

Chancen zukünftiger Forschung und Innovation im Bereich der Ernährungssicherheit und Landwirtschaft

Die globale Perspektive der InterAcademy Partnership



Synthese der IAP auf Basis von vier regionalen Akademienetzwerk-Studien

ISBN 978-88-940784-7-3

Dieser Bericht ist abrufbar unter
www.interacademies.org



aasssa
THE ASSOCIATION OF ACADEMIES
AND SOCIETIES OF SCIENCES IN
Asia



European Academies
ea sac
Science Advisory Council

Chancen zukünftiger Forschung und Innovation im Bereich der Ernährungssicherheit und Landwirtschaft

Die globale Perspektive der InterAcademy Partnership

*Synthese der IAP auf Basis von vier regionalen
Akademienetzwerk-Studien*

ISBN 978-88-940784-5-9

InterAcademy Partnership 2018

Abgesehen von jeglichem fairem Umgang zum Zwecke der Forschung oder des Selbststudiums, der Kritik oder des Review darf kein Teil dieser Publikation in irgendeiner Form oder auf irgendeine Weise ohne vorherige schriftliche Genehmigung des Herausgebers oder in Übereinstimmung mit den Lizenzbedingungen der entsprechenden Verwertungsorganisation vervielfältigt, gespeichert oder übertragen werden. Anfragen zur Reproduktion außerhalb der hier genannten Bedingungen sind zu richten an:

InterAcademy Partnership
ICTP Campus, c/o TWAS
Strada Costiera 11
34151 Triest
Italien

InterAcademy Partnership
Nationale Akademien für
Naturwissenschaften, Technik und
Medizin der USA
500 Fifth St. NW
Washington, DC 20001
USA

www.interacademies.org
iap@twas.org
secretariat@iapartnership.org

Cover-Bilder. Oben links: copyright istock by Getty Images. Oben rechts: Massenernte von Sojabohnen auf einer Farm in Campo Verde, Mato Grosso, Brasilien; © Shutterstock. Unten links: Copyright Professor Sheryl Hendriks. Unten rechts: copyright Shutterstock.

Herausgegeben und in Frutiger gesetzt von: The Clyvedon Press Ltd, Cardiff, Großbritannien

Druck: Schaefer Druck und Verlag GmbH, Teutschenthal, Deutschland, auf FSC-zertifiziertem Papier.

Inhalt

	Seite
Vorwort	v
Zusammenfassung	1
1 Tragweite und Umfang der wissenschaftlichen Möglichkeiten	5
1.1 Einführung	5
1.2 Globale Herausforderungen für FNSA	6
1.3 Fortschritte in Wissenschaft und Technologie können die Evidenzbasis stärken	8
1.4 Design des IAP-Projekts und dieses Berichts	10
1.5 Welche Maßnahmen wurden bereits ergriffen, um den Herausforderungen bei der Verbesserung der globalen FNS zu begegnen?	11
1.6 Die Zielgruppe von IAP	11
2 Bewertung der regionalen Vielfalt und Gemeinsamkeiten	13
2.1 IAP-Startpunkt: Schlüsselthemen für FNS, die in den SDGs abgebildet sind	13
2.2 Unterschiede innerhalb und zwischen den Regionen	13
2.3 Charakterisierung der Vielfalt in FNSA	14
2.4 Unterschiede in der wissenschaftlichen Infrastruktur und den Forschungskapazitäten	15
2.5 Unterschiedliche Verknüpfung der Forschungsergebnisse mit der Entwicklung politischer Optionen	17
2.6 Konsens zwischen den Regionen und politische Auswirkungen	17
2.7 Von der regionalen Analyse zu globalen Prioritäten	19
3 Effiziente und gerechte Ernährungssysteme: Definition der Herausforderungen und Innovationsmöglichkeiten	21
3.1 Umfang und Effizienz von Nahrungsmittelsystemen	21
3.2 Kreislaufwirtschaft und Bioökonomie	22
3.3 Klimawandel	23
3.4 Nahrungsmittelabfälle und Recycling	24
3.5 Lebensmittelverarbeitung	26
3.6 Verständnis der globalen Märkte und Umgang mit deren Volatilität	26
3.7 Verbindungen zu Grundlagenforschung, Digitalisierung und Big Data	28
4 Veränderung des Nahrungskonsums für verbesserte Ernährung und öffentliche Gesundheit	31
4.1 Fragen im Zusammenhang mit Fehlernährung und der Definition einer gesunden und nachhaltigen Ernährung	31
4.2 Übergewicht und Fettleibigkeit	33
4.3 Schwankungen in den Populationsuntergruppen	34
4.4 Erforschung der Vorteile von Ernährungsumstellung für den Klimaschutz	35
4.5 Nahrungsmittelstruktur und -inhalt	36
4.6 Lebensmittelsicherheit	37
4.7 Innovation in der Ernährung und Nutzbarmachung von Forschung in wissenschaftlichem Neuland	38
4.8 Ernährungsempfindliche Systeme	40
5 Landwirtschaftliche Produktivität und ihre Transformation inmitten der Unsicherheit	41
5.1 Agrarstrukturen	42
5.2 Die Herausforderung des Klimawandels für die Landwirtschaft	42
5.3 Landwirtschaftliche Produktivität und die Bedürfnisse der Endverbraucher	44
6 Wettbewerb um natürliche Ressourcen: nachhaltige Entwicklung und das umfassende Ökosystem	51
6.1 Wasser	52
6.2 Boden	53
6.3 Energieverbrauch und -erzeugung	55
6.4 Biodiversität	55

7	Verbesserung von F&E und wissenschaftlicher Beratung	57
7.1	Fragen zum Aufbau von Forschungsinfrastruktur, Zusammenarbeit und effektiver Umsetzung	57
7.2	Integration und Reform von politischen Themen	59
7.3	Rollen der Akademien	60
7.4	Internationale wissenschaftliche Beratungsgruppen für FNS	61
8	Empfehlungen	63
Anhang 1	Erstellung des IAP-Gesamtberichts	69
Anhang 2	Merkmale des aktuellen globalen Status der FNS-Analyse und die Auswirkungen auf die Forschung	71
Anhang 3	IAP-Vorlage	73
Anhang 4	Zusammengestellte Liste der Empfehlungen aus allen vier Regionalberichten	77
	Abkürzungen	91
	Referenzen	93

Vorwort

Die InterAcademy Partnership (IAP), das globale Netzwerk der Wissenschaftsakademien der Welt, vereint etablierte regionale Netzwerke von Wissenschafts- und Medizinakademien, so dass die Stimme der Wissenschaft bei der Umsetzung gesellschaftlicher Prioritäten gehört werden kann.

Alle Länder stehen vor dem Problem, die Last der Fehlernährung im Rahmen ihrer Bemühungen zur Erreichung der Nachhaltigkeitsziele der Vereinten Nationen zu bewältigen. Die jüngste jährliche Überprüfung durch die Ernährungs- und Landwirtschaftsorganisation der Vereinten Nationen (FAO) im Jahr 2018 stellt fest, dass die absolute Zahl der unterernährten Menschen zwischen 2016 und 2017 weiter zugenommen hat und äußert sich besorgt darüber, dass auch andere Ernährungsziele verfehlt werden. Klimaextreme und -variabilität drohen zu erodieren und die bisherigen Gewinne umzukehren¹.

Um diesen globalen Herausforderungen zu begegnen, ist es dringend erforderlich, eine kritische Masse in Forschung und Innovation aufzubauen und diese Ressourcen für die Beratung von Politikern und anderen zu mobilisieren. Mit unserem IAP-Projekt "Food and Nutrition Security and Agriculture" (FNSA), das in diesem Bericht beschrieben ist, wollen wir zeigen, wie Wissenschaftsakademien zum Austausch und zur Umsetzung bewährter Verfahren bei der Identifizierung und Aufklärung kontroverser Fragen, bei der Entwicklung und Kommunikation der Evidenzbasis sowie bei der Information und Überwachung der Wahl von Politikoptionen beitragen können. Insbesondere bei einem der in diesem Bericht behandelten Themen wird immer deutlicher, dass der Klimawandel auf verschiedene Weise negative Auswirkungen auf die Ernährungssysteme haben wird, was die Einführung einer klimaschonenden Landwirtschaft erfordert, aber auch, dass die Landwirtschaft selbst wesentlich zum Klimawandel beiträgt. Die Minderung dieses Beitrags hängt davon ab, dass klimaschonende Nahrungsmittelsysteme mit Anstrengungen eingeführt werden, um das Verbraucherverhalten im Zusammenhang mit überhöhten Treibhausgasemissionen zu beeinflussen. Eine Änderung der Ernährung könnte Synergien für Gesundheit und Klima bringen. Fragen des Klimawandels sind für viele der Nachhaltigkeitsziele von Bedeutung, und Landwirtschaft und Ernährungssysteme sind wichtige Instrumente zur Erreichung dieser Ziele. Gemeinsam muss jedoch ehrgeiziger vorgegangen werden, um

die wissenschaftlichen Möglichkeiten für Systeme im Übergang in einer unsicheren und schnell vernetzten Welt zu ermitteln.

Für das IAP-Projekt wurden Arbeitsgruppen aus vier parallelen regionalen Akademienetzwerken gebildet: in Afrika (Network of African Science Academies, NASAC), Asien (Association of Academies and Societies of Sciences in Asia, AASSA), Amerika (Inter-American Network of Academies of Science, IANAS) und Europa (European Academies' Science Advisory Council, EASAC). Die Projektablaufe waren wie folgt: Nach Abstimmung aller IAP-Akademien über den wissenschaftlichen Gesamtumfang und die Projektgestaltung wurde ein Treffen der Akademie-Experten für Ernährungssicherheit und Landwirtschaft aus den vier Weltregionen vereinbart. Das Ergebnis waren zehn Leitfragen, deren Antworten aus jeder Region die Grundlage für die Analyse der Akademien bilden würden. Im Laufe rund eines Jahres entwickelten die vier regionalen Arbeitsgruppen ihre Empfehlungen. Sie konsultierten zusätzliche Beweisquellen, auch auf nationaler Ebene, entsprechend den regional vereinbarten Prioritäten. Gelegentlich fanden globale Plenarsitzungen statt, an denen alle Regionen und Vertreter der politischen Gremien teilnahmen. Die Ergebnisse der regionalen Arbeit wurden dann einer Akademie-nominierten unabhängigen Peer-Review unterzogen, und die endgültigen Texte wurden von den zuständigen Akademienetzwerken bestätigt. Die Veröffentlichung der Regionalberichte in Afrika, Asien, Amerika und Europa wurde von Konsultationen mit Wissenschafts- und Politikvertretern in diesen Regionen und auf nationaler Ebene begleitet. Das Feedback zu den vier regionalen Berichten diente auch als Grundlage für die Erstellung dieses fünften, globalen Berichts unter der Schirmherrschaft einer Expertenredaktionsgruppe, begleitet von einer kontinuierlichen Interaktion zwischen den Regionen. Der globale Bericht wurde von unabhängigen Experten geprüft und von IAP gebilligt.

Die vier regionalen Berichte sind unter <http://www.interacademies.org/37646/Food-and-Nutrition-Security-and-Agriculture> veröffentlicht, und der vorliegende Bericht ist der fünfte, der die globale Analyse und Zusammenfassung unserer Arbeit darstellt. Ziel dieses Berichts ist es, zu interregionalen Fragen, lokal-globalen Konnektivitäten und Fragen an den Schnittstellen zwischen Wissenschaft und Politik zu beraten, die von zwischenstaatlichen Institutionen und

¹ FAO, IFAD, UNICEF, WFP und WHO (2018). The state of food security and nutrition in the world. <http://www.a.o.org/3/19553EN/19553en.pdf>.

anderen Einrichtungen mit internationalen Rollen und Verantwortlichkeiten berücksichtigt werden sollten.

Uns ist natürlich bekannt, dass es viele andere Berichte über die Bandbreite der Themen, die IAP abdeckt, gibt. Unsere Bemühungen zielen darauf ab, einen Mehrwert für den großen Teil der Arbeit zu schaffen, die bereits von vielen anderen Gruppen geleistet wurde. Wir sind der Ansicht, dass die Stärke des IAP-Beitrags durch den innovativen und unverwechselbaren Charakter des Projekts in verschiedener Hinsicht bestimmt wird:

- Die IAP-Initiative stellt ein globales Kooperationsnetzwerk mit den gemeinsamen Ressourcen von 130 Akademien der Wissenschaft und Medizin dar.
- Das Projektdesign ist integrativ, da es auf regionaler Expertise über mehrere wissenschaftliche Disziplinen hinweg basiert, und es erkennt gleichzeitig die zentrale Bedeutung der Grundlagenforschung an. Regionale Probleme wurden angesprochen und die Ergebnisse integriert, um Schlussfolgerungen zu ziehen, die die national-regional-globalen Perspektiven verbinden.
- Die wissenschaftliche Analyse und Beratung erfolgt evidenzbasiert und unabhängig von kommerziellen oder politischen Einflüssen. IAP ist offen und transparent in den Prozessen.
- Das Projekt verfolgt einen Food-System-Ansatz, der alle Schritte vom Anbau über die Verarbeitung, den Handel, den Einkauf, den Konsum und die Entsorgung von Abfällen bis hin zum Recycling umfasst.
- Der vereinbarte Ausgangspunkt betonte, dass bei der Festlegung von Prioritäten für die Steigerung der landwirtschaftlichen Produktion durch nachhaltige Intensivierung dem Druck auf andere kritische natürliche Ressourcen, insbesondere Wasser, Boden und Energie, Rechnung getragen werden muss, und die anhaltende Notwendigkeit besteht, einen weiteren Verlust der biologischen Vielfalt der Ökosysteme zu vermeiden.
- Dieser fünfte Bericht zeigt einen starken Konsens in kontroversen Fragen und erkennt gleichzeitig die Unterschiede in den Bereichen Landwirtschaft, Nahrungsmittel- und Ernährungssysteme sowie in den politischen Systemen an.

Die regionalen und der globale Bericht von IAP bilden eine Grundlage für den Einsatz der Akademien für ein kontinuierliches Engagement bei der Erweiterung der Diskussion, der Erprobung von Empfehlungen und der Information von Politik und Praxis, insbesondere unter Berücksichtigung der folgenden Aspekte: (1) auf Grundlage der verfügbaren wissenschaftlichen Erkenntnisse und Daten zu handeln, um verantwortungsbewusste Innovationen zu unterstützen, eine robuste und kohärente Strategieentwicklung zu verbessern und das öffentliche Verständnis für die Herausforderungen zu fördern; und (2) globale wissenschaftliche Kapazitäten und Partnerschaften aufzubauen, um neue Forschungsprioritäten zu ermitteln und Wissenslücken zu schließen².

Der vorliegende Bericht dokumentiert verschiedene Beispiele für die Möglichkeiten technologischer, regulatorischer und gesellschaftlicher Innovationen. Ich nutze die Gelegenheit, um hier zu betonen, dass es wichtig ist, die notwendigen Verbindungen zwischen diesen verschiedenen Formen der Innovation zu erkennen. Beispielsweise wurde erst kürzlich das kommentierte Referenzgenom für Weizen veröffentlicht³, das eine Gemeinschaftsressource zur Förderung der Weizenverbesserung durch genomisch unterstützte Züchtung darstellt. Die Regulierungssysteme auf der ganzen Welt müssen jedoch ausreichend flexibel sein, um Innovationen zu ermöglichen und zu fördern, die sich aus dem zunehmenden Tempo der wissenschaftlichen Entdeckung ergeben. Dass dies vielleicht nicht immer der Fall ist, zeigt die jüngste Entscheidung des Europäischen Gerichtshofs⁴ über neue Pflanzenzüchtungstechniken. Es ist wichtig, dass die Regulierungsrahmen evidenzbasiert und verhältnismäßig sind.

Unsere IAP-Berichte bieten eine umfangreiche Ressource in Bezug auf die gesammelten Erkenntnisse, gemeinsame Expertenanalysen und wissenschaftlich fundierte Empfehlungen. Wir sehen, dass dringend politisches Handeln erforderlich ist, um die aufgeworfenen Fragen anzugehen und die Mittel zur Umstellung der Nahrungsmittel- und Ernährungssysteme auf nachhaltige, gesunde Ernährung bereitzustellen. Akademien und ihre Netzwerke sind nach wie vor sehr engagiert, diese Ergebnisse zu nutzen, um weitere Kontakte mit der breiteren Wissenschaftsgemeinde, politischen Entscheidungsträgern und anderen Interessengruppen zu knüpfen. Kürzlich wurden die

² So verdeutlicht beispielsweise ein Bericht der US National Academies of Science, Engineering and Medicine nach Abschluss unserer IAP-Arbeit die Forschungsmöglichkeiten: "Science breakthroughs to advance food and agricultural research by 2030", Juli 2018.

³ Internationales Weizengenom-Sequenzierungskonsortium (2018). Shifting the limits in wheat research and breeding using a fully annotated reference genome. *Wissenschaft* **361**, eaar7191.

⁴ Europäischer Gerichtshof 25. Juli 2018, Urteil in der Rechtssache C-528/16, auf <https://curia.europa.eu/jcms/upload/docs/application/pdf/2018-07/cp180111en.pdf>.

regionalen Ergebnisse an ein Treffen übermittelt, das von den S20-Akademien im Rahmen der von Argentinien, dem derzeitigen G20-Präsidenten⁵, veranstalteten G20-Diskussionen organisiert wurde, und wir arbeiten nun aktiv daran, andere Diskussionen und Aktionen anzuregen. Wir begrüßen Feedback zu den in diesem Bericht behandelten Themen und wie wir gemeinsam neue Wege gehen können.

Ich danke den vielen wissenschaftlichen Experten, die ihre Zeit, ihr Fachwissen und ihre Begeisterung großzügig in unsere regionalen Arbeitsgruppen und unsere globale Redaktionsgruppe eingebracht haben.

Ich danke auch all unseren Peer Reviewern für ihr Engagement und all unseren Akademien und ihren regionalen Netzwerken, meinen IAP-Vorstandskollegen und unserem Projektsekretariat für ihre nachhaltigen Bemühungen. Wir alle im IAP-Projekt bedanken uns auch für die sehr hohe finanzielle Unterstützung durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF).

Volker ter Meulen
Präsident der IAP
Oktober 2018

⁵ <http://www.s20argentina.org/documents/>

Zusammenfassung

Alle Länder stehen vor dem Problem der Bekämpfung von Fehlernährung in ihren verschiedenen Formen: Unterernährung und Mikronährstoffmangel sowie Übergewicht und Fettleibigkeit. Das Ausmaß und die Art dieser Probleme sind natürlich von Land zu Land und von Bevölkerung zu Bevölkerung unterschiedlich. Neueste Daten der Vereinten Nationen deuten auf besorgniserregende Trends in der globalen Ernährungssicherheit hin, die angegangen werden müssen. Die Wissenschaft hat das Potenzial, nachhaltige Lösungen für nationale und globale Ernährungssysteme zu finden, die sich auf das komplexe Zusammenspiel von Themen wie Gesundheit, Ernährung, Landwirtschaft, Klimawandel, Ökologie und menschliches Verhalten beziehen.

Projektdesign und Zweck

Mit diesem Bericht bringen globale Wissenschaftsakademien ihre Besorgnis über negative Tendenzen in den Bereichen Nahrungsmittel, Ernährung und Landwirtschaft zum Ausdruck und identifizieren wissenschaftsbasierte Initiativen, die zu Lösungen beitragen könnten. Akademien der Wissenschaften haben eine lange Tradition von Interesse und Kompetenz in diesen Bereichen. Die Akademien nahmen auch wichtige andere Strategie- und Bewertungspapiere für Nahrungsmittel und Landwirtschaft zur Kenntnis (zusammengefasst in Anlage 2). Die vorliegende Arbeit der InterAcademy Partnership (IAP), dem globalen Netzwerk von Wissenschaftsakademien, bringt etablierte regionale Netzwerke von Akademien zusammen und bildet eine neue Zusammenarbeit, um sicherzustellen, dass die Stimme der Wissenschaft bei der Umsetzung gesellschaftlicher Prioritäten gehört wird. Der mit dem Programm dieser Akademien angestrebte Mehrwert besteht darin, die wissenschaftliche Leistungsfähigkeit der Akademien auf die langwierigen Nahrungsmittel-, Ernährungs- und Landwirtschaftsfragen zu konzentrieren. Dies scheint zunehmend erforderlich zu sein, da die Grundlagenforschung - gut vertreten an Akademien - immer relevanter wird und mit der angewandten Problemlösungswissenschaft in den Bereichen Nahrungsmittel, Ernährung und Landwirtschaft integriert wird. Ein weiterer Beitrag der vorliegenden Studie ist die Betonung des Ernährungssystems, und in diesem Zusammenhang liegt ein wichtiger Schwerpunkt auf der Gesundheit von Mensch und Umwelt.

Die erste Phase des IAP-Projekts "Food and Nutrition Security and Agriculture" (FNSA) war so gestaltet, dass sie vier parallele Arbeitsgruppen der regionalen Akademienetzwerke (in Afrika, Asien, Amerika und Europa) umfasste, die jeweils aus Experten aus der

gesamten Region bestanden. Sie stützten sich auf exzellente wissenschaftliche Erkenntnisse und gingen von einem gemeinsamen Ausgangspunkt aus, der durch eine vereinbarte IAP-Dokumentvorlage mit Hauptthemen repräsentiert wird. Die Berichte dieser vier Regionalgruppen wurden Ende 2017 und Anfang 2018 veröffentlicht. In der hier berichteten zweiten Phase des IAP-Projekts liegt der Fokus auf der globalen Ebene. Die Ergebnisse der vier regionalen Einschätzungen wurden zusammen mit den globalen Analysen als Ressourcen genutzt, um diesen vorliegenden fünften Bericht zu erstellen.

Rahmen der Studie

Unsere globale Ausrichtung ergibt sich aus drei Schlüsselperspektiven:

- (i) Wissenschaft zur Stärkung und zum Schutz internationaler öffentlicher Güter, d.h. solcher Güter und Dienstleistungen, die in einem Umfang bereitgestellt werden müssen, der über die Länder hinausgeht und gemeinsam besser erreicht werden kann, und wir betonen die Schaffung und Nutzung von Schlüsselementen der Wissenschaft und ihres Austauschs als internationales öffentliches Gut.
- (ii) Internationale Umwelt- und institutionelle Risiken und deren Übertragung in eine unsichere und schnell vernetzte Welt sowie Chancen und Risiken von Innovationen und Technologien, wiederum aus wissenschaftlicher Sicht.
- (iii) Die Nachhaltigkeitsziele der Vereinten Nationen, die einen äußerst wichtigen politischen Rahmen für das Verständnis und die Erfüllung der Herausforderungen bieten. Sie erfordern jedoch ein neues Engagement der Wissenschaft, um die Komplexität evidenzbasierter Politik und Programme sowie mögliche Zielkonflikte zu lösen.

Wir definieren das gewünschte Ergebnis für die Ernährungssicherheit als Zugang für alle zu einer gesunden und erschwinglichen Ernährung, die ökologisch nachhaltig und kulturell akzeptabel ist. Die größten globalen Herausforderungen für die Bereitstellung von Ernährungssicherheit setzen sich zusammen aus dem Druck einer wachsenden Bevölkerung, der Urbanisierung, des Klimawandels und anderen Umweltveränderungen, wirtschaftlicher Ungleichheit und Marktinstabilität sowie politischer Brüche und sozialen Ungerechtigkeiten.

Eine kohärente Strategie zur Bewältigung der Herausforderungen muss sowohl angebots- als auch nachfrageseitige Elemente umfassen. Wir verfolgen

den Ansatz des integrativen Nahrungsmittelsystems, um alle Schritte, die Teil der Nahrungsmittelkette sind, einzubeziehen - von Anbau und Agronomie über Verarbeitung, Transport, Handel, Einkauf und Konsum. Wir untersuchen Fragen der Ressourceneffizienz, der ökologischen Nachhaltigkeit, der Widerstandsfähigkeit und der Agenda für die öffentliche Gesundheit, wobei wir auch die lokal-globale Vernetzung der Systeme berücksichtigen.

Bei der Betrachtung der dreifachen Belastung durch Fehlernährung (Unterernährung, Mikronährstoffmangel, Übergewicht und Adipositas) untersuchen wir ein breites Spektrum wissenschaftlicher Möglichkeiten. Wir bewerten, wie die aktuelle wissenschaftliche Evidenzbasis das öffentliche Verständnis für die Herausforderungen prägen kann, als Ressource für Innovationen dient und politische Handlungsoptionen informiert, und wie die Forschungsagenda aussehen sollte, um aktuelle Wissenslücken zu schließen. Die Ausschöpfung von wissenschaftlichen Möglichkeiten und Erkenntnissen sollte stärker in die Regelung der öffentlichen Ordnung eingebunden werden. Dies ist nicht nur Verantwortung derer, die Forschung finanzieren und Forschungsprioritäten bestimmen, sondern sollte alle Akteure entlang der Wertschöpfungskette involvieren.

Allgemeine Empfehlungen

1. Wir betonen in diesem Bericht die Bedeutung der internationalen Unterstützung und des Austauschs grundlegender Aspekte sowie angewandte Forschung für verbesserte Nahrungsmittel, Ernährung und Landwirtschaft. Insbesondere fordert der Bericht eine stärkere Koordinierung der Maßnahmen zu prioritären Themen von internationaler Bedeutung zwischen den verschiedenen Forschungsförderern.
2. Die Übertragung von Forschung auf Innovation erfordert stärkere fachübergreifende Verbindungen und Verbindungen mit Spitzentechnologien, die Verknüpfung mit wissenschaftlicher Bildung, Ausbildung und Öffentlichkeitsarbeit. Sozialwissenschaftliche und politikwissenschaftliche Forschung zu Nahrungsmitteln, Ernährung und Landwirtschaft ist gefordert, in eine intensive Zusammenarbeit mit den Lebenswissenschaften und der Grundlagenforschung zu treten, sowie auch umgekehrt die Grundlagenforschung die Zusammenarbeit mit den Sozialwissenschaften suchen sollte, wenn es um verbesserte Ernährung geht.
3. Die Verbesserung der wissenschaftlichen Infrastruktur ist unerlässlich, ebenso wie die nachhaltige Finanzierung der Forschung, aber es ist auch wichtig, mehr Zusammenarbeit zwischen

den Ländern zu fördern, wissenschaftliche Fachkenntnisse und Einrichtungen zu teilen und zum Kapazitätsaufbau in den Schwellenländern beizutragen. Neue überregionale Forschungsanstrengungen sind wünschenswert, begleitet von überregionalem Engagement von Wissenschaft und Politik für Nachhaltigkeitsziele, Klimaziele und verwandte Themen.

Empfehlungen für internationale wissenschaftliche Prioritäten

1. *Entwicklung nachhaltiger Nahrungsmittel- und Ernährungssysteme, Berücksichtigung der Systemperspektive zur Gewährleistung von Gesundheit und Wohlbefinden im Zusammenhang mit der Transformation zur Kreislaufwirtschaft und Bioökonomie.* Die Forschungsagenda umfasst das Verständnis der Treiber für Effizienz und Risiko weltweit, die Klärung von Fragen für einen fairen und regelbasierten Handel und faire und widerstandsfähige Märkte, die Erforschung neuer Nacherntemöglichkeiten in den Bereichen Lebensmittelwissenschaft, -technologie und -technik, zum Beispiel für Lebensmittelsicherheit und -verarbeitung sowie die Verringerung von Nahrungsmittelverlusten und -abfällen.
2. *Betonung der Umstellung auf eine gesunde Nahrung und eine gute Ernährung.* Wie ist sie aufgebaut? Wie wird sie gemessen? Wie wird sie geliefert? Die Forschungsagenda umfasst die Untersuchung, wie man das Verbraucherverhalten beeinflussen kann. Darüber hinaus schließt sie Maßnahmen des Privatsektors für eine gesunde Nahrungsmittelwahl, die Bewertung der Auswirkungen von Nahrungskonsum und Ernährung über die gesamte Lebensspanne, das Verständnis der gesundheitlichen Vorteile des Klimaschutzes sowie die Untersuchung von Mechanismen für die Zusammenhänge zwischen ernährungsbedingten Darmmikrobiom-Krankheiten ein.
3. *Verständnis der Fragen der Nahrungsmittelproduktion und -verwertung unter Berücksichtigung von Effizienz, Nachhaltigkeit, Klimarisiken und Ressourcenvielfalt.* Die Forschungsagenda für die Primärproduktion umfasst die Bewertung der Auswirkungen des Klimawandels auf Nahrungsmittelsysteme und natürliche Ressourcen, die Bewertung neuer Anbaustrukturen und -technologien, die Charakterisierung von Optionen für vernachlässigte und neue Lebens- und Futtermittelquellen sowie für Nahrungsmittel aus dem Meer/Aquakultur und für diversifizierte Nahrungsmittelsysteme als Reaktion auf regionale und kulturelle Unterschiede.

4. *Nutzung der sich bietenden Möglichkeiten in den Biowissenschaften und anderen sich schnell entwickelnden Wissenschaften.* Entscheidungen sollten auf nationaler und regionaler Ebene getroffen werden, jedoch auf der Grundlage des weltweiten Austauschs von Erkenntnissen. Die Forschungsagenda umfasst die Verbesserung des Pflanzenschutzes vor abiotischem und biotischem Stress, die Förderung der Tiergesundheit und der Effizienz bei der Futtermittelverwertung sowie die Klärung der Frage, wie die Technologie die Präzisionslandwirtschaft verbessern kann, beispielsweise durch den Einsatz von Sensoren zur Erfassung und Überwachung agronomischer Informationen.

5. *Thematisieren des Nexus Nahrung-Energie-Nährstoffe-Wasser-Gesundheit und Erkennen, dass die Grenzen verschwimmen.* Die Forschungsagenda umfasst die Entwicklung von Szenarien für den Zielausgleich und die Verbesserung der Fähigkeit zur Analyse von Risiken und Chancen bei Trade-Offs zwischen verschiedenen Ökosystemdienstleistungen, wie beispielsweise im Zusammenhang mit Wasser- und Landnutzungssystemen; die Bewertung des kritischen Wettbewerbs, der Bioökonomie und Themen der Kreislaufwirtschaft in Bezug auf Wechselwirkungen zwischen Nahrungsmitteln und Energie; Verbesserung der Evidenzbasis für eine kosteneffiziente Bodenbewirtschaftung und die Bewertung der grenzüberschreitenden Luftverschmutzung und Krankheiten.

6. *Förderung der Aktivität an den Schnittstellen zwischen Wissenschaft und Politik und Überwindung von Politikversagen.* Die Behandlung der in den vorangegangenen Punkten nach Priorität gelisteten wissenschaftlichen Themen wird dazu beitragen, ein breites Spektrum politischer Maßnahmen zu informieren, und erfordert wiederum politische Unterstützung, um die wissenschaftliche Arbeit zu erleichtern. Forschungspolitische Unterstützung in Bezug auf internationale Nahrungsmittel, Ernährung und Landwirtschaft ist in mehreren Dimensionen erforderlich, z.B. um die internationalen Handelsrahmen zu reformieren, um Handelskonflikte zu vermeiden, eine robuste, aber flexible und verhältnismäßige Regulierung neu entstehender Technologien zu erzielen, internationale Standards in der Lebensmittelsicherheit zu vereinbaren und Initiativen für die Kreislaufwirtschaft und Bioökonomie zu koordinieren. Es ist auch wichtig, dass die wissenschaftliche Gemeinschaft mit den Nutzern der Forschung und der Öffentlichkeit zusammenarbeitet, einschließlich deren Einbeziehung in strategische Entscheidungen über die Planung der Forschung.

7. *Konsolidierung und Koordination der internationalen wissenschaftlichen Beratungsmechanismen.* Die Arbeit, die erforderlich ist, um einen kohärenten politischen Rahmen zu initiieren und aufrechtzuerhalten, erfordert, dass der Einrichtung eines Internationalen Gremiums für Ernährungssicherheit Aufmerksamkeit geschenkt wird. Damit dient man der Stärkung der Wissenschaftsstrategien und der Unterstützung der Forschung in diesen für die Weltbevölkerung lebenswichtigen Bereichen und der Unterstützung internationaler Governance-Mechanismen und evidenzbasierter Politik.

Maßnahmen, die von den Akademien zu ergreifen sind

IAP ermutigt und unterstützt seine Akademien und ihre regionalen Netzwerke bei der Umsetzung der in den vorangegangenen Punkten aufgeführten Prioritäten. In dieser Hinsicht sollten die wichtigsten Aufgaben der Akademien Folgendes umfassen:

- (i) Internationale beratende Funktion - Unterstützung bestehender strategischer Kooperationen wie G7 und G20 und Teilnahme am vorgeschlagenen Internationalen Gremium für Ernährungssicherheit und Landwirtschaft.
- (ii) Kapazitätsentwicklung der Akademie für wissenschaftliche Politikberatung - durch Wissens- und Erfahrungsaustausch innerhalb der regionalen Akademienetzwerke.
- (iii) Überwachung der Fortschritte in Wissenschaft und Innovation - auf nationaler, regionaler und globaler Ebene, einschließlich der Unterstützung bei der Klärung von Fragen zu Spitzenforschung, Technologien und Innovation. So wird IAP das in diesem Bericht behandelte Thema in den kommenden Jahren erneut untersuchen, um Fortschritte und Anpassungsbedarf zu bewerten.
- (iv) Aufbau von Wissenschafts- und Technologiekapazitäten - innerhalb der breiteren Gemeinschaft, auf nationaler, regionaler und globaler Ebene, einschließlich eines Beitrags zur Verbesserung der Zusammenarbeit und zum Aufbau einer kritischen Masse.

Ausblick

IAP sieht die Notwendigkeit, bei der Ermittlung der wissenschaftlichen Möglichkeiten für eine nachhaltige und gesunde Ernährung ehrgeiziger zu sein. Die Landwirtschafts- und Ernährungssysteme sind für die Erreichung der meisten der 17 Nachhaltigkeitsziele von entscheidender Bedeutung, einschließlich der Ziele zur Beendigung des Hungers und zur Bekämpfung

extremer Armut bis 2030. Es ist notwendig, das neue Engagement für Forschung und Innovation zu katalysieren und zu koordinieren und diese Ressourcen im Dialog zwischen der wissenschaftlichen Gemeinschaft, politischen Entscheidungsträgern und anderen Beteiligten zu mobilisieren. Globale und lokale Nachhaltigkeit der Nahrungsvorhandenheit und deren Nutzung - desgleichen bei Wasser - sind

durch den Klimawandel und wirtschaftliche und politische Störungen gefährdet. Um eine verbesserte Gesundheit der Bevölkerung zu erreichen, sind nationale Maßnahmen erforderlich, die durch neue internationale Ansätze für ein besseres Funktionieren der Ernährungssysteme unterstützt werden. Diese sollten, wie in diesem Bericht angesprochen, zunehmend wissenschafts- und wissensbasiert sein.

1 Tragweite und Umfang der wissenschaftlichen Möglichkeiten

1.1 Einführung

Die Bekämpfung der Fehlernährung in ihren verschiedenen Formen - Unterernährung, Mikronährstoffmangel, Übergewicht und Fettleibigkeit - ist ein Problem, mit dem alle Länder konfrontiert sind. Nur wenige Herausforderungen, denen sich die Weltgemeinschaft heute gegenüberstellt, entsprechen dem Ausmaß der Fehlernährung, ein Zustand von dem jeder Dritte direkt betroffen ist (IFPRI, 2016, 2017a). Laut der Ernährungs- und Landwirtschaftsorganisation (FAO, 2017; und in Zusammenarbeit mit anderen Organisationen der Vereinten Nationen (UNO), FAO, IFAD, UNICEF, WFP und WHO, 2017) könnte bei anhaltenden aktuellen Trends bis 2030 jeder Zweite betroffen sein, was im starken Gegensatz zum Ziel steht, bis dahin alle Formen der Fehlernährung zu beenden.

Die Transformation der landwirtschaftlichen Produktion in Richtung wirtschaftlicher, sozialer und ökologischer Nachhaltigkeit ist ein globales Thema, das mit anderen Herausforderungen verbunden ist, wie beispielsweise Armutsbekämpfung, Beschäftigung und demografischer Wandel. Das Beheben von Problemen der Nahrungsmittel- und Ernährungssicherheit (FNS) kann einen wesentlichen Beitrag zu den übergeordneten Entwicklungszielen leisten. In diesem Bericht beschreiben wir, wie die Wissenschaft das Potenzial hat, nachhaltige Lösungen für nationale und globale Ernährungssysteme zu finden, die sich auf die komplexen Themen Gesundheit, Ernährung, Landwirtschaft, Klimawandel, Umwelt und menschliches Verhalten beziehen.

Die Akademien der Wissenschaften haben eine lange Tradition von Interesse und Kompetenz in diesen Bereichen. Die vorliegende Arbeit der InterAcademy Partnership (IAP), dem globalen Netzwerk der Wissenschaftsakademien weltweit, bringt etablierte regionale Akademienetzwerke zusammen und bildet eine neue Form der Zusammenarbeit, um sicherzustellen, dass die Stimme der Wissenschaft bei der Umsetzung gesellschaftlicher Prioritäten gehört wird. Wissenschaftsakademien weltweit sind bestrebt, die Evidenzbasis zur Verbesserung der FNS zu stärken. In dieser gemeinsamen Akademie-Arbeit wollen wir einen starken Konsens, evidenzbasierte Botschaften über die globalen Chancen und Herausforderungen vermitteln. Gleichzeitig wollen wir das Lernen zwischen den Regionen erleichtern, um zu zeigen, wie unsere Akademien Beweise, Erfahrungen und Ideen austauschen und bewährte Verfahren zur Klärung kontroverser Themen umsetzen können. Wir konzentrieren uns auf die Prioritäten zur Generierung und Nutzung der Wissensbasis als Ressource zur

Unterstützung von Innovationen und zur Information und Gestaltung der Wahl von politischen Optionen.

Wir sind uns bewusst, dass ein Großteil der relevanten Politik auf nationaler und regionaler Ebene stattfindet, aber der vorliegende Bericht nimmt einen globalen Fokus: die Untersuchung kollektiver Maßnahmen, was einzelne Nationen und der Privatsektor nicht tun können oder wollen. Unser Fokus liegt auf zwei grundsätzlichen politischen Perspektiven:

- (i) Internationale öffentliche Güter - solche, die in einem Umfang bereitgestellt werden müssen, der über den individuellen Bedarf der Länder hinausgeht und die gemeinsam besser erreicht werden können. Zum Beispiel: Konstituierung der Dynamik des Handels und der Architektur der Weltmärkte; Prävention schwerer Nahrungsmittelkrisen; Wettbewerbspolitik und Normen für ausländische Direktinvestitionen, grenzüberschreitendes Management natürlicher Ressourcen, grenzüberschreitende Lebensmittelsicherheit und andere Vorschriften sowie, vor allem für diesen Bericht, die Schaffung und Nutzung von Wissenschaft und Innovation zur Erleichterung der FNS. Die globale Perspektive auf öffentliche Güter ist ferner gerechtfertigt, da der nationale und regionale Wettbewerb die Externalisierung der Kosten für die menschliche Gesundheit und die Umwelt vorantreibt. Wir erkennen an, dass einige behaupten würden, dass diese Maßnahme auf nationaler oder regionaler Ebene in den meisten Fällen ausreichend ist - und wir sind uns einig, dass noch viel mehr getan werden muss, um eine koordinierte Politik und Governance auf diesen Ebenen zu gewährleisten -, aber im gesamten Bericht versuchen wir zu ermitteln, wo internationale und globale Maßnahmen und der Austausch einen Mehrwert bei der Bewältigung gesellschaftlicher Prioritäten bringen werden. Wir betonen auch, dass nationale und regionale Aktivitäten globale Lösungen unterstützen und ergänzen müssen.
- (ii) Risiko und seine Übertragung - internationale öffentliche Güter sind notwendig, um den Risiken einer unsicheren und schnell vernetzten Welt zu begegnen. Die globalen Bedrohungen sind beträchtlich und vielfältig, einschließlich externer Auswirkungen auf die Nahrungsmittelsysteme, insbesondere Klimawandel, Umweltverschmutzung und Wachstum der Antibiotikaresistenz in der Landwirtschaft. Es gibt aber auch gemeinsame Chancen, zum Beispiel durch Fortschritte in den Biowissenschaften, die Digitalisierung und den Wandel in ländlichen und städtischen Gebieten.

Wir betonen in dem Bericht, wo Forschung (auch in den Sozial- und Geisteswissenschaften) und Maßnahmen erforderlich sind, um politische und wirtschaftliche Risiken sowie Risiken für die landwirtschaftliche Produktivität und andere integrale Elemente der Ernährungssysteme zu bekämpfen.

Die globalen Themen, die wir in unserem Bericht behandeln, sind für alle Länder relevant, und um die Relevanz unserer Prioritäten zu unterstreichen, diskutieren wir, wie unsere Analyse auf die UN-Nachhaltigkeitsziele (SDGs) abgestimmt ist.

Es liegen bereits zahlreiche andere Berichte zu den Problemfeldern der FNS vor, die aus verschiedenen Motivationen heraus erstellt wurden: Aus Besorgnis über Krankheiten, dem Wunsch, die Komplexität von Fehlernährung zu verstehen, der zunehmenden Sorge um ökologische, wirtschaftliche und soziale Stabilität, aber auch aus der Erkenntnis heraus, dass Wissenschaft und Technik großen transformativen Wert haben. Auf diese letzte Dimension konzentriert sich unser Bericht.

Die aktuelle IAP-Initiative ist innovativ, indem sie regionale Perspektiven zusammenführt, dabei die beste Wissenschaft nutzt und in dieser Analyse die regionalen Erkenntnisse mit globalen Chancen und Herausforderungen verbindet. In diesem Projekt nutzen wir die unterschiedlichen Funktionen der Akademien, wie das Zusammenbringen von Wissenschaftlern, das Sammeln von Evidenz, die Analyse und Beratung, um die vielfältigen Möglichkeiten zur Steigerung von FNS zu erforschen. Ein Kernbestandteil unserer Arbeit ist es, herauszufinden, wie die Forschung innerhalb und über mehrere Disziplinen hinweg zur Lösung der Probleme an der Schnittstelle zwischen Wissenschaft und Politik beitragen kann, insbesondere bei der Bewertung und Stärkung der Verbindungen zwischen Landwirtschaft, Ernährung, Gesundheit und Umwelt. Die Nahrungsmittelsysteme befinden sich im Wandel, und in unserem Projektdesign haben wir den Ansatz der integrativen Nahrungsmittelsysteme angewandt, um alle Stufen der Wertschöpfungskette und der darauf konzentrierten Forschung, vom Anbau über Verarbeitung, Transport, Handel, Einkauf und Konsum, abzudecken.

1.2 Globale Herausforderungen für FNSA

Nach der letzten Bewertung der UNO (FAO *et al.*, 2017) stieg die Zahl der chronisch unterernährten Menschen in der Welt von 777 Millionen im Jahr 2015

auf 815 Millionen im Jahr 2016. Darüber hinaus leiden viele weitere an Mikronährstoffmangel und an den Erkrankungen, die mit Übergewicht oder Fettleibigkeit einhergehen. Der Status der Ernährungssicherheit hat sich insbesondere in Teilen von Afrika, Südostasien und Westasien verschlechtert, vor allem in Konfliktsituationen und in Kombination mit Dürren oder Überschwemmungen. Diese wachsenden Ursachen der Ernährungsunsicherheit im Zusammenhang mit Konflikten und Klima unterstreichen die Notwendigkeit, verstärkt Sozial-, Gesundheits- und Klimawissenschaften in die globale Forschungsagenda für Nahrungsmittel, Ernährung und Landwirtschaft aufzunehmen, um die Probleme und die Möglichkeiten für ihre Lösung zu verstehen. Frühere Daten aus den globalen Berichten des International Food Policy Research Institute (IFPRI, 2016, 2017a) zeigten signifikante Fortschritte in vielen Ländern bei der Reduzierung des Kalorienmangels, aber weniger Fortschritte bei der Bekämpfung von Mikronährstoffmangel. So betrifft die Anämie etwa 2,5 Milliarden Menschen und die Unterernährung von Kindern ist nach wie vor ein wichtiger Faktor für den Verlust von behinderungsbedingten Lebensjahren (disability-adjusted life years, DALY) in Afrika. Gleichzeitig sind immer mehr Menschen, auch Kinder, übergewichtig oder fettleibig und viele konsumieren kalorienreiche, aber nährstoffarme Nahrung. Inzwischen gibt es weltweit mehr fettleibige als untergewichtige Menschen (NCD Risk Factor Collaboration, 2016). Die relativen Belastungen der öffentlichen Gesundheit durch Übergewicht/Adipositas und Hunger/Mikronährstoffmangel sollten nicht nur in Bezug auf die Prävalenz quantifiziert werden. Es ist auch notwendig, die relativen Auswirkungen auf Morbidität, Langlebigkeit, lebenslange Sozial- und Gesundheitssystemkosten und die Auswirkungen zwischen den Generationen zu untersuchen. Ernährungsbedingte nichtübertragbare Krankheiten (NCDs) sind eine große Ernährungsherausforderung (Reddy, 2016) und ein zunehmendes globales Gesundheitsproblem. Das gewünschte Ergebnis für FNS ist der Zugang für alle zu einer gesunden und erschwinglichen Ernährung, die ökologisch und kulturell nachhaltig ist¹. In den regionalen Arbeiten zu diesem IAP-Bericht wurden alle Aspekte der dreifachen Belastung durch Fehlernährung (Hunger und Unterernährung, Mikronährstoffmangel sowie Übergewicht und Adipositas) berücksichtigt, wobei das Ziel einer nachhaltigen und erschwinglichen gesunden Ernährung hervorgehoben wurde.

Zu den großen globalen Herausforderungen für die Bereitstellung von FNS kommen der Druck durch eine

¹ Ernährungssicherheit im Sinne der FAO liegt vor, "wenn alle Menschen jederzeit physischen, sozialen und wirtschaftlichen Zugang zu ausreichender, sicherer und nahrhafter Nahrung haben, die ihren Ernährungsbedürfnissen und Ernährungspräferenzen für ein aktives und gesundes Leben entspricht". Laut FAO umfasst die Ernährungssicherheit die Themen Nahrungsmittelverfügbarkeit (gibt es genug?), Zugang (kann sie erreicht werden?), Erschwinglichkeit (zu einem fairen Preis?), Qualität (ist sie essbar?), Ernährungsweise (als Teil einer ausgewogenen Ernährung) und Sicherheit (könnte sie die Gesundheit beeinträchtigen?).

wachsende Bevölkerung, Urbanisierung, Klimawandel und andere Umweltveränderungen, wirtschaftliche Ungleichgewichte und Marktinstabilität hinzu. Alle Regionen sind mit Umweltschäden konfrontiert, einschließlich des Verlusts wichtiger Land- und Wasserressourcen. Bei der Festlegung von Prioritäten für die Steigerung der landwirtschaftlichen Produktion muss der Druck auf andere Ressourcen und die entscheidende Notwendigkeit berücksichtigt werden, eine weitere Erschöpfung der Ökosystemdienstleistungen und der biologischen Vielfalt zu vermeiden. Nach Angaben der Weltbank werden etwa 11% des Erdbodens für ackerbauliche Zwecke genutzt - d.h. unter Bewirtschaftung - mit einem größeren Prozentsatz, mehr als ein Drittel, für landwirtschaftliche Zwecke (einschließlich Weideland und Weidewäldern). Obwohl Land eine Grundvoraussetzung ist, ist die moderne Landwirtschaft auch stark von Energie- und Wasserressourcen (insbesondere Grundwasser), Bodenqualität und Infrastrukturinvestitionen, die vom Verkehr bis hin zu Forschung und Bildung reichen, abhängig. Innovation ist entscheidend für die Strategie zur Bewältigung der Herausforderungen von FNS, aber es ist beunruhigend, dass sich das Tempo des technologischen Fortschritts aufgrund statischer öffentlicher Investitionen in einigen Ländern verlangsamen könnte.

Fehlernährung ist der größte Risikofaktor für die globale Krankheitslast. Obwohl der globale Schwerpunkt auf der Bekämpfung der Fehlernährung in all ihren Formen erst vor kurzem entstanden ist, wurden Art und Ausmaß der Herausforderungen gut beschrieben (z.B. IFPRI, 2016, FAO *et al.*, 2017) und werden grundsätzlich von globalen Institutionen verstanden, auch auf höchster Ebene, wie beispielsweise in der Unterrichtung des UN-Generalsekretärs (Scientific Advisory Board of the UN Secretary-General, 2016), wo die Notwendigkeit eines umfassenden Ansatzes anerkannt wird. Die von den Vereinten Nationen im Jahr 2015 verabschiedeten SDGs bilden einen äußerst wichtigen Rahmen zur Klärung und Bewältigung der Herausforderungen, erfordern aber ein neues Engagement der Wissenschaft, um die Komplexität evidenzbasierter Politik und Programme zu lösen und Lösungen zu unterstützen: vom Entwurf zur Umsetzung. Landwirtschaftliche und Nahrungsmittel-Systeme sind Schlüsselfaktoren für die Erreichung von SDGs (Omilola und Robele, 2017).

Obwohl viele Länder bei der Umsetzung der Fehlernährungsziele weiterhin Fortschritte gemacht haben (IFPRI 2016, 2017a), bleiben viele Probleme bestehen (FAO *et al.*, 2017). Darüber hinaus nimmt die Qualität der Ernährung trotz eines verbesserten Zugangs zu Nahrungsmitteln in einigen Regionen in mancherlei Hinsicht ab, was durch die anhaltenden Probleme der Erschwinglichkeit noch verstärkt wird. Der Drang nach Kalorien in der Nahrungsmittelproduktion verursacht gesundheitliche Herausforderungen,

einschließlich Fettleibigkeit. In den folgenden Kapiteln des Berichts werden die Auswirkungen auf Umwelt und Gesundheit eingehender bewertet, um die folgende Frage zu beantworten: Auf welche Weise könnten kalorienreiche Nahrungsmittel uns schaden? Im Zusammenhang mit dem globalen Trend zu einem erhöhten Anteil an Kalorien, die aus energiereichen Nahrungsmitteln bezogen werden, werden die nationalen Nahrungsmittelvorräte auf der ganzen Welt immer ähnlicher. Diese erhöhte Homogenität und die Abhängigkeit von einer kleinen Anzahl von Kulturpflanzen weltweit verringert die Widerstandsfähigkeit (Bullock *et al.*, 2017), erhöht die Anfälligkeit der nationalen Ernährungssysteme und die Interdependenz zwischen den Ländern in Bezug auf ihr Angebot an Nahrungsmitteln und gibt der Ernährungsentwicklung Dringlichkeit, um die FNS zu erhöhen (Khoury *et al.*, 2014).

Eine kohärente Strategie zur Bereitstellung von FNS muss sowohl angebots- als auch nachfrageseitige Fragen umfassen. Die Reduzierung von Nahrungsmittelverlust und -verschwendung trägt zur Entlastung von Land und anderer natürlicher Ressourcen bei. Die Änderung des Überverbrauchs wird dazu ebenfalls einen Beitrag leisten, nicht zuletzt bei der Eindämmung des Klimawandels, wie im Folgenden diskutiert wird. Es ist von entscheidender Bedeutung, eine integrative Perspektive der Ernährungssysteme einzunehmen und die miteinander verbundenen Fragen der Ressourceneffizienz, der ökologischen Nachhaltigkeit, der Widerstandsfähigkeit und der Agenda für die öffentliche Gesundheit zu ermitteln, wobei auch die lokale und globale Vernetzung der Systeme zu berücksichtigen ist. Die Komplexität der FNS muss durch die Anwendung der Systemanalyse verstanden werden: Dies impliziert die Verwendung von Modellen, die ausreichend ausgefeilt und integrativ sein müssen, um den Vorschlag von Lösungen zu vermeiden, die unbeabsichtigte Folgen haben würden. Die Hindernisse für FNS variieren je nach Region, Land und Branche. Aus der Systemanalyse kann ein Forschungs- und Bildungskonzept abgeleitet werden, das die verschiedenen erforderlichen Lösungen aufzeigt. Die Ergebnisse der multisektoralen Systemanalyse können dann genutzt werden, um kontextspezifische Forschung und Entwicklung (F&E), Bildungsreformen und Beratungsleistungen zu priorisieren.

Regierungen auf der ganzen Welt haben verschiedene Strategien zur Förderung nachhaltiger Ernährungssysteme und zur Verringerung der Belastungen durch Fehlernährung umgesetzt, aber es ist oft schwierig zu bewerten, inwieweit die Politik die verschiedenen Dimensionen der Nachhaltigkeit unterstützt. Neue Instrumente zur Bewertung nachhaltiger Ernährungsweisen und -systeme werden eingeführt (Downs *et al.*, 2017), ebenso werden Bemühungen zur Abbildung der derzeitigen

Datenlücken unternommen. Wie später in diesem Bericht erörtert wird, gibt es politische Diskrepanzen, die es, als Teil der weiteren Betrachtung von Synergien und Trade-Offs zwischen den wirtschaftlichen, gesundheitlichen, sozialen und ökologischen Zielen, zu lösen gilt.

Obwohl die Bedeutung von Wissenschaft und Technologie oft anerkannt wird, gibt es noch viel mehr, was weltweit getan werden kann und sollte, um die wichtigsten globalen Herausforderungen anzugehen:

- Auf der Grundlage der derzeitigen wissenschaftlichen Erkenntnisse zu handeln, um Innovationen und ihre Verbreitung zu unterstützen und eine solide Politikentwicklung und -kohärenz zu verbessern.
- Aufbau wissenschaftlicher Kapazitäten und Partnerschaften zur Schließung von Wissenslücken unter Betonung der Kernaufgaben der Grundlagenforschung und interdisziplinärer Initiativen.

1.3 Fortschritte in Wissenschaft und Technologie können die Evidenzbasis stärken

Die Fortführung des Business as usual wird die von der internationalen Gemeinschaft vereinbarten globalen FNS- und NCD-Ziele nicht erreichen. Es ist dringend erforderlich, evidenzbasierte Politik und Programme zu stärken und in neue Initiativen zu investieren, um neue Erkenntnisse zu gewinnen. Natürlich sind viele Faktoren an der Erreichung von FNS beteiligt, eine politische Entscheidung, die Unternehmen, die Zivilgesellschaft, Hilfsorganisationen und andere auf allen Ebenen sowie politische Entscheidungsträger einbeziehen muss. Unserer Ansicht nach nehmen Wissenschaft und Technologie einen zentralen Platz bei der Behandlung zukünftiger FNS ein - sowohl bei der Analyse von Problemen als auch bei der Suche nach Lösungen - und das wird der Schwerpunkt unseres Berichts sein: *„Unsere Welt wird durch die Wissenschaft wie nie zuvor befähigt²“*. Die Wissenschaft hat eine transformative Rolle; zusätzlich zu den besonderen Chancen, die Gegenstand unseres Berichts sind, sind Wissenschaft, Technologie und Innovation auch generell von wesentlicher Bedeutung für die Bemühungen zur Beseitigung der Armut, zum Schutz der Umwelt und zur Beschleunigung der Diversifizierung und Transformation der wirtschaftlichen Bedingungen.

Die Wissenschaft hat bereits einen sehr großen Beitrag zur landwirtschaftlichen Produktivität geleistet, wo

die Rendite von Forschung und Entwicklung auf das 20- bis 40-fache geschätzt wurde (Beachy, 2014). Die Gewinnraten sinken jedoch, da das Potenzial der älteren Technologien voll ausgeschöpft wird. Es ist jetzt wichtig, bei der Identifizierung und Nutzung der wissenschaftlichen Möglichkeiten noch ehrgeiziger zu sein: die Landwirtschaft zu informieren, verantwortungsvolle Innovationen zu fördern und evidenzbasierte Vorschriften zu entwickeln, um weitere Fortschritte zu ermöglichen. Es ist auch wichtig, ehrgeiziger bei der Nutzung der Wissenschaftsbasis zu sein, um zu erläutern, wie Fragen der Landwirtschaft, der Nahrungsmittelsysteme und der Umweltressourcen auch Teil der Strategie für die öffentliche Gesundheit sein müssen (Jones und Ejeta, 2016). Die Geschwindigkeit, mit der das Versprechen in die Praxis umgesetzt wird, muss sich beschleunigen. Es ist zu beachten, dass die Nutzung wissenschaftlicher Möglichkeiten etwas ist, das die öffentliche Ordnung weitgehend durchdringen sollte. Es geht nicht nur um diejenigen, die an der Finanzierung und Priorisierung der Forschungsagenda beteiligt sind. Darüber hinaus ist die Beteiligung des Privatsektors an der Agrar- und Lebensmittelforschung in weiten Teilen der Welt von zunehmender Bedeutung. In den Ländern der Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (OECD) machen private Investitionen in Forschung und Entwicklung etwa 60% des Gesamtvolumens aus (Pardey et al., 2018). In anderen Ländern mögen die privaten Investitionen relativ niedrig sein, wachsen aber und werden in den Beziehungen zwischen öffentlichen Einrichtungen und privaten Unternehmen für die Entwicklung und Vermarktung von Technologien in der Landwirtschaft immer wichtiger. Es ist natürlich wichtig, eine verantwortungsbewusste Innovation in allen Sektoren zu gewährleisten - zum Beispiel um zu vermeiden, dass neue Hindernisse für den Zugang von Kleinbauern zu neu vermarktetem Saatgut eingeführt werden. Wir betrachten einige der Themen für verantwortungsbewusste Innovationen im Anschluss.

In allen Kapiteln dieses Berichts werden wir spezifische Forschungsdimensionen veranschaulichen, insbesondere dort, wo Initiativen in einer Region weltweit sinnvoll erweitert werden können. Wichtige Forschungsfragen, die für die Zukunft der globalen Agrar- und Ernährungssysteme von Bedeutung sind, wurden detailliert analysiert und an anderer Stelle aggregiert (z.B. Pretty et al. (2010) sowie auch in den vier Berichten der regionalen Akademienetzwerke, die dieser globalen Synthese zugrunde liegen)³. Wir heben jedoch allgemeine Punkte hervor, die einige der

² Erklärung des 8. Weltwissenschaftsforums über Wissenschaft für den Frieden, 10. November 2017: https://worldscienceforum.org/data/cikk/110/1100/cikk-110045/Declaration_Leaflet_E.pdf.

³ Ein aktueller Bericht der US-amerikanischen Nationalakademien (National Academies of Science, Engineering, Medicine, 2018) liefert eine weitere umfassende Analyse der Forschungsdurchbrüche, die erforderlich sind, um die dringenden Herausforderungen anzugehen und die Lebensmittel- und Agrarwissenschaften bis 2030 voranzubringen.

wissenschaftlichen Möglichkeiten veranschaulichen, die jetzt in Reichweite sind. Es wird anerkannt, dass die Länder in ihren derzeitigen Ressourcen für Wissenschaft und Innovation zur Bekämpfung von FNS sehr unterschiedlich sind. Dennoch betonen wir die Bedeutung der folgenden Punkte für alle Länder für eine nachhaltige und gesunde Ernährung:

- Es ist zwar allgemein anerkannt, dass im 21. Jahrhundert ein globales Ernährungssystem entsteht, ein umfassendes globales Forschungssystem für Nahrungsmittel, Ernährung und Landwirtschaft, das sich auf ein breites Spektrum wissenschaftlicher Disziplinen und Daten stützt, muss noch weiterentwickelt werden. Akademien können eine Schlüsselrolle bei der Gestaltung spielen. Zu den strategischen Prioritäten gehören die Koordinierung von Initiativen zur Forschungsförderung, um Prioritäten zu setzen, der Kapazitätsaufbau für interdisziplinäre Arbeit und an der Schnittstelle zwischen Wissenschaft und Politik.
- Als Grundlage für alle anderen wissenschaftlichen Bemühungen ist das Engagement in der Grundlagenforschung unerlässlich, um neue Grenzen zu definieren. Dies muss mit einem langfristigen Engagement für Investitionen in die Forschung, auch in den Entwicklungsländern, einhergehen, wenn innovative Ergebnisse erzielt werden sollen. Es ist dringend erforderlich, eine kritische Masse in Forschung und Innovation aufzubauen und diese Ressource zu mobilisieren, um die vereinbarten gesellschaftlichen Prioritäten zu erreichen. In der Vergangenheit war die Forschung in Teilen einiger Regionen konzentriert. Jetzt muss der Aufbau der kritischen Masse ein globales Unterfangen sein, und die Stimmen von Forschern auf der ganzen Welt müssen gehört und umgesetzt werden.
- Obwohl die Wissenschaft einen ausgezeichneten Return on Investment liefert, kann es für einige Länder kostspielig sein, eine ausreichende Infrastruktur und ausreichende Humanressourcen aufzubauen. Es ist wichtig, nach Wegen zu suchen, um unnötigen Wettbewerb und Doppelarbeit zu reduzieren und gleichzeitig die Zusammenarbeit in der Forschung in großem Maßstab zu verstärken und danach zu streben, talentierte junge Menschen als Forschernachwuchs zu gewinnen.
- Grund- und angewandte Wissenschaften sind näher zusammengerückt, wie das rasante Aufkommen von Spitzentechnologien zeigt. So gibt es eine immer robustere wissenschaftliche Grundlage für neue Technologien in der Landwirtschaft, wie beispielsweise die neuartigen biowissenschaftlichen Ansätze zur

Verbesserung der Qualität in der Pflanzen- und Tierzucht und die Palette der Aktivitäten im Bereich der Präzisionslandwirtschaft. Diese Spitzentechnologien sind von entscheidender Bedeutung, aber die wissenschaftlichen Fortschritte bringen auch Herausforderungen mit sich - für Bildung, Regulierung und die Wiederbelebung der landwirtschaftlichen Beratungsdienste. Ambitionierte Vorschläge, die jetzt gemacht werden, um die DNA allen Lebens auf der Erde zu sequenzieren, würden eine beispiellose Ressource für die Landwirtschaft schaffen. Allerdings werden die Fortschritte in den Naturwissenschaften allein nicht ausreichen. Auch in den Sozial- und Geisteswissenschaften besteht ein großer Bedarf an Forschungsfortschritten, um die Herausforderungen des Ernährungssystems anzugehen, z.B. zu institutioneller Resilienz, zu den Determinanten von Entscheidungsfindung und Technologieeinführung sowie zu den Auswirkungen der Handelspolitik (Teng *et al.*, 2015). Die sozialwissenschaftliche Forschung ist auch wichtig für die Beantwortung anderer grundlegender Fragen, z.B. derjenigen, die mit der Analyse der landwirtschaftlichen Ertragsunterschiede zusammenhängen, insbesondere im Hinblick auf sozioökonomische Determinanten, um die breiteren sozialen, finanziellen und politischen Zusammenhänge zu verstehen, die die Entscheidungsfindung der Landwirte prägen (Snyder *et al.*, 2017).

- Es ist an der Zeit, auf die zunehmenden Erkenntnisse darüber einzugehen, wie die Ernährungssysteme an den Klimawandel angepasst werden können und wie sie ihren Beitrag zum Klimawandel mindern und gleichzeitig die öffentliche Gesundheit verbessern können. Die Klima- und Ernährungsforschung - sei es in den Natur- oder Sozialwissenschaften - sollte nicht nur an Orten erfolgen, die leicht zugänglich oder vertraut sind, sondern auch dort, wo der größte Bedarf besteht, z.B. zur Information von Kleinbauern (Anon., 2017a).
- Die zunehmende Anerkennung von Zielen zur Verbesserung der wissenschaftlichen Grundlage für die Nahrungsmittelsysteme insgesamt - einschließlich der Verarbeitung, Lagerung, Verteilung und Vermarktung von Nahrungsmitteln - erfordert eine Forschungsagenda, die über den üblichen Rahmen für die ländliche und landwirtschaftliche Entwicklung hinausgeht und eine konzertierte Intervention von Wissenschaft, Technik, Technologie und Innovation vorschreibt. Die Transformation des Ernährungssystems bietet auch Forschungsmöglichkeiten, um sich auf die Regierungsführung und die Koordination von Politik, einschließlich der Gesundheitspolitik, zu konzentrieren.

- Um den potenziellen Wert der Forschung zu maximieren, müssen auch größere Anstrengungen unternommen werden, um wirksame Ansätze für die Erhebung, Standardisierung, Kuratierung und gemeinsame Nutzung großer Datensätze zu entwickeln. Die derzeitige Knappheit an großen Datensätzen, die nach vergleichbaren und überprüfbareren Methoden erstellt wurden, behindert die Gestaltung der Politik und die effiziente Durchführung der Programme, die Bewertung ihrer Auswirkungen und die Gewährleistung der Rechenschaftspflicht.
- Im Einklang mit der Verpflichtung der SDG-Agenda 2030, „niemanden zurückzulassen“⁴, sollten Maßnahmen für die Forschungsagenda die soziale wirtschaftliche und politische Integration aller Mitglieder der Gesellschaft stärken und fördern, wobei darauf zu achten ist, diejenigen zu erreichen, die Ausgrenzung aufgrund von Alter, Geschlecht, Behinderung, rassistischer Diskriminierung, Ethnie, Herkunft, Religion oder wirtschaftlichem oder anderem Status riskieren. Aus diesem Grund nehmen wir Prioritäten für gefährdete und marginalisierte Gruppen und Maßnahmen auf, um diese Gruppen zu erreichen, zu begünstigen und in die Bemühungen zur Verbesserung ihrer FNS einzubeziehen.

1.4 Design des IAP-Projekts und dieses Berichts

In diesem IAP-Projekt wurden vier regionale Akademienetzwerk-Arbeitsgruppen in Afrika (Network of African Science Academies, NASAC), Amerika (InterAmerican Network of Academies of Sciences, IANAS), Asien (Association of Academies and Societies of Sciences in Asia, AASSA) und Europa (European Academies' Science Advisory Council, EASAC) gebildet. Jede Arbeitsgruppe hatte ein ehrgeiziges Mandat, die aktuellen Gegebenheiten und Zukunftsperspektiven zu analysieren, Beweise auszutauschen, kontroverse Punkte zu klären und Wissenslücken zu identifizieren. Jede Region wurde eingeladen, Empfehlungen zu politischen und praktischen Optionen auf nationaler und regionaler Ebene, die an die lokalen Gegebenheiten und strategischen Bedürfnisse angepasst sind, zu unterbreiten, um die verfügbaren Ressourcen bestmöglich zu nutzen. Jede Arbeitsgruppe bestand aus Experten aus der gesamten Region, die von den IAP-Mitgliedsakademien nominiert und ausgewählt wurden, um ein angemessenes Verhältnis von Erfahrung und wissenschaftlicher Expertise zu gewährleisten. Das Projektdesign ist neuartig in Bezug auf sein regional verankertes Format und sein Ziel, die stetige Interaktion zwischen und innerhalb der Regionen zu katalysieren. Es handelt sich um eine „Bottom-up“-Analyse.

Die vier Regionalgruppen arbeiteten parallel und gingen von einem gemeinsamen Ausgangspunkt aus. Dabei handelt es sich um eine IAP-Vorlage mit den wichtigsten themenbezogenen Fragen. Zu den untersuchten Hauptthemen gehörten wissenschaftliche Möglichkeiten, die mit Folgendem verbunden sind:

- Sicherstellung einer nachhaltigen Nahrungsmittelproduktion (Land und Meer), einer nachhaltigen Ernährung und nachhaltiger Gesellschaften, einschließlich der Fragen der landwirtschaftlichen Transformation angesichts des zunehmenden Wettbewerbs um Land und andere natürliche Ressourcen.
- Förderung gesunder Nahrungsmittelsysteme und Betonung des Schwerpunkts auf Ernährung, mit vielfältigen Auswirkungen auf die Qualität der Ernährung, auf gefährdete Gruppen und auf eine fundierte Auswahl.
- Ermittlung der Mittel zur Förderung der Widerstandsfähigkeit, einschließlich der Widerstandsfähigkeit in Ökosystemen und auf regionalen und internationalen Märkten.
- Reaktion auf und Vorbereitung für den Klimawandel und andere ökologische und soziale Veränderungen.

Die vier veröffentlichten regionalen Ergebnisse werden in Kapitel 2 näher vorgestellt und in den folgenden Kapiteln erwähnt. Diese Veröffentlichungen werden nun auf nationaler und regionaler Ebene für die Zusammenarbeit mit politischen Entscheidungsträgern und anderen Interessengruppen genutzt. Sie sind auch eine wichtige Ressource bei der Erstellung dieses vorliegenden fünften Berichts (Anhang 1). Ziel des vorliegenden Berichts ist es, diese regionalen Ressourcen zu nutzen, um die Diskussion und das Handeln auf globaler Ebene zu fördern: Beratung in interregionalen Fragen, zu lokal-globaler Vernetzung und in Fragen der Schnittstellen zwischen Wissenschaft und Innovation sowie Wissenschaft und Politik, die von zwischenstaatlichen Institutionen und anderen Einrichtungen mit internationalen Rollen und Verantwortlichkeiten berücksichtigt werden sollten. Das IAP-Projekt und dieser Bericht sollen unverwechselbar sein und einen Mehrwert für den großen Teil der Arbeit bieten, die bereits von vielen anderen Gruppen geleistet wurde.

Das Projekt wurde so formuliert, dass es die vier regionalen Netzwerke in unterschiedlichen Analysen und Synthesen nach ihren eigenen Erfahrungen, Kenntnissen und Erwartungen stimuliert und

⁴ Ziel 10.2 der SDGs: <https://sustainabledevelopment.un.org/sdg10>.

gleichzeitig den Anforderungen nach gemeinsamen akademischen Standards für eine klare Verknüpfung mit den verfügbaren Erkenntnissen entspricht. Es wurde erwartet, dass die regionale Arbeit unterschiedliche Erkenntnisse liefern und unterschiedliche Lösungen für gemeinsame Probleme finden würde. Die Erzeugung dieser Heterogenität wird als eine Stärke des neuartigen Projektdesigns angesehen und diese Erwartung der Vielfalt wurde erfüllt. Obwohl die regionalen Outputs in Ansatz, Inhalt und Format sehr unterschiedlich sind, stellen alle als Ressource für diesen fünften Bericht sehr wertvolle Bewertungen dar.

1.5 Welche Maßnahmen wurden bereits ergriffen, um den Herausforderungen bei der Verbesserung der globalen FNS zu begegnen?

Viele der in den vorangegangenen Abschnitten angesprochenen Fragen wurden natürlich an anderer Stelle mehrfach diskutiert. Allzu oft haben jedoch gut gemeinte Initiativen isoliert begonnen - geografisch, sektoral oder disziplinarisch - oder wurden von Eigeninteressen dominiert. Wir sind sicher, dass es noch immer notwendig ist, eine neue globale, integrative Diskussion zu führen, die durch nachprüfbar Beweise gestützt wird. Neue Arbeiten müssen die notwendigen Verbindungen zwischen fragmentierten Politikbereichen hervorheben, die alle eine gemeinsame Abhängigkeit von exzellenter Wissenschaft haben. Unser Ziel ist es, politisch relevant zu sein, ohne offen politisch vorschreibend zu sein. Anstatt eine Wunschliste von Ideen zu erstellen, plädieren wir für einen rigoros geplanten Ansatz bei FNS, der sich auf eine integrierte, systembasierte Analyse stützt und zu einer kohärenten Strategie führt, um Forschung zu lenken. Wir betonen auch, dass einige Technologien offensichtlich so wichtig sind, dass sie jetzt energisch unterstützt werden müssen, da erhebliche Opportunitätskosten durch Verzögerungen entstehen.

Unser Bericht kann nicht umfassend sein, indem er alle relevanten Themen abdeckt oder das überprüft, was bereits von vielen anderen Gruppen analysiert wurde. Dennoch berücksichtigen wir als Ausgangspunkt unserer globalen IAP-Synthesearbeit in den nächsten Kapiteln die jüngsten Ergebnisse einiger der in [Anhang 2](#) aufgeführten Hauptgruppen und liefern wichtige Hintergründe für die gleichzeitigen großen globalen Initiativen, insbesondere die SDGs und die Empfehlungen des Intergovernmental Panel on Climate Change Conference of the Parties (IPCC COP). Das in [Anhang 2](#) enthaltene Material dient auch dazu,

die Rollen und Verantwortlichkeiten der globalen Institutionen und Meinungsbildner zu veranschaulichen, die wir in diesem IAP-Projekt unterstützen wollen. Obwohl wir in den kurzen Zusammenfassungen in [Anhang 2](#) nicht näher auf Wissenslücken und Kontroversen eingehen können, ist anzumerken, dass von diesen anderen Gruppen relativ wenig Wert auf die entscheidende Rolle der Grundlagenforschung gelegt wird, die wir in Abschnitt 1.3 eingeführt haben.

1.6 Die Zielgruppe von IAP

Wir richten unsere Botschaften und Empfehlungen an ein breites Publikum, darunter die folgenden:

- Alle diejenigen im UN-System, die sich mit der Bewältigung der von uns aufgeworfenen Fragen befassen, und andere in ihren Netzwerken, die an der Umsetzung der SDGs beteiligt sind.
- Andere zwischenstaatliche Gruppen, z.B. G20, G7 und internationale Mitgliedsorganisationen, z.B. die OECD.
- Internationale Forschungsinitiativen auf globaler und interregionaler Ebene, z.B. IFPRI und andere Institute der Consultative Group on International Agricultural Research (CGIAR), die EU-Afrika-Forschungsinnovationspartnerschaft.
- Internationale Initiativen im Privatsektor.
- Publikum auf regionaler, nationaler und globaler Ebene.
- Unsere Akademien, die IAP dabei unterstützen werden, die Bemühungen zur Katalyse weiterer Diskussionen und Aktionen aufrechtzuerhalten.

Die von uns behandelten Themen sind natürlich auch für die breite Öffentlichkeit von großem Interesse, die IAP durch Folgeaktivitäten der regionalen Akademie-netzwerke und einzelner Akademien erreichen will.

In Kapitel 2 beschreiben wir einige der allgemeinen Ähnlichkeiten und Unterschiede, die sich aus dem Vergleich der Ergebnisse der regionalen Akademienetzwerke ergeben, zusammen mit den Auswirkungen auf den Übergang von der regionalen zur globalen Synthese von Themen. In den folgenden Kapiteln werden die regionalen Perspektiven und globalen Überlegungen zu jedem der von IAP identifizierten Kernthemen näher erläutert.

2 Bewertung der regionalen Vielfalt und Gemeinsamkeiten

„Akademien auf der ganzen Welt haben sich verpflichtet, sich auf breiter Front für die Stärkung der Evidenzbasis für eine verbesserte Ernährungssicherheit auf globaler, regionaler und nationaler Ebene einzusetzen.“ IAP (vom gemeinsamen Vorwort der vier Regionalberichte)

Bevor wir beginnen, die in Kapitel 1 behandelten globalen Fragen zu untersuchen, betonen wir, dass es wichtig ist, die gegenwärtigen Unterschiede innerhalb und zwischen den Regionen zu verstehen. Das Verständnis der Vielfalt und der Faktoren, die die Widerstandsfähigkeit in den Regionen beeinflussen, bietet die Grundlage für systematische interregionale/globale Ansätze zur Bewältigung der Herausforderungen für FNSA. Das vorliegende Kapitel gibt einen Überblick über einige der Punkte, die sich aus der regionalen Analysephase ergeben haben, aber zuerst beschreiben wir die Beziehung zwischen den Themen des IAP-Projekts und dem globalen SDG-Rahmen.

2.1 IAP-Startpunkt: Schlüsselthemen für FNS, die in den SDGs abgebildet sind

Die Verbindungen zwischen FNS und nachhaltiger Entwicklung sind in die SDGs eingebettet, wobei eine zwangsläufig enge Beziehung zwischen den verschiedenen SDGs besteht.

Wie in Kapitel 1 erwähnt, verbindet unser IAP-Projekt zwei Ziele: die Übermittlung starker Konsensbotschaften auf globaler Ebene mit der Klärung der wissenschaftlichen Grundlagen der aktuellen Unterschiede in den politischen Erwartungen, Zielen und Meinungen in verschiedenen Teilen der Welt. Die erste gemeinsame IAP-Diskussion wurde genutzt, um eine gemeinsam vereinbarte Vorlage ([Anhang 3](#)) zu formulieren, die alle vier regionalen Arbeitsgruppen informieren und leiten sollte. Notwendige Bestandteile dieser gemeinsamen Vorlage sind das Verständnis regionaler Besonderheiten und die Abgrenzung signifikanter Chancen und Herausforderungen, bei denen die Wissenschaft dazu beitragen kann, die Politik zu informieren und als Ressource für Innovationen zu dienen und um Ratschläge zu geben, wie diese wissenschaftlichen Ressourcen mobilisiert werden können. Die Themen unserer IAP-Vorlage (nummeriert entsprechend [Anhang 3](#)) können auf spezifische SDGs ausgerichtet werden; die primären Verbindungen sind in [Abbildung 1](#) dargestellt, mit Bezug auf die weitere Diskussion in den Kapiteln dieses Berichts.

Die allgemeineren IAP-Hauptthemen, 1 (Schlüsselelemente zur Charakterisierung der derzeitigen regionalen Position), 2 (große Herausforderungen und

Chancen), 3 (Stärken und Schwächen von Wissenschaft und Technologie), 9 (Auswirkungen von Rechtsrahmen und öffentlicher Ordnung), 10 (interregionale Dimensionen der Zusammenarbeit), können als Grundlage für alle SDGs angesehen werden und werden gegebenenfalls im gesamten vorliegenden Bericht, einschließlich später in diesem Kapitel, diskutiert. Obwohl [Abbildung 1](#) einige der primären Verbindungen zeigt, erkennen wir den zugrundeliegenden Grundsatz an, dass alle SDGs als integrierte Prioritäten miteinander interagieren. Wir halten auch fest an der Auffassung (ICSU, 2017), dass die wissenschaftlich fundierte Analyse der Wechselwirkungen zwischen den SDGs derzeit fehlt, sie könnte jedoch einen kohärenteren und effektiveren wissenschaftspolitischen Dialog und die Entscheidungsfindung unterstützen.

Im vorliegenden Kapitel stellen wir einige der Unterschiede vor, die sich in den vier Regionalberichten im Detail gezeigt haben, zusammen mit einigen der Konsensbotschaften. Die vollständige Liste der Empfehlungen aus jedem der vier Berichte ist in Anlage 4 enthalten.

2.2 Unterschiede innerhalb und zwischen den Regionen

Bei der Konzeption dieses Projekts war es zunächst möglich, eine überregionale Perspektive in Afrika und Europa einzunehmen, da es auf den Kontinent bezogene Aktivitäten und Perspektiven sowie die bisherigen Erfahrungen der Akademienetzwerke NASAC und EASAC in Zusammenarbeit mit den Institutionen der Afrikanischen Union (AU) und der Europäischen Union (EU) gibt. Dies war in der Regel auf die gleiche Weise für die anderen Regionen nicht möglich. Unter Anleitung von IANAS entstanden nationale Berichte in 20 Ländern Nord- und Südamerikas, deren Analysen dann in eine regionale Synthese integriert wurden. AASSA berief seine Arbeitsgruppe auf der Grundlage von vier subregionalen asiatischen Gutachten ein (Australasien-Pazifik-Rand, Südostasien, Südasien und Zentralasien sowie Kaukasusregion), gefolgt von einer gemeinsamen Synthese für die gesamte Region. Obwohl es natürlich viele Unterschiede zwischen den Nationen und zwischen den Regionen gibt, bestand das übergeordnete Ziel bei der Neugestaltung des IAP-Projekts darin, einen Rahmen für das Lernen aus der Vielfalt zu schaffen.

Auch wenn der Zustand der FNSA innerhalb und zwischen den Regionen sehr unterschiedlich ist, lässt sich eine erhebliche Konvergenz feststellen - bei den Zielen, gesunde Ernährung zu fördern, mehr mit weniger Ressourcen zu produzieren und die ländliche Entwicklung zu verbessern. Alle Regionen sind auch mit

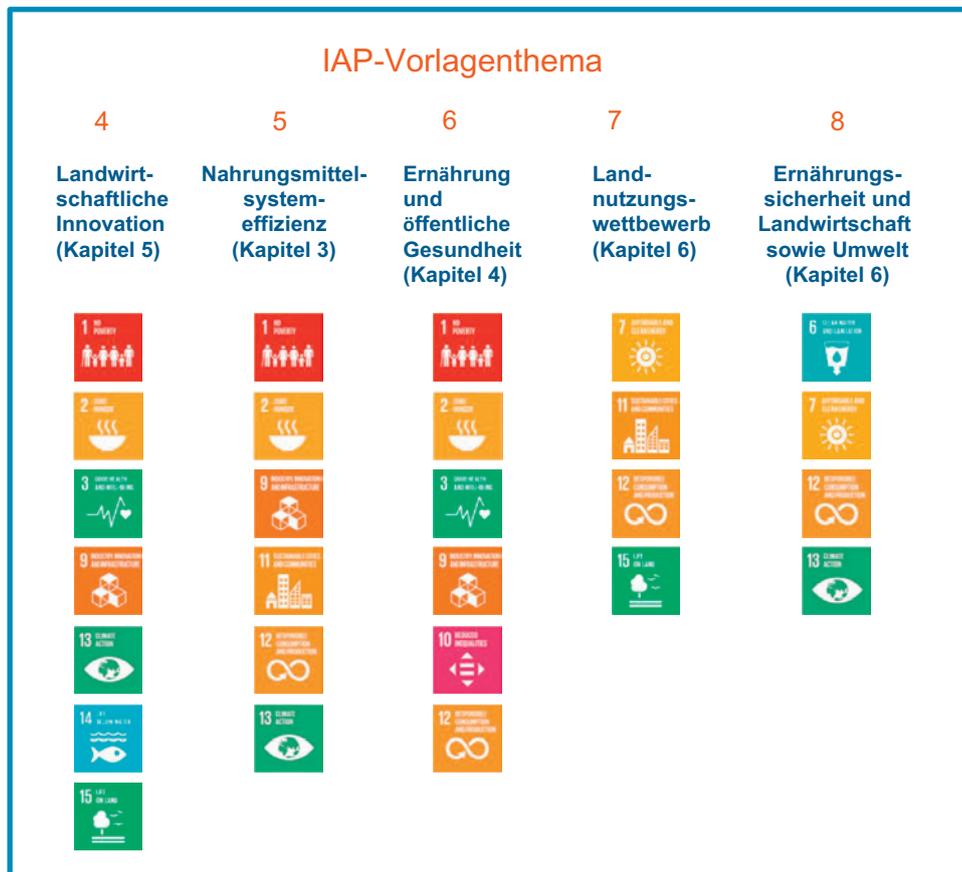


Abbildung 1 Zuordnung von IAP-Projektthemen zu den SDGs.

einem Strukturwandel in der Landwirtschaft und den Ernährungssystemen konfrontiert.

Alle Regionen sind unterschiedlich in Bezug auf landwirtschaftliche Praktiken, Ernährungsgewohnheiten, Wissenschafts- und Technologieinfrastruktur, Wirtschaftswachstum, Bevölkerungswachstum, natürliche Ressourcen und biologische Vielfalt, Ernährungsdefizite und die politischen, institutionellen und sozialen Faktoren. Innerhalb jeder Region konzentrieren einige wenige Länder mehr oder weniger stark den Großteil der regionalen Forschungskapazitäten, während andere Länder zu wenig investieren.

Die Unterschiede innerhalb einer Region können sehr groß sein: So gibt es beispielsweise einen 100-fachen Unterschied des Bruttoinlandsprodukts (BIP) zwischen Afghanistan und Australien in der durch die AASSA vertretenen Region. Es ist natürlich wichtig, die Vielfalt innerhalb einer Region bei der Zusammenstellung regionaler Schlussfolgerungen und bei der Generierung globaler Konsensbotschaften zu berücksichtigen.

Es ist auch so, dass die Unterschiede bei den FNS innerhalb eines Landes oft größer sind als die Unterschiede zwischen den Ländern, und eine lokalisierte, territoriale oder sektorale Analyse kann

erforderlich sein, um den Zustand der Treiber für FNS zu verstehen. Dies wird insbesondere von AASSA und IANAS ausführlich diskutiert, mit begleitenden Fallstudien in der regionalen Arbeit. Einige der Unterschiede und Gemeinsamkeiten werden im Folgenden näher erläutert, aber die Erfahrungen aus der regionalen Phase des IAP-Projekts zeigen auch, wie wichtig es ist, ein angemessenes Benchmarking und eine verbesserte Überwachung einzuführen, um bei der Messung und dem Vergleich zwischen Ländern und Regionen und im Zeitverlauf besser zu werden.

2.3 Charakterisierung der Vielfalt in FNSA

Die demografischen Trends, die eine erhöhte Nahrungsversorgung erfordern, konzentrieren sich tendenziell auf Teile Afrikas und Asiens. Länder, die besonders anfällig für die zukünftige Ernährungsunsicherheit sind, sind in der Regel diejenigen, die durch ein derzeit hohes Maß an Unterernährung bei gleichzeitig hohem prognostiziertem Bevölkerungswachstum gekennzeichnet sind, wie von AASSA überprüft. In erheblichem Umfang teilen sich alle Regionen Probleme im Zusammenhang mit anderen demografischen Veränderungen, insbesondere der Alterung der Bevölkerung und der zunehmenden Urbanisierung. Wie im Folgenden hervorgehoben wird, werden jedoch Vergleiche zwischen den Ländern durch

unterschiedliche Methoden der Charakterisierung von FNS und das Fehlen von Bewertungsmethoden erschwert, um eine unzureichende Aufnahme von Mikronährstoffen aufzudecken. Mehr Standardisierung und Konsistenz beim Aufbau von Datenbanken für die Nahrungsmittelzusammensetzung, nationale und regionale Ernährungsumfragen und Marker für den Ernährungszustand wären von Nutzen.

Die Regionen unterscheiden sich in ihrer landwirtschaftlichen Produktivität, im Zugang der Landwirte zu Wissen und Dienstleistungen, in der Verfügbarkeit von un bebauter Fläche und im Zugang zu Nahrungsmitteln durch die Verbraucher. Einige der Beweise für diese regionalen Unterschiede werden in den Regionalberichten der Akademien ausführlich diskutiert. Die FAO-Nahrungsmittelbewertung (FAO, 2016) zeigt, dass 39 Länder weltweit externe Nahrungsmittelhilfe benötigen. Wie von NASAC beschrieben, liegen 28 dieser Länder in Afrika. Wo landwirtschaftliche Transformation stattfindet, zum Beispiel in Afrika, führt es zu spürbaren Auswirkungen auf Wirtschaftswachstum, Armutsbekämpfung und Hungerminderung, und NASAC stellte fest, dass diese Veränderungen die Stärke eines priorisierten, finanzierten Strategieplans für Landwirtschaft und Ernährungssicherheit belegen.

Trotz erheblicher Fortschritte in den letzten zehn Jahren zeigen die derzeitigen Hungersnotgebiete in Afrika und anderswo (z.B. Jemen) die Fragilität der FNS, die durch Bürgerkriege und Kriege schnell gestört werden kann. Diese aktuellen Probleme sind in der Regel nicht das Ergebnis eines einzelnen Schocks (z.B. Ernteausfall oder Konflikt), sondern vielmehr, wie von NASAC diskutiert, sind diese komplexen Notfälle der entscheidende Punkt für das Scheitern eines langfristigen Entwicklungsprozesses. Diese Situationen machen viele hungrig und anfällig für Nahrungsmangel. Viele Menschen sind dann zur Migration gezwungen, was zu einer stärkeren Marginalisierung und Verwundbarkeit gegenüber Nahrungsmittelknappheit führt.

Die Regionen können sich in Bezug auf die Ernährungsbedingungen erheblich unterscheiden, teilen aber oft die ernährungsphysiologischen Herausforderungen, insbesondere die zunehmende Verfügbarkeit relativ billiger, energieintensiver Nahrungsmittel, die zu Fettleibigkeit und NCDs überall und zu Mikronährstoffmangel in einigen Regionen beitragen (siehe Kapitel 4). Dennoch konzentriert sich die Ernährungspolitik in vielen Ländern (wie von NASAC und IANAS beschrieben) immer noch auf die Unterernährung in Bezug auf den Mangel wichtiger

Mikronährstoffe und kann den Problemen von Übergewicht und Fettleibigkeit weniger Aufmerksamkeit schenken. Dies war bis vor relativ kurzer Zeit gerechtfertigt, aber die Politik erfordert nun eine zusätzliche Betonung aller Aspekte von FNS.

In allen Ländern herrscht Nahrungsmittel- und Ernährungsunsicherheit, auch in Ländern mit hohem BIP. Wie im IANAS-Bericht erwähnt, wurden beispielsweise in den USA 12,7% der Haushalte 2016⁵ als nicht ernährungsgesichert eingestuft. In Europa ist, wie von EASAC beschrieben, der Anteil der EU-Haushalte, die keinen Zugang zu der in den Ernährungsrichtlinien allgemein empfohlenen Mindestmenge an Energie und Nährstoffen leisten können, seit 2010 gestiegen, nachdem er im Zeitraum 2005-2010 zurückgegangen war. Eine aktuelle FAO-Analyse⁶ für Europa als geografisches Gebiet kommt zu dem Schluss, dass nachhaltiges Wirtschaftswachstum der Schlüssel zur Gewährleistung der Ernährungssicherheit in der Region ist. Es ist jedoch auch zu beachten, dass, wie in der IANAS-Analyse gezeigt, ausreichende Mengen an landwirtschaftlicher Produktion mit schwerer Nahrungsmittel- und Ernährungsunsicherheit koexistieren können, eine Schlussfolgerung, die auch in früheren Forschungen über Hunger und Hungersnot in Asien und Afrika (Sen, 1981; von Braun *et al.*, 1998) zu finden ist. Für die Bevölkerung der meisten europäischen Länder übersteigt die Belastung durch Übergewicht und Adipositas, gemessen an den behinderungsbereinigten Arbeitsjahren, inzwischen bei weitem die der Unterernährung.

Die Vielfalt in der FNSA wird in den folgenden Kapiteln ausführlich diskutiert. In einigen Fällen müssen die landwirtschaftlichen Erträge, die derzeit als hoch eingestuft werden, gesteigert werden; in anderen Fällen muss Technologie eingesetzt werden, um entsprechend definierte "Ertragslücken" zu schließen. Trotz der Vielfalt gibt es ein wesentliches gemeinsames Ziel: Innovation.

2.4 Unterschiede in der wissenschaftlichen Infrastruktur und den Forschungskapazitäten

Es gibt wissenschaftliche Stärken und Schwächen in allen Regionen, und es besteht überall die Notwendigkeit, das Ausmaß der Fragmentierung der Anstrengungen sowohl bei der Durchführung der Forschung als auch bei der Nutzung der Forschungsergebnisse zu reduzieren. Vergleichbare aktuelle Daten über die Intensität der Investitionen in landwirtschaftliche F&E zwischen Ländern und

⁵ <https://www.ers.usda.gov/topics/food-nutrition-assistance/food-security-in-the-us/key-statistics-graphics.aspx>.

⁶ The State of Food Security and Nutrition in Europe and Central Asia, 2017.

Sektoren sind nicht immer verfügbar. Die FAO (2017) bietet detaillierte Analysen für Länder, aber die Daten sind nicht sehr aktuell. Weltweit stiegen die landwirtschaftlichen F&E-Investitionen im Zeitraum 2000-2009 um etwa 3% pro Jahr, wobei ein Großteil des Anstiegs auf China und Indien sowie Argentinien, Brasilien, den Iran, Nigeria und die Russische Föderation entfiel. Die globalen Investitionen des privaten Sektors in Forschung und Entwicklung in der Landwirtschaft und der Lebensmittelverarbeitung machten etwa 20% der globalen Gesamtausgaben aus, aber das meiste davon geschah in Ländern mit hohem Einkommen. Eine weitere Diskussion über die Veränderungsmuster der landwirtschaftlichen F&E-Investitionen ist bei Pardey et al. (2018) enthalten.

Die großen Unterschiede bei den nationalen Investitionen in Wissenschaft und Technologie innerhalb einer Region werden in Asien deutlich, wo die AASSA-Analyse die Länder in vier Kategorien einteilt:

- (i) Reife Wissenschafts- und Technologiekulturen, in denen Investitionen in die Leistung weltweit wettbewerbsfähig sind, obwohl sich die jüngsten Zuwächse bei der Finanzierung nun abzuschwächen beginnen.
- (ii) Fortschrittliche Entwicklung von Wissenschafts- und Technologiekulturen - zum Beispiel Indien und China -, die große Verpflichtungen gegenüber akademischen und industriellen landwirtschaftlichen Forschungsinfrastrukturen, einschließlich der Grundlagenforschung, eingegangen sind. Die Integration zwischen öffentlichem und privatem Sektor ist aber oft schwierig.
- (iii) Entwicklung von Wissenschafts- und Technologiekulturen, in denen die F&E-Ausgaben im Verhältnis zum BIP noch niedrig sind, aber durch einige ausgezeichnete internationale Forschungszentren zunehmend in den Fokus rücken. Die meisten F&E-Arbeiten für FNS sind zielorientiert und führende Wissenschaftler werden oft noch im Ausland ausgebildet.
- (iv) Länder mit begrenzten Wissenschafts- und Technologiekapazitäten, und der nachhaltige politische Wille zu Investitionen in die Wissenschaft muss noch aufgebaut werden.

Eine ähnliche Vielfalt gibt es in Afrika und Amerika, obwohl fast alle Länder über ein oder mehrere Forschungsinstitute für Agrarnahrung verfügen. Diese Institute stellen oft den größten Teil der Forschungskapazitäten im Bereich der Agrar- und Lebensmittelforschung dar. Die Forschung des privaten Sektors spielt auch in den Ländern (wie den USA und Kanada) eine größere Rolle, die ebenfalls über ein hohes

Maß an Investitionen des öffentlichen Sektors verfügen. Die detaillierte Analyse in der IANAS-Arbeit identifizierte Probleme, insbesondere in Lateinamerika und der Karibik, in Bezug auf die folgenden Punkte:

- Unzureichende Infrastruktur für wissenschaftliche Geräte und Einrichtungen.
- Unzulängliche Integration der Programme bei der Festlegung der Prioritäten.
- Relativ geringe Anzahl von Forschern - und die Alterung der Kohorte erschwert den Generationswechsel.
- Unzureichende Datenbanken zur Charakterisierung des Zustands des Agrarsystems.
- Fehlende Zusammenarbeit zwischen Universitäten und Forschungsinstituten und schwache Interaktion zwischen Forschern und den Anforderungen des privaten Produzentensektors sowie zwischen Forschern und Beratungsdiensten und den Bedürfnissen der gefährdeten Bevölkerungsgruppen.

Diese Probleme werden durch eine unzureichende Finanzierung der Forschung noch verschärft und werden von vielen anderen Ländern in anderen Regionen geteilt. In Amerika gibt es Beispiele für internationale Kooperationsprogramme zwischen Ländern auf verschiedenen Ebenen der wirtschaftlichen Entwicklung. Diese Regelungen können einen erheblichen Teil der landwirtschaftlichen Forschungskapazitäten ausmachen.

Detaillierte Analysen von NASAC zeigten, dass die nationalen Ausgaben für landwirtschaftliche F&E in Afrika im Vergleich zu anderen Ländern oft gering sind und dass sich die afrikanischen Länder möglicherweise darauf konzentrieren, die anderswo entwickelten Technologien an die lokalen Bedürfnisse anzupassen. Die NASAC-Bewertung ergab, dass die Abhängigkeit der afrikanischen Länder von externen Finanzmitteln sie benachteiligen kann, was den Aufbau von Kapazitäten (menschlicher, technischer, institutioneller und infrastruktureller Art) betrifft, um Wissenschafts- und Innovationsmöglichkeiten zu nutzen und bewährte Verfahren in großem Maßstab anzuwenden. NASAC stellte ferner fest, dass die Ausgaben für die Agrarforschung immer stärker von der Finanzierung durch volatile Geber abhängig werden und dass wichtige Aspekte der Politikentwicklung, wie beispielsweise die Erstellung vergleichbarer Basisdaten, die Überwachung und Bewertung, in den meisten Ländern nicht mit Ressourcen ausgestattet werden. Außerdem arbeiten die Verantwortlichen für die Forschungspolitik in vielen Fällen isoliert von anderen Politikbereichen oder Agenturen, und die Verbindungen zum Privatsektor sind oft schwach. In

Afrika wird jedoch, wie in den anderen Regionen, zunehmend anerkannt, dass Wissenschaft, Technologie und Innovation eine entscheidende Rolle für das Wirtschaftswachstum spielen, und viele afrikanische Länder haben landwirtschaftliche Entwicklungspläne eingeführt. Dennoch sind die F&E-Investitionen und Forschungskapazitäten nach wie vor auf eine kleine Gruppe von Ländern konzentriert - die Hälfte dieser Investitionen entfällt auf Nigeria, Kenia und Südafrika.

In Europa und teilweise in Afrika gibt es auch eine regionale Forschungsförderung. Die Vielfalt der überregionalen Instrumente zur Unterstützung von Kooperationen in der Forschung des öffentlichen Sektors wird von EASAC ausführlich diskutiert, und diese überregionale Kapazität dient auch als Anreiz für öffentlich-private Partnerschaften in Forschung und Innovation. Überregionale Kapazitäten können auch die Forschungszusammenarbeit mit anderen Regionen unterstützen. Zum Beispiel bietet der hochrangige politische Dialog zwischen der EU und Afrika über Wissenschaft, Technologie und Innovation (2016) einen Fahrplan für gemeinsam finanzierte Forschung und Innovation im Bereich FNS und nachhaltige Landwirtschaft, die gemeinsame Interessen an nachhaltiger Intensivierung, Ernährungssystemen und Ernährung, Agrarmärkten und Handel betont. Die in diesem EU-Afrika-Modell entwickelte gemeinsame Verpflichtung könnte als Grundlage für andere interregionale und globale Partnerschaften dienen: Derzeit gibt es wenig oder gar keine gleichwertige überregionale Forschungsförderung und Zusammenarbeit in Asien oder Amerika (siehe nachfolgende Kapitel für Empfehlungen von AASSA und IANAS). Dieser Mangel wird nicht unbedingt von internationalen Gremien mit regionaler Verantwortung besetzt. CGIAR füllt sehr sinnvoll eine Lücke, in der es an national oder regional geförderter Forschung mangelt, und es ist wichtig, das Engagement für CGIAR-Zentren und nationale Exzellenzzentren zu verstärken, die sich auf zielorientierte Forschung konzentrieren. Es besteht jedoch auch Bedarf an weiterem internationalen Engagement zur ergebnisoffenen Grundlagenforschung als grundlegende Quelle für die Entdeckung neuer Richtungen und Anwendungen. Mögliche Lösungen für den Aufbau einer kritischen Forschungsmasse und die Verbesserung der Zusammenarbeit auf regionaler und globaler Ebene werden in den folgenden Kapiteln diskutiert und in Kapitel 7 zusammengefasst.

2.5 Unterschiedliche Verknüpfung der Forschungsergebnisse mit der Entwicklung politischer Optionen

Ein wesentlicher Unterschied zwischen den Regionen besteht darin, inwieweit die Politikgestaltung auf regionaler Ebene erfolgt. In der EU gibt es etablierte Institutionen (Europäische Kommission, Parlament und

Rat). In Afrika entwickelt sich die regionale Aktivität auf AU-Ebene rasch, aber es gibt keine vergleichbaren überregionalen Plattformen in Asien oder Amerika - und die nationalen Verbindungen zwischen Wissenschaft und Politik sind sehr unterschiedlich. Die Organisation Amerikanischer Staaten (gegründet 1888-1890) ist die älteste regionale Organisation der Welt und dient der Koordination und Förderung der Zusammenarbeit zwischen den Ländern Amerikas. Sie verfügt jedoch nicht über quasi-staatliche Befugnisse und hat nur begrenzte Auswirkungen auf die nationale FNS-Politik.

Es gibt natürlich regionale Verantwortlichkeiten innerhalb der globalen zwischenstaatlichen Organisationen, insbesondere des UN-Systems, aber diese haben unterschiedliche Verantwortlichkeiten und ausgeprägte interne Beratungsmechanismen. Die transregionalen Institutionen in der EU und zunehmend auch in Afrika bieten die Möglichkeit, starke Beziehungen zwischen der breiteren Wissenschaftsgemeinschaft, der Politik und anderen Interessengruppen aufzubauen. Die Optionen für den Aufbau gleichwertig starker Beziehungen in anderen Regionen und auf globaler Ebene sowie die Frage, wie Akademien dazu beitragen könnten, werden in Kapitel 7 weiter diskutiert.

2.6 Konsens zwischen den Regionen und politische Auswirkungen

Trotz der großen Vielfalt innerhalb und zwischen den Regionen stimmen die vier regionalen Beiträge zu dieser globalen Phase der IAP-Arbeit in zahlreichen Punkten überein. Viele dieser Konsenspunkte werden in den folgenden Kapiteln näher erläutert, z.B.:

- Es gibt große wissenschaftliche Möglichkeiten für Innovationen in der Landwirtschaft, um die Effizienz zu verbessern. Bei der Politikgestaltung in verschiedenen Sektoren muss der Schwerpunkt verstärkt auf die Ernährungssensitivität gelegt werden.
- Alle Regionen werden wahrscheinlich weiterhin eine steigende Nachfrage nach verarbeiteten Nahrungsmitteln aufgrund des demografischen Wandels aufweisen (wachsende Bevölkerung, steigender Anteil der Mittelschicht und Menschen in Städten, mehr Frauen am Arbeitsplatz). Verarbeitete Nahrungsmittel mit längerer Haltbarkeit und weniger Kochaufwand stellen neue Herausforderungen an die Lebensmitteltechnologie und an die Gewährleistung der Lebensmittelsicherheit, bieten aber auch die Möglichkeit, die Verschwendung von Nahrungsmitteln zu verringern.
- Es ist von entscheidender Bedeutung, im Rahmen des Konzepts der Nahrungsmittelsysteme einen umfassenden Überblick über FNS zu erhalten und

anzuerkennen, dass die Fragen der Bereitstellung anderer Ökosystemleistungen und der Druck auf andere Umweltressourcen berücksichtigt werden müssen. Dies erfordert mehr Anstrengungen bei der Entwicklung von Indikatoren zur Messung der Fortschritte bei der Nachhaltigkeit und anderen gesellschaftlichen Zielen.

- In allen Regionen führt der Klimawandel bereits zu erheblichen negativen Auswirkungen auf die Landwirtschaft und die Ernährungssysteme, und es wird erwartet, dass diese Auswirkungen zunehmen werden. Natürlich wird es innerhalb der Regionen unterschiedliche Auswirkungen geben. Zum Beispiel in Europa wird erwartet, dass der Klimawandel die Eignung Nordeuropas für den Anbau von Nutzpflanzen verbessert, aber sich die Pflanzenproduktivität in großen Teilen Südeuropas verringert (Europäische Umweltagentur, 2017). Die Konsequenzen regionaler Variabilität werden im Folgenden näher untersucht.
- Die derzeitigen Datenbanken über FNS sind nicht ausreichend robust. Diese Schwäche ist ein Hindernis für die Forschung. So gibt es beispielsweise in vielen Ländern keine Zeitreihenerhebungen, um die Prävalenz von Nahrungsmittelmangel auf Haushaltsebene zu ermitteln oder Teilmengen der Bevölkerung zu charakterisieren.
- Es besteht Einigkeit darüber, dass eine nachhaltige Landwirtschaft eine Priorität in der Bioökonomie

sein sollte, und es besteht Bedarf an besserer sektorübergreifender Integration strategischer Maßnahmen im Hinblick auf die Bioökonomie.

Alle Regionen teilen viele Elemente einer vielfältigen politischen Agenda, die für FNSA relevant ist. In den folgenden Kapiteln werden wir sowohl die Perspektiven der Nahrungsmittelsysteme als auch der Gesundheitssysteme beleuchten. Nahrungsmittel- und Agrarpolitik kann nun nicht mehr unabhängig von anderen Systemen betrachtet werden (Box 1). Es besteht auch das Einvernehmen über die gemeinsamen Determinanten für die Gestaltung einer wirksamen Politik und effektiver politischer Verflechtungen, insbesondere die Grundlage für fundierte Erkenntnisse und systematische Datenerhebung und die Notwendigkeit, die politischen Optionen entsprechend der Bewertung der Ergebnisse der früheren Umsetzung der Politik zu aktualisieren.

Die Auflistung in Box 1 spiegelt einen Mix aus Anforderungen an nationale, regionale und internationale Politikinstrumente wider. Der vorliegende Bericht konzentriert sich auf die internationale Ebene in Bezug auf Fragen an der Schnittstelle zwischen Wissenschaft und Politik, aber wir sind uns bewusst, dass eine kohärente Strategie auch von der Koordinierung der nationalen und internationalen Bemühungen abhängt. Leider kann die Komplexität der politischen Anforderungen abschreckend wirken: Die wissenschaftliche Analyse der Komplexität erfordert inter- und transdisziplinäre Arbeit.

Box 1 Gemeinsame politische Anforderungen, die von allen Regionen festgelegt wurden.

Politik, die:

Zur Neugestaltung der gesamten Agrarwirtschaft beiträgt, z.B. Landnutzung, andere ländliche Entwicklung, Recycling, Fischerei, für mehr Effizienz und Nachhaltigkeit.

Einen Rahmen für Forschung und technologische oder andere Innovationen in den Nahrungsmittelsystemen schafft, z.B. Einführung neuer Rohstoffe, Regulierung des Pestizid- und Antibiotika-Einsatzes, Tierschutz, ökologischer Landbau, neue Ansätze in der Zucht.

Die Bioökonomie und verantwortungsvolle Innovationen in allen Sektoren fördert.

Humanressourcen aufbaut, z.B. Bildung und Ausbildung, Gewinnung junger Menschen für die Arbeit in Ernährungssystemen und Forschung, Behandlung von Fragen der Geschlechtergleichstellung am Arbeitsplatz.

Verbraucherrechte fördert, z.B. beim Konsum nachhaltiger gesunder Nahrungsmittel, Regulierung der Lebensmittelsicherheit und Lebensmittelkennzeichnung.

Den Zugang zu Nahrungsmitteln verwaltet, z.B. in sozialen Versorgungssystemen.

Gesundheitsförderung, insbesondere für bestimmte Gruppen und gefährdete Bevölkerungsgruppen, und Berücksichtigung spezifischer kultureller und gesellschaftlicher Bedürfnisse unterstützt.

Andere Umweltaspekte berücksichtigt, z.B. Klima, Energieverbrauch, Wasserverfügbarkeit und -qualität, Boden, Lebensräume und Biodiversität.

Interregionale Beziehungen vermittelt, z.B. Handelsabkommen, Entwicklungshilfe.

NASAC stellte fest, dass die Heterogenität bei der Verteilung der natürlichen Ressourcen und die Ungleichheit beim wirtschaftlichen Entwicklungsstand innerhalb einer Region es schwierig machen können, jede öffentliche Politik so zu gestalten, dass sie für eine ganze Region gültig ist, und der gleiche Vorbehalt gilt auf globaler Ebene. Wichtig ist es daher, sich auf die Themen und Möglichkeiten zu konzentrieren, die alle Länder gemeinsam haben, um darüber nachzudenken, wie die politische Agenda gestaltet werden kann, um FNS für alle anzugehen. Die Koordinierung hängt auch von einer geeigneten institutionellen Architektur ab, die eine Überprüfung, Reform und Umsetzung der Politik ermöglicht.

2.7 Von der regionalen Analyse zu globalen Prioritäten

Lösungen für ernährungsbezogene Probleme sind oft kontext-, regions- und kulturspezifisch. Einige der Ergebnisse aus der Arbeit der regionalen Akademienetzwerke waren lokal spezifisch, andere waren in ihrer Relevanz global. Dabei konzentrieren wir uns auf überregionale und grenzüberschreitende Fragen im Zusammenhang mit Ressourcenfragen, wiederum im Zusammenhang mit unseren ersten Perspektiven auf internationale öffentliche Güter (insbesondere Wissenschaft und Technologie) und Risikoübertragung.

Die jüngsten Trends haben die Globalisierung der Agrarwirtschaft verstärkt. Was bisher einzelne Länderprobleme waren, wird nun zu globalen Herausforderungen. So gehen beispielsweise zunehmende Migration, Konflikte und politische Instabilität zum Teil auf unzureichende Ressourcen und Produktionskapazitäten zurück, und die Auswirkungen auf andere Länder sind gut dokumentiert. Eine zunehmende Homogenität in der globalen Nahrungsmittelversorgung, bei der man immer mehr auf eine begrenzte Anzahl von Grundnahrungsmitteln angewiesen ist, kann auch mit einem Verlust der Widerstandsfähigkeit gegen Störungen einhergehen, was ein systemisches Risiko für ein zunehmend monolithisches Nahrungsmittelsystem darstellt.

Jedes Land ist mehr oder weniger stark von der lokalen Produktion und dem Welthandel abhängig. Wie in der NASAC-Arbeit beobachtet, macht die übermäßige Abhängigkeit einiger afrikanischer Länder von Importen zur Deckung der lokalen Nachfrage, insbesondere nach Grundnahrungsmitteln, diese Länder anfällig für wirtschaftliche Risiken, Unsicherheiten und Ungewissheit und gefährdet die langfristige Widerstandsfähigkeit. AASSA diskutierte die asiatischen Erfahrungen von Ländern wie Japan und Südkorea mit geringer Selbstversorgung, die derzeit erfolgreich auf Nahrungsmittelimporte setzen aber anfällig für internationale Nahrungsmittelknappheit sind.

Neben Produktions- und Handelsströmen gewinnen globale Wissensströme an Bedeutung. Das Verständnis dieser Vielzahl von Zusammenhängen zwischen lokalen und globalen Systemen lenkt die Aufmerksamkeit auf ein breites Spektrum von Themen für Handelsnetze, Landnutzung, Auswirkungen des Klimawandels und die Schnittstellen zwischen Gesundheit-Ernährung-Nachhaltigkeit. Wie von EASAC diskutiert, tragen Länder und Regionen die Verantwortung dafür, dass Maßnahmen zur Befriedigung der inländischen FNS nicht dazu führen, dass zusätzliche Probleme für andere Länder in Bezug auf die Nutzung von Land, Wasser, Energie, Düngemitteln und anderen Ressourcen oder ihre Fähigkeit zur Innovation und zum Export geschaffen werden.

Wie sehen die Zukunftsaussichten aus? Es gab viele Versuche, Szenarien zu entwickeln oder andere Foresight-Initiativen zu nutzen, um zukünftige globale Entwicklungen in FNS zu modellieren. Eine wichtige Analyse der von der FAO prognostizierten Trends ist in [Anhang 2](#) beschrieben; eine weitere vom Weltwirtschaftsforum, die auf Marktdynamik und Nachfrageverschiebungen basiert, wird im EASAC-Bericht diskutiert. Bei der Betrachtung alternativer Zukunftsszenarien ist es wünschenswert, Flexibilität zu verankern, um sowohl relative vorhersehbare Veränderungen (wie Bevölkerungswachstum und Urbanisierung) als auch kritische Unsicherheiten (einschließlich disruptiver Technologien) zu erfassen. Die OECD-Arbeit (2016) - unter der Annahme weiter steigender Nahrungsmittelpreise, sinkender Beiträge der Landwirtschaft zum BIP, weit verbreiteter grenzüberschreitender Tierseuchen und Risiken für die Lebensmittelsicherheit - fasst viele der Analysen anderer Stellen in ihrer Darstellung zusammen und zeichnet drei alternativen Szenarien für globale Ernährung und Landwirtschaft:

- Individuelles, von fossilen Brennstoffen abhängiges Wachstum: eine Welt, die von Souveränität und Selbstversorgung getrieben wird, mit Schwerpunkt auf Wirtschaftswachstum und weniger auf ökologischen oder sozialen Fragen. Die Zusammenarbeit wird von nationalen Interessen bestimmt.
- Bürgerorientiertes, nachhaltiges Wachstum: mit Schwerpunkt auf Umwelt- und Sozialschutz. Technologien konzentrieren sich auf die Einsparung natürlicher Ressourcen.
- Schnelles, global ausgerichtetes Wachstum: mit einem starken Fokus auf internationaler Zusammenarbeit zur Erzielung von Wirtschaftswachstum und weniger Aufmerksamkeit für Umweltfragen. Technologien sind vor allem bei Nahrungsmitteln, Futtermitteln und

Box 2 Treiber des Wandels für die globalen Ernährungssysteme⁷

Bevölkerungswachstum und andere demografische Veränderungen, z.B. Urbanisierung, Überalterung der Bevölkerung, Ausbreitung der Jugend in Afrika, Migration⁸.

Druck auf den Nahrungsmittelverbrauch und die Verbraucherwerte, einschließlich Strategien des Privatsektors.

Steuerung und Transformation der Ernährungssysteme, einschließlich neuer Wertschöpfungsketten und Integration der Märkte.

Wettbewerb um wichtige natürliche Ressourcen, einschließlich Land und grenzüberschreitendes Wasser.

Klimawandel.

Innovation, Bildung, Technologie (einschließlich disruptiver Technologien) und Infrastruktur.

Energieprodukten, die international leicht zugänglich sind, erfolgreich.

Unserer Ansicht nach liegt der Wert dieser oder anderer Szenarien nicht in erster Linie in der Vorhersage der wahrscheinlichsten Aussichten, sondern in der Bereitschaft, gemeinsame Anstrengungen zur Erforschung und Ermöglichung robuster, aber flexibler politischer Reaktionen auf die erwarteten Herausforderungen zu fördern. Solche Studien ermöglichen auch die Beurteilung von Schwankungen in Zukunftsszenarien und geben einen Hinweis auf das Ausmaß und die Unsicherheit möglicher Veränderungen. Diese gemeinsamen Bemühungen um die politische Vorbereitung müssen die Generierung und Nutzung wissenschaftlicher Erkenntnisse umfassen - etwas, dem die OECD weniger Bedeutung in ihrer Veröffentlichung 2016 beimisst, was aber für unsere IAP-Bemühungen von zentraler Bedeutung ist.

Ungeachtet der bereits erwähnten Tatsache, dass eine lokale Analyse notwendig sein kann, um Vielfalt zu verstehen, können globale Nahrungsmittelsysteme als einem breiten Spektrum von Veränderungsfaktoren unterworfen eingestuft werden (Box 2), die alle Auswirkungen auf Kaufkraft und Zugangsgerechtigkeit haben.

Diese Treiber werden in den folgenden Kapiteln näher erläutert. Es sollte betont werden, dass die Gefahr besteht, dass die Treiber das Potenzial der Nahrungsmittelsysteme übersteigen: um sich auf diese Möglichkeit vorzubereiten und sie zu verringern, steigt der Bedarf an sektorübergreifender und regierungsübergreifender Risikobewertung und Koordination der Politik. Beispielsweise werden bei nationalen Bewertungen der Auswirkungen des Klimawandels möglicherweise die Interaktionen und die Verstärkung durch Auswirkungen an anderer Stelle nicht in vollem Umfang berücksichtigt (Challinor *et al.*, 2017)⁹.

Globale Konnektivität bedeutet auch, dass eine schlechte lokale Politik die Versorgungsunterbrechungen verschlimmern und globale Auswirkungen haben kann. Da sich aus der Wechselwirkung zwischen Einzelrisiken geringerer Größenordnung erhebliche Nettorisiken ergeben können, ist eine bessere Koordinierung der Politik - in den Bereichen Landwirtschaft, Umwelt, Gesundheit, Handel, Lebensmittelstandards und Außenpolitik - erforderlich, um die Widerstandsfähigkeit der Systeme zu erhalten. Die Einbeziehung mehrerer Sektoren mit unterschiedlichen Aufgabenbereichen mag nicht einfach sein, zumal es auch dringend notwendig ist, sich sowohl international als auch national zu integrieren.

⁷ Es gibt wichtige Fragen im Zusammenhang mit Armut, Erschwinglichkeit von Nahrungsmitteln und Zugang, die im vorliegenden Bericht nicht ausführlich behandelt werden, sondern in regionalen Analysen, insbesondere von AASSA und NASAC, sowie Determinanten der Marginalisierung, wie z.B. das Geschlecht, untersucht wurden. NASAC betonte auch die entscheidende Rolle der Landwirtschaft selbst als Motor für eine breitere wirtschaftliche Entwicklung.

⁸ Die Verbindungen zwischen den Regionen sind komplex. Wie NASAC feststellt, ist die erhebliche Belastung durch Menschen, die durch Konflikte (oder andere Gründe) vertrieben werden, sowohl für die Nachbarländer als auch für ihr Herkunftsland spürbar. EASAC stellte fest, dass der Beitrag der Ernährungsunsicherheit zur Auslösung gesellschaftlicher Unsicherheit weltweit vielfältige Auswirkungen auf die Regionen hat, auch auf die mit der Migration verbundenen Regionen. Die Auswirkungen von Konflikten als Schlüsselfaktor für Nahrungsmittelkrisen werden im Bericht 2017 ausführlich diskutiert (FAO *et al.*). Die Bemühungen der FAO am Welternährungstag 2017 konzentrierten sich auch auf Fragen zur Ermittlung der Auswirkungen von Migration auf die Ernährungssicherheit und die ländliche Entwicklung (<http://www.fao.org/world-food-day/2017/home/en/>). Die Auswirkungen des Klimawandels dürften die Migration weiter vorantreiben. In den letzten Jahren sind sehr viele Menschen vertrieben worden, und während sich die kurzfristigen Reaktionen auf die humanitäre Hilfe konzentrieren, ist es längerfristig unerlässlich, in Ernährungssysteme und die ländliche Entwicklung zu investieren, um die Zukunft der Migration zu verändern.

⁹ Insbesondere wurden von Challinor und seinen Mitarbeitern (2017) dringende politische Maßnahmen zur Bewältigung zweier grenzüberschreitender Risiken durch den Klimawandel empfohlen:

- Wetterbedingte Schocks in der internationalen Agrarproduktion können zu Nahrungsmittelpreissteigerungen beitragen und den Zugang zu Nahrungsmitteln für gefährdete Gruppen einschränken.
- Klimabedingte Verschiebungen der Populationen können Länder betreffen, die vom lokalen Risiko weit entfernt sind.

3 Effiziente und gerechte Ernährungssysteme: Definition der Herausforderungen und Innovationsmöglichkeiten

„Fragen zur Verbesserung des Zugangs zu gesunden, nachhaltigen Nahrungsmitteln müssen in einem breiteren Kontext betrachtet werden, der auch die gesellschaftliche und ökologische Dimension umfasst. ... es muss eine systembasierte Sichtweise darüber entwickelt werden, wie Ernährungssicherheit nachhaltig gewährleistet werden kann, und die politischen Entscheidungsträger zu erkennen beginnen, dass der Übergang von der Agrarpolitik zu einer besser koordinierten Ernährungspolitik notwendig ist“.
EASAC

3.1 Umfang und Effizienz von Nahrungsmittelsystemen

Das Ernährungssystem umfasst die Produktion, den Transport, die Herstellung, die Auswahl und den Konsum von Nahrungsmitteln sowie deren Auswirkungen auf Gesundheit, Umwelt und Gesellschaft (einschließlich Wirtschaft). In der Vergangenheit haben sich sowohl die Märkte als auch die Politik auf die Steigerung der landwirtschaftlichen Effizienz (Ertrag pro Input-Einheit) konzentriert, teilweise in der Annahme, dass dies ein Indikator für die Effizienz des Ernährungssystems ist. Es ist jedoch zu vermuten, dass die übermäßige Förderung der landwirtschaftlichen Effizienz Anreize für die Externalisierung der Kosten auf die Umwelt und die Überproduktion von Nahrungsmitteln bietet, was zu mehr Verschwendung und einer Verringerung der Effizienz des Ernährungssystems führt. Dies impliziert die Notwendigkeit einer stärkeren Fokussierung auf die Effizienz des Systems bei der Bereitstellung von Gesundheit und Wohlbefinden für Menschen und den Planeten sowie von Gewinnen für die Akteure des Ernährungssystems. Eine operative Definition von Effizienz könnte die Anzahl der Menschen sein, die pro Input-Einheit gesund und nachhaltig ernährt werden (wobei die Einheiten natürliches und steuerliches Kapital beinhalten).

Die vier regionalen IAP-Akademienetzwerke waren sich einig, dass die Steigerung der landwirtschaftlichen Produktivität wichtig, aber nicht ausreichend ist, um den Herausforderungen für FNS zu begegnen. Wie beispielsweise in der NASAC-Arbeit beobachtet, werden die Bevölkerungen urbanisiert und die Märkte stärker globalisiert, ein zunehmender Handlungsbedarf muss nicht nur auf der Produktionsebene, sondern über alle Stufen der Lebensmittelwertschöpfungskette hinweg bestehen. EASAC betonte, dass die Entwicklung eines integrierten Ansatzes - Übergang von der Agrarpolitik zur Lebensmittelpolitik - sowohl eine klare Definition der Komponenten innerhalb des Lebensmittelsystems

als auch ein besseres Verständnis der Zielkonflikte zwischen verschiedenen politischen Maßnahmen erfordert.

Darüber hinaus bietet die Ausweitung der Analyse von der Effizienz und Nachhaltigkeit der landwirtschaftlichen Produktivität auf die Lebensmittelsysteme insgesamt auch die Möglichkeit, Merkmale zu klären und zu fördern, die Synergieeffekte innerhalb des Lebensmittelsystems schaffen können, verstanden als das Netz der Wertschöpfungsketten (d.h. Value Web). Die verbesserte Nutzung großer Datenmengen und die Informationsflüsse können möglicherweise neue und tiefere Erkenntnisse über das Verbraucherverhalten und die Umweltveränderungen ermöglichen.

Bei der Festlegung der Forschungsagenda für ein integriertes Lebensmittelsystem betonte die Akademie-Arbeit Schlüsselaspekte für die Transformation von Lebensmittelsystemen, die die Landwirtschaft, die Kreislaufwirtschaft und die Bioökonomie umfassten (siehe auch Kapitel 7) und beinhaltete Folgendes:

- Agronomische Praxis - Erforschung von Themen für eine nachhaltige Intensivierung, wobei gleichzeitig versucht wird, den Druck auf die natürlichen Ressourcen zu verringern.
- Bekämpfung von Lebensmittelverlusten und -verschwendung, einschließlich der Nutzung von Möglichkeiten in der Lebensmittelwissenschaft und -technologie, zur Verbesserung der Verarbeitung, Verteilung und Lagerung und zur Förderung der Lebensmittelsicherheit.
- Reaktion auf, Information und Steuerung der Verbrauchernachfrage und Festlegung von Gesundheitszielen.
- Verständnis der Märkte und der Determinanten der Instabilität im Handel mit landwirtschaftlichen Rohstoffen.
- Berücksichtigung von Querschnittsthemen, sowohl in Bezug auf Möglichkeiten wie Digitalisierung und Nutzung großer Datensätze als auch auf Herausforderungen. Im Hinblick auf die Herausforderung des Klimawandels ist es notwendig, die Klimabeständigkeit in allen Ernährungssystemen zu bewerten und diese Systeme so umzugestalten, dass ihre Auswirkungen auf die globale Erwärmung gemildert werden (Porter *et al.*, 2017).

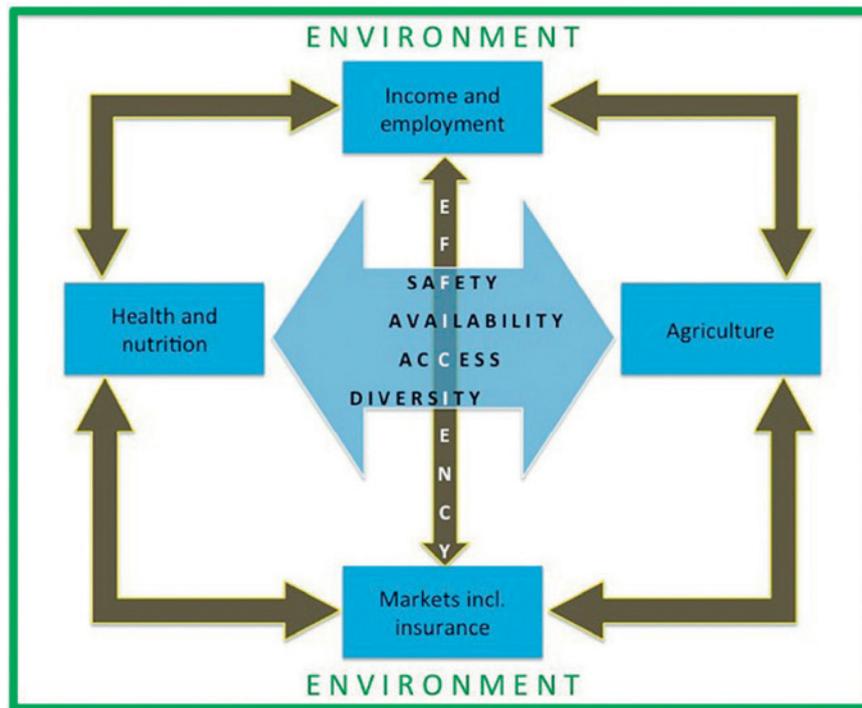


Abbildung 2 Ein aggregierter konzeptioneller Rahmen für die Forschung zu Nahrungsmitteln, Ernährung und Landwirtschaft im Kontext der Ernährungssysteme (von Braun, 2017).

Die Komplexität der Bewertung der integrierten Zusammenhänge zwischen der Politik für Landwirtschaft, Ernährungssysteme, Ernährung und Gesundheit und der Festlegung der Forschungsprioritäten für diese Bereiche und für den Zusammenhang mit dem globalen Umweltwandel wurden in der Literatur umfassend beschrieben (z.B. Kanter *et al.*, 2015; Horton *et al.*, 2017) und sind in Abbildung 2 zusammengefasst.

Weltweit nimmt die Dynamik zu, den Ansatz der Ernährungssysteme zu übernehmen, um Konsum- und Produktionsmuster zusammenzuführen und innerhalb der planetarischen Grenzen zu operieren¹⁰. Jüngste Analysen des Expertengremiums für Ernährungssicherheit und Ernährung des UN-Ausschusses für Welternährungssicherheit (CFS HLPE, 2017) geben eine breite Palette von Empfehlungen zu den Themen Nahrungsmittelversorgungsketten, dem Lebensmittelumfeld (den physischen, wirtschaftlichen, politischen und soziokulturellen Kontext, in dem die Verbraucher mit dem Ernährungssystem in Kontakt kommen) und Verbraucherverhalten. Die meisten dieser HLPE-Empfehlungen konzentrieren sich auf Politik und Praxis, obwohl anerkannt ist, dass der Wandel auch von neuen Forschungen und Technologien und

einem besseren Zugang zu bestehenden Technologien abhängt. Der Bericht des International Resource Panel of the UN Environment Programme (IRP, 2017) fordert, dass globale ressourcenschonende Ernährungssysteme Veränderungen in der Art und Weise berücksichtigen, wie Nahrungsmittel angebaut, geerntet, verarbeitet, gehandelt, transportiert, gelagert, verkauft und konsumiert werden¹¹. Der Bericht deckt auch eine breite Palette spezifischer Maßnahmen ab, die erforderlich sind, unter anderem zur Verringerung von Nahrungsmittelverlusten und -verschwendung, zur Abkehr von ressourcenintensiven Produkten und zur Förderung der Forschungs- und Innovationsagenda.

3.2 Kreislaufwirtschaft und Bioökonomie

Einige der in den Regionalberichten aufgeworfenen spezifischen politischen Fragen können in zwei große strategische Bereiche für Ernährungssysteme im Zusammenhang mit der Kreislaufwirtschaft und der Bioökonomie eingegliedert werden. Wie beispielsweise von IANAS diskutiert, ist die Kreislaufwirtschaft ein Modell zur Reduzierung, Wiederverwendung und zum Recycling in der Produktion. Dies sollte die ökologische und wirtschaftliche Nachhaltigkeit sowie die Wertschöpfung für verarbeitete Nahrungsmittel und andere Produkte, die für

¹⁰ Zum Beispiel das 10YFP-Programm für nachhaltige Ernährungssysteme: <http://web.unep.org/10yfp/programmes/sustainable-food-systems-programme>.

¹¹ Für weitere Einzelheiten zu den Schlüsselstrategien, die in diesem Systemansatz enthalten sind, siehe "Shifts towards resource-smart food systems": <http://www.unep.org/resourcepanel>.

Box 3 Vorgeschlagene vereinheitlichende Prinzipien für eine globale Bioökonomie

1. *Globale Partnerschaften und integrierte Strategie.* Internationale Zusammenarbeit zwischen Regierungen, öffentlichen und privaten Forschern, die für die Optimierung der Ressourcennutzung und den Wissensaustausch unerlässlich ist, z. B. um eine nachhaltige Intensivierung zu unterstützen.
2. *Bewertung der Auswirkungen.* Identifizierung und Entwicklung von Methoden zur Messung der bioökonomischen Entwicklung und des Beitrags zu SDGs. Insbesondere ist die Ernährungssicherheit ein vorrangiges Ziel, und die nationale Überwachung sollte die internationale Dimension einbeziehen, damit ein Land prüft, wie sich seine Praktiken auf andere auswirken könnten.
3. *Kohärente politische Ziele und Umsetzung.* Bioökonomische Initiativen müssen stärker mit multilateralen politischen Prozessen verknüpft werden, insbesondere mit SDGs, COP-Klimadiskussionen und Biodiversitätsabkommen. Für die Koordination sollte ein UN-Gremium für Bioökonomie eingerichtet werden.
4. *Aufbau von Personalressourcen.* Um die für den Aufbau einer Bioökonomie erforderlichen Kenntnisse, Fähigkeiten und Kompetenzen zu definieren, ist eine internationale Zusammenarbeit erforderlich. Dazu gehören auch offene Lernplattformen, die den Austausch von Curricula und Trainingsinhalten ermöglichen.
5. *Lernen von Pfadfinderinitiativen.* F&E-Förderprogramme sollten die globale Zusammenarbeit bei bahnbrechenden Projekten, wie z.B. Ernährungssysteme, nachhaltige Aquakultur, künstliche Photosynthese und Global Governance, fördern.

Quelle: angepasst von El-Chichakli *et al.* (2016).

die Diversifizierung der lokalen Wirtschaft wichtig sind, fördern. EASAC stellte fest, dass erhebliche Möglichkeiten zur Verringerung des Nahrungsmittelverlustes und der Nahrungsmittelverschwendung bestehen, um zu den Zielen der Kreislaufwirtschaft und den Möglichkeiten an der Schnittstelle von Kreislaufwirtschaft und Bioökonomie beizutragen.

Das neu entstehende Konzept der Bioökonomie bietet Möglichkeiten, gesellschaftliche Herausforderungen anzugehen, aber die Messung der Bioökonomie steckt noch in den Kinderschuhen (Wesseler und von Braun, 2017). Forschung ist notwendig, um die bioökonomischen Ressourcen und Produktströme zu verstehen und um internationale Zertifizierungsstandards und Auswirkungen auf den internationalen Handel zu entwickeln. Die Forschung sollte auch das Spektrum der bioökonomischen Möglichkeiten für Entwicklungsländer untersuchen, die sich bisher hauptsächlich auf den Bioenergiesektor konzentriert haben. Wie von IANAS beschrieben, basiert die Bioökonomie auf der intensiven Nutzung des Wissens über biologische Ressourcen, Prozesse und Prinzipien für die nachhaltige Produktion und Umwandlung von Biomasse in Produkte und Dienstleistungen. Dies ermöglicht die Substitution nicht erneuerbarer Ressourcen durch erneuerbare Ressourcen - sowohl terrestrischer als auch mariner Herkunft. Die von IANAS erstellten Länderfallstudien veranschaulichen die starke Betonung der Bioökonomie als Motor für Wertschöpfungsexporte. Wie an den jüngsten Aktivitäten in Europa, Amerika und anderswo ersichtlich, gibt es einen bedeutenden politischen Impuls bei der Entwicklung und Aktualisierung der bioökonomischen Strategien zur Einbeziehung der Landwirtschaft und der Ernährungssysteme.

Die globale Analyse zeigt, dass nationale und regionale Anstrengungen zur Förderung der Bioökonomie für viele der SDGs von zentraler Bedeutung sind (El-Chichakli *et al.*, 2016). *„Aber widersprüchliche nationale Prioritäten erschweren die Angleichung der Bioökonomiepolitik an die SDGs auf globaler Ebene.“* So können beispielsweise Entscheidungen über die Regulierung biobasierter Produkte in der EU Produzenten anderswo behindern, denen die Prüfinfrastruktur für die ökologische Zertifizierung fehlt. Und strenge Vorschriften zur Biopiraterie in einigen Ländern, die auf den Schutz der biologischen Vielfalt und des traditionellen Wissens abzielen, stellen eine Behinderung der internationalen Forschung zur biologischen Vielfalt der Pflanzen dar. Die Analyse (El-Chichakli *et al.*, 2016) legt nahe, dass es fünf vereinheitlichende Prinzipien gibt, die für eine globale Bioökonomie vereinbart werden müssen (Box 3).

3.3 Klimawandel

Die Effizienzsteigerung der Nahrungsmittelsysteme muss unter Berücksichtigung verschiedener Einschränkungen erfolgen (siehe Kapitel 6). Die für die Produktion zur Verfügung stehenden Flächen werden voraussichtlich nicht zunehmen und können aufgrund der unterschiedlichen Anforderungen an Urbanisierung, Naturschutz und Ökologie sowie der Landverluste durch den Anstieg des Meeresspiegels sinken. Es wird Einschränkungen bei der Versorgung mit anderen lebenswichtigen Ressourcen, die von den Ernährungssystemen genutzt werden, insbesondere Energie, Düngemittel und Wasser, geben. Die Herausforderungen werden durch den Klimawandel verschärft, ein globales Risiko in vielerlei Hinsicht¹². Der Klimawandel erhöht die Volatilität im globalen Nahrungsmittelsystem erheblich, wie die Modellierung

¹² Wie sie, zum Beispiel, in der Arbeit des Welternährungsprogramms in der Zeit von COP 23 „How climate change drives hunger“, 15. November 2017, diskutiert wurden: <http://www.wfp.org/content/2017-how-climate-drives-hunger>. Siehe auch Myers *et al.* (2017) für eine Überprüfung der Wege zu den Auswirkungen des Klimawandels auf die Ernährungssysteme und die Ernährungssicherheit.

für die vier wichtigsten Nutzpflanzen Weizen, Mais, Reis und Soja zeigt, und reduziert aufgrund der erhöhten Risiken die Anreize für Investitionen in die Landwirtschaft (Halle *et al.*, 2017).

Alle Regionalberichte behandeln die Herausforderungen des Klimawandels für die Landwirtschaft und das Potenzial für Anpassung und Minderung (siehe auch Kapitel 4 und 5). Maßnahmen gegen den Klimawandel können der Katalysator für die Einleitung anderer Veränderungen zur Verbesserung der Nachhaltigkeit sein. Zu den direkten klimatischen Herausforderungen für die Landwirtschaft gehören unregelmäßige und extreme Wetterereignisse - wie wiederkehrende Dürren und Überschwemmungen - sowie graduelle Temperatur- und Niederschlagsänderungen zusammen mit anderen Belastungen, die durch die zunehmende Häufigkeit und Schwere von Schädlingen und Krankheiten sowie durch Auswirkungen auf Nützlinge, z.B. Insektenbestäuber, verursacht werden.

Die gesundheitlichen Auswirkungen des Klimawandels sind schwerwiegende Probleme und lassen sich im Großen und Ganzen als solche einordnen, die mit den Folgen der Nahrungsmittelversorgung und der Veränderungen der Lebensmittelqualität, des Hitzestresses und der Luftverschmutzung zusammenhängen. Alle diese Auswirkungen betreffen auch das Ernährungssystem (Päpstliche Akademie der Wissenschaften, 2017). Die Modellierung globaler und regionaler Gesundheitsauswirkungen, die sich aus der zukünftigen Nahrungsmittelproduktion unter dem Klimawandel ergeben (Springmann *et al.*, 2016), prognostiziert, dass absolut gesehen die meisten klimabedingten Todesfälle in Südostasien auftreten würden. Dagegen ist keine Region immun. Das intraregionale Spektrum der Schwachstellen wird durch IANAS veranschaulicht - von Kanada, wo Tundragebiete unter dem Einfluss der schnellen Erwärmung stehen, bis hin zu Ländern wie Bolivien und Peru, die unter extremen Ereignissen leiden, darunter Dürren und Überschwemmungen. Die karibischen Länder sind besonders anfällig für viele Auswirkungen des Klimawandels.

Im IANAS-Bericht wurden verschiedene Ansätze zur Stärkung der Widerstandsfähigkeit der Landwirtschaft gegen den Klimawandel untersucht. EASAC betonte, dass die Agenda für Kennzahlen in der Klimaforschung auch die Sozialwissenschaften einbeziehen muss, um beispielsweise das Verhalten von Landwirten und Verbrauchern zu verstehen, denn eine klimaschonende Landwirtschaft erfordert koordinierte Maßnahmen von Forschern, Landwirten, dem Privatsektor, der Zivilgesellschaft und politischen Entscheidungsträgern, um klimaresistente Wege zu identifizieren und einzuführen. Die Steigerung der Leistungsfähigkeit und Widerstandsfähigkeit der Ernährungssysteme

angesichts zunehmender Unsicherheit und Instabilität ist eine Priorität für alle Regionen und erfordert bedeutende Forschung und Innovation, um einen integrierten Ansatz zu unterstützen, der die nachhaltige Nutzung der natürlichen Ressourcen (Kapitel 6), die Verbesserung der Produktivität von Nutzpflanzen und Nutztieren, die Diversifizierung der Lebensgrundlagen und die Bewältigung der Marktvariabilität umfasst. Es gibt besondere Herausforderungen für gemischte Anbausysteme, wie von NASAC diskutiert, und es gibt Wissenslücken darüber, wie die Wechselwirkungen zwischen Pflanzen und Tieren durch den Klimawandel beeinflusst werden können. Die Schließung dieser Wissenslücken und die Bestimmung, wie Politik und Regierungsführung am effektivsten das erforderliche Umfeld schaffen können, erfordert die Erforschung geeigneter biophysikalischer Modelle gemischter Systeme, Ganzflächenmodelle und Szenarien sowie die Identifikation von Maßnahmen zur Analyse des Anpassungserfolgs (Thornton und Herrero, 2015). Der Ansatz des Nahrungsmittelsystems/der Wertschöpfungskette trägt dazu bei, eine kohärente Grundlage für die Untersuchung vielschichtiger Zusammenhänge als Reaktion auf wichtige Treiber der Transformation, wie beispielsweise die Auswirkungen des Klimawandels, zu schaffen. Eine aktuelle Analyse der Global Hunger and Security Initiative der US-Regierung (Fanzo *et al.*, 2017) diskutiert den Zusammenhang zwischen Klimawandel und Ernährung in allen Nahrungsmittelsystemen von der Produktion bis zum Konsum. Die wichtigsten Empfehlungen aus dieser Analyse beschreiben die Bedeutung der Datenerhebung und der Durchführung von Forschungsarbeiten, um eine solide Faktenbasis zur Unterstützung von Maßnahmen zu schaffen und die Auswirkungen dieser Maßnahmen zu bewerten. Unser IAP-Fokus auf die wissenschaftlichen Chancen und Herausforderungen im Zusammenhang mit dem Klimawandel bezieht sich auf die vier Regionalberichte. Fragen der Nahrung und der Ernährung werden in Kapitel 4, landwirtschaftliche Innovationen in Kapitel 5 und Wettbewerb um Ressourcen in Kapitel 6 diskutiert.

Der Rest des vorliegenden Kapitels untersucht einige der anderen, nachgelagerten Aspekte der Nahrungskette und ihrer Umgebung im Kontext der Nahrungsmittelsysteme.

3.4 Nahrungsmittelabfälle und Recycling

Etwa 30% der weltweit produzierten Nahrungsmittel gelten in den verschiedenen Phasen der Produktion, Ernte, Lagerung, Transport, Verarbeitung, Vermarktung und Konsum als verloren. In diesem Bericht verwenden wir die Begriffe "Nahrungsmittelverlust" oder "Nahrungsmittelabfall", um sowohl Verluste als auch Abfälle einzubeziehen. Die Datenbank über Verschwendung und Verluste muss länderübergreifend ausgebaut werden, um globales Lernen zu erleichtern

und gezielte Investitionen zur Risikominderung zu konzipieren. Nahrungsmittelabfälle umfassen eine große Menge an verschwendeten Energie-, Wasser- und Landressourcen. SDG 12.3 zielt auf die Halbierung der Pro-Kopf-Nahrungsmittelverschwendung ab. Es sollte auch anerkannt werden, dass der über den Nährstoffbedarf hinausgehende Verbrauch ebenfalls eine Form von Nahrungsmittelabfall ist, der sowohl Gesundheits- als auch Umweltkosten verursacht (Alexander und Moran, 2017). In den Regionalberichten wurden verschiedene Themen zur Reduzierung von Nahrungsmittelabfällen behandelt, und der Schwerpunkt lag unterschiedlich, wobei sich NASAC beispielsweise auf die relativ frühen Phasen der Ernte und Lagerung von Pflanzen konzentrierte, während IANAS und EASAC Abfälle in Nahrungsmittelsystemen auf der Ebene der Einzelhandelssysteme und des Verbrauchs behandelten¹³.

Nahrungsmittelabfälle sind eine große Herausforderung für die Erreichung von FNS. Die Quantifizierung von Nahrungsmittelabfällen ist ein wesentlicher Bestandteil bei der Erstellung des Food Sustainability Index¹⁴, einem Instrument, mit dem nun Länder bewertet und Lücken in den vorliegenden Daten aufgezeigt werden können (Downs *et al.*, 2017). Wie von EASAC empfohlen, ist es wichtig, zuverlässigere Daten über das Ausmaß der Abfälle in Nahrungsmittelsystemen und die Wirksamkeit von Maßnahmen zu sammeln, um politische Entscheidungen, z.B. über Recycling und Kreislaufwirtschaft, zu treffen. Insgesamt ist es für die Forschungsagenda wichtig, besser zu ermitteln, wo Nahrungsmittel verschwendet werden, Pflanzen mit höherer Resistenz gegen Schädlinge und Krankheiten zu züchten (siehe Kapitel 5), Wege zu erkunden, Nahrungsmittel mit verbesserten Lagermöglichkeiten herzustellen, eine intelligentere Logistik im gesamten Nahrungsmittelsystem zu schaffen und bessere Verwertungs- und Recyclingtechnologien zu entwickeln. Wie von EASAC überprüft (und im nächsten Kapitel weiter diskutiert), bringen die wissenschaftlichen Fortschritte nun auch neue Methoden zur Authentifizierung der Integrität und Rückverfolgbarkeit der Nahrungsmittelversorgungskette mit sich, zum Beispiel Biomarker zur Zertifizierung der Herkunft von Fleischprodukten. Zusätzlich zum Wert dieser Authentifizierung bei der Betrugsbekämpfung wird es Vorteile bei der Reduzierung von Verschwendung geben. Eine verbesserte Qualitätskontrolle hängt

jedoch nicht nur vom technologischen Fortschritt ab. Es muss auch eine bessere Kommunikation zwischen nationalen und internationalen Regulierungsbehörden, Produzenten und Einzelhändlern sowie ein besseres Engagement für die Information der breiten Öffentlichkeit gewährleistet sein.

Der IANAS-Bericht erörterte zwei weitere Strategien zur Verringerung der Verschwendung verderblicher Nahrungsmittel: die Wertschöpfung durch die Verwendung als Rohstoff zur Verarbeitung in andere Produkte und die Abgabe überschüssiger Nahrungsmittel an Tafeln zur Verteilung an gefährdete Bevölkerungsgruppen. Tafeln können als Teil von Lebensmittelsicherheitsnetzen¹⁵ als eine praktische Antwort auf das Problem der hohen Nahrungsmittelabfälle des Einzelhandels angesehen werden, da sie sich auf den Zugang und die Nutzung dessen, was produziert und in den Handel gebracht wurde, konzentrieren, aber das ist nicht ohne Herausforderungen. Tafeln bieten nicht unbedingt ausgewogene Nahrungsmittelooptionen, da sie davon abhängen, was zu einem bestimmten Zeitpunkt verschwendet wird, und sie können als Abschreckungsmittel für lokale Unternehmen und Händler wirken.

Im NASAC-Bericht wurden kostengünstige Lösungen zur Konservierung von Nahrungsmitteln diskutiert, um Abfälle zu reduzieren, die erhebliche Auswirkungen haben können. Um beispielsweise Rüsselkäferlarven, einen Schädling aus Kuhbohnen, zu verhindern, wurde ein Ansatz erfolgreich in Entwicklungsländern zugelassen und verbreitet¹⁶, und diese spezifische Innovation hat weitere private Investitionen in andere innovative Speicherlösungen für Kleinbauern gefördert (siehe Lowenberg-DeBoer und Musa, 2017). Auch in der Lebensmittelindustrie wird die thermische Verarbeitung häufig eingesetzt, um die Haltbarkeit von Produkten zu verlängern, indem Mikroorganismen gehemmt oder inaktiviert werden, aber der Einsatz dieser Technologien wird in Teilen Afrikas durch niedrige Elektrifizierungsraten verzögert. Die Investitionen in die Solarenergie eröffnen nun neue Möglichkeiten in der thermischen Verarbeitung (siehe auch Kapitel 6 für Arbeiten an intelligenten Dörfern). Solche Ideen bieten Unternehmens- und Beschäftigungsmöglichkeiten insbesondere für landlose Menschen und könnten die Beschäftigungsperspektiven für Frauen und Jugendliche erleichtern.

¹³ Die Analyse der Unterschiede bei den Nahrungsmittelabfällen zwischen den Ländern wird ausführlich diskutiert: siehe <http://www.fao.org/platform-food-loss-waste/en/>.

¹⁴ <http://foodsustainability.eiu.com/>.

¹⁵ Die Meta-Analyse der veröffentlichten Erkenntnisse über Sozialschutzmaßnahmen (insbesondere Sozialhilfeprogramme) zeigt, dass sich Sicherheitsnetze sinnvoll auf die Quantität und Qualität der von den Begünstigten konsumierten Nahrungsmittel auswirken, während es praktisch keine Beweise dafür gibt, dass solche Programme eine "Abhängigkeit" schaffen (Hidrobo *et al.*, 2018).

¹⁶ <https://picsnetwork.org/>.

3.5 Lebensmittelverarbeitung

Es gibt Möglichkeiten, den wissenschaftlichen und technischen Fortschritt in der Lebensmittelverarbeitung zu nutzen, um Nahrungsmittelabfälle in den Schritten nach der Produktion zu reduzieren. Es gibt auch viele andere Möglichkeiten, Lebensmittelverarbeitung zu nutzen: um die Nahrungsmittelverteilung zu erweitern, Grundnahrungsmittel anzureichern, die saisonale Verfügbarkeit und Haltbarkeit zu erweitern, die Entwicklung gesunder Nahrungsmittel und eine einfachere Zubereitung von Mahlzeiten, um den Verbraucherverwünschen gerecht zu werden (z.B. Teng *et al.* (2015) bei der Diskussion von Technologiemöglichkeiten in Asien).

Marktforschungsdaten von Euromonitor¹⁷ zeigen, dass sich das Verhältnis der verkauften Nahrungsmittel in vielen Industrieländern von frischen zu verpackten Nahrungsmitteln verschoben hat. So isst das Vereinigte Königreich beispielsweise fast viermal so viel verpackte Nahrungsmittel wie Frischprodukte. Steigender Verbrauch von verarbeiteten Nahrungsmitteln hat erhebliche gesundheitliche Bedenken im Zusammenhang mit einem Rückgang der Nährstoffe und dem Zusatz von Salz, Zucker und Fett aufgeworfen. Es gibt jedoch Möglichkeiten für eine Neuformulierung zur Herstellung gesünderer Produkte. Wie von AASSA diskutiert, ist die lebensmittelverarbeitende Industrie sehr anpassungsfähig und könnte gesunde Fertigprodukte in die Nahrungskette einführen. Es kann sein, dass es Anreize für verarbeitete Nahrungsmittel geben muss, die die gleiche hohe Schmackhaftigkeit und Preisattraktivität aufweisen, aber die Aufnahme ungesunder Inhaltsstoffe (z.B. Transfettsäuren und hochverfügbare Zucker und Stärken) minimieren und mit gesunden Eigenschaften hergestellt werden (siehe Kapitel 4 für weitere Erläuterungen).

Diese Chancen und Herausforderungen für die Lebensmittelverarbeitung treten weltweit auf. NASAC diskutierte wie die Modernisierung der kleinbäuerlichen Landwirtschaft und ihre Integration in schnell wachsende Agrarunternehmensketten Qualitätsnahrungsmittel erzeugen kann, die der sich in den Städten schnell entwickelnden Nachfrage, insbesondere im Hinblick auf mehr Qualität, Verbraucherefreundlichkeit und Sicherheit, entsprechen. Die Erfüllung dieser sich ändernden Verbrauchernachfrage erfordert jedoch erhebliche Investitionen des privaten Sektors. Die Einführung einer neuen Verarbeitungstechnologie impliziert nicht unbedingt ein stärker verarbeitetes Nahrungsmittel im Sinne eines stärker degradierten Nahrungsmittels.

Wie von AASSA diskutiert, sind viele innovative Technologien, wie z.B. die Hochdruckverarbeitung, darauf ausgelegt, die natürlichen Eigenschaften von Nahrungsmitteln zu erhalten. Ein besseres wissenschaftliches Verständnis der Zusammenhänge zwischen Nahrungsmittelstrukturen, Ernährung und Gesundheit (Kapitel 4) kann zu neuen Konzepten der Lebensmittelverarbeitung führen, um die Bewahrung von Nährstoffen und Nahrungsmittelstrukturen zu gewährleisten. Darüber hinaus gibt es viele Möglichkeiten, die Verpackung zu verbessern. Die derzeitigen nicht biologisch abbaubaren Materialien (z.B. Kunststoff) sind mit Umweltzielen nicht zu vereinbaren, und es muss an der Herstellung und Verwendung intelligenter biologisch abbaubarer Materialien geforscht werden, die die Haltbarkeit, Qualität und Sicherheit von Nahrungsmitteln verlängern.

Es besteht ein großes Interesse daran, den Zusammenhang zwischen Lebensmittelwissenschaft, Ingenieurwesen und Technologie sowie Ernährung zu fördern, doch bis vor kurzem waren die Fähigkeiten in Lebensmittelwissenschaft und -technologie der Gefahr ausgesetzt, an den Rand gedrängt zu werden. Die Arbeiten zur Weiterverfolgung des Global Visions-Berichts der International Academy of Food Science and Technology¹⁸ zeigen jedoch, dass der Status der Lebensmittelwissenschaften, -technik und -technologie in den nationalen Lebensmittel- und Gesundheitsstrategien zunehmend an Bedeutung gewinnt. Die Fähigkeiten der Lebensmittelwissenschaft und -technologie sind für die Umsetzung mehrerer SDGs von wesentlicher Bedeutung, z.B. bei der Anpassung an neue Rohstoffe, um die Belastung des Klimas zu verringern. Neue Pflanzensorten können eine höhere Flexibilität der Produktionsketten erfordern. Die Begrenzung anderer Ressourcen erfordert neue Verarbeitungstechniken mit geringerem Wasser- und Energieverbrauch und einen Recyclingansatz, der die Nebenströme der Lebensmittelindustrie nutzen und damit den Abfall reduzieren kann.

3.6 Verständnis der globalen Märkte und Umgang mit deren Volatilität

Der internationale Handel kann zur Verringerung der Ernährungsunsicherheit beitragen, aber das Ausmaß dieser Rolle bleibt Gegenstand einer langjährigen und intensiven Debatte (z.B. IFPRI, 2017b), insbesondere zwischen denen, die eine Selbstversorgung mit Nahrungsmitteln vorschlagen - Einfuhrbeschränkungen zur Unterstützung der lokalen Produktion akzeptieren - und denen, die vorschlagen, Handelshemmnisse zu beseitigen. In den Regionalberichten wurden

¹⁷ www.euromonitor.com.

¹⁸ <https://www.ifst.org/about-policy/ifst-contribution-iufost-global-visions-report>.

tendenziell verschiedene Aspekte von Märkten und Handel hervorgehoben. So diskutierte NASAC beispielsweise Fragen des Kleinbauern-Marktes, und AASSA behandelte intraregionale Handelsfragen (zum Abbau tarifärer und nichttarifärer Handelshemmnisse und zur Bildung kooperativer Freihandelsabkommen), während EASAC und IANAS die globalen Handelsströme abdeckten. IANAS erörterte auch die unbeabsichtigten Folgen von Handelsabkommen für die Erzeuger, z.B. für kleine Maisezeuger in Mexiko, die bei der Liberalisierung des Agrarhandels zwischen den beiden Ländern nicht mit den amerikanischen Maisezeugern konkurrieren konnten.

Wie in den IANAS- und EASAC-Berichten dargelegt, zeigen weltweite Prognosen, dass die geografische Divergenz zwischen Produktion und Verbrauch zunehmen wird. Dementsprechend wird der internationale Handel als Mechanismus zum Ausgleich von Bedarf und Verfügbarkeit immer wichtiger werden. Der Handel mit landwirtschaftlichen Erzeugnissen wurde in der Vergangenheit durch Subventionen und Barrieren für den Marktzugang verzerrt. Einige dieser defensiven Barrieren haben die Ernährungssicherheit in den Importländern weiter beeinträchtigt, indem sie Preissteigerungen und ihre Volatilität verstärken. Aber wie IANAS betonte, ist die Stabilität der Nahrungsmittelpreise in einem globalisierten Markt ein öffentliches Gut, das einen kooperativen Ansatz seitens aller Länder erfordert. IFPRI (2017b) bestätigte den Rat, dass die internationale Gemeinschaft ein globales Handelssystem auf der Grundlage effizienter und transparenter Märkte fördern sollte, das die Regeln der Welthandelsorganisation (WTO) für internationale öffentliche Güter einhält und zur Beseitigung von Handelsverzerrungen beiträgt. Neuere Untersuchungen zeigen, dass der internationale Nahrungsmittelhandel für den Zugang zu Mikronährstoffen wichtig ist (Wood *et al.*, 2018a). Es ist jedoch auch wichtig zu verstehen, dass sich kleinere Länder auf Handelshemmnisse verlassen haben, um die lokale landwirtschaftliche Produktion zu schützen. Weitere Untersuchungen sind erforderlich, um Beweise zu erbringen, die die Optionen in der Entwicklung der Handelspolitik klarstellen.

Die Analyse der Schwachstellen in Schlüsselregionen, wie beispielsweise dem Nahen Osten, Mittelamerika und Subsahara-Afrika (d'Amour *et al.*, 2016), zeigt, dass eine regionenspezifische Kombination aus nationaler Steigerung der landwirtschaftlichen Produktivität und Diversifizierung von Handelspartnern und Ernährungsweise die zukünftigen Risiken der Ernährungssicherheit verringern kann. Die Entwicklung und der Betrieb globaler und regionaler Systeme erfordert eine bessere Beweisgrundlage. Welche Datenerhebung und Forschungsprioritäten sind dann mit der Erreichung dieser Ziele verbunden?

Im Strategieplan für Forschung und Innovation zwischen der EU und Afrika (EU-Africa High Level Policy dialogue on Science, Technology and Innovation, 2016) werden Forschungsprioritäten im Zusammenhang mit einer Reihe miteinander verknüpfter Ziele diskutiert:

- Verständnis nichttarifärer Handelshemmnisse, z.B. die Klärung unterschiedlicher Wahrnehmungen über Nahrungsmittelqualität und Sicherheitsattribute. In seiner Arbeit untersuchte EASAC auch die Forschungsagenda zur Ermittlung davon, was fairer Handel ist, z.B. die Bewertung der Produktkennzeichnung und die Regulierungspolitik als Handelshemmnisse. Es besteht Bedarf zwischen Handelsbeschränkungen, die beispielsweise durch Umweltaspekte und Arbeitsnormen geregelt sind, und solchen, die politisch motiviert sind, zu unterscheiden.
- Zusammenarbeit bei der Entwicklung und weit verbreiteten Anwendung von Methoden für Fragen der Lebensmittelsicherheit und Standardisierung der Rückverfolgbarkeit, um den Handel mit Nahrungsmitteln zu ermöglichen.
- Erläuterung der internationalen Preisvolatilität auf den Märkten, um die Widerstandsfähigkeit des Systems zum Nutzen der Verbraucher und der Agrarunternehmen zu erhöhen. EASAC diskutierte die Forschungsfragen zur Untersuchung der Zusammenhänge zwischen extremen Ereignissen und Preisschwankungen sowie die potenzielle Rolle regulatorischer Politikinstrumente in den Rohstoffmärkten bei der Preisübertragung zwischen den globalen Märkten und den lokalen Nahrungsmittelsystemen. Forschungsschwerpunkte zur Analyse der Preisvolatilität und ihrer Auswirkungen auf die Nahrungsmittelsysteme werden von Kalkuhl *et al.* ausführlich diskutiert (2016). Es besteht auch weiterhin Forschungsbedarf, um den Zusammenhang zwischen individuellen und lokalen Risiken zu ermitteln, um aggregierte und globale Risiken für das System zu verstehen (Cosstick, 2017).
- Förderung neuer Mechanismen in globalen Wertschöpfungsketten, z.B. die Verknüpfung von Kleinbauern mit Märkten und Wertschöpfung als Reaktion auf Marktchancen durch Lebensmittelverarbeitung und -kennzeichnung.

Der EASAC-Bericht überprüfte die Beweise für die Kontroverse darüber, ob und wenn ja, wann zunehmende Handelsströme zu Preisinstabilität führen oder ob sie die Marktbeständigkeit fördern. Die Analyse der Nahrungsmittelpreise wird durch die potenzielle Volatilität der Ölmärkte und die Auswirkungen des Wettbewerbs um die Landnutzung

für Nahrungsmittelpflanzen und Bioenergie zusätzlich erschwert (siehe auch Kapitel 6). Gemäß der EASAC-Empfehlungen sollte die breitere Forschungsagenda für die Märkte daher auf neue Modellierungen und Analysen zurückgreifen (siehe auch den nächsten Abschnitt), Erkenntnisse darüber sammeln, wie Markterschütterungen auftreten und sich ausbreiten und welche Auswirkungen sich daraus ergeben dürften. Ein Aspekt beim Verständnis der Weltmärkte, der nicht im Detail bewertet, sondern in der regionalen Arbeit angesprochen wird, ist die Notwendigkeit, die wirtschaftlichen, ökologischen und sozialen Auswirkungen ausländischer Direktinvestitionen in Grundstücke und andere Produktionsanlagen zu bewerten (siehe auch Kapitel 6). Im Rahmen der Nahrungsmittelsysteme muss die Forschung auch mehr tun, um die Ökonomie der landwirtschaftlichen Produktion als Teil der Bewertung der globalen Marktarchitektur und -dynamik zu verstehen, z.B. die Auswirkungen der Subventionierung von Waren, die den Konsum von adipösen Ernährungsweisen fördern können.

3.7 Verbindungen zu Grundlagenforschung, Digitalisierung und Big Data

Versuche, komplexe Ernährungssysteme zu managen, haben Auswirkungen auf interdisziplinäre und partizipative Forschungspläne. Historisch gesehen sind Forschungsstudien zu Landwirtschaft, Ernährung und öffentlicher Gesundheit nicht darauf ausgerichtet, Probleme anzugehen, die sich auf Umweltveränderungen, Ernährungszusammenhänge und Gesundheitsergebnisse erstrecken (Dangour *et al.*, 2017). Planungen für nachhaltige, gerechte und gesunde Ernährungssysteme erfordern die Integration von Methoden aus verschiedenen wissenschaftlichen Disziplinen, einschließlich der Sozialwissenschaften, um Verbraucherwerte, neue analytische Ansätze und sektorübergreifende Politikanalysen zu verstehen. Es muss auch anerkannt werden, dass der Fortschritt entscheidend von den Anstrengungen in den Grundwissenschaften abhängt, zum Beispiel in den Bereichen Biologie, Chemie, Sozialwissenschaften, Mathematik und Ingenieurwissenschaften, um das Wissen bereitzustellen, das als Grundlage für alle anderen Bemühungen dient.

Der Begriff "Big Data" beschreibt den Einsatz von Techniken zur Erfassung, Verarbeitung, Analyse und Visualisierung potenziell großer Datensätze in einem angemessenen Zeitrahmen. Die Möglichkeit einer disruptiven Datenrevolution in der Agrar- und Nahrungsmittelkette, die durch den rasanten Fortschritt der digitalen und Blockchain-Technologien angeregt wurde, wird im EASAC-Bericht ausführlich diskutiert. Alle IAP-Regionalberichte veranschaulichen die Möglichkeiten zum Aufbau und zur Analyse multisektoraler großer Datenplattformen. Um diese

Chancen zu nutzen, muss viel getan werden, um Datenlücken zu schließen, verbesserte Verfahren für die Datenerhebung, -analyse und -weitergabe zu vereinbaren und gleichzeitig die Probleme des Dateneigentums und der Privatsphäre zu lösen.

Auch bei der Validierung und Verifizierung von Daten, bei der Verwendung gemeinsamer Standards, Algorithmen und Protokolle zur Datenanalyse und -verknüpfung, insbesondere aus unterschiedlichen Quellen (Burke und Lovell, 2017; Jean *et al.*, 2016), sowie bei den Anforderungen an den Datenschutz bei der Weitergabe und Nutzung von Daten sind wichtige Fragen zu klären. Es gibt eine weitere Dimension im Cloud Computing, die eine Massenbeschaffung und aktive Beteiligung der Bürger an der gegenseitigen Rechenschaftspflicht und die Bereitstellung von hochgradig disaggregierten Geo-Referenzdaten ermöglicht und eine wichtige Rolle zu spielen beginnt, z.B. bei der Überwachung des Klimawandels und der Krankheitsbilder sowie bei der Information der Frühwarnsysteme. Die Kommunikationswissenschaft bietet zudem Möglichkeiten zur Verbesserung der Systeme für den Wissensaustausch auf allen Ebenen. In diesem und anderen Kontexten ist es wichtig, darauf hinzuweisen, dass es angesichts der zunehmenden Aktivität des Privatsektors bei der Erhebung großer Datenmengen immer wichtiger wird, Mechanismen zu finden, die den Zugang des öffentlichen Sektors zu kritischen Informationen gewährleisten. Vorbehaltlich der Fortschritte bei der Lösung von Fragen der Standardisierung und des Austauschs gibt es erhebliche Möglichkeiten für sektorübergreifende Analysen mit Hilfe verschiedener Datenbanken. Große Datenmengen können auch zu einem nützlichen Instrument werden, mit dem die gesellschaftlichen Auswirkungen der Wissenschaft gemessen und auditiert werden können.

Wie von NASAC überprüft, wird das Potenzial, große Datenmengen, Muster, Trends und Assoziationen aufzudecken, bei großen Aufgaben wie der Weiterentwicklung der SDGs sehr nützlich sein. Es gibt auch viele spezifische Aufgaben, die uns ebenfalls erleichtert werden, z.B. Risikoerkennung, Planung von Logistikprogrammen, Preisvergleiche, Krankheitsvorhersage und Verbesserung der Gesundheitsmanagementsysteme. In einer anderen Analyse Afrikas zeigt beispielsweise ein Datensatz, der Landnutzungs- und Produktionsdaten von mehr als 13.000 Kleinbauernhaushalten in 17 Ländern umfasst, wie wichtig es ist, die Armut durch verbesserten Marktzugang und Möglichkeiten außerhalb der Landwirtschaft zu bekämpfen (Frelat *et al.*, 2016): *"Große Datensätze können verwendet werden, um generische Muster zu identifizieren, die zur Priorisierung von Politiken verwendet werden können, trotz der großen Vielfalt der Systeme der Kleinbauern ..."*

Weitere Beispiele aus NASAC- und anderen Berichten werden in Kapitel 5 für die Präzisionslandwirtschaft diskutiert. Ein weiteres Beispiel wird hier als relevant für die vorangegangene Diskussion über Märkte und Volatilität aufgenommen. Der EASAC-Bericht weist darauf hin, wie wichtig es ist, die Datenerhebung über die Handelsströme und -preise landwirtschaftlicher Rohstoffe zu verbessern, begleitet von der Modellierung

von Datenbanken zur Information der globalen Regierungsführung und des Risikomanagements. Das Agrarmarktinformationssystem¹⁹ wurde auf Wunsch der Agrarminister der G20 eingerichtet, und auch die Weltbank und andere schaffen derzeit Frühwarnsysteme, die auf einer verbesserten Modellierung basieren, um die Märkte berechenbarer zu machen.

¹⁹ www.amis-outlook.org.

4 Veränderung des Nahrungskonsums für verbesserte Ernährung und öffentliche Gesundheit

„Die Ernährungs- und Gesundheitswissenschaften spielen eine wichtige Rolle bei der Definition gesunder Ernährung, und die Verhaltens- und Sozialwissenschaften spielen eine wichtige Rolle, um ein besseres Verständnis der Motivationsfaktoren für die Aufnahme gesunder Ernährung zu ermöglichen.“
AASSA

Wie in Kapitel 1 (und [Anhang 2](#)) besprochen, hat die Arbeit von FAO, WHO, IFPRI und anderen beschrieben, wie die Bekämpfung der Ernährungsweise für die Erreichung der SDGs und anderer gesellschaftlicher Prioritäten von zentraler Bedeutung ist, warnt aber davor, dass die Welt derzeit nicht auf dem richtigen Weg ist, um die vereinbarten globalen Ziele zu erreichen. Steigende Gesundheitskosten in vielen Ländern, die mit einer schlechten Ernährung verbunden sind, werden wahrscheinlich weitere Eingriffe auslösen, um die Ernährungspräferenzen zu verändern.

Bei der Umgestaltung der Ernährung muss noch viel mehr getan werden, um die Auswirkungen der aktuellen Politik und Programme zu bewerten (Haddad, 2015), einschließlich: Bewertung der relativen Auswirkungen strategischer Initiativen in verschiedenen Ländern; Verständnis der kritischen Fragen bei der Gestaltung politischer Optionen; Überwachung des Return on Investment für verschiedene Aktionen; und Klärung der Schnittstelle zu anderen gesellschaftlichen Prioritäten, insbesondere zum Klimawandel. Wie im jüngsten Bericht des hochrangigen Expertengremiums für Ernährungssicherheit und Ernährung des UN-Ausschusses für Welternährungssicherheit (CFS HLPE, (2017)) hervorgehoben, gibt es mehrere Bedürfnisse, die bei der Verfolgung von Ernährungszielen erfüllt werden müssen, darunter die Stärkung der Integration von Ernährung in die nationale Politik, die Stärkung der globalen Zusammenarbeit, die Bewältigung ernährungsbedingter Schwachstellen bestimmter Gruppen, die Anerkennung und Behandlung von Interessenkonflikten sowie die Verbesserung der Datenerfassung und des Wissensaustauschs.

Es gibt eine bedeutende Forschungsagenda, die mit der Entwicklung und Umsetzung der Möglichkeiten zur Umwandlung von Ernährungsweisen in bessere Ernährungsergebnisse und öffentliche Gesundheit verbunden ist (z.B. Haddad *et al.* (2016) und andere Quellen in [Anhang 2](#)). Das vorliegende Kapitel stützt sich auf einige der spezifischen Themen, die in den vier Regionalberichten behandelt wurden, um globale Prioritäten hervorzuheben, insbesondere die Notwendigkeit, die Grundlagenforschung

zu unterstützen und ihre Ergebnisse zur Innovationsförderung zu nutzen.

4.1 Fragen im Zusammenhang mit Fehlernährung und der Definition einer gesunden und nachhaltigen Ernährung

Alle vier regionalen Berichte decken das Spektrum der Fehlernährung ab und befassen sich mit Unterernährung, Mikronährstoffmangel, Übergewicht und Adipositas. In den Regionalberichten werden auch die relevanten demografischen Veränderungen, insbesondere das Bevölkerungswachstum und die Alterung (einschließlich der Alterung in den Bereichen Landwirtschaft und Agrarwissenschaften), diskutiert. Natürlich gibt es große Unterschiede in der Häufigkeit von Unterernährung und Mikronährstoffmangel innerhalb und zwischen den Regionen, insbesondere in Teilen Afrikas, Asiens und der Karibik im Vergleich zu anderen Regionen, wie NASAC, AASSA und IANAS ausführlich dokumentieren. Auch bei der Fortschrittsrate gibt es erhebliche Unterschiede: siehe Abbildungen 3 und 4 (die die Verschlechterung innerhalb des vergangenen Jahres in einigen Punkten nicht berücksichtigen, siehe Kapitel 1).

In der länderbezogenen Bewertung der Fortschritte bei gesundheitsbezogenen SDGs (GBD 2016 SDG Collaboration, 2017) wurden drei Indikatoren für die Überwachung von SDG2 (Zero Hunger) ausgewählt: Unterentwicklung bei Kindern, Untergewicht bei Kindern und Übergewicht bei Kindern. In dieser Referenz finden Sie eine detaillierte Analyse der aktuellen Leistung dieser Indikatoren und die prognostizierten Ergebnisse im Jahr 2030. Wir werden diese Analyse hier nicht wiederholen (siehe aber den nächsten Abschnitt zu den Auswirkungen von Übergewicht bei Kindern).

Wie von NASAC hervorgehoben und in allen Berichten diskutiert, hat sich die Ernährungssicherheitspolitik und die Überwachung und Bewertung auf nationaler, regionaler und globaler Ebene zu lange auf die Lieferung von Grundnahrungsmitteln konzentriert. Dieser Schwerpunkt muss auf die ganzjährige Versorgung mit anderen Nahrungsmitteln ausgedehnt werden, die für die Deckung des Nährstoffbedarfs unerlässlich sind. Um dieses Ziel zu erreichen, müssen die Lebensmittelsysteme mit einer umfassenden Ernährungspolitik transformiert werden (Malabo Montpellier Panel, 2017), um den Nährwert von Nahrungsmitteln zu erschwinglichen Preisen zu steigern, die für den Lebensunterhalt und die Umwelt nachhaltig

sind, mit zahlreichen Vorteilen für Verbraucher und Erzeuger. EASAC bemerkte, dass die Ernährungspolitik hinter der Ernährungswissenschaft zurückbleibt. Der hohe Wert einer verbesserten Ernährung für die Gesellschaft sollte durch politische Anpassungen unterstützt werden, um eine Vereinbarkeit von Ernährung, Verbrauchergesundheit und wirtschaftlichen Zielen für Landwirte und Lebensmittelhersteller zu schaffen.

Bei der Planung von FNS ist es eine Voraussetzung, definieren zu können, was gesunde Ernährung ist. Die Wahrnehmung dessen, was eine gesunde Ernährung ist, ändert sich jedoch. Es wird nun betont, dass eine gesunde Ernährung auch nachhaltig sein muss, dass sich der Nährstoffbedarf über die Lebensdauer ändert und dass die Wirkung vom Einzelnen abhängt (z.B. durch Einflüsse des Immunsystems und genetische Variabilität). Ansichten über die Evidenz von Komponenten der gesunden Ernährung haben sich verändert; zum Beispiel haben jüngste Veröffentlichungen die Rolle von Kohlenhydraten und Fetten beim Risiko von Herz-Kreislauf-Erkrankungen untersucht, manchmal mit widersprüchlichen Interpretationen der Befunde (Dehghan *et al.*, 2017). Wie von AASSA besprochen, wird die Akkumulation von Wissen über die ernährungsphysiologischen und sonstigen Auswirkungen von Nahrungsmitteln nach und nach dazu beitragen, zu klären, was unter dem Begriff "gesunde Ernährung" zu verstehen ist. Allerdings sind globale Verbesserungen an den Methoden zur Bewertung und Synthese verschiedener Befunde und Güteempfehlungen in den Ernährungsrichtlinien erforderlich (Bero, 2017). Es ist auch notwendig, die

geäußerten Bedenken (Bero, 2017) zu einer möglichen Verzerrung der Forschungsagenda zu berücksichtigen, die mit den Interessen derjenigen verbunden ist, die die Forschung über Ernährungsauswirkungen finanzieren.

Zukünftige Ernährungsempfehlungen müssen auch die gesellschaftlichen Werte in Bezug auf verschiedene Aspekte wie Tierschutz, Bodennutzung, Ethik, kulturelle Vorlieben und die Wahrnehmung der mit neuen Technologien verbundenen Risiken berücksichtigen. Die Planung für FNS erfordert die Bereitstellung einer breiten Palette kulturell akzeptabler Nahrungsmittelarten, was Auswirkungen auf die Landwirtschaft hat. Neben der Gesundheit und der kulturellen Akzeptanz ist es jetzt auch von entscheidender Bedeutung, dass eine Ernährung umweltverträglich ist, wie im Folgenden erläutert. Wie AASSA warnte, ist es jedoch auch schwierig zu definieren, was eine nachhaltige Ernährung in der Praxis bedeutet. Die Messung nachhaltiger Anbausysteme und Diäten erfordert evidenzbasierte Metriken.

Die dringenden Herausforderungen für die Verbesserung der FNS wurden in Kapitel 1 vorgestellt. In allen vier Regionalberichten werden die spezifischen Probleme der Unterernährung und der Mikronährstoffdefizite sowie die Ansätze ausführlich diskutiert, um diese Probleme anzugehen, einschließlich beispielsweise der Bioanreicherung und der Entfernung von Anti-Nährstoff-Verbindungen wie Phytaten und Oxalaten. Die Evidenzbasis zur Bekämpfung von Unterernährung und Mikronährstoffmangel ist relativ gut etabliert (siehe z.B. Anhang 2 und Abbildungen 3 und 4) und der Politik bekannt. Es gibt weniger Belege für die Determinanten

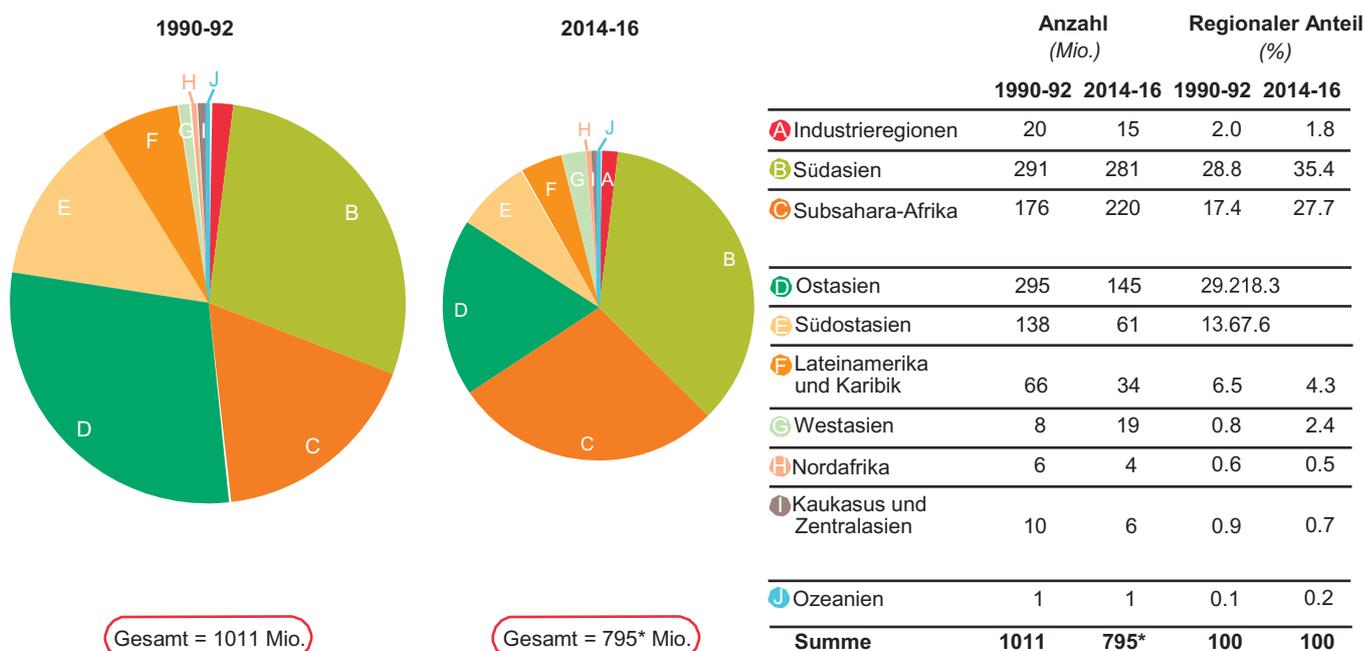


Abbildung 3 Zahl und Anteil unterernährter Menschen nach Regionen, 1990-1992 und 2014-2016. (Quelle: FAO, *The State of Food Insecurity in the World*: <http://www.fao.org/3/a-i4646e.pdf>.)

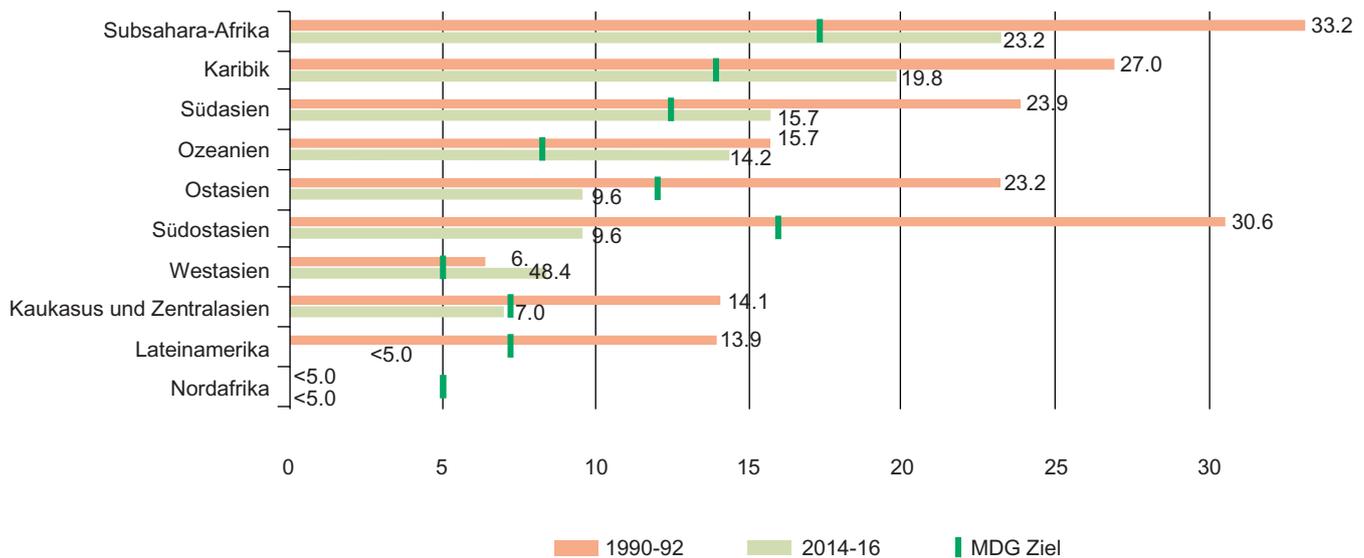


Abbildung 4 Entwicklung der Unterernährung: Fortschritte in allen Regionen, jedoch mit sehr unterschiedlichen Raten. MDG, Millennium Development Goal. (Quelle: FAO, *The State of Food Insecurity in the World*: <http://www.fao.org/3/a-i4646e.pdf>.)

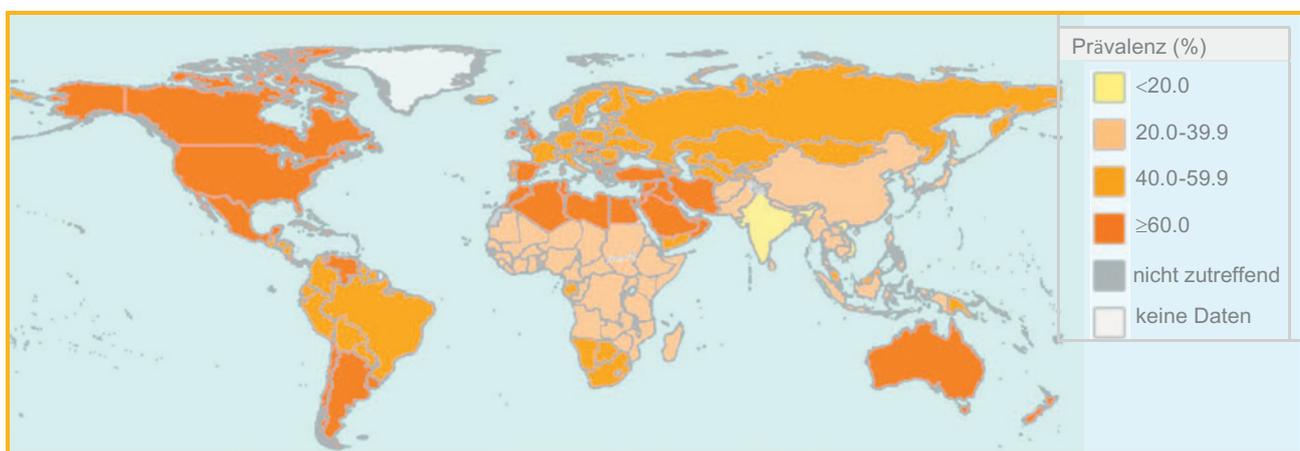


Abbildung 5 Prävalenz von Übergewicht bei Erwachsenen im Alter von 18 + (2016). (Quelle: WHO Global Health Observatory on Overweight and Adipositas: http://www.who.int/gho/ncd/risk_factors/overweight/en/.)

von Übergewicht und Adipositas und für die Art und Weise, wie man diese Erkrankungen angeht und eine optimale altersgerechte Ernährung gewährleistet.

4.2 Übergewicht und Fettleibigkeit

Übergewicht und Fettleibigkeit sind das Ergebnis einer übermäßigen Nahrungsaufnahme oder einer unausgewogenen Nahrungsaufnahme, insbesondere des Verzehrs von zu viel Energie aus der Nahrung (und des Mangels an ausreichender körperlicher Bewegung), ohne notwendigerweise eine ausreichende Aufnahme aller anderen Nährstoffe zu haben. Der übermäßige Energieverbrauch ist ein komplexes Phänomen und wird insbesondere in den Berichten von AASSA und EASAC näher erläutert. NASAC stellte fest, dass Übergewicht eine Folge von Armut und anderen Formen der Entbehrung sein kann. Die von IANAS aus mehreren Ländern Amerikas diskutierten Erkenntnisse zeigen, dass eine Verringerung von Armut und Unter-

ernährung in den letzten zehn Jahren mit einer Zunahme von Fettleibigkeit verbunden war. Daher ist die Armutsbekämpfung eine notwendige, aber nicht ausreichende Voraussetzung für eine angemessene und gesunde Ernährung. Detaillierte Daten zur Prävalenz von Übergewicht und Fettleibigkeit werden von der WHO veröffentlicht (siehe z.B. Abbildung 5).

Einige Untersuchungen deuten darauf hin, dass die Häufigkeit von Fettleibigkeit mit der breiten Verfügbarkeit von verarbeiteten Nahrungsmitteln zusammenhängt, obwohl andere Untersuchungen einen geringeren Zusammenhang zwischen Verbrauch von verarbeiteten Nahrungsmitteln und Körpergewicht feststellen (z.B. die britische Querschnittsstudie (Adams and White, 2015)). Die Längsschnittforschung muss diese Zusammenhänge weiter untersuchen. Nahrungsmittel, die reich an Einfachzucker und leicht verdaulichen Kohlenhydraten sind, sind oft billiger als andere Nahrungsmittel, so dass die Armen besonders

anfällig sind. Beispielsweise kam die Erforschung von Trends zur Erschwinglichkeit von zuckergesüßten Getränken (im Zeitraum 1990-2016, Daten aus 82 Ländern) zu dem Schluss, dass die Erschwinglichkeit in Ländern mit niedrigem bis mittlerem Einkommen schneller zunahm (Blecher *et al.*, 2017). EASAC empfahl, die widernatürlichen Preisanreize für die Einnahme kalorienreicher Nahrung zu beseitigen und neue Anreize für eine gesunde Ernährung zu schaffen. Es bedarf weiterer Forschung, um die Reaktionen der Ernährungssysteme auf die Erhöhung der Haushaltseinkommen zu untersuchen, das Verbraucherverhalten zu verstehen und zu verstehen, wie der Verbrauch beeinflusst werden kann, um die Nachfrage nach nahrhaften Nahrungsmitteln zu erhöhen. Wie an anderer Stelle besprochen (Anon., 2017b) können es sich Systeme nicht leisten, die Verantwortung auf den Einzelnen zu übertragen, um langfristige Veränderungen zu veranlassen. Regierungen müssen Unternehmen dazu anregen, Nahrungsmittel zu vermarkten, die mit einer gesunden und nachhaltigen Ernährung vereinbar sind²⁰. Da die Hauptziele der Lebensmittelindustrie (Maximierung des Shareholder Value) und der öffentlichen Gesundheit (Maximierung der Gesundheit und Minimierung gesundheitlicher Ungleichheit) oft schlecht aufeinander abgestimmt sind, muss mehr getan werden, um sicherzustellen, dass die Lebensmittelindustrie die Gesundheit als Kernwert hat (Cosstick, 2017).

Es ist besonders besorgniserregend, dass weniger als 5% der Länder weltweit voraussichtlich die Ziele für das Übergewicht bei Kindern erreichen werden (GBD 2016 SDG Collaborators, 2017), da die Tendenz zur Fortsetzung der Fettleibigkeit bis ins Erwachsenenalter besteht. Wie von AASSA und IANAS festgestellt, ist es wahrscheinlich, dass der Beginn von Übergewicht in der Kindheit auf lange Sicht Probleme für die Gesundheit verursachen wird, es sei denn, ihr Management wird verbessert. Das Gesundheitsverhalten ist durch die adipöse Umwelt geprägt, aber es sind bessere Nachweise dafür erforderlich, welche Maßnahmen zur Verhinderung und Umkehrung von Übergewicht greifen und was für Kinder und Erwachsene besonders relevant ist. Darüber hinaus spiegeln Standardwerkzeuge zum Messen von Übergewicht (Body-Mass-Index) nicht unbedingt das Risiko für NCDs, insbesondere bei Kindern, wider. Die Forschungsagenda sollte die Suche nach neuen Indikatoren für das Krankheitsrisiko umfassen. Mikronährstoffdefizite während der

Schwangerschaft können einen starken Einfluss auf NCDs im späteren Leben haben (Gernand *et al.*, 2016), möglicherweise durch eine Auswirkung auf das Epigenom. Daher wird es notwendig sein, sowohl die Mikronährstoff- als auch die Energieaufnahme zu berücksichtigen. Darüber hinaus eröffnen die personalisierte Medizin und die personalisierte Ernährung potenziell Möglichkeiten, die Grenzen zu allgemeinen Empfehlungen zu überwinden.

4.3 Schwankungen in den Populationsuntergruppen

Bei der Prüfung von Fragen für die Bereitstellung einer gesunden Ernährung, um das gesamte Spektrum der Fehlernährung abzudecken, kann die Modellierung der Ernährung und Lebensmittelversorgung auf einer nationalen Ebene einen validen Ausgangspunkt bilden, aber es gibt oft große lokale Unterschiede und die Bedürfnisse spezifischer Bevölkerungsteile müssen ebenfalls geklärt werden. Es gibt besondere Probleme für gefährdete Gruppen wie Kinder (wo eine gesunde, abwechslungsreiche Ernährung in den ersten 1.000 Tagen nach der Empfängnis besonders wichtig ist, auch für die kognitive Entwicklung, die die Grundlage für zukünftiges Verhalten sein wird) und für die Mutter während der Schwangerschaft, ältere Menschen, Patienten und Migranten. Wie von EASAC diskutiert, erfordert die Berücksichtigung dieser gefährdeten Gruppen disziplinübergreifende Forschung zum besseren Verständnis des Ernährungsbedarfs zusammen mit systematischer, longitudinaler Datenerhebung, um belastbare Erkenntnisse über das Ausmaß der Fehlernährung bei gefährdeten Gruppen zu gewinnen. Diese Auswirkungen sind oft schlecht quantifiziert, die derzeit verfügbaren Informationen sind oft veraltet und die Versuche zur Bekämpfung der Fehlernährung in gefährdeten Gruppen sind daher oft nicht stark evidenzbasiert.

Weitere Informationen werden in den Regionalberichten diskutiert. Eine Gruppe wird hier hervorgehoben, die älteren Menschen²¹. Die Alterung vieler Bevölkerungsgruppen, die am unmittelbarsten in einigen asiatischen und europäischen Ländern bevorsteht, hat erhebliche Auswirkungen auf den künftigen Ernährungsbedarf in diesen Ländern. Ältere Menschen benötigen möglicherweise mehr energieintensive Nahrung (wegen des verminderten Appetits) und größere Mengen an höherwertigen Nahrungsproteinen,

²⁰ So zeigt beispielsweise ein kürzlich von der WHO Europa erstelltes Politikbriefing "Incentives and disincentives for reducing sugar in manufactured foods" (http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0004/355972/Sugar_Report_eng.pdf) auf der Grundlage einer Analyse der Nahrungsmittelversorgungskette, wie Regierungen Strategien zur Reduzierung des Zuckergehalts durch Anreize/Abschreckungsmaßnahmen für Fertiggerichte und den Einzelhandel entwickeln können. Eine weitere Diskussion verschiedener politischer Interventionen (z.B. Steuern, Subventionen, Handelsabkommen) zur Verbesserung der Ernährung ist in der umfassenden Literaturübersicht von Hyseni *et al.* (2017) enthalten.

²¹ Weltweit altert die Bevölkerung schnell. Zwischen 2015 und 2050 wird sich der Anteil der Weltbevölkerung über 60 Jahre von 12% auf 22% nahezu verdoppeln: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs381/en/>.

um die Auswirkungen des Muskelabbaus im Körper mit dem Alter abzumildern, die mit einer Beeinträchtigung der Gesundheit und der körperlichen Leistungsfähigkeit im Allgemeinen verbunden sind²².

Informationen über andere demografische Veränderungen werden auch in den Regionalberichten weiter diskutiert. Eine Gruppe wird hier hervorgehoben, die Mittelschicht. Eine expandierende Mittelschicht in den meisten Ländern bringt eine zunehmende Nachfrage nach höherwertigen Nahrungsmitteln wie Fleisch, Milchprodukten, Eiern, Fisch, Nüssen und Obst. Nach CFS HLPE-Daten beziehen drei Viertel der Weltbevölkerung derzeit den größten Teil ihres täglichen Proteins aus Pflanzen, aber aufgrund der Trends bei der Einkommenssteigerung wird prognostiziert, dass die Nachfrage nach globaler Fleisch- und Milchproduktion weiter steigen wird. Gleichzeitig werden ernährungsphysiologische Umstellungen im Zusammenhang mit anderen demografischen Veränderungen, wie z.B. der Urbanisierung, zu einer steigenden Nachfrage nach verarbeiteten Nahrungsmitteln führen (siehe Kapitel 3). AASSA und NASAC diskutierten die Folgen für den Ersatz lokal angebaute Nahrungsmittel (oft grobes Getreide) durch verarbeitete Nahrungsmittel, die kalorienreicher und ein Risikofaktor für Übergewicht und Fettleibigkeit sind.

4.4 Erforschung der Vorteile von Ernährungsumstellung für den Klimaschutz

Fragen zu den Auswirkungen des Klimawandels auf die Landwirtschaft und die Ernährungssysteme wurden in Kapitel 3 vorgestellt und werden in Kapitel 5 weiter diskutiert. Es kann jedoch auch erhebliche Möglichkeiten geben, den Beitrag von Nahrungsmittelsystemen zur Produktion von Treibhausgasen (THG) und zum Klimawandel zu mindern, indem der übermäßige Verbrauch von Nahrungsmitteln verringert und spezifische Veränderungen der Ernährungsgewohnheiten vorgenommen werden. Während es jedoch eine zunehmende Evidenzgrundlage für die Auswirkungen der Landwirtschaft auf die Treibhausgasemissionen gibt, sind die Auswirkungen auf die Anpassung der Ernährung umstrittener.

Eine systematische Überprüfung (Aleksandrowicz *et al.*, 2016) der Erkenntnisse über Veränderungen der Treibhausgasemissionen und der Land- und Wassernutzung, die durch die Umstellung der derzeitigen westlichen Nahrungsaufnahme auf umweltverträgliche Ernährungsmuster erreicht wurden, zeigte, dass die Verringerung des ökologischen

Fußabdrucks im Allgemeinen proportional zum Ausmaß der tierbezogenen Lebensmittelbeschränkung war. Diese Ernährungsumstellungen brachten auch nur geringe Vorteile bei der Gesamtsterblichkeit. Trends im Konsum von Rindfleisch und anderen Widerkäuern in verschiedenen Regionen wurden kürzlich als Teil des Indikatorensetzes zur Überwachung des Klimawandels und seiner Eindämmung veröffentlicht (Watts *et al.*, 2017). Eine umfassende Analyse der epidemiologischen Beweise (Etemadi *et al.*, 2017) hat gezeigt, dass das Risiko der Gesamtmortalität mit rotem, aber nicht mit weißem Fleisch verbunden ist. Die veröffentlichte Literatur über spezifische gesundheitliche Auswirkungen des Verzehrs von rotem Fleisch, z.B. bei Darmkrebs, war jedoch manchmal widersprüchlich (z.B. Lin *et al.*, 2004; Alexander und Cushing, 2011), und es muss zwischen rotem Fleisch und geräuchertem rotem Fleisch unterschieden werden.

Die mit der Umstellung der Ernährung verbundenen Fragen, insbesondere zum Fleischkonsum, werden im Detail im Rahmen des Chatham House Berichts (Wellesley *et al.*, 2015) diskutiert. Weitere Untersuchungen über den gesundheitlichen Mitnutzen der Eindämmung des Klimawandels durch Ernährungsumstellung, insbesondere in Europa, werden im EASAC-Bericht erörtert. Eine aktuelle Studie in Indien (Vetter *et al.*, 2017), die die Treibhausgasemissionen wichtiger Nutzpflanzen und Nutztiere vergleicht, bietet weitere Unterstützung für die Möglichkeit, dass eine Änderung der Ernährungs- und Agrarproduktionsentscheidungen einen signifikanten Einfluss auf die Treibhausgasemissionen haben könnte. Es ist wichtig, mehr zu tun, um Beweise für diese Synergien und alle unbeabsichtigten Folgen als Indikator für die gesellschaftlichen Auswirkungen des Klimawandels und seine Minderung zu sammeln.

Die Erhebung von Treibhausgassteuern auf bestimmte Nahrungsmittel könnte in vielen Ländern eine gesundheitsfördernde Klimapolitik sein (Springmann *et al.*, 2017). Die Verschonung von Nahrungsmittelgruppen, von denen bekannt ist, dass sie für die Gesundheit von Vorteil sind, indem man einen Teil der Steuereinnahmen für die Gesundheitsförderung verwendet, könnte gefährdeten Gruppen helfen und gleichzeitig könnte man die allgemeinen Veränderungen hin zu einer ökologisch nachhaltigeren Ernährung erreichen. Vorgeschlagene Steuersysteme (z.B. für rotes Fleisch) werden im EASAC-Bericht weiter diskutiert, aber die Bewertung der makroökonomischen und anderen Folgen ist schwierig. Weitere Forschungsarbeiten sind auch erforderlich, um andere Auswirkungen von Ernährungsumstellungen und mögliche Kompromisse im

²² Es gibt auch besondere Fragen zur Ernährung und kognitiven Funktion im Alter, und Forschungslücken wurden in der Literatur ausführlich diskutiert (z.B. Vauzour *et al.*, 2017). Generell gibt es Möglichkeiten, die Entwicklung neuer Nahrungsmittel mit funktionellem Gesundheitsnutzen gezielt auf die Bedürfnisse älterer Verbraucher auszurichten (siehe Baugreet *et al.*, 2017).

Hinblick auf den Klimaschutz und natürliche Ressourcen (z.B. Wassernutzung (Muller und Schafer, 2017)) zu klären.

AASSA stellte fest, dass Forderungen nach Änderungen bei den Haltungssystemen (z.B. Verringerung der Tierproduktion) oft zu einfach und eindimensional sind. Es ist wichtig, dass alle interaktiven Elemente von Nahrungsmittelsystemen bewertet werden, dass Untersuchungen evidenzbasiert geführt werden, dass die Beweise im richtigen Kontext angewendet werden und dass die Schlussfolgerungen neu bewertet werden, wenn neue Beweise vorliegen (z.B. wenn Verbesserungen bei der Futtermittelleffizienz erzielt werden sollten (Mottet *et al.*, 2017)). Bei der Ableitung von Schlussfolgerungen über die Zukunft der Tierproduktion sind neben den Treibhausgasemissionen und der biologischen Effizienz der Produktion auch Überlegungen wie die Art der Tiere, die Gesundheits-/ Nährstoffmerkmale tierischer Nahrungsmittel, andere Produkte von Tieren (insbesondere Haare, Wolle, Leder, Zugkraft, Gülle und Transport) und alternative Landnutzung wichtig. So kommt beispielsweise die jüngste Analyse von Milchprodukten in Bezug auf vier Nachhaltigkeitsbereiche - Ernährung, Wirtschaft, Gesellschaft und Umwelt - zu dem Schluss, dass ein Kompromiss zwischen Nährstoffdichte und Umweltauflagen gefunden werden muss (Drewnowski, 2017). Nachhaltige Ernährung ist das Ergebnis nachhaltiger Ernährungssysteme und wird von Land zu Land unterschiedlich sein.

Die Regionalberichte nahmen unterschiedliche Perspektiven auf, was eine nachhaltige Ernährung sein könnte. Zum Beispiel die von AASSA überprüften Erkenntnisse zeigten, dass die Effizienz der Tierproduktion von einer wettbewerbsfähigen Landnutzung abhängt (große Weideflächen sind möglicherweise nicht für eine andere landwirtschaftliche Nutzung geeignet). Nahrungsmittel von Tieren sind von hoher Proteinqualität und liefern relativ große Mengen an essentiellen Mineralien und Vitaminen, was zusammen mit ihren organoleptischen Eigenschaften erklärt, warum die Verbraucher solche Produkte verlangen, wenn ihr Einkommen steigt. Diese Lebensmittel sind unerlässlich für die Behebung von Nährstoffmängeln bei Kindern aufgrund der Nährstoffdichte dieser Lebensmittel. Bei einer Verringerung der Fleischaufnahme in einigen Gruppen kann es aufgrund der geringeren Bioverfügbarkeit von Eisen aus anderen Quellen zu einer besonderen Besorgnis hinsichtlich eines zunehmenden Eisenmangels kommen. Der AASSA-Bericht stellte auch fest, dass es in jüngster Zeit Fortschritte bei den Methoden zur Beschreibung der Proteinqualität gegeben hat, die zu einer Neuausrichtung der Annahmen über den aktuellen Stand der Ernährungssicherheit in einigen Ländern führen können, und dass diese Neuausrichtung

Auswirkungen auf die Ernährungsempfehlungen haben kann (Rutherford *et al.*, 2012).

Wie EASAC abschließend feststellte, sind weitere Anstrengungen erforderlich, um zu klären, inwieweit es eine Diskrepanz zwischen der Erreichung der COP 21-Ziele in Bezug auf die Verringerung des Verbrauchs an tierischen Produkten zur Eindämmung des Klimawandels und den Empfehlungen für eine gesunde Ernährung im Einklang mit den in den SDGs festgelegten Zielen gibt. Gleichzeitig lohnen sich Forschungs- und Entwicklungsmöglichkeiten für Fleischersatzstoffe als innovative Lebensmittel (Dance, 2017).

4.5 Nahrungsmittelstruktur und -inhalt

Traditionell basiert die Untersuchung der menschlichen Ernährung auf einem reduktionistischen Ansatz, bei dem eine Ernährung als eine Kombination von Mahlzeiten, Mahlzeiten als eine Kombination von Lebensmitteln und Nahrungsmittel als eine Kombination von Nährstoffen angesehen wird. AASSA zitierte Beweise, um dieses Paradigma in Frage zu stellen, und stellte fest, dass die komplexen physikalischen und chemischen Strukturen der Nahrung das Darmumfeld beeinflussen und damit das Ausmaß und die Rate der Nährstoffverdauung (Kongerslev Thorning *et al.*, 2017). Dies hat erhebliche Auswirkungen auf die Stoffwechselreaktion und damit möglicherweise auf die Gesundheit der Ernährung. Eine zusätzliche Bewertung der Beziehung zwischen Nahrungsmittel- und Darm-Mikrobiom wird anschließend vorgenommen. Darüber hinaus enthalten Nahrungsmittel viele Verbindungen, die nicht klassisch als Nährstoffe angesehen werden, wie z.B. Phytochemikalien, bioaktive Proteine und Peptide, Probiotika und Pflanzenfasern, und diese Komponenten können erhebliche positive Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit haben (siehe weitere Diskussion im Anschluss). Des Weiteren können ernährungshemmende Faktoren, die in vielen Nahrungsmitteln vorhanden sind, negative Auswirkungen auf den Verbraucher haben: z.B. Trypsinhemmer in Hülsenfrüchten, Tannine in Hülsenfrüchten und Getreide und Phytate in Getreide, die die Proteinqualität und Bioverfügbarkeit beeinträchtigen können. Phytate können auch die Bioverfügbarkeit von Eisen und Zink aus Getreide beeinträchtigen. Es eröffnen sich neue Möglichkeiten, anti-nutritive Faktoren anzugehen, wie z.B. die genetische Verbesserung von Bohnen mit reduziertem Tanningehalt.

Wissenschaftliche Fortschritte beim Verständnis dieser zusätzlichen Dimensionen führen zu einer Überprüfung der Natur und Eigenschaften einzelner Nahrungsmittel sowie der Auswirkungen auf die Reaktionsfähigkeit der Ernährung und die gesundheitlichen Ergebnisse. AASSA postulierte, dass das Wissen um die ganzheitlichen Eigenschaften von Nahrungsmitteln und wie sie mit den

Eigenschaften anderer Nahrungsmittel interagieren, wichtige Faktoren beim Verständnis und der Definition gesunder Ernährung sein werden. Diese Forschung birgt auch ein erhebliches Potenzial für die Verbesserung der Qualität des Nahrungsmittelsystems und der Nahrungsmittel, die es den Verbrauchern anbietet. Der Privatsektor muss ein aktiver Teil davon werden, das Ernährungssystem nahrhafter und die Umwelt gesünder zu machen.

4.6 Lebensmittelsicherheit

Ein wichtiger Aspekt von FNS ist die Lebensmittelsicherheit - Nahrungsmittel frei von schädlichen Mikroorganismen und Toxinen, frei von Verfälschungen oder anderen Verunreinigungen. Auch Lebensmittelallergien müssen berücksichtigt werden, was zusätzliche Probleme bei der Kennzeichnung, Rückverfolgbarkeit und Integrität des Nahrungsmittelsystems aufwirft.

Alle Länder haben Vorschriften und Normen, die Produkte vor dem Verkauf erfüllen müssen. Wie von NASAC beobachtet, ist die Implementierung jedoch oft durch folgende Faktoren eingeschränkt: mangelnde Kapazität, um die vielen kleinen und mittleren Erzeuger zu erreichen, und mangelnde Fähigkeit, Vorschriften durchzusetzen. Tests sind oft teuer und das Fehlen von Tests kann die Verteilung und den Export von Nahrungsmitteln einschränken. Dennoch werden heute viele innovative Ansätze für das Testen verfolgt. Besondere Fragen der Lebensmittelsicherheit werden in den Regionalberichten veranschaulicht. Zu den größten Problemen gehören die in den folgenden drei Abschnitten behandelten.

4.6.1 Mikroorganismen

Durch Nahrungsmittel übertragene Krankheiten sind weit verbreitet, zum Beispiel wie von IANAS diskutiert. Die großtechnische Nahrungsmittelproduktion und lange Transportnetze können zu schweren Ausbrüchen von durch Nahrungsmittel übertragbaren Krankheiten beitragen, wie von IANAS und EASAC näher beschrieben.

Antibiotikaresistente Bakterien in für den menschlichen Konsum relevanten Tieren können zu einer erhöhten Infektion bei Patienten beitragen, und die Gefahr einer Antibiotikaresistenz ist ein globales Problem. Der EASAC-Bericht erörterte die Probleme im Zusammenhang mit dem übermäßigen Einsatz von Antibiotika in der Landwirtschaft und die Erfahrungen aus bewährten Verfahren zur Verringerung des landwirtschaftlichen Einsatzes derjenigen Antibiotika, die für die menschliche Gesundheitsversorgung am wichtigsten sind. Antibiotikaresistente Bakterien oder resistenzkodierende Gene können von Tieren auf Menschen über die Umwelt, die Nahrungskette oder

durch direkten Kontakt übertragen werden. In einigen Ländern entfallen bis zu 80% des Gesamtverbrauchs antimikrobieller Mittel auf den Tiersektor, und von den Volkswirtschaften der Schwellenländer wird erwartet, dass sie ihren Einsatz in der Tierhaltung erhöhen werden (Holmes *et al.*, 2018). In einigen Ländern gibt es eine beträchtliche Nutzung als Wachstumsförderer. Zu den in den Leitlinien der WHO 2017 (Holmes *et al.*, 2018) empfohlenen Reformen gehören die Einstellung der routinemäßigen Verwendung von antimikrobiellen Mitteln zur Wachstumsförderung und Krankheitsprävention bei gesunden Tieren sowie Maßnahmen zur Erhaltung der Wirksamkeit derjenigen antimikrobiellen Mittel, die für den Menschen kritisch sind. Es ist notwendig, die Auswirkungen von Antibiotika und Resistenzgenen auf Ökosysteme besser zu verstehen, um Strategien zur Bekämpfung der Umwelt zu entwickeln (Asaduzzaman, 2018). Die Zucht zur Verbesserung der Krankheitsresistenz (Kapitel 5) muss ebenfalls Teil der Lösung sein, um die Antibiotika im Betrieb zu begrenzen und die Gesundheit von Mensch und Tier zu verbessern.

4.6.2 Mykotoxine

Schädlinge und Krankheiten können zur Anhäufung von Mykotoxinen führen. Das sind sekundäre Stoffwechselprodukte, die von Pilzen mit potenziell schwerwiegenden gesundheitlichen Folgen produziert werden. Die Kontamination von Nahrungsmitteln mit Mykotoxinen kann auch nach der Ernte auftreten, vor allem aufgrund unsachgemäßer oder unhygienischer Praktiken bei der Lagerung, Verarbeitung oder dem Transport. Laut NASAC sind Mykotoxine in wichtigen afrikanischen Nahrungsmitteln weit verbreitet, insbesondere bei Mais- und Erdnussprodukten, Gewürzen und tierischen Erzeugnissen. Sicherheitsvorschriften werden häufiger für Exportgüter als für den Inlandsmarkt eingesetzt, und dies ist besonders in landwirtschaftlichen Kleinbetrieben von Bedeutung, in denen die Landwirte einen großen Teil der von ihnen konsumierten Nahrungsmittel produzieren und lagern und in denen keine konventionellen Mechanismen zur Lebensmittelüberwachung eingesetzt werden. Es sind weitere epidemiologische Untersuchungen erforderlich, um Kontaminationsmuster und die gesundheitlichen Auswirkungen zu ermitteln. Forschung und Innovation sind auch notwendig, um kostengünstigere Testmethoden und Verfahren zur Kostenteilung zu entwickeln. Die analytischen Herausforderungen sind besonders akut in Bereichen, in denen die Ressourcen, einschließlich Strom, sehr begrenzt sind. Zu den Lösungen, die von NASAC beschrieben werden, gehören die des tragbaren Testkits des Welternährungsprogramms und der Lab-on-Mobile-Device Plattform (Shepherd und Gelderblom, 2014). Forschung und Innovation tragen auch schon auf andere Weise dazu bei: zum Beispiel als Proof-of-Principle für eine biotechnologische Strategie zur

Erzeugung von Erdnüssen, die nahezu immun gegen Aflatoxinkontamination sind (Sharma *et al.*, 2018).

Das Problem der Mykotoxine und anderer Toxine existiert weltweit. EASAC diskutierte, wie Meerestoxine aufgrund von Klimaeffekten auf die Algenblütenbildung und die Migration potenziell kontaminierter Arten zunehmen (siehe auch Watts *et al.*, 2017), was neue Herausforderungen für die Lebensmittelüberwachung und die Forschung zum Verständnis der beteiligten Mechanismen mit sich bringt.

4.6.3 Andere Verunreinigungen

Die regionalen Berichte beschreiben andere wichtige Schadstoffe wie persistente organische Schadstoffe und Schwermetalle. Es sind weitere Untersuchungen über die Auswirkungen chemischer Verunreinigungen (und ihrer Kombinationen) erforderlich, unabhängig davon, ob sie aus der Umwelt, während der Verarbeitung und des Vertriebs oder durch das Eindringen von Verpackungsmaterialien entstehen, um die Toxikologie zu bewerten, die Exposition des Menschen abzuschätzen und die tolerierbare tägliche Aufnahme zu berechnen. Viele schlecht bezahlte (oft weibliche) Arbeiter sind in einer Reihe von Produktionssystemen verschiedenen Schadstoffen ausgesetzt. Besonders besorgniserregend ist der übermäßige Einsatz von Düngemitteln, Pestiziden und Herbiziden in Produktionssystemen, die sich auf die menschliche Gesundheit auswirken und in die Umwelt gelangen, und zwar nicht nur in dem Gebiet, in dem sie verwendet werden, sondern auch in den nachgelagerten Systemen und in der Umwelt im Allgemeinen (siehe z.B. Cimino *et al.*, 2017).

Wie von EASAC erörtert, sollten die laufenden Aktivitäten zur Minimierung langjähriger Bedrohungen der Lebensmittelsicherheit mit der Risikobewertung und dem Management neuerer Bedrohungen und Verbraucheranliegen synchronisiert werden, wie beispielsweise Lebensmittelzusatzstoffe, wachstumsfördernde Hormone und neue Technologien zur Verarbeitung von Nahrungsmitteln. Auch Authentifizierungsmaßnahmen werden zunehmend benötigt, um die Integrität der Nahrungsmittelversorgungskette zu dokumentieren und Verfälschung zu verhindern. Eine Reihe von analytischen Tests können zur Messung natürlicher oder synthetischer Verunreinigungen eingesetzt werden, aber es gibt weiterhin diagnostische Herausforderungen, zum Beispiel zur Identifizierung der Verwendung von synthetischen Steroiden und Wachstumsförderern, die mit herkömmlichen Methoden möglicherweise nicht nachweisbar sind. Ein umfassenderer Ansatz für Tests erfordert eine bessere Kommunikation zwischen den nationalen Behörden und regionalen Regulierungsbehörden, Produzenten und Einzelhändlern sowie ein erneutes Engagement für die Zusammenarbeit

zwischen Wissenschaft und Industrie, um einen sensiblen Produktionsstandort und eine schnelle Überwachung vor Ort zu entwickeln. Es sei auch darauf hingewiesen, dass die Lebensmittelsicherheit zu einem größeren Problem werden kann, wenn sich die zunehmenden Trends zur Einführung spezieller Ernährungsweisen fortsetzen. So können beispielsweise glutenfreie Produkte einen höheren Gehalt an Arsen, Cadmium, Blei und Quecksilber enthalten, wie kürzlich dokumentiert (Wunsche *et al.*, 2018).

4.7 Innovation in der Ernährung und Nutzbarmachung von Forschung in wissenschaftlichem Neuland

In den regionalen Berichten über innovative Nahrungsmittel, innovative Ernährungsweisen und innovative Versorgungssysteme gibt es viele Beispiele. Die in den folgenden Abschnitten besprochenen unterschiedlichen Beispiele wurden gewählt, weil sie global anwendbar sind und um zu verdeutlichen, dass die Fortsetzung der Forschung von entscheidender Bedeutung ist, um sicherzustellen, dass die wissenschaftliche Chance voll genutzt wird. Es ist auch hervorzuheben, dass die Digitalisierung bei der Erhebung und Überwachung von Nahrungsaufnahme- und Ernährungsdaten signifikant zu den potenziellen Möglichkeiten der Nutzung großer Datenmengen beiträgt. Eine zuverlässige Datenerhebung zur Erfassung von Gesundheits- und Ernährungsindikatoren in allen Regionen wird zu einem wertvollen Instrument werden, mit dem Ressourcen gezielt eingesetzt, Strategien entwickelt und die Verantwortlichkeit verfolgt werden können (Annan, 2018).

4.7.1 Vernachlässigte Sorten und funktionelle Nahrungsmittel

Die Nutzung der ernährungsphysiologischen Eigenschaften von nicht ausreichend genutzten, einheimischen Nutzpflanzen birgt das Potenzial für eine breitere Diversifizierung der Nahrungsmittelsysteme. IANAS beschrieb ausführlich zahlreiche Arten, die von lokalen Gemeinschaften verwendet werden, die ein hohes Potenzial für die Nahrungsmittelproduktion aufweisen. Die Verwendung solcher Pflanzen in der Landwirtschaft wird in Kapitel 5 näher beschrieben, und es ist bemerkenswert, dass traditionelle Pflanzen andere nützliche Eigenschaften haben können. NASAC beschrieb *Amaranthus* (Singh und Singh, 2011), verwendet als Gemüse in vielen traditionellen afrikanischen Rezepten; aber das Getreide hat auch einzigartige Gelatine- und Gefrier-/Taeigenschaften, die in anderen Lebensmitteln wie Stabilisatoren und Verdickungsmitteln sowie in Non-Food-Anwendungen wie biologisch abbaubaren Folien und Papierbeschichtungen verwendet werden können. Ein weiteres Beispiel ist Sorghum, ein glutenfreies Getreide, das verschiedene phenolische

Verbindungen, Pflanzensterine und Policosanole enthält, die verschiedene gesundheitliche Vorteile und sättigungsfördernde Aktivitäten haben können (Taylor und Anyango, 2011).

Andere funktionelle Nahrungsmittel, wie z.B. öliger Fisch, der Omega-3-Fettsäuren liefert, sind weltweit als wertvoll anerkannt, und dieses Thema wurde von AASSA am Beispiel der FOSHU-Bewegung (Food for specified health uses) in Japan weiterentwickelt. Es wird wahrscheinlich weitere Möglichkeiten geben, indigenes Wissen zu erfassen und zu fördern. Forschung ist notwendig, um die gesundheitlichen Eigenschaften solcher Nahrungsmittel zu erforschen und zu informieren, wie die Lebensmitteltechnologie zur Entwicklung neuer funktioneller Nahrungsmittel eingesetzt werden kann - speziell zur Förderung der Gesundheit oder Reduktion des Krankheitsrisikos - als Teil einer gesunden, nachhaltigen Ernährung.

4.7.2 Verbraucherverhalten

Es besteht großes Interesse daran, die Fortschritte aus der sozialwissenschaftlichen Forschung zu nutzen, um die Ernährungsentscheidungen sowie Maßnahmen der Verbraucher zur Verringerung von Haushaltsabfällen zu verstehen und zu unterstützen (Romani *et al.*, 2018). EASAC diskutierte, wie Theorien der sozialen Praxis nun neue Perspektiven in die Lebensmittelkonsumforschung bringen, weil sie eine Berücksichtigung von Treibern und Barrieren ermöglichen, um das gewohnte Verhalten im Alltag zu analysieren (siehe z.B. Sahakian, 2015), obwohl es weniger Erkenntnisse über die komplexen kumulativen Effekte von sozialem Lernen und sozialen Mimikprozessen gibt. Es ist mehr Forschung erforderlich, um die Treiber der Nachfrage sowie die Frage zu klären, wie das Verhalten geändert werden kann, einschließlich der Frage der Akzeptanz innovativer Nahrungsmittel und innovativer Ernährungsweisen und der Untersuchung des öffentlichen Verständnisses für die ökologischen Auswirkungen von Nahrungsmittelentscheidungen (Macdiarmid *et al.*, 2016). Wie bereits erwähnt (Abschnitt 3.6), ist auch Forschung erforderlich, um die Auswirkungen von Geschäftsmodellen, zum Beispiel landwirtschaftlicher Rohstoffsubventionen, auf Konsum und Gesundheit zu verstehen.

4.7.3 Mikrobiota

In allen regionalen Berichten wurde auf die Bedeutung der jüngsten Fortschritte in der Wissenschaft des Darmmikrobioms hingewiesen. Die Forschung hat gezeigt, dass das Darmmikrobiom wichtige biochemische Funktionen für den Wirt erfüllt, und Störungen des Mikrobioms sind mit verschiedenen menschlichen Krankheiten verbunden. So gibt es beispielsweise aufkommende Hinweise auf eine Darm-Hirn-Achse (Mayer *et al.* 2015). Die jüngsten Fortschritte bei der Genomsequenzierung

ermöglichen die Untersuchung des komplexen Darmmikrobioms auf genetischer und funktioneller Ebene und bilden die Variabilität zwischen Individuen und Populationen ab (Qin *et al.* 2010). Zusammen mit Studien über Ernährungsweisen (z.B. in Afrika, wo sie eine breite Palette von pflanzlichen, medizinischen und fermentierten Produkten aus einheimischen Nahrungsmitteln umfasst) beginnen die Forschungsfortschritte zu zeigen, wie Nahrungsmittel und Mikrobiom zusammenwirken und was die Folgen sein können. Das Darmmikrobiom ist ein wichtiger Faktor, der zur Fettleibigkeit beizutragen scheint, indem er die Energiegewinnung und -speicherung im Wirt verändert (Viciani, 2017). Es wird immer deutlicher (Byndloss und Baumier, 2018), dass Veränderungen im Darmmikrobiom mit vielen nicht übertragbaren Krankheiten (NCDs) verbunden sein können, einschließlich Arthritis, Asthma, Herzerkrankungen, Krebs, Diabetes und neurologischen Erkrankungen. Obwohl viel Forschungsarbeit zu leisten ist, um diese Zusammenhänge zu erforschen und wie sie vermittelt werden können, beginnen die Beobachtungen neue Erkenntnisse über die weitreichenden Auswirkungen ernährungsbedingter Veränderungen im Darmmikrobiom auf NCDs zu erbringen. So könnte eine mikrobiota-orientierte Präzisionsernährung die Entwicklung personalisierter Ernährungsinterventionen erleichtern, die den Stoffwechsel des Wirtes beeinflussen und ihn möglicherweise vor nahrungsbedingter Adipositas und anderen klinisch relevanten Aspekten von Stoffwechselstörungen schützen könnten.

Das neue Verständnis davon, wie das Darmmikrobiom Nahrungsbestandteile in Stoffwechselprodukte umwandelt, die den menschlichen Wirt beeinflussen, wird wahrscheinlich die Definition des Nährwerts von Nahrungsmitteln verändern (Green *et al.*, 2017). Wenn ja, ergeben sich daraus neue Anforderungen an einen evidenzbasierten Rahmen zur Information der Verbraucher und der Regulierungsbehörden sowie neue Herausforderungen für die Harmonisierung von Normen über Ländergrenzen hinweg im Hinblick auf die Auswirkungen auf Prüfung, Kennzeichnung und Werbung. Um diese potenziellen wissenschaftlichen Möglichkeiten für eine gesunde Ernährung zu nutzen, bedarf es einer umfangreichen Grundlagen- und angewandten Forschung, einschließlich: wie das Mikrobiom die Biologie beeinflusst; inwieweit es möglich ist, Mikrobiomfunktionen durch Ernährung umzugestalten und der Bewertung der Sicherheit und Wirksamkeit von bioaktiven Produkten aus den Mikrobiota, die Auswirkungen auf die zunehmende Verwendung von funktionellen Nahrungsmitteln haben können. Es sei auch darauf hingewiesen, dass die breiten wissenschaftlichen Fortschritte in der Mikrobiologie neue Möglichkeiten eröffnen, Funktionen in Nutztieren und Meeresorganismen (Kapitel 5), im Boden (Kapitel 6) sowie in der menschlichen Gesundheit zu beeinflussen.

4.7.4 Personalisierte Ernährung

Die Beziehung zwischen Nahrung und Gesundheit ist komplex und unterliegt Einflüssen durch Mikrobiota, Umwelt, Familie und Gesellschaft sowie Genetik. Die fortschreitende Studie über die Rolle der Ernährung bei der Veränderung der Genexpression und darüber, wie die genetische Zusammensetzung die Ernährungseffekte auf Physiologie, Stoffwechsel und Gesundheit beeinflusst, bietet ein großes Potenzial für ein besseres Verständnis der Zusammenhänge zwischen Ernährung und Gesundheit und ebnet den Weg für eine personalisierte Ernährung als wichtige Komponente der personalisierten Gesundheit.

Neue Technologien wie Genomik, Proteomik, Metabolomik und integrierte Systembiologie helfen, Phänotypen genauer zu charakterisieren. Die metabolische Phänotypisierung ist von zentraler Bedeutung für das neue Modell der personalisierten Ernährung. Wie von EASAC beschrieben, wird erwartet, dass die Klassifizierung von Individuen auf der Grundlage ihres metabolischen Phänotyps und die Anpassung der Ernährungsberatung an verschiedene Personengruppen die Effizienz von Eingriffen verbessern. Es ist zu hoffen, dass eine personalisierte Ernährung in Verbindung mit einer Selbstkontrolle, die durch intelligente Technologien ermöglicht wird, nicht nur dazu beiträgt, die Verbraucher über Zusammenhänge zwischen Ernährung und Gesundheit aufzuklären, sondern auch einen Anreiz bietet, das Essverhalten zu ändern.

4.8 Ernährungsempfindliche Systeme

Wie in den vorangegangenen Abschnitten beschrieben, gibt es viele Faktoren, die bei der Umwandlung von Ernährungsweisen in gesündere Ergebnisse zu berücksichtigen sind. Gesunde Lebensmittelumgebungen sind solche, die es den Verbrauchern ermöglichen, eine nahrhafte Wahl zu treffen, aber sie garantieren keine nahrhafte Wahl. Wie von NASAC diskutiert, bezieht sich der Begriff "Lebensmittelumgebung" auf das physische, wirtschaftliche, politische und soziokulturelle Umfeld, die Möglichkeiten und Bedingungen, die die Wahl der Nahrungsmittel und den Ernährungszustand beeinflussen. Im Gegenzug werden Zugänglichkeit, Erschwinglichkeit und Akzeptanz durch die Präferenzen und das Wissen der Verbraucher über Nahrungsmittel beeinflusst. Die Bereitstellung nahrhafterer Nahrungsmitteloptionen für ein breites Spektrum von Verbrauchern kann die Ergebnisse der öffentlichen Gesundheit beeinflussen - dies erfordert jedoch Investitionen des öffentlichen und privaten Sektors in Forschung und Innovation, um die Konsumlücken im gesamten menschlichen Lebenszyklus zu identifizieren, die zur Fehlernährung beitragen, um den Nährwert von Nahrungsmitteln zu erhalten und zu verbessern und

die Akzeptanz von gesunden Nahrungsmitteln zu erhöhen.

Der Abschnitt über die Lebensmittelverarbeitung im vorhergehenden Kapitel stellte einige der kommerziellen Möglichkeiten für Innovationen bei Nahrungsmitteln vor. EASAC diskutierte, wie sich aus einer verantwortungsvollen Forschung und Innovation auf der Grundlage eines gemeinsamen Engagements von Unternehmen, Forschern des öffentlichen Sektors, politischen Entscheidungsträgern und der Öffentlichkeit bedeutende Chancen ergeben, um den Innovationsprozess und seine Ergebnisse an den Werten, Bedürfnissen und Erwartungen der Gesellschaft auszurichten. Innovative Nahrungsmittel und Ernährungsweisen erfordern technische und soziale Innovationen sowie regulatorische Innovationen, die diese technischen und sozialen Innovationen ermöglichen. Es gibt bereits gute Beispiele für innovative Partnerschaften, die von EASAC überprüft wurden, aber einige der Innovationsanforderungen haben Auswirkungen auf die institutionelle und politische Innovation, und diese Auswirkungen erfordern eine stärkere Einbeziehung der Interessengruppen (siehe Kapitel 7 für weitere Diskussionen).

Wie von IANAS hervorgehoben, sind Aufklärungs- und Informationsprogramme im Gesundheitsbereich bei öffentlichen Veranstaltungen für die Förderung einer gesunden Ernährung von entscheidender Bedeutung. Dieselben Grundsätze müssen zur Verbesserung der institutionellen Ernährung angewendet werden, beispielsweise in Schulen, Krankenhäusern und in medizinischen Versorgungszentren für Mütter und Kinder, um Einfluss auf Konsummuster und Gesundheitsergebnisse für zukünftige Generationen zu nehmen.

Medien und Social Media sind mächtige Instrumente zur Information und Beteiligung, aber auch hier bedarf es mehr Forschung, um effektive Interventionen zu gestalten. Zum Beispiel, wie von NASAC diskutiert, können Regierungen Werbung für ungesunde Nahrungsmittel in den nationalen Medien in Afrika verbieten, aber es ist nicht bekannt, welche Medien den größten Einfluss auf das Verhalten, insbesondere auf die Bevölkerungskohorte der sogenannten „Millenials“ (Generation um die Jahrtausendwende), haben. Für die Zukunft erfordert die Mobilisierung der Wahlmöglichkeiten der Verbraucher eine bessere Faktengrundlage und eine bessere Nutzung der Erkenntnisse in Bildungsprogrammen und Informationen zur Lebensmittelkennzeichnung sowie intelligente Systeme zur Überwachung des Verbraucherverhaltens und der Ernährungsergebnisse und zur frühzeitigen Warnung vor gesundheitlichen Folgen, etwa insbesondere vor der Wahrscheinlichkeit von NCDs.

5 Landwirtschaftliche Produktivität und ihre Transformation inmitten der Unsicherheit

„Die Hemmnisse, die die Wettbewerbsfähigkeit der afrikanischen Landwirte behindern, verlagern sich zunehmend von Problemen der Abgeschiedenheit hin zu einem Mangel an wissenschaftsbasierten bewährten Verfahren“. NASAC

Die Totale Faktorproduktivität (TFP) ist der Maßstab für die Effizienz, mit der die Inputs in Outputs umgewandelt werden. Für die Landwirtschaft umfasst es das Verhältnis von Output, wie Nutzpflanzen und Vieh, zu Input, wie Arbeit, Land, Düngemittel und den Einsatz von Maschinen. Gemäß der Globalen Ernteinitiative (Global Harvest Initiative)²³ beschleunigt sich das TFP-Wachstum nicht schnell genug, um die Ziele einer nachhaltigen Landwirtschaft zu erreichen. Insbesondere die TFP-Wachstumsrate in den Ländern mit niedrigem Einkommen reicht nicht aus, um das Ziel zu erreichen. Ziel ist die Verdoppelung der landwirtschaftlichen Produktivität für Kleinbauern, wie in den Zielen für nachhaltige Entwicklung beschrieben. Es ist aber auch wichtig, sich nicht auf die Erhöhung der Produktivität zu konzentrieren, wenn dies zu einer Verringerung des Umweltschutzes führt. Die Totale Ressourcenproduktivität (TRP) ist eine von der OECD entwickelte Kennzahl, die Umweltressourcen (Güter und Dienstleistungen) in die Berechnung der Produktivität einbezieht.

Wie bereits in unserem Bericht erwähnt, würde die Anwendung eines Ansatzes der integrierten Nahrungsmittelsysteme (sowohl nachfrageseitige als auch angebotsseitige Maßnahmen) nicht dazu führen, dass - je nach Region - ein sehr großer Anstieg der landwirtschaftlichen Produktivität erforderlich wäre, um die Ziele der FNS zu erreichen. Dennoch ist es ratsam, alle Möglichkeiten zur Verbesserung der Produktivität zu prüfen. Es gibt viele Arten von Innovationen in der landwirtschaftlichen Produktivität - nicht nur technische, sondern auch Innovationen für den Landwirt und die Gesellschaft. Die landwirtschaftlichen Beratungsdienste müssen besser unterstützt und stärker an den Prioritäten für die Einführung von Innovationen in der gesamten Wertschöpfungskette ausgerichtet werden. Darüber hinaus müssen die Systeme der beruflichen Bildung gestärkt werden, um die Humanressourcenbasis der Landwirtschaft und den Aufbau von Innovationskapazitäten zu verbessern.

Für die Forschung besteht weltweit die Möglichkeit, optimale Vorgehensweisen zu identifizieren, die gut zu den lokalen Gegebenheiten passen. Dies könnte auch eine bedeutende Investition zur Steigerung der Attraktivität ländlicher Angebote für Jugendliche sein.

Wie besprochen können frühere Verbesserungen in der FNS mit Fortschritten in der wissenschaftlichen Forschung und Technologieentwicklung verbunden werden. Mehr Forschung und Innovation (Technik, Soziales und Wirtschaft) sind erforderlich, um den Anforderungen gerecht zu werden, mehr Nahrungsmittel mit weniger Ressourcen und in einer Zeit sich verändernder Umweltbedingungen zu produzieren. Es gab viele kritische Betrachtungen über die Prioritäten, einige davon wurden in unseren regionalen Berichten diskutiert. Diese werden an dieser Stelle nicht wiederholt. Wir betonen die Notwendigkeit, sich weiterhin für landwirtschaftliche Forschung und Entwicklung zu engagieren, und es ist ermutigend zu sehen, dass die Investitionen der Länder mit mittlerem Einkommen jetzt steigen (Pardey et al., 2016). Es gibt Möglichkeiten für neue Investitionsmodelle. So wurde beispielsweise vorgeschlagen, die Erfahrungen aus der erfolgreichen Anwendung des Global Fund-Modells für Infektionskrankheiten nun auch auf die Kleinbauern und die Verbesserung der Ernährung zu übertragen (Sachs und Schmidt, 2017). Weitere Optionen für gemeinsame Forschungsplattformen sind das vorgeschlagene Global Crop Improvement Network (Reynolds et al., 2017), um globale Expertise und Technologien zu nutzen. Eine solche Initiative im Bereich der Grundnahrungsmittel könnte den Zugang zu gut kontrollierten Feldlabors ermöglichen und gleichzeitig die Forschungspraktiken harmonisieren, gemeinsame Normen anwenden und Daten austauschen. Darüber hinaus würde die Kombination der Forschung an Anbausystemen mit sozioökonomischer Analyse das Verständnis und die Modellierungsmöglichkeiten der Reaktionsfähigkeit von Nutzpflanzen auf Umweltveränderungen verbessern und die Einführung verbesserter Praktiken fördern. Um erfolgreich zu sein, benötigt eine globale Initiative mehrere Geldgeber und Forschungspartner, darunter die Consultative Group on International Agricultural Research (CGIAR), nationale Agrarforschungssysteme, Hochschulen und den privaten Sektor (Industrie und

²³ Global Agricultural Productivity Report 2017: www.globalharvestinitiative.org. Die Global Harvest Initiative wird unterstützt von privaten Firmen aus dem Lebensmittel- und Agrarsektor.

Stiftungen). Entdeckungen, die sich oft aus dem Fortschritt der Grundlagenforschung ergeben, können zu erheblichen Veränderungen führen, zum Beispiel in der Präzisionslandwirtschaft sowie in der Pflanzen- und Tierzucht. In diesem Kapitel beschreiben wir einige dieser Fortschritte, ohne zu versuchen, umfassend zu sein, und verweisen auf Fallstudien aus den Regionalberichten, um die beträchtliche Breite der relevanten Wissenschaft zu veranschaulichen. Neben der Identifizierung wo Wissenslücken geschlossen werden können, bekräftigen wir, dass es auch zahlreiche Möglichkeiten gibt, die derzeit verfügbaren Erkenntnisse zur Information von Politik und Praxis zu nutzen. Akademien der Wissenschaften erkennen ihre Rolle und Verantwortung an, dabei führend zu sein. Einige der Themen sind jedoch umstritten, und widersprüchliche Stimmen erschweren die Entscheidungsfindung. Eine kürzlich veröffentlichte Fallstudie über die Schädigung von Olivenbäumen durch das Bakterium *Xylella*, die von der Lincoi Academy veröffentlicht wurde (Bassi *et al.*, 2017), betont die Notwendigkeit, Entscheidungen auf der Grundlage fundierter agronomischer Forschung und nicht auf der Grundlage von Intuition und Vorurteilen zu treffen.

5.1 Agrarstrukturen

Die Betriebsgröße und die Vielfalt der landwirtschaftlichen Produktion variieren innerhalb und zwischen den Ländern und Regionen erheblich. Diese Variabilität ist eine wichtige strukturelle Determinante von FNS (Herrero *et al.*, 2017). Für die Zukunft wird es eine neue Vielfalt geben, die sich darauf auswirkt, wie wir definieren, was ein landwirtschaftlicher Betrieb ist. So können beispielsweise verschiedene neue Entwicklungen im Pflanzenanbau in geschlossenen Räumen, in städtischen Gebieten (European Parliamentary Research Service, 2017) oder in anderen geschlossenen Systemen (z.B. vertikale Landwirtschaft)²⁴ dazu beitragen, die Nahrungsmittelproduktion von der Landnutzung zu entkoppeln. Dennoch sind erhebliche wirtschaftliche und andere Forschungsarbeiten erforderlich, bevor der potenzielle Wert neuer landwirtschaftlicher Entwicklungen bewertet werden kann.

Derzeit befinden sich mehr als 80% der Kleinbauern auf der Welt in Asien und Afrika; im asiatischen Raum werden 90% aller Betriebe von Kleinbauern bewirtschaftet (Teng *et al.*, 2015). Es gibt bedeutende Möglichkeiten, große Forschungsnetzwerke von Kleinbauern zu nutzen, um bewährte Verfahren für landwirtschaftliche Produktivität und Nachhaltigkeit auszutauschen (Anon. (2018), der ein chinesisches Projekt zur groß angelegten Sammlung und Umsetzung von Beweisen diskutiert).

Die globale Analyse zeigt, dass Anstrengungen zur Erhaltung der Produktionsvielfalt bei zunehmender Betriebsgröße unerlässlich sind, um verschiedene Nährstoffe und lebensfähige, multifunktionale und nachhaltige Landschaften zu erhalten (Herrero *et al.*, 2017). Wie von NASAC diskutiert, geht die landwirtschaftliche Transformation Afrikas weg von der Subsistenzlandwirtschaft und hofzentrierten Systemen bereits aktiv ländliche Armut an. In einigen Ländern rechtfertigt die große Zahl von Kleinbauernfamilien nicht nur einen besonderen Fokus, um die Widerstandsfähigkeit angesichts der klimabedingten Gefahren (siehe nächster Abschnitt) und anderen Bedrohungen der Lebensgrundlagen zu erhöhen, sondern auch um der Notwendigkeit gerecht zu werden, diese Lebensgrundlagen auf nachhaltigen Wegen zu transformieren. AASSA beschrieb auch Initiativen, die darauf abzielen, die Ernährung zu diversifizieren und die Ernährung bei Kleinbauern zu verbessern, z.B. durch die Konzentration auf die Produktion von verderblichen, nährstoffreichen Nahrungsmitteln. Wie IANAS feststellte, gibt es für viele Länder Amerikas einen Kompromiss zwischen hohen Investitionen, hocheffizienten Agrarsystemen und Kleinbauern. Dieser soziale Kompromiss ist ein wichtiges politisches Thema, aber es ist auch wichtig zu verstehen, dass alle Agrarsysteme von den Fortschritten in Wissenschaft und Technologie profitieren können. Ob im kleinen oder großen Maßstab, wenn die Landwirtschaft widerstandsfähig sein soll, gibt es viel Spielraum, um biotische und abiotische Beschränkungen anzugehen, eine nachhaltige Intensivierung zu fördern und technische Entwicklungen mit der sozialen Nachhaltigkeit und dem Wohlergehen der ländlichen Bevölkerung zu integrieren. Wie von IANAS betont wird, sind Wissenschaft, Technologie und Innovation sowohl auf Länder- als auch auf Betriebsebene für die Produktionskapazität und Wettbewerbsfähigkeit bei der Suche nach einer ökoeffizienten Landwirtschaft von entscheidender Bedeutung. Dies wird für Länder besonders kritisch, die in der Nahrungsmittelproduktion nicht autark sind.

5.2 Die Herausforderung des Klimawandels für die Landwirtschaft

Allgemeine Fragen zum Klimawandel und zu den Nahrungsmittelsystemen wurden in Kapitel 3 und Fragen zur Ernährung in Kapitel 4 behandelt. Da in den Regionalberichten die verschiedenen spezifischen Auswirkungen des Klimawandels auf die Landwirtschaft und die Anpassungsmöglichkeiten ausführlich diskutiert werden, wird hier auf eine weitere umfassende Überprüfung der Literatur verzichtet. Wir listen jedoch einige neuere Erkenntnisse auf (die meist seit

²⁴ Siehe z.B. Initiativen in Singapur: www.ava.gov.sg.

der Erstellung der Regionalberichte veröffentlicht wurden), um das Spektrum der laufenden Forschung zu veranschaulichen:

- Extreme Wetterbedingungen und Klimaanomalien machen 40% der globalen Weizenproduktionsvariabilität aus (Zampieri *et al.*, 2017).
- Eine erhöhte Temperatur kann die Entwicklung der Resistenz gegen den biotechnologischen Pflanzenschutz in der Landwirtschaft auf Bt-Basis beschleunigen (Venugopal and Dively, 2017).
- Prognosen aus der Analyse von Daten des US-Landwirtschaftsministeriums deuten darauf hin, dass der Klimawandel schließlich alle Gewinne der landwirtschaftlichen Produktivität der USA seit 1981 übersteigen könnte (Liang *et al.*, 2017).
- Verschiedene Teile Afrikas könnten bis 2100 aufgrund des Temperaturanstiegs für einige Grundnahrungsmittel ungeeignet werden, insbesondere Hülsenfrüchte, Bananen und Mais (Hirse, Sorghum, Maniok, Erdnuss und Yam können gegenüber dem Klimawandel toleranter sein) (Rippe *et al.*, 2016).
- Eine detaillierte globale Analyse der Lancet Countdown Initiative (Watts *et al.*, 2017) dokumentiert die Auswirkungen des Klimawandels auf FNS im Rahmen einer umfassenden Bewertung der Auswirkungen auf die Gesundheit (siehe Kapitel 4). Zu den Kernbewertungen gehören die Auswirkungen des Klimawandels auf die maritime Primärproduktivität.

Zusätzlich zu den oben und in den Regionalberichten beschriebenen unterschiedlichen Auswirkungen des Klimawandels auf die Landwirtschaft zeigt die jüngste Forschung einen direkten negativen Effekt der Erhöhung der Kohlendioxid-(CO₂)-Konzentration auf die menschliche Ernährung. Experimentelle Untersuchungen zeigen, dass CO₂ den Gehalt an wichtigen Nährstoffen wie Protein, Zink und Eisen reduziert, insbesondere bei C3-Kulturen (Weizen) und Hülsenfrüchten (Myers *et al.*, 2014). Unter Verwendung der experimentellen Ergebnisse zusammen mit Informationen aus globalen Datenbanken über die bioverfügbare Einnahme von Nährstoffen, kommen Prognosen des globalen Risikos zu der Schätzung, dass zum Beispiel fast 140 Millionen Menschen von Zinkmangel bedroht sein werden, die Mehrheit davon in Afrika und Asien (Myers *et al.*, 2015).

Die Auswirkungen von CO₂ bei der Reduzierung des Proteingehalts von Nutzpflanzen könnten zu einem zusätzlichen Anstieg von 1-2% der Weltbevölkerung, die von Proteinmangel bedroht ist, führen - dies auch hauptsächlich in Asien und Afrika (Medek *et al.*, 2017). Diese laufenden Forschungen und die Ausweitung auf die Bewertung der Auswirkungen von CO₂ auf andere Mikronährstoffe können als Leitfaden für Maßnahmen dienen, die darauf abzielen, die Anfälligkeit für wichtige Nährstoffe zu verringern - nicht nur in Nährstoffanreicherungsprogrammen, sondern auch durch die Züchtung von Nutzpflanzensorten, die weniger empfindlich auf diese Auswirkungen von CO₂ aus der Umwelt reagieren.

Zusammengenommen erfordern die sich ansammelnden Beweise koordinierte Anstrengungen zur Entwicklung einer klimaschonenden Landwirtschaft. Diese Bemühungen müssen umfassend sein. Die Consultative Group on International Agricultural Research (CGIAR) listete²⁵ einige wichtige Innovationen für die Anpassung auf, darunter: Maßnahmen für stresstolerante Pflanzensorten, Agroforstwirtschaft, Aquakultur, Verbesserung der Kleinbauern-Milchprodukte, alternative Reisanbausysteme, Solarbewässerung, digitale Landwirtschaft, klimabasierte Beratungsdienste, wetterindexbasierte Agrarversicherung und Ausweitung der Finanzierung für die Anpassung an den Klimawandel. Besondere Aufmerksamkeit ist den Frauen und ihrem Zugang zu diesen Inputs, Systemen und Unterstützungsstrukturen zu widmen. In den meisten Fällen ist der Zugang von Frauen zu diesen strategischen Ressourcen eingeschränkt. Es ist auch zu berücksichtigen, dass junge Menschen eine wichtige Rolle bei der klimaschonenden, intelligenten Landwirtschaft spielen, insbesondere wenn Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT) neue Beschäftigungsmöglichkeiten schaffen können.

Die Landwirtschaft selbst ist eine der Hauptursachen für Treibhausgasemissionen, und derzeit machen die Ernährungssysteme etwa 30 % der Emissionen aus (CO₂, Methan (CH₄), Lachgas (N₂O)) (Carlson *et al.*, 2017), wobei etwa die Hälfte aus landwirtschaftlicher Produktion und die andere Hälfte aus Flächenumwandlung stammt. Bestimmte Anbaumethoden tragen unverhältnismäßig zu bestimmten Emissionen bei, z.B. die Entwässerung von Mooren zur CO₂- und Reisproduktion zur CH₄-Emission. Daher umfassen die Themen für Landwirtschaft und Klimawandel nicht nur die Anpassung der Landwirtschaft an die Klimaauswirkungen, sondern

²⁵ <https://ccafs.cgiar.org>, insbesondere Dinesh D *et al.* (Redakteure) (2017) Working Paper on '10 best bet innovations for adaptation in agriculture. A supplement to the UNFCC NAP Technical guidelines'. Forschungsfragen im Zusammenhang mit der Entwicklung klimaschonender Nahrungsmittelsysteme werden auch von Whitfield *et al.* (2018) weiter vertieft.

auch die Verringerung des Beitrags der Landwirtschaft zu den Treibhausgasemissionen und dem Klimawandel im Rahmen der Verfolgung der Ziele der UN-Klimakonferenz. Wie von IANAS und EASAC diskutiert, gibt es eine breit angelegte Forschungsagenda, die mit der Minderung der Auswirkungen der Landwirtschaft auf Treibhausgase verbunden ist, einschließlich: Betreuung der Bodengesundheit, agronomische Managementpraktiken, Landnutzung und Förderung der biologischen Vielfalt. Dennoch kann die klimaschonende Landwirtschaft allein nicht die COP-Emissionsziele erreichen. Von EASAC wurde diskutiert, dass es auch notwendig ist, die Verschwendung zu reduzieren und nachfrageseitige Strategien einzuführen, um das Verbraucherverhalten im Zusammenhang mit überhöhten Treibhausgasemissionen zu beeinflussen (siehe Kapitel 4). Weitere Forschungen zur Bewertung von Kompromissen zwischen Emissionen und Ernährungssicherheit müssen nicht nur die Nahrungsmittelproduktion, sondern auch den Nährwert von Nahrungsmitteln berücksichtigen (Carlson *et al.*, 2017). Zusätzlich zu den Auswirkungen des Klimawandels haben die Nahrungsmittelproduktion und -verarbeitung erhebliche andere Umweltkosten (siehe auch Kapitel 6). Die jüngste Meta-Analyse (Poore und Nemecek, 2018) der Literatur über die Auswirkungen der verschiedenen Nahrungsmittelproduktionssysteme weltweit ist ein wichtiger Beitrag zum Verständnis und zur Verringerung der Umweltauswirkungen von Nahrungsmitteln.

5.3 Landwirtschaftliche Produktivität und die Bedürfnisse der Endverbraucher

Obwohl es viele Dimensionen der Verbesserung der landwirtschaftlichen Produktivität gibt, wird der Schwerpunkt hier auf drei speziellen (wenn auch breiten) Themen liegen, die sich auf die Analyse der Regionalberichte stützen und das breite Spektrum der wissenschaftlichen Möglichkeiten veranschaulichen. Es handelt sich um die Bereiche Präzisionslandwirtschaft, Zuchttechnologien und Meer-/Frischwasserquellen.

5.3.1 Präzisionslandwirtschaft

Wie von AASSA beobachtet, wurde die Präzisionslandwirtschaft mit der Einführung von GPS für Traktoren in den frühen 1980er Jahren geboren. Dessen weltweite Einführung ist wahrscheinlich heute das häufigste Beispiel für Präzisionslandwirtschaft. Die Einführung und Entwicklung der Präzisionslandwirtschaft wird besonders wichtig, um die Kosteneffizienz der Landwirtschaft durch Effizienzsteigerung und Reduzierung der Chemikalieneinträge, durch Abfallminimierung und Verringerung der Auswirkungen auf die Umwelt insgesamt zu verbessern. Der Begriff wird nun für

heterogene Technologien, wie autonome Maschinen (z.B. Robotik), dreidimensionales Drucken auf dem Bauernhof, den Einsatz von Smartphones, Satellitenortung und andere Sensorsysteme (siehe z.B. König, 2017), verwendet. Die Entwicklung von Bildverarbeitungsalgorithmen und künstlicher Intelligenz werden die Nutzung der Präzisionslandwirtschaft verstärken (Ghaffarzadeh, 2017).

Aktuelle und zukünftige Präzisionslandwirtschaftssysteme hängen von Fortschritten bei der Erhebung und Verwendung von Daten, einschließlich Echtzeitdaten, ab. Offene Daten werden zunehmend über verschiedene wissenschaftliche Aktivitäten hinweg und aus verschiedenen Quellen (z.B. Erdbeobachtungssatelliten und andere Fernerkundung, soziale Medien, Pflanzenphäotypisierung) integriert. Wie von EASAC diskutiert wurde, gibt es aber weiterhin Probleme beim Auffinden und Extrahieren von Informationen aus heterogenen Datensätzen. Die Regionalberichte beschreiben alle unterschiedlich den zunehmenden Wert des Zugangs zu Informationen, der Datenanalyse, der prädiktiven und der Frühwarn-Systeme. Die Rolle der Informations- und Kommunikationstechnologie bei der Unterstützung der schnellen Identifizierung von Schädlingen und Krankheiten sowie bei der Kartierung ihrer Standorte und Ausbreitung ist ein weiteres wichtiges Instrument zur Förderung von Management und Minderung von Risiken. Die Integration von Datensätzen für die Eignung von Boden, Wetter und Pflanzen kann den Landwirten überall praktische Informationen liefern und hilft bei der Entscheidungsfindung, um wetterbedingte Produktionsrisiken zu minimieren.

So diskutierte NASAC zum Beispiel, wie Innovationen der Mobilfunktechnologie das Bewusstsein für neue Technologien und Praktiken fördern und dazu beitragen können, handels- und marktbezogene Informationsherausforderungen zu bewältigen, die Landwirte an die Märkte anzubinden und die Kommunikation zwischen Erzeugern, Verbrauchern und Forschern zu unterstützen. AASSA beschrieb auch, wie Daten und Vorhersagemodelle zunehmend genutzt werden, um lokale Entscheidungen zu treffen, z.B. über den Düngemiteleinsatz, den Pflanzenschutz und die Ernteanalyse, die über Mobiltelefone zur Unterstützung der Kleinbauern durchgeführt wird. IKT-Innovationen können auch auf umfassendere Fragen im Zusammenhang mit der Abgelegtheit von Gemeinden eingehen, indem sie Bank-, Kredit- und andere Dienstleistungen anbieten.

Es gibt eine wichtige Agenda für die interdisziplinäre Forschung zwischen Ingenieuren, Geographen, Biologen und Datenwissenschaftlern, um eine besser integrierte Sensorik und Meldesysteme zu entwickeln sowie die Erhebung, die Aufbereitung und den Austausch

standardisierter Daten (siehe auch Kapitel 3) zur Förderung der Präzisionslandwirtschaft zu verbessern. Die Nutzung dieser Forschung erfordert auch eine Folgenabschätzung, um Hindernisse bei der Einführung von präzisen Agrarsystemen für Kleinbauern und andere landwirtschaftliche Betriebe zu identifizieren und zu überwinden, und sie erfordert die Entwicklung neuer Rollen für evidenzbasierte Beratungsdienste. Andere Fragen werden von EASAC ausführlicher behandelt. Eines der Bedenken ist, dass einige Technologien in der Präzisionslandwirtschaft die Homogenität fördern können. Wenn intelligente Landwirtschaft jedoch wirklich intelligent ist, sollte sie das Potenzial haben, Heterogenität zu berücksichtigen. Im EASAC-Bericht wurde auch festgestellt, dass es wichtig ist, die Präzisionsbiologie und -technik in anderen Teilen des Nahrungsmittelsystems einzuführen, zum Beispiel für bessere Recycling-, Lager-, Verpackungs- und Transportfunktionen, für Einzelhandelsbereiche und deren Zugang.

Ein Beispiel, das von NASAC, AASSA und IANAS angeführt wurde, wird hier erwähnt, um den wachsenden Wert der Präzisionslandwirtschaft zu veranschaulichen: die Tropfbewässerungstechnologie. Wie von IANAS überprüft, ist die Bodenproduktivität zunehmend von einer effizienten Wassernutzung abhängig (siehe auch Kapitel 6), die eine Änderung der Anbaumuster, innovative Bewässerungsansätze (Verknüpfung der Bewässerung mit der Überwachung der Bodenfeuchte und der Phase des Pflanzenbaus) und Strategien zur Verbesserung der Pflanzenproduktion sowie neue Richtlinien und größere Investitionen in Forschung und Kapazitätsentwicklung erfordert. Diese Anforderungen werden in der AASSA-Fallstudie zur Tröpfchenbewässerungstechnologie gut veranschaulicht, die lokal entdeckt und entwickelt wurde und erhebliches Potenzial für die Region und weltweit birgt. Durch die Tropfenbewässerung wachsen Pflanzen heute in Wüsten und Randklimazonen - die sonst nicht möglich gewesen wären - und mit erheblichen Gewinnen für Ertrag und Wassereinsparung. Es ist bemerkenswert, dass diese Innovation in Asien aus privaten Investitionen in Forschung und Entwicklung resultierte, was die Bedeutung von Anreizen und die Koordinierung sowohl öffentlicher als auch privater Wissenschaftsunternehmen verdeutlicht. In Afrika werden auch im Rahmen des Technischen Kooperationsprojekts der Internationalen Atomenergiebehörde Erfahrungen mit der Tropfbewässerungstechnik gesammelt. Es ist aber auch wichtig zu verstehen, dass der technische Fortschritt nicht losgelöst von einer breiteren Entwicklung und unterstützenden Infrastruktur erfolgen kann (Garb und Friedlander, 2014).

5.3.2 Pflanzenzüchtungstechnologien

Zwischen dem Ernteertrag in einem Land und der aktuell höchsten weltweiten Leistung besteht manchmal

ein erheblicher Unterschied. So beträgt beispielsweise, wie von AASSA berichtet, der Ertragsunterschied zwischen den ASEAN-Ländern und dem höchsten Ertrag der Welt für Reis rund 70%, für Zuckerrohr 15%, für Maniok 65% bzw. für Mais 150% (Office of Agricultural Economics of Thailand, 2015). Hybridreis machte nur einen kleinen Teil des indischen Reisanbaus aus - obwohl seine Verwendung jetzt an Fahrt gewinnt - während in China Hybridreis mehr als 50% des gesamten Reisanbaus ausmacht (Spielman *et al.*, 2013; Guohui *et al.*, 2014). Reis, der gegen Sturzfluten resistent ist, wurde nun entwickelt, und ähnliche Strategien werden angewendet, um Reissorten zu entwickeln, die widerstandsfähiger gegen verschiedene biotische und abiotische Stressbedingungen sind. Es gab bedeutende Erfolge in Afrika, aber auch NASAC bestätigte die jüngsten Rückgänge bei Maniok, Yams und Mais im Zeitraum seit 2008. Es gibt Hinweise darauf, dass Kleinbauern weitgehend nicht in der Lage sind, von den aktuellen Ertragssteigerungen durch pflanzengenetische Verbesserungen zu profitieren, da sie auf ausgelaugten Böden wirtschaften, die nicht auf die Düngung reagieren (Vanlauwe *et al.* 2015). Eine integrierte Landmanagementstrategie ist notwendig. Generell ist es, wie von EASAC betont, unerlässlich, alle verfügbaren Ansätze zur Verbesserung der traditionellen und neuartigen Erträge einzusetzen und dabei auf den bestehenden Errungenschaften für eine gute agronomische Praxis aufzubauen. Die potenziellen Kosten, die entstehen können, wenn keine neue Technologie eingesetzt wird oder die Einführung zu langsam erfolgt, müssen berücksichtigt werden. Bei der Lösung der Probleme für FNS darf man keine Zeit verlieren.

Wir betonen, dass es von entscheidender Bedeutung ist, einen umfassenden ökologischen Ansatz für die Herausforderungen einer nachhaltigen Produktion zu wählen, der verbesserte Pflanzensorten, integrierten Pflanzenschutz, Bodenfruchtbarkeit und Wassermanagement mit Reduzierung der externen Inputs umfasst. Es gibt große Bedrohungen für die Pflanzengesundheit, die durch internationale Zusammenarbeit bei der Verknüpfung von Wissenschaft, Wirtschaft und Politik angegangen werden müssen (Macleod *et al.*, 2016). Auch bei der Bewertung von Pflanzengesundheit und Ernteauffällen gibt es erhebliche Lücken, die es zu füllen gilt (Nelson, 2017). Verbesserte Zuchtprogramme sind ein zentraler Bestandteil bei der Sicherstellung einer nachhaltigen Produktion. Die Nutzung wissenschaftlicher Fortschritte (unter Verwendung genomischer Werkzeuge) zur Übertragung von Pflanzenresistenzen gegen Schädlinge ist eine Alternative zur Verwendung von Pestiziden und kann zusammen mit der Kuratation genetischer Ressourcen und dem Engagement für die anderen notwendigen Stufen des Pflanzenzüchtungsprozesses zu einer nachhaltigen Landwirtschaft beitragen (Nelson *et al.*, 2018).

IANAS beschrieb, obwohl die Fortschritte unterschiedlich sind, wie die meisten Länder über nationale Zuchtprogramme verfügen, um den Herausforderungen des Klimas und dem Klimawandel zu begegnen. Darüber hinaus ist die Erhaltung der genetischen Ressourcen *in situ* und *ex situ* Teil der Bemühungen der meisten Länder zur Förderung der Produktionskapazität. Alle Zuchttechniken nutzen die genetische Vielfalt und den Wandel, unterscheiden sich aber in der Präzision, mit der Veränderungen vorgenommen werden können. Es ist zu beachten, dass aufgrund der oft langen Verzögerungszeiten - bei der Umsetzung wissenschaftlicher Fortschritte in verbesserte Nutzpflanzen und Nutztiere - jetzt neue Ideen erforscht und umgesetzt werden müssen, wenn 2030 ein nennenswerter Beitrag zur Erreichung der SDGs geleistet werden soll. Die Verbesserung der Programme zur Pflanzen- und Tierzucht erfordert die Nutzung des gesammelten und konservierten genetischen Materials in Genbanken oder anderen Ressourcen, und die schnell voranschreitende Wissenschaft, die das Spektrum von der Sequenzierung bis zur Bearbeitung von Genomen abdeckt und die funktionellen Konsequenzen versteht.

Zu den Techniken der Pflanzenbiotechnologie gehören die Gewebekultur, die marker-gestützte Selektion (die Verwendung genetischer Marker zur Förderung der Selektion natürlicher Merkmale in der Züchtung) und die Entwicklung der Diagnostik, die alle durch die Bioinformatik unterstützt werden, sowie die genetische Veränderung und ein neueres Set von Instrumenten, die gemeinsam als neue Pflanzenzüchtstechniken (NBTs) bezeichnet werden. Wir versuchen hier nicht, bei der Überprüfung der Biotechnologie umfassend zu sein, und Beispiele dafür, was möglich ist, werden im Detail in den regionalen Berichten diskutiert. Dennoch betonen wir, dass es für die Pflanzenzüchtung erhebliche wissenschaftliche Möglichkeiten gibt, neue Sorten mit höherem Ertragspotenzial, verbesserter abiotischer und biotischer Stresstoleranz, veränderter phenologischer Entwicklung und verbesserter Qualität zu entwickeln. Wenn der biologische Landbau und andere spezifische Praktiken, wie z.B. die konservierende Landwirtschaft, wettbewerbsfähiger werden sollen, dann bedarf es auch einer verstärkten Erforschung dieser Systeme im Hinblick auf die Züchtung geeigneter Sorten.

Wissenschaftliche Fortschritte in der Pflanzenbiotechnologie gibt es in allen Regionen, aber die Übernahme eines Teils der Methoden für die Pflanzenzüchtung und -vermarktung waren innerhalb und zwischen den Regionen unterschiedlich.

Insbesondere die Akzeptanz von gentechnisch veränderten Organismen (GVO) in europäischen und afrikanischen Ländern ist gemischt, wie von EASAC und NASAC²⁶ beschrieben. In der AASSA-Region schreiten viele Länder mit der GVO-Laborforschung voran, aber Feldversuche sind weitaus seltener und die Richtlinien zur genetischen Veränderung variieren innerhalb der Region. In Amerika verwenden die wichtigsten Getreide produzierenden und exportierenden Länder (USA, Brasilien, Argentinien, Kanada, Paraguay, Uruguay, Bolivien, Mexiko, Kolumbien und Chile) alle gentechnisch veränderte Pflanzen (hauptsächlich Sojabohnen, Mais, Raps sowie Baumwolle).

Regulatorische Verzögerungen bei der Zulassung neuer Pflanzen wirken sich negativ auf die Nahrungsmittelproduktion aus und verursachen hohe Gesundheitskosten (Wessler *et al.*, 2017). Darüber hinaus kann eine Überregulierung in einer Region Innovationen in einer anderen behindern, wie von EASAC im Hinblick auf die Auswirkungen der europäischen Politik auf Afrika diskutiert. Für die aktuelle Generation der gentechnisch veränderten Pflanzen ist anzumerken, dass es Vorteile für den Aufwand der Landwirte gibt: Die von NASAC zitierte Forschung dokumentiert die arbeitssparenden Vorteile von herbizidtolerantem Mais für Kleinbauern. Die von AASSA zitierte Meta-Analyse von Publikationen über gentechnisch veränderte Pflanzen dokumentiert die Steigerung der Erträge sowie den reduzierten Pestizideinsatz für gentechnisch veränderte Pflanzen. Laut IANAS gehören zu den Vorteilen, die für den Einsatz gentechnisch veränderter Pflanzen berichtet werden, die ökologischen Vorteile (Reduzierung des Einsatzes chemischer Pestizide, minimale oder gar keine Bodenbearbeitung zur Bodenschonung, Reduzierung des Einsatzes fossiler Brennstoffe) sowie eine höhere Produktivität pro Flächeneinheit - mit geringerem Druck auf die natürlichen Ökosysteme - und ein höheres Einkommen der Landwirte.

GVO sind in einigen Regionen nach wie vor umstritten, obwohl versucht wird, Merkmale von erheblichem gesellschaftlichen Wert zu entwickeln, z.B. in Afrika krankheitsresistente Bananen und Maniok, stickstoffeffizienter Reis, insektenresistente Kuhbohnen und dürrerotoleranter Mais. Mehrere Länder Amerikas entwickeln derzeit eigene gentechnisch veränderte Nutzpflanzen, zum Beispiel Mais, Bohnen, Zuckerrohr, Eukalyptus, Kartoffeln, Papaya, Reis und Zitrusfrüchte mit verschiedenen verbesserten Eigenschaften wie Virusresistenz (Bohne) und Trockenresistenz (Mais).

²⁶ Für den globalen Status kommerzialisierter biotechnologisch/genetisch veränderter Pflanzen siehe ISAAA Brief 2016: <https://www.isaaa.org/resources/publications/briefs/52/download/isaaa-brief-52-2016.pdf>.

Aufbauend auf den bisherigen Fortschritten in der Genforschung werden die NBTs durch Genombearbeitungswerkzeuge revolutioniert, insbesondere durch das CRISPR-Cas9-System, das eine Änderung einer gezielten DNA-Sequenz in einer Zelle präzise und jetzt relativ einfach und kostengünstig ermöglicht. CRISPR-Cas9 veranschaulicht einen signifikanten Fortschritt aus der Grundlagenforschung, dessen vielfältige Auswirkungen nicht ohne weiteres vorhergesagt werden konnten. Diese Werkzeuge werden im Detail in den Regionalberichten und in anderen Publikationen der regionalen Akademienetzwerke (z.B. dem EASAC 2017 Bericht über Genome Editing) diskutiert. In einigen Fällen führen die NBTs nicht zum Vorhandensein von Fremd-DNA in der Endkulturpflanze, und in einigen Ländern werden diese Techniken mit niedrigeren regulatorischen Hürden konfrontiert sein als herkömmliche transgene (GVO-) Produkte. Dieser Status wird jedoch in einigen Regionen noch immer diskutiert, und es besteht kein Konsens darüber, was "fremde DNA" ist. Die jüngste Entscheidung des Europäischen Gerichtshofs, die Genombearbeitung in die GVO-Verordnung aufzunehmen, birgt Risiken, die Forschung und landwirtschaftliche Innovation in der EU zu hemmen. Es ist wichtig, dass die Regulierung evidenzbasiert und transparent ist, verhältnismäßig und flexibel, um zukünftige Innovationen zu erleichtern. Innovation wird nicht nur durch Überregulierung sondern auch durch Unsicherheit bei der Regulierung behindert.

Dies wirft einen allgemeinen Punkt auf, der sich aus unserer Arbeit an der IAP-Synthese ergibt. Weitere internationale Überlegungen sollten der Vereinbarung von Nomenklatur und Definition von Begriffen gewidmet werden, die derzeit als umstritten, subjektiv oder anders interpretierbar wahrgenommen werden können, zum Beispiel ausländische DNA, GVO und Präzisionslandwirtschaft. Obwohl die Themen manchmal kontrovers sind und die Debatte polarisiert, gibt es Grundsätze, auf die man sich einigen könnte: die Notwendigkeit von Standarddefinitionen, die Transparenz bei der Beschreibung der verwendeten Zuchtmethoden, gegebenenfalls die Produktkennzeichnung, um die Rückverfolgbarkeit und die Wahlmöglichkeiten der Verbraucher zu ermöglichen, und die Annahme ähnlicher Beweisstandards und

Vorschriften für Rechtsrahmen durch die verschiedenen Regionen. Es kann ein Fall dafür gefunden werden, die Eigenschaft und/oder das Produkt und nicht die Technologie, die bei der Herstellung dieses Produkts verwendet wird, zu regulieren.

Die Genomeditierung schreitet sehr schnell voran. Die Regionalberichte enthalten Beispiele für CRISPR-Cas9-bearbeitete Rohstoffpflanzen wie Mais, Sojabohnen, Raps, Reis und Weizen zur Übertragung von Eigenschaften wie Dürre- oder Krankheitsresistenz und höheren Erträgen. Die Genombearbeitung wird auch eingesetzt, um Nahrungsmittelallergene zu entfernen und den Nährwert zu erhöhen. Das Potenzial ist groß, aber ein grundlegendes Wissen über die Beziehung zwischen Genotyp und Phänotyp ist nach wie vor unerlässlich. Weitere Fortschritte bei der Nutzung der Genombearbeitung oder anderer biotechnologischer Werkzeuge werden durch die Ambitionen²⁷, viel mehr Genome zu sequenzieren, ermöglicht, einschließlich der bisher vernachlässigten Kulturen. Die weltweite Zusammenarbeit in der dafür erforderlichen Größenordnung steht vor einer Reihe von Herausforderungen, darunter Finanzierung, Vereinbarung von Standards zur Sicherstellung einer qualitativ hochwertigen Sequenzierung und Zugang zu DNA-Proben aus der Wildnis.

Wie in allen vier Regionalberichten beschrieben, ist es weiterhin wichtig, vernachlässigte Sorten zu sammeln und zu kategorisieren ebenso wie andere nicht ausreichend genutzte Kulturen und Wildpopulationen wichtiger Pflanzenarten²⁸. Ihre Bewertung und Verwendung für moderne molekulare Züchtungstechnologien profitieren von gemeinsamen Genpool-Ressourcen mit dem Potenzial, Stämme mit höherem Nährwert zu erzeugen, die besser auf Stress reagieren und im Rahmen der Diversifizierung von Nahrungsressourcen Klimaauswirkungen mildern. Ein Beispiel für das Potenzial, die weltweite Nutzung einer traditionellen Kulturpflanze auszuweiten, ist Quinoa, die aus Peru und Bolivien exportiert und zunehmend von der Mittelschicht anderswo, zum Beispiel in Europa, als gesundes Nahrungsmittel konsumiert wird. EASAC beschrieb, wie die neuere Bestimmung des Quinoa-Genoms dazu beiträgt, seine genetische Vielfalt zu verstehen und eine Grundlage für die Züchtung von

²⁷ Zum Beispiel das Earth BioGenome Project, das darauf abzielt, jede größere Pflanzengruppe einzubeziehen und damit vernachlässigte Sorten (orphan crop) und Pflanzen mit hohem Nährstoffgehalt abzudecken. Die Kombination dieser Bemühungen mit einer Initiative zur Schaffung einer offenen Bibliothek biologischer Daten (Bank of Codes) würde die Verfolgung der Daten erleichtern und könnte automatisch eingesetzt werden, um einen Teil des resultierenden Handelswerts an das Ursprungsland der DNA-Probe zu verteilen. Die Initiative "Fourth Industrial Revolution for the Earth" des Weltwirtschaftsforums zielt darauf ab, Innovatoren auf der ganzen Welt Daten aus biologischen Ressourcen zur Verfügung zu stellen und gleichzeitig eine gerechte Aufteilung der Vorteile sicherzustellen (<https://www.weforum.org>, 23. Januar 2018).

²⁸ Jüngste Informationen unterstreichen die Empfehlungen aus den regionalen Berichten: Die Rote Liste der bedrohten Arten der IUCN (www.iucnredlist.org, Dezember 2017) beschreibt, wie Arten von Wildreis, Weizen und Süßkartoffeln vom Aussterben bedroht sind. Diese Wildarten sind wichtig, um die notwendige genetische Vielfalt in der Kreuzung hinzuzufügen, und da die Erhaltung *in situ* immer schwieriger wird, steigt die Notwendigkeit der Erhaltung von Ressourcen in Genbanken.

Quinoa-Sorten für die europäische Domestikation zu bieten, die sich an die Tageslänge und die saisonalen Veränderungen anpassen - ein Beispiel, wie die interdisziplinäre Forschungsagenda die Zusammenhänge zwischen Landwirtschaft, Ernährung und Ökologie berücksichtigen muss.

Neben der Stärkung der Qualitätssicherungssysteme für Saatgut sind auch noch umfangreiche Forschungsarbeiten über die Determinanten der Domestikation einheimischer Kulturen und Landsorten erforderlich. So beschrieb AASSA beispielsweise die Verwendung von Wildemmerweizen und anderen Weizenverwandten im Kampf gegen Stammrost. Die potenzielle Kontrolle der besonders virulenten Form des Stammrostes, UG99, liegt in der Einführung eines Resistenzgens von einem wilden Verwandten des Weizens in den kultivierten Stamm. Um diese natürlichen Ressourcen zu nutzen, ist es unerlässlich, die Bemühungen um die Sammlung, den Phänotyp, den Genotyp, den Katalog und die Erhaltung der verschiedenen wilden Verwandten und Landrassen von Kulturpflanzen auszuweiten.

5.3.3 Tierzucht und Futtermiteleinträge

Die Fortschritte in der Tierhaltung hängen auch von der Forschung und Entwicklung ab. Wissenschaft und Technologie haben jetzt viel mehr zu bieten, um die Herausforderungen im Zusammenhang mit der Effizienz der Produktion, dem Tierschutz und der Antibiotikaresistenz in der Landwirtschaft anzugehen. Genomik, Fortschritte in der Reproduktionsbiologie und Stammzellforschung haben viel zu bieten. Gleichzeitig, wie von NASAC festgestellt, werden einige einheimische afrikanische Nutztiere und Fische (und Pflanzen), die vielen Risiken und widrigen Bedingungen standhalten, als Hungernahrung angesehen. Diese sind nur in Notfällen zu verwenden. Dieses Verhalten unterstreicht die Relevanz der sozialwissenschaftlichen Forschung für das Verständnis der Ernährungsgewohnheiten und die Information über Konsummuster, um die Aufnahme einheimischer Nahrungsmittel zu optimieren.

Wie in den Regionalberichten diskutiert, gehören die Steigerung des Wohlbefindens, der Produktivität und der Effizienz von Tierernährungssystemen sowie die Verringerung des ökologischen Fußabdrucks der Nutztierproduktion zu den wichtigsten Zielen der Tierforschung. AASSA überprüfte den Forschungsbedarf im Zusammenhang mit der Entwicklung neuer Futtermittel (im unteren Teil der Nahrungsmittelwertschöpfungskette) für Tiere mit einteiligem Magen, wie Schweine und Geflügel, und zur Erforschung der zugrunde liegenden Mechanismen für die Futtermittelverwertung. AASSA beschrieb auch das Potenzial kombinatorischer Ansätze zur Erfüllung der menschlichen Ernährungsbedürfnisse, z.B.

ein Fleisch-Pilz-Amalgam, das die Verwendung von Rindfleischprotein erweitert, und alternative Nahrungsquellen, z.B. Algenarten (auch von EASAC festgestellt) und Insekten. In diesem Zusammenhang empfahl AASSA mehr Forschung und Innovation in der Nahrungsmitteltechnologie zusammen mit einer Analyse der erforderlichen Kompromisse, um attraktive insektenbasierte Nahrungsmittel für den Verzehr zu erzeugen. So kann beispielsweise die Produktion von Hausfliegenlarvenmehl die Landnutzung verringern, aber den Energieverbrauch erhöhen.

EASAC beschrieb die jüngsten Fortschritte bei der Sequenzierung und Bearbeitung von Genomen, von denen erwartet wird, dass sie die Zucht von Nutztieren revolutionieren: die Gesundheit und das Wohlergehen der Tiere zu verbessern und Produktivitätsmerkmale zu übertragen. So wird beispielsweise die Genombearbeitung bei Schweinen derzeit genutzt, um Krankheitsresistenzen einzuführen (insbesondere Schutz vor der Afrikanischen Schweinepest und dem Schweine-Reproduktions- und Atemwegssyndrom-Virus) und die Muskelmasse durch Modifikation des Myostatin-Gens zu erhöhen. NASAC beschrieb eine genetische Fallstudie zur afrikanischen Trypanosomiasis, die im Vergleich zu früheren Methoden der Prävention durch konventionelle Zuchtprogramme oder Impfstoffe oder der Kontrolle durch trypanozide Medikamente einen potenziellen Wert bietet.

Ein wesentlicher Bestandteil des Aufbaus produktiver Mischhaltungssysteme - und stabiler Proteinquellen - ist die ganzjährige Verfügbarkeit hochwertiger Futtermittel für die Tierhaltung, wie in den Berichten von NASAC und AASSA betont wird. NASAC hat die jüngsten Forschungsergebnisse über die Produktion und Verwendung von hochwertigen Futtergräsern und -hülsenfrüchten mit potenziellem Nutzen für die Wiederherstellung von degradierten Flächen sowie die höhere Produktivität der Tiere geprüft. Graszuchtprogramme sind jedoch noch immer begrenzt, da das Geld fehlt, um die Genbanken der Futterarten zu charakterisieren und zu nutzen, so dass die genetische Variabilität noch weitgehend ungenutzt bleibt. Dies bleibt eine große wissenschaftliche Chance. NASAC beschrieb ausführlich eine Fallstudie über *Brachiaria*-Gräser und diskutierte den Wert einer Vielzahl von alternativen lokalen Futtermitteln für Nutztiere.

NASAC und AASSA gaben an, dass es auch eine bedeutende Forschungsagenda gibt, die die folgenden Themen vereint:

- (i) Bewertung geeigneter Kombinationen von Futterarten zur Erhaltung ganzjähriger ernährungsphysiologisch stabiler Grünflächen

unter verschiedenen agro-ökologischen und Management-Systemen unter Berücksichtigung des Klimawandels.

- (ii) Verständnis, wie Futtermittel die Produktivität der Tiere in Bezug auf den Einfluss von schlecht verdaulichen Komponenten oder bestimmten Nährstoffen steigern können. In Nigeria werden Forschungsarbeiten zu Kuherbsensorten durchgeführt, bei denen die Nahrungs- und Futtereigenschaften einschließlich Stickstoff, Ballaststoffe, Energiegehalt und Verdaulichkeit bewertet werden. Es gibt auch Auswirkungen auf das weitere Verständnis des Darmmikrobioms und für die Verwendung von Futtereigenschaften in Pflanzenzüchtungszielen.

5.3.4 Meeres- und Süßwasserquellen für Nahrungsmittel

Fische und andere Nahrungsquellen im Wasser machen weltweit etwa ein Drittel der tierischen Proteinzufuhr aus. Wie EASAC jedoch feststellte, scheint der aktuelle Fischfang aus der Wildnis eine Obergrenze erreicht zu haben und die Ausbeutung ist nicht nachhaltig. Wegen des Rückgangs des Meeresfischbestandes wurde geschätzt (Golden *et al.*, 2016), dass weitere 10% der Weltbevölkerung nun mit Mikronährstoff- und Fettsäuredefiziten konfrontiert sein könnten, insbesondere in Entwicklungsländern am Äquator.

Im Vergleich zum Land scheint die Meeresumwelt jedoch als Nahrungsquelle für die menschliche Bevölkerung unzureichend genutzt zu werden. Wie von EASAC berichtet, ist die ökologische Effizienz

des Fischfangs aus der Wildnis mindestens eine Größenordnung niedriger als bei an Land produzierten Nahrungsmitteln. Die ausgebeuteten Fischbestände machen nur einen kleinen Teil der gesamten marinen Biomasse aus. Die derzeitige Fischereipraxis stützt sich auf eine lange Tradition der Jagd auf Raubtiere ganz oben in der Nahrungskette. EASAC empfahl die Ausrichtung der Fangfischerei auf niedrigere trophische Ebenen in der marinen Nahrungskette - es wird anerkannt, dass diese Neuausrichtung Technologie- und Managementaufgaben mit sich bringt. Es gibt weitere Möglichkeiten, wasserintensive Komponenten der menschlichen Ernährung (z.B. tierisches Protein) vom Land auf den Ozean zu übertragen, und es besteht dringender Bedarf an der Erforschung der Wissensbasis für eine nachhaltige Ernte und Kultivierung im Meer und Süßwasser.

Was ist mit der Fischzucht? Laut AASSA gilt die Aquakultur als eine der am schnellsten wachsenden Nahrungsmittelsektoren weltweit. IANAS diskutierte, wie sich die Aquakultur in einer Vielzahl von Ländern (in Kanada, Chile, Mexiko, Peru, Argentinien und Ecuador) zu einer wichtigen neuen Industrie entwickelt hat. Auf der Grundlage der derzeitigen Produktions- und Verteilungsmuster bestehen jedoch Zweifel daran, dass der globale Anstieg der Fischzucht den prognostizierten Nährstoffmangel decken könnte (Golden *et al.*, 2016). Darüber hinaus gibt es Hinweise darauf, dass Fische aus Aquakultur im Vergleich zu gefangenen Fischen ärmer an Mikronährstoffen sind (Thilsted *et al.*, 2016), so dass Anstrengungen erforderlich sein können, um die Mikronährstoffdichte bei Zuchtfischen zu erhöhen. Nach diesen Bewertungen müssen neue Modelle entwickelt werden, die Daten zur menschlichen Gesundheit und

Box 4 Wasser-Fallstudien aus den Regionalberichten

NASAC. Saisonale Fischerei der Oktopusse in Rodrigues (einer Insel vor der Küste von Mauritius). Der früheren Übernutzung dieser Ressource wurde durch mehrere Maßnahmen begegnet, darunter einer Aufklärungskampagne für Fischer (Einstellung der Fischerei während der Brutzeit), der Wiederherstellung von Mangrovenplantagen, der Kontrolle invasiver Pflanzenarten und der Durchsetzung gegen Wilderei und illegalen Handel, was letztlich zu einer erheblichen Verbesserung der Fangmengen führte. Dieses Programm wurde nun auf andere afrikanische Länder ausgedehnt und zeigt die Bedeutung der ökologischen Agrarforschung für die Information von Politik und Praxis. IANAS verwies auf andere Umweltvorschriften und Erhaltung biologischer Vielfalt in Nord- und Südamerika, die ebenfalls zum Artenschutz und zur teilweise gemäßigten Übernutzung beigetragen haben.

AASSA. Asiatische Garnelenproduktion. Da männliche Garnelen viel größer sind als weibliche, würde die Garnelenindustrie von einer Zuchttechnologie profitieren, die nur Männchen hervorbringt. Die RNA-Interferenz wurde verwendet, um ein Gen zu eliminieren, das insulinähnliche androgene Peptide kodiert. Die daraus resultierenden feminisierten Männchen produzieren nur männliche Nachkommen. In regionaler Zusammenarbeit werden die jungen, feminisierten Garnelen nun in ganz Asien zur kommerziellen Produktion verteilt und könnten darüber hinaus als nachhaltige Biokontrollmittel gegen Süßwasserschnecken, die Krankheiten (einschließlich Bilharziose) übertragen oder Reisfelder schädigen, eingesetzt werden. Da diese Garnelen keine reproduktiven Populationen bilden können, besteht keine Gefahr, dass sie zu invasiven Arten werden.

AASSA. Tilapia-Teich-Virus. Tilapia wird weltweit als wichtige Proteinquelle gezüchtet, aber das Tilapia-Teich-Virus, das 2014 identifiziert wurde, stellt eine große Bedrohung dar. Trotz seiner jüngsten Entdeckung wurde das Virus bereits sequenziert, ein wichtiger Schritt bei der Herstellung eines Diagnosekits und der erste Schritt bei der Entwicklung eines Impfstoffs.

IANAS. Fischzucht in Südamerika. Chile ist heute der zweitgrößte Lachsproduzent der Welt. Regenbogenforellen kommen auch als eingeschleppte Population in etwa der Hälfte der südamerikanischen Länder vor - von den venezolanischen Anden bis in die südlichen Gebiete Argentiniens und Chiles.

zur Fischerei einbeziehen, um eine ernährungssensible Politik für die Fischproduktion festzulegen. Eine Reform der Aquakultur zur Verbesserung des Zugangs für marginalisierte Bevölkerungsgruppen und neue interdisziplinäre Partnerschaften zwischen Wissenschaftlern, Aquakulturtechnologen, Spezialisten für Ernährung und öffentlichem Gesundheitswesen, Ökonomen, Geldgebern und politischen Entscheidungsträgern müssen aufgebaut werden. Darüber hinaus wird es für die Fischereipolitik als unerlässlich erachtet, sozial verantwortliche und ökologisch nachhaltige Maßnahmen zu unterstützen: die Verletzung von Arbeitsrechten in diesem Sektor angehen und auf alle Beteiligten eingehen (Kittinger *et al.*, 2017). Außerdem wird es immer wichtiger, die Auswirkungen der Marikultur auf die Umwelt zu berücksichtigen, zum Beispiel in Meeresanbausystemen.

Die regionalen Berichte beschreiben eine Reihe von Fallstudien und wissenschaftlichen Möglichkeiten, die das weitere Potenzial der Ozeane und der Aquakultur veranschaulichen. Solche Fallstudien (z.B. die in

Box 4) müssen sorgfältig geprüft werden, um die Erfolgsergebnisse innerhalb und zwischen den Regionen auszutauschen.

Weltweit liegt der Aquakultursektor bei der Anwendung der selektiven Züchtung deutlich hinter der Pflanzen- und Tierproduktion zurück, aber es besteht Potenzial zur Ertragssteigerung, um die anderen strategischen Maßnahmen zu ergänzen, die von Golden und seinen Mitarbeitern (2016) geprüft wurden. Genetische Verbesserungen könnten auch die Umweltauswirkungen der Aquakultur reduzieren. So haben beispielsweise von NASAC zitierte Untersuchungen zum afrikanischen Wels ergeben, dass eine Erhöhung der Effizienz bei der Futtermittelverwertung den ökologischen Fußabdruck konsequent reduziert - obwohl auch bei den besten Managementpraktiken noch Forschungsbedarf besteht, um die Produktivität nachhaltig zu maximieren. Im Großen und Ganzen gibt es noch viel mehr zu tun, um das komplexe Zusammenspiel zwischen Fischerei, Aquakultur, Landwirtschaft und Umwelt bei der Behandlung von Trade-Offs zur Erfüllung der SDGs zu beurteilen (Blanchard *et al.*, 2017).

6 Wettbewerb um natürliche Ressourcen: nachhaltige Entwicklung und das umfassende Ökosystem

„Wenn die Prinzipien der Ökonomie der natürlichen Ressourcen auf die Landwirtschaft angewendet würden, bei der alle Externalitäten vollständig kalkuliert und die Kosten in die Produktionskosten internalisiert würden, gäbe es zweifellos erhebliche Veränderungen in der Art der Nahrungsmittelproduktion“. AASSA

Vierzig Prozent der Landfläche der Erde entfallen auf die Landwirtschaft, entweder den Anbau von Pflanzen oder die Viehzucht. Wasser, Energie und Boden sind für die Nahrungsmittelproduktion unerlässlich, und ihre Verfügbarkeit hängt auch direkt mit der aktuellen und zukünftigen FNS zusammen. Der Verbrauch der natürlichen Ressourcen der Erde hat sich in den letzten 30 Jahren verdoppelt, wobei ein Drittel der Fläche des Planeten inzwischen stark degradiert ist²⁹. Eine Trendwende beim Zustand von Land und anderen natürlichen Ressourcen könnte die Bemühungen zur Erreichung vieler Ziele für nachhaltige Entwicklung beschleunigen. Allerdings gibt es immer noch einen zunehmenden Wettbewerb zwischen der Nachfrage nach Landfunktionen, die Nahrung, Wasser und Energie liefern, und anderen Ökosystemdienstleistungen. Eine sicherere Zukunft erfordert ein besseres Management von Trade-Offs im Landschaftsmaßstab. Es ist möglich, dass zukünftige optimierte Landnutzungssysteme weniger Dienstleistungen erbringen als derzeit gefordert werden. Die Modellierung alternativer Zukunftsperspektiven für die Erbringung von Dienstleistungen muss mehrere Schnittpunkte umfassen, einschließlich Gesundheits-, Ernährungs-, Wirtschafts-, Klima- und Ökosystemdienstleistungen.

Wie bereits erwähnt, kommt die Konkurrenz um die begrenzten Flächen für die Landwirtschaft aus der Urbanisierung, Industrialisierung und dem Naturschutz. Der Anteil der weltweit in städtischen Gebieten lebenden Bevölkerung stieg von 33% im Jahr 1960 auf 54% im Jahr 2014, mit besonderem Wachstum in Asien und Afrika, wenn auch der Rückgang der ländlichen Gebiete ein globales Problem ist (Liu und Li, 2017). NASAC hob ebenfalls die Auswirkungen ausländischer Investitionen in Grundstücke hervor. Afrika ist der Kontinent, der am stärksten für große Landtransfers an ausländische Eigentümer ins Visier genommen wird, vor allem leicht zugängliches, fruchtbares Land. Ein großer Teil der von ausländischen Investoren erworbenen Grundstücke wird oft nicht sofort genutzt und die Rate von aufgegebenen Projekten ist hoch. Landerwerb und Nutzungsänderung müssen genau überwacht

und die Auswirkungen auf die Ernährungssicherheit auf verschiedenen Ebenen bestimmt werden - auf nationaler, kommunaler und privater Ebene sowie zwischen verschiedenen Gruppen wie Frauen und marginalisierten Gemeinschaften.

In allen Regionen haben sich in den letzten Jahrzehnten große Veränderungen in der Landnutzung ergeben, um die Expansion der Landwirtschaft zu ermöglichen. Die Landwirtschaft konkurriert mit anderen Ökosystemdienstleistungen um die Landnutzung. Außerdem kann die Landwirtschaft direkte Auswirkungen auf andere Ökosystemdienstleistungen haben. Zum Beispiel wirken sich viele der derzeitigen landwirtschaftlichen Praktiken nicht nur negativ auf die Artengemeinschaften von Bestäubern aus, sondern auch auf die von Parasitoiden, die für natürliche Schädlingsbekämpfung sorgen. Die Umwandlung natürlicher Ökosysteme in Ackerland reduziert direkt die Verfügbarkeit wichtiger Ressourcen für viele nützliche Arten. Darüber hinaus schafft die Einführung einer großflächigen Landwirtschaft einfachere Landschaften, die einheitlicher sind, wodurch die biologische Vielfalt und die von ihnen angebotenen Dienstleistungen verringert werden. Des Weiteren hat die häufige Anwendung von Insektiziden, Herbiziden und Fungiziden in Agrarökosystemen sowohl direkte (Toxizität) als auch indirekte (Ressourcenverfügbarkeit) negative Auswirkungen auf Nutzarten, was zu einer Verringerung wichtiger Ökosystemdienstleistungen führt.

Wie von IANAS beobachtet, bedroht die landwirtschaftliche Expansion heute das ökologische Gleichgewicht und die biologische Vielfalt und verschärft den regionalen und globalen Klimawandel. AASSA hat auch eine umfassende Bewertung des Ressourcenwettbewerbs auf der Grundlage von sozialen, wirtschaftlichen und ökologischen Fragen für den Land- und Wasserwettbewerb vorgelegt. So hat beispielsweise in China, wie auch anderswo in Asien, die schnelle Abwanderung von Landbewohnern in städtische Gebiete Folgen für den Ernährungswandel (Kapitel 4) gehabt, aber die Stadtentwicklung hat viele zusätzliche Auswirkungen auf die Nutzung und Verschmutzung von Land- und Wasserressourcen. Die meisten Studien über die Auswirkungen der Verstädterung auf die Ernährungssysteme konzentrierten sich auf die Auswirkungen der physischen Expansion von

²⁹ "UN Global land outlook. Better land use critical for 2030 agenda", September 2017. Auf www.global-land-outlook.squarespace.com/the-outlook/#the-book.

Städten auf die Landnutzung für die Landwirtschaft (Probleme auf der Angebotsseite) und auf Änderungen in der Ernährung (Fragen auf der Nachfrageseite). Dies sind natürlich sehr wichtige Dimensionen. Es bedarf aber auch der Erforschung der vielfältigen, weniger untersuchten Aspekte der Urbanisierung und der Ernährungssysteme (Seto und Ramankutty, 2016), z.B. Verbindungen zu Nahrungsmittelabfällen, städtischen Einzelhandelssystemen, städtischen Gebieten als Innovationszentren und die Auswirkungen auf Kleinbauern, die durch die Stadterweiterung vertrieben werden. Eine weitere Diskussion über die vielfältigen Auswirkungen der Verstädterung auf die Ernährungssysteme, insbesondere auf die Qualität der Ernährung, die Gesundheit, den Zugang zu Nahrungsmitteln und die Wahl der Nahrungsmittel, ist in IFPRI (2017b) enthalten. Bloem und de Pee (2017) untersuchen die Auswirkungen von Schwankungen der städtischen Größe, Dynamik und Infrastruktur bei der Bestimmung des Zugangs zu nahrhaften Nahrungsmitteln.

Während die Nachfrage nach Land für die Landwirtschaft zunimmt, gibt es zusätzliche Anforderungen an Land für die Abscheidung und Speicherung von CO₂ (z.B. durch Aufforstung) und für andere Zwecke, insbesondere die Bioökonomie. Wie von EASAC erörtert, umfassen die Forschungsherausforderungen, die mit der multifunktionalen Landnutzungsplanung verbunden sind, die Entwicklung von Szenarien zum Ausgleich von Nahrungsmitteln, Energie, Wasser und Umweltzielen; die Beurteilung der Gültigkeit und Verwendbarkeit verschiedener Ansätze zur Bewertung von Ökosystemdienstleistungen; die Verbesserung der Fähigkeit, Risiken und Chancen bei Entscheidungen über Kompromisse zwischen verschiedenen Ökosystemdienstleistungen zu analysieren. Es besteht Bedarf, eine bessere Evidenzbasis zur Untermauerung der Land-, Wasser- und sonstigen Ressourcennutzung bei der Bereitstellung des Spektrums der erforderlichen privaten und öffentlichen Güter in einer nachhaltigen und ortsgerechten Weise zu entwickeln. Da es nur sehr wenige spontan entstehende Märkte für Umweltdienstleistungen gibt, ist ihre unzureichende Bereitstellung ein Beispiel für Marktversagen, sodass den geeigneten Bedingungen und Anreizen für die Erbringung öffentlicher Umweltdienstleistungen Aufmerksamkeit geschenkt werden muss.

Ein Aufsatz im Auftrag der G20 (von Braun *et al.*, 2017) fordert, dass Land, Wasser und Energie im Rahmen der Neugestaltung der globalen Regierungsführung von Landwirtschaft und Ernährung gemeinsam in der Politik berücksichtigt werden. In den folgenden Abschnitten konzentrieren wir uns auf Themen, die in den Regionalberichten angesprochen werden. Es gibt aber auch für andere Ressourcen, wie z.B. Mikronährstoffe, relevante Themen. Der Phosphorstatus

ist beispielsweise von großer Bedeutung für die globale Ernährungssicherheit. Um den prognostizierten Bedarf an Milch und Fleisch zu decken, wurde geschätzt, dass sich der Phosphoreinsatz (mineralisch und organisch) in den globalen Graslandschaften bis 2050 mehr als vervierfachen müsste (Sattari *et al.*, 2016).

6.1 Wasser

IANAS beobachtete, dass sich die Weltbevölkerung zwischen 1900 und 2000 vervierfachte, aber die Süßwasserextraktion um das Neunfache wuchs. Sollte sich dieser Trend verstärken, würde die globale Rate der Wasserentnahme über das nachhaltige Maß hinausgehen; dies ist in einigen Gebieten bereits geschehen (z.B. in Teilen Asiens (Teng *et al.*, 2015)). In allen Regionen ist die landwirtschaftliche Produktion auch mit Umweltkosten für Wasser verbunden, zum Beispiel als Nährstoffabfluss und Eutrophierung des Wassers. Weltweit macht die Landwirtschaft heute etwa 70% der Wasserentnahmen aus, und die UNO prognostiziert, dass der Bewässerungsbedarf bis 2025 um bis zu 100% steigen wird. Jüngste hydrologische Modellierungen und Erdbeobachtungen haben weltweit hohe Raten der Grundwasserentnahme quantifiziert, vor allem wegen der Wasserentnahmen für die Bewässerung. Es wurde geschätzt, dass etwa 11% der nicht erneuerbaren Grundwassernutzung für die Bewässerung in den internationalen Nahrungsmittelhandel eingebettet sind (Dalin *et al.*, 2017), was die Risiken für die Ernährungs- und Wassersicherheit weltweit verdeutlicht.

Wie von IANAS ausführlich erläutert, ist die effiziente Nutzung der Wasserressourcen für das zukünftige Wachstum der Nahrungsmittelproduktion, die öffentliche Gesundheit und die Lebensqualität unerlässlich. In Nord- und Südamerika gehören schlechte Wasserqualität und ineffizientes Wassermanagement zu den größten ökologischen Herausforderungen. Amerika ist reich an Wasserressourcen, aber wissenschaftlich und technologisch fundierte Verbesserungen, insbesondere zur Optimierung der Bewässerungseffizienz, sind unerlässlich, um das Potenzial der Region zur Nahrungsmittelproduktion zu nutzen. Die Wasserqualität wird zunehmend durch Verunreinigungen wie Krankheitserreger, Düngemittel, Pestizide und andere (wie Kraftstoffe und Lösungsmittel) beeinträchtigt. IANAS betonte die Bedeutung eines besseren Grundwassermanagements für die Abwehr von Dürre und für die Ergänzung der Oberflächenvorräte. Eine der wichtigsten Strategien für eine rationellere Wasserbewirtschaftung ist die Wiederverwendung von Abwasser in der Landwirtschaft, obwohl diese Wiederverwendung einer genauen Überwachung - je nach der unter Bewässerung stehenden Kultur, wegen des höheren Salzgehalts und anderer möglicher Schadstoffe - bedarf.

NASAC hat die vielen Herausforderungen im Zusammenhang mit Wasser in Afrika untersucht. So nutzen beispielsweise aride und semiaride Gebiete fast alle ihrer verfügbaren Wasserressourcen durch Bewässerung mit Nicht-Grundwasser, und viele dieser Länder müssen Wasser importieren, um ihren Bedarf zu decken. In Übereinstimmung mit dem Standpunkt von IANAS betonte NASAC die Bedeutung des Abwasserrecyclings und beschrieb Fortschritte in der hydroponischen Produktion mit der Rückführung von Wasser und Nährstoffen in einem geschlossenen System. Geschlossene Bewässerungssysteme verbrauchen etwa die Hälfte des Wassers herkömmlicher Verfahren, verlängern die Wachstumsperiode auf die ganzjährige Produktion und schützen vor Pflanzenkrankheiten. In allen Bereichen der Wassergewinnung, -speicherung und -nutzung sind erhebliche Investitionen in Wissenschaft, Technologie und Fertigkeiten erforderlich (siehe auch Kapitel 5 für eine Diskussion über die Innovation der Tropfbewässerung). Viele dieser Innovationen haben positive Auswirkungen auf Frauen, indem sie die Belastung reduzieren, die sie traditionell bei der Wassergewinnung für Haushalts- und landwirtschaftliche Zwecke tragen. Der Zugang zu sauberem Wasser hat Vorteile für eine sicherere Nahrungsmittelzubereitung, Gesundheit und Hygiene.

In der Wiederholung vieler dieser Punkte beschrieb AASSA zusätzlich, wie der übermäßige Wasserverbrauch für den Baumwollanbau in den asiatischen/ australasiatischen Ländern die Wasserressourcen im Allgemeinen und die Nahrungsmittelproduzenten im Besonderen belastet. EASAC konzentrierte sich auch auf die Themen Landwirtschaft und Wasserverschmutzung, Wasserverfügbarkeit und Wassernutzung in der Lieferkette, einschließlich der Auswirkungen des europäischen Wasserverbrauchs in der Form von Nahrungsmittelimporten auf den Rest der Welt. Die Probleme für die miteinander verbundenen Nahrungs-, Wasser- und sonstigen Ökosystemdienstleistungen sind von Natur aus transdisziplinär und erfordern die Zusammenarbeit zwischen verschiedenen Fachbereichen.

Viele der Herausforderungen sind zwischen den Regionen ähnlich, und ein Bericht des CFS HLPE³⁰ behandelt die vielfältigen Zusammenhänge zwischen Wasser und Ernährungssicherheit, die Notwendigkeit der Bewältigung von Wasserknappheit in der Landwirtschaft und den Ernährungssystemen und die Herausforderungen für eine integrative Wasserpolitik, einschließlich Sozial- und Menschenrechtsfragen. Allerdings wurde der Schwerpunkt weniger auf Wasser und Ernährung gelegt. Es gibt weiterhin

wissenschaftliche Möglichkeiten, den Wissensaustausch zu erleichtern und die Forschung fachübergreifend an den Schnittstellen Nahrungsmittel - Ernährung - Wasser - Umwelt mitzugestalten.

6.2 Boden

Die landwirtschaftlichen Erträge sind durch die Bodenbeschaffenheit begrenzt, und die globale Ernährungssicherheit wird durch die zunehmende Bodendegradation gefährdet. Ein aktueller FAO-Bericht³¹ dokumentiert Bodenressourcen weltweit, die Treiber des Wandels, wahrscheinliche Auswirkungen und vorgeschlagene Maßnahmen.

IANAS beschrieb, wie die Bodendegradation ein wichtiges Problem in Amerika ist, das Forschung und Innovation erfordert, um Lösungen zu finden. Der Einsatz von chemischen Düngemitteln und Pestiziden wirkt sich negativ auf die Bodenmikrobiota sowie auf die Kontamination von Oberflächen- und Grundwasserressourcen aus (siehe vorheriger Abschnitt). Übermäßige Mechanisierung und Verdichtung der Böden führen zu einer Zunahme der Erosion und zum Verlust der Fruchtbarkeit. Die Notwendigkeit eines Wandels in der Bodenbewirtschaftung in der Landwirtschaft hat zu direkten Pflanzinitiativen mit signifikanten progressiven Auswirkungen geführt, zum Beispiel in Brasilien auf den Bodenschutz, die Erhaltung und die Verbesserung der bodenphysikalischen, chemischen und biologischen Eigenschaften.

NASAC untersuchte, wie die sinkende Bodenfruchtbarkeit ein wesentliches Hindernis für den landwirtschaftlichen Wandel in Afrika darstellt. Das integrierte Landmanagement muss sich auf die Erhöhung des Gehalts an organischer Substanz, die Feuchterhaltung und andere Formen der Bodensanierung konzentrieren. Darüber hinaus ist eine umfassende Bodenkartierung erforderlich, um Schwachstellen zu identifizieren und Bodenverbesserungspraktiken zu unterstützen. Die Kombination von Bodenkartierung mit Wetterüberwachung und Eignungskartierung wird dazu beitragen, eine präzise Landwirtschaft zu ermöglichen (siehe Kapitel 5). AASSA beschrieb, wie Böden mit Schwermetallen verunreinigt wurden, wobei sich das Problem über Süd- und Südostasien erstreckte. In ähnlicher Weise erörterte EASAC Nährstoffverluste und Kontaminationen im Boden und die Zusammenhänge zwischen Problemen der Bodengesundheit und der Lebensmittelsicherheit und -qualität. Da Europa jedoch aus anderen Ländern importieren kann, wird die Verfügbarkeit von Netto-Nahrungsmitteln derzeit

³⁰ "Water for food security and nutrition" www.fao.org/cfs/cfs-hlpe.

³¹ Intergovernmental Technical Panel on Soils, 2015.

nicht wesentlich von den lokalen Bodenverhältnissen beeinflusst (obwohl die traditionellen lokalen Nahrungsmittelerzeugungsaktivitäten gefährdet sein können). Dies veranschaulicht erneut den allgemeinen Standpunkt, dass einige Regionen weiterhin nicht nachhaltig mit den Ressourcen, einschließlich Land und Wasser, umgehen, indem sie die negativen Auswirkungen in andere Regionen exportieren.

Wie von EASAC beschrieben (und in den anderen regionalen Berichten veranschaulicht), bestehen folgende Möglichkeiten für die Wissenschaft Bodenbewirtschaftung zu unterstützen:

- Entwicklung und Einführung von Verfahren und Technologien für eine kosteneffiziente Bodenbewirtschaftung, einschließlich einer schonenden Landwirtschaft, und eines geringeren Einsatzes von Stickstoff- und Phosphordüngemitteln. Studien zeigen, dass der biologische Landbau positive Auswirkungen auf die Bodengesundheit hat, aber es besteht, wie gesagt, Forschungsbedarf, um die Ertragslücke zu verringern und von den positiven Auswirkungen dieser Anbaumethode zu profitieren.
- Verbesserte Beobachtungssysteme zur Überwachung von bodenchemischen und biologischen Schadstoffen.
- Entwicklung und Einführung von Techniken zur Rekarbonisierung, Wiederherstellung und Sanierung von Böden.

Durch den Prozess der Denitrifikation, zu dem auch die Produktion des großen Treibhausgases N_2O gehört, gehen erhebliche Mengen an Stickstoff aus dem Boden in die Luft verloren. Zu den innovativen Bodenbewirtschaftungspraktiken, die entwickelt werden müssen, gehören solche, die die Effizienz der Nährstoffnutzung durch Pflanzen verbessern. AASSA beschrieb, wie Fortschritte in der synthetischen Biologie zu Entwicklungen führen, die die Bodengesundheit verbessern können. Beispielsweise können dem Boden künstliche Bakterien zugesetzt werden, um die Bindung von Stickstoff in der Luft an Ammoniak voranzutreiben und Pflanzen zu düngen.

Es gibt eine vielversprechende Forschungsagenda, die mit der Etablierung der Funktionen des Bodenmikrobioms - der mikrobiellen Gemeinschaften, die in enger Verbindung mit Pflanzenwurzeln leben - für die Gesundheit von Boden und Pflanze verbunden ist³². NASAC beschrieb beispielsweise die Beteiligung des Bodenmikrobioms an der Reaktion von Pflanzen auf Umweltstress, wie hohen Salzgehalt und geringe Wasserverfügbarkeit, sowie auf Krankheiten. Eine Mischung aus traditionellen Forschungsmethoden, der Laborisolierung von mikrobiellen Stämmen und moderner Hochdurchsatz-Sequenzierung trägt dazu bei, mikrobielle Arten zu katalogisieren, die mit Pflanzen in verschiedenen Böden in Subsahara-Afrika (und in anderen Regionen) assoziiert sind. Die Bedeutung des Bodenmikrobioms für die Pflanzenproduktivität muss nun auch bei der Fokussierung auf die gewünschten Eigenschaften in Pflanzenverbesserungsprogrammen berücksichtigt werden: die gleichzeitige Auswahl vorteilhafter Eigenschaften in Pflanze und Mikrobiom. Wie von EASAC diskutiert, gibt es auch weiterhin Forschungsbedarf zur Klärung von Wechselwirkungen zwischen Pflanzenwurzel und Bodenmikrobiom bei der Erhöhung der Kohlenstoffbindung in Böden. Ein Verständnis des Umfangs und der Effizienz dieser potenziellen Rekarbonisierung wird dazu beitragen, ihren relativen Beitrag als negative Emissionstechnologie zur Minderung des Klimawandels zu quantifizieren. Während der Gewinn an Bodenqualität durch die Förderung dieser Wechselwirkung mindestens ebenso signifikant sein könnte wie die Auswirkungen auf die Treibhausgaswerte, muss die Evidenzbasis gestärkt werden, um festzustellen, ob der Ansatz in ausreichendem Umfang eingesetzt werden kann und im Vergleich zu alternativen Maßnahmen (einschließlich der Verwendung anderer Technologien mit negativen Emissionen) zum Klimawandel wirtschaftlich tragfähig wäre.

Es gibt weitere wichtige Möglichkeiten für die Erforschung des Bodenmikrobioms im Hinblick auf die Bioökonomie, wie von EASAC dargelegt. Insbesondere wird es neue mikrobielle Quellen für chemische Stoffe zu neuen pharmazeutischen Wirkstoffen geben (siehe z.B. Maffioli *et al.*, 2017). Solche Anstrengungen sollten bei der Suche nach neuartigen Arzneimitteln und anderen hochwertigen Chemikalien weltweit im Sinne der globalen Bioökonomie verstärkt werden.

³² Eine aktuelle Publikation (Li *et al.*, 2018) beschreibt Möglichkeiten für neue Diagnostika für die Pflanzengesundheit und Präzisionslandwirtschaft. Saurer Regen kann Reis schädigen, aber die derzeitigen Überwachungsmethoden sind langsam (bis zur Beobachtung des Schadens ist er irreversibel). Ein neuer Sensoransatz misst die Auswirkungen von saurem Regen im Hinblick auf die Wurzelsekretion von organischen Molekülen, die Nahrung für Mikroben sind und die dann einen schwachen elektrischen Strom erzeugen. Das bioelektrochemische Monitoring bietet die Möglichkeit, diesen Indikator für Pflanzenstress innerhalb von Minuten zu messen und zu übertragen, was Abhilfemaßnahmen erleichtert (Anwendung von sauberem Wasser).

6.3 Energieverbrauch und -erzeugung

Wie bereits erwähnt, sind Nahrung, Wasser und Energie voneinander abhängige Ressourcen, die ein integriertes Management erfordern. Die Landwirtschaft und das Ernährungssystem machen derzeit etwa 30% des globalen Energieverbrauchs aus (von EASAC näher untersucht), und die Auswirkungen dieses Verbrauchs sowie die Auswirkungen der landwirtschaftlichen Praktiken auf die Treibhausgasemissionen wurden bereits beschrieben. Allerdings gibt es auch Einschränkungen für die Landwirtschaft durch mangelnde Energieverfügbarkeit.

In verschiedenen Regionen (insbesondere in Teilen Afrikas, Asiens und Amerikas) können netzferne Dörfer aufgrund der eingeschränkten Kapazität für den Betrieb von Geräten, die für den Anbau und die Bewässerung benötigt werden, und der Unfähigkeit, lokale kleine Nahrungsmittelverarbeitung zu entwickeln und Verluste nach der Ernte zu verhindern, keine Ernährungssicherheit haben. Die Auswirkungen von Beschränkungen für den Energieverbrauch und die Möglichkeiten einer intelligenten Energieversorgung zur Erreichung der Ernährungssicherheit in netzfernen Dörfern werden von Swaminathan und Kesavan (2015) im Rahmen des globalen Smart Villages-Projekts³³ näher erläutert. Eine effiziente Energieversorgung hat erhebliche Vorteile bei der Reduzierung mühsamer Haushaltsarbeit und bei der Zubereitung und Lagerung von Nahrungsmitteln zur Verbesserung der Ernährung. Zugang zu Energie kann Frauen mehr Zeit schenken und die Beschäftigung erleichtern.

Auch die Landnutzung und der Wettbewerb zwischen Nahrungsmittel- und Bioenergieproduktion in der Landwirtschaft sind mit komplexen Fragestellungen verbunden. Die Bioenergieproduktion kann mit dem Nahrungsmittelsektor konkurrieren, entweder direkt, wenn Nahrungsmittel als Energiequelle genutzt werden oder indirekt, wenn Bioenergiepflanzen auf Böden angebaut werden, die sonst für die Nahrungsmittelproduktion genutzt würden. Länder stellen auf Biokraftstoffe um, um ihren steigenden Energiebedarf zu decken. Wie von AASSA beschrieben, hat China beispielsweise Anreizprogramme zur Steigerung der Biokraftstoffproduktion eingeführt und ist derzeit der viertgrößte Produzent der Welt. Es gibt jedoch Bedenken, dass die Produktion von Biokraftstoffen in China (und anderswo) die Wasserqualität verringert und die Wasserreserven abbaut. IANAS wies darauf hin, dass der Wasserbedarf für die Bewässerung von Pflanzen, die für Biokraftstoffe angebaut werden, viel höher sein kann als für die Gewinnung fossiler Brennstoffe. Daher müssen Subventionen und Praktiken auf der Grundlage

von Biokraftstoffen, die Landwirte dazu anregen, Grundwasserleiter mit unhaltbaren Raten zu pumpen, was zur Erschöpfung der Grundwasserressourcen führt, abgewendet werden. Der Wasserverbrauch hängt jedoch von der Kultur ab. So sind Getreide- und Ölsaaten je nach den spezifischen klimatischen Bedingungen und der Bewässerung viel wasserintensiver als Zuckerrohr.

Wie von EASAC diskutiert, geht das Wachstum der Biokraftstoffproduktion mit einer erhöhten Produktion von eiweißreichen Tierfutternebenprodukten aus der Biokraftstoffverarbeitung einher, aber diese Nebenprodukte werden in Modellen der wirtschaftlichen und ökologischen Auswirkungen der Biokraftstoffproduktion oft ignoriert. EASAC hat nicht nur die bereits vorhandene Evidenzbasis für die Entscheidung über Optionen für Biokraftstoffe besser genutzt, sondern auch festgestellt, dass noch zahlreiche Fragen der Bioenergieforschung zu klären und zu lösen sind. Zu diesen Themen gehören die Bewertung der Auswirkungen auf die Landnutzung; die Auswirkungen auf die Preissetzung durch die Produzenten und die wahrscheinlichen Implikationen der Markteinführung fortgeschrittener Technologien für die Biokraftstoffproduktion; und die weitere Erforschung des komplexen Zusammenhangs zwischen dem Ausbau der Bioenergie und dem Anstieg der Preise für landwirtschaftliche Erzeugnisse. Internationale Streitigkeiten sind wahrscheinlicher, wenn man sich nicht einig ist, was nachhaltige Biomasse für die Bioenergieerzeugung (und für andere Anwendungen der Bioökonomie) ist. Die Standardisierung der Nachhaltigkeitskriterien für Biomasse (Bosch *et al.*, 2015) muss sowohl soziale als auch ökologische und wirtschaftliche Faktoren einbeziehen. Darüber hinaus sind noch umfangreiche Forschungsarbeiten erforderlich, um den Wert von Biokraftstoffen der zweiten Generation (einschließlich ungenießbarer Pflanzenteile) und Biokraftstoffen der dritten Generation (einschließlich Algen) sowie das längerfristige Potenzial für eine technisch verbesserte Photosynthese zu ermitteln.

6.4 Biodiversität

Landnutzungsänderungen und damit verbundene Belastungen haben bereits in etwa zwei Dritteln der Welt lokale Biodiversitätsinteraktionen über die kürzlich vorgeschlagene planetarische Grenze hinaus reduziert (Newbold *et al.*, 2016). So wird beispielsweise, wie von IANAS überprüft, geschätzt, dass die Umwandlung von landwirtschaftlichen Flächen 80% der weltweiten Entwaldung ausmacht, was zu anderen Umweltschäden führt. In ganz Amerika führt die Umstellung der Wälder zu Ackerland zu erhöhten erosiven Prozessen

³³ www.e4sv.org.

und destabilisiert hydrologische Systeme, mit hohen negativen Auswirkungen auf die Lebensqualität, insbesondere der armen und ländlichen Bevölkerung.

Die weit verbreitete Überschreitung sicherer Grenzwerte deutet darauf hin, dass der Verlust der biologischen Vielfalt, wenn er ungehindert erfolgt, die Bemühungen zur Erreichung der Ziele für nachhaltige Entwicklung (SDG) beeinträchtigen wird (Newbold *et al.*, 2016). Der Rückgang der aus vielen Weltregionen gemeldeten Insekten- und Vogelpopulationen erfordert in Zukunft eine koordinierte Überwachung und stärkere Berücksichtigung in den Landschaftssystemen (Footitt und Adler, 2009). Die Agrobiodiversität ist besonders wichtig für die Erhöhung der Widerstandsfähigkeit, der Nachhaltigkeit und der Ernährungssicherheit von Nahrungsmittelsystemen³⁴. Die Förderung besserer Nutzung von Biodiversität in nachhaltiger Landwirtschaft und in nachhaltigen Ernährungssystemen erfordert die Integration von Forschungsaktivitäten zu den Themen Nahrung, Ernährung, Gesundheit und Krankheiten mit Forschung zu genetischen Ressourcen, zu Kontrolle, Lenkung und Institutionen, und zu sozial-ökologischen Wechselwirkungen (Zimmerer und Haan, 2017). EASAC diskutierte, wie unterschiedliche Teile der Welt danach streben, den Konflikt zwischen Landwirtschaft und Wildnis auf unterschiedliche Weise zu lösen; in jüngster Zeit insbesondere im Hinblick auf die Zielsetzungen innerhalb der nachhaltigen Entwicklungsziele, wie sie beispielsweise in der Arbeit des Internationalen Instituts für Angewandte Systemanalyse³⁵ überprüft wurden. Ökosystemdienstleistungen - einschließlich der Nahrungsmittelversorgung - leisten wichtige Beiträge zu mehreren Zielen für nachhaltige Entwicklung (Wood *et al.*, 2018b) und betonen die Bedeutung der Integration

der Umweltwissenschaften in das Verständnis der Wechselwirkungen zwischen verschiedenen Nachhaltigkeitszielen.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die Umweltzerstörung ein großes Problem ist, die das zukünftige Wachstum der Nahrungsmittelproduktion gefährdet. Die integrierte Landschaftspflege zur Erbringung von Ökosystemdienstleistungen ist ein vorrangiges Forschungsgebiet, das gut mit den anderen in diesem Kapitel behandelten vorrangigen Forschungsbereichen verknüpft sein muss: Verständnis der Faktoren und Auswirkungen von Landnutzungsänderungen, Verbesserung der Wasserbewirtschaftung und Wassernutzungseffizienz auf mehreren Ebenen und Verbesserung der Bodengesundheit, der Nährstoffbewirtschaftung und der Nährstoffnutzung.

Viele der in diesem Kapitel behandelten Themen sind auch für Überlegungen zur Entwicklung des ländlichen Raums von besonderer Bedeutung. Es gibt bedeutende Möglichkeiten, große Datensätze zu verwenden, um den Status der ländlichen Gemeinden und ihrer Umwelt zu überwachen, die Reaktionen der ländlichen Gebiete auf Globalisierung und Klimawandel zu verstehen und die Wirksamkeit verschiedener Formen der Landkonsolidierung zu bewerten. Multidisziplinäre Forschung ist wiederum unerlässlich, um politische Maßnahmen und Technologien zu testen, die zur Verbesserung der landwirtschaftlichen Produktion und der ländlichen Lebensgrundlage vorgeschlagen wurden, um eine Wissensgrundlage für globale ländliche Planung zu schaffen sowie länderübergreifende Zusammenarbeit zu fördern (Liu und Li, 2017).

³⁴ "Mainstream agrobiodiversity in sustainable food systems": www.biodiversityinternational.org/mainstreaming-agrobiodiversity; und siehe frühere Diskussion über die Bedeutung der Erhaltung von Wildarten.

³⁵ www.iiasa.ac.at/web/home/about/news/150312-World-in-2050.html.

7 Verbesserung von F&E und wissenschaftlicher Beratung

„Die lange Zeit der geringen Anreize für die landwirtschaftliche Entwicklung scheint zu Ende zu gehen, und es gibt Anzeichen für eine Neuausrichtung der Rolle der Landwirtschaft in den Entwicklungsstrategien. Die Landwirtschaft wird zunehmend als dynamischer Sektor und als Akteur für die Transformation der Volkswirtschaften angesehen. Es wird immer wieder von einer neuen Bioökonomie gesprochen, in der neben den traditionellen Funktionen der Nahrungsmittel- und Faserproduktion auch die Landwirtschaft eine strategische Rolle beim Aufbau einer von fossilen Brennstoffen weniger abhängigen Gesellschaft durch die Produktion von Energie und umweltfreundlicheren industriellen Rohstoffen spielt. Dieser epochale Wandel erwartet weiterhin eine wiederbelebte Innovationsphase und eine Reihe neuer Möglichkeiten der landwirtschaftlichen Forschung.“
IANAS

Unser Bericht ging von einer Perspektive auf internationale öffentliche Güter für die planetarische und menschliche Gesundheit aus, die auf den allgemeinen Rahmen der nachhaltigen Entwicklungsziele abgestimmt ist. In den vorangegangenen Kapiteln wurden verschiedene Chancen und Risiken diskutiert. Das vorliegende Kapitel befasst sich ferner damit, wie die Wissenschaft unterstützt und mobilisiert werden kann, um die Probleme für FNSA anzugehen. Dies erfordert eine bessere Verbindung der Wissenschaft mit den politischen Prozessen. Die Verbesserung der Konnektivität an der Schnittstelle zwischen Wissenschaft und Politik kann auf Erfahrungen aufbauen, was in dieser Hinsicht bereits gut funktioniert hat³⁶. Was sind die Einstiegspunkte für den Wissenschaftler bei der Beweisführung? Wie können jüngere Wissenschaftler einbezogen werden? Wie sollte der Einsatz von Wissenschaft zur Information der Politik überwacht werden, um weiterhin eine Kultur des Engagements zu schaffen? In diesem Kapitel wird zusammengefasst, was getan werden muss, um sowohl wissenschaftliche Fähigkeiten aufzubauen als auch Wissenschaft und Politik zu verbinden.

7.1 Fragen zum Aufbau von Forschungsinfrastruktur, Zusammenarbeit und effektiver Umsetzung

Unser Bericht hat sich auf die wissenschaftlichen Möglichkeiten für FNSA konzentriert. Um diese Chancen zu nutzen, bedarf es der Verbesserung

der Forschungsinfrastruktur, der Priorisierung und der Koordinierung. Die Gründe dafür wurden in Kapitel 2 vorgestellt und werden in den folgenden Kapiteln diskutiert. In vielen Ländern haben die IAP-Mitgliedsakademien bereits eine Rolle und Verantwortung beim Aufbau einer kritischen Forschungsmasse und können durch den Austausch ihres Wissens und ihrer Expertise auch dazu beitragen, die Kapazität in neueren, kleineren Akademien zu fördern.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass zu den notwendigen Faktoren für eine verbesserte Forschungsgestaltung, Übertragung und Wirkung die folgenden Anforderungen gehören:

- Zusammenbringen der wissenschaftlichen Gemeinschaft weltweit mit den Anwendern dieser Forschung (einschließlich Beratungsdienste) und der breiten Öffentlichkeit.
- Einbeziehung der Interessengruppen in den gesamten Forschungsprozess, einschließlich des Designs.
- Gewährleistung wirksamer kollektiver Maßnahmen: Verbesserung der Koordinierung zwischen den verschiedenen Forschungsförderern bei der Umsetzung von Prioritäten und Unterstützung von Initiativen zur regionalen Finanzierung.
- Aufbau von Forschungskapazitäten mit klarem, langfristigem Engagement für Humanressourcen, Infrastruktur und Finanzierung.
- Die Erkenntnis, dass die derzeitigen Strukturen der akademischen Forschung, Lehre und Laufbahn in der Regel disziplinär organisiert sind. Für FNSA gilt es, inter- und transdisziplinäre Lösungen zu finden. Die in den vorangegangenen Kapiteln diskutierten Trends, die beispielsweise die Bemühungen verschiedener Disziplinen aus bisher getrennten Themen wie Nachhaltigkeit, Gesundheit und Landwirtschaft zusammenführen, haben erhebliche Auswirkungen auf die Organisation der Wissenschaftsgemeinschaft. Bildungsfragen müssen auf mehreren Ebenen berücksichtigt werden (Box 5).
- Aufbau von Partnerschaften zwischen öffentlichen, privaten und nichtstaatlichen Organisationen³⁷. Die

³⁶ Beispielsweise ist die Einführung einer Zuckersteuer in vielen Ländern ein Beispiel dafür, dass die Politik auf wissenschaftliche Beratung achtet (Briggs, 2016).

³⁷ Beispielsweise die bahnbrechende gemeinsame Initiative der EU und der Bill and Melinda Gates Foundation, mehr als 500 Millionen Euro in die Landwirtschaft zu investieren, um insbesondere den drängenden Herausforderungen des Klimawandels zu begegnen: <https://www.euractiv.com/section/development-policy/news/eu-and-gates-foundation-pledge-e500-million-for-innovations-in-agriculture/>, 13. Dezember 2017.

Box 5 Aus- und Weiterbildung für FNS

In den Regionalberichten wird ein breites Spektrum an Möglichkeiten und Bedürfnissen in der allgemeinen und beruflichen Bildung beschrieben. Wir versuchen hier nicht, eine umfassende Überprüfung durchzuführen, sondern identifizieren mehrere Themen, um zu verdeutlichen, dass es wichtig ist, Anforderungen auf mehreren Ebenen zu berücksichtigen:

- Im Hochschulbereich beobachtete NASAC, dass es kein traditionelles Studienfach für Ernährungssicherheit gibt. Nur wenige internationale Programme bilden Ernährungswissenschaftler in Fragen der Ernährungssicherheit aus, und Ernährung wird selten in die Ausbildung zur landwirtschaftlichen Produktion integriert. NASAC beschrieb weitere große Defizite bei der Ernährungsausbildung in vielen afrikanischen Ländern und machte auf Schritte aufmerksam, die zur Entwicklung des Lehrplans und zum Sammeln von Erfahrungen in der Praxis unternommen werden müssen, um Lücken in der menschlichen Leistungsfähigkeit zu schließen.
- AASSA erörterte die Ausbildungsanforderungen für Angehörige der Gesundheitsberufe und die notwendigen transdisziplinären Grundlagen für die Ausbildung in Landwirtschaft, Nahrungsmittel und Ernährung sowie für Wissenschaftler und Technologen. EASAC hob die Notwendigkeit einer besseren Ernährungslehre an medizinischen Fakultäten hervor. IANAS betonte Themen zur Stärkung der allgemeinen und beruflichen Bildung in den Nahrungsmittelsystemen und in der Agrar- und Lebensmittelforschung und -ausbildung sowie der Wiederbelebung von Programmen für den internationalen Austausch in der Hochschulbildung für die Landwirtschaft und verwandte Themen.
- In allen Regionalberichten wurde diskutiert, dass es nicht nur um die Hochschulbildung geht. Die Zusammenhänge zwischen Ernährung, Lebensstil und Gesundheit müssen im gesamten Bildungssystem und in den nationalen Kampagnen zur öffentlichen Gesundheit betont werden.

geringe Forschungsbeteiligung der Privatwirtschaft in vielen Ländern gilt als Defizit. Auch hier gibt es Herausforderungen für die Wissenschaft, wenn es darum geht, Spannungen im Zusammenhang mit der Zusammenarbeit zwischen verschiedenen Sektoren anzugehen.

- Förderung der wissenschaftlichen und technologischen Zusammenarbeit zwischen den Regionen.
- Aufbau von Führungsqualitäten in Wissenschaft, Technologie und Innovation in den Ländern, um die Dynamik des Wandels um konkurrierende Prioritäten und Anforderungen herum zu steuern.
- Ausrichtung der Forschungsprioritäten auf die Entwicklungsprioritäten. Nutzung der bestehenden Regierungsprogramme und -politik und der Ziele der Entwicklungsagentur.
- Bewältigung von Einschränkungen bei der Nutzung von Forschungsergebnissen und der Einführung von Technologie. Bessere Kommunikation der Fortschritte von Wissenschaft und Innovation (und der Investitionsmöglichkeiten) an politische Entscheidungsträger und die Öffentlichkeit.

Viele dieser Punkte der Forschungsinfrastruktur wurden in den vorangegangenen Kapiteln und in den vier Regionalberichten ausführlich diskutiert. Zwei besondere Prioritäten werden im folgenden Abschnitt hervorgehoben.

7.1.1 Der Mehrwert der überregionalen Forschung

Alle Regionalberichte betonen die Möglichkeiten für die überregionale Forschung (siehe auch Kapitel 2), aber der Fall wird vielleicht am überzeugendsten von EASAC,

bei der Beschreibung der derzeitigen EU-Strukturen und -Ziele, und von AASSA, in Bezug auf ihr Szenario für die Region Asien, beschrieben. AASSA empfahl, die derzeitigen nationalen Stärken bei der Bildung gut ausgestatteter regionaler Forschungsexzellenzzentren (und Ausbildungszentren) zu nutzen, wobei der Schwerpunkt auf den wichtigsten Möglichkeiten für die Vielfalt in der FNS und in den am stärksten gefährdeten Gebieten und Bevölkerungsgruppen lag. Auf der Grundlage von Systemanalysen und neuen Plattformtechnologien identifizierte AASSA eine Reihe von überregionalen Forschungsprioritäten, die sich auf die folgenden Bereiche erstreckten:

- Genombasierte Ansätze in der Pflanzen- und Tierzucht.
- Große Datenerfassung und -analyse sowie Präzisionslandwirtschaft.
- Nahrungsmitteltechnologische Innovationen bei der Ernte, Verarbeitung und Lagerung zur Reduzierung von Nahrungsmittelverschwendung.
- Nachhaltige Anbaumethoden für die Land- und Wassernutzung, die auch umfassendere Fragen der biologischen Vielfalt und des Klimas berücksichtigen.
- Aquakulturproduktion und integrierte landwirtschaftliche Produktionssysteme.

Diese Entscheidungen stehen im Einklang mit einigen der in den anderen Regionen (und in den vorangegangenen Kapiteln) diskutierten Prioritäten. Obwohl eine umfassende Liste verschiedene andere Prioritäten enthalten würde, beispielsweise für Nahrungsmittelsysteme, Ernährung und Gesundheit,

veranschaulicht die Liste von AASSA, was bei ersten überregionalen Vereinbarungen im Bereich der Landwirtschaft erreichbar sein könnte. Die Einführung regionaler Initiativen dort, wo sie derzeit noch nicht in nennenswertem Umfang vorhanden sind, könnte auch dazu beitragen, die etablierten internationalen Forschungsorganisationen wie CGIAR (Kapitel 2) oder neue globale Initiativen (Kapitel 5) zu ergänzen. In einigen Fällen könnten virtuelle Kooperationszentren organisiert werden, sofern Pläne mit ausreichend spezifischen Zielen klar konzipiert sind. In allen Fällen gäbe es einen signifikanten Schwerpunkt auf der Grundlagenforschung. Wie bereits durch AASSA erwähnt, können und werden Forscher eigene internationale Wissenschaftskooperationen eingehen, allerdings spielt die Politik eine entscheidende Rolle bei der Förderung gezielter Kooperationen. Regionale und nationale Strategien sollten dies ermöglichen und fördern.

Neben den Rahmen für die überregionale Zusammenarbeit haben IANAS und die anderen Berichte die Bedeutung der Zusammenarbeit zwischen den Regionen hervorgehoben, um dazu beizutragen, die derzeitigen Schwachstellen bei der Verfolgung von FNS zu ermitteln und zu beheben. In Kapitel 2 wurde die Initiative des hochrangigen politischen Dialogs zwischen der EU und Afrika über Wissenschaft, Technologie und Innovation (2016) als ein Modell empfohlen, das für den Aufbau der Koordination von Forschung und Innovation zwischen den Regionen von allgemeinerer Bedeutung sein könnte, um Fragmentierung und Ineffizienz in der Kooperationslandschaft zu verringern.

7.1.2 Bewältigung von Verzögerungszeiten in der Forschungsübersetzung

AASSA beschrieb mehrere Beispiele, in denen die Geschwindigkeit, mit der neue Technologien in der Landwirtschaft aufgenommen wurden, so gering war, dass deren Auswirkungen erst mehrere Jahrzehnte nach den ersten Forschungsinvestitionen realisiert wurden. Aufgrund dieser langen Verzögerungszeit ist es unerlässlich, dass die Geldgeber dringend weitere Unterstützung für FNS relevante Grundlagenforschung leisten. Darüber hinaus sollten alle Ansätze zur Reduzierung der Verzögerungszeit berücksichtigt werden. IANAS stellte fest, dass die Umsetzung von Innovation durch die Verfügbarkeit von Kapital, wissenschaftlicher Kapazitäten und materieller Infrastruktur aber auch durch negative Einstellungen im Zusammenhang mit wahrgenommenen Risiken, durch übermäßige regulatorische Anforderungen in einigen Ländern oder durch fehlende Regulierung in

anderen, begrenzt sein kann. Dort gibt es kritische Fragen, die es zu beantworten gilt. Zum Beispiel, wie man Akademiker und kleinere Unternehmen dazu ermutigen kann, zu Innovationen beizutragen, wenn eine hohe Kostenschwelle durch unflexible Regulierung auferlegt wird. Wie kann man Kleinbauern ermutigen, Innovationen als Teil des landwirtschaftlichen Wandels anzunehmen?

7.2 Integration und Reform von politischen Themen

In den vorangegangenen Kapiteln wurden viele der Möglichkeiten und Herausforderungen diskutiert, die sich aus der Nutzung der wissenschaftlichen Evidenzbasis ergeben, um die Entwicklung von politischen Optionen zu unterstützen. Obwohl wir uns in diesem Bericht weitgehend darauf konzentriert haben, sicherzustellen, dass (i) diese Faktenbasis robust, relevant und zeitnah ist, und auf der Grundlage von überprüfbareren Forschungsergebnissen von unabhängigen Quellen beruht und dass (ii) neue Forschungsanstrengungen Vorrang haben sollten, um aktuelle Wissenslücken zu schließen, enthalten alle Regionalberichte auch Empfehlungen, wie Wissenschaft und Politik besser vernetzt werden können. Die politischen Fragen sind notwendigerweise komplex und miteinander verbunden (siehe Kapitel 2) und, wie von NASAC diskutiert, gibt es derzeit mehrere Probleme bei der Entwicklung einer evidenzbasierten Politik. Insbesondere sind die Politikgestaltung und die Politikberatung fragmentiert; die Umsetzung und die Auswirkungen der Politik und des Programms werden nicht angemessen überwacht; es gibt dort eine unzureichende regionale Koordinierung bei der Beratung und Gestaltung der Politik; und Sektorpläne können schlecht mit den Entwicklungsplänen abgestimmt sein.

Wie bereits erwähnt (Kapitel 5 und Abschnitt 7.1.2 oben), können Forschung und Innovation und ihr großflächiger Einsatz sowohl durch Überregulierung als auch durch mangelnde Regulierung eingeschränkt werden, insbesondere in den Bereichen, in denen sich die Technologie schneller entwickelt als die Fähigkeit zur flexiblen und verhältnismäßigen Regulierung. Regulatorische Hürden können zu einem nichttarifären Handelshemmnis werden. Wir fordern keine globale monolithische Regulierung der Technologie, sondern eine Einigung über die Klärung strittiger Fragen, die Verwendung einheitlicher Terminologie und einer soliden Evidenzbasis sowie die Verpflichtung zum Austausch bewährter Verfahren für das Management von Forschung und Innovation³⁸. Probleme zur angemessenen Regulierung sind bei vielen neuen

³⁸ Auf einige Beispiele wird im jüngsten IAP (2018)-Bericht "Assessing the security implications of genome editing technology" weiter eingegangen.

Box 6 Beispiele für politische Prioritäten zur Überprüfung und Abstimmung potenzieller Kompromisse für FNS

Der Kompromiss zwischen:

1. Hochinvestiven, hocheffizienten Agrarsystemen (und ihrer Wirkung auf die Steigerung des Handels) *und* den Interessen der Kleinbauern und der ländlichen Existenzgrundlage.
2. Nachhaltiger Intensivierung der Landwirtschaft *und* Erhaltung von Lebensraum und Biodiversität. Kann eine intelligente, nachhaltige Intensivierung erreicht werden? Damit verbunden ist ein Kompromiss im Bereich der menschlichen Gesundheit. Die Steigerung der landwirtschaftlichen Produktivität könnte die Gesundheit auf verschiedene Weise schädigen, und zwar durch übermäßigen Konsum, aber auch durch Schäden an den Ökosystemen, beispielsweise durch die Vergrößerung der Lebensräume von Krankheitserregern und der Krankheitsübertragung.
3. Landnutzung für die Nahrungsmittelproduktion, Bioenergie und anderen bioökonomischen Prioritäten *sowie der* Absorption von Treibhausgasen, zum Beispiel durch Wiederaufforstung.
4. Besserer Nahrungsmittelverarbeitung und -lagerung, z.B. Einsatz von Kühlketten *und* erhöhtem Energieverbrauch.
5. Senkung der Treibhausgasemissionen durch Verringerung der Wiederkäuerhaltung *und* den Auswirkungen dieser Verringerung der tierischen Produktion auf Nahrungsproteine, Vitamine und Mineralstoffzufuhr, um den Anforderungen gerecht zu werden.
6. Hohen öffentlichen Investitionen in die Forschung im Bereich der Agrarbiowissenschaften *und* unflexiblen Rechtsrahmen, die die Übernahme dieser Forschung, um schnelle Innovationen zu ermöglichen, behindern.

Technologien üblich, aber die Aufmerksamkeit wurde oft auf die Biowissenschaften und insbesondere auf GVO gelegt. Im Hinblick auf ihre Arbeit zur Beratung der FAO bei der Erstellung von Leitlinien zur Förderung einer konstruktiven Debatte machten Adenle und ihre Mitarbeiter (2018) folgende Beobachtung: *“Im Mittelpunkt des Problems steht die mangelnde Übereinstimmung darüber, ob und wie wissenschaftliche und nichtwissenschaftliche Erkenntnisse in die regulatorische Entscheidungsfindung integriert werden können und sollten.”* Wie von ihnen beschrieben, unterscheiden sich die Rahmenbedingungen für die Risikoanalyse: z.B. das Internationale Pflanzenschutzübereinkommen (International Plant Protection Convention), der Codex Alimentarius und die WTO-Regelungen werden als solide wissenschaftliche Grundlagen angesehen, während das im Protokoll von Cartagena über die biologische Sicherheit der Vereinten Nationen verankerte Vorsorgeprinzip wissenschaftliche Erkenntnisse mit wirtschaftlichen, sozialen und ökologischen Normen in Einklang bringt. Viele Länder müssen bessere Kapazitäten entwickeln, um relevante sozioökonomische Fragen zu identifizieren und zu bewerten, und gleichzeitig regulatorische und wissenschaftliche Kapazitäten aufbauen. In diesem Zusammenhang fordern Adenle *et al.* (2018) neue Überlegungen darüber, wie Ausbildung und Kapazitätsentwicklung unterstützt werden können, um die vorhandenen Fähigkeiten zu nutzen, die oft bereits in Umweltbehörden, Lebensmittelsicherheitsbehörden und landwirtschaftlichen Organisationen vorhanden sind, und gleichzeitig die regionale Harmonisierung der Risikobewertung zu fördern.

Es ist nicht das Ziel dieses Kapitels, alle politischen Fragen, in denen die Wissenschaft zur Entscheidungsfindung beitragen kann, erneut zu behandeln. Jedoch nehmen wir Stellung zu den kritischen Fragen, die mit der Notwendigkeit

zusammenhängen, politische Diskrepanzen beizulegen und mögliche Trade-Offs zu klären, die sich in unseren vorherigen Kapiteln ergeben haben (Box 6).

Aus unserer Sicht besteht eine Gemeinsamkeit dieser potenziellen Trade-Offs in der Notwendigkeit, weitere experimentelle und beobachtende Forschung zu betreiben, um eine solide Faktenbasis für die Bewertung und Lösung zu schaffen.

7.3 Rollen der Akademien

Wie in allen Regionalberichten dargelegt, erkennen die Wissenschaftsakademien und ihre regionalen Akademienetzwerke ihre Verantwortung an, bei der Mobilisierung der Forschung zu helfen, die wissenschaftlichen Bemühungen zu koordinieren und zu den Ergebnissen der Wissenschaft zu beraten, um die Politik zu informieren sowie die Praxis zu beeinflussen und Innovationen voranzutreiben (Tabelle 1).

Unsere Empfehlungen zur Stärkung der Rolle der Akademien und ihrer Netzwerke werden im nächsten Kapitel zusammengefasst. Der Rest dieses Kapitels konzentriert sich auf Möglichkeiten zur Schaffung verbesserter internationaler wissenschaftlich-politischer Schnittstellen, Möglichkeiten, bei denen Akademien und ihre Netzwerke eine wichtige Rolle spielen können. Wie bereits beschrieben, gibt es spezifische Instrumente zur Schaffung internationaler Kohärenz in der Frage, wie die Wissenschaft die Politik beraten kann, z.B. bei der Harmonisierung der Regulierungsgrundsätze für neue Technologien und der Entwicklung von Transparenz bei Lebensmittelsicherheit und -normen (siehe z.B. Teng *et al.*, 2015). Es besteht aber auch die Möglichkeit, breitere Beratungsrahmen aufzubauen. Um es noch einmal zu betonen: die Offenheit und Nutzung wissenschaftlicher Möglichkeiten ist etwas, das die Politikgestaltung

Tabelle 1 Rollen der Akademien und ihrer Netzwerke bei der Beratung zu Strategie und Politik

Regionales Akademie-netzwerk	Beispiele der Rollen für Akademien und ihrer Netzwerke, die aus regionalen Berichten empfohlen werden.
NASAC	Durchführung und Vermittlung von Erkenntnissen der Grundlagen- und angewandten Forschung zu vereinbarten Prioritäten. Vereinfachung, Straffung und Konzentration der Aufmerksamkeit auf die wichtigsten politischen Entscheidungen durch den Dialog mit Regierungen und internationalen Organisationen. Bereitstellung von Möglichkeiten für den Austausch innerhalb und zwischen den Ländern, um das gegenseitige Lernen zu fördern und den Ausbau zu unterstützen. Aufbau von Kapazitäten, Überwachung und Bewertung der Fortschritte bei wissenschaftsbasierten Programmen und Politik. Unterstützung von Regierungen bei der Erreichung der Ziele für nachhaltige Entwicklung.
AASSA	Beratung beim Aufbau von binationalen und transregionalen Forschungskooperationen und Fördermechanismen auf der Grundlage der Systemanalyse und insbesondere der Grundlagenforschung. Ermittlung und Beratung zu transdisziplinären Forschungsprioritäten und deren Bildungs- und Beratungsangeboten.
IANAS	Aufbauend auf der Präsenz von Akademien in der gesamten Region, Entwicklung einer wirksamen Lobbyarbeit für evidenzbasierte Ansätze für FNS. Unterstützung bei der Bewertung von Optionen und Maßnahmen für überregionale Forschungs-initiativen und wissenschaftspolitische Initiativen.
EASAC	Kontinuierliche Rolle bei der Klärung und Überprüfung der Forschungsergebnisse (einschließlich der Ziele einer verstärkten Zusammenarbeit und der Reduzierung unnötigen Wettbewerbs). Aufbau einer dauerhaften Fähigkeit, politische Entscheidungsträger zu beraten, mit anderen nationalen und internationalen Organisationen zusammenzuarbeiten und länder- und regionenübergreifende Fragen zu bewerten, wobei betont wird, dass das, was innerhalb einer Region geschieht, wesentlich größere Auswirkungen haben kann.
IAP (vom gemeinsamen Vorwort bis zu allen Regionalberichten)	Erleichterung des Lernens zwischen den Regionen. Beitrag zum Austausch und zur Umsetzung bewährter Verfahren bei der Klärung kontroverser Fragen, Entwicklung und Kommunikation der Evidenzbasis und Information über die Wahl der politischen Optionen.

weitestgehend durchdringen sollte. Es geht nicht nur um diejenigen, die an der Finanzierung und Priorisierung der Forschungsagenda beteiligt sind.

7.4 Internationale wissenschaftliche Beratungsgruppen für FNS

Es gibt natürlich bereits erfolgreiche Beispiele dafür, wie Experten zusammengeführt werden können, um Regierungen dabei zu unterstützen, aufkommende Beweise in politische Beiträge und Leitlinien umzusetzen. Dazu gehören auf globaler Ebene das hochrangige Expertengremium für Ernährungssicherheit und Ernährung des UN-Ausschusses für Welternährungssicherheit (CFS HLPE) und regional der Malabo Montpellier-Ausschuss, der von NASAC ausführlich diskutiert wurde. Die kritischen Erfolgsfaktoren für solche Aktivitäten ergeben sich aus der Unabhängigkeit des Beitrags, der Abhängigkeit von Spitzenleistungen in Wissenschaft und Forschung und einer Überprüfung durch Experten (Peer Review).

Auf regionaler Ebene ist mehr erforderlich. So empfahl AASSA beispielsweise regionale

Rahmenbedingungen, um die Interaktion zwischen Regierungen, Nichtregierungsorganisationen und der wissenschaftlichen Gemeinschaft zu fördern und zu erleichtern. IANAS stellte fest, dass das moderne Konzept von FNS sich in eine Reihe von miteinander verbundenen nationalen, regionalen und globalen Problemen gebettet betrachtet, mit vielschichtigen und mehrdimensionalen Aspekten, bei denen wirksame Lösungen eine stärkere Zusammenarbeit der Länder und eine internationale Integration erfordern. Regionale Integration ist in den EU-Institutionen innerhalb europäischer Regionen bereits weit fortgeschritten: Aufbauend auf diesen Erfahrungen hat EASAC darauf hingewiesen, dass die Verbesserung der Schnittstelle zwischen Wissenschaft und Politik, insbesondere im Zusammenhang mit den nachhaltigen Entwicklungszielen, eine Verbesserung der Bemühungen erfordert, um der Vielfalt der internationalen wissenschaftlichen Erkenntnisse Rechnung zu tragen, den Austausch und die Koordinierung zwischen den Disziplinen zu fördern und die Transparenz bei der Synthese und Bewertung neuer Erkenntnisse zu unterstützen, um die Legitimität von Empfehlungen an die Regierungen und die Gesellschaft zu erhöhen. Wie

in Kapitel 5 empfohlen, wäre es im Rahmen dieser zunehmenden Transparenz und Koordinierung hilfreich, wenn weitere internationale Überlegungen zur Vereinbarung eines gemeinsamen Benennungssystems und zur Definition von Begriffen angestellt würden. Diese könnten derzeit subjektiv, kontrovers und bedingt durch den wissenschaftlichen Fortschritt als unbeständig wahrgenommen werden, wie beispielsweise GVO und Präzisionslandwirtschaft.

Das G20-Politikpapier (von Braun *et al.*, 2017) empfiehlt eine Neugestaltung der globalen Ernährungs- und Agrarpolitik. Eine Möglichkeit, eine verbesserte Regierungsführung durch forschungsbasierte Evidenz zu unterstützen, würde die unzähligen Gremien und Ausschüsse auf internationaler Ebene in ein

internationales Gremium für Nahrungsmittel, Ernährung und Landwirtschaft integrieren und konsolidieren³⁹.

Dieses Modell könnte teilweise dem Design des IPCC folgen, obwohl es, um flexibel zu sein, möglicherweise keine gesetzliche zwischenstaatliche Grundlage benötigt. Bestehende Organisationen und Mechanismen könnten die Bausteine eines verstärkten Ernährungs- und Landwirtschaftssystems bilden - und wir würden uns freuen, wenn IAP im Namen aller Akademien der Wissenschaften aufgenommen würde. Ein neues internationales Gremium könnte dann eine neue internationale Governance-Plattform mit Politikclustern unterstützen, die sich an relevanten globalen öffentlichen Gütern orientieren (siehe von Braun und Birner (2017) für Details).

³⁹ Die Notwendigkeit einer unabhängigen, internationalen, wissenschaftlich fundierten Beratungsgruppe wird durch die historische Analyse des Welternährungsrates der Vereinten Nationen unterstrichen: siehe <http://www.nationsencyclopedia.com/United-Nations/Economic-and-Social-Development-WORLD-FOOD-COUNCIL-WFC.html>.

8 Empfehlungen

Abschließend bekräftigen wir auf der Grundlage unserer Überprüfung der wissenschaftlichen Möglichkeiten und Herausforderungen in den vorangegangenen Kapiteln unsere Ausgangsprämisse, dass Maßnahmen zur Bewältigung der Herausforderungen von FNSA für viele der nachhaltigen Entwicklungsziele und für alle Länder relevant sind. In diesem Kapitel behandeln unsere Empfehlungen die beiden Hauptaufgaben, die wir in Kapitel 1 identifiziert haben: (i) auf der Grundlage der derzeitigen wissenschaftlichen Erkenntnisse und Daten zu handeln, um verantwortungsbewusste Innovationen und ihre Verbreitung zu unterstützen sowie eine robuste politische Entwicklung und Kohärenz zu verbessern; und (ii) globale wissenschaftliche Kapazitäten und Partnerschaften aufzubauen, um neue Forschungsprioritäten zu ermitteln und Wissenslücken zu schließen.

In dem Bestreben, unsere spezifischen Empfehlungen zu formulieren, bekräftigen wir zunächst einmal umfassender die globale Bedeutung der Unterstützung von Grundlagen- und von fokussierter Anwendungsforschung, ihren Verzahnungen und ihren Verknüpfungen mit Bildung und Ausbildung. Die damit einhergehenden großen Datenmengen (Big Data) müssen gesammelt und ausgetauscht werden (einschließlich Zugang für die Öffentlichkeit), und Hindernisse müssen beseitigt werden, die die Übertragung von Forschung in Innovationen verzögern. Die Verbesserung der wissenschaftlichen Infrastruktur ist unerlässlich, aber dies kann oft ein mittel- bis langfristiges Ziel sein. Kurzfristig fordern wir mehr Zusammenarbeit zwischen den Ländern, um Fachwissen und Einrichtungen gemeinsam zu nutzen und um zum Aufbau von Kapazitäten in den Schwellenländern beizutragen. Neue überregionale Forschungsanstrengungen sind gerechtfertigt, begleitet von einem überregionalen Engagement zwischen Wissenschaft und Politik. Akademien erkennen ihre Verantwortung an, dazu beizutragen, nationale, regionale und globale Initiativen zu katalysieren und zu unterstützen.

Die aufgeführten Beispiele in den folgenden Empfehlungen sollen eher illustrativ als umfassend sein (und weitere Beispiele finden Sie in den vorangegangenen Kapiteln). Unsere wissenschaftlichen Prioritäten lassen sich wie folgt grob kategorisieren:

1. **Entwicklung nachhaltiger Nahrungsmittel- und Ernährungssysteme, Berücksichtigung der Systemperspektive zur Gewährleistung von Gesundheit und Wohlbefinden im Zusammenhang mit der Transformation der Kreislaufwirtschaft und der Bioökonomie.**

Zu den Forschungsschwerpunkten gehören:

- Verständnis der Antriebskräfte für Effizienz in Nahrungsmittelsystemen mit dem Ziel, Gesundheit und Wohlbefinden für alle Bevölkerungsgruppen und den Planeten zu gewährleisten.
- Weitere Charakterisierung der Vielfalt der Nahrungsmittelsysteme weltweit - damit diese Vielfalt genutzt werden kann, anstatt sich für universelle Lösungen einzusetzen.
- Messung und Modellierung von Externalitäten, um die Komplexität und Trade-Offs zu verstehen und die Kosten (für Gesundheit und Umwelt) zu berücksichtigen, die aktuell in den Nahrungsmittelsystemen externalisiert werden. Dadurch sollen Kostenstrukturen geschaffen werden, die die realen Kosten abbilden.
- Entwicklung und Anwendung neuer Ansätze für das Verständnis und den Umgang mit Risiken und deren Übertragung. Unter anderem aufgrund der neuen lokalen und globalen Konnektivität ist die Risikoübertragung nun stärker in fragile Systeme integriert, die das Potenzial für Störungen mit hohen Auswirkungen haben. Das Risiko ist nicht mehr lokalisiert, sondern systemisch.
- Klärung von Fragen des fairen Handels - wie können gerechte und widerstandsfähige Märkte entwickelt werden? Zu bewerten: nicht tarifäre Handelshemmnisse; Verknüpfung mit grenzüberschreitender Lebensmittelsicherheit und anderen Vorschriften; Auswirkungen von Subventionen für Nahrungsmittel (z.B. auf die Verfügbarkeit von Nahrung, die zu Übergewicht führt); Preisvolatilität und die Auswirkungen auf Zugang zu Nahrung; und der Zusammenhang zwischen lokalem und systemischem Risiko.
- Sicherstellung der globalen Koordinierung der Forschung zur Lebensmittelsicherheit und ihrer Verknüpfung mit Ansätzen zur Verringerung der Nahrungsmittelverluste.
- Erforschung neuer Möglichkeiten in der Nahrungsmittelwissenschaft und -technologie für die Nahrungsmittelverarbeitung - nicht nur, um Abfälle zu reduzieren, sondern auch, um die Verteilung zu erweitern, Grundnahrungsmittel zu stärken, die saisonale Verfügbarkeit und Haltbarkeit zu verlängern, gesunde Nahrungsmittelstrukturen in verarbeiteten Produkten zu entwickeln und eine einfachere Zubereitung von Mahlzeiten zu

ermöglichen, um die Nachfrage der Verbraucher zu befriedigen.

2. Betonung der Transformation zu einer gesunden Ernährung - Wie ist sie aufgebaut? Wie wird sie gemessen? Wie wird sie bereitgestellt?

Zu den Forschungsschwerpunkten, die die Anerkennung der Vielfalt der Ernährung zum Ziel haben, gehören unter anderem die folgenden Punkte:

- Verstehen, wie man die Veränderung des Konsumverhaltens beeinflusst, z.B. um Fettleibigkeit zu bekämpfen. Verstehen, wie die Verantwortlichkeit im Privatsektor erhöht werden kann, um eine gesunde Ernährung zu gewährleisten.
- Evidenzbasierte Verknüpfung von Ernährungszielen mit den Zielen der Agrarproduktion und Nachhaltigkeit.
- Dokumentation des gesundheitlichen Nutzens von Klimaschutz durch Änderung der Ernährung - Quantifizierung der Auswirkungen von Ernährungsumstellungen und Untersuchung möglicher Kompromisse zwischen Ernährungs- und Umweltzielen.
- Erstellen und Nutzen einer Evidenzbasis zur Beeinflussung landesweiter und auf bestimmte Bevölkerungskohorten abgestimmter Interventionen im Ernährungsbereich. Bewertung der Auswirkungen auf Nahrungsmittel und Ernährung über das gesamte Leben hinweg, z.B. für ältere Menschen und andere gefährdete Gruppen.
- Verbesserung der Koordination und Konsistenz der Aufzeichnung von Nahrungs- und Ernährungsdaten innerhalb und zwischen den Regionen.
- Bewertung der gesundheitlichen Eigenschaften von bisher vernachlässigten Nutzpflanzen und neuartigen funktionellen Nahrungsmitteln - Nutzung dieser Eigenschaften, um die Nahrungsmittelsysteme breiter zu diversifizieren.
- Verstehen der Auswirkungen westlicher Ernährungsweisen auf den Gesundheitszustand und die lokale Landwirtschaft in anderen Regionen.
- Untersuchung von Zusammenhängen zwischen Ernährung, Darmmikrobiom und Krankheiten; Bewertung des Modifikationspotenzials im Rahmen personalisierter Ernährungsinterventionen

und der Auswirkungen auf die regulatorischen Rahmenbedingungen.

3. Verständnis der Fragen der Nahrungsmittelproduktion und -verwertung unter Berücksichtigung von Effektivität, Nachhaltigkeit, Klimarisiko und Ressourcenvielfalt.

Zu den Forschungsschwerpunkten gehören:

- Untersuchung der agronomischen Auswirkungen und der Frage, wie nachhaltige Landwirtschaft zu einer Priorität für die Bioökonomie mit erhöhter Integration strategischer Maßnahmen in allen Sektoren und Verknüpfung mit anderen multilateralen Prozessen, insbesondere den Zielen für nachhaltige Entwicklung und den Klimaaktionen der UN-Klimakonferenz, werden kann.
 - Einbeziehung der Ökonomie neben anderen wissenschaftlichen Disziplinen zur Bewertung neuer landwirtschaftlicher Strukturen (z.B. in städtischen Gebieten) und der Widerstandsfähigkeit der Kleinbauern.
 - Bewertung der Auswirkungen des Klimawandels auf alle Teile von Ernährungssystemen und natürlichen Ressourcen - als Evidenzbasis für die Antizipation künftiger Auswirkungen und die Schaffung von Widerstandsfähigkeit in Ernährungssystemen, einschließlich einer klimaschonenden Landwirtschaft.
 - Charakterisierung landwirtschaftlicher Eigenschaften von zusätzlichen Lebens- und Futtermittelquellen (einschließlich seltener Pflanzen und Insekten) und Untersuchung von Möglichkeiten zur Erstellung von Business Cases für Investitionen in neue Quellen.
 - Untersuchung von Möglichkeiten für verbesserte Praktiken nach der Ernte, einschließlich Verarbeitung, Lagerung, Transport und Einzelhandelsmarketing.
 - Bewertung der Möglichkeiten für Nahrungsmittel aus den Ozeanen/Aquakulturen zur Verbesserung der Evidenzbasis für eine nachhaltige Ernte und Kultivierung in den Meeren und Süßwassergewässern und Vermeidung früherer Fehler durch Überbeanspruchung und Umweltschäden.
- ## **4. Nutzung der Chancen in den Biowissenschaften und anderen fortgeschrittenen Wissenschaften: Entscheidungen sollten auf nationaler und regionaler Ebene getroffen werden, jedoch auf der Grundlage eines weltweiten Austauschs von Erkenntnissen.**

Zu den Forschungsschwerpunkten gehören:

- Fortsetzung der Suche nach neuen Wegen zum Schutz von Nutzpflanzen vor biotischem und abiotischem Stress und zur Förderung der Tiergesundheit und der Effizienz der Futtermittelverwertung. Dies erfordert ein Engagement für die Charakterisierung und Nutzung der genetischen Vielfalt und die Nutzung des gesamten Spektrums der verfügbaren Pflanzenzüchtungstechnologien, einschließlich der Nutzung neuer Fortschritte, z.B. der Genombearbeitung. Die globale gemeinsame Nutzung von Forschungsergebnissen erfordert ein besseres gemeinsames Verständnis potenzieller Sicherheitsfragen und -vorteile (IAP, 2018).
- Klärung der Evidenz für die Wahl von Governance-Optionen, um weltweit erleichterten Zugang zu sämtlichen wissenschaftlichen und technologischen Fortschritten zu gewährleisten. Die Bewertung neuer Governance-Optionen beinhaltet den Fokus auf die Regulierung des Produkts und nicht auf die Technologie, die bei der Herstellung dieses Produkts verwendet wird. Austausch von Erfahrungen aus Fallstudien über die erfolgreiche Anwendung neuer Technologien, um Verbreitung und Integration von technischer Innovation und sozialer Innovation zu fördern.
- Verknüpfung von Fortschritten in den Biowissenschaften mit Fortschritten in der Digitalisierung und Robotik, um neue Möglichkeiten in der funktionellen Hochdurchsatz-Sequenzierung zu erschließen.
- Neben der Biowissenschaft sind viele weitere wissenschaftliche Möglichkeiten denkbar. Zum Beispiel die Verwendung von Erdbeobachtungssatelliten und anderen Sensoren zur Erfassung und Überwachung wichtiger agronomischer Informationen und der Bewegung von Schädlingen und Krankheiten. Es besteht eine damit verbundene Herausforderung, solche Informationen für die Forschung und andere Nutzergemeinschaften weltweit zugänglich zu machen.

5. Den Zusammenhang zwischen Ernährung, Energie, Wasser und Gesundheit ansprechen und erkennen, dass die Grenzen verschwimmen.

Zu den Forschungsbedürfnissen, die sich auf nachhaltigere Praktiken in der Landwirtschaft beziehen, gehören die folgenden Punkte:

- Entwicklung von Szenarien für den Ausgleich von Zielen in den Bereichen Ernährung, Energie,

Wasser und Umwelt, Bewertung der Validität und Nutzbarkeit verschiedener Ansätze zur Bewertung von Ökosystemdienstleistungen und Verbesserung der Fähigkeit, Risiken und Chancen bei Entscheidungen über Kompromisse zwischen verschiedenen Ökosystemdienstleistungen zu analysieren - insbesondere die Untersuchung der Optionen zur Erhöhung der landwirtschaftlichen Produktion, die nicht auf Kosten des Umweltschutzes gehen.

- Beantwortung entscheidender Fragen zum Nahrungsmittel-Energie-Zusammenhang, einschließlich der Suche nach neuen lokalen Energiequellen in Schwellenländern, z.B. um Ernteauffälle zu vermeiden; neue Möglichkeiten der Nutzung von Pflanzenabfällen für Bioenergie; Biokraftstoffe der Zukunft als nachhaltige Biomasse.
- Verbesserung der Evidenzbasis, um die Einführung von Verfahren zur kosteneffizienten Bodenbewirtschaftung, verbesserte Beobachtungssysteme für Bodenkontaminationen, die Entwicklung von Techniken zur Rekarbonisierung des Bodens und zur Minderung des Bodenverlustes durch Erosion zu unterstützen. Es gibt auch eine vielversprechende Forschungsagenda, die darauf abzielt, die Funktionen des Bodenmikrobioms in der Pflanzengesundheit zu verstehen und als Quelle für neue Produkte für die Bioökonomie zu erschließen.
- Bewertung der Luftverschmutzung, einschließlich der Verschmutzung durch landwirtschaftliche Praktiken wie die Verbrennung von Pflanzenrückständen auf Feldern, die ebenfalls ein grenzüberschreitendes Thema ist, das als Teil des Zusammenhangs betrachtet werden sollte und Auswirkungen auf die Kreislaufwirtschaft und die Bioökonomie hat.

6. Förderung der Aktivität an den Schnittstellen zwischen Wissenschaft und Politik.

Sich den in den Empfehlungen 1-5 beschriebenen wissenschaftlichen Themen zu widmen, wird dazu beitragen, eine Informationsgrundlage für ein breites Spektrum an politischen Maßnahmen und deren Überwachung zu schaffen. Dies erfordert wiederum politische Unterstützung, um wirksame wissenschaftliche Arbeit zu erleichtern. Es ist auch wichtig, dass die wissenschaftliche Gemeinschaft mit den Nutzern der Forschung und der Öffentlichkeit zusammenarbeitet, einschließlich ihrer Einbeziehung in strategische Entscheidungen über die Planung der Forschung.

Unsere Empfehlungen zur politischen Unterstützung, um diese Beziehungen zu ermöglichen, umfassen Richtlinien für die folgenden Bereiche:

- Die globale Verfügbarkeit von Forschungsergebnissen, die eine Vielzahl von Mechanismen für Zusammenarbeit und Technologietransfer erfordern.
 - Erzielung eines Konsenses darüber, was ein angemessenes Niveau der Forschungszuweisung für FNSA ist.
 - Investitionen in die Entwicklung der Humanressourcen, Aufbau von Kapazitäten in der allgemeinen und beruflichen Bildung mit Verknüpfung zu neuen Beschäftigungsmöglichkeiten, Beratungsdiensten und Lehrplanreformen zur Förderung multidisziplinärer Kooperationen und Infrastrukturen, einschließlich Kompetenzzentren.
 - Förderung der internationalen Zusammenarbeit in Wissenschaft, Technologie und Innovation: Entwicklung, Austausch und Umsetzung von Rahmenbedingungen zur Förderung der Wissenschaft und zum Umgang mit Komplexität.
 - Neue Anreize für öffentlich-private Partnerschaften zur Verbesserung der menschlichen Gesundheit und des Wohlbefindens sowie der planetarischen Gesundheit.
 - Reformierung von Handel, Subventionen und Eigentumsrechten fortsetzen, um mit anderen politischen Maßnahmen in den Bereichen Landwirtschaft, Gesundheit und Umwelt kompatibel zu sein.
 - Austausch von Erkenntnissen zur Information und Entwicklung eines soliden aber flexiblen, verhältnismäßigen und transparenten Rechtsrahmens für neue Technologien.
 - Verwendung zuverlässiger Daten zur koordinierten Reduzierung von Nahrungsmittelverlust und -verschwendung.
 - Vereinbarung internationaler Normen zum Einsatz von Antibiotika in der Landwirtschaft, mit Überwachung der Umsetzung der Normen und Bewertung der Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit.
 - Nutzung von Daten für verschiedene Zwecke fördern, von denen bereits viele in den vorangegangenen Kapiteln beschrieben wurden, aber auch einschließlich Bodenuntersuchungen und Wettervorhersagen.
- 7. Neuer internationaler wissenschaftlicher Beratungsmechanismus.**

Unsere Prioritäten für Forschung und Politik umfassen auch die strategische Priorität der Konsolidierung, Koordinierung und Entwicklung effektiverer Wege, um sowohl die politischen Entscheidungsträger als auch die Öffentlichkeit mit unseren Kernbotschaften zu erreichen. Die Arbeiten, die zur Entwicklung und Aufrechterhaltung eines kohärenten politischen Rahmens erforderlich sind, erfordern eine weitere Aufmerksamkeit für die Bildung eines internationalen Beratungsgremiums für FNSA, die Mitwirkung von Akademien und die Stärkung der internationalen Steuerungsmechanismen.

8. Maßnahmen, die von den Mitgliedsakademien von IAP zu ergreifen sind.

Die verschiedenen Rollen der Akademien wurden in Kapitel 7 diskutiert, und es ist nun wichtig für IAP und die regionalen Akademienetzwerke, Akademien zu ermutigen, bei der Umsetzung der Empfehlungen 1-7 eine Führungsrolle zu übernehmen. Dies erfordert eine verstärkte Kommunikation der Akademien an der Spitze der wissenschaftlichen Gemeinschaft, die als Beratungsquellen fungieren und unabhängig von den Interessengruppen an der Stärkung der Evidenzbasis (Wissen und Daten) beteiligt sind sowie Informationen aus den Bereichen mehrerer Disziplinen und Sektoren einbeziehen. Zu den Aufgaben der Akademie gehören unter anderem folgende:

- Internationale beratende Funktionen: Unterstützung bestehender strategischer Kooperationen, z.B. zwischen der Afrikanischen Union und der EU, G7, G20, und Förderung des Informationsaustauschs und der Nutzung von Informationen im Rahmen neuer internationaler Initiativen, insbesondere des vorgeschlagenen Internationalen Beratungsgremiums zu Ernährungssicherheit und Landwirtschaft. Mehr Akademien sollten international proaktiver sein, um evidenzbasierte politische Entscheidungen zu fördern und dazu beizutragen, die Auswirkungen dieser Entscheidungen zu bewerten.
- Kapazitätsaufbau für wissenschaftliche Politikberatung an Akademien: Austausch von Wissen und Expertise zwischen Akademienetzwerken, um Kapazitäten an der Schnittstelle zwischen Wissenschaft und Politik für neuere und kleinere Akademien aufzubauen.
- Auditierung der Fortschritte in Wissenschaft und Innovation: Überwachung, Bewertung und gegebenenfalls Hervorhebung der Entwicklungen in Wissenschaft und Technologie, einschließlich der Klärung neuer und neu entstehender Technologien.
- Aufbau von Wissenschafts- und Technologiekapazitäten: Beitrag zum Aufbau von

Wissenschafts- und Technologiekapazitäten mit hinreichender kritischer Masse in Ländern und Regionen. Akademien können dazu beitragen, die Zusammenarbeit innerhalb des öffentlichen Sektors sowie zwischen dem öffentlichen und dem privaten Sektor zu verbessern, einschließlich des Technologietransfers.

Unsere Empfehlungen zielen darauf ab, die Dynamik an den Schnittstellen zwischen Wissenschaft und Politik weltweit zu verstärken. Es ist unerlässlich, eine neue globale Koordination und Kohärenz zu fördern. Wie IAP im gemeinsamen Vorwort zu allen regionalen Berichten über FNSA feststellt: *„Die Ziele der nachhaltigen Entwicklung bieten einen äußerst wichtigen politischen Rahmen für das Verständnis und die Bewältigung der Herausforderungen, erfordern aber ein neues*

Engagement der Wissenschaft, um die Komplexität evidenzbasierter Strategien und Programme zu lösen.“

Abschließend bekräftigen wir zwei Schlussfolgerungen. Insgesamt muss bei der Ermittlung der wissenschaftlichen Möglichkeiten für eine nachhaltige und gesunde Ernährung ehrgeiziger vorgegangen werden. Und die Ernährungssysteme befinden sich im Wandel. Das Leben innerhalb der planetarischen Grenzen (einschließlich derjenigen für Nährstoffe, Wasser und Klima) und eine gesunde Bevölkerung erfordern neue Ansätze für die Ernährungssysteme. Es ist dazu notwendig, Forschung, Lehre und Innovation auszubauen und diese Ressourcen in hinreichendem Maße zu mobilisieren, um mit politischen Entscheidungsträgern und anderen Beteiligten zusammenzuarbeiten.

Anhang 1 Erstellung des IAP-Gesamtberichts

Dieser Bericht stützt sich auf die veröffentlichten Ergebnisse der vier regionalen Arbeitsgruppen (AASSA, EASAC, IANAS und NASAC) unter Einbeziehung von Experten aus diesen Arbeitsgruppen in gemeinsame Diskussionen im April 2017 in Deutschland und im November 2017 in Jordanien.

Ein erster Entwurf des Textes wurde von Robin Fears mit Unterstützung von Claudia Canales im Namen des wissenschaftlichen Sekretariats des IAP-Projekts in Zusammenarbeit mit einer kleinen Redaktionsgruppe erstellt und nach einem Prüfungstreffen in Halle (Deutschland) vom 12. bis 14. Februar 2018 weiter überarbeitet. Diese Experten-Redaktionsgruppe bestand aus folgenden Mitgliedern:

Volker ter Meulen und Joachim von Braun (Deutschland, Ko-Vorsitzende)
Tim Benton (Großbritannien)
Eduardo Bianchi (Argentinien)
Christiane Diehl (Deutschland)
Mohamed Hassan (Sudan)
Sheryl Hendriks (Südafrika)
Elizabeth Hodson de Jaramillo (Kolumbien)
Molly Hurley-Depret (Luxemburg)
Lyunhae Kim (Südkorea)
Yoo Hang Kim (Südkorea)
Krishan Lal (Indien)
Jeremy McNeil (Kanada)
Paul Moughan (Neuseeland)
Jackie Olang-Kado (Kenia)
Jutta Schnitzer-Ungefug (Deutschland)
Aifric O'Sullivan (Irland)
Katherine Vammen (Nicaragua)

Darüber hinaus wurde im Gespräch mit Michael Clegg (USA) und Adriana de la Cruz Molina (Mexiko) schriftliches Feedback eingeholt.

Der Text wurde von den Netzwerken der regionalen Akademien geprüft und von IAP gebilligt.

Anhang 2 Merkmale des aktuellen globalen Status der FNS-Analyse und die Auswirkungen auf die Forschung

Quelle	Kernbotschaften
Wissenschaftlicher Beirat des UN-Generalsekretärs 2016 "Food Security and Health Policy Briefing".	In Wissenschaft, Technologie und Innovation mit neuen interdisziplinären und ernährungswissenschaftlichen Ansätzen investieren und die Zusammenhänge zwischen Nahrungsmitteln, Ernährung und Gesundheit erkennen. Globale Anstrengungen erfordern den Aufbau menschlicher und institutioneller Kapazitäten, begleitet von öffentlich-privaten Partnerschaften und gerechtem Handel und Gewerbe, um das Wirtschaftswachstum zu unterstützen. Die globale Ernährungssicherheit muss mit klimaschonenden, nachhaltigen Produktionssystemen und anderen Maßnahmen zur Erhaltung der natürlichen Ressourcen in Einklang gebracht werden.
FAO mehrere Veröffentlichungen, darunter 2016 "Status of Food and Agriculture" und 2017 "Future of Food and Agriculture: Trends and Challenges" in Vorbereitung auf den FAO-mittelfristigen Plan 2018-2021.	Beschreibt die Triebkräfte des Wirtschaftswachstums und des Bevölkerungswachstums bei der Förderung der landwirtschaftlichen Nachfrage und der Ernährungsumstellung. Obwohl Hunger und extreme Armut weltweit seit den 90er Jahren reduziert wurden (siehe FAO <i>et al.</i> (2017) für eine neuere Analyse), betrifft der Klimawandel überproportional ernährungsunsichere Regionen, und Konflikte, Krisen und Naturkatastrophen nehmen in ihrer Intensität zu. Die Nahrungsmittelsysteme werden immer kapitalintensiver, vertikal integriert und in weniger Händen konzentriert. Diese Trends stellen eine Herausforderung für eine nachhaltige Produktion und Widerstandsfähigkeit dar, und ein Umdenken bei den Ernährungssystemen und der Regierungsführung ist unerlässlich. Alle Länder sind auf dem Weg zu einer nachhaltigen Entwicklung voneinander abhängig, und die gemeinsame Verantwortung erfordert einen grundlegenden Wandel in Produktion und Konsum.
WHO 2017 "Ambition and Action in Nutrition 2016-2025".	Die Ernährung steht nun auf der Prioritätenliste der WHO, mit dem Ziel, Veränderungen in relevanten Bereichen außerhalb des Gesundheitssektors zu nutzen, um die Ernährung zu verbessern und zu etablieren. Die WHO wird sich bemühen, gesunde, nachhaltige Ernährungsweisen zu definieren und die Ermittlung und Anwendung wirksamer Ernährungsmaßnahmen, einschließlich der Verbesserung ihrer Verfügbarkeit in den Gesundheitssystemen, zu leiten - unterstützt durch die Festlegung von Zielen und Überwachungssystemen für Ernährung.
IFPRI mehrere Publikationen, darunter 2016 "Global Nutrition Report" und 2017a "Global Food Policy Report".	Die Dokumente geben einen weiteren umfassenden Überblick über den Zustand von FNS. Die Empfehlungen konzentrieren sich auf die Entwicklung eines Nahrungsmittelsystems, das integrativ, klimaschonend, nachhaltig, effizient, ernährungs- und gesundheitsorientiert und geschäftsfreundlich ist. Der Global Nutrition Report konzentriert sich darauf, spezifische, konkrete Verpflichtungen einzugehen und zu messen und zu bewerten, was zur Beendigung der Fehlernährung in all ihren Formen bis 2030 erforderlich ist. Es wird betont, dass die derzeitigen Verpflichtungen der öffentlichen Ausgaben nicht dem Bedarf entsprechen. Es wird empfohlen, die politische Entscheidung zu treffen, alle Formen der Fehlernährung zu beenden, mehr zu investieren und besser zu verteilen, Datenlücken zu schließen, evidenzbasierte Lösungen umzusetzen und Forschung zur Identifizierung neuer Lösungen durchzuführen. IFPRI (2017a) stellt die Auswirkungen der Verschärfung der Flüchtlingskrise und von Naturkatastrophen fest und betont die Auswirkungen der Urbanisierung auf die Ernährungssysteme. Darüber hinaus wird eine Diskussion über andere relevante internationale und regionale Entwicklungsgruppen geführt, z.B. G20, G7, Strategie der African Development Bank Group für die Transformation der Landwirtschaft und das African Green Revolution Forum.

Quelle	Kernbotschaften
Food Security Information Network 2017 "Global Report on Food Crises"	Überprüfung der schwerwiegendsten Probleme der Ernährungsunsicherheit im Jahr 2016, die gegenüber 2015 gestiegen sind und durch Konflikte verschärft wurden, sowie der Rekordhöhe der Nahrungsmittelpreise und der ungewöhnlichen Wetterbedingungen, die durch El Niño verursacht wurden. In einigen Fällen betrafen Krisen ganze nationale Bevölkerungen, und Überlaufeffekte hatten erhebliche Auswirkungen auf die Nachbarländer. Der Ausblick für 2017 zeigt, dass sich die Bedingungen an einigen Standorten verschlechtern und zu Hungersnöten führen können.
Global Panel on Agriculture and Food Systems for Nutrition, Haddad <i>et al.</i> , 2016 (siehe auch die Policy Briefs Serie auf http://www.glopan.org).	Die Empfehlungen für eine neue globale Forschungsagenda, die sich auf die Ernährung konzentriert, sind weitreichend und gehen über die Landwirtschaft hinaus. Sie umfassen Handel, Umwelt und Gesundheit, nutzen die Macht des Privatsektors und befähigen die Verbraucher, eine bessere Ernährung zu verlangen. Zu den Empfehlungen gehören die folgenden: (i) Identifikation, wo in die Nahrungsmittelsysteme eingegriffen werden soll. (ii) Teilen von Datenanalysen in größerem Umfang. (iii) Bewertung, was eine gesunde Ernährung ausmacht, z.B. Dosis-Wirkungs-Beziehungen. (iv) Bekämpfung aller Formen der Fehlernährung gleichzeitig. (v) Entwicklung eines Verständnisses für Aspekte der Nahrungsmittelverarbeitung, des Transports und anderer Elemente des Nahrungsmittelsystems für die Ernährung. (vi) Entwicklung besserer Mechanismen für öffentlich-private Interaktionen zur Gestaltung und Umsetzung von Forschungsprioritäten. (vii) Ermittlung zusätzlicher Vorteile für die Eindämmung des Klimawandels und die Gesundheit. (viii) Förderung der Ernährungssensitivität in allen Aspekten von Angebot und Nachfrage, z.B. bei Pflanzenzüchtungsprogrammen. (ix) Identifizierung von wirtschaftlichen Hebeln für den Wandel in den Nahrungsmittelsystemen, z.B. auf politischer und regulatorischer Ebene. (x) Entwicklung von Metriken zum Verständnis der wirtschaftlichen Externalitäten von individuellen und staatlichen Entscheidungen über Ernährung.
CGIAR Strategy and Results Framework 2016-2030, 2015	Zu den Forschungsschwerpunkten gehören: klimaschonende Landwirtschaft; genetische Verbesserung von Nutzpflanzen; Vielfalt von Nutzpflanzen und Anbausystemen; natürliche Ressourcen und Ökosystemdienstleistungen; geschlechtsspezifisches und integratives Wachstum; Ernährung und Gesundheit; Agrarsysteme; und Ermöglichung von Strategien und Institutionen.
Weltbank Landwirtschaft und Ernährung auf http://www.worldbank.org/de/topic/agriculture mit dem Bericht von 2016 "Future of food: shaping the global food system to deliver improved nutrition and health" und dem Bericht von 2017 "Future of food: shaping the food system to deliver jobs".	Eine weitere umfassende Behandlung des Forschungsbedarfs und der Möglichkeiten, insbesondere in den Bereichen Ernährungssicherheit, klima-smarte Landwirtschaft, Arbeitsplätze im Ernährungssystem sowie Lebensmittelqualität und -sicherheit.
Verschiedene Berichte des UN-Ausschusses für Welternährungssicherheit High Level Panel on Food Security and Nutrition (HLPE) (http://www.fao.org/cfs/cfs-hlpe/en/) und kritische und neu auftretende Fragen der Ernährungssicherheit und Ernährung, 2017, (http://www.fao.org/cfs/cfs/cfs-hlpe/critical-and-emerging-issues/en/)	<ul style="list-style-type: none"> (i) Klimawandel und Management natürlicher Ressourcen (ii) Ernährung und Gesundheit (iii) Nahrungsmittelketten (iv) Soziale Fragen (v) Unternehmensführung (vi) Wissen und Technologie

Anhang 3 IAP-Vorlage

Das Hauptziel des IAP-Projekts ist es, zu zeigen, wie die Wissenschaft zur Förderung und Unterstützung von FNSA eingesetzt werden kann. Dieses Ziel umfasst sowohl (i) die bessere Nutzung der bereits verfügbaren wissenschaftlichen Erkenntnisse zur Information über politische Optionen und zur Stimulierung von Innovationen als auch (ii) die Ermittlung von Wissenslücken, um über Forschungsprioritäten zur Schließung dieser Lücken zu beraten und die Evidenzbasis für die öffentliche Ordnung und die Ressourcen für Innovationen zu verbessern.

Das Kriterium für die Bestimmung der zu behandelnden Themen ist daher in erster Linie die "wissenschaftliche Chance" im Rahmen des IAP-Projektziels, einen Mehrwert für die bereits von anderen geleistete Arbeit zu schaffen. Die erste gemeinsame Planungsarbeit der vier regionalen Akademienetzwerke wurde in den folgenden zehn Fragen zusammengefasst, und es wird viele Verbindungen zwischen diesen wichtigsten Themen geben. Die zehn wichtigsten Fragen sind als gemeinsamer Ausgangspunkt für den Rahmen jeder Arbeitsgruppe des regionalen Akademienetzwerks gedacht. Dies bedeutet nicht, dass jede regionale Veröffentlichung einem einheitlichen Strukturformat entsprechen muss, sondern vielmehr, dass die aufgeworfenen Fragen und Kernbotschaften aller vier Arbeitsgruppen anschließend auf die vereinbarten wichtigsten Themen abgebildet werden können, um den Anforderungen als Ressource für die globale IAP-Phase gerecht zu werden. Die einzelnen Punkte, die in jedem der zehn Themen aufgeführt sind, sollen nicht umfassend oder verbindlich sein, sondern einige spezifische Themen veranschaulichen, die angesprochen werden können. Natürlich wird es weitere geben, die den jeweiligen geprüften Erkenntnissen und dem in jeder Region eingesetzten Fachwissen entsprechen.

1. Welche Schlüsselemente sind bei der Beschreibung der nationalen/regionalen Merkmale von FNSA zu berücksichtigen?

- Definitionen und konzeptioneller Rahmen für FNSA, einschließlich: wie gemessen wird, Verbindungen zur Gesundheit und Abdeckung von nachfrageseitigen und angebotsseitigen Fragen, um die allgemeine aktuelle "Eignung für den Zweck" zu bewerten und Grenzen für die Festlegung der Themen zu klären.
- Einschließlich Status und Standards für Bevölkerungsgruppen (Unterschiede innerhalb der Region, demografische und gefährdete Gruppen).
- Überverbrauch und Unterernährung abdecken.

2. Welche sind die größten Herausforderungen/Chancen für FNSA und die Zukunftsprognosen für die Region?

- Klimawandel (Auswirkungen des Klimawandels auf FNSA und Beitrag der Landwirtschaft zum Klimawandel).
- Bevölkerungswachstum, Urbanisierung, Migration.
- Versorgungsinstabilitäten und andere Unbeständigkeiten (z.B. politische, wirtschaftliche, finanzielle).
- Sicherstellung der Nachhaltigkeit (ökologisch, wirtschaftlich, sozial) und Aufbau der Widerstandsfähigkeit gegen extreme Ereignisse (z.B. um dem zunehmenden systemischen Risiko durch Unterbrechung der immer homogeneren Nahrungsmittelversorgung zu begegnen).
- Landwirtschaft und Ernährung in der Bioökonomie.
- Szenarienerstellung.

3. Welche Stärken und Schwächen von Wissenschaft und Technologie gibt es auf nationaler/regionaler Ebene?

- Relevante Spitzenleistungen: einschließlich Sozialwissenschaften, inter- und transdisziplinäre Forschung, Modellierung.
- Chancen und Herausforderungen für Forschungssysteme im Zusammenhang mit der Bewältigung schwerer Schwachstellen in FNSA; relative Beiträge des öffentlichen und privaten Sektors.

- Umgang und Nutzung großer Datenmengen in der Nahrungsmittel- und Ernährungswissenschaft / Open Data-Möglichkeiten.
 - Fragen der Mobilisierung der Wissenschaft und der Nutzung der Ergebnisse aus Forschungsfortschritten, der Behebung von Innovationslücken und der Sicherstellung des Nachwuchses von Forschern, Landwirten usw.
 - Schnittstellen zwischen Wissenschaft und Politik. Austausch der Wissenschaft innerhalb der Region.
 - Externe (indirekte) Auswirkungen von Forschung und Innovation in der Region auf die Umwelt.
- 4. Wie sind die Aussichten auf Innovationen zur Verbesserung der Landwirtschaft (z.B. in den nächsten 25 Jahren) - in Bezug auf den landwirtschaftlichen Betrieb?**
- Fragen der gesellschaftlichen Akzeptanz.
 - Pflanzen (z.B. Pflanzenzüchtung, Sicherung der genetischen Vielfalt).
 - Tiere (z.B. Beginn der Genombearbeitung).
 - Bekämpfung von Schädlingen und Krankheiten.
 - Fragen der Nahrungsmittelsicherheit.
 - Agronomische Praktiken (z.B. Präzisionslandwirtschaft).
 - Nicht nur die terrestrische Nutzung von Aquakultur/Meeresressourcen, sondern auch die Erschließung von Marktpotenzialen unter Vermeidung von Überbeanspruchung und Erschöpfung der genetischen Vielfalt.
- 5. Wie sehen die Aussichten für eine Effizienzsteigerung der Nahrungsmittelsysteme aus?**
- Verständnis der Wertschöpfungskette Landwirtschaft/Nahrung und der institutionellen Rahmenbedingungen, um Fragen für das integrative Ernährungssystem zu charakterisieren.
 - Fragen der Nahrungsverwertung und der Abfallminimierung (auch bei der Ernte, Verarbeitung, Verbrauchsphase).
 - Behandlung von Steuerungs-, Markt- und Handelsfragen, um erschwingliche Nahrungsmittel zu gewährleisten und die Marktinstabilität zu minimieren.
 - Nahrungsmittelwissenschaftliche Fragen. Fragen des Nahrungsmittel Einzelhandels.
- 6. Was sind Themen der öffentlichen Gesundheit und Ernährung, insbesondere im Hinblick auf die Auswirkungen von Ernährungsumstellungen, auf die Nachfrage nach Nahrungsmitteln und die Gesundheit?**
- Charakterisierung aktueller Gesundheitstrends im Zusammenhang mit Themen für FNS.
 - Fragen zu erwarteten Veränderungen im Konsumverhalten (und Auswirkungen auf den Import von Nahrungsmitteln); Verständnis und Anreiz für Verhaltensänderungen, neue personalisierte Ernährung.
 - Innovative Nahrungsmittel und neue Nahrungsquellen.
 - Fragen der Lebensmittelsicherheit.
 - Förderung einer ernährungsbewussten Landwirtschaft zur Bereitstellung einer gesunden und nachhaltigen Ernährung mit damit verbundenen Problemen bei der Ressourcennutzung und den Nahrungsmittelpreisen.
- 7. Wie gestaltet sich der Wettbewerb um die Ackerflächennutzung?**
- Auswirkungen der Urbanisierung (einschließlich Fragen der landwirtschaftlichen Arbeitskräfte und neuer Möglichkeiten in der städtischen Landwirtschaft sowie der verfügbaren Ackerflächen).

- Bioenergie und andere bioökonomische Produkte.
- Multifunktionale Landnutzungsziele für Biodiversität und Ökosystemdienstleistungen.
- Potenzial für die Erweiterung der Ackerflächenverfügbarkeit (z.B. von marginalen Flächen).
- Auswirkungen der forstwirtschaftlichen Trends.
- Auch der Wettbewerb um Ressourcen im Hinblick auf die Nachhaltigkeit der Meere.

8. Welche anderen wichtigen Umweltfragen sind mit FNSA verbunden - in Bezug auf Landschaft?

- Beitrag der Landwirtschaft zum Klimawandel.
- Schnittmengen mit anderen natürlichen Ressourcen (Wasser, Energie, Bodengesundheit) und Düngemitteln/ anderen Chemikalien. Bewässerungsprobleme in Mehrzweckwassersystemen. Abwasser.
- Ausgewogene Ziele für nachhaltige Entwicklung und FNSA.

9. Welche Auswirkungen können nationale/regionale Regulierungsrahmen und andere sektorale/intersektorale öffentliche Politiken auf FNSA haben?

- Richtlinien zur Förderung der technologischen Innovation.
- Maßnahmen zur Förderung der Humanressourcen (z.B. Bildung, Geschlecht, Chancengleichheit).
- Richtlinien zur Neugestaltung der gesamten Agrarökologie (Landnutzung, Bioökonomie, etc.).
- Richtlinien zur Förderung des Konsums gesunder Nahrungsmittel.
- Fragen der Politikkohärenz.

10. Welche Auswirkungen ergeben sich auf interregionaler/globaler Ebene?

- Verknüpfung mit globalen Zielen, z.B. Ziele für nachhaltige Entwicklung und die UN-Klimakonferenz 2015 - zur wissenschaftlichen Untermauerung und Lösung von Zielkonflikten.
- Größere Auswirkungen der nationalen/regionalen Politikinstrumente, z.B. Handel, Entwicklungspolitik.
- Internationale Zusammenarbeit in der FNSA-Forschung und Forschungs-Übertragungseffekte (Spillover).
- Internationale FNSA-Infrastruktur für die Wissenschaftsführung und wissenschaftliche Beratungsmechanismen.

Anhang 4 Zusammengestellte Liste der Empfehlungen aus allen vier Regionalberichten

Das in diesem Anhang zusammengetragene Material wird aus jeder der regionalen Berichtszusammenfassungen abgeleitet.

NASAC

NASAC (2018). Opportunities and challenges for research on food and nutrition security and agriculture in Africa. Abrufbar unter: <http://nasaonline.org/wp-content/uploads/2018/05/NASAC-FNSA-Opportunities-and-challenges-for-research-on-food-nutrition-security-and-agriculture-in-Africa.pdf>.

Die folgenden Prioritäten werden als Beispiele dafür hervorgehoben, wie wissenschaftliche Untersuchungen Informationen für eine evidenzbasierte Politik liefern und die Transformation des afrikanischen Agrarsektors und des Ernährungssystems vorantreiben und unterstützen können, um die Ernährungssicherheit zu verbessern und die Fehlernährung in Afrika zu verringern.

1. Starkes politisches Engagement auf der Grundlage wissenschaftlicher Erkenntnisse

- Um die ehrgeizige Wachstums- und Entwicklungsagenda Afrikas, wie sie in der Agenda 2063 und den Malabo-Erklärungen dargelegt ist, zu erreichen, bedarf es gut informierter Politik und Aktionspläne, geeigneter institutioneller Regelungen, Kapazitäten auf allen Ebenen und der erforderlichen Finanzierung. Dies erfordert starke Investitionen der afrikanischen Regierungen und ihrer Finanzierungspartner sowie eine aktive Partnerschaft des Privatsektors und internationaler Forschungszentren.
- Die Regierungen sollten die Verantwortung für die Steuerung dieses Wandels übernehmen und Möglichkeiten für ein engeres Engagement von Forschern und politischen Entscheidungsträgern zum gegenseitigen Lernen und Nutzen schaffen.
- Die strategische Zusammenarbeit in Form von Forschungsallianzen und -partnerschaften könnte die Einrichtung von sektorübergreifenden und institutionenübergreifenden Plattformen für Wissenschaft, Technologie und Innovation (WTI) als Teil der nationalen Nahrungsmittel- und Ernährungssysteme für Expertengutachten, gegenseitiges Lernen und gegenseitige Rechenschaftspflicht im Einklang mit den Verpflichtungen der Malabo-Erklärung zur Verbesserung der Ausrichtung, Harmonisierung und Koordinierung von Politik und Programmen umfassen. Multisektorale institutionelle Plattformen und Vereinbarungen können die Herausforderungen geringer Investitionen, Abwanderung von qualifizierten Fachkräften (Brain-Drain), unzureichende Nutzung intellektuellen Potenzials (Brain-Wastage) sowie fragmentierter und teurer Doppelarbeit mindern.
- Eine genaue Überwachung der Landnutzungsänderung und die Ermittlung ihrer Auswirkungen auf die Ernährungssicherheit auf verschiedenen Ebenen - auf nationaler, gemeinschaftlicher und privater Ebene - ist notwendig, um die Ernährungssicherheit der Haushalte zu schützen und um sicherzustellen, dass diese Investitionen die natürliche Umwelt nicht beeinträchtigen und zu einem integrativen Wirtschaftswachstum und tragfähigen Beschäftigungsmöglichkeiten führen - insbesondere für Frauen und Jugendliche.
- Die Förderung der Informations- und Kommunikationstechnologien zur Unterstützung multisektoraler großer Datenplattformen mit den erforderlichen Kapazitäten könnte die laufende Überwachung und Bewertung von Politiken und Programmen sowie die Effizienz der Agrar- und Ernährungssysteme unterstützen. Dies dient der Information über Politiken und Maßnahmen und dokumentiert die Auswirkungen dieser Maßnahmen auf das gegenseitige Lernen und die Weiterentwicklung von Entwicklungsmaßnahmen.

2. Effizienz des Landwirtschafts- und Ernährungssystems

- Die Sicherstellung der Qualität und nachhaltigen Versorgung mit Saatgut und vegetativem Vermehrungsmaterial aus einheimischen und nicht ausreichend genutzten Nahrungsmitteln wird die Produktion dieser Nahrungsmittel erhöhen und sie den Verbrauchern besser zugänglich machen. Die nationalen Forschungssysteme müssen diese Maßnahmen unterstützen. Es sind mehr Investitionen erforderlich, um seltene Pflanzen und Wildpopulationen zu sammeln und zu kategorisieren. Moderne molekulare Züchtungstechnologien bieten das Potenzial, diese Ressourcen zu erhalten und ihre Verfügbarkeit zu erhöhen.

- Für FNS in Afrika ist es gleichermaßen wichtig zu erforschen, wie die Effizienz der Tierhaltung und Aquakultur sowie die Futterqualität verbessert werden können.
- Fortschritte bei der Entwicklung geeigneter moderner Technologien, Biotechnologie und Biowissenschaften können ein rechtzeitiges und effizientes Management biotischer und abiotischer Faktoren ermöglichen, die die landwirtschaftliche Produktivität und Ernährung einschränken.
- Die Anwendung moderner Zuchttechnologien könnte die Vielfalt und Nutzung einheimischer und nicht ausreichend genutzter Nahrungsmittel in Afrika verbessern und verstärken.
- Die Suche nach Lösungen, die die harte Arbeit in Afrikas weitgehend unmechanisierten Land- und Ernährungssystemen reduzieren, kann die Gleichstellung verbessern. Dies ist von wesentlicher Bedeutung, um insbesondere Frauen zu entlasten.

3. Widerstandsfähigkeit des Landwirtschaftssystems

- Die Verbesserung der gemischten Anbausysteme könnte die Produktivität der Nahrungsmittel inmitten größerer Unsicherheiten verbessern. Dies könnte die Aussichten für die Existenzgrundlage der Kleinbauern und den Umweltschutz verbessern.
- Die Interessengruppen (einschließlich der Landwirte) müssen zusammenarbeiten, um die Widerstandsfähigkeit der landwirtschaftlichen Systeme durch klimaschonende landwirtschaftliche Ansätze zu verbessern. Diese erfordern eine unterstützende öffentliche Politik und kontextbezogene Programme, die durch Forschung und Entwicklung, gut qualifiziertes Beratungspersonal sowie Wissens- und Technologietransfer in großem Maßstab unterstützt werden.
- Die Überwachung von Umweltveränderungen durch die Boden- und Wasserkartierung kann landwirtschaftliche Produktionsentscheidungen auf allen Ebenen unterstützen. Es ist von entscheidender Bedeutung, diese Informationen über Anwendung von Informations- und Kommunikationstechnologien in die Hände der afrikanischen Landwirte zu geben, um die Entscheidungsfindung zu unterstützen.

4. Effizienz des Ernährungssystems, menschliche Gesundheit und Wohlbefinden

- Die WTI-Forschung kann Wege finden, um die Produktdiversifizierung mit nahrhaften Nahrungsmitteln zu fördern; die Verarbeitung zur Verlängerung der Haltbarkeit und zur Erleichterung der Zubereitung gesunder Nahrungsmittel sowie die verbesserte Lagerung und Konservierung, um den Nährwert zu erhalten; die Lebensmittelsicherheit zu gewährleisten; die saisonale Verfügbarkeit zu verlängern und die Verluste nach der Ernte (einschließlich Aflatoxin) und Nahrungsmittelabfälle zu reduzieren. Diese Lösungen sollten aktuelle Veränderungen der Nachfrage berücksichtigen, zukünftige Nachfrageänderungen vorhersagen und die Zukunft des afrikanischen Ernährungssystems so gestalten, dass sie nahrhafte Nahrungsmittel für alle liefern.
- Entwicklung von Verarbeitungs- und Verpackungstechnologien, um den Anforderungen der Verbraucher an sichere und gesunde alternative Nahrungsmittel gerecht zu werden und die Haltbarkeit von Nahrungsmitteln zu verlängern. Bei der Entwicklung dieser Technologien müssen die Grenzen der Wasser- und Energieversorgung berücksichtigt werden.
- Erhöhung der finanziellen Mittel für Forschung zur Nahrungsmittelanreicherung, welche den Nährwert von häufig konsumierten Nahrungsmitteln erhöhen kann, Verbesserung der Bioverfügbarkeit von Nährstoffen für Absorption und Stoffwechsel oder Verringerung der Konzentration von Anti-Nährstoffverbindungen, die die Aufnahme von Nährstoffen hemmen (z.B. Phytate und Oxalate). Ein Fokus auf die Nutzung der inhärenten Eigenschaften des einheimischen Wissens und der Nahrungsmittel ist erforderlich.

5. Lebensmittelsicherheit und Abfallreduzierung

- Die Entwicklung von Technologien zur Überwindung des Mangels an Kühl- und Gefriergeräten in Afrika ist notwendig, einschließlich Innovationen bei der Verarbeitung und Verpackung, um haltbare und sichere Nahrungsmittel, insbesondere in Gebieten mit niedrigem Elektrifizierungsgrad, zu gewährleisten. Die Nutzung der Solarenergie ist ein mögliches Forschungsgebiet.

- Die Stärkung und Durchsetzung der Agrar- und Lebensmittelvorschriften und -normen sowie der Aufbau der erforderlichen Kapazitäten (Mensch, Technik und Infrastruktur) werden die Lebensmittelsicherheit und den Zugang zu den Exportmärkten gewährleisten.
- Forschung und Ausbildung können die Risiken und Gefahren verringern, die mit der übermäßigen Verwendung von Agrarchemikalien verbunden sind.
- Alternative Ansätze und Techniken können den Bedarf an Chemikalien verringern, die für die Umwelt, die menschliche Gesundheit und das Wohlergehen schädlich, aber dennoch erschwinglich und zugänglich für landwirtschaftliche Haushalte in Afrika sind.
- Die Landwirte sollen in die Lage versetzt werden, die Ausbreitung von Krankheiten und Schädlingen zu überwachen und zu kontrollieren, und die Kapazität der Landwirte soll durch Informationen über digitalisierte Boden-, Wetter-, Ernte- und Krankheitsinformationssysteme gestärkt werden, um wichtige Entscheidungen und Maßnahmen auf Betriebsebene zu treffen.
- Die Durchführung epidemiologischer Forschung zur Ermittlung von Kontaminationsmustern und gesundheitlichen Auswirkungen von Mykotoxinen in Afrika kann zu einem besseren Management und einer besseren Eindämmung dieser Risiken beitragen. Dies muss durch den Aufbau von mehr Kapazitäten für die Prüfung und Zertifizierung von Produkten, die Entwicklung innovativer und kostengünstigerer Testmethoden (einschließlich schneller digitaler Bewertungen) und die Durchsetzung von Mindestqualitätsnormen für Nahrungsmittel durch innovative Verfahren zur Kostenteilung ergänzt werden.

6. Menschliche Leistungsfähigkeit

- Die Stärkung der personellen und infrastrukturellen Kapazitäten für landwirtschaftliche Forschung, Innovation und Technologie wird den Wandel unterstützen. Afrikanische akademische Institutionen müssen daran arbeiten, Ernährungssicherheit und Ernährungskapazitäten auf allen Ebenen der Gesellschaft und über traditionelle Disziplinen hinweg zu entwickeln. Es sind erhöhte Anstrengungen erforderlich, um einen gut ausgebildeten und ständig aktuellen Beratungsdienst zu gewährleisten.
- Die Unterstützung und Anreize für die Interessengruppen des Agrarsektors zur Betreuung von Jugendlichen, die im Rahmen von Wirtschaftswachstum, Ernährungssicherheit und Armutsbekämpfung an der Wertschöpfung beteiligt sind, werden dazu beitragen, die Arbeitslosigkeit zu bekämpfen und junge Menschen in den Sektor zu bringen. Die Wirtschaft und die Zivilgesellschaft werden vonseiten aller Beteiligten aus bewusste Maßnahmen ergreifen, um die Jugend mit geeigneten Fähigkeiten und die Gleichstellung in FNS-Programmen in Zusammenarbeit mit Bildungseinrichtungen zu stärken.

AASSA

AASSA (2018). Opportunities and challenges for research on food and nutrition security and agriculture in Asia. Abrufbar unter: http://aassa.asia/achievements/achievements.php?bbs_data=aWR4PTE0MCZzdGFydFBhZ2U9MCZsaXN0Tm89JnRhYmxlPWNzX2Jic19kYXRhJmNvZGUyYWNNoaWV2ZW1lbnQmc2VhcmNoX2I0ZW09JnNlYXJjaF9vcmlRlcj0=ll&bgu=view.

Empfehlungen

1. Eine weitere Strategie wäre die Durchführung von Systemanalysen, um die wichtigsten Hindernisse für die Steigerung der Nahrungserträge oder die Bereitstellung eines angemessenen Gleichgewichts der Nahrungsarten zu identifizieren. Die Systemanalyse würde Ausweitung, Bildung und FuE-Bedarf nach Regionen und / oder Gruppen priorisieren und Leitlinien zur nachhaltigen Steigerung der Nahrungsmittelproduktion und -vielfalt liefern. Es wird zweifellos einige F&E-/Ausweitungs-/Bildungsschwerpunkte geben, die von globaler Bedeutung und universell einsetzbar sind.
2. Vorrang in Bezug auf F&E- und Bildungsanstrengungen sollte Ländern und Regionen eingeräumt werden, die in Bezug auf aktuelle und zukünftige FNS als "mit hohem Risiko" eingestuft wurden. Besonderes Augenmerk sollte auf Indien, Bangladesch, Pakistan, Afghanistan, Nepal, Myanmar (Länder mit Gemeinsamkeiten), die Philippinen, Irak, Tadschikistan und Jemen gelegt werden.

3. Die Auswirkungen unterschiedlicher Altersverteilungen innerhalb der zukünftigen Bevölkerung sollten in Bezug auf die Ernährungstypen und den Nährstoffbedarf im Zusammenhang mit FNS berücksichtigt werden.
4. Bei jeder Betrachtung zukünftiger FNS sollte nicht nur die Produktion von mehr Nahrungsmittelkalorien und Nährstoffen (zur Bekämpfung einer möglichen Unterernährung), sondern auch die Produktion einer größeren Vielfalt von Nahrungsmittelarten und Strategien zur Vorbeugung von Fettleibigkeit und den damit verbundenen nicht übertragbaren Krankheiten berücksichtigt werden.
5. In Ländern und Regionen, in denen "hohes Risiko" für zukünftige FNS besteht, sollte auf einer stärker lokalisierten Provinz- und Sektorebene daran gearbeitet werden, Daten zu generieren, um ein besseres Verständnis der FNS und ihrer Treiber zu ermöglichen.
6. Wissenschaftliche Erkenntnisse in Verbindung mit fortgeschrittenen Bewertungsanalysen sollten die politischen Handlungsoptionen informieren und beeinflussen. Um die Beteiligung von Wissenschaftlern an politischen Entscheidungen auf nationaler und regionaler Ebene zu gewährleisten und weiter zu fördern, sollten regionale Rahmenbedingungen geschaffen werden, die die Interaktion zwischen Regierung, Politikern von Nichtregierungsorganisationen und Wissenschaftlern fördern und erleichtern.
7. IAP sollte ein Expertengremium einberufen, um ein vereinbartes Benennungssystem für die Beschreibung von Pflanzen, die mit Hilfe biotechnologischer Techniken entwickelt wurden, festzulegen. Genetische Veränderungen sind ein natürlicher Prozess, und die aktuelle Terminologie ist missverständlich.
8. Es sollten politische Maßnahmen sowohl auf nationaler als auch auf regionaler Ebene in Asien/Ozeanien entwickelt werden, um multidisziplinäre Wissenschafts- und Technologiekooperationen zu bilden, die auf spezifische Ergebnisse abzielen.
9. Gemeinsame Hindernisse für die Erhöhung der FNS auf nationaler, regionaler und lokaler Ebene sollten identifiziert und bewertet werden, zusammen mit generischen übergreifenden Technologien, um ein Konzept für die zukünftige FNS-Forschung in Asien/dem Pazifik zu erstellen.
10. AASSA sollte mit seinen Mitgliedern zusammenarbeiten, um einen transnationalen Finanzierungsmechanismus zu entwickeln, der *Grundlagenforschung* im Zusammenhang mit FNS an vorderster Front ermöglicht. Ein solcher Rahmen kann, wenn er angemessen finanziert wird, weitreichende Auswirkungen für Wissenschaft und Technologie und FNS in der Region Asien/Pazifik haben, ähnlich wie die Auswirkungen der Integrationszuschüsse des Europäischen Forschungsrates auf die Wissenschaft in Europa.
11. AASSA sollte mit seinen Mitgliedern zusammenarbeiten, um die binationale Forschungszusammenarbeit in FNS weiterzuentwickeln.
12. In Anbetracht der zeitlichen Verzögerung zwischen Investitionen und Einführung/Kapitalrendite für diese Investitionen in der Agrar- und Lebensmittelforschung sollten die nationalen Regierungen nicht nur die Unterstützung für die Grundlagenforschung beibehalten, sondern auch das Gesamtvolumen der Finanzierung (in Prozent des BIP) für FNS erhöhen.
13. Es sollte Forschungsanstrengungen geben, um die ganzheitlichen Ernährungs- und Gesundheitseigenschaften einzelner Nahrungsmittel und Mischkost zu verstehen und um die Eigenschaften einer gesunden Ernährung besser zu definieren.
14. Letztendlich sollten Nahrungsmittel und Ernährungsweisen, die sowohl gesund als auch sozial und kulturell akzeptabel sind, auf lokaler Ebene definiert werden, wobei eine große Vielfalt von Ansichten und Überzeugungen zu berücksichtigen ist.
15. Die Disziplinen Nahrungsmittelwissenschaft und -technologie, Ernährung und Pflanzen-/Tierzucht sollten zusammenarbeiten, um funktionelle Nahrungsmittel zu entwickeln, die einen hohen natürlichen Gehalt (oder nach einer Anreicherung) an gesundheitsfördernden Bioaktivstoffen sowie Mineralien und Vitamine aufweisen. Solche funktionellen Nahrungsmittel sollten gezielt Bestandteile einer gesunden Ernährung sein.
16. Es sollte eine bessere Aufklärung über die Rolle von Nahrungsmitteln und Ernährung im Gesundheitswesen geben, und eine solche Aufklärung sollte auf allen Ebenen des Bildungssystems erfolgen und allgemein sein.

Es sollte eine spezielle Ausbildung für Angehörige der Gesundheitsberufe, einschließlich Ärzte und anderer primärer Einflussnehmer, geben. Die Rolle der Ernährungswissenschaftler in den Gemeinschaften sollte ausgebaut werden.

17. Es müssen zuverlässige Daten über die Verschwendung von Nahrungsmitteln und deren Unterschiede zwischen dem System der Nahrungsmittelproduktion und den sozioökonomischen Schichten einer Bevölkerung erstellt und Strategien zur Minimierung der Verschwendung von Nahrungsmitteln entwickelt werden.
18. Es sollten valide Metriken, Messmechanismen und -ansätze entwickelt werden, die eine praktische Beschreibung nachhaltiger Anbausysteme und nachhaltiger Ernährungsweisen ermöglichen, um eine vollständige evidenzbasierte Bewertung nachhaltiger Ernährungsweisen zu ermöglichen.
19. Die Bemühungen um Sammlung, Phänotypisierung, Katalogisierung und Erhaltung verschiedener wildlebender Verwandter und Landsorten von Kulturpflanzen sollten ausgeweitet werden. Insbesondere müssen die Bemühungen auf fortschrittliche Hochdurchsatz-Phänotypisierungs- und Genotypisierungstechnologien ausgerichtet sein.
20. Die Forschungsanstrengungen, einschließlich neuer Studien zur Identifizierung von Zielen, zur Weiterentwicklung von CRISPR-Cas9 und ähnlichen neuen Pflanzenzuchttechniken (NBTs) für die Verwendung in Nutzpflanzen sollten verstärkt werden. Die Vorschriften sollten evidenzbasiert sein, und, sofern unterstützt, sollten die NBTs als nicht gentechnisch verändert eingestuft werden.
21. Die Erforschung der Entwicklung neuer Futtermittel (im unteren Teil der Nahrungsmittelwertschöpfungskette) für Tiere mit einteiligem Magen (z.B. Schweine, Geflügel und Fische) und der zugrundeliegenden Mechanismen der produktiven Effizienz sind dringend erforderlich. Die Erforschung weidebasierter Systeme für die Wiederkäuerproduktion und die Minderung von Treibhausgasen sollten eine Priorität sein. NBTs und neue Reproduktionstechnologien müssen auf der Grundlage wissenschaftlicher Erkenntnisse angemessen bewertet werden und sollten, wenn sie sich als akzeptabel erweisen, energisch vorangetrieben werden.
22. Interdisziplinäre Forschung zwischen Ingenieuren, Geowissenschaftlern, Biologen und Datenwissenschaftlern zur Entwicklung besser integrierter Sensorik- und Berichtssysteme und zur Förderung der Präzisionslandwirtschaft sowie Robotik sollte gefördert werden.
23. Folgenabschätzungen zur Ermittlung und Überwindung von Hindernissen für die Einführung präziser Agrarsysteme bei Kleinbauern sollten gefördert werden.
24. Neue skalierbare Insekten- und Algenarten für den Einsatz in der Lebensmittelindustrie und alternative Tierernährungssysteme sollten identifiziert werden. Studien über die Vor- und Nachextraktion der Algenchemie und die Identifizierung neuer Chemikalien sollten gefördert werden.
25. Die weitere Verbreitung von Aquakulturtechnologien durch Erforschung intensiverer Wachstumsbedingungen und die Identifizierung neuer Arten sollten gefördert werden.
26. Spezifische Aufrufe zur Erforschung der Ernährungssicherheit in der Aquakultur, die Wissenschaftler aus anderen Bereichen (z. B. Virologen und Ingenieure) dazu animiert, relevante Forschung zu betreiben, sollten gefördert werden.
27. Die Investitionen in interdisziplinäre F&E, die für FNS in Asien/Ozeanien relevant sind, müssen deutlich erhöht werden. Es sollte erwogen werden, länderübergreifende, disziplinübergreifende Konsortien (Zentren für Spitzenforschung) zu bilden, die sich auf definierte, dringliche Fragen im Zusammenhang mit FNS konzentrieren.
28. Es sollten regionale länderübergreifende Initiativen realisiert werden, um die Aus- und Weiterbildung der nächsten Generationen von Wissenschaftlern, Technologen, Beratern und Führungskräften in den Bereichen Landwirtschaft, Ernährung und Nahrungsmittel deutlich zu erhöhen. Die Ausbildung sollte transdisziplinär ausgerichtet sein.
29. Die Auswirkungen der Landnutzung für den Anbau von Non-Food-Kulturen (auch für Kleidung und Biokraftstoffe), der Urbanisierung und industriellen Expansion für FNS und der Erhaltung der biologischen Vielfalt müssen besser verstanden und in Politik und Planung berücksichtigt werden.

30. Der schnelle Wandel des Weltklimas bringt erhebliche Unsicherheiten und Risiken für die zukünftige Welternährung mit sich. Die Empfehlungen der wichtigsten internationalen Klimaabkommen, darunter Paris 2015, das Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015-2030 und die Ziele für nachhaltige Entwicklung der Vereinten Nationen 2015, müssen berücksichtigt werden. Mittel zur Minderung dieser Risiken in der Region Asien/Pazifik sollten Vorrang haben.
31. Das Management der Wasser- und Bodennutzung (und die Kontamination von Wasser, Boden und Nahrungsmitteln mit Düngemitteln, Herbiziden und Pestiziden) muss ein integraler Bestandteil jeder Strategie zur Steigerung der Nahrungsmittelproduktion sein. Die Nachhaltigkeit der Produktion muss im Vordergrund stehen.

IANAS

IANAS (2018). Opportunities and challenges for research on food and nutrition security and agriculture in the Americas. Abrufbar unter: https://www.ianas.org/docs/books/Opportunities_challenges.html.

Die wichtigsten Ergebnisse der Bewertung von FNS in Amerika werden im Folgenden dargestellt.

- 1. Aufgrund des außergewöhnlichen Reichtums an natürlichen Ressourcen ist Amerika eine privilegierte Region. Der Reichtum der Region an Agrobiodiversität, Ackerland und Wasserverfügbarkeit sind wichtige Vorteile für die Zukunft.**
 - Die lateinamerikanische Region ist eine Supermacht in Bezug auf Biodiversität, zu der fünf der zehn biodiversitätsreichsten Länder der Welt gehören.
 - Lateinamerika ist der größte Netto-Nahrungsmittlexporteur der Welt, aber 18 Länder in Lateinamerika und der Karibik sind Netto-Importeure.
 - Nordamerika ist der zweitgrößte Nettoexporteur.
 - Die Aquakultur hat sich in Ländern wie Kanada, Chile, Mexiko, Peru, Argentinien und Ecuador zu einer wichtigen Branche entwickelt.
 - Mehr als 85 % aller biotechnologischen und gentechnisch veränderten Pflanzen werden derzeit in Nord- und Südamerika angebaut, die durch einen geringeren Herbizideinsatz, saatarmer oder nicht sautgutgebundene Praktiken, eine höhere Produktivität pro Flächeneinheit und durch geringere Treibhausgasemissionen erhebliche ökologische Vorteile gebracht haben.
 - Die Region Nord- und Südamerika hat ein großes Wachstumspotenzial in der Nahrungsmittelproduktion.
- 2. Die nationalen landwirtschaftlichen Forschungssysteme, die Infrastruktur, die Investitionen in das Humankapital, die Finanzierungsmöglichkeiten und die Rolle des öffentlichen und privaten Sektors bei der Bereitstellung von WTI sind sehr unterschiedlich. Einige kritische Punkte sind im Folgenden aufgelistet.**
 - Während die WTI-Kapazitäten bei den großen Ländern Amerikas beträchtlich sind, sind sie in vielen kleineren Ländern weniger gut entwickelt, was die regionale Zusammenarbeit besonders wichtig macht. In fast allen Ländern sind die Universitäten für die Ausbildung von Humankapital für Ernährungssysteme von entscheidender Bedeutung und wichtige Quellen für Forschung und Innovation.
 - Es gibt eine langjährige Praxis der Unterstützung des internationalen Austauschs in der Graduiertenausbildung für die Landwirtschaft und verwandte Fächer, aber die Beteiligung der USA ist zurückgegangen, wobei dies durch die zunehmenden Möglichkeiten in Brasilien und verschiedenen europäischen Ländern teilweise kompensiert wurde. Im Allgemeinen sind diese Austauschpraktiken nicht in internationalen Regierungsabkommen verankert, und der Zugang zu Infrastruktur und finanzieller Unterstützung ist von Land zu Land sehr unterschiedlich.
 - Generell ist die Zusammenarbeit zwischen Universitäten und Forschungszentren nicht stark ausgeprägt, daher ist es wichtig, stabilere und dynamischere Verbindungen zu schaffen. Die CGIAR-Zentren wie CIAT

(Internationales Zentrum für tropische Landwirtschaft, Kolumbien), CIMMYT (Internationales Zentrum für die Verbesserung von Mais und Weizen, Mexiko) und IICA (Interamerikanisches Institut für Zusammenarbeit in der Landwirtschaft, Costa Rica) zeichnen sich dadurch aus, dass sie die Agrarforschung in ganz Lateinamerika und der Welt miteinander verbinden.

- Öffentliche Investitionen sind für die Agrarforschung in allen Ländern der Region unerlässlich. In vielen Ländern Nord- und Südamerikas liegen die Investitionen jedoch weit unter dem Durchschnitt der am weitesten entwickelten Länder und sogar unter den Empfehlungen von Organisationen wie den Vereinten Nationen.
- Viele Länder verfügen nicht über ausreichende Datenbanken zur Charakterisierung des Zustands ihres Agrarsystems, und es gibt unzureichende statistische Informationen über den Sektor.
- Die Nationen Nord- und Südamerikas sind in Bezug auf den Agrarhandel und die Wirtschaftspolitik nicht sehr integriert. Ein wertvoller erster Schritt ist das regionale Netzwerk öffentlicher Nahrungsmittelversorgungs- und Marketingsysteme für Lateinamerika und die Karibik zur Förderung einer integrativen und effizienten Produktion und Vermarktung, welches 2015 von Brasilien, Bolivien, Chile, Costa Rica, Ecuador, St. Vincent und den Grenadinen geschaffen wurde. Es muss aber noch mehr getan werden.
- In den meisten Ländern der Region gibt es nur sehr wenige private Unternehmen im Bereich der Landwirtschaft oder der landwirtschaftlichen Biotechnologie mit eigenen Forschungsprogrammen. Eine Ausnahme bilden die USA, wo rund 60% der landwirtschaftlichen Forschungsinvestitionen aus der Privatwirtschaft stammen. Kanada folgt mit rund 12% der Investitionen des privaten Sektors.
- Effektive Kooperationsnetzwerke zwischen Forschungszentren und privaten Unternehmen sind von entscheidender Bedeutung, sodass sich die Bemühungen in Wissenschaft und Technologie auf die Lösung von Problemen konzentrieren, die mit den Bedürfnissen des Produktionssektors zusammenhängen.
- In vielen Ländern ist die Verbindung zwischen der wissenschaftlichen Forschung und den Bedürfnissen der gefährdeten Bevölkerungsgruppen schwach.
- Die Verringerung von Verschwendung und Verlust von Nahrungsmitteln ist eine gemeinsame Aufgabe, bei der alle Beteiligten - Hersteller, Händler, Einzelhändler, Verbraucher, Forschungseinrichtungen und Regierungen - entschlossen eingreifen müssen.
- Die Ermittlung und Behebung von erheblichen Schwachstellen in den Agrar- und Ernährungssystemen vieler Länder Amerikas stellt eine dringende Agenda dar, die innerhalb eines interregionalen kooperativen Rahmens am effizientesten verfolgt werden kann.

3. Die effiziente Nutzung der Wasserressourcen ist für das zukünftige Wachstum der Nahrungsmittelproduktion, der öffentlichen Gesundheit und der Lebensqualität in Nord- und Südamerika von wesentlicher Bedeutung.

- Schlechte Wasserqualität und ineffizientes Wassermanagement gehören zu den größten ökologischen Herausforderungen für Nord- und Südamerika. Nord- und Südamerika sind reich an Wasserressourcen. WTI-basierte Verbesserungen des Wassermanagements, insbesondere in Bezug auf die Optimierung der Bewässerungseffizienz, sind jedoch unerlässlich, um das Potenzial der Region für die Nahrungsmittelproduktion auszuschöpfen.
- Periodische Dürren verschärfen die Probleme der Wasserwirtschaft. Jahre mit hohen Niederschlägen führen zu Übernutzung, gefolgt von wirtschaftlich schmerzhaften Schrumpfungen in mageren Jahren.
- Die Wasserqualität wird zunehmend durch unerwünschte Schadstoffe wie Krankheitserreger, Düngemittel, Pestizide, abgebautes Pflanzenmaterial, Schwebstoffe und andere Schadstoffe wie Kraftstoffe und Lösungsmittel beeinträchtigt. Der Abfluss in Bäche und Seen verursacht fischschädliche Trübung und fügt Materialien hinzu, die im Laufe der Zeit das Volumen der Seen und Stauseen verringern. Die Eutrophierung von Oberflächengewässern durch landwirtschaftliche Produktionsmittel wie Phosphor und Stickstoff ist ein anhaltendes Problem.

- Der Schwerpunkt verlagert sich von der Landproduktivität zur Wasserproduktivität, was Änderungen der Anbaumuster, innovative Bewässerungsansätze, Strategien zur Verbesserung der Pflanzenproduktion, neuartige Strategien und größere Investitionen in Forschung und Kapazitätsentwicklung erfordert.
 - Für die Grundwasserbewirtschaftung müssen Institutionen und Protokolle entwickelt und umgesetzt werden. Grundwasserressourcen sind wichtig als Puffer für Dürren und als Ergänzung zur Oberflächenversorgung. Es gibt viele Fälle in ganz Nord- und Südamerika, in denen die Grundwasserressourcen vorzeitig erschöpft sein werden, wenn sie nicht bewirtschaftet werden.
- 4. Wasser, Nahrung und Energie sind voneinander abhängige Ressourcen, die ein stärker integriertes Management erfordern.**
- Es ist wichtig, die Energieformen zu identifizieren, die große Mengen an Wasser verbrauchen, und sie schrittweise durch solche mit dem Potenzial zur Reduzierung des Wasserverbrauchs zu ersetzen.
 - Innovationen in der Solar- und Windenergieproduktion haben fast keine Auswirkungen auf das Wasser.
 - Der Wasserbedarf für die Bewässerung von Pflanzen, die für Biokraftstoffe angebaut werden, kann viel höher sein als für die Gewinnung fossiler Brennstoffe. Subventionen auf der Grundlage von Biokraftstoffen, die Landwirte dazu anregen, Grundwasserleiter zu nicht nachhaltigen Preisen zu pumpen, haben zur Erschöpfung der Grundwasserreserven geführt, und solche Praktiken müssen verhindert werden.
- 5. Die Region Lateinamerika leidet nach wie vor unter massiver Abholzung und der damit verbundenen Umweltzerstörung. Die größten Nettoverluste (3,6 Millionen Hektar pro Jahr) wurden zwischen 2005 und 2010 verzeichnet und traten in Südamerika auf.**
- In allen Ländern erhöht die Umwandlung von Wäldern in Ackerland die erosiven Prozesse und wirkt sich äußerst negativ auf Gewässer und Uferzonen aus, da höhere Sedimentationsraten, Eutrophierung und Verringerung der Regulierungskapazität des hydrologischen Systems zu höheren Risiken für die Überschwemmungsintensität führen. Die Abholzung ist auch eine der Hauptursachen für die Entstehung von Treibhausgasen und damit ein Treiber des Klimawandels.
 - Die meisten Gebiete Amerikas stehen vor großen Herausforderungen im Zusammenhang mit der Zerstörung und Fragmentierung von Lebensräumen. Dies wird durch die Ausweitung der Agrargrenze, die Urbanisierung, den Tourismus und andere Land- und Handelsentwicklungen sowie durch veränderte Konsumgewohnheiten verursacht.
 - Die Abholzung in vielen Gebieten Amerikas hat einen hohen Einfluss auf die Lebensqualität, insbesondere für die arme und ländliche Bevölkerung.
 - Die Abholzung hat mehrere wirtschaftliche und soziale Triebkräfte, darunter (1) Bevölkerungswachstum, (2) Landnutzungsänderungen (Ausbreitung der Agrargrenze), (3) unhaltbare wirtschaftliche Expansion, (4) Armut und (5) Korruption.
- 6. Die Forschung zum Klimawandel ist unerlässlich, nicht nur, weil die Landwirtschaft eine wichtige Quelle für Treibhausgase ist, sondern auch, um Strategien für die Anpassung an den Klimawandel und die Minderung des Klimawandels in jedem Land zu entwickeln.**
- Die Häufigkeit, Befallsrate und Schwere von Schädlings- und Krankheitsangriffen ist eine der größten vorhersehbaren Bedrohungen des Klimawandels.
 - Die *In-situ*- und *Ex-situ*-Erhaltung lokaler genetischer Ressourcen ist eine wichtige Versicherung gegen den Klimawandel.
 - Die Karibik ist besonders anfällig für Umweltschäden und hat das größte Risiko für klimabedingte Katastrophen. Die Karibik ist auch die am stärksten gefährdete Region für FNS, da sie stark von Importen abhängig ist und unter einer schwachen, undiversifizierten Wirtschaft leidet. Den besonderen Bedürfnissen des karibischen Raums muss mehr Aufmerksamkeit geschenkt werden.

- Die Konzentration auf durchschnittliche Klimastatistiken verdeckt die Tatsache, dass es die extremen Ereignisse sind, die die meisten Schäden verursachen. Es wird wichtig sein, mit extremen Ereignissen umzugehen und zu erkennen, dass das, was früher als 100-Jahres-Ereignis galt, heute eher dekadisch oder sogar häufiger ist. Strategien zur Risikominimierung werden zu unverzichtbaren Instrumenten.

7. Eine wichtige Zukunftsaufgabe ist es, mehr gesunde Nahrungsmittel zu produzieren, ohne die landwirtschaftliche Nutzfläche zu vergrößern, bei gleichzeitiger Reduzierung der Treibhausgasemissionen und der Verschwendung.

- Auf der Grundlage der Rangliste der 25 Länder des Food Sustainability Index 2016 (einschließlich Messungen von Nahrungsmittelabfällen, nachhaltiger Landwirtschaft und Ernährungsherausforderungen) weisen die eingestuften Länder Nord- und Südamerikas ein mittleres bis niedriges Niveau auf: Kolumbien 10, USA 11, Argentinien 14, Mexiko 15 und Brasilien 20. Dies deutet darauf hin, dass es in Nord- und Südamerika erhebliche Möglichkeiten für eine weitere Verbesserung gibt.
- Ein wichtiger Schritt nach vorn wird die Annahme des Kreislaufwirtschaftsmodells zur Reduzierung, Wiederverwendung und Wiederverwertung in der Produktion sein. Dieses Modell sollte die Nachhaltigkeit fördern und den Prozess der Wertschöpfung für Produkte wie verarbeitete Nahrungsmittel, Probiotika, Präbiotika, Nutrazeutika, Bioenergien und Biomaterialien fördern und so die lokale Wirtschaft stärken und diversifizieren.
- Moderne Technologien wie Biotech-Kulturen und Präzisionslandwirtschaft sind entscheidend für die Produktion gesünderer Nahrungsmittel, ohne die Anbaufläche zu erhöhen und gleichzeitig die Treibhausgasemissionen und Verschwendung zu reduzieren.
- Die Einführung moderner Technologien wird jedoch durch Einschränkungen der Infrastruktur gebremst, die alle Länder Nord- und Südamerikas gemeinsam haben. Zu diesen Einschränkungen gehören die Entwicklung angemessener Bewässerungssysteme, angemessene Wasser- und Nahrungsmittelspeicherkapazitäten, ausreichende Transport- und Straßensysteme sowie angemessene Investitionen in WTI-Erzeugungseinrichtungen.
- Große Datenmengen und moderne Informationstechnologie bieten erhebliche Möglichkeiten, nachhaltige Managementpraktiken voranzutreiben. Diese Ansätze können besonders wertvoll sein, um klimabedingte Auswirkungen zu antizipieren und abzumildern, die Wassernutzungseffizienz und die landwirtschaftliche Effizienz zu verbessern.

8. Fehlernährung, Ernährungsunsicherheit und Fettleibigkeit koexistieren mehr oder weniger stark, ebenso wie chronische Krankheiten im Zusammenhang mit Fettleibigkeit.

- In mehreren Ländern Nord- und Südamerikas ist eine Verringerung von Armut und Mangelernährung in den letzten 10 Jahren mit einer Zunahme von Fettleibigkeit verbunden. Daher ist die Armutsbekämpfung eine notwendige, aber nicht ausreichende Voraussetzung für eine angemessene, gesunde Ernährung.
- Nicht übertragbare Krankheiten sind die Hauptursache für Morbidität und Mortalität in den USA, Argentinien, Uruguay und Chile und verursachen hohe Kosten für die Gesundheitssysteme.
- Es bedarf weiterer Verhaltensforschung, um festzustellen, wie Entscheidungen über Nahrungsmittel getroffen und wie sie geändert werden können, zusammen mit einer schnelleren Übernahme wissenschaftlich fundierter Best Practice-Beispiele in das Nahrungsmittelproduktionssystem.
- Es ist von entscheidender Bedeutung, die Schlüsselrolle des Geschlechts bei der Nahrungsmittelproduktion, der Zubereitung, der Auswahl der Nahrungsmittel und der Ernährung zu erkennen und in die Politik einzubeziehen.
- Es besteht ein großer Bedarf an effektiveren Systemen zur Wasserreinigung und -verteilung. Sauberes Trinkwasser bleibt ein wichtiges Thema in Nord- und Südamerika und steht in klarem Zusammenhang mit der Häufigkeit von durch Nahrungsmittel übertragenen Krankheiten.

- 9. Die Fortschritte in Nord- und Südamerika im letzten Vierteljahrhundert waren beeindruckend, und WTI spielte eine wichtige Rolle bei der Verbesserung im Zusammenhang mit den Millenniumsentwicklungszielen. Die WTI wird weiterhin eine Schlüsselrolle bei der Erreichung der nachhaltigen Entwicklungsziele bis 2030 spielen, aber die Fortschritte werden zum Teil von einer stärkeren regionalen und globalen Zusammenarbeit in der WTI und zum Teil von der Entwicklung einheitlicherer politischer Rahmenbedingungen abhängen.**
- WTI ist unerlässlich, nicht nur für die Erreichung von FNS, sondern auch für die Beseitigung der Armut, den Schutz der Umwelt und die Beschleunigung der Diversifizierung und Transformation der wirtschaftlichen Bedingungen.
 - Die Landwirtschaft wird zunehmend als dynamischer Sektor angesehen, der von der WTI getrieben wird, um die Volkswirtschaften in Zukunft zu verändern. Es wird jedoch wichtig sein, einen erweiterten Rahmen für die Zusammenarbeit und Koordination der WTI in Nord- und Südamerika in Bezug auf FNS zu schaffen.
 - Frühere Investitionen in die Agrarforschung haben zu hohen Erträgen geführt (weltweit auf das 20- bis 40-fache geschätzt), aber die Gewinnraten sinken nun, da das Potenzial älterer Technologien (z.B. die Grüne Revolution) voll ausgeschöpft ist. Eine ganze Reihe neuer technologischer Innovationen bietet große Chancen für die zukünftige Verbesserung von Pflanzen und Tieren. Zu diesen neuen Innovationen gehören eine effizientere Nutzung von Wasser und Nährstoffen, höhere Erträge, effektivere Ansätze zur Bekämpfung von Schädlingen und Krankheiten, die Integration von Robotik mit Big Data und fortschrittlichen Algorithmen für ein effizienteres Management sowie die Einführung von Best Practice-Beispielen in der Landwirtschaft. Es wird wichtig sein, die Geschwindigkeit, mit der das Versprechen in die Praxis umgesetzt wird, zu beschleunigen.
- 10. WTI allein kann nicht alle für die Zukunft erforderlichen Fortschritte von FNS erzielen. WTI-Fortschritte, kombiniert mit einer effektiven, evidenzbasierten Politik, müssen in Nord- und Südamerika stärker umgesetzt werden.**
- Es ist schwer, die Bedeutung von Regierungsführung und öffentlicher Ordnung für die Erreichung sowohl von FNS als auch für die Unterstützung der Entwicklung nachhaltigerer Agrarpolitik zu betonen. Man muss nur die gegenwärtige Situation in Venezuela betrachten, wo ein sonst gut ausgestattetes Land aufgrund schlechter staatlicher Politik unter Nahrungsmittelknappheit leidet.
 - In vielen Ländern Nord- und Südamerikas gibt es einen Kompromiss zwischen hohen Investitionen/Hochleistungssystemen und Kleinbauern. Dieser soziale Kompromiss ist ein wichtiges Thema der öffentlichen Ordnung.
 - Der Handel mit landwirtschaftlichen Erzeugnissen wurde in der Vergangenheit durch Subventionen und Marktzutrittsschranken verzerrt. Diese Verzerrungen müssen in Zukunft reduziert werden.
 - Die meisten Länder Nord- und Südamerikas benötigen eine besser funktionierende Politik und eine wirksamere Durchsetzung, um die Nachhaltigkeit von Wald, Meer, Binnen- und Grundwasser sowie aller anderen terrestrischen Ökosysteme und ihrer biologischen Vielfalt zu fördern.
 - Armutsbekämpfung und FNS sind eng miteinander verbundene Ziele, die gemeinsam verfolgt werden müssen.
 - Die sekundären Auswirkungen der Agrarpolitik sollten berücksichtigt werden, wie z.B. die Abwanderung der ländlichen Bevölkerung in städtische Zentren und die Auswirkungen auf die Landnutzung und den Naturschutz.
 - In vielen Ländern sind die Vorschriften für den Einsatz von Pestiziden, den übermäßigen Einsatz von Antibiotika, den ökologischen Landbau und die Reduzierung von Nahrungsmittelabfällen unzureichend.
 - Die evidenzbasierte Regulierung sollte verbessert werden, um durch Nahrungsmittel übertragene Krankheiten wirksamer zu bekämpfen.
 - Internationale Hilfsgeber und Nichtregierungsorganisationen spielen eine wichtige Rolle bei der Förderung von WTI-basierten FNS in vielen Ländern Nord- und Südamerikas.

- Das Potenzial für eine aktivere Einbeziehung der Organisation der Amerikanischen Staaten in die Förderung von WTI-basierten Ansätzen für FNS muss untersucht werden.
- Organisationen wie IANAS können den Fortschritt auch beschleunigen, indem sie sich an die nationalen Entscheidungsträger wenden und sich für evidenzbasierte FNS-Richtlinien einsetzen. IANAS ist in den meisten Ländern Nord- und Südamerikas durch die nationalen Wissenschaftsakademien stark vertreten.

11. Die schrittweise Verlagerung der WTI-Investitionen vom öffentlichen zum privaten Sektor muss überwacht und verstanden werden, damit Lücken in der öffentlichen Unterstützung geschlossen werden können.

- Die geringe Forschungsbeteiligung des Privatsektors in den meisten Countys gilt als großes Defizit.
- Es bedarf besserer Methoden zur Kommunikation von WTI-Fortschritten und Investitionsmöglichkeiten an nationale Entscheidungsträger und die Öffentlichkeit.

Die Herausforderung für Nord- und Südamerika besteht darin, die Fähigkeit zu bewahren, sich selbst angemessen zu ernähren und gleichzeitig einen wesentlichen Beitrag zur Versorgung der übrigen Welt mit Nahrungsmitteln zu leisten.

EASAC

EASAC (2017). Opportunities and challenges for research on food and nutrition security and agriculture in Europe. Abrufbar unter: <https://easac.eu/projects/details/food-and-nutrition-security-and-agriculture/>.

Wir formulieren unsere spezifischen EASAC-Empfehlungen im Rahmen strategischer Dimensionen, die ein breites Spektrum an Maßnahmen in Wissenschaft und Politik bestimmen:

- Die Schnittstellen zwischen der Forschung zur Ernährungsempfindlichkeit von Nahrungs- und Agrarsystemen und zur ökologischen Nachhaltigkeit müssen angegangen werden, um wissenschaftliche Erkenntnisse über natürliche Ressourcen mit der Nahrungsmittelwertschöpfungskette zu verbinden. Die nachhaltige Bioökonomie und Kreislaufwirtschaft bieten neue übergreifende Rahmenbedingungen, die über die traditionellen Konzepte der Wirtschaftssektoren hinausgehen.
- Der Fokus kann nicht nur auf die Bevölkerung im Allgemeinen gerichtet sein, sondern sollte auch besondere Themen für gefährdete Gruppen wie Mütter und Kinder, ältere Menschen, Patienten und Migranten umfassen. Dies erfordert systematische Längsschnittstudien, um zusammen mit interdisziplinärer Forschung, die Wirtschafts- und Sozialwissenschaften sowie Naturwissenschaften umfasst, robuste Daten zu generieren, um anfällige Gruppen und allgemeinere Aspekte des Konsumverhaltens zu verstehen.
- Große Datensätze, die auf vergleichbaren und überprüfbaren Methoden basieren, sind ein wichtiges Instrument, um Innovationen im gesamten Nahrungsmittelsystem zu unterstützen und sich auf Risiken und Unsicherheiten vorzubereiten. Es gibt viel zu tun, um Datenlücken zu schließen, verbesserte Verfahren für die Datenerhebung, -organisation/integration, -analyse und -freigabe zu vereinbaren und gleichzeitig die Probleme des Dateneigentums und der Privatsphäre anzugehen.
- Mit Beweisen zu Reformationsoptionen der gegenwärtigen Gemeinsamen Agrarpolitik zur Ausarbeitung einer EU-Lebensmittel- und Ernährungspolitik beitragen, die Innovationen belohnt, Risiken verringert, sich auf öffentliche Güter konzentriert, die unterschiedlichen nationalen Interessen und Kulturen berücksichtigt und zum Wohle der übrigen Welt beiträgt.
- Die Entwicklungshilfe der EU sollte im Großen und Ganzen betrachtet werden, einschließlich der internationalen Verbundforschung, der Forschung in der EU zu Prioritäten für globale Ernährungssysteme, ihre Widerstandsfähigkeit und ihre Störungen, des Austauschs von Wissenschaft und Technologie, insbesondere im Zusammenhang mit FNS, und der Lösung internationaler Fragen zur Regierungsführung in den Bereichen Ernährung und Landwirtschaft.
- Sicherstellung, dass die Regulierungs- und Verwaltungsrahmen evidenzbasiert, verhältnismäßig und ausreichend flexibel sind, um den wissenschaftlichen Fortschritt vorzubereiten und zu ermöglichen.

In diesem Gesamtrahmen für die europäische Strategieentwicklung zeigt unser Bericht viele Möglichkeiten auf, Forschung zu generieren, zu vernetzen und zu nutzen. Zu den spezifischen wissenschaftlichen Möglichkeiten gehören die folgenden Punkte:

1. Ernährung, Nahrungsmittelauswahl und Lebensmittelsicherheit

- Verständnis der Faktoren, die die Ernährungswahl beeinflussen, der Verbrauchernachfrage und der Frage, wie Verbraucher informiert und deren Verhalten geändert werden kann, einschließlich der Akzeptanz innovativer Nahrungsmittel und innovativer Ernährungsweisen.
- Bekämpfung der widernatürlichen Preisanreize für kalorienreiche Nahrung und Einführung neuer Anreize für eine gesunde Ernährung.
- Klärung, was eine nachhaltige, gesunde Ernährung ist und wie die Nachhaltigkeit im Zusammenhang mit dem Konsum gemessen werden kann.
- Erforschung der individuellen Reaktionsfähigkeit auf Ernährung und der Zusammenhänge mit der Gesundheit.
- Förderung von Forschungsschnittstellen zwischen Ernährung, Nahrungsmittelwissenschaft und -technologie, dem öffentlichen Sektor und der Industrie.
- Bewertung, wie man Nahrungsmittelsysteme ernährungsbewusster machen kann.
- Charakterisierung der Quellen der Nahrungsmittelkontamination und der Möglichkeiten zur Verringerung der Bedenken hinsichtlich der Lebensmittelsicherheit, die sich aus der Umsetzung anderer politischer Ziele ergeben können (z.B. das Ziel der Kreislaufwirtschaft, Abfallstoffe zu recyceln).
- Zusammenstellung von analytischen Tests zur Authentifizierung der Herkunft und Qualität von Nahrungsmitteln.
- Bewertung etwaiger Diskrepanzen zwischen den Auswirkungen der Ziele der UN-Klimakonferenz 2015 für Nutztiere und Fleischkonsum und Standardempfehlungen für gesunde Ernährung.

2. Pflanzen und Tiere in der Landwirtschaft

- Für Nutztiere: Festlegung, wie man die Genomikforschung für die Nahrungsmittelproduktion sowie für die Tiergesundheit und den Tierschutz nutzen kann. Dazu gehören die schnell fortschreitende Wissenschaft der Genombearbeitung und die zunehmende Bedeutung der Charakterisierung von in Genbanken konserviertem genetischem Material.
- Für Ozeane: Verbesserung der Wissensbasis für die nachhaltige Nutzung und Kultivierung der Meeresressourcen auf niedrigerer trophischer Ebene und Untersuchung des Potenzials für die Bereitstellung von Biomasse zur Verringerung des Drucks auf landwirtschaftliche Flächen, Süßwasser und Düngemittel.
- Für Nutzpflanzen: Entwicklung eines fortschreitenden Verständnisses der Genetik und Metabolomik der Qualität von Pflanzenprodukten. Dazu gehört auch die Nutzung der neuen Möglichkeiten, die sich bieten, um Pflanzen durch Genombearbeitung gezielt zu verändern.
- Für Pflanzen wie für die Tierwissenschaften ist es wichtig, die wilden Genpools zu schützen und die Sequenzierung der genetischen Ressourcen fortzusetzen, um das Potenzial der genetischen Ressourcen zu erschließen.

3. Umweltverträglichkeit

- Bewertung der Klimabeständigkeit in allen Nahrungsmittelsystemen und Transformation der Nahrungsmittelsysteme, um ihre Auswirkungen auf die globale Erwärmung abzumildern.
- Nutzung der Möglichkeiten zur fachübergreifenden Mitgestaltung der Forschung, um den Zusammenhang zwischen Nahrungsmitteln, Wasser und anderen Ökosystemleistungen besser zu verstehen und eine bessere Koordinierung der einschlägigen politischen Instrumente, einschließlich der Gemeinsamen Agrarpolitik, der Wasserrahmenrichtlinie und der Habitatrichtlinie, zu ermöglichen. Die Bemühungen zur Steigerung der

Effizienz der Nahrungsmittelsysteme sollten sich nicht auf die Steigerung der landwirtschaftlichen Produktivität konzentrieren, indem die Umweltkosten ignoriert werden.

- Entwicklung einer Evidenzbasis zur Unterstützung der Land- und Wassernutzung bei der Bereitstellung des Spektrums benötigter privater und öffentlicher Güter - auf nachhaltige Weise und an lokale Gegebenheiten angepasst.
- Was die Auswahl von Biokraftstoffen betrifft, so gehört es zu den unmittelbaren Forschungszielen für die nächste Generation von Biokraftstoffen, das Potenzial von zellulosischen Rohstoffen zu untersuchen.
- Die Forschung sollte weiterhin den Wert der synthetischen Biologie und anderer Ansätze zur Entwicklung von Systemen mit verbesserter Photosynthese untersuchen. Es besteht auch weiterhin Forschungsbedarf, um die Auswirkungen der Biomasseproduktion auf die Landnutzung und die Nahrungsmittelpreise zu klären.
- Für den Boden: Ausbau der Forschung, um den potenziellen Wert des Bodens bei der Kohlenstoffbindung und damit den Klimaschutz zu verstehen und zu quantifizieren. Es gibt eine breit angelegte Forschungsagenda, um andere Funktionen des Bodens und des Bodenmikrobioms zu charakterisieren und zur Bioökonomie beizutragen, zum Beispiel als Quelle neuer Antibiotika. Die Forschung ist auch wichtig, um eine kosteneffiziente Bodenüberwachung und -bewirtschaftung zu unterstützen, insbesondere um den geringeren Einsatz von Düngemitteln zu stärken und die biologische Vielfalt zu verbessern.

4. Abfall

- Verpflichtung zur Sammlung zuverlässigerer Daten über das Ausmaß der Abfälle in den Nahrungsmittelsystemen und die Wirksamkeit von Maßnahmen zur Verringerung der Abfälle auf lokaler und regionaler Ebene.
- Sicherstellung der Anwendung von Nahrungsmittelwissenschaften, -technologien und -landwirtschaft bei neuen Ansätzen für die Verarbeitung von Nahrungsmitteln und die Reduzierung von Abfällen sowie bei der Information der Schnittstelle zwischen Kreislaufwirtschaft und bioökonomischen Zielen.

5. Handel und Märkte

- Verstärktes Engagement für die Datenerhebung über Handelsströme und Preise durch Modellierung und Analyse von Datenbanken.
- Untersuchung der Zusammenhänge zwischen extremen Ereignissen und Preisschwankungen, Bewertung der Auswirkungen regulatorischer Politikinstrumente auf die landwirtschaftlichen Rohstoffmärkte und der Preisübertragung zwischen globalen Rohstoffmärkten und lokalen Nahrungsmittelsystemen.
- Festlegung der wissenschaftlichen Agenda zum Verständnis der Merkmale von Fair-Trade-Systemen, z.B. der nichttarifären Bedingungen im Zusammenhang mit Abweichungen in der Regulierungspolitik, der Kennzeichnung oder anderen Anforderungen an die Lebensmittelsicherheit.

6. Innovationstrends

- In jedem der oben genannten spezifischen Bereiche der wissenschaftlichen Möglichkeiten dürfte sich die Verbindung zwischen Grundlagenforschung und problemorientierter angewandter Wissenschaft in Zukunft enger zusammenfügen. Dies gilt für die Bereiche Biowissenschaften, Digitalisierung, Mathematik und landwirtschaftliche Präzisionstechnologien, Gesundheit und Verhalten sowie in Bereichen der Modellierung komplexer Umwelt- und Nahrungsmittelsysteme. Dies hat Konsequenzen für die Neugestaltung der Wissenschaftslandschaft und für den naturwissenschaftlichen Unterricht sowie für die Ausbildung des wissenschaftlichen Nachwuchses in den Bereichen Nahrungsmittel, Ernährung und Landwirtschaft.
- Wir betonen die Schlüsselrolle der Agrarwissenschaften für die europäische Wettbewerbsfähigkeit und fordern eine Neugewichtung der Verpflichtungen - die Verlagerung von Haushaltsposten von Agrarsubventionen hin zu Innovationen in der bevorstehenden Reform der Gemeinsamen Agrarpolitik.

Abkürzungen

AASSA	Association of Academies and Societies of Sciences in Asia (asiatisches Akademienetzwerk)
ASEAN	Association of Southeast Asian Nations
AU	Afrikanische Union
BIP	Bruttoinlandsprodukt
CFS HLPE	Expertengremium für Ernährungssicherheit und Ernährung des UN-Ausschusses für Welternährungssicherheit (Committee on World Food Security High Level Panel of Experts on Food Security and Nutrition)
CGIAR	Consultative Group for International Agricultural Research
COP	Conference of the Parties of the UN Framework Convention on Climate Change
CRISPR-Cas9	Clustered Regularly Interspaced Short Palindromic Repeats - CRISPR-associated protein-9 nuclease
EASAC	European Academies' Science Advisory Council (europäisches Akademienetzwerk)
EU	Europäische Union
FAO	Food and Agriculture Organisation
F&E	Forschung und Entwicklung
FNS	Ernährungssicherheit (Food and Nutrition Security)
FNSA	Ernährungssicherheit und Landwirtschaft (Food and Nutrition Security and Agriculture)
GBD	Globale Belastung durch Krankheiten (Global burden of diseases)
GPS	Globales Ortungssystem
GVO	Gentechnisch veränderter Organismus
IANAS	InterAmerican Network of Academies of Sciences (amerikanisches Akademienetzwerk)
IAP	InterAcademy Partnership
ICSU	International Council for Science
IFPRI	International Food Policy Research Institute
IFAD	International Fund for Agricultural Development
IKT	Informations- und Kommunikationstechnologie
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
IRP	International Resource Panel of the UN Environment Programme
NASAC	Network of African Science Academies (afrikanisches Akademienetzwerk)
NBT	Neue Pflanzenzüchtungstechnik (New plant breeding technique)
NCD	Nichtübertragbare Krankheit (Non-Communicable Disease)
OECD	Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (Organisation for Economic Co-operation and Development)
SDG	Ziel für nachhaltige Entwicklung (Sustainable Development Goal)
TFP	Totale Faktorproduktivität (Total factor productivity)
THG	Treibhausgase
TRP	Totale Ressourcenproduktivität (Total resource productivity)
UNO	Vereinte Nationen (United Nations)
UNEP	Umweltprogramm der Vereinten Nationen (United Nations Environment Programme)
UNICEF	Kinderhilfswerk der Vereinten Nationen
WFP	Welternährungsprogramm der Vereinten Nationen (United Nations World Food Programme)
WHO	Weltgesundheitsorganisation (World Health Organization)
WTI	Wissenschaft, Technologie und Innovation (Science, Technology and Innovation)
WTO	Welthandelsorganisation (World Trade Organization)

Referenzen

- Adams J and White M (2015). Characterisation of UK diets according to degree of food processing and association with socio-demographics and obesity: cross-sectional analysis of UK National Diet and Nutrition survey (2008-2012). *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity* **12**, 160.
- Adenle AA *et al.* (2018). Rationalizing governance of genetically modified products in developing countries. *Nature Biotechnology* **36**, 137–139.
- Aleksandrowicz L, Green R, Joy E JM, Smith P and Haines A (2016). The impacts of dietary change on greenhouse gas emissions, land use, water use, and health. A systematic review. *PLoS ONE* **11**, e0165797.
- Alexander DD and Cushing CA (2011). Red meat and colorectal cancer: a critical summary of prospective epidemiological studies. *Obesity Reviews* **12**, e472–e473.
- Alexander P and Moran D (2017). Rethinking food waste for a healthier planet. *Lancet Planetary Health* **1**, e170–e171.
- d'Amour CB, Wenz L, Kalkuhl M, Steckel JC and Creutzig F (2016). Teleconnected food supply shocks. *Environmental Research Letters* **11**, 035007.
- Annan K (2018). Data can help to end malnutrition across Africa. *Nature* **555**, 7.
- Anon. (2017a). Expanding research views. *Nature Climate Change* **7**, 229.
- Anon. (2017b). Addressing the vulnerability of the global food system. *Lancet* **390**, 95.
- Anon. (2018). Chinese project offers a brighter farming future. *Nature* **555**, 141.
- Asaduzzaman M (2018). Antimicrobial resistance: an urgent need for a planetary and ecosystems approach. *Lancet Planetary Health* **2**, e99–e100.
- Bassi R, Morelli G and Salamini F (2017). Xylella. *Accademia Nazionale dei Lincei*. http://www.lincci.it/files/documenti/Report_Xylella_verEN2.pdf
- Baugreet S, Hamill RM, Kerry JP and McCarthy SN (2017). Mitigating nutrition and health deficiencies in older adults: a role for food innovation? *Journal of Food Science* **82**, 848–855.
- Beachy RN (2014). Building political and financial support for science and technology for agriculture. *Philosophical Transactions of the Royal Society B* **369**, 20120274
- Bero L (2017). Developing reliable dietary guidelines. *British Medical Journal* **359**, j4845.
- Blanchard JL *et al.* (2017). Linked sustainability challenges and trade-offs among fisheries, aquaculture and agriculture. *Nature Ecology and Evolution* **1**, 1240.
- Blecher E *et al.* (2017). Global trends in the affordability of sugar-sweetened beverages 1990-2016. *Preventing Chronic Disease* **14**, 160406.
- Bloem S and de Pee S (2017). Developing approaches to achieve adequate nutrition among urban populations requires an understanding of urban development. *Global Food Security* **12**, 80–88.
- Bosch R, van de Pol M and Philp J (2015). Policy: define biomass sustainability. *Nature* **523**, 526–527.
- Briggs ADM (2016). Sugar tax could sweeten a market failure. *Nature* **531**, 551.
- Bullock JM *et al.* (2017). Resilience and food security: rethinking an ecological concept. *Journal of Ecology* **105**, 880–884.
- Burke M and Lobell D (2017). Satellite-based assessment of yield variation and its determinants in smallholder African systems. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA* **114**, 2189–2194.
- Byndloss MX and Baumier AJ (2018). The germ-organ theory of non-communicable diseases. *Nature Reviews Microbiology* **16**, 103–110.
- Carlson KM *et al.* (2017). Greenhouse gas emissions intensity of global croplands. *Nature Climate Change* **7**, 63–68.
- CFS High Level Panel of Experts on Food Security and Nutrition (2017). Nutrition and food systems. <http://www.fao.org/3/a-i7846e.pdf>.
- CGIAR (2015). CGIAR Strategy and Results Framework 2016–2030: Overview. <https://cgispace.cgiar.org/handle/10947/4069>
- Challinor AJ, Adger WN and Benton TG (2017). Climate risks across borders and scales. *Nature Climate Change* **7**, 621–623.
- Cimino AM, Boyles AL, Thayer KA and Perry MJ (2017). Effects of neonicotinoid pesticide exposure on human health: a systematic review. *Environmental health perspectives*, **125**, 155.
- Cosstick N (2017). Monitoring the global food system: building trust and resilience for UK citizens and consumers. *University of Cambridge Centre for Science and Policy*.
- Dalin C, Wada Y, Kastner T and Puma MJ (2017). Groundwater depletion embedded in international food trade. *Nature* **543**, 700–704.
- Dance A (2017). Engineering the animal out of animal products. *Nature Biotechnology* **35**, 704–707.
- Dangour A D, Mace G and Shankar B (2017). Food systems, nutrition, health and the environment. *The Lancet Planetary Health* **1**, e8–e9.
- Dehghan M *et al.* (2017). Association of fats and carbohydrate intake with cardiovascular disease and mortality in 18 countries from five continents (PURE): a prospective cohort study. *Lancet* **390**, 2050–2062.
- Dinesh D, Campbell BM, Bonilla-Findji O and Richards M (editors) (2017). 10 best bet innovations for adaptation in agriculture: A supplement to the UNFCCC NAP Technical Guidelines. <https://cgispace.cgiar.org/bitstream/handle/10568/89192/CCAFSWP215.pdf>
- Downs S, Payne A and Swartz H (2017). Enhancing sustainable diets with data collection and policy analysis. The Economist Intelligence Unit. <http://foodsustainability.eiu.com/enhancing-sustainable-diets-data-collection-policy-analysis/>.
- Drewnowski A (2017). Measures and metrics of sustainable diets with a focus on milk, yogurt, and dairy products. *Nutrition Reviews* **76**, 21–28.
- El-Chichakli B, von Braun J, Lang C, Barben D and Philp J (2016). Five cornerstones of a global bioeconomy. *Nature* **535**, 221–223.
- Etmedi A, Sinha R, Ward MH, Graubard BI, Inoue-Choi M, Dawsey SM and Abnet CC (2017). Mortality from different causes associated with meat, heme iron, nitrates and nitrites in the NIH-AARP Diet and Health Study. *British Medical Journal* **357**, j1957.
- EU-Africa High Level Policy Dialogue on Science, Technology and Innovation (2016). Roadmap towards a jointly funded EU-Africa research and innovation partnership on food and nutrition security and sustainable agriculture. *DG Research and Innovation, European Commission*. https://ec.europa.eu/research/tscp/pdf/policy/eu-africa_roadmap_2016.pdf

- European Environment Agency (2017). Climate change, impacts and vulnerability in Europe 2016. An indicator-based report. EEA Report N1/2017.
- European Parliamentary Research Service (2017). Urban agriculture in Europe. PE 614.641. [http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/IDAN/2017/614641/EPRS_IDA\(2017\)614641_EN.pdf](http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/IDAN/2017/614641/EPRS_IDA(2017)614641_EN.pdf)
- Fanzo J, McLaren R, Davis C and Choufani J (2017). How to ensure nutrition for everyone under climate change and variability. *GCAN Policy note 1, Feed the Future*. <http://www.ifpri.org/publication/how-ensure-nutrition-everyone-under-climate-change-and-variability>.
- FAO (2015). The Intergovernmental Technical Panel on Soils (ITPS). Status of the World's Soil Resources. <http://www.fao.org/documents/card/en/c/6814873-efc3-41db-b7d3-2081a10ede50/>.
- FAO (2016). Crop prospects and food situation. Report No. 4. <http://www.fao.org/documents/card/en/c/bdb67528-37d2-41d9-9e6a-4398f196b7ec/>
- FAO (2017). The future of food and agriculture: trends and challenges. Report as preparation for FAO Medium-term Plan 2018-2021. <http://www.fao.org/3/a-i6583e.pdf>.
- FAO (2017). Critical and emerging Issues in Food Security and nutrition. <http://www.fao.org/cfs/cfs-hlpe/critical-and-emerging-issues/en/>.
- FAO, IFAD, UNICEF, WFP and WHO (2017). The state of food security and nutrition in the world. <http://www.fao.org/3/a-i7695e.pdf>.
- Food Security Information Network (2017). Global report on food crises 2017. <https://ec.europa.eu/europeaid/sites/devco/files/wfp291270.pdf>.
- Footitt RG and Adler PH (2009). Insect biodiversity: science and society. Blackwell.
- Frelat R *et al.* (2016). Drivers of household food availability in sub-Saharan Africa based on big data from small farms. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA* **113**, 458–463.
- Garb Y and Friedlander L (2014). From transfer to translation: using systemic understandings of technology to understand drip irrigation uptake. *Agricultural Systems* **128**, 13–24.
- GBD 2016 SDG Collaboration (2017). Measuring progress and projecting attainment on the basis of past trends of the health-related Sustainable Development Goals in 188 countries: an analysis from the Global Burden of Disease Study 2016. *Lancet* **390**, 1423–1459.
- Gernand AG, Schulze KJ, Stewart CP, West Jr KP and Christian P (2016). Micronutrient deficiencies in pregnancy worldwide: health effects and prevention. *Nature Reviews Endocrinology* **12**, 274–289.
- Ghaffarzadeh K (2017). Deep learning for agchems. *Chemistry and Industry* **09**, 36
- Guohui M, Yuan LP, Peisong H and Yeyun X (2014). In: Hybrid Rice Achievements, Development and Prospect in China. Expert Consultation on Hybrid Rice Development in Asia: Assessment of Limitations and Potential, Bangkok, Thailand.
- Golden CD, Allison EH, Cheung WW, Dey MM, Halpern BS, McCauley DJ, Smith M, Vaitla B, Zeller D. and Myers SS (2016). Fall in fish catch threatens human health. *Nature* **534**, 317–320.
- Green JM, Barratt MJ, Kinch M and Gordon JI (2017). Food and microbiota in the FDA regulatory framework. *Science* **357**, 39–40.
- Haddad L (2015). The research implications of the global nutrition report. www.scidev.net/global/nutrition/opinion/implications-of-nutrition-report.html.
- Haddad L *et al.* (2016). A new global research agenda for food. *Nature* **540**, 30–32.
- Halle MG, Wossen T, Tesfaye K and von Braun J (2017). Impact of climate change, weather extremes, and price risk on global food supply. *Economics of Disasters and Climate Change* **1**, 55–75.
- Herrero M, Thornton PK, Power B, Bogard JR, Remans R, Fritz S, Gerber JS, Nelson G, See L, Waha K and Watson RA (2017). Farming and the geography of nutrient production for human use: a transdisciplinary analysis. *Lancet Planetary Health* **1**, e33–e42.
- Hidrobo M, Hodinott J, Kumar N and Oliver M (2018). Social protection, food security and asset formation. *World Development* **101**, 88–103.
- Holmes A, Holmes M, Gottlieb T, Price LB and Sundsfjord A (2018). End non-essential use of antimicrobials in livestock. *British Medical Journal* **360**, k259.
- Horton P *et al.* (2017). An agenda for integrated system-wide interdisciplinary agri-food research. *Food Security* **9**, 195–210.
- Hyseni L *et al.* (2017). The effects of policy actions to improve population dietary patterns and prevent diet-related non-communicable diseases: scoping review. *European Journal of Clinical Nutrition* **7**, 694–711.
- IAP (2018). Assessing the security implications of genome editing technology. <http://www.interacademies.org/45511/Assessing-Security-Implications-of-Genome-Editing-Emerging-Points-From-an-International-Workshop>.
- ICSU (2017). A guide to SDG interactions: from science to implementation. www.icsu.org/cms/2017/05/SDGs-interactions-executive-summary.pdf
- IFPRI (2016). 2016 Global nutrition report. <https://www.ifpri.org/publication/global-nutrition-report-2016-promise-impact-ending-malnutrition-2030>.
- IFPRI (2017a). Global food policy report. <http://www.ifpri.org/publication/2017-global-food-policy-report>.
- IFPRI (2017b). Agriculture, development, and the global trading system: 2000-2015. <http://www.ifpri.org/publication/agriculture-development-and-global-trading-system-2000%E2%80%932015>.
- IRP (2017). Assessing global resource use: a systems approach to resource efficiency and pollution reduction. Report of the International Resource Panel, United Nations Environment Programme. http://www.resourcepanel.org/sites/default/files/documents/document/media/assessing_global_resource_use_amended_130318.pdf
- Jean N, Burke M, Xie M, Davis M, Lobell D and Ermon S (2016). Combining satellite imagery and machine learning to predict poverty. *Science* **353**, 790–794.
- Jones AD and Ejeta G (2016). A new global agenda for nutrition and health: the importance of agriculture and food systems. *Bulletin of the World Health Organization* **94**, 228–229.
- Kalkuhl M, von Braun J and Torero M (2016). Food price volatility and its implications for food security and policy. Springer Open Access. <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-319-28201-5>
- Kanter R, Walls HL, Tak M, Roberts F and Waage J (2015). A conceptual framework for understanding the impacts of agriculture and food systems policies on nutrition and health. *Food Security* **7**, 767–777.
- Khoury CK *et al.* (2014). Increasing homogeneity in global food supplies and the implications for food security. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA* **111**, 4001–4006.
- King A (2017). The future of agriculture. *Nature* **544**, S21–S23.
- Kittinger JN *et al.* (2017). Committing to socially responsible seafood. *Science* **356**, 912–913.

- Kongerslev Thorning T, Bertram HC, Bonjour J-P, de Groot L, Dupont D, Feeney E, Ipsen R, Lecerf JM, Mackie A, McKinley MC, Michalski M-C, Rémond D, Risérus U, Soedamah-Muthu SS, Tholstrup T, Weaver C, Astrup A and Givens I (2017). Whole dairy matrix or single nutrients in assessment of health effects: current evidence and knowledge gaps. *American Journal of Clinical Nutrition* **105**, 1033–1045.
- Li T *et al.* (2018). Swift acid rain sensing by synergistic rhizospheric bioelectrochemical responses. *ACS Sensors*. <https://doi.org/10.1021/acssensors.8b00401>.
- Liang X-Z *et al.* (2017). Variance in crop yields. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA* **114**, E2285–E2292.
- Lin J, Zhang SM, Cook NR, Lee IM and Buring JE (2004). Dietary fat and fatty acids and risk of colorectal cancer in women. *American Journal of Epidemiology* **160**, 1011–1022.
- Liu Y and Li Y (2017). Revitalize the world's countryside. *Nature* **548**, 275–277.
- Lowenberg-DeBoer J and Musa S (2017). University licensing of intellectual property In developing countries: a case study of the Purdue improved crop storage (Pics) technology. Working paper 17-2. <https://ageconsearch.umn.edu/bitstream/254126/2/17-2>. [University%20Licensing%20of%20IP.PICS.pdf](https://www.umn.edu/bitstream/254126/2/17-2)
- Macdiarmid JI, Douglas F and Campbell J (2016). Eating like there's no tomorrow. Public awareness of the environmental impact of food and reluctance to eat less meat as part of a sustainable diet. *Appetite* **96**, 487–493.
- Macleod A, Jones GD, Anderson HM and Mumford RA (2016). Plant health and food security, linking science, economics, policy and industry. *Food Security* **8**, 17–25.
- Maffioli SI *et al.* (2017). Antibacterial nucleoside-analog inhibitor of bacterial RNA polymerase. *Cell* **169**, 1240–1248.
- Malabo Montpellier Panel (2017). Nourished: how Africa can build a future free from hunger and malnutrition. <https://www.mamopanel.org/resources/reports-and-briefings/nourished-how-africa-can-build-future-free-hunger/>.
- Mayer EA, Tillisch K and Gupta A (2015). Gut/brain axis and the microbiota. *Journal of Clinical Investigation* **125**, 926–938.
- Medek DE, Schwartz J and Myers SS (2017). Estimated effects of future atmospheric CO₂ concentrations on protein intake and the risk of protein deficiency by country and region. *Environmental Health Perspectives* **125**, 087002.
- Mottet A, de Haan C, Falcucci A, Tempio G, Opio C and Gerber P (2017). Livestock: on our plates or eating at our table? A new analysis of the feed/food debate. *Global Food Security* **14**, 1–8.
- Muller A and Schader C (2017). Efficiency, sufficiency, and consistency for sustainable healthy food. *Lancet Planetary Health* **1**, e13–e14.
- Myers SS, Smith MR, Guth S, Golden CD, Vaitla B, Mueller ND, Dangour AD and Huybers P (2017). Climate change and global food systems: potential impacts on food security and undernutrition. *Annual Review of Public Health* **38**, 259–277.
- Myers SS, Wessells KR, Kloog J, Zanobetti A and Schwartz J (2015). Effect of increased concentrations of atmospheric carbon dioxide on the global threat of zinc deficiency: a modelling study. *Lancet Global Health* **3**, e639–e645.
- Myers SS, Zanobetti A, Kloog I, Huybers P, Leakey AD, Bloom AJ, Carlisle E, Dietterich LH, Fitzgerald G, Hasegawa T and Holbrook NM (2014). Increasing CO₂ threatens human nutrition. *Nature* **510**, 139–142.
- National Academies of Sciences, Engineering, Medicine (2018). Science breakthroughs to advance food and agricultural research by 2030. Consensus Study Report. <https://www.nap.edu/catalog/25059/>
- Nelson A (2017). Crop pests: crop-health survey to fill data gaps. *Nature* **541**, 464.
- Nelson R, Wiesner-Hanks T and Balint-Kurti P (2018). Navigating complexity to breed disease-resistant crops. *Nature Reviews Genetics* **19**, 21–33.
- Newbold T *et al.* (2016). Has land use pushed terrestrial biodiversity beyond the planetary boundary? *Science* **353**, 288–291.
- NCD Risk Factor Collaboration (2016). Trends in adult body-mass index in 200 countries from 1975 to 2014: a pooled analysis of 1698 population-based measurement studies with 19.2 million participants. *Lancet* **387**, 1377–1396.
- OECD (2016). Alternative futures for global food and agriculture. <http://dx.doi.org/10.1787/9789264247826-2-en>.
- Office of Agricultural Economics of Thailand (2015). Agricultural Statistics of Thailand 2015, 2–32.
- Omilola B and Robele S (2017). Discussion paper: The central position of agriculture within the 2030 Agenda for Sustainable Development. IFPRI, <http://ebrary.ifpri.org/cdm/singleitem/collection/p15738coll2/id/131489>.
- Pardey PG, Chang-Kang C, Dehmer SP and Beddow JM (2016). Agricultural R&D is on the move. *Nature* **537**, 301–03.
- Pardey PG *et al.* (2018). The shifting structure of agricultural R&D: worldwide investment patterns and payoffs. In *From Agriscience to Agribusiness*, Springer p13–39.
- Pontifical Academy of Sciences (2017). Declaration of the health of people, health of planet and our responsibility. Climate change. Pollution and health workshop.
- Poore J and Nemecek T (2018). Reducing food's environmental impacts through producers and consumers. *Science* **360**, 987–992.
- Porter JR, Howden M and Smith P (2017). Considering agriculture in IPCC assessments. *Nature Climate Change* **7**, 680–683.
- Pretty J *et al.* (2010). The top 100 questions of importance to the future of global agriculture. *International Journal of Agricultural Sustainability* **8**, 219–236.
- Qin J, Li R, Raes J, Arumugam M, Burgdorf KS, Manichanh C, Nielsen T, Pons N, Levenez F, Yamada T and Mende DR (2010). A human gut microbial gene catalogue established by metagenomic sequencing. *Nature*, **464**, 59–65.
- Reddy KS (2016). Global Burden of Disease Study 2015 provides GPS for global health 2030. *Lancet* **388**, 1448–1449.
- Reynolds MP *et al.* (2017). Improving global integration of crop research. *Science* **357**, 359–360.
- Rippke U *et al.* (2016). Timescales of transformational climate change adaptation into sub-Saharan Africa. *Nature Climate Change* **6**, 605–609.
- Romani S, Grappi S, Bagozzi RP and Barone AM (2018). Domestic food practices: a study of food management behaviors and the role of food preparation planning in reducing waste. *Appetite* **121**, 215–227.
- Rutherford SM, Bains K and Moughan PJ (2012). Available lysine and digestible amino acid contents of proteinaceous foods of India. *British Journal of Nutrition* **108**, S59–S68.
- Sachs JD and Schmidt-Traub G (2017). Global lessons for sustainable development goals. *Science* **356**, 32–33.
- Sahakian M (2015). Getting emotional: historic and current changes in food consumption practices viewed through the lens of cultural

- theories. In *Putting Sustainability into Practice: Advances and Applications of Social Practice Theories* (Kennedy EH, Cohen MJ and Krogman N, editors). Edward Elgar.
- Sattari SZ, Bouwman AF, Martinez Rodriquez R, Beusen AHW and van Ittersum MK (2016). Negative global phosphorus budgets challenge sustainable intensification of grasslands. *Nature Communications* **7**, doi: 10.1038/ncomms10696.
- Scientific Advisory Board of the UN Secretary-General (2016). Food security and health policy. <http://unesdoc.unesco.org/images/0024/002468/246887E.pdf>.
- Sen A (1981). *Poverty and famines: an essay on entitlement and deprivation*. Oxford University Press.
- Seto KC and Ramankutty N (2016). Hidden linkages between urbanization and food systems. *Science* **352**, 943–945.
- Sharma KK *et al.* (2018). Peanuts that keep aflatoxin at bay: a threshold that matters. *Plant Biotechnology Journal* **16**, 1024–1033.
- Shepherd GS and Gelderblom WC (2014). Rapid testing and regulating for mycotoxin concerns: a perspective from developing countries. *World Mycotoxin Journal* **7**, 431–437.
- Singh N and Singh P (2011). Amaranth: potential source for flour enrichment. In Preely V, Watson R and Patel V (editors) *Flour and Bread and their Fortification in Health and Disease Prevention*. Elsevier p101–111.
- Snyder KA, Miththapala S, Sommer R and Braslow J (2017). The yield gap: closing the gap by widening the approach. *Experimental Agriculture* **53**, 445–459.
- Spielman DJ, Kolady DE and Ward PS (2013). The prospects for hybrid rice in India. *Food security* **5**, 651–665.
- Springmann M *et al.* (2016). Global and regional health effects future food production under climate change: a modelling study. *Lancet* **387**, 1937–1946.
- Springmann M *et al.* (2017). Mitigation potential and global health impacts from emissions pricing of food commodities. *Nature Climate Change* **7**, 69–74.
- Swaminathan MS and Kesavan PC (2015). Energy provision and food security in off-grid villages. In: *Smart Villages – new thinking for off-grid communities worldwide*, Heap RB (editor) 56–62.
- Taylor J and Ayango JO (2011). Sorghum flour and flour products: production, nutritional quality and fortification. In Preely V, Watson R and Pavel V (editors) *Flour and Breads and their Fortification in Health and Disease Prevention*. Elsevier p127–139
- Teng P, Caballero-Anthony M, Lassa J and Nair T (2015). Towards Asia 2025 in policy and technology imperatives. Summary of the main findings of the second international conference on Asian food security held in Singapore on 21–22 August 2014. *Food Security* **7**, 159–165.
- Thilsted SH *et al.* (2016). Sustaining healthy diets: the role of capture fisheries and aquaculture for improving nutrition in the post-2015 era. *Food Policy* **61**, 126–131.
- Thornton PK and Herrero M (2015). Adapting to climate change in the mixed crop and livestock farming systems in sub-Saharan Africa. *Nature Climate Change* **5**, 830–836.
- Vanlauwe B, Six J, Sanginga N and Adesina AA (2015). Soil fertility decline at the base of rural poverty in sub-Saharan Africa. *Nature Plants* **1**, 15101.
- Vauzour D *et al.* (2017). Nutrition for the ageing brain: towards evidence for an optimal diet. *Ageing Research Reviews* **35**, 222–240.
- Venugopal PD and Dively GP (2017). Climate change, transgenic corn adoption and field-evolved resistance in corn earworm. *Royal Society Open Science* **4**, 170210
- Vetter S *et al.* (2017). Greenhouse gas emissions from agricultural food production to supply Indian diets: implications for climate change mitigation. *Agriculture, Ecosystems and Environment* **237**, 234–241.
- Viciani E (2017). Carpe diet. *Nature Reviews Microbiology* **15**, 644.
- von Braun J and Birner R (2017). Designing global governance for agricultural development and food and nutrition security. *Review of Development Economics* **21**, 265–284.
- von Braun J, Gulati A and Kharas H (2017). Key policy actions for sustainable land use and water use to serve people. *Economics: The Open-Access, Open-Assessment Journal* **11**, 1–14.
- von Braun J (2017). Agricultural change and health and nutrition in emerging economies. In: *Agriculture and Rural Development in a Globalizing World* (ed. Pingali P and Feder G), chapter 14, pp. 273–291. London: Routledge.
- von Braun J, Teklu T and Webb P (1998). *Famine in Africa: causes, responses and prevention*. The Johns Hopkins University Press.
- Watts N *et al.* (2017). The *Lancet* Countdown on health and climate change: from 25 years of inaction to a global transformation for public health. *Lancet* **391**, 581–630. [http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736\(17\)32464-9](http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736(17)32464-9).
- Wellesley L, Happer C and Froggatt A (2015). *Changing climate, changing diets: pathways to lower meat consumption*. Royal Institute of International Affairs, Chatham House.
- Wesseler J, Smart RD, Thomson J and Zilberman D (2017). Foregone benefits of important food crop improvements in sub-Saharan Africa. *PLoS ONE* **12**, e0181353.
- Wesseler J and von Braun J (2017). Measuring the bioeconomy: economics and policies. *Annual Review of Resource Economics* **9**, 275–298.
- Whitfield S, Challinor AJ and Rees RM (2018). Frontiers in climate smart food systems: outlining the research space. *Frontiers in Sustainable Food Systems* **2**, 2.
- WHO (2017). *Ambition and action in nutrition 2016–2025*. <http://www.who.int/nutrition/publications/nutrition-strategy-2016to2025/en/>
- Wood SA, Smith MR, Fanzo J, Remans R and DeFries RS (2018a). Trade and the equitability of global food nutrient distribution. *Nature Sustainability* **1**, 34–37.
- Wood SLR *et al.* (2018b). Distilling the role of ecosystem services in the Sustainable Development Goals. *Ecosystem Services* **29**, 70–82.
- World Bank (2016). *The future of food: shaping the global food system to deliver improved nutrition and health*. <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/24104>.
- World Bank (2017a). *Future of food: shaping the food system to deliver jobs*. <http://www.worldbank.org/en/topic/agriculture/publication/the-future-of-food-shaping-the-food-system-to-deliver-jobs>.
- World Bank (2017b). *Agriculture and food*. <http://www.worldbank.org/en/topic/agriculture>.
- Wunsche J, Lambert C, Gole U and Biesalski HK (2018). Consumption of gluten free products increases heavy metal intake. *NFS Journal* **12**, 11–15.
- Zampieri M, Ceglar A, Dentener F and Toreti A (2017). Wheat yield loss attributable to heat waves, drought and water excess at the global, national and subnational scales. *Environmental Research Letters* **12**, p 064008.
- Zimmerer KS and S de Haan (2017). Agrobiodiversity and a sustainable food future. *Nature Plants* **3**, 17047.

Die InterAcademy Partnership (IAP) wurde im März 2016 offiziell in Südafrika ins Leben gerufen und vereint drei etablierte Netzwerke von Akademien der Naturwissenschaften, Medizin und Technik, die heute in IAP for Science, IAP for Research und IAP for Health umbenannt sind.

Im Rahmen der neuen InterAcademy Partnership arbeiten mehr als 130 nationale und regionale Mitgliedsakademien zusammen, um die besondere Rolle der Wissenschaft und ihre Bemühungen zur Lösung der schwierigsten Probleme der Welt zu unterstützen. IAP nutzt insbesondere das Fachwissen der weltweit führenden Wissenschaftler, Mediziner und Ingenieure, um eine solide Politik voranzutreiben, die öffentliche Gesundheit zu verbessern, Exzellenz in der wissenschaftlichen Ausbildung zu fördern und andere kritische Entwicklungsziele zu erreichen.

InterAcademy Partnership
ICTP Campus, c/o TWAS
Strada Costiera 11
34151 Triest
Italien

InterAcademy Partnership
Nationale Akademien für
Naturwissenschaften, Technik
und Medizin der USA
500 Fifth St.
NW Washington,
DC 20001 USA

www.interacademies.org
iap@twas.org
secretariat@iapartnership.org

SPONSORED BY THE



Federal Ministry
of Education
and Research

