sustainable agroforestry practices in Africa. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 6, 8–14. 002

³⁸ Hillebrand, H. et al. (2018). Climate Change: Warming Impacts on Marine Biodiversity. In *Handbook on Marine Environment Protection* (pp. 353–373). Cham: Springer International Publishing; Pörtner, H. O., & Knust, R. (2007). Climate change affects marine fishes through the oxygen limitation of thermal tolerance. *Science (New York, N.Y.)*, 315(5808), 95–97.

Überfischung einem erhöhtem Aussterberisiko ausgesetzt sind (in etwa 20% Wahrscheinlichkeit des Aussterbens).³⁹

Zusammenfassung der Empfehlungen:

- Die Welternährung ist durch den Klimawandel bedroht. Dies erfordert global wirksame Maßnahmen, bei denen Europa und Deutschland eine wichtige Rolle übernehmen können und dies auch tun sollten.
- Landwirtschaft ist Teil der Ursachen des Klimawandels und zugleich besonders leidtragend. Landwirtschaft in den Entwicklungsländern muss stabilisiert und auf einen nachhaltigen Wachstumspfad gebracht werden. Die Zukunft von ca. 3 Milliarden Menschen im ländlichen Raum der Entwicklungsländer hängt davon direkt ab.
- Das SDG 2, den Hunger bis 2030 zu beenden, ist möglich, aber nicht mit dem gegenwärtigen Einsatz an Mitteln und Politikmaßnahmen. Erheblich mehr ist notwendig. Innovationen sind dabei zentral. Ein Programm in der Sahel- und Horn-Region von Afrika, das Klimapolitik nach Artikel 6 des Pariser Abkommens (Kompensation deutscher Klimagase) mit nachhaltiger Land- und Forstwirtschaft und ländlicher Energieversorgung verbindet, könnte ein Leuchtturm sein.
- Die Eine-Welt-Ohne-Hunger Initiative mit den Grünen Innovationszentren sollte wachsen. Deutschland hat damit eine wichtige Rolle in der Welternährung eingenommen. Diese Investitionen sollten mit der Ernährung von Kindern und vulnerablen Personen direkt dienenden Maßnahmen ergänzt werden, also über Produktion und Verarbeitung hinausgehen.
- Bei den Bestrebungen, die landwirtschaftliche Produktivität zu verbessern, sollte Maßnahmen wie der Ausweitung von nachhaltiger Bewässerung (Tröpfchen-Bewässerung), der Mechanisierung zur Unterstützung von Frauen, der Investition in verbessertes Saatgut und nachhaltigen Bodenbewirtschaftung vermehrtes Gewicht bekommen. Auch die Tierzucht und -haltung verlangt besondere Aufmerksamkeit, denn die Nachfrage nach tierischen Produkten (Huhn, Fisch, Milch) steigt in Entwicklungsländern stark an.
- Kohärente Bepreisung von CO² ist Teil eines nachhaltigen Portfolios in der Klimapolitik. Nachhaltiger Konsum auch in Deutschland ist zur Erreichung der Klimaziele langfristig notwendig. Anreize für eine nachhaltige Ernährung und Reduzierung der Lebensmittelverschwendung müssen geschaffen werden.
- Bei der Abkehr von einer kohlenstoffbasierten Wirtschaft und der Entwicklung einer nachhaltigen Bioökonomie ist die Forschung nach alternativen Produktionsmaterialien unabdingbar. Fördermaßnahmen zur Nutzung biologischer Ressourcen, Produkte, Verfahren und Dienstleistungen müssen ausgeweitet werden. Partner in Entwicklungsländern sind daran zunehmend interessiert und könnten von der deutschen Vorreiterrolle in diesem Bereich profitieren.

³⁹ Cheung, W. W. L. et al. (2018). Opportunities for climate-risk reduction through effective fisheries management. *Global Change Biology*, 24(11), 5149–5163. <https://doi.org/10.1111/gcb.14390>

Bibliographie:

- Adger, W. N., Pulhin, J. M., Barnett, J., Dabelko, G. D., Hovelsrud, G. K., Levy, M., ... Vogel, C. H. (2014). Human security. In C. B. Field, V. R. Barros, D. J. Dokken, T. E. B. K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, S. M. M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, & and L. L. W. P.R. Mastrandrea (Eds.), *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (pp. 755–791). Cambridge [England]; New York: Cambridge University Press.
- Ahlheim, M., Börger, T., & Frör, O. (2012). The ecological price of getting rich in a green desert: A contingent valuation study in rural Southwest China. Retrieved from <https://www.econstor.eu/handle/10419/60500>
- Aleksandrowicz, L., Green, R., Joy, E. J. M., Smith, P., & Haines, A. (2016). The Impacts of Dietary Change on Greenhouse Gas Emissions, Land Use, Water Use, and Health: A Systematic Review. *PLOS ONE*, *11*(11), e0165797. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0165797>
- Bioökonomierat. (2018). *Genome editing: Europe needs new genetic engineering legislation. BÖRMEMO 07*. Berlin.
- Bremer, L. L., & Farley, K. A. (2010). Does plantation forestry restore biodiversity or create green deserts? A synthesis of the effects of land-use transitions on plant species richness. *Biodiversity and Conservation*, *19*(14), 3893–3915. <https://doi.org/10.1007/s10531-010-9936-4>
- Cheung, W. W. L., Jones, M. C., Reygondeau, G., & Frölicher, T. L. (2018). Opportunities for climate-risk reduction through effective fisheries management. *Global Change Biology*, *24*(11), 5149–5163. <https://doi.org/10.1111/gcb.14390>
- Doss, C., Meinzen-Dick, R., Quisumbing, A., & Theis, S. (2018). Women in agriculture: Four myths. *Global Food Security*, *16*, 69–74. <https://doi.org/10.1016/J.GFS.2017.10.001>
- Euler, M., Krishna, V., Schwarze, S., Siregar, H., & Qaim, M. (2017). Oil Palm Adoption, Household Welfare, and Nutrition Among Smallholder Farmers in Indonesia. *World Development*, *93*, 219–235. <https://doi.org/10.1016/J.WORLDDEV.2016.12.019>
- FAO. (2018). *The future of food and agriculture – Alternative pathways to 2050*. Rome. Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO. Retrieved from <http://www.fao.org/3/I8429EN/i8429en.pdf>
- FAO, IFAD, UNICEF, WFP, & WHO. (2018). *The State of Food Security and Nutrition in the World 2018. Building climate resilience for food security and nutrition*. Rome, Italy. Retrieved from <http://www.fao.org/3/I9553EN/i9553en.pdf>
- Food Security Information Network (2018). GLOBAL REPORT ON FOOD CRISES 2018. Rome, Italy.
- Global Green Growth Institute (2019). <https://gggi.org/>
- Haile, M. G., Wossen, T., Tesfaye, K., & von Braun, J. (2017). Impact of Climate Change, Weather Extremes, and Price Risk on Global Food Supply. *Economics of Disasters and Climate Change*, *1*(1), 55–75. <https://doi.org/10.1007/s41885-017-0005-2>
- Harrington, L.J. & Otto, F.E.L. Attributable damage liability in a non-linear climate. *Climatic Change* *153*(1-2): 15.20. <https://doi.org/10.1007/s10584-019-02379-9>
- Hasegawa, T., Fujimori, S., Havlík, P., Valin, H., Bodirsky, B. L., Doelman, J. C., ... Witzke, P. (2018). Risk of increased food insecurity under stringent global climate change mitigation policy. *Nature Climate Change*, *8*(8), 699–703. <https://doi.org/10.1038/s41558-018-0230-x>
- Hillebrand, H., Brey, T., Gutt, J., Hagen, W., Metfies, K., Meyer, B., & Lewandowska, A. (2018). Climate Change: Warming Impacts on Marine Biodiversity. In *Handbook on Marine Environment Protection* (pp. 353–373). Cham: Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-60156-4_18
- Hoag, H. (2014). Russian summer tops “universal” heatwave index. *Nature News*, 29 October. <https://doi.org/10.1038/nature.2014.16250>
- Hoegh-Guldberg, O., Jacob, D., Taylor, M., Bindi, M., Brown, S., Camilloni, I., ... IPCC. (2018). Chapter 3: Impacts of 1.5°C global warming on natural and human systems. In *GLOBAL WARMING OF 1.5 °C*. IPCC. Retrieved from http://report.ipcc.ch/sr15/pdf/sr15_chapter3.pdf
- Husmann, C. and Kubik, Z. (2019) *Foreign direct investment in the African food and agriculture*

- sector: trends, determinants and impacts, ZEF-Discussion Papers on Development Policy No. 274, Universität Bonn, <https://research4agrinnovation.org/publication/zef-dp-274/>.
- Iizumi, T., & Ramankutty, N. (2016). Changes in yield variability of major crops for 1981–2010 explained by climate change. *Environmental Research Letters*, 11(3), 034003. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/11/3/034003>
- InterAcademy Partnership, 2018. Opportunities for future research and innovation on food and nutrition security and agriculture. The InterAcademy Partnership's global perspective Synthesis by IAP based on the four regional academy network studies. Trieste and Washington DC.
- Malabo Montpellier Panel (2018). "Mechanized: Transforming Africa's Agriculture Value Chains".
- Mbow, C., Smith, P., Skole, D., Duguma, L., & Bustamante, M. (2014). Achieving mitigation and adaptation to climate change through sustainable agroforestry practices in Africa. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 6, 8–14. <https://doi.org/10.1016/J.COSUST.2013.09.002>
- Moore, F. C., & Lobell, D. B. (2015). The fingerprint of climate trends on European crop yields. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 112(9), 2670–2675. <https://doi.org/10.1073/pnas.1409606112>
- Myers, S.S., A. Zanobetti, I.Kloog, P. Huybers, A. D. B. Leakey, A. J. Bloom, E. Carlisle, L. H. Dietterich, G. Fitzgerald, T. Hasegawa, N. M. Holbrook, R. L. Nelson, M. J. Ottman, V. Raboy, H. Sakai, K. A. Sartor, J. Schwartz, S. Seneweera, M. Tausz, Y. Usui (2014). Rising CO₂ threatens human nutrition, *Nature* 510: 139-142, <https://www.nature.com/articles/nature13179.pdf>
- Ngigi, M., Mueller, U., & Birner, R. (2016). *Gender Differences in Climate Change Perceptions and Adaptation Strategies: An Intra-Household Analysis from Rural Kenya*. ZEF-Discussion Papers on Development Policy (Vol. 210). <https://doi.org/10.2139/ssrn.2747856>
- Nkonya, E., Anderson, W., Kato, E., Koo, J., Mirzabaev, A., von Braun, J., & Meyer, S. (2016). Global Cost of Land Degradation. In *Economics of Land Degradation and Improvement – A Global Assessment for Sustainable Development* (pp. 117–165). Cham: Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-19168-3_6
- Olsson, L., Opondo, M., Tschakert, P., Agrawal, A., Eriksen, S. H., Ma, S., ... Zakieldeen, S. A. (2014). Livelihoods and poverty. In T. E. B. Field, C.B., V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, S. M. M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, & and L. L. W. P.R. Mastrandrea (Eds.), *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Pörtner, H. O., & Knust, R. (2007). Climate change affects marine fishes through the oxygen limitation of thermal tolerance. *Science (New York, N.Y.)*, 315(5808), 95–97. <https://doi.org/10.1126/science.1135471>
- Rakib, M., & Matz, J. A. (2016). The Impact of Shocks on Gender-differentiated Asset Dynamics in Bangladesh. *The Journal of Development Studies*, 52(3), 377–395. <https://doi.org/10.1080/00220388.2015.1093117>
- Ramanathan, V., Sorondo, M. S., Dasgupta, P., von Braun, J., & Victor, D. G. (2018). Climate Extremes and Global Health. *Foreign Affairs*, July 31.
- Sanz, M. J., Vente, J. de, Chotte, J.-L., Bernoux, M., Kust, G., Ruiz, I., ... Akhtar-Schuster, M. (2017). *Sustainable Land Management contribution to successful land-based climate change adaptation and mitigation. A Report of the Science-Policy Interface*. Bonn, Germany.
- Schlenker, W., & Lobell, D. B. (2010). Robust negative impacts of climate change on African agriculture. *Environmental Research Letters*, 5(1), 014010. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/5/1/014010>
- Springmann, M., Godfray, H. C. J., Rayner, M., & Scarborough, P. (2016). Analysis and valuation of the health and climate change cobenefits of dietary change. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 113(15), 4146–4151. <https://doi.org/10.1073/PNAS.1523119113>
- Swinnen, J., Burkitbayeva, S., Schierhorn, F., Prishchepov, A. V., & Müller, D. (2017). Production potential in the “bread baskets” of Eastern Europe and Central Asia. *Global Food Security*, 14, 38–53. <https://doi.org/10.1016/J.GFS.2017.03.005>

- Tadele, Z. (2017). Raising Crop Productivity in Africa through Intensification. *Agronomy*, 7(1), 22. <https://doi.org/10.3390/agronomy7010022>
- Tambo, J. A., & Wünscher, T. (2015). Identification and prioritization of farmers' innovations in northern Ghana. *Renewable Agriculture and Food Systems*, 30(06), 537–549. <https://doi.org/10.1017/S1742170514000374>
- van der Esch S, B, ten B., E, S., M, B., A, S., A, B., ... van den Berg, M. (2017). *Exploring future changes in land use and land condition and the impacts on food, water, climate change and biodiversity: Scenarios for the UNCCD Global Land Outlook. UNCCD Global Land Outlook.*
- van Ittersum, M. K., van Bussel, L. G. J., Wolf, J., Grassini, P., van Wart, J., Guilpart, N., ... Cassman, K. G. (2016). Can sub-Saharan Africa feed itself? *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 113(52), 14964–14969. <https://doi.org/10.1073/pnas.1610359113>
- Vijay, V., Pimm, S. L., Jenkins, C. N., & Smith, S. J. (2016). The Impacts of Oil Palm on Recent Deforestation and Biodiversity Loss. *PLOS ONE*, 11(7), e0159668. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0159668>
- Watts, N., Adger, W. N., Agnolucci, P., Blackstock, J., Byass, P., Cai, W., ... Costello, A. (2015). Health and climate change: policy responses to protect public health. *The Lancet*, 386(10006), 1861–1914. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(15\)60854-6](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(15)60854-6)
- Watts, N., Amann, M., Arnell, N., Ayeb-Karlsson, S., Belesova, K., Berry, H., ... Costello, A. (2018). The 2018 report of the Lancet Countdown on health and climate change: shaping the health of nations for centuries to come. *The Lancet*, 392(10163), 2479–2514. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(18\)32594-7](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(18)32594-7)
- Wambui, G. et al. (2018) Women in African Agriculture: Integrating Women into Value Chains to Build a Stronger Sector, ZEF Working Paper 175, Universität Bonn, <https://research4agrinnovation.org/publication/wp-175/>.
- Weyant, C., Brandeau, M. L., Burke, M., Lobell, D. B., Bendavid, E., & Basu, S. (2018). Anticipated burden and mitigation of carbon-dioxide-induced nutritional deficiencies and related diseases: A simulation modeling study. *PLOS Medicine*, 15(7), e1002586. <https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1002586>
- Xie, Hua, Perez, Nicostrato, Anderson, Weston, Ringler, Claudia & You, Liangzhi (2018) Can Sub-Saharan Africa feed itself? The role of irrigation development in the region's drylands for food security, *Water International*, 43:6, 796-814, DOI: 10.1080/02508060.2018.1516080; ; PARI Policy Brief No 12: Small-Scale Irrigation Potential In Sub-Saharan Africa.