

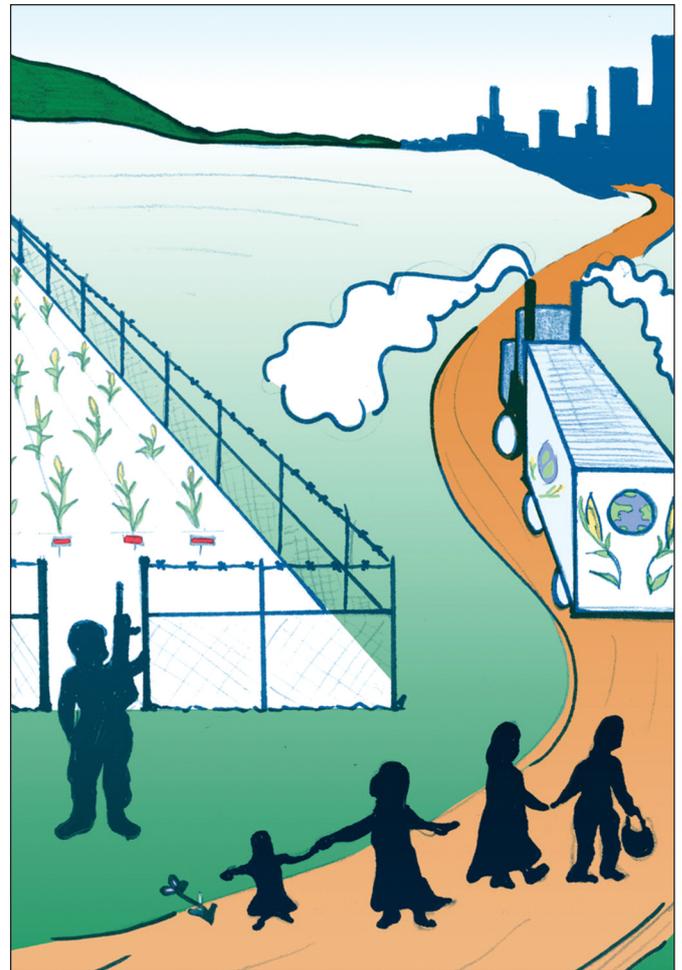
# Steigerung der Photosynthese

## Beschreibung und Zweck der Technologie

Die Steigerung der Photosynthese ist eine angedachte Geoengineering-Technologie, die auf der Idee basiert, Pflanzen und Algen gentechnisch so zu verändern, dass sie „effizientere“ photosynthetische Eigenschaften aufweisen und dadurch mehr CO<sub>2</sub> absorbieren und verstoffwechseln können. Kritiker/innen des Ansatzes zufolge ist eine solche Beeinflussung der Photosynthese durch die Veränderung von Pflanzen ein Hightech-Projekt, das mit hohen Risiken verbunden ist, insbesondere für die Ernährungssicherheit.<sup>1</sup> Es bestehen ernsthafte Bedenken bezüglich jeglicher gentechnischer Veränderung pflanzlichen Lebens, die unvorhergesehene Nebeneffekte, Kontaminationsrisiken für Naturräume mit sich bringen. Auch bislang kaum verstandene Langzeitwirkungen auf Menschen und Ökosysteme, und die entstehende Kontrollmacht der beteiligten Unternehmen stellen ein Problem dar.

Befürworter/innen rechtfertigen die Forschung zur Veränderung der Photosynthese in erster Linie mit Argumenten zur Ernährungssicherung: Die Weltbevölkerung wächst, die Zunahme der Ernteerträge dagegen stagniert und angesichts des wachsenden Bedarfs an Nahrungsmitteln und Treibstoffen in Zeiten des Klimawandels müssen wir einen Weg finden, um die Ernteerträge zu steigern. Für Geoengineering-Gentechniker/innen ist die Steigerung der Photosynthese „der wichtigste verbleibende Lösungsweg zur Erhöhung des genetischen Ertragspotenzials unserer wichtigsten Nutzpflanzen“<sup>2</sup>.

A CDR = Carbon Dioxide Removal

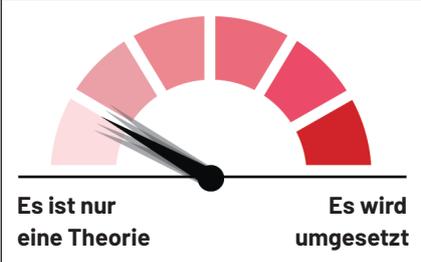


Der Anbau von Monokulturen, die gentechnisch verändert wurden, um mehr Licht zu reflektieren, könnte Landraub und Zwangsvertreibung begünstigen

**Auswirkungen auf:**



## Realitätscheck:



Da durch diese Modifikation der Photosynthese mehr CO<sub>2</sub> aus der Atmosphäre entfernt werden soll, werden auch die Ziele zur Kohlendioxid-Entfernung (CDR<sup>A</sup>) angeführt, um das Forschungsgebiet zu rechtfertigen. Die erhofften CDR-Effekte einer optimierten Photosynthese basieren auf der Annahme, dass von den gentechnisch veränderten Pflanzen zusätzliches CO<sub>2</sub> absorbiert und dauerhaft im Boden oder am Meeresgrund gespeichert würde.

## Akteur/innen

Das C<sub>4</sub> Rice Project ist ein Gemeinschaftsprojekt von Wissenschaftler/innen aus Europa, Nordamerika und Asien. Es wurde 2008 ins Leben gerufen und seither von der Bill and Melinda Gates Foundation mit 25 Mio. USD unterstützt. Das Projekt hat zum Ziel, Reis – eine Pflanze mit C<sub>3</sub>-Photosynthese – in eine Pflanze mit C<sub>4</sub>-Photosynthese umzuwandeln, um so theoretisch die Erträge zu steigern, die Stickstoff- und Wassernutzungseffizienz zu erhöhen, die Anpassungsfähigkeit an heißere und trockenere Klimazonen zu verbessern und so letztlich mehr CO<sub>2</sub> aus der Atmosphäre zu binden. In der laufenden Förderphase soll ein Reisprototyp mit C<sub>4</sub>-Photosynthese entwickelt werden.<sup>3</sup> Kritiker/innen bezweifeln, dass Reis in Zeiten von Wasserknappheit die geeignete Zielpflanze für einen solch extremen gentechnischen Eingriff ist und befürchten ein hohes Fehlschlagrisiko.<sup>4</sup>

Nach Ansicht mancher Wissenschaftler/innen ist Reis „die ideale Nutzpflanze“ für eine C<sub>4</sub>-Modifizierung mittels synthetischer Biologie, weil Reis die erste Nutzpflanzenart war, deren Genom entschlüsselt wurde und weil für Reis zahlreiche physiologische, genetische und genomische Daten verfügbar sind. Reis könnte den Weg für die Züchtung von C<sub>4</sub>-Weizen, C<sub>4</sub>-Baumwolle und C<sub>4</sub>-Bäume ebnen.<sup>5</sup> Im Laufe der Zeit, so die Befürworter/innen, ließen sich durch eine großflächige Umstellung der wichtigsten Feldkulturen auf Pflanzen mit optimierter Photosynthese theoretisch große Mengen an CO<sub>2</sub> binden.

Die Europäische Union hat von 2012 bis 2016 ihr eigenes „3To4“-Projekt mit einem Gesamtbudget von 8,9 Mio. EUR finanziert. Ein Konsortium von Wissenschaftler/innen aus privaten und öffentlichen Institutionen hat dabei versucht, die Photosynthese zu steigern, indem Merkmale der C<sub>4</sub>-Photosynthese in C<sub>3</sub>-Pflanzen integriert wurden. Ein weiterer Projektschwerpunkt war die Unterstützung des C<sub>4</sub> Rice Projekts. Die Forscher/innen konzentrierten sich anfangs auf Reis als Modellkultur, allerdings mit dem Vorhaben, „den technologischen Fortschritt möglichst schnell auf die wichtigsten europäischen Nutzpflanzen wie Weizen und Raps zu übertragen“.<sup>6</sup> Zu den privaten Konsortiumsmitgliedern gehörten u. a. Bayer Crop Science und Chemtex Italia (jetzt Biochemtex).

B BEEP = Bio-inspired and bionic materials for enhanced Photosynthesis (bioinspirierte und bionische Materialien für eine verbesserte Photosynthese)

## // Die gentechnische Veränderung pflanzlichen Lebens geht mit ernsthaften Bedenken einher und die Verbesserung der Photosynthese durch Umwandlung von C<sub>3</sub>-Pflanzen in C<sub>4</sub>-Pflanzen ist ein hochriskantes High-Tech-Unterfangen. //

Das pan-europäische Projekt BEEP<sup>B</sup> befasst sich mit photosynthetischen Prozessen in der marinen Umwelt und hat zum Ziel, die Mechanismen zu verstehen, welche die photosynthetische Effizienz, z. B. bei marinen Bakterien und Algen, beeinflussen, um diese Erkenntnisse zur „Steigerung der Photosynthese in lebenden Organismen“ anzuwenden.<sup>7</sup>

Weitere Forschungsarbeiten untersuchen derzeit, wie die CO<sub>2</sub>-Aufnahme bei Pflanzen durch synthetische Verfahren gesteigert werden kann. Wissenschaftler/innen der synthetischen Biologie haben neuartige biochemische Prozesse in künstlich veränderte Organismen integriert, um den Prozess der Kohlenstofffixierung zu beschleunigen und um Pflanzen zu einer verbesserten Umwandlung von CO<sub>2</sub> in Energie zu befähigen. Im Jahr 2016 fügte ein Team synthetischer Biologen/innen am deutschen Max-Planck-Institut für terrestrische Mikrobiologie in Marburg 17 unterschiedliche Enzyme aus neun verschiedenen Organismen (u. a. aus Darmbakterien, weiteren Mikroben und Pflanzen) zusammen, um dadurch den Grundsatzbeweis für die CO<sub>2</sub>-Fixierung in einem künstlich hergestellten Organismus zu erbringen, der die Möglichkeiten der Natur übertrifft.



Viele Maissorten gehen infolge intensiver Landwirtschaft verloren, was wiederum die Widerstandsfähigkeit gegen den Klimawandel reduziert (The International Maize and Wheat Improvement Center/Flickr)



Milliarden von Menschen sind von der Reisernte abhängig – was wäre, wenn gentechnisch veränderter Reis unbeabsichtigte Folgen für traditionelle Sorten hätte? (SarahTz/Flickr)

Dieser sogenannte CETCH-Zyklus besteht aus drei künstlich hergestellten Enzymen, darunter ein neuartiges synthetisches CO<sub>2</sub>-bindendes Enzym, welches CO<sub>2</sub> fast 20-mal schneller fixiert, als das in der Natur am weitesten verbreitete CO<sub>2</sub>-bindende Enzym. Nachdem das Forschungsteam den Prozess in vitro demonstriert hat, will es das Verfahren nun in lebende Zellen transplantieren. Die Steigerung der Produktion von Biokraftstoffen und Lebensmitteln werden als potenzielle zukünftige Einsatzbereiche anvisiert.<sup>8</sup>

In einer anderen Studie steigerten die Forscher/innen die Photosyntheseleistung von Nutzpflanzen, indem sie die Erholungsphase, die Pflanzen benötigen, um sich von zu viel Licht zu „erholen“, verkürzten.<sup>9</sup> Hierfür wurden ausgewählten Tabakpflanzen Proteine zugesetzt, dadurch nahm ihr Größenwachstum um bis zu 20 % zu. Der Fokus richtet sich nun darauf, dasselbe bei Pflanzen wie Reis, Hirse und Maniok zu erreichen. Auch diese Forschungsarbeit wird von der Bill and Melinda Gates Foundation finanziert.

Ein Forschungsprojekt des chinesischen Qingdao-Instituts für Bioenergie und Bioverfahrenstechnik versucht, durch die gentechnische Modifikation der Mikroalge *Nannochloropsis oceanica* deren Photosyntheserate zu steigern und hat gleichzeitig die Aufnahme von CO<sub>2</sub> als auch die Herstellung von Biokraftstoffen zum Ziel. Die Toleranz der Mikroalge gegenüber hohen CO<sub>2</sub>-Konzentrationen soll vergrößert werden, um die Mikroalge an Abgase gekoppelt und zur Gewinnung von Algenöl zu kultivieren.<sup>10</sup>

C System of Rice Intensification

Das in Kalifornien ansässige Salk Institute kündigte die Vermarktung seiner „Ideal Plant“ um das Jahr 2025 an. Die im Rahmen des Ideal Plant Projekts verwendeten gentechnischen Verfahren sollen die Kohlenstoff-Speicherkapazität der Pflanzen verbessern und die Zersetzungsprozesse verlangsamen, indem die Menge an Suberin, einer mit Kork verwandten Pflanzensubstanz, in den Pflanzenwurzeln erhöht wird. Das US-Unternehmen ZeaKal entwickelt und testet derzeit seine „PhotoSeed“-Pflanzen in Zusammenarbeit mit dem Chemieunternehmen Dow DuPont. ZeaKal zufolge wurden enzymatische Reaktionen in PhotoSeed-Pflanzen genetisch verändert, um deren Photosynthese, Wachstumsraten und die CO<sub>2</sub>-Aufnahme zu optimieren.<sup>11</sup>

### Auswirkungen der Technologie

Die Fähigkeit, die Photosynthese zu manipulieren, impliziert die Kontrolle über fast alles, was das Gedeihen und Überleben einer Pflanze bestimmt: wie effizient sie Wasser und Nährstoffe nutzt, um zu wachsen und die Biomasse zu produzieren, die uns als Nahrung, Faser oder Kraftstoff dient, aber auch wie effizient sie CO<sub>2</sub> bindet und Sauerstoff freisetzt. Die gentechnische Veränderung pflanzlichen Lebens geht mit ernsthaften Bedenken einher und die Verbesserung der Photosynthese durch Umwandlung von C<sub>3</sub>-Pflanzen in C<sub>4</sub>-Pflanzen ist ein hochriskantes High-Tech-Unterfangen. Jill E. Gready, Forschungsprofessorin an der Australian National University, argumentiert: „Die Erforschung und öffentliche Förderung einiger sehr hochtechnologischer Lösungen zur Steigerung der Photosynthese, die mit einem hohen Fehlschlagrisiko verbunden sind [...] stellen ein hohes Risiko für die Ernährungssicherheit dar, weil sie uns in dem falschen Glauben wiegen, dass das Problem angegangen wird, und weil durch die Vergabe der Mittel eine Gelegenheit verspielt wird, Forschungs- und Entwicklungsvorhaben mit einem höheren Erfolgs- und Wirkungspotenzial zu fördern.“<sup>12</sup>

Ein weiterer Kritiker, Norman Uphoff von der Cornell University, ist einer der Wegbereiter der agrarökologischen Reisanbaumethode, die als System zur Reis-Intensivierung<sup>c</sup> bekannt wurde. Die von ihm veröffentlichten Daten belegen, dass veränderte landwirtschaftliche Bewirtschaftungsmethoden – wie größere Abstände zwischen den Pflanzen oder eine verbesserte Durchlüftung des Bodens – die Reiserträge weit über das bisher für möglich gehaltene Maß hinaus steigern können, und das ohne eine stärkere Abhängigkeit von chemischen Betriebsmitteln oder Gentechnik.<sup>13</sup>

## Realitätscheck

Die Forschung zur Steigerung der Photosynthese ist in vollem Gange und die Projekte gehen dazu über, gentechnische Veränderungen nicht mehr nur in vitro, sondern an Nutzpflanzen vorzunehmen. Allerdings ist die Effektivität der optimierten Photosynthese als Methode zur Kohlenstoffspeicherung größtenteils nur theoretischer Natur, insbesondere weil es noch viele ungeklärte Fragen zur dauerhaften Speicherung des absorbierten Kohlenstoffs im Boden oder im Meer gibt.

## Weiterführende Inhalte

ETC Group und Heinrich-Böll-Stiftung, **„Outsmarting Nature? Synthetic Biology and Climate Smart Agriculture“**:

<http://www.etcgroup.org/content/outsmarting-nature/report>

Dieses Video gibt einen Überblick über die Forschungsziele im Bereich optimierte Photosynthese, spricht jedoch mögliche negative Auswirkungen nicht an:

<https://www.youtube.com/watch?v=Av0dTk9KzIY>

## Fußnoten

- 1 Gready (2014) Best-fit options of crop staples for food security: productivity, nutrition and sustainability, in: Jha, et al. (2014) Handbook on Food, Kapitel 15, S. 406
- 2 Long, et al. (2015) Meeting the Global Food Demand of the Future by Engineering Crop Photosynthesis and Yield Potential, in: Cell, Vol. 161:56–66, <https://doi.org/10.1016/j.cell.2015.03.019>
- 3 ETC Group und Heinrich-Böll-Stiftung (2020) Geoengineering Map, <https://map.geoengineeringmonitor.org>
- 4 ETC Group und Heinrich-Böll-Stiftung (2015) Outsmarting Nature? Synthetic Biology and Climate Smart Agriculture, Communiqué 114, <https://www.boell.de/en/2015/11/30/outsmarting-nature-synthetic-biology-and-climate-smart-agriculture>
- 5 Zhu, et al. (2010) C<sub>4</sub> Rice – an ideal arena for systems biology research, in: J Integr Plant Biol., Vol. 52(8):762 – 770, <https://doi.org/10.1111/j.1744-7909.2010.00983.x>
- 6 CORDIS (2016), 3to4: Converting C<sub>3</sub> to C<sub>4</sub> photosynthesis for sustainable agriculture, CORDIS project database of the European Union, abgerufen: Februar 2020 [http://cordis.europa.eu/project/rcn/101753\\_en.html](http://cordis.europa.eu/project/rcn/101753_en.html)
- 7 ETC Group und Heinrich-Böll-Stiftung (2020)
- 8 Schwander, et al. (2016), A synthetic pathway for the fixation of carbon dioxide in vitro, in: Science, Vol. 354(6314):900 – 904, <http://doi.org/10.1126/science.aah5237>; ETC Group und Heinrich-Böll-Stiftung (2020)
- 9 Kromdijk, et al. (2016) Improving photosynthesis and crop productivity by accelerating recovery from photoprotection, in: Science, Vol. 354(6314): 857 – 861, <http://doi.org/10.1126/science.aai8878>
- 10 ETC Group und Heinrich-Böll-Stiftung (2020)
- 11 ETC Group und Heinrich-Böll-Stiftung (2020)
- 12 Gready (2014)
- 13 Uphoff (2013) Rethinking the concept of ‘yield ceiling’ for rice: implications of the System of Rice Intensification (SRI) for agricultural science and practice, in: Journal of Crop and Weed, Vol. 9(1):1 – 19, <http://www.cropandweed.com/vol9issue1/1.1.html>