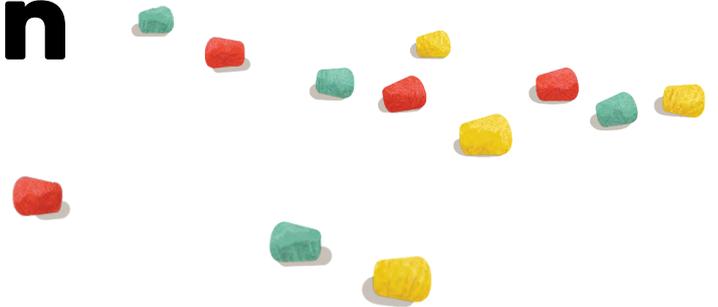


Gentechnik und Generative KI: Eine gefährliche Kombination



Der Einsatz generativer künstlicher Intelligenz (KI) hat eine tiefgreifende Transformation der Biotechnologie eingeleitet und verändert auch grundlegend den Einsatz von Gentechnik an Pflanzen. Einerseits kann KI die Präzision und Effizienz der CRISPR-basierten Gentechnik steigern und über die bisher üblichen Gen-Knockouts hinaus deutlich erweitern. Andererseits ist die KI-gesteuerte Gentechnik anfällig für die bekannten Risiken der KI, wie etwa den Black-Box-Effekt, Halluzinationen und Datenverzerrungen. Dadurch entstehen neue Möglichkeiten, gentechnisch veränderte Organismen mit unerwünschten Eigenschaften zu schaffen und in die Natur freizusetzen. Der Bericht **Wenn Chatbots neue Sorten züchten** fasst den Stand der Technik in Bezug auf die Pflanzenzüchtung zusammen. Wie sollten Wissenschaft und Gesetzgebung in der EU mit den sich abzeichnenden neuen Herausforderungen umgehen?

KI-Modelle, die in den ‚Sprachen‘ der Biologie geschult sind

Entwickler:innen passen die KI-Architekturen von Diffusionsmodellen und großen Sprachmodellen, wie sie in Chatbots wie ChatGPT oder Bildgeneratoren wie DALL-E verwendet werden, an die „Sprachen“ der Biologie an und trainieren sie mit gigantischen

Datenmengen von Protein- und Genomsequenzen.

Diese Entwicklung wurde durch die enorme Menge an Daten zu DNA- und RNA-Sequenzen, Proteinen und Metaboliten möglich, die in den letzten

Jahren verfügbar wurde. Diese Daten bilden nun das Rohmaterial, das die Entwicklung generativer KI für die Gentechnik ermöglicht.

Die resultierenden KI-Werkzeuge sind sowohl deskriptiv als auch generativ. Wie herkömmliche Deep-Learning-Algorithmen können sie biologische Daten analysieren und Vorhersagen treffen. Darüber hinaus ermöglichen sie das Design funktionaler DNA-, RNA- und Proteinsequenzen, einschließlich „new-to-nature“-Sequenzen, die in der Natur so noch nicht vorkommen.

Je nach der Art der „Sprache“, werden verschiedene Modelle unterschieden:

- **Proteinmodelle:** Obwohl der Einsatz von KI-Modellen, die mit Proteindaten trainiert wurden, eine relativ neue Entwicklung ist, wächst die Zahl solcher Tools rasant. Diese Modelle können Proteine analysieren, ihre Interaktionen simulieren und ihre Funktionen neu gestalten. Das berühmteste Protein-Tool ist *AlphaFold* von Google. Demis Hassabis, der Leiter der KI-Abteilung von Google, wurde für die Entwicklung dieses Modells gemeinsam mit zwei Kollegen mit dem Nobelpreis für Chemie 2024 ausgezeichnet.
- **DNA-Modelle:** Seit 2021 werden große Sprachmodelle mit riesigen

Mengen an DNA-Sequenzen trainiert, um dadurch die „Sprache“ der Genome zu simulieren. Hervorzuheben sind vier Modelle, die spezifisch mit DNA-Sequenzen von Pflanzen trainiert wurden. Das bisher leistungsstärkste Sprachmodell für Pflanzengenome, *AgroNT* von Google und Instadeep, wurde Ende 2023 veröffentlicht und mit 10 Millionen Erbgutsequenzen von 48 Pflanzenarten trainiert.

- **RNA-Modelle:** KI-Modelle, die mit menschlichen RNA-Sequenzen trainiert wurden, sind bereits im Einsatz. Es ist zu erwarten, dass es bald auch große Sprachmodelle geben wird, die auf RNA-Sequenzen von Pflanzen beruhen. Als vielversprechend für die Pflanzenwissenschaften und -züchtung gelten vor allem Modelle wie scGPT, die auf Einzelzell-RNA-Sequenzierungsdaten (scRNA-seq) basieren.
- **Multimodale Modelle:** Während bisherige Sprach- und Diffusionsmodelle noch auf einzelne Datentypen beschränkt sind, arbeiten KI-Firmen jetzt an Modellen, die mehrere Arten von Daten verarbeiten. Im Jahr 2024 stellten Instadeep und BioNTech die erste multimodale KI-Architektur zur Verbindung von DNA-, RNA- und Protein-Daten vor.

Einsatz von KI in der Gentechnik an Pflanzen

Die sogenannte Genom-Editierung stützt sich heute hauptsächlich auf die CRISPR-Cas-Methode. Spezifische KI-Tools sind verfügbar, um diesen Prozess zu verbessern. Sie unterstützen Forschende dabei, optimale Zielorte zu finden, die effektivsten Sequenzen für die Leit-RNA zu identifizieren und die am besten geeigneten CRISPR-Schneideenzyme auszuwählen. Der Einsatz dieser Tools kann die Genom-Editierung mit CRISPR präziser und effizienter machen.

Außerdem haben KI-Tools dazu beigetragen, die Fähigkeiten von CRISPR über herkömmliche Anwendungen hinaus zu erweitern. Forschende schalten Gene nicht mehr einfach aus (Knockout), sondern steuern nun deren Expression, indem sie gezielt Sequenzen des regulatorischen Netzwerkes verändern (quantitative Trait-Engineering). Die gezielte Steuerung der Gen-expression soll die Beeinflussung komplexer quantitativer Merkmale ermöglichen.

Hier sind einige Beispiele, wie KI-Modelle die gentechnische Manipulation von Pflanzen verändern:

- Das US-Unternehmen TreeCo möchte **Pappeln** so verändern, dass sie weniger Lignin bilden, und dadurch die

Papierherstellung erleichtert wird. Das Unternehmen hat ein eigenes KI-Tool entwickelt, das vorhersagt, wie sich Veränderungen in den 21 Genen, die an der Ligninsynthese beteiligt sind, auf die Holzzusammensetzung, die Wachstumsrate und andere Merkmale der Bäume auswirken. Für diese 21 Gene hat das Tool über 69.000 potenzielle Editierungsstrategien gefunden und mit einer Computersimulation nach den besten Strategien gesucht. Die Firma hat schließlich die sieben vielversprechendsten Kombinationen von Genveränderungen im Pappelerbgut erzeugt.

- Ein weiteres US-Unternehmen, Inari, entwickelt **Maispflanzen** mit reduzierter Höhe und erhöhter Blattbiomasse. Das Unternehmen nutzt ein generatives KI-Tool, das voraussagen soll, wie sich Mutationen in Promotoren auf die Eigenschaften einer Pflanze auswirken. In Belgien testet Inari einen kurzwachsenden Mais im Freiland.

- Forschende haben das AlphaFold-Proteinmodell genutzt, um Patatin – ein Protein, das natürlicherweise in **Kartoffeln** vorkommt – neu zu gestalten. Am Computer ist eine Version entstanden, die laut KI die Viskosität und die ernährungsphysiologischen Eigenschaften von Kartoffelmehlteig

verbessern soll. Die Forschenden wollen die KI-generierte Patatin-Version nun im Erbgut von Kartoffeln erzeugen.

Große Saatgutfirmen wie Corteva, Bayer, BASF und Syngenta setzen zunehmend KI-Tools in ihren Gentechnikprogrammen ein. Dabei gehen sie häufig Partnerschaften mit spezialisierten KI-Firmen ein. So haben BASF und Corteva jeweils

Kooperationen mit der Firma Tropic Biosciences gestartet, die über eine proprietäre KI-Technologie verfügt. Syngenta hat sich mit Instadeep und Biographica zusammengetan, während Bayer Startups wie Ukko und Amfora unterstützt, die beide für die Entwicklung neuer Sorten auf den kombinierten Einsatz von KI und CRISPR setzen.

Was kommt als Nächstes?

Die Entwicklung generativer KI-Modelle für die Genom-Editierung steckt noch in den Kinderschuhen. Viele der derzeit verfügbaren Design-Tools sind so neu, dass noch nicht die nötigen experimentellen Daten vorliegen, um die Leistung ihrer Algorithmen zu bewerten. Es ist jedoch bereits jetzt erkennbar, dass diese Tools neue Designmöglichkeiten schaffen, die auch über natürliche Grenzen hinausgehen.

In den kommenden Jahren wird erwartet, dass sich die Qualität der Datenerhebungstechniken, der Umfang der gesammelten Daten und die Rechenleistung zu deren Verarbeitung exponentiell erhöhen werden. Die

deskriptiven und generativen Fähigkeiten der KI verbessern sich ständig. Erfahrungen mit großen Sprachmodellen, die mit mikrobiellem DNA-Material trainiert wurden, zeigen das Potenzial, das genomische KI-Tools haben könnten. Ein solches Modell, EVO, hat laut seinen Entwicklern das Potential, Sequenzen in der Größenordnung ganzer mikro-bieller Genome zu erzeugen.

Wie in vielen anderen Bereichen steht zu erwarten, dass diese Fortschritte die Life Sciences insgesamt und die Pflanzenzüchtung tiefgreifend verändern werden.

Was könnte schiefgehen?

Die Integration von KI in die Gentechnik wirft eine Reihe von Bedenken auf. Viele Aspekte werden auch in anderen Bereichen diskutiert, in denen die generative KI zum Einsatz kommt. Dazu gehören unter anderem:

- **Niedrigere Qualifikationsschwelle.**

Bislang ist die gentechnische Veränderung von Pflanzen hochqualifizierten Fachleuten vorbehalten, die umfassend in molekularbiologischen Techniken geschult sind. Mit dem Aufkommen von KI-Tools könnte die Gentechnik zunehmend auch für Studierende, Informatiker:innen, Unternehmer:innen oder sogar Hobby-Biolog:innen zugänglich werden.

- **Black Box.** Generative KI-Modelle liefern Vorhersagen oder machen Empfehlungen, ohne dass nachvollziehbar wäre, wie und warum sie zu diesen Ergebnissen kommen. In sensiblen Bereichen wie der Pflanzen-Gentechnik, deren Produkte sich fortpflanzen, in der Natur interagieren und die Gesundheit vieler Menschen und der Umwelt tangieren, ist der Mangel an Nachvollziehbarkeit und Reproduzierbarkeit besonders problematisch.

- **Halluzinationen.** Generative KI-Modelle können Ergebnisse liefern, die plausibel erscheinen, aber sachlich falsch oder irrelevant sind. Wie oft und in welchen Zusammenhängen KI-Modelle „halluzinieren“ und wie man dem entgegenwirken kann, muss noch ermittelt werden.

- **Datenverzerrungen.** Die Outputs und Vorhersagen von generativen KI-Modellen spiegeln immer die Daten wider, mit denen die Modelle trainiert wurden. Wenn diese Daten Fehler oder Verzerrungen enthalten, die von den zugrundeliegenden biologischen Systemen oder von den menschlichen Kuratoren stammen, können sich diese Verzerrungen auf die Ergebnisse des Modells übertragen.

Der Mangel an spezialisiertem Fachwissen, in Verbindung mit der Black-Box-Problematik, Halluzinationen und möglichen Datenfehlern lässt befürchten, dass Pflanzen mit unerwünschten Eigenschaften entwickelt und in die Umwelt freigesetzt werden könnten. Daher gilt es, mit Vorsicht voranzugehen und strenge Aufsichtsmechanismen zu entwickeln.

EU plant, die Regulierung von KI-designten Pflanzen zu lockern

In diesem kritischen Moment will die EU nun die regulatorischen Anforderungen an die Kommerzialisierung von gentechnisch veränderten Pflanzen erheblich lockern. In einem Vorschlag vom Juli 2023 schlägt die Europäische Kommission vor, Pflanzen, die mit Verfahren wie CRISPR gentechnisch verändert wurden, ähnlich zu behandeln wie konventionell gezüchtete Pflanzen. Konkret würden Pflanzen mit bis zu 20 gentechnischen Veränderungen ihres Erbguts vom EU-Gentechnikrecht ausgenommen. Der Kommission zufolge könnten diese Pflanzen ohne Risikoprüfung, Nachweismethode, Rückverfolgbarkeit oder Kennzeichnungspflicht auf den Markt gebracht werden.

Zahlreiche Wissenschaftler:innen, Behörden und NGOs haben den Vorschlag der Kommission kritisiert. Das Bundesamt für Naturschutz (BfN) in Deutschland wies darauf hin, dass die Mehrzahl der genomeditierten Pflanzen ohne Risikobewertung in die Umwelt freigesetzt würden und warnte davor, dass auch geringfügige Veränderungen des Genoms hohe

Risiken bergen können. Die französische Lebensmittelbehörde ANSES argumentierte, dass der Schwellenwert von 20 Nukleotiden nicht geeignet sei, um die Äquivalenz zu konventionell gezüchteten Pflanzen nachzuweisen. Die Europäische Lebensmittelbehörde (EFSA) verteidigt jedoch den Vorschlag der Kommission.

Die Konvergenz von KI und Gentechnik könnte die bestehende Problematik erheblich verschärfen. Der Einsatz generativer KI-Modelle könnte es Entwickler:innen ermöglichen, den „Designraum“ von 20 genetischen Veränderungen vollständig auszuschöpfen. Dies könnte zu der – absichtlichen oder unbeabsichtigten – Schaffung von Pflanzen führen, die für den Menschen und die Umwelt gefährlich sind. So könnten Forschende zum Beispiel eine Pflanze entwickeln, die eine Vielzahl von Insektengiften produziert. Nach dem Vorschlag der Europäischen Kommission wären jedoch keine Tests erforderlich, um die Auswirkungen der Pflanze auf Nicht-Zielarten zu prüfen.

Wie weiter?

Anstatt die GVO-Vorschriften zu lockern, sollte die EU die grundlegenden Anforderungen ihrer Gentechnik-Gesetze auch für Pflanzen aufrechterhalten, die mit den neuesten Technologien entwickelt wurden. Die Risikoprüfung sollte so angepasst werden, dass sie die spezifischen Merkmale dieser neuen Verfahren und Technologien berücksichtigt.

Darüber hinaus sollte die EU Schritte unternehmen, um die KI-gestützte Gentechnik wirksam zu regulieren. Klare Vorschriften sollten dafür sorgen, dass die verwendeten KI-Modelle zuverlässig und in der Lage sind, sichere Empfehlungen abzugeben, während Verständnis, Aufsicht und Entscheidungsfindung durch den Menschen in kritischen Phasen des Gentechnikprozesses gewahrt bleiben.

Die Kontrolle von KI-Tools und -Technologien, die in der Gentechnik eingesetzt werden, sowie von KI-generierten künstlichen Organismen, ist für die Sicherheit der Forschung und Entwicklung in diesem Bereich entscheidend. Risikobewertung, Monitoring, Rückverfolgbarkeit und Rückholbarkeit sollten Mindestanforderungen sein, bevor solche Organismen in die Umwelt freigesetzt werden.

Eine internationale Aufsicht sollte die Schaffung neuer Organismen oder genetischer Materialien verhindern, die pathogen sind oder andere schwerwiegende Bedrohungen darstellen. Der Zugang zu Hochrisikotechnologien, -tools und genetischen Daten, die anfällig für Missbrauch sein könnten, muss streng kontrolliert werden.

Die biologische Sicherheit muss ein integraler Bestandteil aller Forschungsaktivitäten sein, unabhängig davon, ob die Projekte von privaten Unternehmen oder öffentlichen Forschungseinrichtungen durchgeführt werden. Bei Unsicherheiten bezüglich potenziell hoher Risiken sollten Alternativen mit geringeren Risiken vorgezogen werden.

Schließlich sollte die unabhängige Forschung zu den Risiken der Gentechnik mit öffentlichen Mitteln unterstützt werden, mit einem besonderen Augenmerk auf die KI-gesteuerte Gentechnik. Besondere Aufmerksamkeit sollte den systemischen und langfristigen Auswirkungen gewidmet werden, die über den Rahmen einzelner Projekte hinausgehen (Technikfolgenabschätzung).

Save Our Seeds

Zukunftsstiftung Landwirtschaft

Marienstr. 19-20

10117 Berlin

www.saveourseeds.org

Kontakt:

Franziska Achterberg

Leiterin Politik

+32 498 362403

achterberg@saveourseeds.org

Layout und Gestaltung:

Beatriz Francisco

www.linkedin.com/in/beatriz-francisco/

Veröffentlichung:

Januar 2025

