



**UNIVERSITÄT  
BAYREUTH**

Deutscher Bundestag  
Ausschuss f. wirtschaftl.  
Zusammenarbeit u. Entwicklung  
Ausschussdrucksache  
**19(19)201 f**  
Öffentliche Anhörung 5.6.19  
3. Juni 2019

**Prof. Dr. Stephan Clemens**  
**Lehrstuhl für Pflanzenphysiologie**  
Universitätsstr. 30  
95440 Bayreuth (Briefpost/letters)  
95447 Bayreuth (Paketpost/parcels)  
Telefon: ++49-(0)921-552630  
Telefax: ++49-(0)921-552642  
e-mail: [stephan.clemens@uni-bayreuth.de](mailto:stephan.clemens@uni-bayreuth.de)

## **Öffentliche Anhörung zum Thema „Welternährung und Klimawandel“ des Ausschusses für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (AwZ) am 5. Juni 2019**

### **Stellungnahme zu einigen Fragen im 2. Block**

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

Wie weiter unten dargelegt, eröffnen neue Züchtungsmethoden dramatisch verbesserte Möglichkeiten der Entwicklung von ertragreichen, resilienten Nutzpflanzen. Vor allem können erstmals bisher vernachlässigte Kulturpflanzen züchterisch sehr schnell erschlossen werden. Angesichts der Bedeutung der Ernährungssicherheit für ökonomische Entwicklung sollte in den Auf- und Ausbau öffentlich finanzierter Institute für Pflanzenzüchtung und Pflanzengenetik in Entwicklungsländern investiert werden, sowie in die Ausbildung entsprechend geschulter Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler aus diesen Ländern. Neue Züchtungsmethoden erfordern keine besondere, aufwändige Infrastruktur und können mit sehr wenig wissenschaftlichem Vorlauf für die Entwicklung stark verbesserter Sorten von Arten wie z.B. Tef oder Cassava eingesetzt werden.

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

#### **3. Inwieweit ist der Einsatz konventionell verbesserter oder auch genveränderter Saat- und Pflanzgutes und genveränderter Organismen bzw. Tiere eine Möglichkeit zur Lösung des Hungerproblems? Welche Risiken beinhaltet die Einführung solcher Arten für die globale Landwirtschaft? Welche Potenziale birgt die Agrarökologie in diesem Kontext?**

Der Einsatz genetisch verbesserter Nutzpflanzen ist nicht nur ein Weg, der zur Lösung des Hungerproblems wichtige Beiträge leisten könnte, sondern aller Wahrscheinlichkeit und vorliegender Evidenz nach essentiell. Es ist deshalb auch zu fragen, ob ein Verzicht auf neue Züchtungsmethoden ethisch vertretbar ist.

Auf den Web-Seiten des Bundesministeriums für Wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (BMZ) wird zum *Sustainable Development Goal* Nr. 2 („Kein Hunger!“) konkretisiert, dass u.a. eine Verdopplung der landwirtschaftlichen Produktivität erreicht werden muss und alle Formen der Mangelernährung beendet werden müssen ([www.bmz.de/de/ministerium/ziele/2030\\_agenda/17\\_ziele/ziel\\_002\\_hunger/index.html](http://www.bmz.de/de/ministerium/ziele/2030_agenda/17_ziele/ziel_002_hunger/index.html)).

Wenn man jedoch die durch züchterische Erfolge, verbesserten Pflanzenschutz und vermehrten Ressourceneinsatz in den letzten Jahrzehnten erzielten Ertragssteigerungen bei Reis, Weizen und Mais bis in das Jahr 2050 extrapoliert, so reicht die dann erzielte Steigerung dennoch nicht aus, um den Bedarf zu decken<sup>1</sup>. Dazu kommt noch, dass die Verdopplung der landwirtschaftlichen Produktivität auf insgesamt kleiner werdender Fläche und gegen die, laut einschlägiger Prognosen, zu erwartenden negativen Auswirkungen des Klimawandels erreicht werden muss.

Weiterhin sollten im Dienste einer Verlangsamung der Erderwärmung bisher für die Nahrungsmittelproduktion genutzte Flächen einer veränderten Nutzung zugeführt werden. Im 2018 veröffentlichten Sonderbericht des IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) zum 1,5 °C-Ziel heißt es: "Model pathways that limit global warming to 1.5°C with no or limited overshoot project the conversion of 0.5 - 8 million km<sup>2</sup> of pasture and 0 – 5 million km<sup>2</sup> of non-pasture agricultural land for food and feed crops into 1 – 7 million km<sup>2</sup> for energy crops and a 1 million km<sup>2</sup> reduction to 10 million km<sup>2</sup> increase in forests by 2050 relative to 2010 (medium confidence)" ([www.ipcc.ch/2018/](http://www.ipcc.ch/2018/)).

Neue Züchtungsmethoden und hier vor allem das auf CRISPR-Cas-Systemen basierende *Genome Editing* ermöglichen die Überwindung bisher existierender Limitationen der Züchtung. Diese ist abhängig von Zufallsereignissen der ungerichteten Mutagenese und der Rekombination zwischen elterlichen Genomen. Zudem ist die verfügbare genetische Variation häufig gering, da der Mensch über Jahrtausende nur Pflanzen mit bestimmten erwünschten Eigenschaften weiter vermehrt hat und so viele Genvarianten verloren gegangen sind.

Schon jetzt, sieben Jahre nach Veröffentlichung der ersten Arbeit zu den Möglichkeiten durch CRISPR-Cas<sup>2</sup> und sechs Jahre, nachdem die Nutzbarkeit in Pflanzen erstmals gezeigt wurde<sup>3,4</sup>, gibt es bereits zahlreiche Beispiele für die erfolgreiche Einführung günstiger Eigenschaften durch die gezielte Veränderung nur weniger DNA-Basen. Ein Beispiel ist die Einführung von Krankheitsresistenzen durch die Veränderung der Angriffsorte von Pathogenen in einer pflanzlichen Zelle. Schon dieser vergleichsweise einfache Ansatz kann zu deutlich gesteigerter Ertragssicherheit bei gleichzeitiger Verminderung des Einsatzes von Pestiziden führen.

Mit den dank weltweit betriebener Grundlagenforschung rasch wachsenden Erkenntnissen zur Funktion von Genen und der Bedeutung der Variation in diesen Genen für die Ausprägung von Eigenschaften ist zu prognostizieren, dass die Möglichkeiten des *Genome Editing* rasant größer werden. Innerhalb der globalen „*Scientific Community*“ gibt es hieran keinen Zweifel.

Warum wirkt sich der Klimawandel negativ auf Erträge aus? Nutzpflanzen-Sorten besitzen meist eine lokale Anpassung z.B. an klimatische Verhältnisse und Bodenbedingungen im Anbaugebiet. Schnelle Veränderungen in abiotischen Bedingungen wie Niederschlagshäufigkeit und -verteilung oder Temperatur können dazu führen, dass diese lokale Anpassung nicht mehr besteht. Hinzu kommt, dass sich mit klimatischen Veränderungen auch das Auftreten von Pathogenen oder Fraßfeinden rapide wandeln kann und evtl. nun Arten oder Varianten auftreten, gegen die in den lokalen Sorten keine Resistenz vorliegt.

Daraus folgt als eine essentielle Maßnahme zur Abmilderung der Folgen des Klimawandels, dass wir die Züchtung neuer Sorten drastisch beschleunigen müssen, um Ertragseinbußen möglichst gering zu halten. Die Entwicklung neuer Sorten erfordert jedoch selbst bei Nutzung aller Erkenntnisse der Molekulargenetik für die klassische Züchtung Zeiträume um die 10 Jahre. *Genome Editing* kann die Zeitspanne dramatisch verkürzen, da sowohl die ansonsten unvermeidliche Einführung nachteiliger Genvarianten (Allele) und das dadurch erforderliche mehrfache Rückkreuzen vermieden werden kann. Zudem kann die Veränderung auf winzige Abschnitte des Genoms begrenzt werden. Damit erhöhen sich die Wahrscheinlichkeiten

enorm, auch komplexe, von vielen Genen abhängige Eigenschaften wie Trockenstresstoleranz verbessern zu können.

Vor Erörterung möglicher Risiken sollte zunächst einmal festgehalten werden, dass praktisch alle Nutzpflanzen genveränderte Organismen sind. Das wird meist vergessen. Unsere heutigen Nutzpflanzen zum Beispiel sind das Ergebnis, a. der Auslese von mit günstigen Eigenschaften assoziierten, zufällig aufgetretenen Mutationen oder Genomveränderungen (z.B. Hybridisierung, Polyploidie) durch den Menschen, b. der Selektion nach massiver, ungerichteter Mutagenese durch energiereiche Strahlung oder die Behandlung mit DNA-schädigenden Chemikalien, und c. der gezielten Kreuzung und Auslese, um günstige Eigenschaften in neuen Sorten zu kombinieren. Die Genome heutiger Nutzpflanzen haben sich im Laufe der Zeit stark verändert und heutige Nutzpflanzen besitzen viele Eigenschaften, die nicht natürlich sind in dem Sinne, dass diese Eigenschaften zum Verschwinden der Pflanzen in einer natürlichen Umgebung ohne Selektion durch den Menschen führen würden.

Neue, auf CRISPR-Cas und verwandten Systemen beruhende Züchtungsmethoden können der vom Zufall abhängigen Züchtung eine früher nicht vorstellbare Präzision und Genauigkeit verleihen. Es gibt deshalb keine wissenschaftlich plausiblen Gründe, warum das *Genome Editing* mit höheren Risiken assoziiert sein sollte als herkömmliche Methoden der Züchtung. Im „Wissenschaftlichen Bericht der Institute im Geschäftsbereich des BMEL zu den neuen Techniken in der Pflanzenzüchtung und der Tierzucht und ihren Verwendungen im Bereich der Ernährung und Landwirtschaft“ aus dem Jahre 2017 wird das so formuliert: „Das *Genome Editing* stellt daher eine deutliche Verbesserung in Präzision, Effizienz und Sicherheit gegenüber klassischen Genmodifikations- (Mutagenese) und Gentransferverfahren dar.“

Wenn die Themen Klimawandel und Ernährungssicherheit in einem Kontext betrachtet werden, muss außerdem festgestellt werden, dass die politische Debatte aus naturwissenschaftlicher Sicht von einem fundamentalen Widerspruch geprägt ist. Der Klimawandel wird auf Basis wissenschaftlicher Evidenz zurecht als eine existentielle Bedrohung wahrgenommen. In Bezug auf Strategien zur Erzeugung ausreichender Mengen gesunder Nahrungsmittel wird der wissenschaftliche Konsens jedoch ignoriert bzw. verleugnet.

Zum Stichwort Agrarökologie: es gehört zu den vielen – aus meiner persönlichen Sicht tragischen – Ergebnissen der gescheiterten politischen Debatte um genetische Veränderungen, dass die durch neue Züchtungsmethoden eröffneten Chancen für eine nachhaltigere, die Umwelt stärker schonende Produktion von Nahrungsmitteln vernachlässigt werden und eine scharfe Trennlinie zwischen sogenannter „industrieller“ und „ökologischer“ Landwirtschaft gezogen wird. Der Anbau ohne Pestizide z.B. würde sehr davon profitieren, wenn im verwendeten Saatgut Mischungen von Resistenzgen-Allelen präsent wären.

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

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

Es ist angesichts der Tatsache, dass sich der Klimawandel schon jetzt negativ auf die landwirtschaftliche Produktivität auswirkt, nicht sinnvoll, eine Entweder-oder-Entscheidung

treffen zu wollen. Maßnahmen zur Verbesserung der Ernährungssicherheit sollten in jedem Falle parallel zu Klimaschutzmaßnahmen vorangetrieben werden.

Wenn neue Züchtungsmethoden genutzt und weiterentwickelt werden, können Ernährungssicherheit und Klimaschutz sogar in derselben Maßnahme gefördert werden. Die Herstellung von Stickstoffdünger im Haber-Bosch-Verfahren etwa kostet mehr als 1 % des weltweiten Energieverbrauchs. Schon jetzt konnte gezeigt werden, dass die Stickstoff-Effizienz der beiden wichtigsten Nutzpflanzen Reis und Weizen durch subtile genetische Veränderungen deutlich gesteigert werden kann<sup>5</sup>. Damit ließen sich also enorme CO<sub>2</sub>-Emissionen einsparen.

Ein zweites Beispiel: Steigerungen der Photosynthese-Effizienz durch mittels CRISPR-Cas beschleunigte Züchtung könnten das Potential der Nutzung von Bioenergie-Pflanzen enorm verbessern und sich damit ebenfalls günstig auf die globale CO<sub>2</sub>-Bilanz auswirken (s. oben, IPCC-Bericht zum 1,5 °C-Ziel).

Ebenso könnten Ernährungsweisen, die einen höheren Anteil pflanzlicher Produkte enthalten und dadurch mit geringeren Klimagas-Emissionen verbunden sind<sup>6</sup>, von einer durch neue Züchtungsmethoden ermöglichten größeren Vielfalt der Nahrungspflanzen profitieren. Es gehört zu den Potentialen von CRISPR-Cas-Systemen, dass die nachholende Domestizierung von Pflanzen gezielt und mit großer Beschleunigung erfolgen kann. Als Beispiel kann Quinoa dienen, eine Art, die durch die Suche nach Gluten-freiem Getreideersatz und ihren ernährungsphysiologischen Wert enorm an Popularität gewonnen hat. Um den gestiegenen Bedarf zu decken, wäre eine Ausdehnung der Anbauggebiete wünschenswert. Zudem hat Quinoa das Potential, auch auf marginalen Böden, die für andere Nutzpflanzen nicht verwendet werden können, gute Erträge zu ermöglichen. Quinoa ist jedoch eine tetraploide Pflanze, die züchterisch bisher kaum erschlossen ist. Damit sind einer weitergehenden Nutzung enge Grenzen gesetzt. Dies hat sich mit der Sequenzierung des Genoms<sup>7</sup> in Kombination mit Genome Editing-Verfahren geändert. Eine erwünschte Eigenschaft bei Quinoa ist „sweet quinoa“. Damit ist die stark verringerte Akkumulation von Saponinen in der Samenschale von Quinoa gemeint. Saponine sind typische Sekundärstoffe, die von Pflanzen z.B. zur Abwehr von Fraßfeinden gebildet werden, allerdings auch auf den Menschen toxisch wirken können. Einige Quinoa-Sorten sind bekannt, die deutlich weniger Saponine aufweisen. Im Zuge der Genomsequenzierung wurde ein Gen identifiziert, dessen Inaktivierung dazu führt, dass die Saponin-Biosynthese in den Samenschalen nicht mehr angeschaltet wird. Zwei unterschiedliche Mutationsereignisse sind in verschiedenen „sweet quinoa“-Sorten gefunden worden: der Austausch einer DNA-Base oder Insertionen. In beiden Fällen ist das betreffende Gen *TSARL1* nicht mehr funktional. Die Übertragung der Eigenschaft „sweet quinoa“ auf weitere Sorten könnte also vermutlich durch die Veränderung einer DNA-Base erreicht werden. Alternativ wäre ungerichtete Mutagenese durch Bestrahlung oder DNA-schädigende Chemikalien eine Option. Hier würden allerdings auch hunderte bis tausende zusätzlicher Mutationen auftreten, deren Konsequenzen kaum abzuschätzen sind. Ebenso könnte in einer aufgrund der Tetraploidie allerdings extrem langwierigen Züchtung versucht werden, diese Eigenschaft zu verbreiten.


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

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

Literatur

1. Tester, M. & Langridge, P. Breeding technologies to increase crop production in a changing world. *Science* **327**, 818–822 (2010).
2. Jinek, M. *et al.* A programmable dual-RNA-guided DNA endonuclease in adaptive bacterial immunity. *Science* **337**, 816–821 (2012).
3. Jiang, W. *et al.* Demonstration of CRISPR/Cas9/sgRNA-mediated targeted gene modification in Arabidopsis, tobacco, sorghum and rice. *Nucleic Acids Res.* **41**, e188 (2013).
4. Nekrasov, V., Staskawicz, B., Weigel, D., Jones, J. D. G. & Kamoun, S. Targeted mutagenesis in the model plant *Nicotiana benthamiana* using Cas9 RNA-guided endonuclease. *Nat. Biotechnol.* **31**, 691–693 (2013).
5. Li, S. *et al.* Modulating plant growth–metabolism coordination for sustainable agriculture. *Nature* **560**, 595–600 (2018).
6. Tilman, D. & Clark, M. Global diets link environmental sustainability and human health. *Nature* **515**, 518–522 (2014).
7. Jarvis, D. E. *et al.* The genome of *Chenopodium quinoa*. *Nature* **542**, 307–312 (2017).

Bayreuth, den 02. Juni 2019



Prof. Dr. Stephan Clemens