

Gene Drives - Der Vererbungsturbo

Die Evolution ist ein langsamer Prozess: Gemäß den Mendelschen Regeln werden neue Eigenschaften mit einer Wahrscheinlichkeit von 50 Prozent an die Nachkommen vererbt. Gene Drives bewirken, dass sich bestimmte gentechnisch veränderte Eigenschaften innerhalb weniger Generationen durchsetzen. Sie sind quasi ein eingebauter Vererbungsturbo, der die Mendelschen Regeln außer Kraft setzt. Gene Drives können genutzt werden, um Wildpopulationen und Arten zu manipulieren oder sogar zu eliminieren.

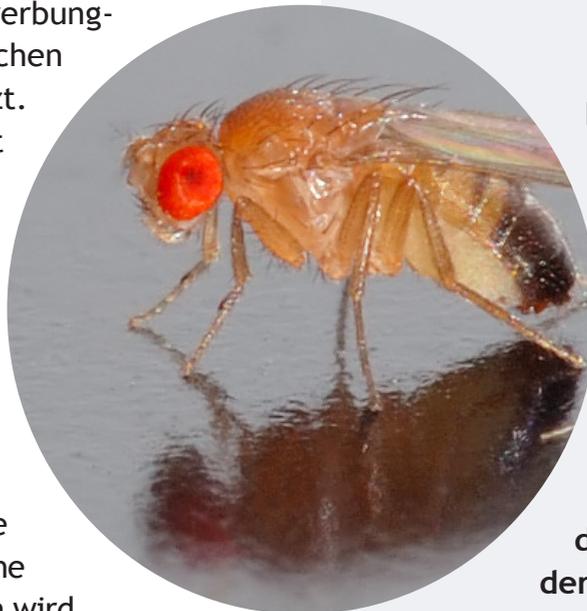
Forschungsprojekte wollen Krankheitsüberträger wie Moskitos ausrotten sowie schädliche invasive Arten oder landwirtschaftliche Schädlinge eliminieren. Noch wird diese neue Technik im Labor erforscht, doch es gibt konkrete Pläne, Organismen mit Gene Drives (GDO) auszusetzen.

Solche Freisetzungen wären ein Paradigmenwechsel in der Gentechnik-Politik. Bisher gilt im EU-Recht das Vorsorgeprinzip. Es verlangt, dass gentechnisch veränderte Organismen (GVO) nur zugelassen werden dürfen, wenn sie kontrolliert werden können.

Deshalb gibt es Sicherheitsvorkehrungen in Laboren, für die Produktion mit GVO in Fermentern und für den Anbau, sei es zu Versuchszwecken oder kommerziell. Wird jedoch ein GDO freigesetzt, ist es geradezu seine Aufgabe, sich unkontrolliert auszubreiten und zu vermehren.

Autor

Text: Leo Frühschütz, Journalistenbüro Biotext. Recherche und Material: Stop Gene Drives.



Die Taufliege

Drosophila melanogaster ist ein beliebter Modellorganismus für Gentechniker. 2015 gelang es Wissenschaftlern der Universität von Kalifornien in San Diego erstmals, einen Gene Drive in Taufliegen zu installieren und damit deren Vererbung der Augenfarbe zu steuern.

(Foto: André Karwath, creativecommons.org/licenses/by-sa/2.5/deed.de)

Deshalb sind GDO-Freisetzungen mit bisher nur schwer abschätzbaren ökologischen Risiken verbunden und werfen grundlegende ethische Fragen auf. Hinzu kommt, dass es bisher kaum rechtliche Regelungen für solche Freisetzungen gibt.

Zum Einlesen:

> [Gene Drives: Die neue Gentechnik zum Umbau der Evolution.](#)

> [Ein kurzes animiertes Erklärvideo.](#)



So funktionieren Gene Drives

Die häufigste Variante eines Gene Drive besteht aus drei Komponenten: der Genschere CRISPR/Cas9, einem Botenmolekül und einem neuen oder veränderten Gen. Der Gene Drive wird zunächst im Labor in das Erbgut des Zielorganismus, z.B. einer Maus eingeschleust. Er wird nach Befruchtung der Eizelle aktiv und identifiziert mit Hilfe des Botenmoleküls eine Zielsequenz im unmanipulierten Chromosom. Dort schneidet das Enzym Cas9 ins Erbgut. Natürliche Reparaturmechanismen in der geschädigten Zelle versuchen dann, den Schnitt mit Hilfe einer Vorlage zu reparieren. Als Vorlage dient der Gene Drive auf dem gentechnisch veränderten Chromosom: Er wird mit hoher Wahrscheinlichkeit vollständig kopiert und ersetzt das bisherige Gen auf dem bislang nicht manipulierten Chromosom. Dadurch tragen beide Chromosomen dieselbe Eigenschaft, die damit sicher weiter vererbt wird. Unter opti-

> STOP GENE DRIVES

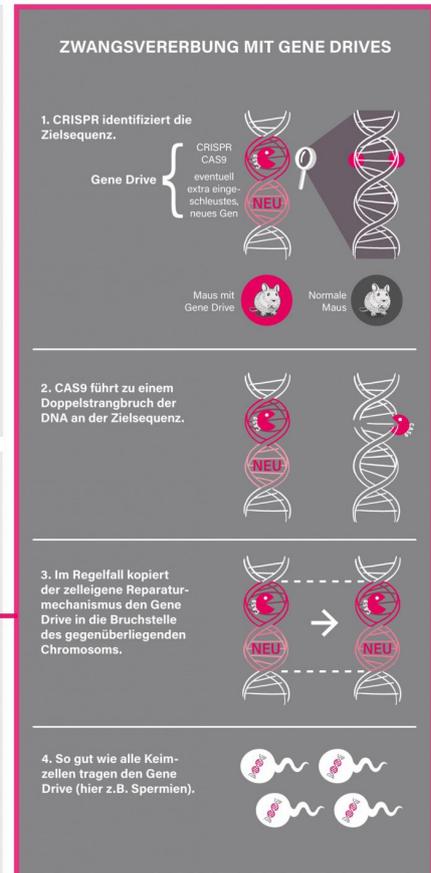
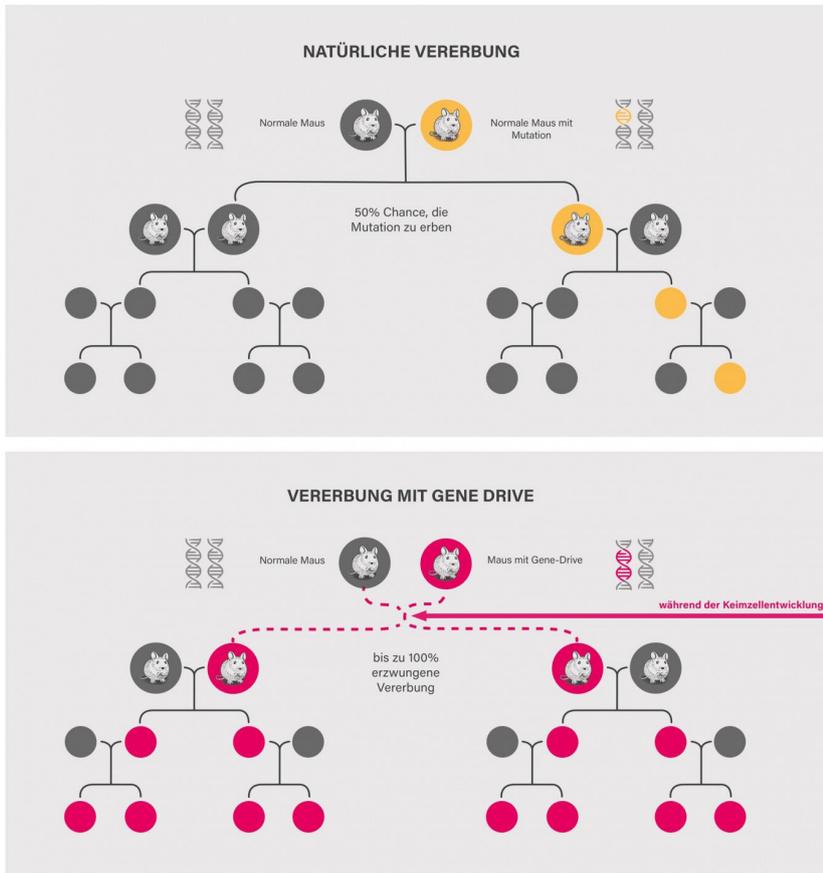
ist eine Kampagne von Save Our Seeds und der Zukunftsstiftung Landwirtschaft. Sie will ein globales Moratorium auf jegliche Freisetzung, den Import und den kommerziellen Anbau von Gene Drive Organismen erreichen. Teil der Kampagne ist

> eine **Petition für ein Freisetzungsverbot**, die sich an die Bundesregierung richtet.

Stop Gene Drives bietet auch

> **Online-Schulungen für Kampagnen-Botschafter*innen** an.

Unter optimalen Bedingungen verdrängt der Gene Drive innerhalb von 10 bis 20 Generationen alle natürlichen Genvarianten. Im Labor und bei einfachen Organismen wie Fruchtfliegen oder Mücken funktioniert das bereits ziemlich gut. Nun wollen Wissenschaftler Gene Drives auch in freier Wildbahn testen.



Gene Drive soll Stechmücken ausrotten

Das internationale Forschungskonsortium Target Malaria will mit Hilfe von Gene Drives Anopheles-Mücken ausrotten, die Malaria übertragen. Finanziert werden die Wissenschaftler zum großen Teil von der Bill & Melinda Gates Foundation. Target Malaria will sterile weibliche Anophelesmücken erzeugen oder die Geschlechterverteilung beeinflussen, so dass nur noch Männchen geboren werden und diese Eigenschaften mit einem Gene Drive in der wildlebenden Population verbreiten. Versuche in großen Käfigen zeigten, dass dieser Ansatz grundsätzlich funktioniert. Im Juli 2019 führte das Konsortium in Burkina Faso erste Tests mit gentechnisch veränderten sterilen Mücken durch, die jedoch noch keinen Gene Drive in sich trugen. Im Jahr 2024 soll die erste Freisetzung von Gene Drive Mücken beginnen.



Anopheles-Mücke. (Foto: James Gathany, Centers for Disease Control and Prevention)

> [Die Target Malaria Webseite](#) Mehr Informationen und Quellen bei > [Stop Gene Drives](#)
> [Das African Centre for Biodiversity](#) setzt sich kritisch mit Target Malaria auseinander

Gene Drives in der Landwirtschaft

Patente zu Crispr-basierten Gene Drives führen hunderte Tiere und Pflanzen auf, deren Eindämmung oder Ausrottung die landwirtschaftlichen Erträge steigern könnte. In drei Fällen gibt es bereits konkrete Pläne. Mit Gene Drives sollen die Kirschessigfliege, Blattflöhe und die Neuwelt-Schraubenwurmfliege ausgerottet werden. Am weitesten gediehen sind die vom Verband der kalifornischen Kirschenanbauer geförderten Experimente an der Universität von San Diego.

Bei Pflanzen könnte ein Gene Drive die natürliche Vermehrung resistenter Super-Unkräuter verhindern oder eine Pestizidresistenz rückgängig machen. Das würde den Herstellern dieses Pestizids nutzen, das dadurch wieder wirksam würde. Doch um die Technik in Pflanzen anwenden zu können, müssen die Forscher noch große technische Hürden überwinden, so dass es hier noch keine konkreten Projekte gibt.

Mehr dazu und viele Quellen bei > [Stop Gene Drives](#)

> ETC Group, Heinrich Böll Stiftung: Forcing the Farm (Oktober 2018)



Die ökologischen Risiken

Gene Drives befinden sich in einem frühen Stadium der Entwicklung, die Diskussion über mögliche Folgen und Risiken ist daher in weiten Teilen noch spekulativ. Doch bereits jetzt zeichnen sich zahlreiche kritische Punkte ab, die vor einer möglichen Freisetzung berücksichtigt werden müssen:

Unkontrollierbar

Einmal in die Natur freigesetzt, verbreitet sich ein Gene Drive Organismus aktiv in freilebenden Populationen und kann sich rasch über große Distanzen ausbreiten. Die unüberschaubare Vielfalt der betroffenen natürlichen Lebensräume und Ökosysteme erschwert die Vorhersage und Kontrolle möglicher Risiken massiv.

Unumkehrbar

Ein Gene Drive verursacht eine permanente gentechnische Veränderung des Erbguts, die an alle nachfolgenden Generationen weitervererbt wird. Selbst wenn ein Gene Drive auf Resistenzen trifft und sich nicht mehr aus eigener Kraft verbreitet, werden diese Veränderungen weiterhin nach den Mendelschen Regeln vererbt und überdauern noch lange im Erbgut der Population.

Auskreuzung über Artgrenzen hinweg

Gene Drives sind auf das Erbgut einer einzelnen Art zugeschnitten, doch in vielen Fällen kann eine Auskreuzung über Artgrenzen hinweg kaum verhindert werden. Das gilt etwa für verschiedene Mücken- oder Fruchtfliegenarten, die untereinander fruchtbare Nachkommen zeugen können. Bei gentechnisch veränderten Moskitos ohne Gene Drive sind solche Auskreuzungen schon nachgewiesen worden.

Unerwartete Effekte von Crispr/Cas9

Das gentechnische Werkzeug Crispr/Cas9 funktioniert nicht ohne Fehler. Es kann die Aktivität des Zielgens auf unvorhersehbare Weise ändern oder zu unerwarteten Mutationen an anderen Stellen im Erbgut führen.

Unvorhersehbare Auswirkungen auf Ökosysteme

Jedes Lebewesen, selbst wenn es Menschen gefährlich oder schädlich erscheint, erfüllt wichtige Aufgaben in seinem Lebensraum. Die Ausrottung oder auch nur Manipulation einer Art wird daher Folgen für das gesamte Ökosystem haben.



Mehr Infos und viele Quellen auf
> [Stop Gene Drives](#)

Stechmücken sind ein wichtiger Bestandteil vieler Nahrungsketten. (Grafik: Stop Gene Drives)



Mit Gene Drives gefährdete Arten retten?

Menschen haben zahlreiche Tierarten auf fremde Inseln und Kontinente verschleppt, wo sie zu einer ernststen Bedrohung für die einheimische Tier- und Pflanzenwelt wurden. Ein Beispiel sind eingeschleppte Ratten und Mäuse, die kleinere Tiere und die Brut einheimischer Vögel dezimieren.

Das Projekt Genetic Biocontrol of Invasive Rodents (GBIRd) will klären, ob invasive Mäuse durch Gene Drives ausgerottet werden können und unter welchen Bedingungen dieser Eingriff akzeptabel wäre. Wissenschaftler der Universität von Kalifornien in San Diego haben 2019 erstmals einen Gene Drive für Mäuse entwickelt.

> [Zur Originalarbeit](#)

Gene Drives für das Militär

Die Forschungsagentur DARPA des US-Militärs gehört zu den größten Finanziers der Gene Drive Forschung. Bis 2017 hatte sie bereits 85 Millionen Euro in diese Technik investiert. Offiziell geht es dabei um die Abwehr feindlicher Bedrohungen - doch dazu muss man auch wissen, wie Gene Drives eingesetzt werden können.

> [Das Safe Genes - Programm der DARPA](#)

> [Infodienst Gentechnik: US-Militär und Gates Stiftung drängen auf Gene Drives \(12.12.2017\)](#)

Der rechtliche Umgang mit Gene Drives

Da sie so neu sind, befindet sich die politische Diskussion und die Regulierung von Gene Drive Organismen (GDO) noch ganz am Anfang.

Solange sich ein GDO im Labor aufhält, regeln die EU-Mitgliedsstaaten die Anforderungen dafür. Deutschland hat im Sommer 2019 Sicherheitsstandards für den Umgang mit GDO in Forschungslaboren festgelegt.

Sollte ein GDO in der EU freigesetzt werden, müsste nach der Gentechnikrichtlinie der EU in einem Zulassungsverfahren das damit verbundene Risiko geprüft werden. Das Ziel der EU-Richtlinie ist es, die unkontrollierte Ausbreitung von GVO in die Umwelt zu verhindern. Da sich ein Gene Drive Organismus (GDO) unkontrolliert in die Umwelt ausbreiten soll, wäre schon deshalb eine Freisetzung im Rahmen des geltenden EU-Rechts nicht zulässig.

Es gibt bisher kein internationales Abkommen über Gene Drive Organismen. Im Rahmen der UN-Biodiversitätskonvention wurden 2018 Empfehlungen für den Umgang mit GDO beschlossen, die rechtlich jedoch nicht bindend sind.

> [Infodienst Gentechnik: Gene Drives: Vage Regeln statt weltweites Moratorium](#)

Folgenabschätzung

Der Bundestag hat sein Büro für Technikfolgenabschätzung (TAB) beauftragt, offene ökologische, ethische und regulatorische Fragen rund um die Risiken und Handlungsoptionen sowie Alternativen zur Gene Drive Technologie bis Ende 2021 zu beantworten.

> [Zum TAB](#)



Der Gene Drive Report

Das Europäische Netzwerk der Wissenschaftler für soziale und ökologische Verantwortung (ENSSER) hat zusammen mit kritischen Wissenschaftlern aus Deutschland und der Schweiz

- > einen Bericht über Gene Drives zusammengestellt,
- > ein Symposium dokumentiert
- > und Webinare erstellt.



Forschungsprojekt GeneTip

Von 2017 bis 2019 forschten die Universitäten Bremen und Vechta, die Universität für Bodenkultur Wien sowie Testbiotech München über Risiken der Freisetzung und Ausbreitung von Organismen mit Gene Drive. Gefördert wurde ihre Arbeit vom Bundesministerium für Bildung und Forschung. Die Ergebnisse veröffentlichten die Forscher

- > in einem Buch und
- > einem deutschsprachigen Abschlussbericht

> Der Gene Drive Movie

Ein 15 minütiger Dokumentarfilm über Gene Drives auf Englisch mit deutschen Untertiteln, produziert von Save our Seeds.

Zuletzt aktualisiert: Januar 2021

Moratorium jetzt!

Bisher fehlen nicht nur Gesetze, sondern auch wissenschaftlich begründete Konzepte und Methoden, um die Risiken abzuschätzen, zu bewerten und zu managen oder die Organismen in der Umwelt zu überwachen. Nicht einmal ein zentrales Register aller Forschungs- und Entwicklungsvorhaben zu Gene Drives gibt es.

Deshalb fordern zahlreiche Organisationen der Zivilgesellschaft von den Mitgliedsstaaten der UN-Biodiversitätskonvention, GDO-Freisetzungen zu verbieten. Ein solches Moratorium wird auch vom Europäischen Parlament unterstützt. Die Bundesregierung hat bisher nicht offiziell Position bezogen.

Ethische Fragen

Gene Drive Organismen werfen grundsätzliche ethische Fragen auf:

Rechtfertigt der Nutzen, den sich die Anwender erhoffen, einen möglichen Schaden, den die Allgemeinheit zu tragen hätte?

Wie weit dürfen Menschen bewusst in ökologische Zusammenhänge eingreifen?

Wie kann angemessene Mitsprache aussehen bei einem Eingriff, der womöglich Millionen Menschen betrifft?

> Der deutsche Ethikrat hat sich auf seiner Herbsttagung im Oktober 2017 mit solchen Fragen beschäftigt.

> Die Eidgenössische Ethikkommission für die Biotechnologie im Ausserhumanbereich hat im August 2019 ihre Überlegungen zum Einsatz von Gene Drives in der Umwelt vorgestellt.

