

Glyphosat – Saubermann mit Nebenwirkungen?

Die Genschere CRISPR/Cas9 - einfach genial oder eine tickende Zeitbombe

Christian Schiefer

Unser Autor

Prof. Dr. Christian Schiefer, Jahrgang 1944, studierte nach Abitur und Facharbeiterprüfung Landwirtschaft von 1963 – 1968 an der Universität Leipzig. Anschließend Pflanzenzüchter bei der VVB Saat- und Pflanzgut Quedlinburg (Luzerne, Getreide, Leguminosen). Auszeichnung als “Verdienter Züchter“. 1979 Promotion zum Dr. agr. an der Universität Halle-Wittenberg zum Thema Schätzung quantitativ-genetischer Parameter in der Luzernezüchtung. 1988 – 1991 wissenschaftlicher Mitarbeiter an der gleichen Universität, Lehr- und Forschungsstützpunkt Seehausen. Ab 1992 Referatsleiter im Sächsischen Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, zuständig für Versuchswesen, Saatgut- und Sortenwesen und internationale Zusammenarbeit. Schwerpunkte waren dabei: Zuchtmethodik, Züchtung, Genetik, Gentechnik, Biometrie und Bioethik. Zahlreiche Veröffentlichungen und entsprechende Lehrtätigkeit. Auf Grund intensiver Zusammenarbeit bei der Vorbereitung des EU-Beitritts Polens 2004 Verleihung der Verdienstmedaille und Ernennung zum Honorarprofessor der Naturwissenschaftlichen Universität Wroclaw (Breslau). Seit 2009 Geschäftsführer Saatbauverband Sachsen-Thüringen. Lehrveranstaltungen an der Hochschule Mittweida, der Berufsakademie Dresden und der Universität Wroclaw (Breslau).

Inhaltsverzeichnis

| | Seite |
|--|-------|
| Vorwort | 4 |
| Glyphosat – Saubermann mit Nebenwirkungen? | 5 |
| Die Genschere CRISPR/Cas9 – einfach genial oder eine tickende Zeitbombe | 9 |

Vorwort

Die beiden Beiträge widmen sich zwei Sachverhalten, die gegenwärtig in der Öffentlichkeit umstritten sind. Umweltschützer unternehmen alles, um Glyphosat zu verbieten und die neuen Methoden der Züchtung, darunter CHRISPR/Cas, der Gentechnik zuzuordnen und auf diese Weise die Anwendung zu verhindern.

Wie der Autor Prof. Schiefer aufzeigt, ist die Glyphosat-Anwendung aus den verschiedensten Gründen erforderlich, wobei die Landwirte gleichzeitig aber im Interesse des Erhalts der Biodiversität den Einsatz minimieren sollten. Das von Umweltschützern angestrebte Verbot von Glyphosat führt nur dazu, dass für Mensch und Tier giftigere Pflanzenschutzmittel angewendet werden. Sinnvoller ist es, künftig im Rahmen der sich entwickelnden Präzisionslandwirtschaft einerseits mittels teilschlagbezogener Bewirtschaftung und genauerer Dosierung, andererseits durch technische Mittel, mit denen Unkräuter erkannt und mechanisch oder mittels anderer Verfahren (Hitze) entfernt werden können, die Verminderung des Einsatzes von Glyphosat anzustreben.

CRISPR/Cas ist ein neues Verfahren der Züchtung. Während in Europa und insbesondere Deutschland unter dem Einfluss grüner NGO und Parteien noch gestritten wird, ob das Verfahren der Gentechnik mit allen Konsequenzen für ein Verbot zugerechnet werden soll oder der nicht verbotenen klassischen Züchtung entspricht – wobei die zuständigen Wissenschaftler eindeutig für letzteres plädieren, da entsprechende Mutationen auch in der Natur auftreten können, werden in anderen Ländern bereits bedeutende Fortschritte erzielt. Führend sind die USA und China. China hat z. B. bereits einen mehltausresistenten Weizen gezüchtet. CRISPR/Cas und andere Verfahren des sogenannten Geneditings erlauben relativ schnell die Züchtung neuer Sorten, wobei die Schwerpunkte auf den Gebieten Krankheitsresistenz und bessere Ausnutzung der Nährstoffe einschließlich Wasser liegen werden. Das ist besonders auch für die Entwicklungsländer von Bedeutung.

Zu begrüßen ist, dass sich Urs Niggli, Direktor des Forschungsinstituts für Biologischen Landbau in der Schweiz, einer der größten Experten des Ökologischen Landbaus (= Biologischen Landbaus), für die Nutzung der neuen Züchtungsverfahren sowohl im Konventionellen als auch im Ökologischen Landbau ausspricht. Auf diese Weise soll einerseits der Konventionelle Landbau nachhaltiger werden und andererseits der Ökologische Landbau höhere Erträge erbringen, da diese unter dem Gesichtspunkt der wachsenden Weltbevölkerung zu niedrig sind, in Deutschland bei den Hauptkulturen 40 bis 50 % geringer als im Konventionellen Landbau. Das hat zur Folge, dass mehr Fläche für die Landwirtschaft genutzt werden muss, womit die ökologischen Vorteile des Ökologischen Landbaus wieder infrage gestellt werden.

Eberhard Schulze
Leiter der AG Landwirtschaft der
Leipziger Ökonomischen Societät e. V.

Glyphosat – Saubermann mit Nebenwirkungen ?

Vor kurzem schrieb die Bauernzeitung: "Die gute Nachricht ist, dass mit der Flüchtlingskrise innerhalb eines Jahres ca. 1,4 Millionen Menschen mehr in der EU leben und dass dieses der Ernährungssicherheit des Kontinentes keinerlei Abbruch getan hat. Die schlechte Nachricht ist, dass niemand diesen Fakt würdigt, der allein der Leistungsfähigkeit der Landwirtschaft zu verdanken ist." Diese Feststellung stammt vom Europaabgeordneten Dr. Peter JAHR. Er merkt dazu weiter an, dass die Lebensmittelversorgung und -sicherheit in Europa offenbar selbstverständlich ist und fordert zu Recht die Vertreter der Landwirtschaft auf, mehr Flagge zu zeigen und sich mit Sachargumenten im Vorfeld politischer Entscheidungen einzumischen. Denn Tatsache ist, dass sich ein vielstimmiger Kritikerchor an der modernen Landwirtschaft eingestimmt hat und eine fragwürdige "Ethik" entwickelt. Dabei ist eine zunehmende Diskrepanz zwischen tatsächlichem Risiko und subjektiver Risikoeinschätzung festzustellen. Moderne Landwirtschaft, die nichts mehr mit Hakenpflug und Kühehüten zu tun hat, ist nicht reiner Selbstzweck, sondern befriedigt die erhöhte Nachfrage nach Lebensmitteln und vielseitig zu verwendender Biomasse. Um das zu erreichen, muss der Mensch seine Vernunft "als Gott gegebenes Organ zur Erkenntnis des Natürlichen", so wie es der Theologe BONHOEFFER schrieb, einsetzen und damit Wissenschaftlichkeit und Fortschritt ermöglichen. Evolutionsbiologen stellten fest: Kein Lebewesen kann seiner sich wandelnden Umwelt davonlaufen. Das gilt natürlich auch für die Landwirtschaftsbetriebe, die sich ständig im Wettbewerb bzw. Wettlauf mit ihren Konkurrenten befinden, um eine höhere Flächenproduktivität bei sinkenden Kosten, sparsamer Nutzung von knappen Ressourcen unter Einhaltung von Prinzipien der Nachhaltigkeit zu erreichen. Eine Beschreibung dieses Wettlaufs unter sich ständig wechselnden Bedingungen finden wir in Lewis CAROLL's Buch "Alice hinter den Spiegeln". Alice trifft auf die Rote Königin und diese rennt beständig, aber die Landschaft, in der sie sich befinden, bewegt sich mit. Als Alice nach dem Grund für das ganze Gerenne fragt, erklärt die Königin: "Hierzulande musst du so schnell rennen wie du kannst, wenn du am gleichen Fleck bleiben willst". Der Präsident der Deutschen Landwirtschaftsgesellschaft (DLG), BARTMER, schlussfolgert ebenfalls, dass der Gebrauch der Vernunft und die Nutzung des Fortschritts dem modernen Ackerbau und der modernen Tierhaltung förderlich sind.

Glyphosat ist ein Pflanzenschutzmittel.

Prof. TIEDEMANN von der Universität Göttingen stellt fest: "Pflanzenschutzmittel schützen die für unser Überleben wichtigsten Organismen, nämlich die Nutzpflanzen. Diese benötigen Schutz vor Krankheiten und Schädlingen, so wie wir ihn als Mensch durch Medikamente sicherstellen. Beides, Medikamente und Pflanzenschutzmittel, sind segensreiche Hilfsmittel für unser Überleben und beide können natürlich auch durch Fehlanwendung Schaden machen. Diese Schäden sind bei Medikamenten relativ groß (Medikamentenmissbrauch, Nebenwirkungen), bei Pflanzenschutzmitteln praktisch nicht nachweisbar!"

Glyphosat ist ein Herbizid.

Herbizide sind Unkrautbekämpfungsmittel, die störende Pflanzen abtöten sollen. Kulturpflanzen stehen im Wettbewerb mit Unkräutern um Wasser, Nährstoffe und Licht. Dichter Unkrautbewuchs führt zu deutlich verminderten Erträgen. Glyphosat hemmt die Aminosäuresynthese der Pflanzen. Glyphosat, auch unter dem Handelsnamen ROUNDUP bekannt, ist ein Breitbandherbizid, wirkt also fast gegen alle Pflanzen und ist eines der meistangewendeten Herbizide. Es kann nur über grüne Pflanzenteile und nicht über die Wurzel aufgenommen werden. Das Patent für Glyphosat wurde 1974 an MONSANTO erteilt. Seitdem ist das Mittel auf dem Markt.

Glyphosat - Anwendung unter besonderer Berücksichtigung der Saatgutproduktion.

Die Erzeugung von Saatgut steht am Beginn der landwirtschaftlichen Produktionskette und dient damit vor allem der Gewährleistung der Nahrungsmittelversorgung und -qualität. Eine alte Redewendung sagt: "Wie die Saat, so die Ernte." oder moderner ausgedrückt: "Qualität säen, heißt Erfolg ernten.". Entscheidend für eine erfolgreiche Vermehrung, z. B. von Getreide oder Gräsern, ist die Erfüllung der Anforderungen an den Vermehrungsbestand auf dem Feld und an die Beschaffenheit der erzeugten Saatware anhand einer Laborprüfung. Dabei sind umfangreiche rechtliche Grundlagen zu beachten. Am Ende dieses sogenannten Anerkennungsverfahrens steht zertifiziertes (Z)-Saatgut, das gehandelt werden darf. Der Einsatz von Glyphosat dient in erster Linie der Etablierung "sauberer", das heißt unkrautfreier bzw. nicht mit anderen Fruchtarten vermischter Pflanzenbestände, die "sauberes", nicht mit Unkrautsamen bzw. nicht mit Samen anderer Pflanzenarten vermisches, besatzfreies Saatgut aufwachsen lassen. Ein weiterer Aspekt des Glyphosateinsatzes ist natürlich, Konkurrenten im Vermehrungsbestand auszuschalten, die wie bereits oben erwähnt, zu verminderten Erträgen führen. Wichtig ist zu wissen, dass eine Vermehrung nur angelegt werden darf, wenn auf der dafür vorgesehenen Fläche kein Durchwuchs mit Pflanzen anderer Arten oder Sorten auftritt, der zu Fremdbefruchtung oder Sortenvermischung führen kann. Erreichbar ist dies durch mechanische Unkrautbekämpfung (Pflügen, Hacken, Grubbern, Eggen ...) bzw. durch Einhaltung von Anbaupausen, die über geeignete Fruchtfolgen zu realisieren sind. Besonders hoch sind die Anforderungen bei der Saatgutproduktion von Gräsern. Laut Praxishandbuch der Saatgutvermehrung sind möglichst unkrautfreie Flächen in gutem Kulturzustand auszuwählen. Diese Flächen sollten keine Fremdgräser und Ackerunkräuter wie Quecken, Ampfer, Trespen, Flughafener, Ackerfuchsschwanz und andere Kulturgräser aufweisen. Diese lassen sich meist nur mit intensiven Maßnahmen (Selektion), vorwiegend per Hand, aus dem Feldbestand entfernen. Oft sind aus Gründen politischer Vorgaben, betrieblicher und technischer Möglichkeiten bzw. wegen ungünstiger Witterungs- und Bodenverhältnisse die erforderlichen Arbeitsgänge zur Unkrautbekämpfung bzw. die Einhaltung von Anbaupausen nicht voll realisierbar und es wird nach anderen effektiven Hilfsmitteln gesucht. Hier bietet sich der Einsatz von Glyphosat als Totalherbizid an. Damit wird in einem Arbeitsgang Unkraut bekämpft und es besteht die Möglichkeit, gleichzeitig auszusäen. Diese Anwendung im "Vorauflauf" beeinflusst Keimung und Wuchs der frischen Saat nicht negativ und ermöglicht somit "saubere" Vermehrungs- bzw. Pflanzenbestände. Die Beigabe von Netzmittel (ca. 15 % bei ROUNDUP) erhöht die Wirksamkeit, ist aber wegen eventuell auftretender Zellschädigungen nicht unumstritten. Mit dem Glyphosateinsatz hat der Saatgutproduzent ein sicher wirkendes Mittel zur Verfügung, das gleichzeitig kostengünstig und auch arbeitswirtschaftlich effektiv ist und im konkreten Fall überhaupt erst eine qualitätsgerechte Vermehrung ermöglicht. Außerdem sind bestimmte ackerbauliche Maßnahmen wie die pfluglose nichtwendende Bodenbearbeitung bzw. die Direktsaat als Erosionsschutz durch den Glyphosateinsatz wesentlich leichter durchführbar. Neben der oben beschriebenen Anwendung von Glyphosat im Vorauflaufverfahren werden Glyphosat-haltige Herbizide oft zur Vorernte-Behandlung eingesetzt. Damit werden z. B. vor der Getreideernte mehrjährige Gräser wie Glatthafer, Straußgras, Quecke usw. bekämpft. Weit verbreitet ist auch die Glyphosat-Spritzung, um die Ernte zu erleichtern (Sikkation). Dabei werden alle Kulturpflanzen und Unkräuter abgetötet, trocknen schneller ab und eine frühe Ernte wird möglich. Neben der Ernteerleichterung tritt hierbei auch eine Reifebeschleunigung auf.

Glyphosat - vermutete Nebenwirkungen, erneute Zulassung, Handlungsempfehlungen

Die vielseitigen Anwendungsmöglichkeiten zeigen, dass Glyphosat in der Landwirtschaft, speziell in der Saatgutproduktion vor allem bei der wirksamen und nachhaltigen Bekämpfung von Unkräutern sehr effektiv ist. Dennoch sollten Risiken und Nebenwirkungen, sofern sie auftreten, untersucht und ausgewertet werden. Besonders die nachlassende Akzeptanz der Öffentlichkeit, wer auch immer diese ist, reibt sich meist an der zu häufig eingesetzten Wirkstoffmenge. Als extrem schädlich werden die Vorerntespritzung, die Anwendung im Kleingarten- und Wegebereich sowie die Einfuhr glyphosatbelasteter Produkte, z. B. Soja-, Mais- und Rapsderivate angeprangert. Folgeschäden wie erhöhtes Krebsrisiko, Geburtsschäden, Immunerkrankungen, Nierenschäden, Haut- und Atemprobleme werden vermutet. In der Landwirtschaft wird durch die häufige Applikation die Ausbildung resistenter "Superunkräuter" provoziert. Weitere Kritikpunkte beziehen sich u. a. auf die Beeinflussung der Wasserqualität, Abtötung von Kaulquappen und Erhöhung der Bienensterblichkeit. Hierbei ist zu beachten, dass nur Ergebnisse berücksichtigt werden sollten, die aus neutralen, wissenschaftlich fundierten Experimenten bzw. Studien stammen. Bisher waren nationale und internationale Gesundheitsbehörden der Ansicht, dass dabei solche Bedingungen heranzuziehen sind, die vorherrschen, wenn Menschen und Tiere unter normalen Verhältnissen mit Glyphosat in Verbindung kommen. Teilweise kursieren schwer nachvollziehbare Meldungen über "Glyphosatvergiftungen", z. B. in Bier und Muttermilch bzw. im Urin, die nichts mit der Normalität zu tun haben. Meist haben diese Versuche zusätzlich noch experimentelle Mängel bzw. entsprechen nicht den standardisierten Vorschriften für Toxizitätsprüfungen.

In Fachkreisen ist man der Meinung, dass es politische Absichten gibt, die Zulassung von Wirkstoffen noch restriktiver als bisher zu betreiben und deshalb die nicht enden wollende Diskussion um Glyphosat geführt wird, obwohl staatliche Stellen wie das Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR) und die europäische Behörde für Lebensmittelsicherheit (EFSA) keine Bedenken gegen eine erneute Zulassung erhoben. Die reguläre EU-Zulassung für Glyphosat endete am 30. Juni 2016. Die EU-Kommission ließ die Abstimmung des Ständigen Ausschusses für Pflanzen, Tiere, Nahrungs- und Futtermittel über eine erneute 20-jährige Zulassung von der Tagesordnung absetzen. Ein Grund dafür könnte die Einstufung der International Agency for Research on Cancer (IARC) von Glyphosat als wahrscheinlich krebserregend sein. Gegen diese Einstufung wurden jedoch erhebliche Einwände erhoben, die vermuten lassen, dass IARC nicht alle vorliegenden Daten mit entsprechender Beweiskraft bei der Bewertung herangezogen hat. Als Kompromiss wurde dann die Zulassung vorläufig bis Ende 2017 verlängert, um dann eine fachlich begründete Entscheidung treffen zu können. Grundlage dafür sollten Ergebnisse der europäischen Chemikalienagentur (ECHA) sein. Diese hat nun (März 2017) Glyphosat als nicht krebserregend eingestuft. Eine qualifizierte Mehrheit in der EU-Kommission könnte jetzt eine Zulassungsverlängerung von mindestens 9 Jahren herbeiführen. Weiterhin könnten Auflagen zum Schutz der Biodiversität, Begrenzung der Applikationshäufigkeit und Spritzmengen sowie auch Regeln für zugemischte Beistoffe eingebunden werden.

Handlungsempfehlungen der Bund-Länder-Expertengruppe aus dem Julius Kühn-Institut zur Glyphosatanwendung auf Acker und Grünland zeigen Möglichkeiten der Minimierung auf. Als Beispiel wird der Pflugeinsatz auf nicht erosionsgefährdenden Böden angeführt. Auch auf der Stoppel können mehrmalige Bodenbearbeitungsmaßnahmen anuelle und ausdauernde Unkräuter und Ausfallkulturen reduzieren. Ein der Fruchtfolge angepasstes Herbizidmanagement kann ebenfalls der Selektion und Verbreitung von resistenten Unkraut- bzw. Ungraspopulationen entgegenwirken. Ob durch angepasste Boden- und Saatbettbereitung und durch geeignete Sätechnik sowie durch ausgewogene Düngung eine einheitlichere Abreife des Kul-

turpflanzenbestandes wesentlich verbessert werden kann, und damit eine Sikkation überflüssig wird, ist jedoch in der Praxis sehr umstritten. Auch für die umbruchslose Grünlanderneuerung ist die Anwendung glyphosathaltiger Herbizide derzeit alternativlos. Das gleiche gilt für den Glyphosateinsatz bei Mulch- und Direktsaatverfahren.

Die oben aufgeführten Vorteile für die Landwirtschaft und die angesprochenen Risiken und Nebenwirkungen machen deutlich: Fachwissen gehört vor Ideologie! Expertenwissen und wissenschaftliche Analyse sowie Einbeziehung der praktischen Landwirtschaft sollten Grundlage des Entscheidungsprozesses sein. Eine Landwirtschaft, die sich ausreichend geprüfter moderner Methoden und Mittel bedient, garantiert, dass Deutschland täglich sichere Lebensmittel in höchster Qualität zu moderaten Preisen und in ausreichender Menge erhält.

Die Genshere CRISPR/Cas9 - einfach genial oder eine tickende Zeitbombe

CRISPR/Cas9, sprich: Krisper-Kahs, (*Clustered Regularly Interspaced Short Palindromic Repeats*) ist ein komplexes, aber ebenso praktikables Hilfsmittel, mit dem man das Erbgut von Lebewesen verändern kann.

In der klassischen Züchtung geht es uns so wie George Bernard SHAW, der nicht nur für seinen Intellekt, sondern auch für sein skurriles Aussehen bekannt war. Nach einem brillanten Vortrag sprach ihn eine bildhübsche Frau an: "Herr Shaw, Ihr Intellekt und mein Aussehen - sollten wir nicht ein gemeinsames Kind haben?". Kratzte sich Shaw am Kopf und sagte: "Wer sagt Ihnen denn, gnädige Frau, das dieses Kind nicht mein Aussehen und Ihren Intellekt haben wird?" und nahm Abstand von der Verlobung. Dieser ernüchternde Ausgang beschreibt das Dilemma bei allen klassischen Kreuzungen. Man kann nie wissen, was am Ende herauskommt, da dieses von tausenden verschiedenen Genen abhängt. Molekularbiologen haben es da mit Gentransfers einfacher, wenn sie mit 1 - 2 bekannten Genen arbeiten.

Zunächst etwas zur Historie - Züchtung bedeutet die Verbesserung bzw. Erhaltung von genetisch fixierten Eigenschaften bei Pflanzen und Tieren. Ziel ist meist, eine bessere Leistung der Individuen zu erreichen. In der Jungsteinzeit, dem sogenannten Neolithikum, vor ca. 15.000 Jahren, begannen die Jäger und Sammler mit Ackerbau und Viehzucht. Sie versuchten durch Auslese von Pflanzen und Tieren mit positiven Eigenschaften ihre Nahrungsgrundlage zu sichern. Voraussetzung dafür war und ist heute noch eine ausreichende Formenvielfalt. Ist diese nicht vorhanden, kann man diese durch Kombination verschiedener Genotypen, nämlich über Kreuzung, erreichen. Zunächst wurde die Kreuzungszüchtung rein empirisch angewandt bis MENDEL 1866 die Grundlagen der Vererbung entdeckte und damit die Basis für die klassische Züchtung schuf, auf der letztendlich auch die Hybridzüchtung beruht. Bei sich ungeschlechtlich vermehrenden Individuen, wie z. B. Bakterien, kann man nur über positive Mutanten eine erfolgreiche Züchtung betreiben.

Diese beschriebenen Zuchtmethoden kann man als einen der natürlichen biologischen Evolution ähnlichen, aber zeitlich gerafften Vorgang betrachten. Viele der derzeit existierenden Zuchtergebnisse wären ohne menschliches Zutun nie entstanden und wären somit auch ohne menschlichen Einfluss nicht lebensfähig. Für die wissenschaftliche (Pflanzen-)Züchtung werden hier einige der ersten Meilensteine genannt:

1859: DARWIN(1809-1882) *On the Origin of Species by Means of Natural Selection, or the Preservation of Favoured Races in the Struggle of Life*

1866: MENDEL(1822-1884) *Versuche über Pflanzenhybriden*. Verhandlungen des Naturforschenden Vereines in Brünn. Bd. IV.

1888: RIMPAU(1842-1903) erster fertiler Weizen-Roggen-Bastard, Rimpau`s praktische Wirkungsstätten: Domäne Schlanstedt, Rittergut Langenstein, Rittergut Cunrau (bei Salzwedel)

1889: erste durch Kombinationszüchtung geschaffene Winterweizensorte in Deutschland „Rimpau`s früher Bastard“

1889: RÜMKER, Uni Göttingen, erste Vorlesung über Pflanzenzüchtung

1900: Wiederentdeckung der Mendelschen Regeln

Die klassische Züchtung ist langwierig und kann natürliche Artbarrieren nicht überwinden.

Erst durch Anwendung der Gentechnik kann man die züchterische Effizienz steigern, indem man diese Grenzen überschreitet und z. B. bakterielle Gene in Pflanzen einführt. Ein Beispiel dafür ist der insektenresistente Mais (Bt-Mais). Der Zuchtprozess wird durch gentechnische Methoden kürzer und das Ergebnis sicherer. Dabei ist hervorzuheben, dass die klassische Gentechnik zwar mit verschiedenen Verfahren gewünschte Gene in das Erbgut von Kulturpflanzen einführen kann, um ein Genkonstrukt mit dem Zielgen zu bilden, das dann auch wirksam wird. Dieses Ziel kann nur durch umfangreiche, präzise biologische und genetische Vorbereitungen erreicht werden, denn die Einführung z. B. von "artfremden" Resistenzgenen in eine Kulturpflanze bzw. deren Zellkern ist nicht immer erfolgreich und ist z. T. auch zufallsbedingt. Die anschließende Selektion und Etablierung der gewünschten "Idealpflanze" ist zeitaufwendig.

Um die klassische Gentechnik und auch die noch zu besprechende Genschere zu verstehen, sollen einige Grundkenntnisse hier vermittelt werden.

Ein Gen wird als Abschnitt auf der Desoxyribonukleinsäure (DNA) definiert. Die DNA kann nur über die Herstellung einer Negativkopie (Transkription) in Form der Ribonukleinsäure (RNA) biologisch aktiv werden. Die RNA stellt über den Vorgang der Translation ein bestimmtes Protein her, das wiederum im entsprechenden Organismus eine spezifische Funktion hat, also als Merkmal charakterisiert werden kann. Die Gene sind demnach die Träger der Erbinformation, die durch Reproduktion auf die Nachkommen übertragen werden. Die Gesamtheit aller Gene eines Lebewesens wird als Genom bezeichnet. Das menschliche Genom umfasst ca. 25.000 Gene, das der Pflanzen (je nach Anzahl der Chromosomensätze) über 25.000, der Pilze ca. 6.000, der Bakterien 500 - 7.000 ... Entscheidend für die spätere Merkmalsausprägung ist aber nicht allein die Anzahl der Gene, sondern die Anzahl der die Merkmale codierenden Basenpaare auf der doppelsträngigen DNA (siehe Abbildung).

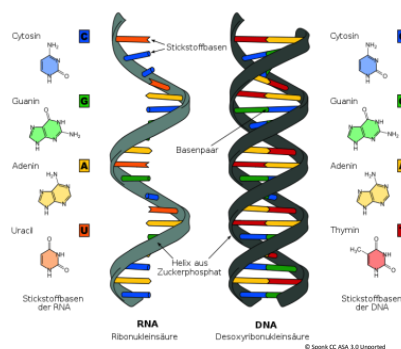


Abbildung 2: DNA, RNA, Nucleobasen

DNA und RNA sind Polynukleotide, die die für die Erbinformationen und Merkmalsausprägung entscheidenden Nucleobasen enthalten. Das sind: Adenin, Guanin, Cytosin und

Uracil (RNA) bzw. Thymin (DNA). Vereinfacht dargestellt und molekulargenetisch betrachtet, bestimmt die Reihenfolge dreier Nukleobasenpaare (Tripletts) auf der DNA und nach Transskription auf der RNA die Bildung spezifischer Proteine. Ein Gen ist somit, je nach Anzahl und Art der Reihenfolge der Basenpaare, für mehrere Merkmale zuständig. Die 25.000 Gene der Menschen sind durch ca. 3,1 Milliarden derartiger Basenpaare charakterisiert. Bei Pflanzen schwankt die Anzahl der Basenpaare von 10^8 - 11^{11} , bei DNA-Viren von 5.000 - 200.000.

Die Erbinformation aller Lebewesen beruht also immer auf Anzahl und Reihenfolge der Basenpaare. Vier Nukleobasen sind die Grundbausteine jeglichen Lebens und über diese kann die Merkmalsausprägung, sofern sie genetisch fundiert ist, auch verändert werden. Anzumerken ist jedoch, dass auch bei der konventionellen Kreuzung bereits Artgrenzen überwunden wurden. Als Beispiel sei auf den auch im Biolandbau häufig genutzten Triticale hingewiesen, der aus einer Artkreuzung zwischen Weizen und Roggen stammt. Auch Schafe und Ziegen können auf natürliche Weise Nachkommen hervorbringen. Einige Wissenschaftler denken bereits über die Definition des Artbegriffes nach, um zu dokumentieren, dass in der Natur keine starren Artgrenzen, sondern fließende Übergänge zwischen den Organismen existieren. Jedoch richtig ist auch, dass mittels der Gentechnik Gene verwandtschaftlich weit voneinander entfernten Lebewesen übertragen werden können, da wie bereits oben erläutert wurde, fast alle Organismen die gleichen Grundbausteine der DNA in sich tragen.

Was bringt uns CRISPR/Cas9, die sogenannte bessere Gentechnik - ist sie eine Wunderwaffe oder Teufelszeug? Eines steht fest, diese Methode ist ein neues molekularbiologisches Verfahren, das gemeinsam mit anderen Verfahren als "Genome Editing" (Genbearbeitung) bezeichnet wird. Vereinfacht dargestellt funktioniert das so: Eine CRISPR-Sonde wird entwickelt und so in die Zelle eingeführt, dass sie im Genom exakt die jeweilige Zielsequenz findet. Dort schneidet eine sogenannte molekulare Schere, das Cas9-Protein, den DNA-Strang. Dieser wird anschließend durch zelleigene Reparatursysteme wieder zusammengefügt. Während dieses Vorgangs können, ähnlich wie bei einer Mutation, einzelne DNA-Stücke verändert, abgeschaltet aber auch DNA-Bausteine eingefügt werden. Damit entsteht neues kurzes Stück der DNA - der Gencode wurde umgeschrieben.

Entscheidend ist, dass der CRISPR-Abschnitt mittels der darin enthaltenen RNA (Guide RNA) die Zielsequenz im zu verändernden Gen erkennt (Finden). Den folgenden Vorgang (Schneiden) führt das an den CRISPR-Abschnitt gekoppelte Cas9-Protein aus und trennt den DNA-Doppelstrang genau an der gewünschten Zielsequenz. Hervorzuheben ist, dass CRISPR und Cas9 synthetisch hergestellt und dann in die Zelle überführt werden. Anschließend erfolgt, wie bereits oben angeführt, der Reparaturprozess (Reparieren).

MIEDANER schreibt über diese neue revolutionäre Technologie: "Die Vorteile dieser neuen Technik liegen auf der Hand. Sehr viel genauer als bisher kann die zu verändernde DNA-Sequenz bestimmt werden, es bleibt nur noch wenig dem Zufall überlassen. Und das System entspricht durchaus der natürlichen Evolution. Denn solche Punktmutationen, die nur wenige Basenpaare betreffen, kommen auch natürlicherweise häufig vor. Sie sind sogar die Basis der genetischen Vielfalt aller Organismen. Außerdem lässt sich in der Folgegeneration keine gentechnische Veränderung nachweisen, da nur zelleigene Reparaturmechanismen genutzt und die verwendeten RNA-Sequenzen sowie das Cas-Enzym nach vollbrachter Arbeit in der Zelle abgebaut werden. Die im Sinne des Züchters gewünschte Mutation wird zwar an die Nachkommen weitergegeben, dort gibt es aber keine Spuren einer Veränderung mehr. Außerdem stammen die verwendeten Korrek-

tursequenzen in der Regel aus derselben Pflanzenart, so dass im Gegensatz zur herkömmlichen Gentechnik keine fremden Gene eingeführt werden.". Entdeckt wurde diese "Genschere" im Wesentlichen durch die französische Mikrobiologin Marie CHARPENTIER und die amerikanische Biochemikerin und Molekularbiologin Jennifer DOUDNA im Jahre 2012.



- **Emmanuelle Charpentier**
- Forscher
- Emmanuelle Marie Charpentier ist eine französische Mikrobiologin, Genetikerin und Biochemikerin. Seit Oktober 2015 ist sie Direktorin am Berliner Max-Planck-Institut für Infektionsbiologie.



47



- **Jennifer Doudna**
- Professor
- Jennifer A. Doudna Cate ist eine amerikanische Biochemikerin und Molekularbiologin an der University of California, Berkeley. Sie konnte mit wegweisenden Arbeiten zur Aufklärung komplexer Strukturen katalytisch wirkender RNA beitragen
- de.wikipedia.org · Text unterliegt der [CC-BY-SA-Lizenz](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/)



46

Die zwei Forscherinnen fanden das CRISPR/Cas-System bei Bakterien. Dort wirkt es als Immunsystem, mit dem Angriffe von Viren erkannt und abgewehrt werden können. CHARPENTIER und DOUDNA hatten die geniale Idee, daraus eine molekularbiologische Methode zu entwickeln, die zur Überraschung beider dann auch wirklich bei allen lebenden Zellen (Mensch, Pflanze, Tier) funktionierte. Somit ist CRISPR eine effektive Methode des Genome Editings, die nicht erwünschte Zufälle weitgehend ausschließt und damit die Züchtung kürzer, billiger und sicherer macht und sich von der bisherigen Gentechnik deutlich unterscheidet. Da bisher ungezielt fremde Gene eingebaut wurden, die zum Teil mit Nebenwirkungen behaftet waren, die in aufwendigen Zulassungsverfahren geprüft wurden, hatten nur große, meist internationale Zucht- bzw. Chemiefirmen die Möglichkeit, GVO herzustellen. Das CRISPR-System kann nun auch von kleineren Firmen genutzt werden, zumal die molekularen Werkzeuge wie die CRISPR-Sonden und die Cas-Proteinscheren inzwischen weiterentwickelt und genauer wurden.

Die Mehrheit der Wissenschaftler plädiert für eine ungehinderte Zulassung, ohne Kennzeichnungsvorschriften, der so editierten Organismen. Gentechnik-kritische Vertreter z. B. der Bio-Scene sind dagegen. Nur wenige sehen Vorteile auch für den ökologischen Landbau durch Einbau von Resistenzen aus Wildpflanzen und damit Einsparung von Pflanzenschutzmitteln.

Neben umfangreichen wissenschaftlichen Experimenten mit CRISPR-Cas gibt es bereits auch praktische Ergebnisse. So wurde z. B. eine mehlttauresistente Weizensorte gezüchtet. Eine Champignonsorte wurde entwickelt und in den USA zugelassen, die sich langsamer braunfärbt und haltbarer ist. Projekte bestehen, die Moskitos so verändern wollen, damit sie Malaria nicht mehr übertragen können. Auch in der Immun- und Krebstherapie werden mit CRISPR "scharfe" Immunzellen gezüchtet und für gezielte Angriffe auf Tumorzellen in den Körper gebracht. Es gibt Prognosen, das Verfahren zur Bekämpfung von Erbkrankheiten wie Sichelzellenanämie (Zypern) und der Huntingtonkrankheit (früher Veitstanz genannt) einzusetzen.

CRISPR ist ein universelles Werkzeug, mit dem fast jedes Merkmal verändert werden kann. Bisher wurden 72 Patente erteilt und 774 beantragt. Als bedenklich werden jedoch Eingriffe in die menschliche Keimbahn angesehen, z. B. in Eizellen oder Spermien. Dann würden die genetischen Veränderungen natürlich vererbt werden. Um negative nicht vorhersehbare Nebenwirkungen auszuschließen, wird von Ethikern und Wissenschaftlern empfohlen, vorläufig auf Manipulationen in der Keimbahn zu verzichten. Versuche an Embryonen laufen bereits in China, Schweden und Großbritannien.

Man wird in naher Zukunft sehen, ob sich der durch CRISPR mögliche Fortschritt rechtfertigt und ob damit Fehler, Launen und Gemeinheiten der Natur korrigiert werden können (frei nach Emmanuelle CHARPENTIER). Es gilt daher das gesamte Potenzial dieser Methode zu erforschen und zu definieren, ob und welche Grenzen dabei einzuhalten sind. Entscheidend zur Beantwortung der Frage - einfach genial oder tickende Zeitbombe - ist, dass wissenschaftlich fundierte Erkenntnisse und nicht ideologische Meinungen dabei den Vorrang haben sollten.

Literatur beim Verfasser