

Pro und Contra Grüne Gentechnik: Was spricht dafür, was spricht dagegen?

Open Science > Umwelt - Technik - Landwirtschaft > Pro und Contra Grüne Gentechnik: Was spricht dafür, was spricht dagegen?



Wir diskutieren für Sie die Pros und Cons zur Grünen Gentechnik. Bild: Pixabay, CC0

Seit Jahrzehnten gibt es Diskussionen über den Einsatz von Gentechnik in der Landwirtschaft. Befürworter:innen sehen darin eine Chance, Probleme wie den Klimawandel und Ernährungskrisen zu lösen. Für Kritiker:innen schafft die Gentechnik neue Probleme und Risiken, während sie versucht, andere zu beseitigen. Wir möchten hier keine Meinung vorgeben, sondern Ihnen die verschiedenen Argumente und Gegenargumente mit Hintergrundinformationen vorstellen. Dabei betrachten wir zentrale Fragen, ob und in welcher Form die Gentechnik den Menschen und der Umwelt nützen kann und welche Risiken dadurch entstehen.

Seit mehr als 20 Jahren wird die Anwendung von Gentechnik in der Landwirtschaft EU-weit einheitlich geregelt. [\[1\]](#) Das geltende EU-Recht reguliert die Zulassung, die Nachverfolgbarkeit und die Kennzeichnung von gentechnisch veränderten Pflanzen und deren Produkten. Dieser rechtliche Rahmen soll insbesondere die Risikobewertung in Form einer umfangreichen Umweltverträglichkeitsprüfung und die Wahlfreiheit der Konsument:innen für oder gegen gentechnikfreie Lebensmittel gewährleisten.

Neue genomische Techniken wie die [Genschere CRISPR/Cas](#) haben zu einem rasanten Fortschritt in der Grünen Gentechnik geführt, da sie neue Möglichkeiten eröffnen, einfach, präzise und schnell in das Genom von Organismen einzugreifen. Die „Genschere“ kann einen DNA-Strang an einer vorgegebenen Stelle durchschneiden; an der Schnittstelle können einzelne DNA-Bausteine eingefügt, entfernt oder modifiziert werden. Dabei werden Gene abgeschaltet, aktiviert oder in ihrer Funktion verändert. Mit dieser Technik, für deren Entwicklung die beiden Forscherinnen Emmanuelle Charpentier und Jennifer Doudna 2020 mit dem Nobelpreis ausgezeichnet wurden, kann man tief in das Erbgut der Pflanze (und anderer Organismen) eingreifen und ihre ursprüngliche Beschaffenheit verändern.

Dadurch können neue Kultursorten von Pflanzen hergestellt werden, die produktiv und klima-angepasst sind. Züchtungserfolge stellen sich mit den neuen genomischen Verfahren schneller ein als mit herkömmlicher Züchtung oder früheren gentechnische Verfahren. Hinzu kommt, dass derart geneditierte Pflanzen teilweise nicht mehr von Pflanzen aus herkömmlicher Züchtung unterschieden werden können. Dies war bei anderen etablierten Gentechnik-Verfahren bisher immer möglich. Die Schutzmechanismen des geltenden EU-Rechts scheinen nicht mehr zeitgemäß, und so hat die EU-Kommission 2023 einen neuen Gesetzgebungsprozess initiiert, der die Etablierung der Grünen

Gentechnik in der EU vorantreiben soll.

Damit ist die Grüne Gentechnik zurück auf der politischen Agenda – und zurück in der öffentlichen Diskussion. Interessensvertreter:innen streiten über Lockerungen bei Freilandversuchen, Patentverbote für neue genomische Verfahren, den Erhalt der Kennzeichnungspflicht oder dem Gentechnikverbot in der Biolandwirtschaft. Um das Dickicht an Argumenten in der aktuellen Diskussion zu durchleuchten, haben wir uns mit zugrundeliegenden Pros und Contras in der Debatte beschäftigt.

Im Folgenden finden Sie Pro und Contra zu:

- Kann Grüne Gentechnik den weltweiten Hunger und die Energiekrise bekämpfen?
- Kann Grüne Gentechnik Lösungen für die Anpassung an den Klimawandel bieten?
- Wird Grüne Gentechnik zu weniger Gift auf dem Acker führen?
- Kann Grüne Gentechnik die Gesundheit von Verbraucher:innen gefährden?
- Wird Grüne Gentechnik die Artenvielfalt bedrohen?

Kann die Grüne Gentechnik helfen, den weltweiten Hunger und die Energiekrise zu bekämpfen?

Die Weltbevölkerung wächst. 2050 werden laut Prognose der Vereinten Nationen vermutlich über neun Milliarden Menschen auf der Erde leben.^[2] Durch Wüstenbildung und Erosion, ausgelöst durch den Klimawandel, und zunehmende Bodenversiegelung wird die landwirtschaftliche Nutzfläche jedoch abnehmen.^[3] Gleichzeitig soll die Landwirtschaft mehr Futtermittel für den weltweit wachsenden Fleischkonsum und nachwachsende Rohstoffe für den weltweit steigenden Energiebedarf produzieren. So wird erwartet, dass durch Bevölkerungswachstum und veränderte Ernährungsweisen die globale Nachfrage nach Fleisch von 2007 bis 2050 um 76 Prozent ansteigt.^[4] Der Anteil von Bioenergie aus Biomasse steigt weltweit zusammen mit den anderen regenerativen Energieträgern aus Wind, Wasser und Solar, was ebenfalls einen erhöhten Bedarf an bestimmten Pflanzen wie Mais zur Folge haben wird. 2022 lag der Anteil der erneuerbaren Energien an der weltweiten Stromerzeugung bei rund 30 Prozent, bezogen auf den gesamten globalen Energieverbrauch war der Anteil bei 19 Prozent.^[5]

Pro/mehr Ertrag: Um den steigenden Bedarf decken zu können, muss die landwirtschaftliche Produktion in den nächsten Jahrzehnten fast verdoppelt werden.^[6] Solche Ertragssteigerungen sind mit herkömmlichen Züchtungsmethoden nicht möglich. Mithilfe von Gentechnik können wesentlich effektiver und schneller ertragreiche, krankheits- und schädlingsresistente sowie dürrerotolerante Pflanzen

entwickelt werden. Es wird geschätzt, dass durch neue genomische Verfahren im Vergleich zu konventionellen Verfahren 6 – 50 Jahre bei der Entwicklung einer neuen Sorte (je nach Kulturart) eingespart werden können.[\[7\]](#)

Contra/neue Patente: Bisher wurden Nutzpflanzen vor allem gentechnisch verändert, um Tierfutter, Baumwolle und Energiepflanzen wie Mais auf dem Acker zu produzieren. Nach dem Welthunger-Index 2023 leiden 735 Millionen Menschen weltweit an Hunger. Besonders Menschen südlich der Sahara und in Südasien sind betroffen.[\[8\]](#) Dreiviertel von ihnen leben auf dem Land, wo Lebensmittel für lokale Märkte produziert werden.[\[9\]](#) Patente auf gentechnisch veränderte Pflanzen (GV-Pflanzen) bringen lokale Landwirt:innen in neue Abhängigkeiten, da sie ihre Ernte von GV-Pflanzen nicht mehr als Saatgut für die nächste Aussaat nutzen dürfen, ohne Lizenzen zu zahlen. Über tausend Patente auf Gentechnik-Pflanzen sind bereits erteilt worden, die die Landwirt:innen in armutsgefährdeten Gebieten vor dieses Problem stellen. Kritiker:innen argumentieren deshalb, dass Gentechnik nicht hilft, den Hunger dort, wo er existiert, zu überwinden, sondern die Probleme für die Menschen vor Ort verschlechtert.[\[10\]](#)

Kann Grüne Gentechnik Lösungen für die Anpassung an den Klimawandel bieten?

Der Agrarsektor ist von den Auswirkungen des Klimawandels direkt betroffen. Eine wachsende Zahl von Studien legt nahe, dass der Klimawandel die landwirtschaftliche Produktivität und Qualität weltweit beeinträchtigt.[\[11\]](#) Vor allem Hitze- und Trockenstress, neue oder verstärkt auftretende Schadorganismen, vermehrte Extremwetterereignisse, aber auch größerer Wasserbedarf, Erosion und Humusabbau zählen zu den großen Herausforderungen im Bereich der Landwirtschaft.[\[12\]](#)

Pro/neue Sorten: Durch den Einsatz von Gentechnik können schneller und gezielter neue Sorten entwickelt werden, die widerstandsfähig gegen ungünstige Klimabedingungen (Trockenheit, Temperatur, Salzgehalt des Bodens) sind und zudem höhere Erträge liefern. So können Ernteausfälle vermindert werden. Dies wurde auch durch den Sonderbericht des Weltklimarats (IPCC) bekräftigt.[\[13\]](#) Die Entwicklung von neuen GV-Sorten sollte jedoch ausgeweitet werden. Derzeit beschränkt sie sich (noch) auf wenige, weit verbreitete Kulturarten wie Soja, Mais, Raps und Baumwolle, die die gentechnische Züchtung in der Vergangenheit dominiert haben.[\[14\]](#)

Contra/lokale Sorten: Seit Generationen arbeiten Landwirt:innen mit einer Vielfalt von Pflanzen, die den jeweiligen regionalen Umweltbedingungen wie Trockenheit oder Kälte angepasst wurden. Ihr lokales Wissen über die regionalen Gegebenheiten ist notwendig, um die

Pflanzen an die Auswirkungen des Klimawandels vor Ort anzupassen. Bislang wurden Sorten, die eine erhöhte Widerstandsfähigkeit gegen Dürre oder Überschwemmungen oder auch hohen Salzgehalt im Boden haben, konventionell gezüchtet. Die Gentechnik-Forschung, die seit Jahrzehnten an den Problemen arbeitet, ist noch im Experimentierstadium für anbaufähige GV-Pflanzen, die den speziellen Anforderungen wie Dürre, Hitze oder Überschwemmung widerstehen. Ein Grund dafür ist die Komplexität der zugrundeliegenden molekulargenetischen Mechanismen, die aktuell beforscht werden.[\[15\]](#)

Wird Grüne Gentechnik zu weniger Gift auf dem Acker führen?

Pestizide sind Chemikalien, die in der Landwirtschaft gegen tierische Schädlinge, Krankheiten oder unerwünschtes Unkraut auf den Feldern versprüht werden. Seit Jahrzehnten steigt deren Einsatz in der Landwirtschaft weltweit. Laut der Weltgesundheitsorganisation nahm die jährlich ausgebrachte Pestizidmenge zwischen 1990 und 2020 um 60 Prozent zu; heute liegt sie bei circa 4 Millionen Tonnen weltweit.[\[16\]](#)

Fast die Hälfte der Pestizide sind Herbizide, die gegen Unkräuter verwendet werden; knapp 30 Prozent sind Insektizide, die gegen schädliche Insekten wirken und etwa 17 Prozent sind Fungizide gegen Pilzbefall. 2021 wurden alleine auf dem nordamerikanischen Kontinent fast 1,8 Millionen Tonnen Pestizide verbraucht. 1990 waren es hingegen 0,6 Millionen Tonnen. In Europa wurden 2021 in der Landwirtschaft rund 505.000 Tonnen Pestizide eingesetzt.[\[17\]](#) Die globale Erwärmung begünstigt, dass sich Schädlinge ausbreiten und weiterentwickeln, sodass in Zukunft voraussichtlich noch mehr Pestizide eingesetzt werden müssen.

Das meist verkaufte Pflanzengift weltweit ist das Herbizid Glyphosat. Seit dem Einführungsjahr 1974 hat sich bis heute die weltweit verwendete Menge pro Jahr etwa um das 265-Fache erhöht. Der jährliche Absatz von Glyphosat wird heute auf über 800.000 Tonnen im Bereich der Landwirtschaft geschätzt; rechnerisch kann mit dieser Menge jeder zehnte Hektar Ackerland weltweit mit einer durchschnittlich verwendeten Glyphosatsmenge behandelt werden.[\[18\]](#) In der EU hat die Europäische Kommission auf Grundlage einer Durchführungsverordnung den Wirkstoff Glyphosat bis 2033 EU-weit genehmigt.[\[19\]](#) In Österreich wurde 2021 jedoch ein nationales Teilverbot vom Nationalrat durch die Änderung des Pflanzenschutzmittelgesetzes erlassen: An sensiblen Orten wie Kinderspielplätzen, Parks sowie Einrichtungen der Altenbetreuung oder Gesundheitseinrichtungen darf es nicht mehr eingesetzt werden. Ebenso sind Haus- und Kleingartenbereich und private Verwendung betroffen. In der Landwirtschaft bleibt es aber weiterhin erlaubt.[\[20\]](#)

Pro/weniger Insektizide: Nutzpflanzen können durch Gentechnik gegen Schadinsekten resistent gemacht werden. So muss weniger Insektengift gespritzt werden. Es gibt beispielsweise bereits GV-Pflanzen, in deren Erbgut ein Gen des Bodenbakteriums *Bacillus thuringiensis* eingeschleust wurde. [21] Dieses bewirkt die Produktion des Proteins Bt, das bestimmte Schadinsekten wie den Maiszünsler oder den Baumwollwurzelbohrer vernichtet, wenn diese es mit ihrer Nahrung aufnehmen. Das Bt-Protein entsteht in der Pflanze in einer ungiftigen Form und wird erst im Darm der jeweiligen Schädlinge in eine für diese giftige Variante umgewandelt. Daraufhin bindet es sich an die Darmwand des Insekts und zerstört sie. Bt-Baumwolle oder Bt-Mais, der als Tierfutter angebaut wird, produzieren also selbst ein Gift gegen ihre Schädlinge.

Pro/weniger Herbizide: Andere GV-Pflanzen sind durch Gentechnik gegen bestimmte Unkrautvernichtungsmittel (Herbizide) resistent, sodass diese gezielter eingesetzt werden können. Das Breitbandherbizid Glyphosat wirkt zum Beispiel wurzeltief gegen jede grüne Pflanze, indem es einen zentralen Pfad der Proteinproduktion blockiert. Die Pflanze stirbt daraufhin ab. Bei konventionell gezüchteten Pflanzen wird Glyphosat vor der Aussaat der Nutzpflanzen auf den Feldern versprüht, um Unkraut zu beseitigen. Nach der Ernte wird es eingesetzt, um das Unkraut zu dezimieren und die Felder für die nächste Saison vorzubereiten. Bei gentechnisch veränderten Nutzpflanzen, die gegen Glyphosat resistent sind (wie z.B. Roundup Ready-Pflanzen), wird Glyphosat auch während der Wachstumsphase eingesetzt. Dadurch können Landwirt:innen Unkraut bekämpfen, ohne die Nutzpflanzen zu schädigen. Diese Resistenz ermöglicht es, Glyphosat gezielt und mehrmals während der Wachstumsperiode der Pflanzen zu verwenden, was häufig zu einer Reduktion der Anzahl der benötigten Herbizid-Anwendungen führt.

Pro/weniger toxisch: Befürworter:innen betonen, dass der Einsatz von Glyphosat gerechtfertigt sei, da es für Tiere und Pflanzen weniger toxisch ist als andere Pflanzenschutzmittel. [22] Zudem brauchen die Landwirt:innen durch den Anbau von Glyphosat-resistenten Pflanzen nicht den Pflug für die konservierende Bodenbearbeitung zur Unkrautdezimierung einzusetzen. Die verbleibenden Pflanzenreste schützen die Bodenoberfläche und die -struktur. Das schützt wiederum vor Erosionen und verbessert die Bodenqualität, da der Boden die Niederschläge besser aufnimmt und der Boden weniger austrocknet. Außerdem sinkt der CO₂-Ausstoß des Bodens, da weniger Humus abgebaut wird. Demnach haben die Folgen des vermehrten Herbizid-Einsatzes und dessen negative Auswirkungen auf die Artenvielfalt nichts mit der Gentechnik als Züchtungstechnologie an sich zu tun. Diese Probleme ergeben sich vielmehr dadurch, wie die neuen Technologien konkret eingesetzt werden, nämlich insbesondere in Monokulturen ohne einen ausreichenden Wechsel der Nutzpflanzenarten (Fruchtfolge). [23] Werden diese Rahmenbedingungen der intensiven Landwirtschaft verändert, kann der gezielte Einsatz von Glyphosat zu weniger Gift –

und damit mehr Artenvielfalt am Feldrand – führen.

Pro/positive Bilanz der Pestizidforschung: Um den Pestizid-Einsatz bei GV-Pflanzen umfassend zu beurteilen, wertete 2014 eine Meta-Analyse 147 Einzelstudien aus, die Ernteerträge, Pestizideinsatz und/oder Gewinne der Landwirt:innen beim Anbau von gentechnisch veränderten Sojabohnen, Mais oder Baumwolle untersuchten.[\[24\]](#) Die Meta-Analyse zeigte, dass der Einsatz von Insektenschutzmitteln durch den Anbau gentechnisch veränderter Pflanzen um etwa 41,7 Prozent verringert werden konnte. Im Durchschnitt sank auch der Einsatz chemischer Herbizide bei GV-Pflanzen um 37 Prozent. Gleichzeitig erhöhten sich die Ernteerträge um 22 Prozent und die Gewinne der Landwirt:innen um 68 Prozent. Die Ertrags- und Gewinnsteigerungen sind laut der zitierten Meta-Analyse in den Entwicklungsländern höher als in den Industrieländern.

Contra/mehr Herbizid-Resistenzen: Die GV-Pflanzen, die zurzeit am häufigsten angebaut werden, sind gegen bestimmte Herbizide resistent, insbesondere gegen das Herbizid Glyphosat. In den USA, wo seit 1996 gentechnisch veränderte Pflanzen angebaut werden, hat sich in den ersten Jahren nach der Aussaat von Glyphosat-resistenten GV-Pflanzen der flächenbezogene Herbizid-Verbrauch wie erwartet verringert, aber schon wenige Jahre später nahm er kontinuierlich wieder zu.[\[25\]](#) Der jahrelange Herbizideinsatz ohne Wechsel des Herbizidwirkstoffs, wie es in der konventionellen Landwirtschaft üblich ist, hatte zusammen mit ackerbaulichen Methoden (z.B. enge getreidereiche Fruchtfolge, geringer Anbau von Sommergetreide und frühe Aussaat von Wintergetreide) dazu geführt, dass Glyphosat weniger wirksam gegen Unkräuter wurde.[\[26\]](#) Der Grund: Einige Unkrautpflanzen entwickelten die Fähigkeit, Herbizide zu überleben, die normalerweise alle Pflanzen in der Unkraut-Population abtöten würden. Bei diesen Pflanzen verhindern Mutationen im Genom und veränderte metabolische Prozesse, dass die Synthese von bestimmten lebenswichtigen Aminosäuren in der Pflanze nicht blockiert wird. Diese Resistenz gegen ein bestimmtes Herbizid wird an die Nachkommen vererbt. Durch die wiederholte Anwendung eines Herbizids breiten sich diese resistenten Nachkommen aus, da die empfindlichen Pflanzen weiterhin dezimiert werden. Durch diesen Selektionsdruck überleben immer mehr der entsprechend angepassten (resistenten) Einzelpflanzen, bis sie schließlich im Laufe der Zeit in der Population des Unkrauts vorherrschen.

Welche Unkräuter bereits gegen welche Spritzmittel resistent sind, dokumentiert eine öffentlich zugängliche Datenbank in den USA.[\[27\]](#) 2018 wurden weltweit 40 Arten allein gegen den Wirkstoff Glyphosat als resistent gemeldet, die meisten davon in den USA. Die Landwirt:innen reagieren darauf, indem sie immer größere Mengen von Herbiziden spritzen. So steigerte sich der Glyphosatverbrauch in den USA von 2012 bis 2016 auf etwa 127.000 Tonnen pro Jahr, davon wurden rund 75 Prozent auf Äckern mit gentechnisch veränderten Soja-, Mais- und Baumwollpflanzen versprüht. Auch in Argentinien verdoppelte sich nach

der Einführung von GV-Soja im Jahr 1996 die Glyphosatmenge innerhalb eines Jahrzehnts. In Brasilien verdreifachte sich der Glyphosat-Einsatz im Soja-Anbau von 2002 bis 2012 sogar auf 230.000 Tonnen pro Jahr.[\[28\]](#)

Contra/mehr Herbizide: Um Herbizid-Resistenzen bei Unkräutern zu verhindern, greifen Landwirt:innen auch zu älteren, noch giftigeren Wirkstoffen, und Saatgut-Hersteller bringen neue GV-Sorten und neue Pestizide auf den Markt, um alternative Wirkmechanismen anzubieten. Damit geht die Spirale jedoch weiter, da Unkräuter auch gegen neue Herbizide Resistenzen ausbilden. Auf diese Weise können sich in Wildorganismen mehrere Resistenzen ansammeln; schließlich entstehen „Super-Unkräuter“ bzw. bei Insekten „Super-Schädlinge“.[\[29\]](#) Die Saatgut-Hersteller versuchen, mit dem gentechnischen Einbau mehrerer Giftresistenzen in einer Pflanze dafür eine Lösung anzubieten. So werden aber auch immer neue Pflanzengifte und Giftcocktails auf den Feldern eingesetzt.

Kann Grüne Gentechnik die Gesundheit von Verbraucher:innen gefährden?

Die europäischen Vorschriften verlangen, dass GV-Pflanzen für Verbraucher:innen gesundheitlich unbedenklich sein müssen. Bis 2013 gab es für die Sicherheitsbewertung von GV-Pflanzen allerdings nur EU-Richtlinien, die die Mitgliedsstaaten in nationales Recht umsetzen mussten, das dann in dem jeweiligen Land gültig war. Die Richtlinien gaben vor, dass die Mitgliedsstaaten dafür verantwortlich waren, dass gentechnisch veränderte Pflanzen und Produkte so sicher sein müssen wie ein konventionelles Vergleichsprodukt.

Seit 2013 ist für die gesamte EU die Durchführungsverordnung der EU[\[30\]](#) rechtlich unmittelbar bindend. Sie legt für die Zulassung von GV-Pflanzen als Lebens- und Futtermittel sowie als Saatgut fest, welche Untersuchungen die Antragstellenden dazu durchführen und welche Daten sie der Zulassungsbehörde vorlegen müssen. Grundsätzlich sieht die EU-Durchführungsverordnung ein Stufenprinzip vor. Zunächst muss sich eine gentechnisch veränderte Pflanze in einem geschlossenen System, etwa im Labor oder Gewächshaus, als sicher für Umwelt und Gesundheit erweisen, bevor in der nächsten Stufe Freilandversuche in zunächst kleinem, dann größerem Maßstab erfolgen dürfen. Erst danach darf eine genetisch veränderte Pflanze beziehungsweise ihr Saatgut zugelassen und anschließend vermarktet und verwendet werden.

Pro/positive Bilanz der Sicherheitsforschung: Von Beginn an wurde die Anwendung der Gentechnik in der Landwirtschaft von biologischer Sicherheitsforschung begleitet. Dabei ging es zunächst vor allem um klassische gentechnische Verfahren, mit denen sich zusätzliche Gene von nicht verwandten Arten ins Erbgut einschleusen lassen,

beispielsweise ein bakterielles Gen für Herbizid-Resistenz. Dadurch entstehen sogenannte transgene Pflanzen, die neue Eigenschaften haben. Ob von diesen neuen Eigenschaften Risiken für den Menschen ausgehen, ist Gegenstand der Sicherheitsbewertung der Europäischen Behörde für Lebensmittelsicherheit.

2010 veröffentlichte die EU-Kommission eine erste Bilanz der Sicherheitsforschung an transgenen Pflanzen, bei der mehr als 130 EU-finanzierte Forschungsprojekte aus 25 Jahren ausgewertet wurden. Sie schlussfolgerte, dass genetisch veränderte Pflanzen für die Gesundheit und Umwelt nicht riskanter einzustufen seien als Pflanzen aus konventioneller Züchtung.[\[31\]](#) 2014 veröffentlichten italienische Wissenschaftler:innen eine besonders umfangreiche Auswertung von knapp 1.800 Studien und Berichten. Ihre Meta-Analyse bestätigte, dass von genetisch veränderten Kulturpflanzen keine Gefahren für die Gesundheit des Menschen ausgehen.[\[32\]](#)

Für Pflanzen, bei denen mithilfe neuer genomischer Verfahren wie der Genschere CRISPR/Cas gezielt einzelne Gene (de)aktiviert oder verändert wurden, liegen noch keine Langzeiterfahrungen vor, da CRISPR/Cas erstmals im August 2013 bei Pflanzen angewendet wurde.[\[33\]](#) Es gibt aber (noch) keine wissenschaftlichen Hinweise darauf, dass die zielgerichteten Methoden der neuen genomischen Verfahren mit spezifischen Risiken verbunden sind.

In den Lebenswissenschaften besteht der Konsens, dass mithilfe neuer Verfahren generierte Pflanzen den Produkten gleichzusetzen seien, die durch natürliche Mutationen, klassische Kreuzungszüchtung oder Mutagenese-Züchtung mittels Bestrahlung oder Chemikalien erzeugt wurden.[\[34\]](#) Diese Pflanzen sind nicht voneinander unterscheidbar. Ein zusätzlicher Effekt ist, dass diese Pflanzen in 100 von 1000 Fällen weniger unerwünschte Mutationen tragen als Pflanzen, die mit klassischer Mutagenese-Züchtung erzeugt wurden.[\[35\]](#)

Pro/neues Superfood: Befürworter:innen betonen darüber hinaus die Möglichkeiten, die sich durch die unterschiedlichen Gentechnik-Verfahren bieten. So können Allergene in Pflanzen gezielt ausgeschaltet oder Pflanzen mit einer veränderten, gesundheitsfördernden Zusammensetzung von Inhaltsstoffen gezüchtet werden. Ein populäres Beispiel ist der so genannte „Goldene Reis“, der durch drei hinzugefügte Gene erhöhte Mengen an Provitamin A enthält.[\[36\]](#) Er wurde entwickelt, um Mangelkrankungen wie Erblindungen vorzubeugen, die in Asien weit verbreitet sind. Das Projekt, dessen Entwicklung 1992 von den Biologen Ingo Potrykus (ETH Zürich) und Peter Beyer (Universität Freiburg) angestoßen wurde und mittlerweile von der Bill-und-Melinda-Gates-Stiftung massiv finanziert wird, ist nach langen politischen Kontroversen und Problemen bei der gentechnischen Herstellung der Pflanzen in der entscheidenden Phase des großflächigen Anbaus auf den Philippinen.[\[37\]](#) 2022 wurden dort erstmals 70 Tonnen Goldenen Reis auf 40 Hektar Acker geerntet und im Rahmen von Ernährungsprogrammen

für stark untergewichtige Kinder verteilt.[\[38\]](#)

Contra/negative Bilanz der Sicherheitsforschung: Gentechnisch veränderte Lebensmittel durchlaufen ein Zulassungsverfahren, bevor sie auf den Markt und in den Magen kommen. Es wird jedoch kritisiert, dass nach der EU-Durchführungsverordnung[\[39\]](#) die Hersteller:innen die Sicherheit ihrer Produkte selbst testen. Außerdem werden diese Studien nicht veröffentlicht, sondern nur der Europäischen Behörde für Lebensmittelsicherheit vorgelegt.

Nach Vorgabe der EU-Durchführungsverordnung werden Fütterungsversuche an Mäusen und Ratten durchgeführt, die 90 Tage dauern. Dabei wird ermittelt, ob der Verzehr des von der gentechnisch veränderten Pflanze gebildeten Eiweißes (Proteins) Auswirkungen auf die Versuchstiere hat. Kritiker:innen halten diese Versuche für unzulänglich, um das Risiko für den Menschen aussagekräftig einschätzen zu können. Denn sie können nur eine akut toxische Wirkung der GV-Pflanzen für Ratten und Mäusen testen. Ob die Versuchsergebnisse auf den Menschen übertragbar sind und ob verzögerte oder chronische Wirkungen auftreten, kann jedoch bei dem Versuchsdesign nicht erfasst werden.[\[40\]](#)

Contra/Risiko Allergien: Es stehen Versuchsreihen in der Kritik, die testen sollen, ob die Eiweiße von gentechnisch veränderten Pflanzen Allergien auslösen. Insbesondere Lebensmittelallergien beruhen in der Regel auf einer Überempfindlichkeit gegenüber bestimmten Proteinen, die von den Pflanzen produziert werden. Es gibt mehrere Mechanismen, durch die Gentechnik möglicherweise Allergien auslösen könnte, z. B. durch die Einführung neuer Proteine in die Pflanze, die von Menschen als Allergene erkannt werden könnten.

In Testreihen werden solche neu eingeführten Proteine, die durch den gentechnischen Eingriff entstehen, mit bekannten, Allergie auslösenden Proteinen verglichen. Wenn das Protein strukturelle Ähnlichkeiten zu einem bekannten Allergen aufweist, wird es weiter untersucht, zunächst in Labortests, dann im Tiermodell und, wenn frühere Tests Hinweise auf allergische Reaktionen ergaben, in klinischen Tests mit freiwilligen Proband:innen. Kritische Stimmen betonen, dass dieses Vorgehen nicht ausreichend sei, da die allergische Reaktion von Proteinen von GV-Pflanzen nur anhand von bekannten Allergenen bewertet werde.

Contra/Risiko Antibiotika-Resistenz: Ein vielfach diskutiertes Risiko von gentechnisch veränderten Lebensmitteln sind Antibiotika-Resistenzen, die bei klassischen gentechnischen Verfahren zusätzlich zu den Fremd-Genen in transgene Pflanzen eingebaut werden.[\[41\]](#) Dabei wird die Antibiotika-Resistenz als Marker benutzt, mit dessen Hilfe festgestellt werden soll, ob die an der Pflanze vorgenommene Genmanipulation erfolgreich war. Pflanzenzellen, die mit dieser zusätzlichen Eigenschaft versehen sind, wachsen auf antibiotikahaltigem Nährboden und lassen sich dadurch im Labor von

Pflanzenzellen unterscheiden, bei denen die Genübertragung nicht funktioniert hat. Daher ist der Einbau eines Antibiotika-Resistenz-Gens ein technischer Kniff, um transgene Pflanzen mit gelungener Genmanipulation auswählen zu können.

Es wird befürchtet, dass die Antibiotika-Resistenzgene in das Genom der Bakterien, die im menschlichen Darm leben, gelangen und mithilfe des Gentransfers von Bakterium zu Bakterium weitergegeben werden. Dies könnte geschehen, wenn GV-Pflanzen verzehrt werden oder wenn diese Resistenzgene vom Feld in Wasser oder Erde gelangen und dort zunächst von Bakterien und später dann von Menschen aufgenommen werden. Werden Antibiotika-Resistenzgene auf den Menschen übertragen, werden immer mehr Antibiotika für den Menschen unwirksam.

Bakterien können fremde Gene wie Antibiotika-Resistenzgene aufnehmen, allerdings ist ein solches Ereignis unter natürlichen Bedingungen außerordentlich selten. Eine Reihe von Bedingungen muss erfüllt sein, damit Bakterien fremde Gene nicht nur in ihr eigenes Genom einbauen, sondern auch die genetische Information ablesen und in ein Protein umsetzen. Denn erst dann wird ein Antibiotikaresistenz-Gen wirksam. Auch wenn dies äußerst selten der Fall ist, empfahl die Europäische Sicherheitsbehörde schon 2004 ein Verbot von bestimmten Marker-Genen.[\[42\]](#) In der seit 2002 geltenden Freisetzungsrichtlinie wurde die Verwendung von GV-Pflanzen mit Antibiotika-Resistenz-Markern in der EU schrittweise eingeschränkt.[\[43\]](#) Seit 2004 dürfen in der EU keine GV-Pflanzen mehr kommerziell angebaut werden, wenn sie Antibiotika-Resistenz-Gene enthalten.

Wird Grüne Gentechnik die Artenvielfalt bedrohen?

Österreich ist im mitteleuropäischen Vergleich mit 68.000 Tier- und Pflanzenarten eines der artenreichsten Länder. Von den 3.462 Farn- und Blütenpflanzen stehen 1.274 Arten auf der Roten Liste: 66 Arten sind österreichweit ausgestorben bzw. verschollen, 235 Arten sind vom Aussterben bedroht, und weitere 973 Arten sind in geringerem oder selten auch unbekanntem Ausmaß gefährdet.[\[44\]](#) Laut der Weltnaturschutzunion (**International Union for Conservation of Nature, IUCN**) sind in Europa mindestens 1.677 von 15.060 Tier- und Pflanzenarten auf der roten Liste unmittelbar vom Aussterben bedroht.[\[45\]](#) Weltweit wird geschätzt, dass von 8 Millionen Tier- und Pflanzenarten eine Million vom Aussterben bedroht ist.

Die Gründe für das Artensterben sind vielfältig. Der Verlust und die Verschlechterung von Lebensräumen ist vor allem der Bodenversiegelung durch die Bauwirtschaft und der intensiven Landnutzung durch die Landwirtschaft geschuldet; aber auch die Umweltverschmutzung und der Klimawandel sowie die Verbreitung

invasiver gebietsfremder Arten tragen ihren Teil bei.

Pro/lokale Anpassung: Aktuell scheinen besonders die neuen genomischen Technologien besonders vielversprechend, in einem sehr kurzen Zeitraum Pflanzen zu entwickeln, die sich an verändernde lokale Gegebenheiten anpassen, beispielsweise die gegen neu auftretende oder sich stark vermehrende Schädlinge und Krankheiten oder ungünstigere klimatische Umweltbedingungen widerständig sind. Durch solch einen Einsatz von neuen genomischen Technologie könnten erhebliche Mengen chemischer Spritzmittel eingespart werden, was wiederum die Artenvielfalt auf den Feldern und Feldrändern schützen würde.

Wie funktioniert dies konkret? Mithilfe der neuen genomischen Technologien werden beispielsweise einzelne DNA-Bausteine im Erbgut der Pflanze gezielt verändert, um krankmachenden Viren oder Pilzen den Zugang zu den Pflanzenzellen zu versperren oder deren Vermehrung in den Pflanzenzellen zu verhindern.[\[46\]](#) Auch an den natürlichen Abwehrmechanismen der Pflanze wird geforscht. Man weiß inzwischen, dass vom Immunsystem der Pflanzen nach einer Erstinfektion bestimmte Proteine gebildet werden, mit denen die jeweiligen Erreger abgewehrt werden können. Dies geschieht jedoch oft schwach und zeitlich verzögert. Die Immunantwort der Pflanze kann effektiver und schneller einsetzen, wenn mithilfe der neuen genomischen Technologien eine größere Anzahl von Abwehrproteinen gleich nach dem Kontakt mit dem Erreger gebildet werden können.

Ein anderer Ansatz nutzt ebenfalls die natürlichen Schutzmechanismen der Pflanzen, durch den die Pflanzenzelle selbst einzelne Gene abschaltet und so ihre Genaktivität reguliert (die so genannte RNA-Interferenz, kurz: RNAi). Auf diese Weise werden nur solche Gene in Proteine übersetzt, welche die Zelle zu einem bestimmten Zeitpunkt tatsächlich benötigt. Dieses Abschalten von Genen kann auch bei eindringenden Viren oder Schädlingen genutzt werden, indem die Pflanze gentechnisch gezielt so verändert wurde, dass sie ein bestimmtes RNA-Fragment bildet, das genau zu der RNA des Eindringlings passt und an dessen Sequenz andockt. Die darin enthaltene Information wird daraufhin nicht in der Zelle abgelesen und in das entsprechende Protein umgesetzt. Ist das Protein für den Eindringling lebensnotwendig, stirbt er oder kann sich nicht mehr vermehren. Seit 2017 ist in den USA eine gentechnisch veränderte Maissorte (MON 87411) für den Anbau zugelassen, die gegen den Maiswurzelbohrer resistent ist, weil die Pflanze ein entsprechendes RNAi-Fragment in ihren Zellen bildet. Auch bei Bohnen, Kartoffeln und Reis haben Forschende schon zeigen können, dass dieser RNAi-Ansatz funktioniert.[\[47\]](#)

Pro/positive Bilanz für die Markteinführung: Insgesamt sind die Forschungsergebnisse für die neuen genomischen Technologien vielversprechend: Der Bericht der Gemeinsamen Forschungsstelle (JRC)

der EU-Kommission untersuchte den Anwendungsstand von genomischen Technologien bei Pflanzen und führte 2021 weltweit allein 113 Projekte auf, die die Widerstandsfähigkeit von Pflanzen erhöhen wollen. Die ersten standen zu diesem Zeitpunkt bereits kurz vor der Markteinführung, 37 waren in einem fortgeschrittenen Stadium.[\[48\]](#)

Contra/weniger Artenvielfalt durch Herbizide: Schon 2002 belegte eine groß angelegte britische Studie, dass die Vielfalt von Pflanzen und Tieren auf dem Acker und in der Umgebung der Ackerflächen durch den Anbau von Herbizid-resistenten GV-Pflanzen stark zurückgeht.[\[49\]](#) Insbesondere Glyphosat, das weltweit am meisten verkauft und bei Herbizid-resistenten Pflanzen am häufigsten ausgebracht wird, steht in der Kritik. Als Totalherbizid zerstört es alle Blühpflanzen, die nicht durch Gentechnik Herbizid-resistent verändert sind. Auch Insekten und andere Organismen wie Schmetterlinge und Bienen, die sich von den Wild- und Blühpflanzen an den Feldrändern ernähren, sind bedroht. Sie finden immer weniger Nahrung. Herbizide wurden auch in Oberflächen- und Grundwasser nachgewiesen und werden langsamer abgebaut als der Entwickler, der amerikanische Saatgut-Hersteller Monsanto, angab.[\[50\]](#) Die langfristigen Auswirkungen auf die Ökosysteme sind heute noch nicht ausreichend untersucht.[\[51\]](#)

Contra/weniger Artenvielfalt durch Insektizide: Auch Insektizide wirken nicht nur auf die Schädlinge der Nutzpflanzen, sondern vernichten andere Insekten. Die Insekten-resistenten GV-Pflanzen (Bt-Pflanzen) bilden während ihres gesamten Wachstums und in allen Teilen der Pflanze das Bt-Protein, welches tödlich gegen Fraßfeinde wirkt. Es gelangt aber auch in die Umwelt und bleibt dort zum Teil mehr als 200 Tage nachweisbar.

Das Bt-Protein reichert sich im Boden und Gewässern an und schädigt die dort lebenden Organismen und Insektenlarven sowie Schmetterlingslarven. Pollen mit Bt-Proteinen lagern sich außerdem auf den Nahrungspflanzen von Schmetterlingen ab und werden dort von den Larven verzehrt. Die Gefahren für andere Organismen und die Lebensräume zeigen sich allerdings oft erst nach Jahren, wenn sich der verminderte Bestand von Insekten oder Wildpflanzen auf die Nahrungskette für Vögel, Fische und Säugetiere auswirkt.

Contra/negative Bilanz der Pestizidforschung: In Böden sind Pestizide – Herbizide, Insektizide und Fungizide – und deren Abbauprodukte oft noch Jahrzehnte nach der Ausbringung nachweisbar und liegen meist als Wirkstoffcocktails vor. Eine europaweite Studie wies beispielsweise 166 verschiedene Pestizidrückstände in über 80 Prozent der untersuchten Bodenproben nach.[\[52\]](#) Auch in Naturschutzgebieten wurden Pestizide in Böden gefunden. In einem 2020 veröffentlichten Forschungsbericht über zwei deutsche Bundesländer (Nordrhein-Westfalen und Rheinland-Pfalz) wurden beispielsweise 53 verschiedene Pestizide in Pflanzen und Böden innerhalb von 15 Naturschutzgebieten und 66 verschiedene Pestizide in drei umliegenden Pufferzonen

gefunden. Am häufigsten wurden sowohl in Naturschutzgebieten als auch in den Pufferzonen Fungizide und deren Metaboliten erfasst.^[53]

zitierte Quellen:

[1] Für Informationen zur aktuellen Gesetzgebung und geplanten EU-Reform siehe unseren Webartikel „Reform zur Grünen Gentechnik: Lockerungen in der EU geplant“, <https://www.openscience.or.at/de/wissen/gesellschaft-ethik-recht/2024-05-22-reform-zur-gruenen-gentechnik-lockerungen-in-der-eu-geplant/> (Zugriff am 06.08.2024)

[2] Statista (2024). Prognose zur Entwicklung der Weltbevölkerung von 1950 bis 2100 (in Milliarden),

<https://de.statista.com/statistik/daten/studie/1717/umfrage/prognose-zur-entwicklung-der-weltbevoelkerung/>, siehe auch United Nations (2024). World Population Prospects 2024, <https://population.un.org/wpp/> (Zugriff am 06.08.2024)

[3] Szalay, D., Eitzinger, J., Palocz-Andresen, M., Csoknyai, T. (2021). Klimafitte Landwirtschaft. Herausforderungen im Kontext des globalen Wandels. Sopron (Ungarn), https://boku.ac.at/fileadmin/data/H03000/H81000/H81400/Downloads/Klimafitte_Landwirtschaft_Lehrbuch.pdf (Zugriff am 06.08.2024)

[4] Ritchie, H., Rosado, P., Roser, M. (2023). Meat and Dairy Production. Our World in Data, 25. August 2017 and revised in December 2023, <https://ourworldindata.org/meat-production> (Zugriff am 06.08.2024)

[5] Statista (2024). Verteilung der weltweiten Energieerzeugung nach Energieträger in den Jahren von 2015 bis 2022, <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/167998/umfrage/weltweiter-energiemix-nach-energietraeger/>, siehe auch International Renewable Energy Agency (2024). Renewable capacity highlights, https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2024/Mar/IRENA_RE_Capacity_Highlights_2024.pdf?rev=7692ae29458142dd8563618f496e0abb&hash=2EF08FE142186335E6EB9A69696C30AA (Zugriff am 06.08.2024)

[6] Handelsblatt Research Institute (o.J.). Landwirtschaft und Ernährung der Zukunft. Zahlen, Daten, Fakten, <https://research.handelsblatt.com/assets/uploads/files/bay-landwirtschaft-ernaehrung-fakten-de-final.pdf> (Zugriff am 06.08.2024)

[7] European Commission, Directorate-General for Research and Innovation (2017). New techniques in agricultural biotechnology, Publications Office, <https://data.europa.eu/doi/10.2777/574498> (Zugriff am 12.06.2024)

[8] Welthunger-Index (2023). Jugend als treibende Kraft für nachhaltige Ernährungssysteme. Welthungerhilfe, Bonn, www.welthungerindex.de (Zugriff am 12.06.2024)

[9] Albrecht, S. (Hrsg.) (2012). Weltagrarbericht. Bericht zu Afrika südlich der Sahara (SSA), <https://library.oapen.org/bitstream/id/03d8e774-3a2e-4ad7-9290-d599551e35e7/1002356.pdf> (Zugriff am 12.06.2024)

[10] Krupp, R. (2021). Grüne Gentechnik: Neue Chancen oder wachsende Abhängigkeit? afrika süd-dossier: Ernährungssouveränität 4, <https://www.afrika-sued.org/ausgaben/heft-4-2021/gruene-gentechnik-neue-chancen-oder-wachsende-abhaengigkeit-/> (Zugriff am 12.06.2024)

[11] IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) (2023). Summary for Policymakers. In: Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, hrsg. von H.

Lee und J. Romero, IPCC, Geneva, Switzerland, pp. 1-34,
https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/downloads/report/IPCC_AR6_SYR_SPM.pdf (Zugriff am 06.08.2024), es gibt auch eine deutsche Zusammenfassung unter:
https://www.de-ipcc.de/media/content/IPCC_AR6_SYR_DE_barrierefrei.pdf (Zugriff am 06.08.2024); siehe z.B. auch: Rötter, R. P. (2022). Klimawandel und Ernährungssicherheit, agrardebatten,
<https://agrardebatten.de/agrarzukunft/klimawandel-und-ernaehrungssicherheit/> (Zugriff am 06.08.2024)

[12] Trnka, M. et al. (2019). Mitigation efforts will not fully alleviate the increase in water scarcity occurrence probability in wheat-producing areas, *Science Advances* 5 (9), eaau2406,
<https://www.science.org/doi/10.1126/sciadv.aau2406>; Jägermeyr, J. et al. (2021). Climate impacts on global agriculture emerge earlier in new generation of climate and crop models. *Nature Food* 2 (11), 873-885,
<https://doi.org/10.1038/s43016-021-00400-y>

[13] IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) (2019). *Climate Change and Land: an IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems*, hrsg. von P.R. Shukla et al., https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/4/2022/11/SRCCL_Full_Report.pdf (Zugriff am 13.06.2024), es gibt auch eine deutsche Zusammenfassung unter: https://www.de-ipcc.de/media/content/SRCCL-SPM_de_barrierefrei.pdf (Zugriff am 13.06.2024)

[14] Nationale Akademie der Wissenschaften Leopoldina, Union der deutschen Akademien der Wissenschaften und Deutsche Forschungsgemeinschaft (Hrsg.) (2019). *Wege zu einer wissenschaftlich begründeten,*

differenzierten Regulierung genomeditierter Pflanzen in der EU. Stellungnahme,
https://www.leopoldina.org/uploads/tx_leopublication/2019_Stellungnahme_Genomeditierte_Pflanzen_web.pdf (Zugriff am 17.06.2024)

[15] *transparenz Gentechnik* (o.J.). *Pflanzen für den Klimawandel: Bessere Erträge bei Hitze und Trockenheit*,
<https://www.transgen.de/forschung/860.klimawandel-wasser-pflanzen->

[trockenheit.html](#) (Zugriff am 06.08.2024)

[16] Food and Agriculture Organisation of the United Nations (o.J.). Pestizides Use, <https://www.fao.org/faostat/en/#data/RP> (Zugriff am 17.06.2024)

[17] Statista (o.J.). Pestizideinsatz in der Landwirtschaft nach Weltregion in den Jahren 1990 bis 2021, <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/1302969/umfrage/pestizideinsatz-nach-weltregion/> (Zugriff am 13.06.2024)

[18] Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (o.J.). Einsatzumfang von Glyphosat, <https://www.lfl.bayern.de/ips/unkraut/192703/index.php> (Zugriff am 13.06.2024)

[19] Durchführungsverordnung (EU) 2022/2364 der Kommission vom 2. Dezember 2022 zur Änderung der Durchführungsverordnung (EU) Nr. 540/2011 hinsichtlich der Verlängerung der Dauer der Genehmigung für den Wirkstoff Glyphosat, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/HTML/?uri=CELEX:32022R2364> (Zugriff am 19.06.2024)

[20] Bundesgesetzblatt für die Republik Österreich, 104. Bundesgesetz, Änderung des Pflanzenschutzmittelgesetzes 2011 (NR: GP XXVII IA 1380/A AB 816 S. 107. BR: AB 10633 S. 926.), ausgegeben am 4. Juni 2021, https://www.ris.bka.gv.at/Dokumente/BgblAuth/BGBLA_2021_I_104/BGBLA_2021_I_104.html (Zugriff am 14.06.2024)

[21] Nationale Akademie der Wissenschaften Leopoldina (o.J.). Pflanzen genetisch verändern – die Verfahren im Überblick, <https://www.leopoldina.org/wissenschaft/gruene-gentechnik/gruene-gentechnik-verfahren/> (Zugriff am 07.08.2024)

[22] Gesellschaft Deutsche Chemiker (o.J.). Pro und Contra Glyphosat, <https://faszinationchemie.de/meinung-und-kontroverse/news/streitpunkt-glyphosat-pro-und-contra/> (Zugriff am 13.06.2024)

[23] Nationale Akademie der Wissenschaften Leopoldina, Union der deutschen Akademien der Wissenschaften und Deutsche Forschungsgemeinschaft (Hrsg.) (2019). Wege zu einer wissenschaftlich begründeten,

differenzierten Regulierung genomeditierter Pflanzen in der EU. Stellungnahme,

https://www.leopoldina.org/uploads/tx_leopublication/2019_Stellungnahme_Genomeditierte_Pflanzen_web.pdf (Zugriff am 17.06.2024)

[24] Klümper, W., Qaim, M. (2014). A Meta-Analysis of the Impacts of Genetically Modified Crops. PLoS ONE 9 (11), e111629,

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0111629>

[25] Benbrook, C.M. (2016). Trends in glyphosate herbicide use in the United States and globally. Environ Sci Eur 28 (3),

<https://doi.org/10.1186/s12302-016-0070-0>

[26] Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft e. V. (Hrsg.) (2018). DLG-Merkblatt 432, Resistenzmanagement im Ackerbau, Herbizidresistenz,

https://www.dlg.org/fileadmin/downloads/Merkblaetter/dlg-merkblatt_432.pdf (Zugriff am 08.08.2024)

[27] International Herbicide-Resistant Weed Database,

<http://www.weedscience.org/Home.aspx> (Zugriff am 24.06.2024)

[28] Pestizidatlas 2022. Daten und Fakten zu Giften in der Landwirtschaft (2022), hrsg. von der Heinrich-Böll-Stiftung und der Umweltschutzorganisation Global 2000,

<https://www.global2000.at/sites/global/files/Pestizidatlas-2022.pdf> (Zugriff am 13.06.2024)

[29] Union of Concerned Scientists (2013). The Rise of Superweeds— and What to Do About It. Policy Brief,

<https://www.ucsusa.org/sites/default/files/2019-09/rise-of-superweeds.pdf> (Zugriff am 08.08.2024)

[30] Durchführungsverordnung (EU) Nr. 503/2013 der Kommission vom 3. April 2013 über Anträge auf Zulassung genetisch veränderter Lebens- und Futtermittel gemäß der Verordnung (EG) Nr. 1829/2003 des Europäischen Parlaments und des Rates und zur Änderung der Verordnungen (EG) Nr. 641/2004 und (EG) Nr. 1981/2006 der Kommission,
<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=CELEX:32013R0503> (Zugriff am 17.06.2024)

[31] European Commission (2010). Directorate-General for Research and Innovation, A decade of EU-funded GMO research (2001-2010), Publications Office, <https://data.europa.eu/doi/10.2777/97784> (Zugriff am 17.06.2024)

[32] Klümper W., Qaim M. (2014). A Meta-Analysis of the Impacts of Genetically Modified Crops. PLoS ONE 9(11), e111629,
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0111629>

[33] Leena, A., Alka, N. (2017). Gene Editing and Crop Improvement Using CRISPR-Cas9 System. Front. Plant Sci. 8, 1932,
<https://doi.org/10.3389/fpls.2017.01932>

[34] Nationale Akademie der Wissenschaften Leopoldina, Union der deutschen Akademien der Wissenschaften und Deutsche Forschungsgemeinschaft (Hrsg.) (2019). Wege zu einer wissenschaftlich begründeten,

differenzierten Regulierung genomeditierter Pflanzen in der EU. Stellungnahme,
https://www.leopoldina.org/uploads/tx_leopublication/2019_Stellungnahme_Genomeditierte_Pflanzen_web.pdf (Zugriff am 17.06.2024)

[35] Young, J. et al. (2019). CRISPR-Cas9 editing in maize: Systematic evaluation of off-target activity and its relevance in crop improvement. Scientific Reports 9 (1), 6729,
<https://doi.org/10.1038/s41598-019-43141-6>

[36] Ye, X., Al-Babili, S., Klöti, A., Zhang, J., Lucca, P., Beyer, P., Potrykus, I. (2000). Engineering the provitamin A (beta-carotene) biosynthetic pathway into (carotenoid-free) rice endosperm. *Science* 287, 5451, 303–305, <https://doi.org/10.1126/science.287.5451.303>

[37] Dubock, A. (2014). The politics of Golden Rice. *GM Crops & Food* 5 (3), 210–222, <https://doi.org/10.4161/21645698.2014.967570>

[38] Transparenz Gentechnik (o.J.). Goldener Reis: Erste Ernte auf den Philippinen, aber die Gegner geben nicht auf, <https://www.transgen.de/forschung/428.goldener-reis-vitamin-augenerkrankungen.html> (Zugriff am 08.08.2024)

[39] Durchführungsverordnung (EU) Nr. 503/2013 der Kommission vom 3. April 2013 über Anträge auf Zulassung genetisch veränderter Lebensmittel und Futtermittel gemäß der Verordnung (EG) Nr. 1829/2003 des Europäischen Parlaments und des Rates und zur Änderung der Verordnungen (EG) Nr. 641/2004 und (EG) Nr. 1981/2006 der Kommission, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=CELEX:32013R0503> (Zugriff am 17.06.2024)

[40] BUND e.V. (o.J.). Gentechnisch veränderte Lebensmittel: ungeklärte Risiken für die Gesundheit, <https://www.bund.net/themen/landwirtschaft/gentechnik/risiken/gesundheit/> (Zugriff am 17.06.2024)

[41] bioSicherheit, Gentechnik-Pflanzen-Umwelt (2006). Erst gebraucht, dann unerwünscht. Antibiotikaresistenz-Gene als Marker, <https://www.pflanzenforschung.de/biosicherheit/basisinfo/288.gebraucht-unerwuenscht.html> (Zugriff am 13.08.2024)

[42] Europäische Behörde für Lebensmittelsicherheit (2004). Gutachten des Wissenschaftlichen Gremiums für gentechnisch veränderte Organismen über die Verwendung von Antibiotikaresistenzgenen als

Markergene in gentechnisch veränderten Pflanzen (FRAGE NR. EFSA-Q-2003-109), Zusammenfassung,

https://www.pflanzenforschung.de/biosicherheit/pdf/dokumente/efsa_abr_summary.pdf (Zugriff am 13.08.2024)

[43] Stellungnahme der Zentralen Kommission für die Biologische Sicherheit (ZKBS) zur Sicherheitsbewertung von Antibiotika-Resistenzgenen im Genom gentechnisch veränderter Pflanzen (2008), https://www.bvl.bund.de/SharedDocs/Downloads/06_Gentechnik/ZKBS/01_Allgemeine_Stellungnahmen_deutsch/04_Pflanzen/Antibiotika_Resistenzgene_in_Pflanzen_2008.pdf?__blob=publicationFile&v=2 (Zugriff am 13.08.2024)

[44] 1.274 Farn- und Blütenpflanzen stehen auf der neuen "Roten Liste" Österreichs. Pressemitteilung der Universität Wien vom 18. November 2022, <https://medienportal.univie.ac.at/media/aktuelle-pressemitteilungen/detailansicht/artikel/1274-farn-und-bluetenpflanzen-stehen-auf-der-neuen-roten-liste-oesterreichs/> (Zugriff am 21.06.2024)

[45] Europäisches Parlament (2020). Bedrohte Arten in Europa. Zahlen und Fakten (Infographik), veröffentlicht am 25.5.2020 (letzte Aktualisierung 21.6.2021), <https://www.europarl.europa.eu/topics/de/article/20200519ST079424/bedrohte-arten-in-europa-zahlen-und-fakten-infografik> (Zugriff am 21.06.2024)

[46] Rato, C. et al. (2021). Genome editing for resistance against plant pests and pathogens. *Transgenic Res* 30, 427–459, <https://doi.org/10.1007/s11248-021-00262-x>; Tyagi, S. et al. (2020). Engineering disease resistant plants through CRISPR-Cas9 technology. *GM Crops & Food* 12 (1), 125–144, <https://doi.org/10.1080/21645698.2020.1831729>

[47] Dietz-Pfeilstetter, A. (2021). Die Bedeutung von RNA-Interferenz (RNAi) als neues Wirkprinzip für den Pflanzenschutz mit hoher Spezifität. *Journal für Kulturpflanzen* 73, 1-8, <https://doi.org/10.5073/JfK.2021.01-02.02>; siehe auch Budde, J. (2021). Mit RNA gegen Schädlinge. *Spektrum* vom 11.06.2021, <https://www.spektrum.de/news/mit-rna-interferenz-gegen-schaedlinge/1883455> (Zugriff am 12.08.2024)

[48] Parisi, C., Rodriguez Cerezo, E. (2021). Current and future market applications of new genomic techniques, EUR 30589 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg, <https://data.europa.eu/doi/10.2760/02472>

[49] Firbank, L. G. et al. (2003). An introduction to the Farm-Scale Evaluations of genetically modified herbicide-tolerant crops. *Journal of Applied Ecology* 40 (1), 2-16

[50] Bundesamt für Naturschutz (BfN) (2018). Auswirkungen von Glyphosat auf die Biodiversität, https://www.schule-und-gentechnik.de/fileadmin/schule/Configuration/Dokumente/20180131_BfN-Papier_Glyphosat.pdf (Zugriff am 24.06.2024)

[51] Nationale Akademie der Wissenschaften Leopoldina, Union der deutschen Akademien der Wissenschaften und Deutsche Forschungsgemeinschaft (Hrsg.) (2019). Wege zu einer wissenschaftlich begründeten,

differenzierten Regulierung genomeditierter Pflanzen in der EU. Stellungnahme, https://www.leopoldina.org/uploads/tx_leopublication/2019_Stellungnahme_Genomeditierte_Pflanzen_web.pdf (Zugriff am 7.08.2024)

[52] Silva, V. et al. (2019). Pesticide residues in European agricultural soils - A hidden reality unfolded. *The Science of the total environment* 653, 1532–1545, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.10.441>

[53] Buijs, J., Mantingh, M. (2020). Insektenschwund und Pestizidbelastung in Naturschutzgebieten in Nordrhein-Westfalen und Rheinland-Pfalz, https://www.wecf.org/de/wp-content/uploads/2018/10/DPL_Pestizide_DE_2020.pdf (Zugriff am 12.08.2024)

ip, 23.10.2024

