

12 Vermehrung von Hybrid- saatgut

**CHARLES
UNDERWOOD,
RAPHAËL
MERCIER**

↳ Max-Planck-Institut
für Pflanzenzüchtungs-
forschung,
Köln

Hybridsaatgut wird im Ackerbau und von vielen Hobbygemüse-
gärtnern wegen seiner hohen Ernteerträge bevorzugt. Die
Produktion von solchem auch wirtschaftlich ertragreichem
Saatgut ist äußerst umständlich, es muss stets aufs Neue
durch Kreuzung reinerbiger Elternlinien erzeugt werden. Wir
forschen daran, Samen zu erzeugen, die ihren Hybridzu-
stand von allein aufrechterhalten und die Vermehrung dieses
hochwertigen Saatguts auf einfachem und schnellem Wege
erlauben.

Der Anteil an Hybridsorten ist in den letzten Jahr-
zehnten stark angestiegen, denn sie sind beson-
ders ertragreich und das Ergebnis der Züchtun-
gen ist gut vorhersehbar. So waren bereits im Jahr 1995
bei Brokkoli, Tomaten und Rosenkohl über 80 Prozent
der Sorten Hybridsorten. Dieser Trend setzt sich fort, und
weitere Hybridsorten gibt es inzwischen zum Beispiel bei
Mais und Raps.

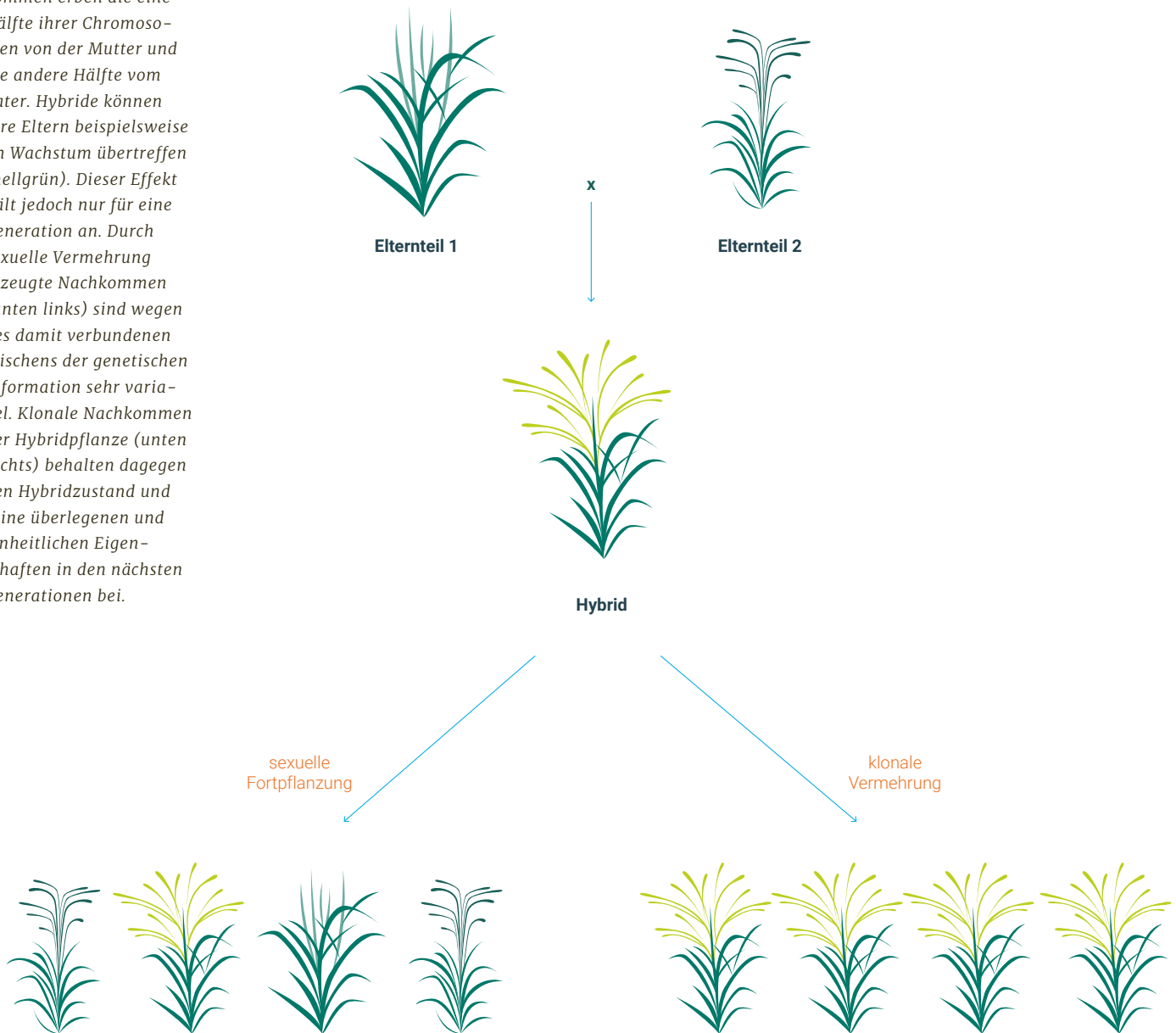
Dass Samen nach der Kreuzung zweier verschiede-
ner reinerbiger Elternpflanzen besonders gut gedeihen,
ist dem sogenannten „Heterosis-Effekt“ zu verdanken.
Diesen Effekt hat der deutsche Botaniker Joseph Gott-
lieb Kölreuter schon im 18. Jahrhundert beobachtet:
Kreuzungsnachkommen zweier reinerbiger Tabaklinien
wuchsen stärker als deren Elternpflanzen. Kölreuter ver-
mutete, dass die Stärke dieses Effekts mit der Verschie-
denheit der Eltern zusammenhängt. Auch Gregor Mendel
beobachtete in seinen berühmten Kreuzungsversuchen
mit Erbsen, aus denen er die grundlegenden Vererbungs-
regeln ableiten konnte, von diesem Effekt. Diese Ver-

erbungsregeln sind es, die wir in unserer Forschungs-
gruppe in Hinblick auf eine nachhaltigere Landwirtschaft
beachten und durchbrechen müssen.

Während also die Pflanzen, die aus reinerbigem
Kreuzungssaatgut (F1-Hybride) entstehen, stark wach-
sen und einheitlich sind, sind die Pflanzen der nächsten
Generation (F2), also diejenigen, die wiederrum aus den
Samen der F1-Pflanzen wachsen, das genaue Gegen-
teil: Sie sind extrem unterschiedlich, einige gedeihen
wunderbar, andere bleiben klein. Manche werden stark,
andere nur schwach von Schädlingen befallen. Die eine
Pflanze hat viele Blüten, die Nachbarin nur wenige und
bildet somit kaum Früchte. Ein Anbau von Samen aus
der Hybridkultur ist folglich weit weniger Erfolg verspre-
chend.

Der Grund dafür ist die sexuelle Fortpflanzung der
F1-Hybriden: Die dafür erforderlichen Eizellen und Pollen
gehen aus einer besonderen Art der Zellteilung hervor,
der sogenannten Meiose. Dabei werden die Chromo-
somen getrennt, sodass die Geschlechtszellen nur

Hybride Nutzpflanzen entstehen durch Kreuzung zweier reiner Linien (Elternteil 1 und Elternteil 2). Die Hybridnachkommen erben die eine Hälfte ihrer Chromosomen von der Mutter und die andere Hälfte vom Vater. Hybride können ihre Eltern beispielsweise im Wachstum übertreffen (hellgrün). Dieser Effekt hält jedoch nur für eine Generation an. Durch sexuelle Vermehrung erzeugte Nachkommen (unten links) sind wegen des damit verbundenen Mischens der genetischen Information sehr variabel. Klonale Nachkommen der Hybridpflanze (unten rechts) behalten dagegen den Hybridzustand und seine überlegenen und einheitlichen Eigenschaften in den nächsten Generationen bei.



den halben Chromosomensatz enthalten. Während der Meiose können Chromosomen jedoch neue genetische Kombinationen erzeugen, auch Rekombination genannt, die jede Zelle einzigartig machen. Wird eine Eizelle dann von einem Pollen befruchtet, entwickelt sich ein Embryo, der zwar die richtige Zahl von Chromosomen besitzt, der aber dennoch genetisch einzigartig ist.

Asexuelle Vermehrung für einheitliches Saatgut

Sexuelle Fortpflanzung erhöht also die genetische Vielfalt – was vermutlich der Grund dafür ist, dass sie überhaupt entstanden ist. Für die Züchtung ertragreicher und möglichst einheitlicher Nutzpflanzen ist sie aber ungünstig. Vorteilhafter wäre eine asexuelle, klonale Vermehrung. Dafür darf bei der Bildung von Samen folglich weder Meiose noch Befruchtung stattfinden. Unser Ziel ist es, das gesamte mütterliche Erbgut in der Eizelle zu erhalten und die Entwicklung des Embryos ohne die Beteiligung eines männlichen Elternteils auszulösen. Mit unseren Experimenten konnten wir zeigen, dass wir die Meiose derart verändern können, dass die Chromosomenzahl nicht halbiert wird und keine Rekombination stattfindet. Statt der Bildung von Keimzellen werden nur „einfache“ Zellteilungen imitiert, die in allen Zellen einer Pflanze auftreten. Alle diese Zellen verfügen über dasselbe Erbgut.

Wenn sich eine Eizelle ohne Befruchtung entwickelt, entstehen genetisch identische Nachkommen. Auf diese Weise können wir einheitliches Saatgut aus Hybriden erzeugen.

Dieser Ansatz, bekannt als „Mitose statt Meiose“ (MiMe), ist das Ergebnis der Mutation dreier Gene, die für jeden der drei Hauptunterschiede zwischen Meiose und Mitose wesentlich sind. Vor ein paar Jahren haben wir MiMe zuerst bei der Modellpflanze *Arabidopsis thaliana* und später beim Reis entwickelt. Das Ergebnis ist eine genetisch nicht reduzierte und nicht rekombinierte Eizelle, die den (Hybrid)zustand der Mutterpflanze beibehält. Jedoch reicht dies für eine klonale Vermehrung noch nicht aus, da vor der Teilung der Eizelle ja die Befruchtung erfolgen muss.

Embryos aus unbefruchteten Eizellen

Dieser Durchbruch gelang beim Reis, wo unbefruchtete Eizellen durch Aktivierung des sogenannten BBM1-Gens zur Bildung eines Embryos veranlasst wurden. In herkömmlichen Reispflanzen ist BBM1 lediglich im Pollen aktiv und löst die Embryonalentwicklung aus, sobald der Pollen mit der Eizelle verschmolzen ist. Ein aktives BBM1-Gen in der Eizelle kann die Bildung des Embryos jedoch direkt und ohne Befruchtung durch den Pollen starten.

Die Kombination einer Eizelle, welche die gesamte mütterliche genetische Information enthält, mit einer embryonalen Entwicklung ohne Befruchtung lässt also Nachkommen entstehen, die genetisch identisch zu ihren Eltern sind. Sie sind Klone. Auf diese Weise können wir neues, einheitliches und ertragreiches Hybridsaatgut direkt aus den Hybriden gewinnen, welches nur zu Beginn der Züchtung durch Kreuzungen erzeugt werden muss. Noch ist dieser Prozess nicht optimiert. Als Nächstes wollen wir die Rate der klonalen Samenbildung von derzeit 35 auf 100 Prozent erhöhen. Dafür müssen wir aber noch besser verstehen, wie die Embryonalentwicklung genetisch gesteuert wird.

Diese Entwicklung ist ein enormer Fortschritt für die Anwendung der klonalen Saatgutproduktion bei Nutzpflanzen. Sie ermöglicht die direkte Weitergabe des Hybridzustandes von einer Generation zur nächsten. Dadurch können die Kosten für die Produktion von Hybridsaatgut gesenkt, die Hybridzüchtung insgesamt kann erleichtert und die Vitalität derjenigen Nutzpflanzen erheblich gesteigert werden, die derzeit nicht als Hybriden angebaut werden, beispielsweise Gerste und Weizen. Dies kann dazu beitragen, die Erträge für eine wachsende Weltbevölkerung zu sichern und eine nachhaltigere Landwirtschaft zu fördern. ◦