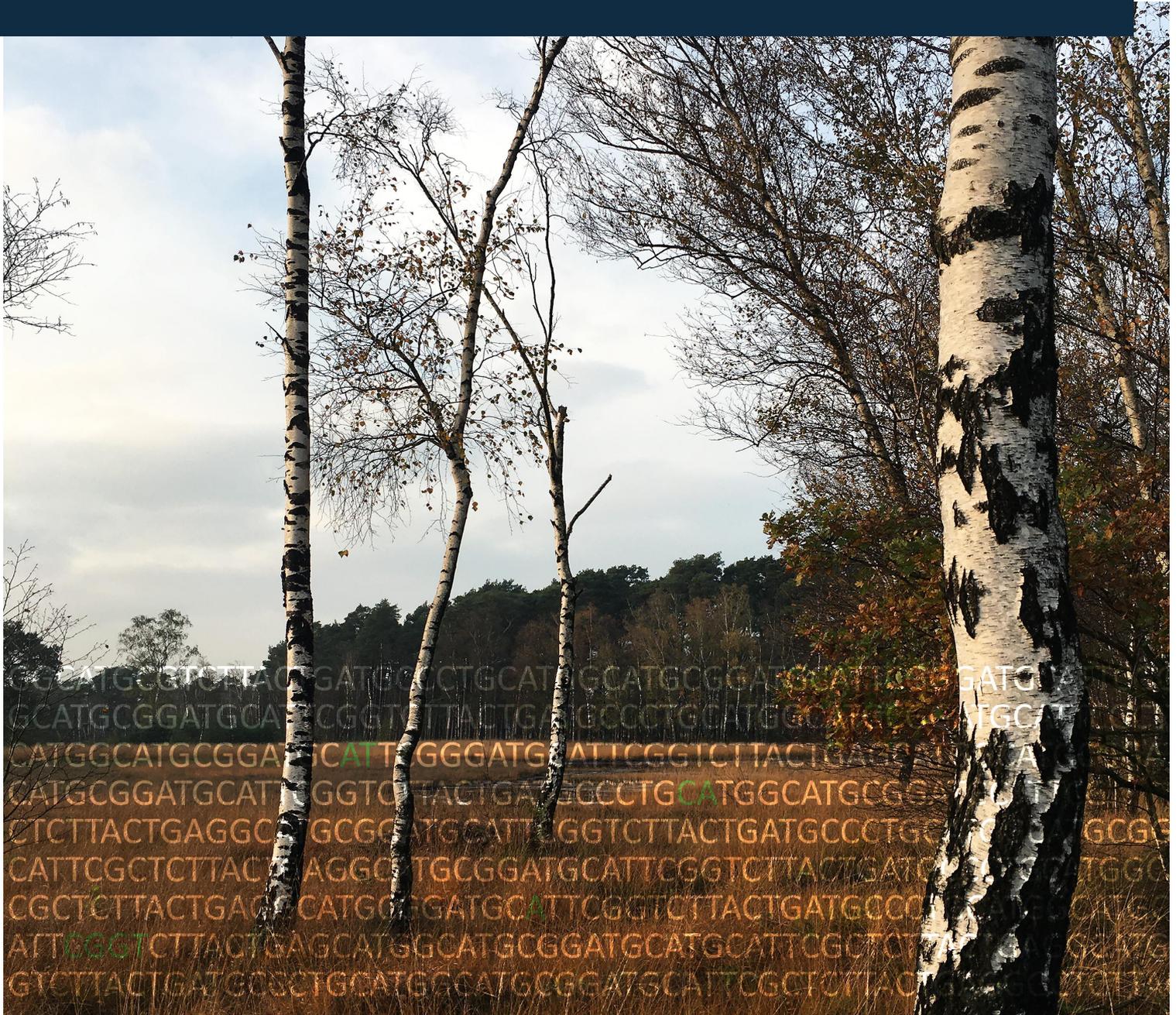


Gentechnik, Naturschutz und biologische Vielfalt

Grenzen der Gestaltung

Oktober 2022

POSITIONSPAPIER



Impressum

Herausgeber:

Bundesrepublik Deutschland, vertreten durch
das Bundesamt für Naturschutz (BfN)
Konstantinstr. 110
53179 Bonn
Telefon: 0228 8491-0
E-Mail: info@bfm.de
Internet: www.bfn.de
USt-IdNr.: DE 122268582

Unter Mitwirkung von:

Kristin Hagen, Margret Engelhard, Mathias Otto, Samson Simon (Fachgebiet I 2.6 Bewertung gentechnisch veränderter Organismen/Gentechnikgesetz)

Karl Stracke, Oliver Hendrichke, Philipp Blanke (Fachgebiet I 2.1 Rechtliche und ökonomische Fragen des Naturschutzes)

Wiebke Züghart, Armin Benzler, Christina Hünig, Eva Willée (Fachgebiet II 1.3 Terrestrisches Monitoring)

Weiteren Mitglieder der Projektgruppe „Neue Gentechnik und Naturschutz“: Lars Berger (Fachgebiet I 2.2 Naturschutz, Gesellschaft und soziale Fragen), Barbara Engels (Fachgebiet I 2.3 Internationaler Naturschutz), Karin Hornig (Fachgebiet I 1.3 Ein- und Ausfuhr von Tieren und Pflanzen und Teilen und Erzeugnissen), Manfred Klein (Fachgebiet I 2.4 Naturschutz in der Landwirtschaft), Andreas Krüß (Nationales Monitoringzentrum zur Biodiversität), Annika Tiesmeyer (Fachgebiet II 1.1 Zoologischer Artenschutz), sowie Sandra Balzer (Abteilung II 1 Ökologie und Schutz von Fauna und Flora), Peter Finck (Fachgebiet II 2.3 Nationales Naturerbe, dynamische Systeme und Klimawandel), Christiane Schell (Abteilung I 2 Grundsatzangelegenheiten, Integrativer Naturschutz und nachhaltige Nutzung) und Axel Ssymank (Fachgebiet II 2.2 FFH-Richtlinie/Natura 2000).

Empfohlene Zitierweise:

Bundesamt für Naturschutz (Hrsg.) (2022): Gentechnik, Naturschutz und biologische Vielfalt: Grenzen der Gestaltung. Positionspapier. Bonn.

Bildnachweis:

Titelbild: Naturschutzgebiet Duvenstedter Brook © Margret Engelhard, Bearbeitung Julia Laux

DOI 10.19217/pos222

Bonn, Oktober 2022



Dieses Positionspapier wird unter den Bedingungen der Creative Commons Lizenz Namensnennung – keine Bearbeitung 4.0 International (CC BY - ND 4.0) zur Verfügung gestellt (creativecommons.org/licenses).

Diese Veröffentlichung wird aufgenommen in die Literaturdatenbank „DNL-online“ (www.dnl-online.de).



Bundesamt für
Naturschutz

POSITIONSPAPIER

Gentechnik, Naturschutz und biologische Vielfalt

Grenzen der Gestaltung

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung.....	5
Summary	7
1 Einleitung	9
2 Prognostizierbarkeit der Auswirkungen wild lebender GVO.....	10
2.1 Forschungsansätze zu GVO im Zusammenhang mit biologischer Vielfalt	10
2.2 Methodische Grenzen genetischer Änderungen auf der Ebene komplexer Systeme	13
3 Risikoprüfung, Monitoring und Risikomanagement wild lebender GVO	14
4 Zur Abwägung von Problemlagen und Risikobereitschaft	16
5 Fragen der technischen Machbarkeit im gesellschaftlichen Naturschutzdiskurs	17
6 Einordnung des Wertes natürlicher Eigenart und Dynamik.....	18
7 Einordnung nach den Zielvorgaben und Wertgrundlagen des Bundesnaturschutzgesetzes	20
8 Rechtlich-regulatorische Herausforderungen eines Einsatzes von Gentechnik im Naturschutz.....	22
8.1 Gentechnikrechtliches Genehmigungsverfahren.....	22
8.2 Naturschutzrecht	23
8.2.1 Europäischer Gebietsschutz	23
8.2.2 Nationaler Gebietsschutz	24
8.2.3 Definition von Arten	24
8.2.4 Invasive Arten	25
8.2.5 Internationales Naturschutzrecht	25
9 Fazit.....	26
Abkürzungen und Gesetze	27
Literatur- und Quellenverzeichnis.....	28

Zusammenfassung

Mit dem vorliegenden Papier positioniert sich das Bundesamt für Naturschutz (BfN) zu einer auf internationaler Ebene geführten Diskussion über **Forschungsansätze zur gentechnischen Veränderung wild lebender Organismen, die unter anderem zum Erreichen von Naturschutzziele eingesetzt werden sollen**. Es ist ein Novum, dass die Forschungsansätze

- **biologische Vielfalt als Zweck und Begründung** für die Freisetzung und Verbreitung von gentechnisch veränderten Organismen (GVO) sehen,
- die beabsichtigte Freisetzung und Verbreitung von GVO **außerhalb landwirtschaftlich genutzter Flächen** anstreben und
- zum Teil vorschlagen, auch **geschützte Arten** gentechnisch zu verändern.

Diese Ansätze unterscheiden sich fundamental von den aktuell breit diskutierten landwirtschaftlichen Anwendungen neuer Gentechniken. In diesem Papier handelt es sich um Anwendungsszenarien für Gentechnik in wild lebenden Organismen und im Artenschutz. **Somit ist hier der Naturschutz in besonderer Weise berührt.**

Aufgrund der Komplexität der biologischen Vielfalt – von der molekularen bis zur ökosystemaren Ebene – **sind Auswirkungen gentechnischer Eingriffe in wild lebenden Organismen mit den derzeit zur Verfügung stehenden Methoden nicht hinreichend abschätzbar**. Dies trifft bereits auf der Ebene der Erbsubstanz (des Genoms) zu. Zwar können mit den neuen Methoden der Gentechnik die beabsichtigten Veränderungen auf molekularer Ebene vergleichsweise präzise eingebaut werden, gleichzeitig finden aber häufig zusätzliche unbeabsichtigte molekulare Veränderungen im Gesamtgenom statt. Zudem ist die genetische Diversität wild lebender Organismen größer als in Populationen, die für Forschung und Landwirtschaft auf Uniformität gezüchtet werden, und die verschiedenen Genotypen sind in den wild lebenden Organismen oftmals nicht bekannt. Dieser Umstand verschärft die Problematik, dass die Auswirkungen der geplanten und ungeplanten genetischen Veränderungen auf den komplexen Stoffwechsel der Organismen, deren Eigenschaften und deren Interaktionen schwer prognostizierbar sind. Die Wechselwirkungen physiologischer und ökologischer Mechanismen sind dabei vielfältig und vernetzt. Dies gilt auch für die betroffenen natürlichen und naturnahen Ökosysteme. Gleichzeitig werden durch große räumliche und zeitliche Bezüge die Unsicherheiten in der Prognose gentechnischer Eingriffe potenziert (vgl. Abschnitt 2.2). Daher sind Auswirkungen gentechnischer Eingriffe in wild lebende Organismen weder kurz- noch langfristig absehbar, und es bleibt dementsprechend **ebenfalls schwer abschätzbar, ob die mit gentechnischer Veränderung verfolgten Ziele überhaupt realisiert werden können**.

Wegen der fehlenden Prognostizierbarkeit von Umweltauswirkungen und den komplexen Wirkungszusammenhängen wild lebender GVO sind nach den derzeit zur Verfügung stehenden Methoden Anforderungen an die Umweltverträglichkeitsprüfung und das Monitoring kaum erfüllbar. Diese sind nach den geltenden deutschen und europäischen Rechtsvorschriften für die Zulassung von GVO aber notwendig und stehen im Einklang mit dem Vorsorgeprinzip (vgl. Abschnitt 3). **Auch müssen zunächst die grundlegenden und notwendigen Diskussionen zu der Vereinbarkeit des Einsatzes von Gentechnik bei wild lebenden Organismen mit naturschutzrechtlichen Vorgaben und Zielen nach § 1 des Bundesnaturschutzgesetzes (BNatSchG) geführt werden. Auch die adäquate Berücksichtigung im gentechnikrechtlichen Genehmigungsverfahren ist noch abzuschließen.** Die gesetzgeberische Bewertung des Einsatzes von GVO im Naturschutz, auf den einige Forschungsfelder abzielen, ist noch nicht erfolgt.

Zudem können sich gentechnisch veränderte Wildorganismen – je nach Art und Anwendung sehr schnell – grenzüberschreitend ausbreiten. Dies wirft im internationalen Kontext neue Fragen auf. **Auf Ebene des Übereinkommens über die biologische Vielfalt (Convention on Biological Diversity, CBD) könnten Mitwirkungsmöglichkeiten und Informationspflichten im Vorfeld von Freisetzungen und effektive Schutzmaßnahmen zur Verhinderung von Auswirkungen auf einem fremden Staatsgebiet ausgebaut werden** (vgl. Abschnitt 8).

Der globale Biodiversitätsverlust schreitet mit spürbaren Folgen weiter voran. Wir brauchen geeignete Instrumente, um ihn einzudämmen. Gleichwohl dürfen wild lebende Organismen nicht allein in der Annahme eines möglichen Nutzens für den Naturschutz und bei Unkenntnis möglicher Schäden gentechnisch verändert werden. Auch in der Dringlichkeit der Bekämpfung des Biodiversitätsverlustes wird kein Grund für eine Abkehr vom Vorsorgeprinzip gesehen (vgl. Abschnitt 4). Die Dringlichkeit der Naturschutzprobleme begründet vielmehr die Umsetzung wirksamer Maßnahmen zur Bekämpfung der zu intensiven Nutzung und Belastung der Natur. Diese sollten nicht durch eine Überschätzung technischer Reparaturmöglichkeiten übersteuert werden. Insofern **sollten Natur- und Technikverständnisse der Synthetischen Biologie, einschließlich der neuen Gentechniken, in einem breiten gesellschaftlichen Diskurs thematisiert werden** (vgl. Abschnitt 5).

Die Eigenart der Natur gehört neben ihrer Vielfalt, Schönheit und Nützlichkeit zu den gesellschaftlich und gesetzlich stark verankerten prioritären Schutzgütern des Naturschutzes – und ihr Wert setzt der menschlichen Gestaltung der Natur zu ihrem Schutz Grenzen. Aus der Natur-Schutzidee wird eine Natur-Umgestaltungs-idee, die weit über die bisherigen Eingriffe des Menschen hinausgeht, wenn dauerhafte, weitreichende und vererb- bare gentechnische Veränderungen an wild lebenden Organismen als Naturschutzinstrumente gesehen und legitim werden. Dies schränkt den Wert der Eigenart der Natur weiter ein und bricht aus Sicht des BfN mit den bisherigen Naturverständnissen, übergeordneten Schutzgütern, Zielen und der Praxis des Naturschutzes (vgl. Abschnitte 6 und 7).

Summary

In the present paper, Germany's Federal Agency for Nature Conservation (Bundesamt für Naturschutz, BfN) presents its position on an international discussion surrounding **research approaches to the genetic modification of wild organisms. These research approaches, which are being developed in part for nature conservation purposes,** are new in that they propose

- **nature conservation as a purpose and justification** for the release and dissemination of genetically modified organisms (GMOs),
- the release and dissemination of GMOs **outside of agricultural areas** and
- the potential genetic engineering of **protected species**.

These approaches differ fundamentally from the agricultural uses of new genetic technologies that are currently being widely discussed. This paper deals with scenarios for the use of genetic engineering in wild organisms and species conservation. **Nature conservation is thus particularly affected here.**

Due to the complexity of biological diversity – from the molecular to the ecosystem level – the **effects of genetically engineering wild organisms cannot be sufficiently assessed with the methods currently available.** This is already true at the level of genetic material (the genome). Although the intended changes can be incorporated with relative precision at the molecular level using new methods of genetic engineering, there are often additional unintended molecular changes in the genome. Moreover, the genetic diversity of wild organisms is greater than in populations bred for uniformity for research and agriculture, and the different genotypes in wild organisms are often unknown. This compounds the problem of how difficult it is to predict the effects of the intended and unintended genetic changes on the complex metabolism of organisms, on their characteristics and on their interactions. The interactions of physiological and ecological mechanisms are also multifaceted and interlinked. This is also true for the natural and near-natural ecosystems in question. At the same time, predicting the impacts of genetic engineering interventions becomes even more uncertain with larger geographic areas and longer time spans (cf. section 2.2). The effects of genetic engineering on wild organisms can therefore not be predicted either in the short or long term, and it remains **difficult to assess whether the goals pursued with genetic modification can even be achieved.**

Due to the lack of predictability of environmental impacts and the complex causal interdependencies of GMOs in the wild, the possibility of meeting the requirements for environmental impact assessment and monitoring using the methods currently available is slim. However, these requirements must be satisfied under current German and European legislation for the authorisation of GMOs and are consistent with the precautionary principle (cf. section 3). **The fundamental and necessary discussions on the compatibility of genetically engineering wild organisms with the requirements and the objectives laid down in Article 1 of the German Nature Conservation Act must first be conducted. It is important to ensure that genetic authorisation procedures take these issues adequately into account.** The legislature has not yet evaluated the use of GMOs for nature conservation. In addition, new questions arise in the international context because genetically modified wild organisms can spread across borders, in some cases very quickly depending on the species and technology applied. **This could be reflected in international law at the level of the Convention on Biological Diversity (CBD) by expanding opportunities for participation and obligations to provide information prior to**

releases, but also effective protection measures to prevent impacts across borders (cf. section 8).

Global biodiversity loss is progressing with tangible consequences. We need suitable instruments to stop it. Nevertheless, wild organisms must not be genetically modified solely based on the assumption of a potential benefit to nature conservation and with uncertainty about possible harm. The urgency of combating biodiversity loss is no reason to abandon the precautionary principle (cf. section 4). On the contrary, the urgency of nature conservation issues justifies the implementation of effective measures to prevent the overuse and contamination of nature, and these measures may not be sidelined by technical solutions. In this respect, **social discourse is important on how synthetic biology, including new genetic engineering technologies, is understood in relation to nature** (cf. section 5).

Along with its diversity, beauty and utility, nature's uniqueness is a protected good in nature conservation that is firmly embedded in society and in legislation. Its intrinsic value imposes limits on the extent to which humans can intervene in nature to protect it. If permanent, far-reaching and inheritable genetic modifications of wild organisms, which go far beyond previous human interventions, become a reality and are accepted as legitimate instruments of nature conservation, the idea of *protecting* nature turns into the idea of *re-designing* nature. This would further limit the value of nature's uniqueness and, in the Federal Agency for Nature Conservation's view, would break with current understandings of nature, with higher-level protected goods, and with nature conservation objectives and practices (cf. sections 6 and 7).

1 Einleitung

Bisher sind die meisten weltweit freigesetzten gentechnisch veränderten Organismen (GVO) Nutzpflanzen. Sie werden auf landwirtschaftlichen Flächen angebaut und ihre Ausbreitung außerhalb dieser Flächen soll aus Vorsorgegründen verhindert werden. In der Forschung findet allerdings ein neues, zusätzliches Paradigma Beachtung: **Zunehmend wird zu GVO geforscht, die sich außerhalb landwirtschaftlicher Anbausysteme in der Natur ausbreiten sollen** (vgl. z. B. Otto et al. 2020; Giese 2021). Ein weiteres Novum: Seitens der Synthetischen Biologie¹ werden für die neuen gentechnischen Forschungsansätze **Anwendungen für den Naturschutzbereich** entwickelt und an den Naturschutz herangetragen (vgl. Redford et al. 2013b; Revive & Restore 2015; IUCN 2016, S. 26–27). Die Ansätze reichen von physiologischen Veränderungen, mit denen wild lebende Tier- und Pflanzenarten gegen Stressoren und Krankheiten gestärkt werden sollen, über die Eindämmung invasiver Arten bis hin zur Rekonstruktion ausgestorbener Arten (vgl. auch Abschnitt 2.1).

Einige Akteure in den Reihen der Weltnaturschutzunion (International Union for Conservation of Nature, IUCN)² sahen den Austausch mit der Synthetischen Biologie zu Beginn zwar skeptisch (Redford et al. 2013a), haben die neuen Ansätze aber zunehmend befürwortet (Redford et al. 2014; Redford und Adams 2021). Der Bericht einer IUCN-Arbeitsgruppe zu Synthetischer Biologie und Naturschutz (Redford et al. 2019) wurde in der Folge in den Reihen der IUCN-Mitglieder hochkontrovers diskutiert (vgl. Düesberg 2020). Die Diskussion führte zu einer Resolution³ der Mitgliederversammlung der IUCN. Die Resolution sieht vor, mithilfe eines partizipatorischen Prozesses, bei dem den zivilgesellschaftlichen Mitgliedern besondere Bedeutung zukommt, bis 2024 eine IUCN-Strategie zu Synthetischer Biologie und Naturschutz zu entwickeln. **Dabei sollen neben ökologischen Aspekten mögliche sozioökonomische und kulturelle Auswirkungen sowie rechtliche, konzeptionelle und ethische Fragen untersucht werden.** Der IUCN-Diskurs hat somit gezeigt, dass die Kontroversen nicht nur die möglichen Risiken des Einsatzes von Gentechnik im Naturschutz betreffen. Vielmehr geht es auch um die Einschätzung eines möglichen Nutzens im Licht unterschiedlicher Technik-, Natur- und Naturschutzverständnisse.

¹ Die für das Thema relevanten Forschungsaktivitäten gehen zu einem großen Teil von der Wissenschaftsgemeinde der Synthetischen Biologie aus und sind zugleich technisch der Gentechnik zuzuordnen. Unter Gentechnik wird der Einsatz von molekularbiologischen Techniken zur Veränderung von Erbgut-Sequenzen in einem oder mehreren Genomen verstanden (Lanigan et al. 2020). Im Rahmen dieses Positionspapiers ist Synthetische Biologie daher bezüglich der verwendeten Technologien weitgehend mit Gentechnik gleichzusetzen, obwohl die Bezeichnungen nicht synonym sind. Gentechnische Verfahren sind ein zentrales Element der Synthetischen Biologie, welche aber auch andere (im Rahmen dieses Positionspapiers weniger relevante) Ansätze wie Protozellbiologie und Xenobiologie umfasst und welche oftmals über die herkömmliche Gentechnik hinausgeht (vgl. z. B. Sauter et al. 2015; Engelhard 2016). Die operative Definition des Übereinkommens über die biologische Vielfalt (CBD) für Synthetische Biologie lautet: „[...] synthetic biology is a further development and new dimension of modern biotechnology that combines science, technology and engineering to facilitate and accelerate the understanding, design, redesign, manufacture and/or modification of genetic materials, living organisms and biological systems“ (CBD/COP 2016, Pkt. 4; vgl. auch SCBD 2015, 2022).

² Die IUCN ist eine internationale Dachorganisation für zivilgesellschaftliche und staatliche Organisationen des Natur- und Artenschutzes und gilt auf diesem Gebiet weltweit als Autorität; sie führt auch die internationale Rote Liste gefährdeter Tier- und Pflanzenarten.

³ IUCN (2021): Towards development of an IUCN policy on synthetic biology in relation to nature conservation: www.iucncongress2020.org/motion/075

Auch in der Gruppe der Expertinnen und Experten zur Synthetischen Biologie im Rahmen des Übereinkommens über die biologische Vielfalt (CBD)⁴ wurden durch die neuen gentechnischen Forschungsansätze sowohl Fragen zu möglichen Auswirkungen auf die Natur als auch konzeptionelle Fragen aufgeworfen (CBD/AHTEG on Synthetic Biology 2019). Und ebenso wie innerhalb der IUCN ist auch auf Ebene der CBD ein möglicher Nutzen neuer gentechnischer Ansätze für den Naturschutz seitens einiger Stakeholder als Argument für den Einsatz von Gentechnik in der Natur in die internationalen Verhandlungen eingebracht worden.

Das vorliegende Positionspapier soll diesen grundlegenden Diskurs um die Perspektive des Bundesamtes für Naturschutz (BfN) als nationale Naturschutzbehörde, die zudem am Genehmigungsverfahren von GVO beteiligt ist, ergänzen. Es soll außerdem beleuchten, inwieweit die gentechnische Veränderung wild lebender Organismen für den Naturschutz geeignet und zweckmäßig sein kann. Im Folgenden werden zunächst zentrale Forschungsansätze kurz dargestellt, wobei die Prognostizierbarkeit von Auswirkungen gentechnischer Veränderungen an wild lebenden Organismen analysiert wird (Abschnitt 2). Die Prognose ist eine der Bedingungen für die Bewertung von Umweltrisiken (Abschnitt 3). In Abschnitt 4 wird die Dringlichkeit der Bekämpfung des Biodiversitätsverlustes als mögliche Begründung für eine größere Risikobereitschaft bei der Nutzung von Gentechnik im Naturschutz thematisiert. Es folgen Fragen zur technischen Machbarkeit im gesellschaftlichen Naturschutzdiskurs (Abschnitt 5), zur Vereinbarkeit gentechnischer Veränderung mit dem Schutz der natürlichen Eigenart und Ursprünglichkeit der Natur (Abschnitt 6) und mit den gesetzlich verankerten Grundlagen und Werten des Naturschutzes (Abschnitt 7) sowie zu rechtlichen Herausforderungen, die durch gentechnische Veränderung wild lebender Organismen aufgeworfen werden (Abschnitt 8).

2 Prognostizierbarkeit der Auswirkungen wild lebender GVO

Gentechnische Veränderungen an Wildorganismen außerhalb geschlossener Systeme können grundsätzlich nur dann für Zwecke des Naturschutzes geeignet sein, wenn ihre Auswirkungen prognostizierbar und überprüfbar sind, denn die Realisierbarkeit, Wirksamkeit und die möglichen Risiken der Ansätze müssen konkret beurteilt werden können. Eine fallspezifische Beurteilung spezifischer Eingriffe ist allerdings bisher kaum möglich, da sich die Forschung an Naturschutzanwendungen von GVO in frühen konzeptionellen oder experimentellen Stadien befindet (Otto et al. 2020; vgl. auch SCBD 2022, S. 41 – 45). Im Folgenden werden einige Schwerpunkte der anwendungsorientierten Forschung (Abschnitt 2.1) und grundsätzliche Begrenzungen für die Prognostizierbarkeit von Auswirkungen gentechnischer Veränderungen in komplexen Systemen (Abschnitt 2.2) umrissen.

2.1 Forschungsansätze zu GVO im Zusammenhang mit biologischer Vielfalt

Ein Anwendungsszenario für gentechnische Veränderung wild lebender Organismen im Naturschutz ist die **gentechnische Veränderung bedrohter Arten, um sie gegen Stressoren widerstandsfähiger zu machen**. Geforscht wird etwa an einer höheren Widerstandsfähigkeit gegen wärmeres Wasser bei Korallen oder an einer Resistenz gegen Chytridpilze bei

⁴ Die Convention on Biological Diversity (CBD) ist das weltweit umfassendste Abkommen zum Schutz der Natur und zur Sicherung der natürlichen Lebensgrundlagen des Menschen.

Amphibien (Redford et al. 2019, S. 78 ff.; vgl. auch Rode et al. 2019). Keines dieser Beispiele geht bisher über das experimentelle Stadium hinaus. Dagegen wurde für eine transgene Variante der Amerikanischen Edelkastanie (*Castanea dentata*), welche gegen den Pilz *Cryphonectria parasitica* resistenter sein soll, in den USA schon eine Zulassung beantragt (Newhouse und Powell 2020). Die dafür durchgeführte Risikobewertung konnte allerdings keine dem langen Lebenszyklus der Bäume entsprechenden Zeiträume und nur einen begrenzten Anteil der ökologischen Wechselwirkungen und evolutionären Prozesse berücksichtigen (Then 2020; Davis 2021). Grundsätzlich ist es schwer vorauszusehen, welche Auswirkungen eine gentechnische Änderung langfristig bewirkt und ob sie tatsächlich eine Verbesserung für das jeweilige Schutzziel sein kann. Das Verhalten im Konkurrenzgefüge der Arten in einem Ökosystem ist – selbst bei relativ guter experimenteller Kenntnis aller Einzelarten – nicht ableitbar. Meist sind zudem nur Bruchteile des Artengefüges überhaupt untersucht oder ausreichend bekannt (vgl. Abschnitt 3).

Andere Forschungsansätze haben zum Ziel, **invasive Arten oder Pathogene mithilfe von GVO einzudämmen, in die ein Gene Drive⁵ integriert wurde**. Bei synthetischen Gene Drives werden als Teil der gentechnischen Veränderung Gentechnikinstrumente (z. B. CRISPR/Cas) mit eingebaut. Werden Organismen mit synthetischen Gene Drives freigesetzt, so werden auch diese Gentechnikinstrumente mit freigesetzt – das Labor ist gewissermaßen „ins Feld verlegt“ (Simon et al. 2018). Gene Drive Organismen können sich mit ihren wild lebenden Verwandten kreuzen. Während der Vererbung bewirkt der Gene Drive, dass die gentechnische Veränderung (inklusive der Gentechnikinstrumente) von mehr als der Hälfte – bis hin zu allen – Nachkommen geerbt wird. Ohne die Gene Drives würden nach Mendelschen Vererbungsregeln nur jeweils die Hälfte der Nachkommen die Veränderung erben. Durch die Gene Drives sollen die gentechnischen Veränderungen auf diese Weise über die Zeit stärker in wild lebenden Populationen überdauern und sich unter Umständen auch durchsetzen. Die Technik synthetischer Gene Drives erlaubt somit theoretisch, dass GVO sich verbreiten, obwohl sie Eigenschaften haben, die für den Organismus bzw. seine Fortpflanzung nachteilig sind (z. B. nur männliche Nachkommen hervorbringen) und durch die eine Population zusammenbrechen kann.⁶ Diese Vorgehensweise wird z. B. vom Konsortium Genetic Biocontrol of Invasive Rodents⁷ als möglicher Beitrag zur Bekämpfung von Nagetieren gesehen, die von Menschen in andere Kontinente eingeschleppt und in ihrem neuen Ökosystem für andere Arten eine Bedrohung geworden sind. Es bestehen allerdings Zweifel daran, ob der Ansatz realisierbar ist (Dolezel et al. 2019; Champer et al. 2021), und die Risikobewertung von Gene Drives ist hoch problematisch (vgl. Abschnitt 3).

Weitere Forschungsansätze, bei denen eine Ausbreitung intendierter Merkmale in der Natur angestrebt wird, nutzen **gentechnisch veränderte (GV) Viren**. Entsprechende Ansätze werden technisch schon länger entwickelt. So wurde etwa ein übertragbarer GV Virus als Impfstoff schon in Feldversuchen an Kaninchen getestet.⁸ Die Technik wurde aber längere Zeit nicht intensiv weiterentwickelt, sowohl aufgrund der unter Virologinnen und Virologen

⁵ Gene Drives werden auch „durch Genantrieb veränderte Organismen“ genannt; in diesem Papier wird der Begriff „Gene Drive“ genutzt, da er im deutschsprachigen ebenso wie im internationalen Raum üblich ist.

⁶ Vgl. ursprünglich Esvelt et al. 2014; kritisch z. B. CSS et al. 2019; Dolezel et al. 2019; speziell bezüglich Naturschutz z. B. Esvelt und Gemmill 2017; Redford et al. 2019; Rode et al. 2019.

⁷ Website GBIRD: www.geneticbiocontrol.org

⁸ Wild lebende Kaninchen wurden auf einer spanischen Insel mit einem GV Virus gegen Myxomatose und hämorrhagische Kaninchenkrankheit geimpft (Torres et al. 2001).

verbreiteten Einschätzung, dass die Auswirkungen aufgrund fehlender Stabilität der GV Viren nicht kontrollierbar sind, als auch, weil unklar ist, wie mögliche Grenzüberschreitungen der GVO gehandhabt werden könnten (CBD/COP 2007; Henderson und Murphy 2007). Derzeit allerdings werden übertragbare GV Viren im Zuge einer offenbar größeren Risikobereitschaft (Lentzos et al. 2022) wieder für eine Reihe von unterschiedlichen Zwecken konzipiert.⁹ Um GV Viren an ihre Zielorganismen zu bringen, wird auch daran geforscht, die Viren durch Insekten räumlich verbreiten und auf Pflanzen übertragen zu lassen. In solchen Anwendungen sollen die GV Viren molekulare Gentechnikinstrumente enthalten, mit denen wiederum gentechnische Veränderungen in den Pflanzen bewirkt werden. So soll an den Pflanzen die gentechnische Veränderung losgelöst von der Fortpflanzung („horizontal“) möglich werden und schnell in einer bestehenden Population ausgeführt werden können. Dieser Ansatz, auch Horizontal Environmental Genetic Alteration Agents (HEGAAs) (Reeves et al. 2018; vgl. auch Frieß et al. 2020) genannt, wird – finanziert durch die Defense Advanced Research Projects Agency (DARPA) des US-Verteidigungsministeriums – als Pflanzenschutzstrategie entwickelt.¹⁰ Diese und andere virusbasierte Strategien werden auch in Zusammenhang mit Umwelt- und Naturschutz diskutiert (Lentzos et al. 2022). In Anbetracht der Millionen von Insektenarten mit zahlreichen noch unbeschriebenen Arten und den nur bei wenigen Arten vorliegenden weitgehenden Kenntnissen über Biologie und Lebensweise wären hierbei in besonderem Maße Auswirkungen und Wechselwirkungen unvorhersehbar.

Ein explizit aus der Synthetischen Biologie hervorgegangener Ansatz **ist der Versuch, eine ausgestorbene Art in Individuen einer noch existierenden verwandten Art schrittweise nachzubauen**. Der Biologe George Church schlägt in seinem bereits 2012 erschienenem Buch mit dem Titel „Regenesis“ vor, ausgestorbene Wollmammuts in Elefanten zu rekonstruieren (Church und Regis 2012).¹¹ Rekonstruktionen ausgestorbener Arten könnten, so ein Argument der Befürworterinnen und Befürworter, die Wertschätzung der Biodiversität symbolisieren und die öffentliche Wahrnehmung der biologischen Vielfalt stärken. Es ist allerdings offenkundig, dass dieser auch „de-extinction“ (Shapiro 2015, 2017) genannte Vorgang kein Artenschutz ist, da ja keine bestehende Art geschützt wird (Sandler 2013), sondern Organismen entstehen, die der ausgestorbenen Art lediglich ähneln. Die IUCN Species Survival Commission (SSC) interpretiert die Wiederherstellung ausgestorbener Arten mithilfe rekonstruierter „Proxies“ als eine Art räumliche Umsiedlung im Rahmen von Renaturierung (IUCN SSC 2016; Svenning et al. 2016). Es bleibt zudem umstritten, ob sog. rekonstruierte Neoformen überhaupt realisierbar sind und ob das mit den dafür erforderlichen Reproduktionstechniken verbundene mögliche Leiden der Versuchstiere vertretbar ist. Zudem ist fraglich, ob Neoformen tatsächlich für Renaturierung geeignet wären und die mit ihrer Freisetzung verbundenen ökologischen Risiken abgeschätzt werden könnten und ob sie grundsätzlich als Beitrag zur Biodiversität gesehen werden könnten (Minteer 2014; vgl. z. B. Rubenstein und Rubenstein 2016; Adams 2017; Genovesi und Simberloff 2020).

⁹ Z. B. PREEMPT Forschungsprojekt: www.preemptproject.org

¹⁰ Insect Allies Forschungsprojekt: www.darpa.mil/program/insect-allies

¹¹ Die Idee wird im Rahmen des Projektes *Pleistocene Park* (<https://reviverestore.org/projects/woolly-mammoth>) und vom Unternehmen *Colossal* (<https://colossal.com/mammoth>) weiter verfolgt.

2.2 Methodische Grenzen genetischer Änderungen auf der Ebene komplexer Systeme

Wie die Beispiele aus Abschnitt 2.1 zeigen, wird an Veränderungen im Erbgut von wild lebenden Organismen geforscht und es wird an den Naturschutz herangetragen, diese Methoden im Artenschutz einzusetzen. Die Begründung ist, dass gentechnische Methoden hier einen wichtigen Beitrag leisten könnten, und kritisiert wird zugleich, dass dies (bislang) durch ein „Ethos der Zurückhaltung“ (Brister et al. 2021) verhindert werde. Im Folgenden soll erläutert werden, warum Zurückhaltung weiterhin angebracht ist.

Einzelne Abschnitte der Erbsubstanz (des Genoms) können mit zunehmender Genauigkeit verändert werden. Gleichzeitig kann auch ein ungeplanter Einbau in andere Bereiche des Genoms vorkommen. Das ist nicht überraschend, wenn man bedenkt, dass die Evolution der Lebewesen nicht nur auf Punktmutationen, sondern auch auf der Verdopplung ganzer Gene beruht. Das bedeutet, dass gleiche oder ähnliche Sequenzen im Gesamterbgut wahrscheinlich sind (Ohno 1970). Auch Teile von Genomen, die von Natur aus besser gegen Mutationen geschützt sind oder mit früheren gentechnischen Methoden nicht verändert werden konnten, sind mit neuen Methoden zugänglicher (Kawall 2021). Das Artenspektrum, in dem die gentechnischen Methoden anwendbar sind, hat sich aufgrund der technischen Entwicklung ebenfalls stark erweitert – fast in allen taxonomischen Gruppen sind gentechnische Veränderungen jetzt durchführbar. Die Technologie dafür konnte in den vergangenen Jahrzehnten durch Konvergenzen der Molekularbiologie mit der Bioinformatik entwickelt werden: Gentechnische Methoden sind schneller, kostengünstiger, präziser und breiter anwendbar geworden. Digitalisierung und Automatisierung erlauben die schnelle Entschlüsselung von genetischem Material sowie eine große Kapazität für die Speicherung und effiziente Bearbeitung der dadurch erworbenen Informationen. Die großen Mengen an Daten ermöglichen Pläne für die Veränderung, den Umbau oder auch die Neugestaltung von Genomen; die Standardisierung von Erbgut-Komponenten und gentechnischen Verfahren erleichtern die Umsetzung – so werden auch sehr komplexe Änderungen des Erbguts möglich.

Trotz größerer Präzision auf der Ebene einzelner Abschnitte der Erbsubstanz lassen sich allerdings Auswirkungen gentechnischer Veränderungen auf der Ebene des Gesamtgenoms, des Organismus und der Umwelt oftmals weder genauer noch zuverlässiger vorhersagen. Schon auf Ebene des Genoms können im Zuge gentechnischer Veränderungen zusätzliche, unbeabsichtigte molekulare Veränderungen (sogenannte „Off-target-Effekte“) entstehen; das gilt auch bei neuen Gentechniken wie CRISPR/Cas (Agapito-Tenfen et al. 2018; BfN 2021; Eckerstorfer et al. 2021). Unbeabsichtigte Veränderungen können im Labor untersucht werden, nicht aber, wenn gentechnische Veränderungen außerhalb von Laboren stattfinden, etwa mit synthetischen Gene Drives. Dazu kommen auf der Ebene des Genoms die Wirkungen von vielfältigen Regelmechanismen, welche die Auswirkungen der Gene modulieren, und deren Einfluss auf den Metabolismus durch die gentechnische Veränderung unterschiedlich ausfallen kann. Zudem ist die genetische Diversität wild lebender Organismen größer als in Populationen, die für Forschung und Landwirtschaft auf Uniformität gezüchtet werden, und die verschiedenen Genotypen sind in den wild lebenden Organismen oftmals nicht bekannt. Auf höheren biologischen Organisationsebenen (Zelle, Gewebe, Organismus, Population, Artengemeinschaft) kommen weitere physiologische Wechselwirkungen und Umwelteinflüsse hinzu.

In natürlichen und naturnahen Ökosystemen finden vielfältige Interaktionen von Biota und Umwelt statt – oftmals ohne räumliche oder zeitliche Begrenzung. Gerade diese große Vielfalt, Vernetzung und die Reaktionsfähigkeit auf Umweltveränderungen ist die Grundlage für die Resilienz und zugleich dynamische Anpassungsfähigkeit der Natur. Auf die **grundsätzliche komplexitätsbedingte Begrenztheit möglicher Prognosen ökologischer Auswirkungen** haben bereits frühe Stellungnahmen zur Frage der Freisetzung von GVO hingewiesen (Tiedje et al. 1989; Snow et al. 2005); diese Aussagen sind noch immer gültig.

Wenn eine Anwendung der Technologie in immer komplexeren Systemen angedacht wird, dann potenzieren sich die Effekte fehlender Daten und mangelnden Wissens um mögliche Auswirkungen (Gleich 2013). Eine verlässliche Modellierung und Prognose der Auswirkungen sind somit kaum möglich – dies betrifft auch unerwünschte Auswirkungen (vgl. Abschnitt 3). Eine Freisetzung von Funktionselementen der gentechnischen Veränderung (etwa mit Gene Drives) würde diesen Effekt weiter verstärken. Bei biologisch fundierten Modellierungen zu Gene Drives standen die Ergebnisse teilweise den Annahmen konträr entgegen (vgl. z. B. Champer et al. 2021). Es bleibt daher unklar, ob und ggf. in welchem Zeitrahmen die angestrebten phänotypischen und/oder ökosystemaren Wirkungen durch an der Erbsubstanz vorgenommene Änderungen realisiert würden und ob weitere ggf. unerwünschte phänotypische und/oder ökosystemare Wirkungen zusätzlich auftreten. Schon unter Laborbedingungen und in Agrarökosystemen lässt sich zunehmende Präzision der Veränderung einzelner Abschnitte der Erbsubstanz nicht in genaue Veränderung von Eigenschaften der Organismen oder gar in zuverlässige Prognosen der Auswirkungen in der Natur übersetzen. **Insofern ist die Darstellung neuer gentechnischer Verfahren als „präzise“ fehlleitend** (vgl. auch Shah et al. 2021).

Die gentechnische Veränderung wild lebender Organismen in komplexen Ökosystemen geht weit über bisherige Eingriffe hinaus. Das nötige Wissen für die Beurteilung von Wirksamkeit und Risiken kann in handlungsrelevanten Zeiträumen *überhaupt* nicht mehr generiert werden. Die notwendigen Experimente würden den wissenschaftlichen Rahmen von Versuch und Irrtum sprengen (Weizsäcker 1996). Die praktische Umsetzung der für den Naturschutz vorgeschlagenen gentechnischen Veränderungen an wild lebenden Organismen wäre somit ein Handeln unter Unwissenheit – ein exploratives Experiment, bei dem Umwelt, Natur und Gesellschaft zu unkontrollierten Experimentierfeldern würden (Frieß et al. 2020). **Aufgrund der Komplexität der betroffenen Ökosysteme sind Auswirkungen gentechnischer Eingriffe in Wildorganismen nicht absehbar.**

3 Risikoprüfung, Monitoring und Risikomanagement wild lebender GVO

Dadurch, dass sich ökologische Auswirkungen wild lebender GVO vorab nur unzureichend prognostizieren lassen, stößt die gesetzlich vorgeschriebene Risikoprüfung von GVO an ihre Grenzen. Die Freisetzung von GVO in die Umwelt ist in Deutschland durch das auf europarechtlichen Vorgaben beruhende Gentechnikgesetz geregelt (vgl. Abschnitt 8.1) und an eine **Prüfung von Risiken für Mensch und Umwelt** gebunden. Diese ist für jeden GVO spezifisch durchzuführen, wobei u. a. die verwendeten Genkonstrukte und die Eigenschaften des GVO unter Beachtung der spezifischen Umweltbedingungen bewertet werden. Die Umweltrisikoprüfung und das Monitoring sind Umsetzungsinstrumente des Vorsorgeprinzips und sollen mögliche Schäden an Natur und Umwelt vorbeugend abwenden. Die Europäische Freisetzungsrichtlinie schreibt dabei explizit vor, dass auch langfristige und kumulative Auswirkungen abgeschätzt bzw. im Monitoring erfasst werden müssen.

Daher werden GVO in einem stufenweisen Verfahren (Labor/Gewächshaus – experimentelle Freisetzen im Freiland – Marktzulassung) untersucht. Bis zur Marktzulassung werden auf jeder Stufe Daten zur Risikobewertung erhoben. Experimentelle Freisetzen sind zeitlich und räumlich zu begrenzen und werden durch ein Monitoring möglicher Umweltwirkungen begleitet. Freisetzen nach Marktzulassungen sind in Europa zunächst auf zehn Jahre befristet. Jede Genehmigung für eine Freisetzung ist zudem an ein verpflichtendes Monitoring gebunden. Das Monitoring nach Marktzulassung soll als Frühwarnsystem dienen, um unerwartete negative Auswirkungen einer Freisetzung zu erkennen und bei Bedarf gegensteuern zu können. Mit den Informationen aus Monitoringberichten sollen auch bislang unbekannte Risiken erkannt und in die Risikobewertung einbezogen werden. In der Praxis ist das aktuell durchgeführte Monitoring aber nicht weitreichend genug, um ökologische Auswirkungen zu erfassen.

Die **Methoden, Untersuchungsgebiete und Bewertungskonzepte der Umweltrisikoprüfung und des Monitorings sind aktuell auf Nutzpflanzen ausgerichtet**. Viele der so generierten Daten stammen aus kleinräumigen landwirtschaftlichen Freisetzenversuchen. Sollten Wildorganismen gentechnisch verändert und freigesetzt werden, dann würden sich diese räumlichen und ökologischen Bezüge grundlegend ändern. Natürliche und naturnahe Ökosysteme haben meist eine höhere Biodiversität als Agrarlandschaften und Wechselwirkungen sind daher meist vielschichtiger. Zudem werden die zeitlichen und räumlichen Bezüge zwischen der Freisetzung in Natur und Umwelt und den zu erwartenden Effekten bei der Veränderung von Wildorganismen komplexer und von größerem Ausmaß sein. Da die Umweltrisikoprüfung und das Monitoring die spezifischen Umwelten („receiving environment“) einschließen müssen, stellt die große Zahl neuer Habitats und Ökosysteme, die für die Risikobewertung relevant sind, eine neue Herausforderung dar. So werden beispielsweise deutlich mehr Daten zu Arten, genetischer Diversität, Artzusammensetzung und funktionalen Bezügen im Ökosystem für eine Bewertung notwendig. Gleichzeitig können viele dieser Daten nur mit großem Kosten- und Zeitaufwand erhoben werden und setzen langfristige intensive Forschung einschließlich entsprechend einsetzbarer Konzepte voraus.

Technisch ist eine Umweltrisikoprüfung nur durchführbar, wenn ein geeignetes Methodenspektrum validiert und anerkannt ist; dies ist für GVO-Wildarten derzeit nicht der Fall. Bewertungskonzepte und -kriterien müssten daher erst grundlegend überarbeitet oder neu konzipiert werden, bevor eine Freisetzung erfolgen könnte (Otto et al. 2020). Schon die Durchführung der experimentellen Freisetzen – ein wichtiger Schritt in der Bewertung möglicher Umweltauswirkungen von GVO – gestaltet sich bei wild lebenden GVO deutlich schwieriger als bei Nutzpflanzen. Dies hängt unmittelbar mit dem Risikomanagement zusammen, welches bei Nutzpflanzen in der Regel davon ausgeht, dass sich diese ohne Hilfe des Menschen nicht dauerhaft in der Umwelt etablieren können und die Organismen damit „rückholbar“ sind. Aber selbst bei GVO-Freisetzen mit Nutzpflanzen wie Raps hat sich gezeigt, dass GVO, selbst wenn sie unter strengen Auflagen freigesetzt werden, auf unbestimmte Zeit in der Umwelt verbleiben. Auch Erfahrungen mit dem Management invasiver Arten und mit eingeführten gebietsfremden Arten zur biologischen Schädlingsbekämpfung weisen darauf hin, dass eine Rückholbarkeit nicht zu erwarten ist und solche Ansätze mit Risiken verbunden sind. Erste Erfahrungen mit Freisetzen von GVO in Wildpopulationen bestätigen dies beispielhaft: Bei Mücken der Art *Aedes aegypti* wurde festgestellt, dass genetische Veränderungen sich konträr zu den Erwartungen und Zielen des Projektes in lokalen Populationen etabliert haben (Evans et al. 2019). Es ist daher fraglich, ob

eine räumliche und zeitliche Begrenzung von Freisetzungsversuchen mit gentechnisch veränderten Wildorganismen realisierbar ist. Damit wäre, insbesondere im Fall von Gene-Drive-Anwendungen, eine experimentelle Freisetzung mit einer unbeschränkten Freisetzung gleichzusetzen.

Gene-Drive-Anwendungen und die mit ihrer Freisetzung verbundenen Risiken werden international intensiv diskutiert (NASEM 2016; CSS et al. 2019; Dolezel et al. 2019; EFSA GMO Panel 2020; Gleich und Schröder 2020). Das Europäische Parlament (EP) forderte zunächst ein Moratorium für Gene Drives auf Ebene der CBD (Europäisches Parlament 2020, Pkt. 13), und bestätigte mehrfach, dass Freisetzungen mit gentechnisch veränderten Gene Drives nicht erlaubt werden sollten, auch nicht für Naturschutzzwecke (Europäisches Parlament 2021a, Pkt. 148; Europäisches Parlament 2021b, Pkt. 32). Derzeit ist für konkrete Anwendungsszenarien von Gene Drives nicht abschätzbar, wie lange es dauern würde, bis der Gene Drive die ganze Population durchdringt. Für Gene Drives, die eine Population auslöschen sollen, ist dementsprechend unklar, wie lange sie im Falle einer Freisetzung in der Population bestehen bleiben würden. Je länger ein Gene Drive in der Natur verbleibt, umso wahrscheinlicher wird aber auch, dass unbeabsichtigte Ereignisse und evolutionärer Wandel auftreten. Es gibt zwar theoretische Überlegungen, wie ein Gene Drive wieder aus einer Population entfernt werden kann, ihre Realisierbarkeit ist aber völlig unklar. Wie groß die Umweltrisiken bei einem konkreten Einsatz von Gene Drives letztlich wären, kann daher bislang nicht abgeschätzt werden. Eine konkrete Gefahr am Beispiel der invasiven Nagetiere auf Inseln (vgl. Abschnitt 2.1) bestünde über die lokalen Ökosysteme hinaus, wenn der Gene Drive diese verlässt, in das natürliche Ursprungshabitat der Nagetiere gelangt und sie auch dort dezimiert (vgl. Dolezel et al. 2019; bzgl. Modellierung der Auswirkungen siehe auch Champer et al. 2021).

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass **anerkannte Methoden und Konzepte für die Risikobewertung und das Monitoring von Umweltwirkungen gentechnisch veränderter Wildorganismen fehlen, da diese sich stark von den klassischen GVO (Nutzpflanzen) unterscheiden. Notwendige Daten können nur schwer erhoben werden. Freisetzungsversuche sind zudem nicht sicher durchführbar, da keine Rückholbarkeit zu erwarten ist.**

4 Zur Abwägung von Problemlagen und Risikobereitschaft

Neue Anwendungsszenarien der Gentechnik werden mit der Begründung an den Naturschutz herangetragen, dass sie angesichts der großen und dringlichen Herausforderungen im Artenschutz unverzichtbar seien (z. B. Piaggio et al. 2017; Phelan et al. 2021). Auch der potenzielle Schaden, der dadurch entstehen könnte, dass neue effiziente Technologien aus Vorsicht ungenutzt bleiben, sei zu bedenken und – so ein gängiges Argument – gegen Risikovermeidung und andere Bedenken aufzuwiegen. Es gelte eine vermeintliche „moralische Grundhaltung der Zurückhaltung“ durch ein Ethos der „verantwortungsvollen Naturschutz-Handlung“ (Brister et al. 2021) zu ersetzen – so eine Formulierung der Forderung nach der Zurückdrängung bzw. weniger stringenten Anwendung des Vorsorgeprinzips.

Dass der Naturschutz vor enormen Herausforderungen steht, die durch den Klimawandel verschärft werden, steht außer Frage und ist auch großen Teilen der Bevölkerung bewusst (BMU und BfN 2020, 2021). Aber weder aus der Neuheit des Ansatzes noch aus der Dringlichkeit des Problems lassen sich Eignung, Effizienz und vor allem Alternativlosigkeit eines solchen neuen technologie-zentrierten Lösungsansatzes ableiten. Der Einsatz anderer Technologien hat wiederholt gezeigt, dass technische Lösungen nicht ohne Weiteres im komplexen System der

Natur realisierbar sind und dass sie unerwartete schädliche Auswirkungen haben können (European Environment Agency 2001, 2013). Die aktuell vorgeschlagenen gentechnischen Lösungsansätze für den Naturschutz sind aufgrund der fehlenden Prognostizierbarkeit ihrer Auswirkungen nach jetzigem Wissensstand und in handlungsrelevanten Zeiträumen ungeeignet (vgl. Abschnitte 2 und 3), und sie werfen sowohl ethische (vgl. Abschnitt 6) als auch rechtliche (vgl. Abschnitte 7 und 8) Fragen auf. Mit Blick auf große Gefahren und unklare Chancen ist somit eine Anwendung des Vorsorgeprinzips sehr wohl begründet.

Bei der Beurteilung eines Lösungsansatzes muss zudem das Primat der Ursachenbekämpfung geprüft werden: ob der Ansatz die ursächlichen Probleme adressiert oder nur die Folgen überdeckt. Die gentechnischen Forschungsansätze beziehen sich eher auf eine Symptombekämpfung, die auf Ebene einzelner Arten stattfindet, während eine Bekämpfung der Ursachen auf ökosystemarer Ebene wirkt, wobei in der Regel mehrere Arten oder Artengemeinschaften profitieren. Eine Dynamik, bei der Ursachenbekämpfung in der Hoffnung auf technische Lösungen aufgeschoben wird, ist immer wieder ein Problem für den Naturschutz und für die Begrenzung des Klimawandels (vgl. McLaren und Markusson 2020). **Die Dringlichkeit vieler Naturschutzprobleme rechtfertigt nicht eine größere Risikobereitschaft, sondern ein Handeln mit langfristig geeigneten und zweckmäßigen Mitteln mit Blick auf die Ursachenebene.**

5 Fragen der technischen Machbarkeit im gesellschaftlichen Naturschutzdiskurs

Die Diskussion zur Nutzung der Gentechnik im Naturschutz hat bisher hauptsächlich in der Wissenschaft stattgefunden. Durch die Kontroversen in der Weltnaturschutzunion IUCN (vgl. Abschnitt 1) hat das Thema an politischer Bedeutung gewonnen, und am BfN wurde das Thema mehrfach in Veranstaltungen aufgegriffen (Schell et al. 2019; Potthast et al. 2022). In der breiteren Gesellschaft sind die Forschungsansätze aktuell wenig bekannt (Kohl et al. 2019). Eine Umfrage im Rahmen der Naturbewusstseinsstudie ergab aber, dass in Deutschland über 80 % der Befragten Bedenken gegen eine gezielte gentechnische Veränderung von Pflanzen und Tieren in der Natur hatten (BMU und BfN 2020, 61 ff.). Unter den befragten Jugendlichen in der Jugend-Naturbewusstseinsstudie lehnten etwa drei Viertel es ab, mit Gentechnik „der Natur ins Handwerk zu pfuschen“ (BMU und BfN 2021, 66 ff.).

Die vorgebrachten Anwendungsszenarien in wild lebenden Organismen stehen im Widerspruch zu grundlegenden Werten des Naturschutzes, etwa dem Eigenwert (vgl. auch Abschnitte 6 und 7) natürlicher Prozesse und der Integrität von Organismen. Darüber hinaus würden durch eine Praxis der risikobereiteren Freisetzung von GVO übergeordnete Ziele und Prinzipien des Naturschutzes (u. a. das Vorsorgeprinzips) in Frage gestellt (Sandler 2019). Das Zeichen, Gentechnik als sicher und beherrschbar genug zu erachten, um es im Naturschutz einzusetzen, kann auch anderen Anwendungsbereichen der Gentechnik den Weg ebnen wie z. B. einem weiteren Ausbau der industrialisierten Landwirtschaft. Indirekt kann ein instrumentell verkürztes Naturverständnis gefördert werden, das selbst oft als eine der Ursachen von Natur- und Umweltzerstörung angenommen wird (vgl. Meyer-Abich 1997), indem Organismen und Ökosysteme als Produktionssysteme gesehen werden, Gene als Programmierung und Menschen als Formgeber der Natur. Hierüber bedarf es eines grundlegenden gesellschaftlichen Diskurses und einer Bewusstseinsbildung.

Die gesellschaftliche Basis des Naturschutzes kann hier nur in fortlaufenden Diskursen gestaltet werden. Unterschiedlichste Akteure beteiligen sich daran, den Naturschutz als zivilgesellschaftlichen, wissenschaftlichen und politischen Prozess zu formen. Die unterschiedlichen Natur(schutz)verständnisse sind zudem in einem unmittelbaren Zusammenhang mit sozialer Gerechtigkeit zu sehen (vgl. BfN 2013; bzgl. der IUCN-Prozesse vgl. auch Comité français de l'UICN 2021). Fragen zu den Natur- und Technikverständnissen in der Synthetischen Biologie, einschließlich der neuen Gentechniken, sollten daher breit in der Gesellschaft diskutiert werden: Welche Naturbilder werden mit der Schutzwürdigkeit der Natur verbunden? Inwieweit können Menschen die Folgen ihrer Eingriffe in die Natur wahrnehmen, geschweige denn kontrollieren und – wenn nötig – rückgängig machen? Könnte und sollte die Natur durch menschliche Eingriffe „verbessert“ werden? Was bedeutet der Gesellschaft die Verlässlichkeit, dass das, was als Natur wahrgenommen wird, nicht (ganz oder weitgehend) Resultat menschlicher Formgebung ist, sozusagen ein konstruiertes Naturmuseum im Freiland? Welches Anrecht haben zukünftige Generationen auf eine gewordene, eigendynamische Natur?

6 Einordnung des Wertes natürlicher Eigenart und Dynamik

In der Debatte um Gentechnik, Synthetische Biologie und Naturschutz spielt neben der Einschätzung möglicher *Folgen* auch die Frage eine Rolle, ob gentechnische Veränderung wild lebender Organismen mit den *Strategien und Werten* des Naturschutzes vereinbar ist. Dabei ist die Erkenntnis wichtig, dass im Laufe der natürlichen Evolution verschiedene Mechanismen entstanden sind, welche die Resilienz der Ökosysteme fördern. Neben dem Klugheitsargument, die Eigendynamik der Natur auch im aufgeklärten Eigeninteresse der Menschheit zu sichern, wird die Biodiversität als Ergebnis der natürlichen Evolution zugleich als eigener Wert verstanden, der sich aus dem Respekt von Menschen vor dem Eigen- und ggf. auch Selbstwert von Organismen in ihren Vernetzungen mit den ökologischen Systemen ergibt (Potthast 1999). Dieser Eigenwert wird sowohl in § 1 der Präambel der CBD als auch im BNatSchG (vgl. Abschnitt 7) hervorgehoben.

Ein Argument, das dagegen für die weitreichende Gestaltung von Ökosystemen und wild lebenden Organismen herangezogen wird, ist, dass im Zeitalter des „Anthropozän“¹² keine unberührte Natur mehr existiere, kein ursprünglicher Zustand mehr realisiert werden könne (vgl. z. B. Preston 2018). Daher, so die Folgerung, sollte auch nicht mehr versucht werden, unberührte Natur zu erhalten und sich eigenständig wandeln zu lassen, sondern die Natur aktiv zu gestalten.¹³ Diese Argumentation ist allerdings nicht stichhaltig. Aus einem weitgehenden Verlust von Unberührtheit folgt nicht, dass es für den Naturschutz die beste Strategie ist, sich zum *Akteur* weiter vertiefter Eingriffe in die Natur zu machen („Anthropozän-Fehlschluss“;

¹² Das Konzept eines Zeitalters des Anthropozäns, ursprünglich ein Vorschlag zur Benennung einer neuen geochronologischen Epoche, zielt auf den umfassenden und globalen Einfluss menschlicher Aktivitäten ab, etwa Klimaänderung, Lichtverschmutzung und Meeresverschmutzung sowie Fragmentierung der Landschaften. Das Konzept ist kontrovers, auch weil es weder zwischen unterschiedlich stark beeinflussten Ökosystemen noch zwischen den Auswirkungen unterschiedlicher Wirtschaftssysteme differenziert (vgl. Manemann 2014).

¹³ Zum Teil wird dabei für ein neues Naturschutzverständnis geworben, in dem synthetische Biodiversität die natürliche Biodiversität ergänzt (vgl. z. B. <https://reviverestore.org/what-we-do/>). Vorstellungen von Machbarkeit und der Glaube an menschliche Gestaltungsmacht und Urteilsvermögen führen in den Reihen der Synthetischen Biologie so weit, dass eine *Verbesserung* der Natur angestrebt wird (z. B. Church und Regis 2012; Doudna und Sternberg 2017; vgl. auch Then 2020, S. 8).

vgl. Sandler 2017; Toepfer 2020; Potthast et al. 2022). Zudem ist bereits die Prämisse falsch, dass es aufgrund der Abwesenheit *völlig* unberührter Natur keine schützenswerte Unberührtheit mehr in der Natur gebe.

Unberührte Natur und Wildnis werden im Naturschutz schon lange als stark kulturgeprägte Konzepte verstanden (vgl. BMU und BfN 2014, 22 ff.). Viele Ökosysteme sind zurecht als Natur-Kultur-Hybride zu bezeichnen und manche Naturverständnisse lehnen die scharfe Trennung oder Gegenüberstellung von Mensch und Natur auch grundsätzlich ab. In jedem Fall ist aber die rein binäre Unterscheidung von natürlich vs. unnatürlich/künstlich sowohl konzeptionell als auch empirisch falsch, denn zumeist geht es um graduelle Abstufungen von Natürlichkeitsgraden (Potthast 2019; vgl. auch Hemerobiekonzepte in der Ökologie). Der Schutz von (weitgehend) nutzungsfreien und unzerschnittenen Gebieten, die dazu dienen, von Menschen (möglichst) unbeeinflusste Abläufe natürlicher Prozesse zu gewährleisten, ist mithin sehr wohl praktikabel (vgl. Finck et al. 2013) und steht auch nicht im Widerspruch zur Erhaltung von weniger unberührter Natur, etwa in Kulturlandschaft und Stadtnatur.

Je ursprünglicher ein Schutzgut ist, desto vorsichtiger greift der Naturschutz ein, um es zu erhalten. In naturnahen Ökosystemen werden gestaltende Aktivitäten (z. B. durch extensive Nutzung oder aktive Pflegemaßnahmen) grundsätzlich zurückhaltender eingesetzt als in der Kulturlandschaft. In natürlichen Ökosystemen unterbleiben sie oft gänzlich; hier werden dem Prozessschutz und der natürlichen Evolution Raum gelassen. Als Gegenstück zu gestaltenden Maßnahmen, die helfen, einen günstigen Erhaltungszustand herzustellen, steht hier das in die nationale Biodiversitätsstrategie eingebettete Wildnisziel. Mit Bezug auf das Wildnisziel wird auf ein natürliches Vorkommen der Arten geachtet und Übersiedlungen oder Anpflanzungen sind mit strikten Auflagen verbunden (BMU 2007; vgl. Niebrügge und Wilczek 2011; Finck et al. 2013). Dazu kommt die Herausforderung, dass Schutzgebiete als Orte stetiger dynamischer Anpassung von Beziehungsnetzen fungieren. Konzepte wie Unberührtheit und Wildnis können also dahingehend verstanden werden, dass durch ein Zurücktreten von vorgegebenen Zweckbestimmungen und Zielsetzungen *Komponenten* natürlicher Eigendynamik, Spontaneität, Ursprünglichkeit oder auch „Gewordenheit“ Platz gelassen wird. In Ökosystemen mit (verhältnismäßig) geringem menschlichen Einfluss gibt es viel Raum für solche natürlichen Prozesse, sodass eine Eigenart der Natur oft bestehen bleiben bzw. sich entwickeln kann.

Die gentechnische Veränderung wild lebender Organismen mag auf den ersten Blick an bewährte Eingriffsweisen im Sinne des Naturschutzes anknüpfen. Diese Sichtweise lässt aber außer Acht, dass Maßnahmen in unterschiedlicher Weise und unterschiedlich tief in die Natur eingreifen. Diese Abstufungen der Eingriffstiefe sind für die fachliche Bewertung von Eingriffen wesentlich. Eine gezielte Veränderung auf Ebene des Erbguts wild lebender Organismen ist viel weitreichender und grundsätzlicher als beispielsweise die Ausbringung einer Art in einen neuen Lebensraum (die im Naturschutz auch schon als starker Eingriff gesehen wird). Wenn Funktionselemente der Gentechnik mit vererbt werden (etwa mit Gene Drives), dann werden die natürlichen Mechanismen der Evolution übersteuert. **Wenn es einen zu starken Einfluss menschlicher Eingriffe gibt, wird der Eigenart der Natur kein Raum gelassen.** Viele Menschen erkennen in der Natur auch einen *Eigenwert*, der von ihrem Nutzen unabhängig ist. Die unterschiedlichen ethischen Begründungen des Naturschutzes – Selbstwert, Eigenwert (relationaler Wert) und instrumenteller Wert der Natur – bilden gemeinsam die Grundlage für unterschiedliche, sich oftmals ergänzende Naturschutzverständnisse und Schutzstrategien (Eser und Potthast 1999). **Der Wert der Eigenart, Ursprünglichkeit, Gewordenheit und**

eigenständigen Zukunftsdynamik der Natur setzt somit der menschlichen Gestaltung der Natur Grenzen.

7 Einordnung nach den Zielvorgaben und Wertgrundlagen des Bundesnaturschutzgesetzes

Auch auf Basis der vieldimensionalen ethischen Begründungen des Naturschutzes wurde ein rechtliches Naturschutzverständnis in § 1 BNatSchG definiert. § 1 Abs. 1 BNatSchG kommt eine maßstabsbildende Rolle für die Zielausrichtung des Naturschutzes und der Landschaftspflege in Deutschland zu (Frenz und Müggenborg 2021, § 1 Rn. 8). Die Vorschrift dient als Auslegungshilfe für den Vollzug der gesetzlichen Tatbestände des BNatSchG (Schlacke 2017, § 1 Rn. 2) und definiert den Gegenstand des Naturschutzes (Natur und Landschaft), benennt seine Schutzgründe (Eigenwert von Natur und Landschaft sowie Bedeutung als Grundlage für Leben und Gesundheit des Menschen), zählt die für den Naturschutz zulässigen Handlungsformen auf (Schutz, Pflege, Entwicklung und Wiederherstellung) und legt drei gleichberechtigte Schutzziele fest: die biologische Vielfalt, die Leistungs- und Funktionsfähigkeit des Naturhaushaltes sowie die Vielfalt, Eigenart und Schönheit von Natur und Landschaft. **Eine Vereinbarkeit des Einsatzes von Gentechnik an wild lebenden Tieren und Pflanzen mit dem in § 1 Abs. 1 BNatSchG gesetzlich definierten Naturschutzverständnis ist aus verschiedenen Gründen zweifelhaft.**

Zunächst kann bezweifelt werden, dass ein solcher Einsatz die „Natur“ im Sinne des BNatSchG schützen würde. Vielmehr würde dieser Schutzgegenstand gerade maßgeblich verändert. Denn die „Natur“ im Sinne des BNatSchG bezeichnet die nicht vom Menschen geschaffene, belebte und unbelebte Welt und die in ihr vorkommenden Lebewesen mit Ausnahme des Menschen (Schumacher und Fischer-Hüftle 2021, § 1 Rn. 7). Dieses Naturverständnis setzt keine vollständige zivilisatorische Ferne voraus, aber betont, dass die zu schützenden Tiere oder Pflanzen über einen durch Ursprünglichkeit und fehlende menschliche Lenkung charakterisierten Wesenskern verfügen (Frenz und Müggenborg 2021, § 1 Rn. 13). Die gentechnische Veränderung wild lebender Tiere oder Pflanzen würde jedoch gerade ihren Wesenskern – die durch die natürliche Evolution entstandene genetische Ausstattung – durch den Menschen verändern und lenken.

Zudem ist zu berücksichtigen, dass die Natur sowohl aufgrund ihres eigenen Wertes als auch als Grundlage für Leben und Gesundheit des Menschen zu schützen ist (§ 1 Abs. 1 S. 1 BNatSchG). **Hinsichtlich des Schutzgrundes des Eigenwertes der Natur bestehen bei einer Veränderung von wild lebenden Tieren und Pflanzen ebenfalls Bedenken.** Denn der Eigenwert der Natur erfordert jedenfalls, die Natur unabhängig von einem potenziellen Nutzen für den Menschen zu respektieren und zudem künftigen Generationen Optionen im Umgang mit der Natur offen zu halten (Frenz und Müggenborg 2021, § 1 Rn. 25). **Durch den gentechnischen Eingriff in wild lebende Tiere und Pflanzen wird aber dauerhaft eine Natur anhand der menschlichen, dem jeweiligen Zeitgeist unterliegenden Zweckorientierung geprägt.**

Ferner geht der Einsatz von Gentechnik über das geltende Verständnis der im Naturschutz zulässigen Handlungsformen (Schutz, Pflege, Entwicklung und Wiederherstellung) hinaus. Zwar erlauben die Entwicklung und die Wiederherstellung von Natur und Landschaft grundsätzlich ein dynamisches Naturschutzverständnis und sind keineswegs auf einen rein konservierenden Schutz begrenzt. Eingriffe finden aber jedenfalls dort ihre Grenzen, wo eine radikale

Neu- und Umgestaltung der Natur beabsichtigt ist (Meßerschmidt 2022, § 1 Rn. 42). Denn die Entwicklung der Natur zielt nicht auf eine technische oder künstlerische Umgestaltung von Naturzuständen ab, sondern primär auf eine Bestandserweiterung natürlicher Zustände - beispielsweise durch Renaturierung (Meßerschmidt 2022, § 1 Rn. 40). Durch die gentechnische Veränderung von wild lebenden Tieren und Pflanzen besteht jedoch das Potenzial eine mit technischen Mitteln intendierte tiefgreifende, dauerhafte und unumkehrbare Neu- und Umgestaltung von Natur anzustoßen. Das gegenüber den anderen Handlungsformen subsidiäre Wiederherstellen ist ebenfalls eng zu verstehen. Es ist nicht gleichrangig mit den übrigen Handlungsformen anzusehen und ermöglicht einen früheren, aufgrund eingetretener Umstände jedoch nicht mehr existenten Zustand wiederherzustellen (vgl. BT-Drs. 14/6378 2001, S. 34). Ob dieser Zustand im Hinblick auf die Verwirklichung der Ziele des Naturschutzes wiederhergestellt werden kann und soll, ist dabei nicht abstrakt generell, sondern in Kenntnis aller Umstände des Einzelfalls festzustellen (Schlacke 2017, § 1 Rn. 9).

Eine Vereinbarkeit des Einsatzes von Gentechnik im Naturschutz mit den Schutzziele des BNatSchG erscheint insgesamt sehr fraglich. Denn alle drei Schutzziele können durch die gentechnische Veränderung von Tieren und Pflanzen gleichermaßen beeinträchtigt werden.

Das Schutzziel der biologischen Vielfalt dient dem Gesamtbestand der Tier- und Pflanzenarten in ihrer naturgegeben räumlichen Vielfalt, worunter die Vielfalt der Tier- und Pflanzenarten einschließlich der innerartlichen Vielfalt an Formen und Lebensgemeinschaften verstanden wird (§ 7 Abs. 1 Nr. 1 BNatSchG), inklusive der natürlich vorkommenden genetische Vielfalt (Meßerschmidt 2022, § 1 Rn. 46). Diese Vielfalt soll unter den Bedingungen der natürlichen Auslese so gesichert werden, dass die Evolution möglichst ungehindert fortschreiten kann (Blab et al. 1995, S. 13). Die gentechnische Veränderung von wild lebenden Tieren und Pflanzen würde aber darauf abzielen, die natürlich vorkommende genetische Vielfalt zu verändern. **Wenn Funktionselemente der Gentechnik mit vererbt werden (beispielsweise mit Gene Drives), wird das ungehinderte Fortschreiten der Evolution durch den gentechnischen Eingriff übersteuert.**

Die Leistungs- und Funktionsfähigkeit des Naturhaushalts betrifft die Naturgüter Boden, Wasser, Luft, Klima, Tiere und Pflanzen (§ 7 Abs. 1 Nr. 2 BNatSchG) und intendiert, die in einem engen Verbindungsverhältnis sowie in wechselseitiger Abhängigkeit befindlichen Strukturen, Funktionen und Leistungen von Ökosystemen (BT-Drs. 14/6378 2001, S. 34) zu schützen. **Aufgrund der Komplexität natürlicher Ökosysteme sind die Auswirkungen gentechnischer Eingriffe in wild lebenden Tieren oder Pflanzen auf die Leistungs- und Funktionsfähigkeit des Naturhaushalts langfristig nach dem derzeitigen wissenschaftlichen Stand nicht in handlungsrelevanten Zeiträumen prognostizierbar und es ist fraglich, ob dies in Zukunft einmal möglich sein wird (vgl. Abschnitt 2.2).**

Mit dem Schutz der Eigenart von Natur sollen unter anderem auch „Einzelschöpfungen“ der Tier- und Pflanzenarten (Schumacher und Fischer-Hüftle 2021, § 1 Rn. 58) bewahrt und ein wertneutraler Schutz von charakteristischen Eigenschaften von Tieren und Pflanzen (beispielsweise deren Färbung oder der Ruf bzw. das Verhalten eines Vogels) ermöglicht werden (Frenz und Muggenborg 2021, § 1 Rn. 46). **Die gentechnische Veränderung intendiert aber keinen wertneutralen Schutz von natürlichen charakteristischen Eigenschaften, sondern vielmehr die auf menschlichen Werten beruhende Veränderung.**

Zudem ist zu beachten, dass die Naturschutzziele des § 1 BNatSchG gleichrangig sind, nicht voneinander isoliert betrachtet werden dürfen und bei naturschutzinternen Zielkonflikten so untereinander abzuwägen sind, dass ihnen gleichermaßen Bedeutung zukommt (§ 2 Abs. 3 BNatSchG). Vor diesem Hintergrund wiegt besonders schwer, dass das Gefährdungspotenzial für das Schutzziel der Leistungs- und Funktionsfähigkeit des Naturhaushalts derzeit nicht hinreichend prognostiziert werden kann.

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass die Vereinbarkeit des Einsatzes von Gentechnik an wild lebenden Tieren und Pflanzen mit dem in § 1 Abs. 1 BNatSchG gesetzlich definierten Naturschutzverständnis grundlegenden Vorbehalten begegnet, da sowohl der gesetzlich definierte Schutzgegenstand sowie Schutzgrund des Naturschutzes als auch die zulässigen Handlungsformen und seine Schutzziele gleichermaßen beeinträchtigt werden können.

8 Rechtlich-regulatorische Herausforderungen eines Einsatzes von Gentechnik im Naturschutz

Zunächst ist hervorzuheben, dass weder das nationale noch das europäische Gentechnikrecht ursprünglich mit der Zielsetzung erlassen wurden, den Einsatz von Gentechnik *im Naturschutz* zu regulieren. Das Gentechnikrecht diente bislang primär dazu, die Nutzung von GVO in der landwirtschaftlichen Pflanzen- und Tierzucht zu regeln, um wirtschaftliche Nutzenpotenziale der Natur umzusetzen (Erbgut und Schlacke 2014, § 14 Rn. 1). Daher wurde beispielsweise die Freisetzungsrichtlinie nicht auf die Umweltkompetenz der EU gegründet, sondern diente allein der wirtschaftlichen Harmonisierung des Binnenmarktes.

Der Gesetzgeber hat bislang noch nicht explizit die Frage adressiert, ob der Einsatz von Gentechnik im Naturschutz rechtspolitisch gewünscht und für die Ziele des Naturschutzes geeignet ist. Die gesetzgeberische Bewertung des in den neuen Forschungsparadigmen avisierten Einsatzes von GVO im Naturschutz erfolgte noch nicht. Bei einem Freisetzungsantrag für gentechnisch veränderte Tiere, Pflanzen oder Mikroorganismen für den Einsatz im Naturschutz müssten daher die zuständigen Genehmigungsbehörden über diese Grundsatzfragen erstmals und allein anhand rechtlicher Maßstäbe entscheiden. Denn die Voraussetzungen für eine Freisetzung von GVO, die nicht Lebens- und Futtermittel betreffen, richten sich unabhängig von dem mit der gentechnischen Veränderung bezweckten Anwendungsbereich stets nach den allgemeinen Voraussetzungen des nationalen Gentechnikgesetzes (GenTG), das durch die Vorgaben der Freisetzungsrichtlinie europarechtlich geprägt ist.

8.1 Gentechnikrechtliches Genehmigungsverfahren

Nach dem GenTG ist eine Freisetzung von GVO zulässig, wenn nach dem Stand der Wissenschaft – im Verhältnis zum Zweck der Freisetzung – keine unvermeidbaren Einwirkungen auf die in § 1 GenTG genannten Rechtsgüter (unter anderem die Umwelt in ihrem Wirkungsgefüge sowie Tiere und Pflanzen) zu erwarten sind (§§ 14 Abs. 1, 16 Abs. 1 GenTG).

Bei der Freisetzung von wild lebenden Tieren und Pflanzen in komplexe Ökosysteme besteht nach dem derzeitigen wissenschaftlichen Stand die Herausforderung, dass mangels Prognostizierbarkeit keine ausreichende Bewertungsgrundlage dafür besteht, ob unvermeidbare Einwirkungen des Freisetzungsvorhabens auf die Umwelt zu erwarten sind oder nicht. In dem Stand der Wissenschaft repräsentierenden gentechnikrechtlichen Umweltverträglichkeitsprüfung gemäß § 6 Abs. 1 GenTG ist jedoch fundiert zu prüfen, welche Einwirkungen

durch das Freisetzungsvorhaben auf die Umwelt zu erwarten sind, unter anderem auch die kumulativen langfristigen Auswirkungen auf die Flora und Fauna (§ 5 Abs. 1 S. 1 Nr. 4 Gentechnik-Verfahrensverordnung – GenTVfV). Fraglich ist, was dies für einen auf die Freisetzung von wild lebenden Tieren und Pflanzen gerichteten Freisetzungsantrag bedeutet. Auch wenn stets eine spezifische Einzelfallentscheidung notwendig ist, kann bei einer unklaren wissenschaftlichen Bewertungsgrundlage eine Freisetzung jedenfalls nicht wegen eines etwaigen besonders wichtigen Zwecks – etwa dem Naturschutz – genehmigt werden. **Denn zum einen hat die Vermeidung von erheblichen negativen Umweltauswirkungen stets Vorrang vor dem mit einer Freisetzung verfolgten Zweck** (vgl. Art. 4 Abs. 1 der Freisetzungsrichtlinie). Zum anderen kann bezweifelt werden, ob der Einsatz von Gentechnik vor dem Hintergrund des Naturschutzverständnisses im Sinne des § 1 BNatSchG überhaupt als ein den Naturschutz fördernder Zweck qualifiziert werden kann (vgl. Abschnitte 4 bis 6).

Zudem ist dabei das Vorsorgeprinzip zu beachten: Danach sind bei wissenschaftlich begründeter, sich nicht nur auf bloße Vermutungen stützender Ungewissheit bezüglich der Existenz oder des Umfangs von erheblichen Risiken schon Schutzmaßnahmen zu treffen, bevor das tatsächliche Vorliegen und die Schwere der potenziellen Risiken in vollem Umfang nachgewiesen sind (EuG T-13/99, Rn. 139). Nach der Rechtsprechung des Europäischen Gerichtshofs (EuGH) ist im Gentechnikrecht ein besonders strikter Vorsorgemaßstab anzuwenden, nach dem bei einer unsicheren wissenschaftlichen Erkenntnislage und der daraus resultierenden potenziellen Gefahr für die Umwelt stets von einer Unsicherheit und Gefahr bis zu ihrer wissenschaftlichen Klärung auszugehen ist (EuGH C-528/16, Rn. 47 ff.). **Solange daher aufgrund der unsicheren wissenschaftlichen Erkenntnislage nicht hinreichend sicher prognostiziert werden kann, welche Auswirkungen bei einer gentechnischen Veränderung von wild lebenden Tieren und Pflanzen auf die Umwelt zu erwarten sind, ist ein darauf gerichteter Genehmigungsantrag wohl nicht genehmigungsfähig.**

8.2 Naturschutzrecht

Im Naturschutzrecht würden sich durch eine Erweiterung des Anwendungsbereichs der Gentechnik auf den Naturschutz neue Herausforderungen stellen – beispielsweise, wie die Vorgaben des nationalen Gebietsschutzrechts bei wild lebenden gentechnisch veränderten Tieren eingehalten werden können. Im BNatSchG wird bislang nur eine Überprüfung der Auswirkungen von Freisetzungen von GVO für europäische Natura 2000-Gebiete angeordnet.

8.2.1 Europäischer Gebietsschutz

Im Falle von Freisetzungen von GVO in oder in der Nähe von Natura-2000-Gebieten ist die gentechnikrechtliche Umweltverträglichkeitsprüfung um eine Fauna-Flora-Habitat(FFH)-Verträglichkeitsprüfung zu ergänzen (§ 34 Abs. 1 i.V.m. § 35 BNatSchG). **Vor dem Hintergrund, dass derzeit nicht prognostiziert werden kann, welche Auswirkungen gentechnisch veränderte wild lebende Tiere und Pflanzen auf komplexe Ökosysteme haben, bestehen Zweifel, wie erhebliche Beeinträchtigungen auf Natura-2000-Gebiete oder ihre Erhaltungsziele ausgeschlossen werden können.** Denn in der FFH-Verträglichkeitsprüfung ist zu untersuchen, ob die Freisetzung von GVO einzeln oder im Zusammenwirken mit anderen Projekten oder Plänen geeignet ist, ein Natura-2000-Gebiet oder dessen Erhaltungsziele erheblich zu beeinträchtigen. Dabei ist der verschärfte Vorsorgegrundsatz nach der Rechtsprechung des EuGH zu beachten, wonach für die Zulässigkeit eines Genehmigungsvorhabens jeder vernünftige Zweifel für einen Schaden an den Erhaltungszielen des FFH-Gebietes ausgeschlossen sein muss (EuGH

C-127/02, Rn. 58 und 59). **Bei begründeten Zweifeln, dass durch eine Freisetzung von GVO die Erhaltungsziele eines FFH-Gebietes geschädigt werden können, ist ein Genehmigungsantrag zur Freisetzung von GVO daher nicht genehmigungsfähig (§ 34 Abs. 2 BNatSchG).** Denn im Rahmen des gentechnikrechtlichen Genehmigungsverfahrens besteht keine Möglichkeit zur Durchführung eines gebietsschutzrechtlichen Abweichungsverfahrens nach § 34 Abs. 3 – 5 BNatSchG.

8.2.2 Nationaler Gebietsschutz

Innerhalb von nationalen Schutzgebieten, die in ihren Schutzgebietserklärungen die Freihaltung von GVO anordnen, ist die gentechnische Veränderung von wild lebenden Tieren und Pflanzen verboten. Denn auch im nationalen Gebietsschutzrecht können zum Schutz von Freiräumen für einen möglichst ungestörten Ablauf der Naturvorgänge Schutzgebiete ausgewiesen werden (beispielsweise Naturschutzgebiete und Nationalparke, vgl. §§ 23, 24 BNatSchG), in denen zum Schutz ihrer natürlichen Dynamik in ihren Schutzgebietserklärungen explizit die Freihaltung von sämtlichen GVO angeordnet werden kann (Winter 2007, S. 636; Schlacke 2017, § 23 Rn. 42). **Gleichermaßen müsste aber vor einer Genehmigung von gentechnisch veränderten wild lebenden Tieren oder Pflanzen auch gewährleistet werden, dass ihr Eindringen in solche Schutzgebiete ausgeschlossen ist.** Denn § 23 Abs. 2 BNatSchG verbietet nicht nur die Handlungen innerhalb des Gebietes, die das Gebiet zerstören, beschädigen, verändern oder stören können, sondern auch solche, die von außerhalb in das Gebiet hineinwirken, solange sie sich direkt oder mittelbar auf das Gebiet und seine Bestandteile beziehen (Schlacke 2017, § 23 Rn. 30). Bei gentechnisch veränderten landwirtschaftlich genutzten Pflanzen soll das Eindringen von GVO in ein solchermaßen geschütztes Gebiet durch die Ausweisung von Schutzzonen um dieses Gebiet verhindert werden. Bei einer gentechnischen Veränderung von wild lebenden Tieren und Pflanzen würde aber in Frage stehen, ob bzw. wie ein Eindringen in nationale Schutzgebiete überhaupt tatsächlich wirksam verhindert werden könnte.

8.2.3 Definition von Arten

Unklar und strittig ist darüber hinaus, ob gentechnisch veränderte wild lebende Tiere oder Pflanzen weiterhin der gleichen Art zuzuordnen sind wie die nicht gentechnisch veränderten Wildtypen der ursprünglichen Art. Die Frage der Artzugehörigkeit ist etwa von Bedeutung für eines der wichtigsten naturschutzrechtlichen Instrumente – den allgemeinen und besonderen Artenschutz (§§ 39 ff. BNatSchG). **Gentechnisch veränderte Arten könnten daher nach der gentechnischen Veränderung möglicherweise nicht mehr dem Schutzstatus des besonderen Artenschutzes unterfallen.** § 7 Abs. 2 Nr. 3 BNatSchG definiert eine Art als jede Art, Unterart oder Teilpopulation einer Art oder Unterart, wobei für ihre Bestimmung die wissenschaftliche Bezeichnung maßgebend ist. Das Gesetz definiert also den Artbegriff nicht, sondern übernimmt ihn aus dem naturwissenschaftlichen Sprachgebrauch (Schumacher und Fischer-Hüftle 2021, § 7 Rn. 46). Naturwissenschaftlich werden in der Regel unter einer Art alle Individuen verstanden, die in ihren wesentlichen Merkmalen übereinstimmen und sich untereinander fortpflanzen können (Lütkes und Ewer 2018, § 7 Rn. 22).

Teilweise wird daher verneint, dass sich die Zugehörigkeit zu einer Art durch eine genetische Veränderung ändern würde, da der naturwissenschaftliche Begriff allein an das taxonomische Ordnungssystem der Biologie anknüpfe, welches sich in Reiche, Abteilungen, Stämme, Klassen, Ordnungen, Familien, Gattungen, Arten sowie Unterarten und Populationen untergliedere, nicht aber nach genetischen Eigenschaften differenziere. Vom Artbegriff umfasst sei nur

das phänotypische Erscheinungsbild, nicht aber auch das Erbgut (Ekardt et al. 2011, S. 30). Eine nach der Taxonomie zuzuordnende Art werde daher auch dann nicht zu einer anderen Art, wenn in ihrem Genpool wesentlich abweichende Eigenschaften verankert werden (Lemke 2003, S. 210; Ekardt und Hennig 2011, S. 99). Dagegen wird allerdings argumentiert, dass auch die innerartliche Vielfalt, also konkrete Population von § 7 Abs. 2 Abs. 3 BNatSchG umfasst sei und damit auch die genetische Ebene (Lütkes und Ewer 2018, § 7 Rn. 22). Sowohl der Schutz der biologischen Vielfalt nach § 1 Abs. 1 Nr. 1 BNatSchG und die Auslegung des Artbegriffs nach § 7 Abs. 2 Nr. 3 BNatSchG sowie der CBD, nach der eine Art als jede Art, Unterart oder Teilpopulation einer Art oder Unterart (CBD/COP 2002, Decision VI/23, Fn. 57) definiert ist, legen dieses Verständnis (Frenz und Muggenborg 2021, § 40 Rn. 2) nahe. Die genetischen Eigenschaften einer Art sind nach diesem Verständnis also für die Definition einer Art zu berücksichtigen (Schlacke 2017, § 40 Rn. 41).

8.2.4 Invasive Arten

Der Artbegriff ist zudem auch für die Bestimmung von invasiven Arten von Bedeutung. Denn nach § 40 Abs. 1 S. 1 BNatSchG bedarf das Ausbringen von Pflanzen, deren Art nicht oder seit mehr als 100 Jahren nicht mehr in dem betreffenden Gebiet vorkommt, und von Tieren der Genehmigung. Wenn sich der Artbegriff auch auf die genetische Ebene erstreckt, findet § 40 auch Anwendung auf gentechnisch veränderte Arten, mit einem Gefährdungspotenzial für die biologische Vielfalt (Frenz und Muggenborg 2021, § 40 Rn. 2). **Eine gentechnisch veränderte Art mit einem Gefährdungspotenzial für die biologische Vielfalt wird dann zu einer genehmigungspflichtigen invasiven Art.** Gemäß § 40 Abs. 1 S. 3 BNatSchG ist eine Genehmigung zum Ausbringen zu versagen, wenn eine Gefährdung von Ökosystemen, Biotopen oder Arten der Mitgliedsstaaten nicht auszuschließen ist. Wie bereits der Wortlaut deutlich macht („nicht auszuschließen“) genügen für eine Genehmigungsversagung ernste Anhaltspunkte für eine Gefährdung – ein positiver Nachweis der Gefährdung ist nicht erforderlich (Meßerschmidt 2022, § 40 Rn. 20). Ausreichend ist, wenn durch die Maßnahme der Bestand oder die Verbreitung einzelner Populationen oder Arten gefährdet werden kann (BT-Drs. 10/5064, S. 19).

8.2.5 Internationales Naturschutzrecht

Weltweit wurden in Versuchen schon einige GVO außerhalb von Agrarökosystemen freigesetzt, zuletzt GV Mücken in Burkina Faso (Pare Toe et al. 2021), Brasilien (Evans et al. 2019) und Florida (Waltz 2021). Es sind zweifellos weitere Freisetzungen geplant (Adams und Redford 2021) und auch im internationalen Kontext werden dadurch neue Rechtsfragen aufgeworfen. Offen ist etwa, wie die Ausbreitung über Staatsgrenzen von mittels Gene Drive veränderten Organismen oder GV Viren, die in die freie Natur entlassen wurden, verhindert werden kann (CBD/AHTEG 2019, Annex 1, 48). Das Cartagena Protokoll über Sicherheit in der Biotechnologie (CPB) der CBD sieht für den Fall der nicht intendierten grenzüberschreitenden Verbringung von GVO nach Art. 17 CPB (SCBD 2000) lediglich Notifizierungs- und Informationspflichten vor. Notwendig wären aber zur Erreichung eines angemessenen Sicherheitsniveaus (vgl. Art. 1 CPB) bei einem (wie bei Gene Drives gerade intendierten) langfristigen und unkontrollierten Ausbreiten von GVO Mitwirkungsmöglichkeiten im Vorfeld einer solchen Freisetzung sowie die effektive Etablierung von Schutzmaßnahmen zur Verhinderung von Auswirkungen auf einem fremden Staatsgebiet.

9 Fazit

Die Herausforderungen im Naturschutz sind insbesondere angesichts von Biodiversitäts- und Klimakrise dringlich. Neue Lösungsansätze, die aus der biotechnologischen Forschung und Entwicklung angeboten werden, sind aber nicht aufgrund dieser Dringlichkeit *per se* für den Naturschutz geeignet oder gar unumgänglich – vielmehr sind sie in einer Gesamtschau und im Detail zu beurteilen. Diese zeigt zum gegenwärtigen Zeitpunkt weder Zweckmäßigkeit noch Zulässigkeit oder Wünschbarkeit der Anwendungsszenarien für Gentechnik im Naturschutz auf. Die vorgeschlagenen Ansätze sind nicht geeignet, um die postulierten Zwecke zu erreichen, da die Erfolgsaussichten unklar sind und gleichzeitig kaum abschätzbare Risiken eingegangen würden. Darüber hinaus widersprechen die Ansätze übergeordneten Zielen des Naturschutzes, besonders bezüglich der Eigenart und Eigendynamik der Natur, und werfen auch vielschichtige rechtliche Fragen auf. Sowohl durch den mit der Entwicklung verbundenen großen Kostenaufwand als auch durch die Vermittlung einer (aus Sicht des BfN unrealistischen) rein technischen Aufhebung des Biodiversitätsverlustes könnten dem Naturschutz Ressourcen für andere Maßnahmen verloren gehen. Um das Geflecht von Arten, Lebensräumen und Landschaften langfristig zu sichern, müssen vor allem die Ursachen des Biodiversitätsverlustes und des fortschreitenden Klimawandels behoben werden. Der Naturschutz erfordert in diesem Sinne weiterhin dringend die Umsetzung geeigneter und angemessener Maßnahmen – und auch einen offenen gesellschaftlichen Diskurs zu Naturbildern, Wertvorstellungen, Mitteln und Zielen des Naturschutzes.

Abkürzungen und Gesetze

Abkürzung oder Gesetz	Erklärung
BNatSchG	Bundesnaturschutzgesetz vom 29. Juli 2009 (BGBl. I S. 2542), zuletzt geändert durch Artikel 1 des Gesetzes vom 18. August 2021 (BGBl. I S. 3908)
CBD	The Convention on Biological Diversity (Deutsch: Übereinkommen über die biologische Vielfalt) vom 5. Juni 1992
CPB	Cartagena Protocol on Biosafety (Deutsch: Cartagena Protokoll über Sicherheit in der Biotechnologie) zum Übereinkommen über die biologische Vielfalt (CBD)
EuG	Gericht der Europäischen Union
EuGH	Europäischer Gerichtshof
FFH	Fauna-Flora-Habitat
FFH-Richtlinie	Richtlinie 92/43/EWG des Rates vom 21. Mai 1992 zur Erhaltung der natürlichen Lebensräume sowie der wild lebenden Tiere und Pflanzen, Amtsblatt Nr. L 206 vom 22/07/1992 S. 0007 – 0050
Freisetzungsrichtlinie	Richtlinie 2001/18/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 12. März 2001 über die absichtliche Freisetzung gentechnisch veränderter Organismen in die Umwelt und zur Aufhebung der Richtlinie 90/220/EWG des Rates, Amtsblatt Nr. L 106 vom 17/04/2001 S. 0001 – 0039
GenTVfV	Gentechnik-Verfahrensverordnung in der Fassung der Bekanntmachung vom 4. November 1996 (BGBl. I S. 1657), zuletzt geändert durch Artikel 3 der Verordnung vom 12. August 2019 (BGBl. I S. 1235)
GenTG	Gentechnikgesetz in der Fassung der Bekanntmachung vom 16. Dezember 1993 (BGBl. I S. 2066), zuletzt geändert durch Artikel 8 Absatz 7 des Gesetzes vom 27. September 2021 (BGBl. I S. 4530)
GV	Gentechnisch verändert
GVO	Gentechnisch veränderter Organismus
IUCN	International Union for the Conservation of Nature (Deutsch: Weltnaturschutzunion)

Literatur- und Quellenverzeichnis

- Adams, W. M. (2017): Geographies of conservation I: De-extinction and precision conservation. In: *Progress in Human Geography* **41** (4), S. 534–545. DOI: 10.1177/0309132516646641.
- Adams, W. M.; Redford, K. H. (2021): Editing the Wild. In: *Conservation Biology* **35** (5), S. 1701–1703. DOI: 10.1111/cobi.13741.
- Agapito-Tenfen, S. Z.; Okoli, A. S.; Bernstein, M. J.; Wikmark, O.-G.; Myhr, A. I. (2018): Revisiting Risk Governance of GM Plants: The Need to Consider New and Emerging Gene-Editing Techniques. In: *Frontiers in Plant Science* **9**. DOI: 10.3389/fpls.2018.01874.
- BfN (2013): Gerechtigkeitsfragen im Naturschutz. Was sie bedeuten und warum sie wichtig sind. Münster: LV Buch Verlag (NaBiV Heft, 130). <https://ebookcentral.proquest.com/lib/gbv/detail.action?docID=5849690>.
- BfN (2021): New developments and regulatory issues in plant genetic engineering. BfN Viewpoint. www.bfn.de/publikationen/positionspapier/new-developments-and-regulatory-issues-plant-genetic-engineering.
- Blab, J.; Klein, M.; Ssymank A. (1995): Biodiversität und ihre Bedeutung in der Naturschutzarbeit. In: *Natur und Landschaft* **70** (1), S. 11–18.
- BMU (2007): Nationale Strategie zur biologischen Vielfalt. Reihe Umweltpolitik. Hg. v. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU). Berlin.
- BMU; BfN (Hg.) (2014): Naturbewusstsein 2013. Bevölkerungsumfrage zu Natur und biologischer Vielfalt. Berlin und Bonn. www.bfn.de/publikationen/broschuere/naturbewusstseinsstudie-2013.
- BMU; BfN (Hg.) (2020): Naturbewusstsein 2019. Bevölkerungsumfrage zu Natur und biologischer Vielfalt. Berlin und Bonn. www.bfn.de/publikationen/broschuere/naturbewusstseinsstudie-2019.
- BMU; BfN (Hg.) (2021): Jugend-Naturbewusstsein 2020. Bevölkerungsumfrage zu Natur und biologischer Vielfalt. Berlin und Bonn. www.bfn.de/publikationen/broschuere/jugend-naturbewusstseinsstudie-2020.
- Brister, E.; Holbrook, J. B.; Palmer, M. J. (2021): Conservation science and the ethos of restraint. In: *Conservation Science and Practice* **3** (4). DOI: 10.1111/csp2.381.
- BT-Drs., 10/5064 (1986): Deutscher Bundestag, Drucksache 10/5064, Entwurf eines Ersten Gesetzes zur Änderung des Bundesnaturschutzgesetzes, 20.02.1986.
- BT-Drs. 14/6378 (2001): Deutscher Bundestag, Drucksache 14/6378, Entwurf eines Gesetzes zur Neuregelung des Rechts des Naturschutzes und der Landschaftspflege und zur Anpassung anderer Rechtsvorschriften, 20.06.2001.
- CBD/AHTEG on Synthetic Biology (2019): Report of the Ad Hoc Technical Expert Group on Synthetic Biology. CBD/SYNBIO/ACHTEG/2019/1/3, 7 June 2019. Hg. v. Convention on Biological Diversity (CBD). www.cbd.int/meetings/SYNBIO-AHTEG-2019-01.
- CBD/COP (2002): Decisions adopted by the Conference of the Parties to the Convention on Biological Diversity at its Sixth Meeting. UNEP/CBD/COP/6/20 Annex I. The Hague, 7-19 April 2002. Hg. v. Convention on Biological Diversity (CBD). www.cbd.int/decision/cop/?id=7197.
- CBD/COP (2007): Report of the Canada-Norway expert workshop on risk assessment for emerging applications of living modified organisms, UNEP/CBD/BS/ COP-MOP/4/INF/13. 39. Hg. v. Conference of the Parties to the Convention on Biological Diversity (CBD).
- CBD/COP (2016): Decision adopted by the Conference of the Parties to the Convention on Biological Diversity. XIII/17. Synthetic Biology. CBD/COP/DEC/XIII/17, 16. December 2016. Thirteenth meeting, Cancun, Mexico, 4-17 December 2016. Hg. v. Convention on Biological Diversity (CBD).

- Champer, J.; Kim, I.; Champer, S. E.; Clark, A. G.; Messer, P. W. (2021): Suppression gene drive in continuous space can result in unstable persistence of both drive and wild-type alleles. In: *Molecular Ecology* **30** (4), S. 1086–1101. DOI: 10.1111/mec.15788.
- Church, G. M.; Regis, E. (2012): *Regenesi*: How synthetic biology will reinvent nature and ourselves. New York, USA: Basic Books.
- Comité français de l'UICN (2021): *L'avenir du vivant, nos valeurs pour l'action*. Hg. v. Comité français de l'UICN. Paris.
- CSS; ENSSER; VDW (Hg.) (2019): *Gene Drives. A report on their science, applications, social aspects, ethics and regulations*. Critical Scientists Switzerland (CSS); European Network of Scientists for Social and Environmental Responsibility (ENSSER); Vereinigung Deutscher Wissenschaftler (VDW). <https://genedrives.ch/report>.
- Davis, D. E. (2021): *The American Chestnut: An Environmental History*: University of Georgia Press.
- Dolezel, M.; Simon, S.; Otto, M.; Engelhard, M.; Züghard, W. (2019): *Gene Drive Organisms - Implications for the Environment and Nature Conservation. A joint report of the EPA/ENCA Interest Group on Risk Assessment and Monitoring of GMOs*. Hg. v. Umweltbundesamt - Environmental Agency Austria. Vienna (REP-0704).
- Doudna, J. A.; Sternberg, S. H. (2017): *A crack in creation. The new power to control evolution*. London: The Bodley Head.
- Düesberg, J. (2020): *Interessenkonflikte in der Weltnaturschutzunion?* In: *Gen-ethischer Informationsdienst GID* **36** (253), S. 8–9.
- Eckerstorfer, M. F.; Grabowski, M.; Lener, M.; Engelhard, M.; Simon, S.; Dolezel, M.; Heissenberger, A.; Lüthi, C. (2021): *Biosafety of Genome Editing Applications in Plant Breeding: Considerations for a Focused Case-Specific Risk Assessment in the EU*. In: *BioTech* **10** (3). DOI: 10.3390/biotech10030010.
- EFSA GMO Panel (2020): *Adequacy and sufficiency evaluation of existing EFSA guidelines for the molecular characterisation, environmental risk assessment and post-market environmental monitoring of genetically modified insects containing engineered gene drives*. In: *EFSA Journal* **18** (11), e06297. DOI: 10.2903/j.efsa.2020.6297.
- Ekardt, F.; Hennig, B. (2011): *Gentechnisch veränderte Organismen im Artenschutzrecht*. In: *Natur und Recht* **33** (2), S. 95–103. DOI: 10.1007/s10357-011-2011-4.
- Ekardt, F.; Hennig, B.; Ober, S. (Hg.) (2011): *Gentechnikrecht und Artenschutzrecht. Probleme von effektivem Umweltschutz und Demokratie bei der grünen Gentechnik*. Münster: LIT.
- Engelhard, M. (Hrsg) (2016): *Synthetic Biology Analysed. Tools for Discussion and Evaluation*. Cham: Springer International.
- Europäisches Parlament (2020): *Entschließung des Europäischen Parlaments vom 16. Januar 2020 zu der 15. Tagung der Konferenz der Vertragsparteien (COP15) des Übereinkommens über die biologische Vielfalt (2019/2824(RSP))*. P9TA(2020)0015. Hg. v. Europäisches Parlament 2019-2024. www.europarl.europa.eu/doceo/document/TA-9-2020-0015_DE.html.
- Europäisches Parlament (2021a): *Bericht über das Thema „EU-Biodiversitätsstrategie für 2030: Mehr Raum für die Natur in unserem Leben“ (2020/2273(INI))*. Hg. v. Europäisches Parlament 2019-2014. www.europarl.europa.eu/doceo/document/A-9-2021-0179_DE.html.
- Europäisches Parlament (2021b): *Entschließung des Europäischen Parlaments vom 6. Oktober 2021 zu der Rolle der Entwicklungspolitik bei der Eindämmung des Verlusts an biologischer Vielfalt in Entwicklungsländern vor dem Hintergrund der Umsetzung der Agenda 2030 (2020/2274(INI))*. P9_TA(2021)0404. Hg. v. Europäisches Parlament 2019-2024. www.europarl.europa.eu/doceo/document/TA-9-2021-0404_DE.html.

- Erbgut, W.; Schlacke, S. (2014): Umweltrecht. 5. Aufl. Baden-Baden: Nomos.
- Eser, U.; Potthast, T. (1999): Naturschutzethik. Eine Einführung für die Praxis. Baden-Baden: Nomos.
- Esvelt, K. M.; Gemmell, N. J. (2017): Conservation demands safe gene drive. In: *PLoS Biology* **15** (11), e2003850. DOI: 10.1371/journal.pbio.2003850.
- Esvelt, K. M.; Smidler, A. L.; Catteruccia, F.; Church, G. M. (2014): Concerning RNA-guided gene drives for the alteration of wild populations. In: *eLife* **3**, e03401. DOI: 10.7554/eLife.03401
- EuG (T-13/99): Urteil vom 11.09.2002 – T-13/99, Celex-Nr. 61999TJ0013.
- EuGH (C-127/02): Urteil vom 07.09.2004 – C-127/02, juris.
- EuGH (C-528/16): Urteil vom 25.07.2018 – C-528/16, juris.
- European Environment Agency (2001): Late lessons from early warnings. The precautionary principle, 1896-2000. Hg. v. P. Harremoës, D. Gee, M. MacGarvin, A. Stirling, J. Keys, B. Wynne und S. Guedes Vaz. European Environment Agency. Copenhagen Denmark.
- European Environment Agency (2013): Late lessons from early warnings: science, precaution, innovation. Hg. v. Luxembourg: Publications Office of the European Union.
- Evans, B. R.; Kotsakiozi, P.; Costa-da-Silva, A. L.; Ioshino, R. S.; Garziera, L.; Pedrosa, M. C. et al. (2019): Transgenic *Aedes aegypti* Mosquitoes Transfer Genes into a Natural Population. In: *Scientific Reports* **9** (1), S. 13047. DOI: 10.1038/s41598-019-49660-6.
- Finck, P.; Klein, M.; Riecken, U. (2013): Wildnisgebiete in Deutschland – von der Vision zur Umsetzung. Ergebnisse einer wissenschaftlichen Fachtagung des BfN vom 19. bis 21.11.2012 auf der Insel Vilm. In: *Natur und Landschaft* **8**, S. 342–346.
- Frenz, W.; Müggenborg, H.-J. (Hg.) (2021): Bundesnaturschutzgesetz, Kommentar, 3. Aufl., (Bearbeiter § 1 Mengel, A.; § 40 Lau M.).
- Frieß, J. L.; Otto, M.; Simon, S.; Giese, B.; Liebert, W. (2020): Umbruch in der Biotechnologie: Sprung aus dem Labor in die Natur. In: *Natur und Landschaft* **95** (5), S. 209–214. DOI: 10.17433/5.2020.50153799.209-214.
- Genovesi, P.; Simberloff, D. (2020): “De-extinction” in conservation: Assessing risks of releasing “resurrected” species. In: *Journal for Nature Conservation* **56**, 125838. DOI: 10.1016/j.jnc.2020.125838.
- Giese, B. (2021): The viral era: New biotechnologies give humans an unprecedented control over Nature and require appropriate safeguards. In: *EMBO reports* **22** (9), e53229. DOI: 10.15252/embr.202153229.
- Gleich, A. von (2013): Prospektive Technikbewertung und Technikgestaltung. Zur Umsetzung des Vorsorgeprinzips. In: G. Simonis (Hg.): Konzepte und Verfahren der Technikfolgenabschätzung. Wiesbaden: Springer.
- Gleich, A. von; Schröder, W. (Hg.) (2020): Gene Drives at Tipping Points. Precautionary Technology Assessment and Governance of New Approaches to Genetically Modify Animal and Plant Populations. Springer.
- Henderson, W. R.; Murphy, E. C. (2007): Pest or prized possession? Genetically modified biocontrol from an international perspective. In: *Wildlife Research* **34** (7), S. 578–585.
- IUCN (2016): Biodiversity Conservation in the Context of Synthetic Biology. Report from the Meeting on December 1-5, 2015. Hg. v. International Union for Conservation of Nature (IUCN).
- IUCN SSC (2016): Guiding Principles on Creating Proxies of Extinct Species for Conservation Benefit. Version 1.0. Hg. v. International Union for Conservation of Nature (IUCN) Species Survival Commission (SSC). Gland, Switzerland.

- Kawall, K. (2021): The Generic Risks and the Potential of SDN-1 Applications in Crop Plants. In: *Plants* **10** (11). DOI: 10.3390/plants10112259.
- Kohl, P. A.; Brossard, D.; Scheufele, D. A.; Xenos, M. A. (2019): Public views about editing genes in wildlife for conservation. In: *Conservation Biology* **33** (6), S. 1286–1295. DOI: 10.1111/cobi.13310.
- Lanigan, T. M.; Kopera, H. C.; Saunders, T. L. (2020): Principles of Genetic Engineering. In: *Genes* **11** (3). DOI: 10.3390/GENES11030291.
- Lemke, M. (2003): Gentechnik - Naturschutz - Ökolandbau. Instrumente des Umweltrechts zur Bewahrung einer Pluralität von Landschaften und Wirtschaftsweisen. 1. Aufl. Baden-Baden: Nomos.
- Lentzos, F.; Rybicki, E. P.; Engelhard, M.; Paterson, P.; Sandholtz, Wayne A.; Reeves, R. G. (2022): Eroding norms over release of self-spreading viruses. In: *Science* **375** (6576), S. 31–33. DOI: 10.1126/science.abj5593.
- Lütkes, S.; Ewer, W. (Hg.) (2018): Bundesnaturschutzgesetz, 2. Auflage, Bearbeiter § 1 Lütkes.
- Manemann, J. (2014): Kritik des Anthropozäns. Plädoyer für eine neue Humanökologie. Transcript.
- McLaren, D.; Markusson, N. (2020): The co-evolution of technological promises, modelling, policies and climate change targets. In: *Nature Climate Change* **10**, S. 392–397. DOI: 10.1038/s41558-020-0740-1.
- Meßerschmidt, K. (2022): Bundesnaturschutzrecht, Kommentar, mit 158. Aktualisierung, Loseblatt.
- Meyer-Abich, K.-M. (1997): Praktische Naturphilosophie: Erinnerung an einen vergessenen Traum. München: Beck.
- Minteer, B. A. (2014): Is it right to reverse extinction? In: *Nature* **509**, S. 261.
- NASEM (2016): Gene drives on the horizon. Advancing science, navigating uncertainty, and aligning research with public values. Washington, DC: The National Academies Press.
- Newhouse, A. E.; Powell, W. A. (2020): Intentional introgression of a blight tolerance transgene to rescue the remnant population of American chestnut. In: *Conservation Science and Practice* **16** (1), S. 41. DOI: 10.1111/csp2.348.
- Niebrügge, A.; Wilczek, M. (Hg.) (2011): Wildniskonferenz 2010. Wildniskonferenz. Bonn (BfN-Skripten). www.bfn.de/publikationen/bfn-schriften/bfn-schriften-288-wildniskonferenz-2010.
- Ohno, S. (1970): Evolution by Gene Duplication. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin, Heidelberg.
- Otto, M.; Simon, S.; Waßmann, F.; Engelhard, M. (2020): Gentechnische Veränderung von Wildpopulationen - die editierte Version der Natur? In: *Natur und Landschaft* **95** (5), S. 202–208. DOI: 10.17433/5.2020.50153797.202-208.
- Pare Toe, L.; Barry, N.; Ky, A. D.; Kekele, S.; Meda, W.; Bayala, K. et al. (2021): Small-scale release of non-gene drive mosquitoes in Burkina Faso: from engagement implementation to assessment, a learning journey. In: *Malaria Journal* **20** (1), S. 395. DOI: 10.1186/s12936-021-03929-2.
- Phelan, R.; Baumgartner, B.; Brand, S.; Brister, E.; Burgiel, S. W.; Charo, R. A. et al. (2021): Intended consequences statement. In: *Conservation Science and Practice* **3** (4). DOI: 10.1111/csp2.371.
- Piaggio, A. J.; Segelbacher, G.; Seddon, P. J.; Alphey, L.; Bennett, E. L.; Carlson, R. H. et al. (2017): Opinion: Is It Time for Synthetic Biodiversity Conservation? In: *Trends in Ecology & Evolution* **32** (2), S. 97–107. DOI: 10.1016/j.tree.2016.10.016.
- Potthast, T (1999): Die Evolution und der Naturschutz. Zum Verhältnis von Evolutionsbiologie, Ökologie und Naturethik. Frankfurt am Main & New York: Campus.
- Potthast, T. (2019): Naturschutz und Technikverständnisse. In: Schell et al. (2019).

- Potthast, T.; Voget-Kleschin, L.; Engelhard, M.; Meisch, S. P.; Ott, K.; Stolpe, G. (2022): Vilmer Thesen: Künstlicher Naturschutz? – Technische Zugänge zur Erhaltung der Natur. In: *Natur und Landschaft* 97 (6), S. 300–305.
- Preston, C. J. (2018): *The Synthetic Age. Outdesigning Evolution, Resurrecting Species, and Reengineering Our World*. Cambridge: The MIT Press.
- Redford, K. H.; Adams, W.; Carlson, R.; Mace, G. M.; Ceccarelli, B. (2014): Synthetic biology and the conservation of biodiversity. In: *Oryx* 48 (3), S. 330–336.
- Redford, K. H.; Adams, W.; Mace, G. M. (2013a): Synthetic Biology and Conservation of Nature: Wicked Problems and Wicked Solutions. In: *PLoS Biology* 11 (4), e1001530.
- Redford, K. H.; Adams, W.; Mace, G. M.; Carlson, R.; Sanderson, S.; Aldrich, S. (2013b): How will synthetic biology and conservation shape the future of nature? A framing paper prepared for a meeting between synthetic biology and conservation professionals at Clare College, Cambridge, UK. Hg. v. Wildlife Conservation Society. https://secure3.convio.net/wcs/pdf/Synthetic_Biology_and_Conservation_Framing_Paper.pdf.
- Redford, K. H.; Adams, W. M. (2021): *Strange natures: conservation in the era of genome editing*. New Haven, CT: Yale University Press.
- Redford, K. H.; Brooks, T. M.; Macfarlane, N. B.W.; Adams, J. S. (Hg.) (2019): *Genetic frontiers for conservation. An assessment of synthetic biology and biodiversity conservation. Technical assessment*. IUCN, International Union for Conservation of Nature. Gland, Switzerland: IUCN.
- Reeves, R. G.; Voeneky, S.; Caetano-Anollés, D.; Beck, F.; Boëte, C. (2018): Agricultural research, or a new bioweapon system? In: *Science* 362 (6410), S. 35–37. DOI: 10.1126/science.aat7664.
- Revive & Restore (2015): Meeting Report. New Genomic Solutions for Conservation Problems Workshop, April 6-9, 2015 - Sausalito, California. <https://reviverestore.org/meeting-report>.
- Rode, N. O.; Estoup, A.; Bourguet, D.; Courtier-Orgogozo, V.; Débarre, F. (2019): Population management using gene drive: molecular design, models of spread dynamics and assessment of ecological risks. In: *Conservation Genetics* 20, S. 671–690.
- Rubenstein, D. R.; Rubenstein, D. I. (2016): From Pleistocene to trophic rewilding: A wolf in sheep's clothing. In: *PNAS* 113 (1), E1.
- Sandler, R. (2013): The Ethics of Reviving Long Extinct Species. In: *Conservation Biology* 28 (2), S. 354–360. DOI: 10.1111/cobi.12198.
- Sandler, R. (2017): Gene Drives and Species Conservation. An Ethical Analysis. In: Irus Braverman (Hg.): *Gene Editing, Law, and the Environment. Life Beyond the Human*. Milton: Taylor and Francis, S. 39–53.
- Sandler, R. (2019): The ethics of genetic engineering and gene drives in conservation. In: *Conservation Biology* 34 (2), S. 378–385. DOI: 10.1111/cobi.13407.
- Sauter, A.; Albrecht, S.; van Doren, D.; König, H.; Reiß, T.; Trojok, R.; Elsbach, S. (2015): *Synthetische Biologie - die nächste Stufe der Bio- und Gentechnologie*. Hg. v. Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag (TAB). Berlin. <https://publikationen.bibliothek.kit.edu/310104566>.
- SCBD (2000): *Cartagena Protocol on Biosafety to the Convention on Biological Diversity: text and annexes*. Montreal: Secretariat of the Convention on Biological Diversity (SCBD). <https://bch.cbd.int/protocol/text/>.
- SCBD (2015): *Synthetic Biology*. CBD Technical Series No. 82. Hg. v. Secretariat of the Convention on Biological Diversity (SBCD). Montreal. www.cbd.int/ts/cbd-ts-82-en.pdf.

- SCBD (2022): CBD Technical Series No. 100: Synthetic Biology. Hg. v. Secretariat of the Convention on Biological Diversity (SCBD). Montreal. <https://www.cbd.int/ts/>.
- Schell, C.; Engelhard, M.; Frohn, H.-W.; Berger, L. (Hg.) (2019): Neue Gentechniken und Naturschutz: eine Verhältnisbestimmung. Bundesamt für Naturschutz. Bonn - Bad Godesberg (BfN-Skripten, 546). www.bfn.de/publikationen/bfn-schriften/bfn-schriften-546-neue-gentechniken-und-naturschutz-eine.
- Schlacke, S. (Hg.) (2017): Gemeinschaftskommentar zum Bundesnaturschutzgesetz, 2. Auflage (Bearbeiter*innen, § 1 Kerkmann, J.; § 39 Schütte, P./Gerbig, M.; § 40 Köck W.).
- Schumacher, J.; Fischer-Hüftle, P. (2021): Bundesnaturschutzgesetz, Kommentar, 3. Auflage (Bearbeiter*innen, § 1 Schumacher, A./Schumacher J.; § 7 Kratsch, P. /Schumacher, A./Schumacher, J.).
- Shah, E.; Ludwig, D.; Macnaghten, P. (2021): The complexity of the gene and the precision of CRISPR. In: *Elementa: Science of the Anthropocene* **9** (1), E8. DOI: 10.1525/elementa.2020.00072.
- Shapiro, B. (2015): How to Clone a Mammoth. *The Science of De-Extinction*. Princeton etc.: Princeton University Press.
- Shapiro, B. (2017): Pathways to de-extinction: how close can we get to resurrection of an extinct species? In: *Functional Ecology* **31** (5), S. 996–1002. DOI: 10.1111/1365-2435.12705.
- Simon, S.; Otto, M.; Engelhard, M. (2018): Synthetic gene drive: between continuity and novelty. In: *EMBO reports* **19** (5). DOI: 10.15252/embr.201845760.
- Snow, A. A.; Andow, D. A.; Gepts, P.; Hallermann, E. M.; Power, A.; Tiedje, J. M.; Wolfenbarger, L. L. (2005): Genetically Engineered Organisms and the Environment: Current Status and Recommendations. In: *Ecological Applications* **15** (2), S. 337–404.
- Svenning, J.-C.; Pedersen, P. B. M.; Donlan, C. J.; Ejrnæs, R.; Faurby, S.; Galetti, M. et al. (2016): Science for a wilder Anthropocene: Synthesis and future directions for trophic rewilding research. In: *PNAS* **113** (4), S. 898–906. DOI: 10.1073/pnas.1502556112.
- Then, C. (2020): Gentechnik gefährdet den Artenschutz. Hg. v. Testbiotech und Deutscher Naturschutzring. www.testbiotech.org/content/gentechnik-artenschutz.
- Tiedje, J. M.; Colwell, R. K.; Grossman, Y. L.; Hodsden, R. E.; Lenski, R. E.; Mack, R. N.; Regal, P. J. (1989): The planned introduction of genetically engineered organisms: ecological considerations and recommendations. In: *Ecology* **70**, S. 298–315.
- Toepfer, G. (2020): Artenschutz durch Gentechnik? In: *Natur und Landschaft* **95** (5), S. 220–225.
- Torres, J. M.; Sánchez, C.; Ramírez, M. A.; Morales, M.; Bárcena, J.; Ferrer, J. et al. (2001): First field trial of a transmissible recombinant vaccine against myxomatosis and rabbit hemorrhagic disease. In: *Vaccine* **19** (31), S. 4536–4543. DOI: 10.1016/S0264-410X(01)00184-0.
- Waltz, E. (2021) First genetically modified mosquitoes released in the United States. *Nature* **593**, S. 175-176
- Weizsäcker, C. von (1996): Lacking Scientific Knowledge or Lacking the Wisdom and Culture of Not-Knowing. In: Ad van Dommelen (Hg.): *Coping with Deliberate Release. The Limits of Risk Assessment*. Tilburg [etc.]: International Centre for Human and Public Affairs, S. 195–206.
- Winter, G. (2007): Naturschutz bei der Ausbringung von gentechnisch veränderten Organismen - Teil 2. In: *Natur und Recht* **29**, S. 635–641. DOI: 10.1007/s10357-007-1345-4.

Mit dem vorliegenden Papier positioniert sich das Bundesamt für Naturschutz (BfN) zu einer auf internationaler Ebene geführten Diskussion über Forschungsansätze zur gentechnischen Veränderung wild lebender Organismen, die unter anderem im Naturschutz eingesetzt werden sollen. Naturschutz als Zweck und Begründung für die Freisetzung und Verbreitung von gentechnisch veränderten Organismen (GVO) ist ein *Novum* – ebenso wie die beabsichtigte Freisetzung und Verbreitung von GVO außerhalb landwirtschaftlich genutzter Flächen und die potenzielle gentechnische Veränderung von geschützten Arten. Die Position des BfN ist, dass wild lebende Organismen nicht in der Annahme eines möglichen Nutzens für den Naturschutz und unter Unkenntnis möglicher Schäden gentechnisch verändert werden sollten.

Da Auswirkungen gentechnischer Eingriffe in wild lebenden Organismen langfristig nicht absehbar sind, ist spekulativ, ob die mit gentechnischer Veränderung verfolgten Ziele realisierbar sind – zugleich sind unerwünschte, oftmals irreversible Auswirkungen möglich. Experimentelle, begrenzte Untersuchungen von Umweltwirkungen im Freiland sind im Einklang mit dem Vorsorgeprinzip und den geltenden Rechtsvorschriften wegen der Komplexität der aufnehmenden Ökosysteme kaum durchführbar. Es bestehen daher grundsätzliche Bedenken, ob naturschutzrechtliche Vorgaben im gentechnikrechtlichen Genehmigungsverfahren adäquat berücksichtigt werden können. Da gentechnisch veränderte Wildorganismen sich über Staatsgrenzen hinweg ausbreiten können, besteht Bedarf für den Ausbau von Mitwirkungsmöglichkeiten im Vorfeld von Freisetzungen sowie Bedarf für effektive Schutzmaßnahmen zur Verhinderung von Auswirkungen auf einem fremden Staatsgebiet auf Ebene des Übereinkommens über die biologische Vielfalt (Convention on Biological Diversity, CBD).

Die Eigenart der Natur gehört neben ihrer Vielfalt, Schönheit und Nützlichkeit zu den prioritären Schutzgütern des Naturschutzes – und ihr Wert beruht darauf, dass der menschlichen Gestaltung der Natur Grenzen gesetzt werden. Dauerhafte, weitreichende und vererbte gentechnische Veränderungen an wild lebenden Organismen widersprechen dem Wert der Eigenart der Natur und sind aus Sicht des BfN nicht mit den Naturverständnissen, übergeordneten Schutzgütern, Zielen und der Praxis des Naturschutzes vereinbar. Natur- und Technikverständnisse, die die Grundlage für Anwendungen der Synthetischen Biologie und der neuen Gentechniken sind, sollten in einem breiten gesellschaftlichen Diskurs thematisiert werden.

DOI 10.19217/pos222

