
Naturschutzphilosophische und -ethische Analyse zu gentechnischer Veränderung wild lebender Organismen

Thomas Potthast
Leonie N. Bossert

Impressum

Adressen des Autors und der Autorin:

Prof. Dr. Thomas Potthast Universität Tübingen, Lehrstuhl für Ethik, Theorie und Geschichte der Bio-
wissenschaften & Ethikzentrum IZEW, Wilhelmstraße 56, 72074 Tübingen
E-Mail: potthast@uni-tuebingen.de

Dr. Leonie N. Bossert Universität Tübingen, Lehrstuhl für Ethik, Theorie und Geschichte der Bio-
wissenschaften & Ethikzentrum IZEW, Wilhelmstraße 56, 72074 Tübingen
E-Mail: leonie.bossert@izew.uni-tuebingen.de

Fachbetreuung im BfN:

Dr. Kristin Hagen Fachgebiet I 3.2 Bewertung Synthetischer Biologie, Vollzug Gentechnikge-
setz

Förderhinweis:

Gefördert durch das Bundesamt für Naturschutz (BfN) mit Mitteln des Bundesministerium für Umwelt,
Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz (BMUV) (FKZ: 352 18 42401).

Diese Veröffentlichung wird aufgenommen in die Literaturdatenbank „DNL-online“ (www.dnl-online.de). Eine
pdf-Version dieser Ausgabe kann unter <https://bf.n.bsz-bw.de/home> heruntergeladen werden.

Institutioneller Herausgeber: Bundesamt für Naturschutz
Konstantinstr. 110
53179 Bonn
URL: www.bfn.de

Der institutionelle Herausgeber übernimmt keine Gewähr für die Richtigkeit, die Genauigkeit und Vollstän-
digkeit der Angaben sowie für die Beachtung privater Rechte Dritter. Die in den Beiträgen geäußerten Ansich-
ten und Meinungen müssen nicht mit denen des institutionellen Herausgebers übereinstimmen.

Diese Publikation 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).

DOI 10.19217/bfn2
Bonn 2025

Inhaltsverzeichnis

Impressum.....	2
Inhaltsverzeichnis	3
Abbildungsverzeichnis	4
Zusammenfassung	5
1 Hintergrund und Zielsetzung des Vorhabens	8
2 Aktivitäten des Forschungsprojekts.....	9
2.1 Systematische Literaturrecherche und -auswertung.....	9
2.2 Workshop-Konzeption und Durchführung.....	9
2.3 Naturschutz-philosophische und -ethische Analysen und Fachartikel	10
2.4 Beratungstätigkeiten.....	10
3 Forschungsergebnisse	11
3.1 Systematische Taxonomie.....	11
3.2 Natur- und Technikverständnisse: Produkt- und Prozessperspektiven.....	12
3.3 Naturschutzverständnisse	14
3.4 Ethische Diskussion: Angemessenheit und Kompatibilität	15
3.5 Gentechnik an wildlebenden empfindungsfähigen Tieren (Fachartikel 2).....	17
3.6 Erkenntnisse der Workshops und Einbettung in die Projektergebnisse	18
4 Identifizierung des weiteren Forschungsbedarfs.....	19
4.1 Analyse und Kritik der normativen Kraft des Fiktionalen in der Synthetischen Biologie für Naturschutzzwecke.....	19
4.2 Neobiota-Management und GVO: Historische und aktuelle Analysen zur Abwägung und Kritik von Zielen und Mitteln einschließlich ‚triage‘	19
4.3 Tierethische Analysen zu sog. <i>no pain harm</i> -Argumenten und empirische Datenlage bei der ‚Erzeugung‘ von GV-Wildtieren	20
4.4 Internationale Gerechtigkeitsfragen der (potenziellen und realen) Praxis des GVO- Einsatzes für Naturschutzzwecke.....	20
5 Literaturverzeichnis	21
Anhang: Literaturanalysen: Überblick der Hauptargumente	24

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: (Bio)Techniken, Natur und Eingriffstiefe – eine Taxonomie (nach Achatz 2013: 221).....	13
---	----

Zusammenfassung

Der Einsatz von Gentechnik wird seit ihrer Entwicklung besonders in den Kontexten der Humanmedizin und der Landwirtschaft intensiv kontrovers diskutiert. Aber auch der Naturschutz ist aktuell mit neuen Angeboten der Gentechnik konfrontiert, die sich auf das umfassendere Programm einer ingenieurbasierten und -orientierten Synthetischen Biologie beziehen. Mit diesen ist der Naturschutz zunehmend konfrontiert, weil für diesen Sektor passende technische Lösungen versprochen werden und sich nicht zuletzt die Weltnaturschutzunion IUCN damit intensiv befasst hat.

Diese Angebote der Gentechnik für den Naturschutz und die Formulierungen im Diskurs, mit denen darüber gesprochen wird, werfen grundlegende Fragen nach den Kategorien des ‚Natürlichen‘ und des ‚Künstlichen‘ bzw. des ‚Technischen‘ auf. Alle drei genannten Termini sind – philosophisch gesprochen – sogenannte „dichte Begriffe“, die sowohl beschreibende als auch wertende Dimensionen enthalten und sich somit eignen, nicht zuletzt im politischen Raum für bestimmte Agenden eingesetzt werden zu können.

Ziel des Vorhabens war daher, die Frage der Eignung und Wünschbarkeit der neuen Gentechniken für den Naturschutz auch jenseits der – freilich unverzichtbaren – direkten Nutzen-Risiko-Abwägungen zu erkunden: Um Gentechniken umfassend zu bewerten, müssen i) die Ziele, ii) die Mittel, um diese Zwecke zu erreichen, iii) die möglichen Folgen und Nebenfolgen und iv) der gesamtpolitische Kontext der Maßnahmen bewertet werden. Daraus erwächst die zentrale Frage: Passen die Mittel Gentechnik und die damit verbundenen Praktiken, aber auch die natur- und technikphilosophischen Vorannahmen und Implikationen der Gentechnik an wildlebenden Organismen zu übergreifenden Zielsetzungen des Naturschutzes?

Zur Bearbeitung wurden im Projekt folgende Arbeiten durchgeführt: Systematische Literaturrecherchen und -auswertungen; philosophische und ethische Analysen; Konzeption, Organisation, Durchführung und Nachbereitung von zwei internationalen Expert:innen-Workshops; Veröffentlichung von zwei englischsprachigen Fachartikeln sowie Beratungstätigkeiten für das BfN.

Der Naturschutz hat die Idee eines organischen Wachsens und Entwickelns positiv besetzt im Gegensatz zu einer rein technisch zweckrationalen Zielrichtung. Daraus ergeben sich zwei Fragen: 1) Welche Form des technisch Gestalteten ist eigentlich zu schützen? Alle traditionellen Kultursorten sind Schutzgut der Biodiversitätskonvention. Gentechnische Organismen sind es nicht. Wir fragen also hier nach den Eigenschaften und dem Ausmaß der technischen Zurichtung. 2) Die zweite Frage stellt den Herstellungsprozess in den Vordergrund. Hier wird nach Techniken, nach dem ‚Technischen‘ als Mittel im Naturschutz, also nach den Handlungsmodi und -praktiken gefragt, derer wir uns bedienen, um bestimmte Naturschutzziele zu verwirklichen. Und hier ist die Anschlussfrage, ob der Versuch einer möglichen Erhaltung einer seltenen bedrohten Spezies durch Einsatz von Gentechnik, beispielsweise via transgener Krankheitsresistenz, wünschenswert ist.

Es wurde das Argument stark gemacht, dass der Einsatz von Gentechnik, insbesondere die Freisetzung gentechnisch veränderter Organismen, für Naturschutzzwecke dem übergeordneten Ziel des Naturschutzes durchaus entgegensteht, auch wenn selbstverständlich eine Pluralität von Naturschutzzielen und -verständnissen angenommen und akzeptiert wird. Der übergeordnete regulative Gedanke des Naturschutzes besteht darin, der Natur so weit wie

möglich ihren Lauf zu lassen, auch in nachhaltigen Mensch-Natur-Beziehungen in Kulturlandschaften. In Kombination mit Analysen zur Eingriffstiefe und dem Ziel der Selbstorganisation (in) der Natur als übergeordnetem Ziel ist diese Argumentation stichhaltig. Die langsame Veränderung von Organismen (auch den konventionell gezüchteten) im Freiland ist ungleich dem Ausbringen von im Labor erzeugten gentechnisch veränderten Organismen (GVO), weil dies ein anderes ökologisches und evolutives Raum-Zeit-Schema der Entwicklung und Interaktionen darstellt. Dies gilt ebenso für GVO, die mithilfe ausgebrachter GVO mit integrierten synthetischen Gene Drives (GD) im Freiland erzeugt werden. Nur am Rande sei erwähnt, dass die vorgeblich ‚naturnähere‘ cis-gentechnische Veränderung einzelner Allele in den Projekten mit erklärten Naturschutz-Zielen zumeist genau nicht ansteht, sondern massive Eingriffe via Gene Drives und anderer Formen Synthetischer Biologie (De-Extinction). Zur Debatte um die (Un)Natürlichkeit der neuen Gentechniken – aber auch weit darüber hinaus – ist zu betonen: Im Gegensatz zur Eigengesetzlichkeit der Natur sind Menschen verantwortlich und rechenschaftspflichtig für ihre Eingriffe in die Dynamik der Mitwelt.

Die Diskussionen mit und Kommentare der Expert:innen auf beiden Workshops haben die oben skizzierten Forschungsergebnisse bestätigt und bestärkt. Inhaltlich bestätigt wurde, dass scheinbar ‚abstrakte‘ philosophische Grundfragen und ethische Aspekte von erheblicher Bedeutung für die Debatte und entsprechende wissenschaftliche ebenso wie politische Positionierungen sind, sie aber eher selten ausdrücklich im Detail erörtert werden.

Deutlich wurde, dass sich die philosophischen und ethischen Argumente für den Einsatz der Gentechnik (inkl. Gene Drives) häufig stark auf Hypothesen und Potential-Annahmen stützt, wobei die empirische Untermauerung fehlt und das tatsächliche Ermöglichen der diskutierten Optionen äußerst spekulativ ist. Obwohl sich also vieles innerhalb der Debatte auf „wenn, dann“-Annahmen stützt, wird es dennoch verhandelt, als seien es (in Kürze zu erwartende) Realistiken. Dies ist insofern als ungünstig zu bewerten, weil damit eine Problemlösungskompetenz der gentechnologischen Verfahren suggeriert wird, die (noch) nicht empirisch bestätigt ist. Der Ethiker Dietmar Mieth hat dies treffend die „normative Kraft des Fiktionalen“ genannt, welche die Abwägung von realistischen Zielen, angemessenen Mitteln und Folgenabschätzungen einseitig verzerrt.

Auch die biologische und ökosystemare Komplexität sowie der Einfluss evolutionärer Prozesse auf die langfristigen ‚Erfolgschancen‘ gentechnischer Methoden bei Wildorganismen werden trotz der großen Bedeutung in vielen philosophischen und ethischen Fachartikeln sowie auch in der politischen Debatte oftmals eher vernachlässigt, wie die Diskussion mit verschiedenen Stakeholdern bestätigt hat. Solche Erkenntnisse lassen bezweifeln, ob GVO und ihre möglichen Implikationen der gut begründeten Grundtendenz des Naturschutzes, möglichst viel Naturentwicklung mit möglichst wenig intensiven und tiefen Eingriffen zu ermöglichen, nicht allzu sehr widerspricht.

Ebenso wird in der tierethischen Debatte der Umgang mit den Tieren vernachlässigt, die für Experimente in der Entwicklung und Pionier-Anwendung der Methoden benötigt werden, wobei die Diskussion gezeigt hat, dass es schwierig ist, belastbare Zahlen dafür zu finden, wie viele Tiere in welchem Umfang für solche Entwicklungs- und Pionier-Experimente eingesetzt werden (müssen).

Die internationalen Expert:innen-Workshops haben zudem einen gewissen kulturell-philosophischen ‚bias‘ offenbart, der sich auch in der Fachliteratur findet. Es bestätigte sich die Einschätzung, dass die Gentechnologien im anglo-amerikanischen Diskussions-Umfeld eher als akzeptables Mittel und notwendiges ‚last resort‘ Mittel angesehen werden als im deutschsprachigen Umfeld, wo – ungeachtet signifikanter Ausnahmen – der Fokus stärker auf die Risiken und Unabwägbarkeiten gelegt wird. Dies hat eine lange Tradition nicht zuletzt in der Philosophie mit dem englischsprachig dominierenden konsequentialistischen Utilitarismus und den kontinental bedeutsamen Pflichtethiken sowie der auf das Vorsorgeprinzip setzenden Verantwortungsethik. Tugendethische Ansätze aus beiden Sprachräumen sind nicht so leicht in diesem Spektrum zu verorten.

Als weitere Forschungsdesiderate wurden identifiziert: a) Vertiefte philosophische, sozial- und medienwissenschaftliche Analyse und Kritik der normativen Kraft des Fiktionalen in der Synthetischen Biologie für Naturschutzzwecke; b) Neobiota-Management und GVO: Historische und aktuelle Analysen zur Abwägung und Kritik von Zielen und Mitteln einschließlich ‚triage‘; c) Tierethische Analysen und empirische Datenlage zu sog. *no-pain harms*-Argumenten bei gentechnisch veränderten (GV) Wildtieren; d) Internationale Gerechtigkeitsfragen der Praxis von GVO-Einsatz für Naturschutzzwecke.

1 Hintergrund und Zielsetzung des Vorhabens

Seit mehr als vier Jahrzehnten sind die Biotechnologie und insbesondere die Gentechnik – also mit molekularbiologischen Techniken bewirkte Veränderungen auf der Ebene von DNA- oder RNA-Sequenzen – Gegenstand wissenschaftlicher und gesellschaftlicher Debatten. Sie bieten den Anlass, um über die Frage nach Potenzialen und Realistiken der Problemlösung aber auch der Probleminduzierung durch Technik nachzudenken, entsprechende gesellschaftliche Diskurse zu führen und letztendlich eine entsprechende Governance in Rechtssystemen, Verwaltungs- und politischen Maßnahmen sowie weiteren Regelwerken zu organisieren. Konkret werden seither und aktuell verstärkt Regulierungsfragen der Gentechnik – insbesondere mit Verweis auf ‚neue‘ Methoden – im Rahmen des UN-Übereinkommens zur biologischen Vielfalt (CBD, inkl. Cartagena Protocol on Biosafety) sowie der EU-Freisetzungsrichtlinie verhandelt.

Der Einsatz von Gentechnik wird seit ihrer Entwicklung besonders in den Kontexten der Humanmedizin und der Landwirtschaft intensiv kontrovers diskutiert. Aber auch der Naturschutz ist aktuell mit Angeboten neuer Gentechniken konfrontiert, die sich zumeist auf das Programm einer ingenieurbasierten und -orientierten Synthetischen Biologie (vgl. dazu Frank 2019) beziehen. Der Naturschutz ist darum zunehmend mit solchen Aufgaben konfrontiert, weil für diesen Sektor passende technische Lösungen versprochen werden (z.B. Piaggio et al. 2017) und sich nicht zuletzt die Weltnaturschutzunion IUCN damit intensiv befasst (Redford et al. 2019 und anschließender Prozess zur Entwicklung einer Policy¹).

Diese Angebote der Gentechnik für den Naturschutz und die Formulierungen im Diskurs, mit denen darüber gesprochen wird, werfen grundlegende Fragen nach den Kategorien des ‚Natürlichen‘ und des ‚Künstlichen‘ bzw. des ‚Technischen‘ auf. Es lohnt sich gerade auch aus Naturschutzsicht, nicht nur den Begriff des Natürlichen kritisch in den Blick zu nehmen, wie es schon lange geschieht (vgl. Potthast 1999; Eser 2021). Vielmehr bedarf es auch einer differenzierten Sicht auf das ‚Technische‘ bzw. das ‚Künstliche‘. Alle drei genannten Termini sind – philosophisch gesprochen – sogenannte „dichte Begriffe“ (Williams 1986), die sowohl beschreibende als auch wertende Dimensionen enthalten und sich somit eignen, nicht zuletzt im politischen Raum für bestimmte Agenden eingesetzt werden zu können.

Ziel des Vorhabens war daher, die *Frage der Eignung und Wünschbarkeit der neuen Gentechniken für den Naturschutz* auch jenseits der – freilich unverzichtbaren – direkten Nutzen-Risiko-Abwägungen zu erkunden: Um Gentechniken umfassend zu bewerten, müssen i) die Ziele, ii) die Mittel, um diese Zwecke zu erreichen, iii) die möglichen Folgen und Nebenfolgen und iv) der gesamtpolitische Kontext der Maßnahmen bewertet werden (vgl. Potthast et al. 2022). Daraus erwächst die zentrale Frage: *Passen die Mittel Gentechnik und die damit verbundenen Praktiken, aber auch die natur- und technikphilosophischen Vorannahmen und Implikationen der Gentechnik an wildlebenden Organismen zu übergreifenden Zielsetzungen des Naturschutzes?*

Diese Aufgabenstellung erfordert mehrere Aspekte zusammen in den Blick zu nehmen: natur- und technikphilosophische, naturschutzgeschichtliche, wissenschaftstheoretische und nicht zuletzt interdisziplinär ethische sowie gesellschaftspolitische.

¹ Vgl. <https://www.iucn.org/our-work/informing-policy/setting-conservation-priorities/synthetic-biology-and-nature-conservation>.

2 Aktivitäten des Forschungsprojekts

Vor dem skizzierten Hintergrund wurde im Forschungsprojekt untersucht, welche philosophischen und ethischen Argumente innerhalb der naturschutzbezogenen Debatte zur Anwendung genetischer Veränderungen bei Wildorganismen angeführt werden, welche Überzeugungskraft diese Argumente haben – also inwiefern sie kohärent und konsistent ausgearbeitet sind – und inwiefern die verschiedenen Argumente sich auch auf historische, konzeptionelle und politische Dimensionen des Naturschutzes beziehen.

Damit verbunden waren folgende Aktivitäten:

- Systematische Literaturrecherchen und -auswertungen
- Philosophische und ethische Analysen
- Konzeption, Organisation, Durchführung und Nachbereitung von zwei internationalen Expert:innen-Workshops am 21./22. Juni sowie 24. Oktober 2022 (online Videokonferenz mit Präsenz des Projektteams im BfN in Bonn beim Juni-Workshop)
- Veröffentlichung von zwei englischsprachigen Fachartikeln
- Beratungstätigkeiten

2.1 Systematische Literaturrecherche und -auswertung

Im Verlauf des gesamten Projektes wurde vor allem aktuelle, aber auch ältere grundlegende ethische und philosophische Fachliteratur zur Thematik gentechnischer Ansätze und Verfahren für Zwecke des Naturschutzes recherchiert und gesichtet, wobei ein Fokus auf englischsprachiger Literatur lag, um den internationalen Diskurs abdecken zu können. Zu Projektbeginn wurde eine Literaturrecherche mit den entsprechenden Suchbegriffen durchgeführt; im weiteren Verlauf ergab sich dann die Literaturrecherche vor allem aus der Bearbeitung der Fachartikel nach dem ‚Schneeballprinzip‘. Die Ergebnisse der systematischen Literaturrecherche finden sich im Anhang, und zwar A) ein Gesamt-Literaturverzeichnis, B) eine Systematik zentraler Argumente sowie Zuordnung der Literatur zu Argumenten und Positionen (auf Deutsch) sowie C) Exzerpte und Auswertung einschlägiger philosophischer/ethischer Publikationen (auf Englisch).

2.2 Workshop-Konzeption und Durchführung

Zwei internationale Online-Workshops wurden im Rahmen des Projektes konzipiert, organisiert und durchgeführt. Der erste Workshop am 21./22. Juni 2022 hatte zum Ziel, die bisherigen Forschungsergebnisse denjenigen philosophischen und ethischen Expert:innen zu präsentieren, welche sich im internationalen Diskurs als wichtige ‚Stimmen‘ etabliert haben, und mit ihnen zu diskutieren. Die Teilnehmenden aus den englischsprachigen Ländern Europas und Nordamerikas zeigten sich beeindruckt von der reichhaltigen Debatte im deutschsprachigen Raum, die sie über diesen Workshop zum Teil erstmals kennen lernen konnten. Diese Vernetzung wurde sehr gelobt und eine Fortsetzung angeregt.

Der zweite Workshop am 24. Oktober 2022 stellte gleichzeitig die formale Abschlussveranstaltung des Projektes dar. Ergebnisse des Projektes wurden sowohl Philosoph:innen und Ethiker:innen, die sich mit entsprechenden Fragen beschäftigen, als auch Naturschutz-Akteur:innen aus Behörden und Verbänden sowie anderen wissenschaftlichen Expert:innen, die mit oder über gentechnologische Verfahren zu Naturschutzzwecken arbeiten, vorgestellt. Dies bot

die Möglichkeit, ethische Themen mit einer fachlich heterogeneren Gruppe von Fachleuten zu diskutieren, was ebenfalls als sehr gelungen von den Teilnehmenden rückgemeldet wurde.

Durch das jeweils gewählte Online-Format und die Durchführung in englischer Sprache war die Teilnahme von Expert:innen aus anderen Ländern und Zeitzone unkompiziert möglich und kam ohne nichtnachhaltige Transportmittel aus.

2.3 Naturschutz-philosophische und -ethische Analysen und Fachartikel

Zu naturschutzethischen und -philosophischen Fragen einerseits sowie zur Freisetzung gentechnisch veränderter Organismen andererseits gibt es ausdifferenzierte deutschsprachige Fachdebatten und entsprechende Veröffentlichungen. Im Laufe der Literaturrecherchen zeigte sich allerdings, dass beide in den entsprechenden internationalen englischsprachigen Diskussionen kaum bis überhaupt nicht rezipiert werden. Insofern wurde früh in diesem Projekt vereinbart, die Ergebnisse in englischsprachigen Fachjournalen und open access zu publizieren.

Fachartikel 1 ist ein systematischer Überblick der Forschungsergebnisse, der sich inhaltlich und formal an der Gliederung des Berichtskapitels 3 (s. unten) orientiert. Er ist unter dem Titel „Genetic engineering for nature conservation – appropriate means for the intended ends? Conceptual and ethical perspectives on a problematic constellation“ bei der Zeitschrift *Conservation Biology* eingereicht.

Fachartikel 2 ergab sich aus der Erkenntnis, dass es zur Gentechnik im Naturschutz einen bisher kaum beachteten wichtigen Schnittpunkt zu tierethischen Fragen gibt und dass die jeweiligen Fachdiskussionen von Naturschutz-/Umweltethik einerseits und Tierethik andererseits praktisch nicht verbunden sind. Dieser Verbindung ist der Beitrag gewidmet, der die ethische Frage nach der gentechnischen Veränderung wildlebender empfindungsfähiger Tiere stellt und beantwortet. Er ist unter dem Titel „Genetic engineering, nature conservation and animal ethics: Why genetically modifying wild sentient animals is not a good option“ in der Zeitschrift *Environmental Ethics* publiziert (Bossert & Potthast 2025; 2024 online first).

Die Möglichkeit einer weiteren Fachpublikation – wenn auch nicht als direktes Produkt des Projektes – ergab sich durch den Besuch von Thomas Potthast auf einer Tagung zu Gene Drives und Natur(schutz) im Juli 2022, woraus gemeinsam mit sechs Kolleg:innen (darunter Mathias Otto, BfN FG I 3.2) ein konzeptionell-technikphilosophisch ausgerichteter Beitrag für die Zeitschrift *Gaia – Ökologische Perspektiven für Wissenschaft und Gesellschaft* unter dem Titel „Putting gene drives into context“ entstand (Rabitz et al. 2024).

2.4 Beratungstätigkeiten

Zu folgenden Themen erfolgten Beratungen des Fachgebiets I 3.2 (Bewertung Synthetischer Biologie, Vollzug Gentechnikgesetz) mit Prof. Thomas Potthast:

- philosophisch-ethische Analyse und Kommentierung des BfN-Positionspapiers "Grenzen der Gestaltung", einschließlich Prüfung einzelner Abschnitte in der englischen Übersetzung;
- fachlicher Austausch zu den laufenden IUCN-Diskussionen zu Gentechnik und Naturschutz;
- wissenschaftsphilosophische Beratung zu Ökologie als Disziplin aus Agrar- und Naturschutzperspektive

- philosophisch-ethische Beratung in Zusammenhang mit dem europäischen Diskurs zu Sustainability im Kontext des (Inception) Impact Assessment zur Gentechnikregulierung

3 Forschungsergebnisse

Es wird im Folgenden sehr kurz (3.1) eine genauere kritische Gegenstandskonstituierung und Taxonomie von GVO und ihren Zielsystemen vorgenommen, danach (3.2) werden unterschiedliche Natur- und Technikverständnisse mit Bezug sowohl auf die Gentechnik als auch den Naturschutz aufgearbeitet, um dann (3.3) die historischen und aktuellen Konzepte und das Selbstverständnis im Naturschutz zu skizzieren sowie (3.4) die Frage nach der Angemessenheit und Kompatibilität der Gentechnik an wildlebenden Organismen zu stellen.

Diese Punkte fassen den Ertrag des Fachartikels 1 zusammen; in einem weiteren Abschnitt (3.5) sind die Ergebnisse des Fachartikels 2 mit Fokus Tierethik vorgestellt und schließlich (3.6) werden die Erträge der Workshops in den Gesamtertrag des Projekts einbezogen.

3.1 Systematische Taxonomie

Mögliche künftige Einsätze der Gentechnik im Naturschutz, welche mit Freisetzung von GVO (inkl. Gene Drives und andere Ansätze der Synthetischen Biologie) einhergehen würden, werden – grob geclustert – für drei Anwendungsfelder angeboten:

- Erhaltung bedrohter Arten, wobei diese genetisch so verändert („verbessert“ im Sinne von *enhancement*) werden sollen, dass sie künftig beispielsweise widerständiger gegen Krankheitserreger oder besser an klimatische Veränderungen angepasst wären (z.B. Palmer 2016: 235);
- sogenannte De-Extinction, also der Versuch, ausgestorbene Arten aufgrund von erhaltener DNA bzw. Fragmenten in Kombination mit Genombestandteilen oder Zellen nahe verwandter Arten „zurückzubringen“ (für eine ethische Diskussion vgl. Kasperbauer 2017; Sandler 2017); und schließlich
- die gezielte Ausrottung von a) Krankheitserregern und b) invasiven Neobiota, wobei Gene Drives die am häufigsten diskutierte Methode zur Erreichung dieser Ziele darstellen. Gene Drives werden zur gentechnischen Veränderung von Wildtieren eingesetzt, um beispielsweise Mückenarten als Überträger von Malaria auszurotten – was allerdings kein Projekt des Naturschutzes ist, aber darauf erhebliche Auswirkungen hätte – oder Neobiota, die eine Gefahr für endemische Arten darstellen, zu eliminieren (für einen allgemeinen Überblick vgl. CSS et al. 2019).

Die ethische Diskussion über die Vertretbarkeit solcher – für den Naturschutzkontext neu angebotenen – gentechnischen Methoden ist ebenso intensiv wie kontrovers. Dabei müssen sowohl zum einen empirische Aspekte der Machbarkeit und der erwartbaren Folgen und Nebenfolgen als auch zum anderen normative Aspekte der Wünschbarkeit debattiert werden, einschließlich der Notwendigkeit, dies miteinander in Verbindung zu setzen (vgl. Potthast 2019). In der Diskussion findet sich ein Spektrum verschiedener Positionen, das sich in drei Kategorien einteilen lässt:

- A.** Positionen, innerhalb derer die Anwendung von Gentechnologien auf Wildorganismen als potenziell effiziente und erfolgreiche Methode für die Umsetzung von Naturschutzzielen

als generell wünschenswert aufgefasst wird (Brister & Newhouse 2020; Brister et al. 2021; Phelan et al. 2021),

- B.** Positionen, die keine grundsätzliche bzw. breite Anwendung befürworten, sondern in Gentechnologien für Naturschutzzwecke eine Art ‚letztes Mittel‘ sehen, welches nur in den Fällen und Kontexten akzeptabel ist, in denen es anscheinend keine Alternativlösung mehr zu geben scheint (Palmer 2016; Sandler 2019; Thiele 2020), sowie
- C.** Positionen, die die Eignung dieser Methoden für den Naturschutz im Allgemeinen in Frage stellen und auf die damit einhergehenden Herausforderungen auf den Ebenen der Risikobewertung und der übergeordneten Ziele des Naturschutzes verweisen (z.B. Engelhard 2020; Simon et al. 2018; BfN 2022).

3.2 Natur- und Technikverständnisse: Produkt- und Prozessperspektiven

In der Diskussion um neue Gentechniken wird betont, dass nun zum Teil Pflanzen generiert werden könnten, die aufgrund nicht mehr vorhandener Marker-Gensequenzen oder durch ‚exakt‘ an den Genort passenden Einbau eines von derselben Art stammenden Allels (‚cis-Gentechnik‘) am Ende gar nicht mehr als gentechnisch manipuliert erkennbar seien und somit gleichsam als natürlich beziehungsweise nicht mehr als technisch gelten könnten. Unabhängig von der empirischen Frage, ob dies wirklich technisch ohne andere Veränderungen möglich wäre: Hier gehen die Kategorien des „Natürlichen“ und des „Künstlichen“ beziehungsweise des „Technischen“ durcheinander. Bei etwas „Natur-Identischem“ kann – vollständig synthetisch hergestellt – im Produkt das Technische zwar nicht mehr sichtbar sein, aber damit ist das Produkt gerade nicht technikfreie Natur geworden, das wäre ein Kategorienfehler in der Begrifflichkeit (vgl. Potthast et al. 2022).

Wir können dasjenige, dem wir seine Technizität nicht mehr ansehen, nicht einfach als Natur bezeichnen, weil wir sonst Begriffe beliebig und damit falsch verwenden würden. In Abb. 1 sind das Kontinuum von Natürlichkeit und Technizität sowie die Eingriffstiefe abgetragen. Deutlich zeigt sich hierbei, dass bei Lebewesen „Natur-Identität“ gerade mit extremer technischer Eingriffstiefe einhergeht. Das ist ein Grund, warum wir Technikbewertung immer auch als Prozessbewertung vornehmen müssen und nicht allein bei der Betrachtung von Produkten bleiben dürfen. Letzteres hat erhebliche Auswirkungen auch auf die Gesetzgebung: Aus Nordamerika wird die Tradition der reinen Produktbewertung auch für Europa hinsichtlich der Bewertung und Zulassung der Gentechnik vorgeschlagen. Aus den oben genannten Gründen erscheint dies sachlich und konzeptionell nicht angemessen, was noch etwas weiter erläutert werden soll.

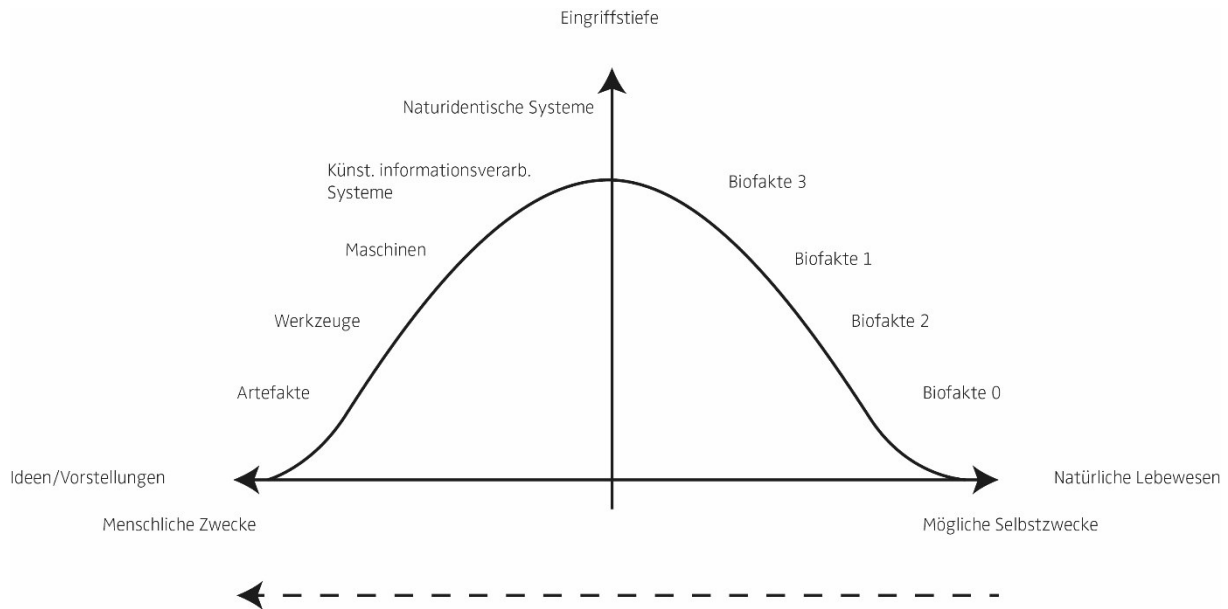


Abb. 1: (Bio)Techniken, Natur und Eingriffstiefe – eine Taxonomie (nach Achatz 2013: 221).

Es muss klar sein, dass der Begriff der Eingriffstiefe erfordert, natur- bzw. technikphilosophische Wertungen abzugeben, welche technische Intervention warum als tief oder als nicht so tief gelten soll (vgl. Gleich 1989). ‚Eingriffstiefe‘ stellt eine Kombination empirischer Aspekte und der Beurteilung von deren ‚Tiefe‘ dar. Dies lässt sich mit Gründen tun, wie eben die Einschätzung von Gentechniken und mehr noch Gene Drives und Synthetischer Biologie, weil diese maßgeblich in die Konstitution des Lebendigen und seiner Umwelt intervenieren, bzw. diese transformieren. Also handelt es sich bei der ‚Eingriffstiefe‘ nicht um Beliebigkeit. Insofern ist die Behauptung, dass Menschen ja ‚schon immer‘ in die Natur eingegriffen hätten, kein sinnvolles Argument zur Rechtfertigung einer bestimmten Art und Weise der technischen Intervention, wie es nicht selten von Befürwortenden der Gentechnik behauptet wird, oft verbunden mit der These, dass sich Natur ja auch von sich aus dynamisch verändere (aktuell z.B. Horta 2010; Brister & Newhouse 2020; Brister et al. 2021).

Genauer betrachtet kommen uns solche Zuschreibungen nicht aus der Technik, aus der Natur, aus dem Material entgegen, sondern entstehen in interpretierender Zwiesprache damit. Dies ist ein entscheidender Punkt. Bemerkenswert an Achatz’ (2013) Analyse (vgl. Schema in Abb. 1) ist, dass hier „naturidentische Systeme“ diejenigen Systeme sind, die die höchste „Eingriffstiefe“- oder „Einflusstiefe“ aufweisen. Warum? Weil hier das Maximale der Verdrängung der Eigendynamik des Natürlichen besteht, nämlich die maximale menschliche Überprägung. Wo Naturidentisches technisch erzeugt wird, treffen die beiden Dimensionen am intensivsten aufeinander. Eingriffstiefe hat offensichtlich etwas damit zu tun, dass Menschen etwas, was eigentlich nicht von Menschen eingerichtet ist, nun so zurichten, dass es zwar auch noch Natur ist, aber zugleich eben maximal technisch manipuliert. In einem weit verbreiteten – und wie erläutert unzutreffenden – binären Denkmodell werden Natur und Technik als sich strikt ausschließend (philosophisch gesprochen: „polarkonträr“) gegenübergestellt: Erstere umfasst Dinge und Prozesse, die (überhaupt) nicht von Menschen beeinflusst sind, während Technik als Begriff dafür steht, dass Menschen die Welt um sich herum – und zuweilen auch ihre eigene Natur – absichtsvoll (um)gestalten. Mit dieser Binarität lassen sich alle Differenzierungen

wegschieben, was sowohl sachlich unangemessen ist als auch oft in ideologischer Weise geschieht.

3.3 Naturschutzverständnisse

Manche Protagonist:innen scheinen weniger daran interessiert, Natur- und Technikbegriffe angemessen, transparent und möglichst widerspruchsfrei in Naturschutz-Debatten zu verwenden. Dies zeigt sich nicht nur in der Frage, ob Prozessschutz oder Kulturlandschaftsschutz der ‚eigentlichen‘ Idee des Naturschutzes eher entsprechen oder sich einer davon besser ‚den Menschen‘ vermitteln ließe – auch hier wird ein falscher binärer Gegensatz konstruiert (vgl. Potthast 2006). Und gerade die Debatte um die Freisetzung gentechnisch veränderter Organismen und aktuell die Kritik an der rechtlichen Regulierung neuer Gentechniken zeugen davon. Nicht nur, aber auch für den Naturschutz ist es wichtig zu unterscheiden, wann es wirklich um unterschiedliche Natur- und Naturschutzverständnisse geht, die Verständnis und Verständigung erfordern, und wann strategisch-manipulative Dimensionen vorherrschen, gerade dort, wo Fragen strittig sind und wo unübersichtliche Gemengelagen bestehen.

Für den Naturschutz scheint zunächst Technik als menschliche Artefakte genau das zu sein, was nicht zu seinem Gegenstandsbereich gehört. Wichtig ist dabei, dass selbst in der Kulturlandschaft die (semi-)natürlichen Strukturen und Prozesse geschützt werden sollen (plus in ästhetischer Hinsicht auch bestimmte Siedlungsformen u.ä.). Institutionell führt dies beispielsweise dazu, dass Naturschutz und Naturkunde auf der einen und Technik auf der anderen Seite sowie die entsprechenden Institutionen (Ministerien, Ämter, Museen) weitgehend getrennt voneinander operieren. Zwar werden Naturwissenschaften und Technik eng zusammengedacht, nicht aber Naturschutz und Technik. In diesem Sinne sind technische Dinge und Prozesse keine Gegenstände der *Zielebene* im Naturschutz. Sehr wohl spielt Technik jedoch eine Rolle als *Mittel*, wie die Verwendung von technischen Geräten in der Landschafts- und Biotoppflege oder bei umfangreichen Renaturierungsmaßnahmen zeigen. Während es eine umfangreiche und kontroverse Debatte über das Verhältnis von Natur und Kultur in Naturschutz gibt (Heiland 1992; Schama 1996), findet eine differenzierte Auseinandersetzung mit dem Begriff der Technik und der praktischen Implikationen kaum statt (vgl. Potthast et al. 2022).

Es sei ausdrücklich darauf hingewiesen, dass es für den Naturschutz weder hilfreich noch angemessen ist, auf der Objektebene eine binäre Unterscheidung zwischen ‚natürlich‘ oder ‚nicht natürlich‘ zu treffen. Sie lässt sich in empirisch vorfindlichen Gegenständen zumeist nicht aufzeigen, weil sie stets ‚Natürliches‘ und Anthropogenes zugleich ausweisen. Eine konträktorische (einander ausschließende) Gegenüberstellung von Natur und Kultur/Technik führt zu den bekannten Aporien, wenn auf einmal Arten der Kulturlandschaft als nichtnatürlich (oder: ‚gar keine Natur‘) gekennzeichnet werden oder wenn die Doppelgestalt von Menschen als zugleich Natur und Nichtnatur für Verwirrung sorgt. Solche Schwierigkeiten lassen sich klären: Offenkundig sind Dinge oder Prozesse dieser Welt ‚natürlich‘ auf einem graduellen Kontinuum zwischen den Extremen Natur und Artefakt, wobei es allerdings schwerfällt, sich etwas Technisches in materieller Hinsicht als reine Künstlichkeit ohne jeden Anteil von Natürlichem vorstellen zu können. Die Ökologie und der Naturschutz kennen dieses Spektrum, wenn sogenannte Hemerobiestufen von Lebensräumen bzw. Lebensgemeinschaften unterschieden werden (Kowarik 2016). Zu behaupten, es gebe keine ‚echte‘ oder ‚wirkliche‘ Natur mehr, ist empirisch betrachtet trivial in einer Welt global verbreiteter anthropogener Wirkun-

gen; vielmehr kommt es darauf an, ‚Natürlichkeit‘ über ‚Naturnähe‘ oder ‚Naturferne‘ als graduelle Abstufungen zu verstehen. Tatsächlich ist es üblich, in einer Kriteriologie eine nachvollziehbare Gradierung von ‚Natürlichkeit‘ aufzustellen. Dies reicht als Beschreibungsmodus von Natürlichkeitsstufen, -graden, -gradienten (Waldenspuhl 1991; Wulf 1999), selbst dort, wo beispielsweise im Rahmen des Klimawandels anthropogene und nichtanthropogene Ursachen sehr schwer trennbar sind bzw. werden (Potthast 2013).

Es lässt sich einigermaßen unstrittig sagen, dass ‚Natürliches‘ in einem weiteren Sinne Ziel des Naturschutzes ist, seien es konkrete Wesen und Dinge wie Lebewesen, Arten und Ökosysteme, seien es Prozesse (Eser & Potthast 1999). Auch in der Kulturlandschaft geht es um das Natürliche in dem Sinne des Selbstorganisierenden möglichst vieler Prozesse und Wesen, aber auch des historisch Gewachsenen (Wegener 1998). Damit ist deutlich: Was in der Kulturlandschaft geschützt wird, ist nichts Technisches oder als technisch Verstandenes, sondern das graduell unterschiedlich ‚Natürliche‘ in der Kulturlandschaft: Pflanzen, Tiere, Landschaftselemente, die zwar einen kulturellen Entstehungsimpuls haben, aber keine ‚Technik‘ sind, sondern ‚Kulturnatur‘. Wir schützen das ‚Natürliche‘ dabei auch im Bereich der Renaturierung so, wie es sich auf Basis des technisch Gemachten dann von selbst entwickelt und einstellt (Wiegand et al. 2013; Potthast et al. 2022).

3.4 Ethische Diskussion: Angemessenheit und Kompatibilität

Der Naturschutz hat die Idee eines organischen Wachstums und Entwickelns positiv besetzt im Gegensatz zu einer rein technisch zweckrationalen Zielrichtung. Daraus ergeben sich zwei Fragen: 1) Welche Form des technisch Gestalteten ist eigentlich zu schützen? Alle traditionellen Kultursorten sind Schutzgut der Biodiversitätskonvention. Gentechnische Organismen sind es nicht. Wir fragen also hier nach den Eigenschaften und dem Ausmaß der technischen Zurichtung. 2) Die zweite Frage stellt den Herstellungsprozess in den Vordergrund. Hier wird nach Techniken, nach dem ‚Technischen‘ als Mittel im Naturschutz, also nach den Handlungsmodi und -praktiken gefragt, deren wir uns bedienen, um bestimmte Naturschutzziele zu verwirklichen. Und hier ist die Anschlussfrage, ob der Versuch einer möglichen Erhaltung einer seltenen bedrohten Spezies durch Einsatz des Mittels CRISPR/Cas, beispielsweise via transgener Krankheitsresistenz, wünschenswert ist.

Es wurde das Argument stark gemacht, dass der Einsatz von Gentechnologie für Naturschutzzwecke dem übergeordneten Ziel des Naturschutzes durchaus entgegensteht, auch wenn selbstverständlich eine Pluralität von Naturschutzzielen und -verständnissen angenommen und akzeptiert wird. Der übergeordnete regulative Gedanke des Naturschutzes besteht darin, der Natur so weit wie möglich ihren Lauf zu lassen, auch in nachhaltigen Mensch-Natur-Beziehungen in Kulturlandschaften. In Kombination mit dem oben Ausgeführten zu Fragen der Eingriffstiefe und dem Ziel der Selbstorganisation (in) der Natur als übergeordnetem Ziel ist diese Argumentation stichhaltig. Die langsame Eigen-Veränderung von Organismen (auch den konventionell gezüchteten) im Freiland ist ungleich dem Ausbringen von im Labor erzeugten Organismen, weil es ein anderes Raum-/ Zeitschema der Entwicklung und Interaktionen ist. Eine vorsichtige, vorsorgende Regelung des Inverkehrbringens erscheint plausibel. Nur am Rande sei erwähnt, dass die vorgeblich ‚naturnähere‘ cis-gentechnische Veränderung einzelner Allele in den Projekten für den Naturschutz genau nicht ansteht (Ausnahme vgl. Brister et al. 2021), sondern massive Eingriffe via Gene Drives und anderer Techniken Synthetischer Biologie. Zur Debatte um die (Un)Natürlichkeit der neuen Gentechniken – aber auch weit darüber hinaus – ist zu betonen: Im Gegensatz zur Eigengesetzlichkeit der

Natur sind Menschen verantwortlich und rechenschaftspflichtig für ihre Eingriffe in die Dynamik der Mitwelt.

Die Struktur von Argumenten *für* den Einsatz von Gentechnik (v.a. GVO und GD) ist wie folgt:

Prämisse 1: X (= invasive Arten, Verlust einer Art durch Pathogene oder Klimaänderung etc.) stellt ein aktuelles moralisches Problem dar/verursacht Leid (konkretes Werturteil).

Prämisse 2: Wir sollten die uns zur Verfügung stehenden Mittel nutzen, um moralische Probleme zu beheben/Leid zu mindern (generelle moralische Regel).

Prämisse 3: Die Methoden, die wir bisher verwenden, um X zu beheben, sind unzureichend / Wir haben alle anderen verfügbaren Methoden, um X zu beheben, bereits ausgeschöpft (empirische Bewertung).

Prämisse 4: Gentechnik stellt ein machbares und ggf. sogar besseres (= kostengünstiger, schneller, effizienter, wirkungsvoller, weniger aufwendig, langfristiger etc.) Mittel dar, um X zu beheben (empirisch-prognostische Bewertung).

Konklusion Variante 1: Dann/Also ist es moralisch geboten (oder zumindest erlaubt), Gentechnik einzusetzen, um X zu beheben (pflichtenethisch bzw. konsequentialistisch).

Konklusion Variante 2: Dann/Also ist die Verwendung von Gentechnik, um X zu beheben, ein Akt des Mitgefühls/eine moralisch vorbildliche Handlung (tugendethisch).

Es ist dabei jeweils die Plausibilität der Prämissen zu prüfen, um die Plausibilität der Schlussfolgerung zu ermitteln. Dabei zeigt sich, wie abhängig solche Argumente von der Realistik bestimmter empirischer Annahmen ist (siehe auch 3.5 und 3.6 dazu), dass zugleich aber die Prämisse 2 die ethisch vielleicht für dieses Projekt entscheidende Frage aufwirft – derjenigen nach der Angemessenheit des Mittels.

Für die interdisziplinär-ethische Beurteilung von Gentechnik sind dann vier Fragen von zentraler Bedeutung (vgl. u.v.a. Potthast et al. 2022):

- Sind die mit der Gentechnik (inkl. GVO und GD) / dem konkreten gentechnischen Eingriff verfolgten **Ziele** erstrebenswert?
- Ist Gentechnik (inkl. GVO und GD) / der konkrete gentechnische Eingriff das geeignete **Mittel** zur Lösung des konkreten Problems? Gibt es vielleicht andere und bessere Mittel und Wege, um die gewünschten Ziele zu erreichen?
- Sind die möglichen **Folgen und Nebenfolgen**, die sich aus dem Einsatz der Gentechnik (inkl. GVO und GD) / des konkreten Eingriffs ergeben, akzeptabel. Das betrifft umweltbezogene ebenso wie soziökonomische.
- Was ist der **gesamtgesellschaftliche Kontext**, in den eine Technologie und deren mögliche Einsatzbedingungen eingebettet sind. Dazu gehört u. a. maßgeblich die Frage, ob die technische Lösung nur an Symptomen, nicht aber den Ursachen eines Problems ansetzt, oder ob diese Technologie kompatibel ist mit Wahl- und Entscheidungsfreiheiten.

Wichtig zu beachten ist eine integrierte Betrachtung aller vier Fragen einschließlich der Unsicherheits- und Ungewissheitsaspekte, die oft bei ‚reinen‘ Risikodebatten unterbleibt. Im Ergebnis – dies sei in aller Kürze hier postuliert – lässt sich, all *things considered*, kein wirklich starkes umfassendes Argument für den Einsatz der Gentechnik im Naturschutz machen. Es

kann nicht sinnvoll sein, *jedes* Mittel für den Naturschutz einzusetzen, selbst wenn es als das letzte mögliche, das *last resort*, erscheint, solange dieses Mittel auf der Zielebene des Naturschutzes problematisch erscheint (s.o.), solange die Realistik des erfolgreichen Mitteleinsatzes nicht klar ist und solange hinsichtlich der unerwünschten Folgen und Nebenfolgen so viele Ungewissheiten bestehen (vgl. BfN 2022).

3.5 Gentechnik an wildlebenden empfindungsfähigen Tieren

In der Debatte um die mögliche Anwendung von Gentechnologien zu Naturschutzzwecken finden sich zahlreiche paradigmatische Anwendungsbeispiele, die sich speziell auf wildlebende Tiere beziehen. Zudem hat die Literaturrecherche aus dem Bereich der Wildtierethik ergeben, dass auch in dieser eine stetig zunehmende Diskussion um die Zulässigkeit bzw. angebliche Notwendigkeit einer gentechnologischen Veränderung von wildlebenden Tieren stattfindet. Auch in der Wildtierethik werden vermehrt Argumente für eine solche Modifizierung ausgearbeitet und solche Forderungen werden unterschiedlich bewertet. Obgleich der ‚Forschungsgegenstand‘ (wildlebende Tiere) hierbei sehr ähnlich bis hin zu identisch ist mit der Debatte in Naturschutzkreisen, beziehen sich die Fachdiskussionen nicht aufeinander. Um dieses Desiderat zu beheben, wurde im Forschungsprojekt die wildtierethische Fachdiskussion speziell untersucht und mit der naturschutzspezifischen Fachdiskussion in Zusammenhang gebracht. Dies verbindet einerseits die ansonsten eher getrennt geführten Debatten. Andererseits bietet es auch daher einen Mehrwert, da die in der Tierethik angeführten Argumente *für* oder – seltener anzutreffen – *gegen* eine gentechnische Veränderung von Wildtieren auf interessante Weise viele der Begründungslinien spiegeln, die in der ‚allgemeinen‘ Diskussion um die gentechnologische Veränderung von wilden Organismen zu Naturschutzzwecken angeführt werden. Das häufigste Beispiel ist das ‚letzte Mittel‘-Argument, welches in Bezug auf Wildtiere sehr häufig im Zusammenhang mit Klimaveränderungen auf Grund des anthropogenen Klimawandels, an die zahlreiche Wildtiere nicht mehr angepasst sein werden, angeführt wird.

Die Untersuchung der Bewertungen gentechnologischer Veränderungen von Wildtieren innerhalb der aktuellen Tierethik-Debatte hat einerseits deutlich gemacht, dass die Tierethik ihrer Charakteristik als anwendungsbezogene Ethik – und damit notwendigerweise interdisziplinär ausgerichteter Fachbereich – dahingehend stärker nachkommen sollte, dass die Expertise von Ökolog:innen und Personen mit Fachwissen zu den biotechnologischen Verfahren stärker in die Argumentation eingebunden werden sollte, sofern die Ergebnisse außerhalb der eigenen Fachdiskussion für die Praxis implementierbar sein sollten. Letzteres stellt unseres Erachtens eine zentrale Aufgabe der anwendungsbezogenen Ethik dar. Viele Argumentationslinien in der tierethischen Fachdiskussion stellen philosophisch interessante Gedankenexperimente dar, sind für eine Umsetzung in der Praxis jedoch eher nicht als normative Grundlage nutzbar, da der Einbezug empirischer Forschungsergebnisse (teilweise) fehlt. Andererseits hat die Untersuchung der Debatte gezeigt, dass in den meisten tierethischen Ansätzen, die sich für die Anwendung gentechnologischer Verfahren bei Wildtieren aussprechen, der Fokus stark auf dem Leiden (*suffering*) der individuellen Tiere liegt. Bei konsequentialistischen Ansätzen liegt dies nahe (so z.B. bei Horta 2010; Tomasik 2015), es findet sich jedoch auch in explizit deontologischen Ansätzen (so bei Johannsen 2021). Abgesehen davon, dass, wie bereits angesprochen, in vielen dieser Ansätze die ökologischen Konsequenzen vernachlässigt werden, ist dies unseres Erachtens auch aus tierethischer Perspektive zu kurz gegriffen. Eine Reduzierung tierlichen Wohlergehens auf das Frei-Sein von Leiden und Schmerz wird der Komplexität empfindungsfähiger Tiere nicht gerecht, sowohl in Bezug auf sie als Individuen, als auch in

Bezug auf ihre sozialen Gefüge. Selbst wenn (und dies ist äußerst spekulativ) die Leiderfahrungen wildlebender empfindungsfähiger Tiere durch den Einsatz von Gentechnologie reduziert werden könnte, würde dieser Eingriff immer noch einen Schaden darstellen, wenn auch einen Schaden, der sich nicht auf Leiden oder Schmerz bezieht. Die Ausklammerung von sogenannten *no-pain harms* in der aktuellen tierethischen Debatte um diesen Einsatz halten wir für verfehlt und gehen davon aus, dass die durch den gentechnologischen Eingriff entstandene Änderung der Interessensstrukturen von Wildtieren sowie die damit einhergehende Modifizierung ihres Selbstbestimmungsgrads als Schaden gewertet werden können. Diese Art der Schädigung dient als Grundlage, um ein valides Argument gegen eine solche gentechnologische Modifizierung von Wildtieren vorzulegen, in Ergänzung zu den Gegenargumenten, dass a) die pro-Argumente den sehr hohen Grad der Komplexität ökosystemarer Gefüge und fortführender evolutionärer Prozesse außer Acht lassen und b) Argumente, die diesen ‚Techno-Fix‘ als letztes Mittel präsentieren, ignorieren, dass nach wie vor Alternativmethoden bestehen, um beispielsweise das Aussterben einer Art bzw. große Leiden von Tierindividuen durch mangelnde Anpassung an sich ändernde Klimabedingungen oder durch Krankheitserreger zu verhindern.

3.6 Erkenntnisse der Workshops und Einbettung in die Projektergebnisse

Die Diskussionen mit und Kommentare der Expert:innen auf beiden Workshops haben die oben skizzierten Forschungsergebnisse bestätigt und bestärkt. Inhaltlich bestätigt wurde, dass scheinbar ‚abstrakte‘ philosophische Grundfragen und ethische Aspekte von erheblicher Bedeutung für die Debatte und entsprechende wissenschaftliche ebenso wie politische Positionierungen sind, sie aber eher selten ausdrücklich im Detail erörtert werden.

Deutlich wurde, dass sich die philosophischen und ethischen Argumente für den Einsatz der Gentechnik (inkl. Gene Drives) häufig stark auf Hypothesen und Potential-Annahmen stützt, wobei die empirische Untermauerung fehlt und das tatsächliche Ermöglichen der diskutierten Optionen äußerst spekulativ ist. Obwohl sich also vieles innerhalb der Debatte auf „wenn, dann“-Annahmen stützt, wird es dennoch verhandelt, als seien es (in Kürze zu erwartende) Realistiken. Dies ist insofern als ungünstig zu bewerten, weil damit eine Problemlösungskompetenz der gentechnologischen Verfahren suggeriert wird, die (noch) nicht empirisch bestätigt ist. Der Ethiker Dietmar Mieth (2002) hat dies treffend die „normative Kraft des Fiktionalen“ genannt, welche die Abwägung von realistischen Zielen, angemessenen Mitteln und Folgenabschätzungen einseitig verzerrt.

Auch die biologische und ökosystemare Komplexität sowie der Einfluss evolutionärer Prozesse auf die langfristigen ‚Erfolgschancen‘ gentechnischer Methoden bei Wildorganismen wird trotz der großen Bedeutung in vielen philosophischen und ethischen Fachartikeln sowie auch in der politischen Debatte oftmals eher vernachlässigt, wie die Diskussion mit verschiedenen Stakeholdern bestätigt hat. Solche Erkenntnisse lassen bezweifeln, ob GVO und ihre möglichen Implikationen der gut begründeten (s.o.) Grundtendenz des Naturschutzes, möglichst viel Naturentwicklung mit möglichst wenig intensiven und tiefen Eingriffen zu ermöglichen, nicht allzu sehr widerspricht.

Ebenso wird in der tierethischen Debatte der Umgang mit den Tieren vernachlässigt, die für Experimente in der Entwicklung und Pionier-Anwendung der Methoden benötigt werden, wobei die Diskussion gezeigt hat, dass es schwierig ist, belastbare Zahlen dafür zu finden, wie viele Tiere in welchem Umfang für solche Entwicklungs- und Pionier-Experimente eingesetzt werden (müssen).

Die internationalen Expert:innen-Workshops haben zudem einen gewissen kulturell-philosophischen ‚bias‘ offenbart, der sich auch in der Fachliteratur findet. Es bestätigte sich die Einschätzung, dass die Gentechnologien im anglo-amerikanischen Umfeld eher als akzeptables Mittel und notwendiges ‚last resort‘ Mittel angesehen werden als im deutschsprachigen Umfeld, wo – ungeachtet signifikanter Ausnahmen – der Fokus stärker auf die Risiken und Unabwägbarkeiten gelegt wird. Dies hat eine lange Tradition nicht zuletzt in der Philosophie mit dem englischsprachig dominierenden konsequentialistischen Utilitarismus und den kontinental bedeutsamen Pflichtethiken sowie der auf das Vorsorgeprinzip setzenden Verantwortungsethik. Tugendethische Ansätze aus beiden Sprachräumen sind hier nicht so leicht in diesem Spektrum zu verorten.

4 Identifizierung des weiteren Forschungsbedarfs

4.1 Analyse und Kritik der normativen Kraft des Fiktionalen in der Synthetischen Biologie für Naturschutzzwecke

Gezeigt hat sich, dass die Notwendigkeit besteht, in der gesamten Debatte um den Einsatz von gentechnischen Methoden für Naturschutzzwecke deutlich darauf hinzuweisen, dass die vielfach hervorgehobene Problemlösungskompetenz der Technologie – insbesondere in Richtung Synthetische Biologie – nach wie vor stark hypothetisch und teils spekulativ ist. Dies muss in deren ethischer Bewertung (noch stärker) Eingang finden. Hier wären interdisziplinäre Projekte nötig, um mit Kompetenzen aus der Biologie (organismisch-ökologische und molekular-synthetische Richtungen), Technikphilosophie und -ethik sowie Wissenschafts- und Technikforschung und Medienwissenschaft gemeinsam zum einen die Gründe für diesen ‚technologischen Optimismus‘ besser zu verstehen, sie zum zweiten sachbezogen und ethisch kritisch aufzuarbeiten sowie drittens genauere Szenarien für die Realistik und deren Grenzen zu entwickeln.

4.2 Neobiota-Management und GVO: Historische und aktuelle Analysen zur Abwägung und Kritik von Zielen und Mitteln einschließlich ‚triage‘

Wie im Bereich der Anwendung der Gentechnik in der Land- und Forstwirtschaft und der Medizin sollte auch – und vielleicht vor allem – im Naturschutz die Erforschung und Entwicklung von Alternativen zu den gemachten gentechnisch orientierten Vorschlägen weiter vorangebracht werden. Das ‚vor allem‘ begründet sich vom übergeordneten Ziel des Naturschutzes her (siehe Kapitel 3), welches schwer in Einklang zu bringen ist mit einer Perspektive, wonach der Mensch permanent und tiefgreifend in natürliche Prozesse eingreifen muss, um Arten und funktionierende Ökosysteme zu erhalten. Dies gilt nicht zuletzt vor allem für die Themen des Neobiota-Managements, in denen ggf. die Ziele der Ausrottung nochmals umfassend ökologisch, historisch und vor allem auch ethisch reflektiert werden müssen – eine Debatte, die seit Charles Eltons Buch „The Ecology of Invasions by Animals and Plants“ (1958) angesichts der zu erwartenden Veränderungen von Flora und Fauna durch den Klimawandel aktualisiert zu führen ist, gerade angesichts der besonders auf Inseln – aber nicht überall – erheblichen Naturschutzprobleme. Zu diesem Themenkomplex gehören auch schwierige Fragen der Abwägung von Zielen und Mitteln und die – für den Naturschutz besonders schmerzliche – Frage, auf welche Handlungsoptionen bei der (möglichen!) Erreichung von Schutzzielen man besser verzichtet, um mit der Problemlösung nicht noch größere neue Probleme zu generieren und ggf.

damit auch Schutzziele und Schutzgüter zu gefährden und zugleich richtige Prioritäten zu setzen (,triage', vgl. bereits Myers 1979). Mit Bezug auf die Synthetische Biologie sind hier insbesondere Gene Drives- und gain-of-function-Ansätze bei Viren kritisch interdisziplinär zu untersuchen.

4.3 Tierethische Analysen zu sog. *no pain harm*-Argumenten und empirische Datenlage bei der ‚Erzeugung‘ von GV-Wildtieren

Für die Tierethik-Debatte um gentechnische Veränderung von Wildtieren hat sich gezeigt, dass sogenannte *no-pain harm*-Argumente noch intensiver ausgearbeitet werden sollten: Diese (können) zeigen, dass und warum die Genom-Editierung von Wildtieren auch dann eine Form von Schädigung darstellt, wenn sie in der Lage wäre, Schmerz- und Leiderfahrungen der Tiere zu reduzieren. Solche Argumente fehlen gegenwärtig in der Debatte, sind jedoch überzeugender als ein reiner Fokus auf Schmerz- und Leid-Reduzierung, da letzteres den Charakteristika eines Wildtiers nicht gerecht wird. Dies gilt für alle empfindungsfähigen Tiere, nicht nur für wildlebende. Des Weiteren besteht ein Desiderat dahingehend, die empirischen Daten in Bezug auf die – für die Erforschung, Erprobung und Pionier-Anwendung von Genom-Editierungs-Methoden notwendigerweise durchgeführten – Tierversuche besser zu verstehen. Diese Daten sollten von Seiten der Durchführenden transparent(er) gemacht werden, aber auch von allen, die sich mit der Thematik im Zusammenhang mit tierlichem Wohlergehen auseinandersetzen, intensiv studiert und letztlich ethisch bewertet werden.

4.4 Internationale Gerechtigkeitsfragen der (potenziellen und realen) Praxis des GVO-Einsatzes für Naturschutzzwecke

Der weltweite Naturschutz, insbesondere im Globalen Süden, wird derzeit stark im Blick auf historische und aktuelle Gerechtigkeitsfragen mit Bezug auf koloniale Handlungsmuster der Dominanz des Globalen Nordens sowie um postkoloniale und dekoloniale Perspektiven geführt. Der potenzielle Einsatz von Gene Drives zur Malariabekämpfung (kein Einsatz zum Ziel Naturschutz, aber mit erheblichsten Implikationen dafür) wird im Globalen Norden entwickelt, um im Globalen Süden und auf ozeanischen Inseln eingesetzt zu werden. Eine vertiefte naturschutzethische Debatte muss diese Gerechtigkeitsfragen – wer produziert, wo wird eingesetzt, wer entscheidet wie mit, wer profitiert wie? – vor dem oben skizzierten Hintergrund genauer analysieren, nicht zuletzt die Glaubwürdigkeit des internationalen Naturschutzes zu bewahren bzw. wieder herzustellen. Zugleich werfen die Aktivitäten der finanzstarken Vertreter:innen von GVO und GD im Globalen Süden nochmals Fragen von Partizipation unter extrem asymmetrischen sozio-ökonomischen und machtpolitischen Fragen auf. Und nicht zuletzt sind die Rechte der indigenen Bevölkerungen besonders zu berücksichtigen, die das Thema Rechte der Natur (Rights of Nature, RON) hoch auf der Agenda haben. Die ethischen Implikationen für einen Einsatz von gentechnisch veränderten wildlebenden Organismen sind hier aktuell genauer gemeinsam mit den Betroffenen zu analysieren.

5 Literaturverzeichnis

- Achatz, Johannes. 2013. Synthetische Biologie und ‚natürliche‘ Moral. Ein Beschreibungs- und Bewertungs-zugang zu den Erzeugnissen Synthetischer Biologie. Freiburg & München: Alber.
- BfN – Bundesamt für Naturschutz (Hrsg.). 2022. Gentechnik, Naturschutz und biologische Vielfalt: Grenzen der Gestaltung. Positionspapier. Bonn. <https://www.bfn.de/publikationen/positionspapier/gentechnik-naturschutz-und-biologische-vielfalt>.
- Bossert, Leonie N. & Thomas Potthast. 2024/2025. „Genetic Engineering, Nature Conservation, and Animal Ethics: Why Genetically Modifying Wild Sentient Animals Is Not a Good Option.” *Environmental Ethics* 2025 (1): 1-45. Online first 03.05.2024 <https://doi.org/10.5840/enviroethics202442674>.
- Brister, Evelyn & Andrew E. Newhouse. 2020. „Not the Same Old Chestnut: Rewilding Forests with Biotechnology.” *Environmental Ethics* 42(2): 149-167.
- Brister, Evelyn, J. Britt Holbrook & Megan J. Palmer. 2021. „Conservation science and the ethos of restraint.” *Conservation in Science and Practice* 3(4): 1-9.
- Callies, Daniel E. 2019. „The ethical landscape of gene drive research.” *Bioethics* 33/9: 1091–1097
- CSS, ENSSE, VDW. 2019. „Gene Drives. A report on their science, applications, social aspects, ethics and regulations.” Accessed September 9, 2022, at <https://ensser.org/publications/2019-publications/gene-drives-a-report-on-their-science-applications-social-aspects-ethics-and-regulations/>.
- Engelhard, Margaret. 2020. „Die (gen) editierte Natur. Grenzen der Risikobewertung und gesellschaftliche Verantwortung.” *Gen-ethischer Informationsdienst* 253: 10-11.
- Eser, Uta. 2021. „Natur(schutz) im Wandel. Ein Werkstattbericht aus dem Bundesamt für Naturschutz.” *Natur und Landschaft* 96(5): 261 – 268.
- Frank, Daniel. 2019. *Der Topos der Information in den Lebenswissenschaften: Eine Studie am Beispiel der Biosemiotik und der Synthetischen Biologie*. Wiesbaden: Springer VS.
- Heiland, Stefan. 1992. *Naturverständnis. Dimensionen des menschlichen Naturbezugs*. Darmstadt: Wissenschaftliche Buchgesellschaft.
- Horta, Oskar. 2010. „Debunking the idyllic view of natural processes.” *Télos* 17: 73-88.
- Johannsen, Kyle. 2021. *Wild Animal Ethics. The Moral and Political Problem of Wild Animal Suffering*. New York: Routledge.
- Kasperbauer, Tyler J. 2017. „Should we bring back the passenger pigeon? The ethics of de-extinction.” *Ethics, Policy and Environment* 20(1): 1-14.
- Mieth, Dietmar. 2002. *Was wollen wir können? Ethik im Zeitalter der Biotechnik*. Freiburg i. Br.: Herder.
- Myers, Norman. 1979. *The Sinking Ark. A New Look at the Problem of Disappearing Species*. Oxford: Pergamon Press.
- Palmer, Clare. 2016. „Saving Species but Losing Wildness: Should We Genetically Adapt Wild Animal Species to Help Them Respond to Climate Change?” *Midwest Studies in Philosophy* XL 2016: 234-251.
- Phelan, Ryan, Peter Kareiva, Michelle Marvier, Paul Robbins & Michele Weber. 2021. „Why intended consequences?” *Conservation Science and Practice* 3: e408.

- Piaggio, Antoinette J., Gernot Segelbacher, Philip J. Seddon, Luke Alphey, Elizabeth L. Bennett, Robert H. Carlson, Robert M. Friedman, Dona Kanavy, Ryan Phelan, Kent H. Redford, Marina Rosales, Lydia Slobodian & Keith Wheeler. 2017. „Is it time for synthetic biodiversity conservation?“ *Trends in Ecology & Evolution* 32 (2): 97-107.
- Potthast, Thomas. 1999. *Die Evolution und der Naturschutz. Zum Verhältnis von Evolutionsbiologie, Ökologie und Naturethik*. Frankfurt am Main & New York: Campus.
- Potthast, Thomas. 2006. „Konfliktfall Prozessschutz: Warum sollen und wie können ‚natürliche Prozesse‘ in der Praxis geschützt werden?“ In: Eser, Uta & Albrecht Müller (Hrsg.). *Umweltkonflikte verstehen und bewerten: Ethische Urteilsbildung im Natur- und Umweltschutz*. München, Oekom: 121-147.
- Potthast, Thomas. 2013. „Bewertungsmaßstäbe des Naturschutzes unter Klimawandel.“ In: Essl, Franz & Wolfgang Rabitsch (Hrsg.). *Biodiversität und Klimawandel – Auswirkungen und Handlungsoptionen für den Naturschutz in Mitteleuropa*. Heidelberg, Springer: 311-316.
- Potthast, Thomas. 2019. „Naturschutz und Technikverständnisse. Vom Nutzen und – vor allem – Nachteil binären Denkens oder: Über angemessene und weniger angemessene Techniken für den Naturschutz.“ In: Schell, Christiane, Margret Engelhard, Hans-Werner Fromm & Lars Berger (Hrsg.). *Neue Gentechniken und Naturschutz – eine Verhältnisbestimmung*. BfN-Skripten 546. Bonn, Bundesamt für Naturschutz: 67-79.
- Potthast, Thomas, Lieske Voget-Kleschin, Margret Engelhardt, Simon P. Meisch, Konrad Ott & Gisela Stolpe. 2022. „Vilmer Thesen: Künstlicher Naturschutz? – Technische Zugänge zur Erhaltung der Natur.“ *Natur und Landschaft* 97(6): 300-305.
- Rabitz, Florian, Bernd Giese, Rosine Kelz, Mathias Otto, Thomas Potthast, Claudio S. Quilodrán & Leonardo H. Teixeira. 2024. „Putting gene drives into context: Risks, depth of intervention, and regulatory challenges.“ *GAIA* 33/1: 165 – 169. <https://doi.org/10.14512/gaia.33.1.9>
- Redford, Kent H., Thomas M. Brooks, Nicholas B.W Macfarlane & Jonathan S. Adams (Hrsg.) 2019. *Genetic frontiers for conservation: An assessment of synthetic biology and biodiversity conservation. Technical assessment*. Gland, Switzerland: IUCN.
- Sandler, Ronald. 2017. „De-extinction and Conservation Genetics in the Anthropocene.“ *Recreating the Wild: De-extinction, Technology, and the Ethics of Conservation, special report, The Hastings Center Reports* 47(4): 43-47.
- Sandler, Ronald. 2019. „Should we Engineer Species in Order to Save Them?“ *Environmental Ethics* 41(3), Fall 2019: 221-236.
- Schama, Simon. 1996. *Der Traum von der Wildnis. Natur als Imagination*. München: Kindler.
- Simon, Samson, Mathias Otto & Margret Engelhard. 2018. „Synthetic gene drive: Between continuity and novelty: Crucial differences between gene drive and genetically modified organisms require an adapted risk assessment for their use.“ *EMBO reports* 19(5): e45760.
- Thiele, Leslie P. 2020. „Nature 4.0: Assisted Evolution, De-extinction, and Ecological Restoration Technologies.“ *Global Environmental Politics* 20 (3): 9-27.
- Tomasik, Brian. 2015. „The importance of wild animal suffering.“ *Relations* 3: 133-152.
- Waldenspuhl, Thomas. 1991. „Waldbiotopkartierungsverfahren in der Bundesrepublik Deutschland. Verfahrensvergleich unter besonderer Berücksichtigung der bei der Beurteilung des Naturschutzwertes verwendeten Indikatoren.“ *Schriftenreihe. d. Instituts für Landespflege d. Universität Freiburg*, Heft 17: 1–261.

- Wegener, Uwe. 1998. „Natur- und Kulturlandschaften und der Wandel der Naturschutzstrategie.“ In: Wegener, Uwe (Hrsg.). Naturschutz in der Kulturlandschaft: Schutz und Pflege von Lebensräumen. Jena, Gustav Fischer: 32-42.
- Wiegand, Gerhard, Kathrin Kiehl, Konrad Ott, Reinhard Piechocki, Thomas Potthast & Norbert Wiersbinski. 2013. „Vilmer Thesen zu Renaturierung und Naturschutz.“ Natur und Landschaft 88 (5): 220-224.
- Williams, Bernard. 1986: Ethics and the Limits of Philosophy. Boston/Mass.: Harvard University Press.
- Wulf, Monika. 1999. „Vorschlag von Bewertungskriterien zur Naturnähe von Wäldern unter Berücksichtigung der Habitatkontinuität.“ In: Steinhardt, Uta & Martin Volk (Hrsg.). Regionalisierung in der Landschaftsökologie. Stuttgart & Leipzig, B.G. Teubner: 329-341.

Anhang: Literaturanalysen: Überblick der Hauptargumente

Anhang zum Abschlussbericht Literaturanalysen: Überblick der Hauptargumente / Literature review: Overview on main arguments

Zusammengestellt von **Miriam Gorr, Niklas Schwarz und Malin Recknagel**
Inhaltliche Bearbeitung und Endredaktion: **Thomas Potthast**

Die Zusammenstellung umfasst drei Zugänge:

A) Recherchierte Literatur (Stand Ende 2021)

B) Systematik zentraler Argumente sowie Zuordnung der Literatur zu Argumenten und Positionen

C) Exzerpte und Auswertung einschlägiger philosophischer/ethischer Publikationen (in English)

Inhaltsverzeichnis

A Recherchierte Literatur (Stand Ende 2021)	25
B Systematik zentraler Argumente	31
B 1. Struktur des Arguments für den Einsatz von Gentechnik (inkl. Gene Drives)	31
B 2. Grundfragen für die interdisziplinär-ethische Beurteilung von Gentechnik	31
B 3. Die wichtigsten Perspektiven und Argumente aus der Literatur.....	32
Technische Hintergründe zur Gentechnik als Methode	32
Ethische Probleme/Abwägungen, die durch den Einsatz von Gentechnik entstehen	32
Motivation und Rechtfertigung für den Einsatz von Gentechnik	33
Einwände gegen den Einsatz von Gentechnik (im Naturschutz und allgemein)	34
Bedingungen für den Einsatz von Gentechnik	35
Gentechnik und das Mensch-Natur-Verhältnis.....	37
Spezifische Naturschutz-Management Themen und Diskussionspunkte	38
C Exzerpte und Auswertung einschlägiger philosophischer/ethischer Publikationen (in English)	40

A Recherchierte Literatur (Stand Ende 2021)

- Adams, William M., Kent Redford, Rob Carlson, Georgina M. Mace & Bertina Ceccarelli. 2014. „Synthetic Biology and the Conservation of Biodiversity.“ *Fauna & Flora International*. Oryx 48(3): 330-336.
- Adams, William M. 2017. „Geographies of Conservation I: De-extinction and Precision Conservation.“ *Progress in Human Geography* 41(4): 534-545.
- Adams, William M. 2020. „Gene Editing for Climate: Terraforming and Biodiversity.“ *Scottish Geographical Journal* 136, Nos. 1-4: 24-30.
- Adams, William M. & Kent Redford. 2021. „Editing the Wild.“ *Conservation Biology* 35(3).
- Alphey, Luke S., Andrea Crisanti, Filippo F. Randazzo, Omar S. Akbari. 2020. „Opinion: Standardizing the Definition of Gene Drive.“ *Proceedings of the National Academy of Sciences* 117(49): 30864–30867.
- Annas, George J., Chase L. Beisel, Kendell Clement, Andrea Crisanti, Stacy Francis, Marco Galardini, Roberto Galizi, Julian Grunewald, Greta Immobile, Ahmad S. Khalil, Ruth Müller, Vikram Patanayak, Karl Petri, Ligi Paul, Luca Pinello, Alekos Simoni, Chrysanthi Taxiarchi & J. Keith Joung. 2012. „A Code of Ethics for Gene Drive Research.“ *The CRISPR Journal* 4(1): 19–24.
- Barnhill-Dilling, Kathleen S. & Jason A. Delborne. 2021. „Whose Intentions? What Consequences? Interrogating ‚Intended Consequences‘ for Conservation with Environmental Biotechnology.“ *Conservation Science and Practice* 3: e406. <https://doi.org/10.1111/csp2.406>.
- Boëte, Cristophe. 2018. „Technoscience and Biodiversity Conservation.“ *Asian Bioethics Review* 10(4): 245–259.
- Brister, Evelyn & Andrew E. Newhouse. 2020. „Not the Same Old Chestnut: Rewilding Forests with Biotechnology.“ *Environmental Ethics* 42(2): 149-167.
- Brister, Evelyn, J. Britt Holbrook & Megan J. Palmer. 2021. „Conservation Science and the Ethos of Restraint.“ *Conservation Science and Practice* 3(4): 1-9.
- Callaway, Ewen. 2016. „‚Gene Drive‘ Moratorium Shot Down at UN Biodiversity Meeting.“ *Nature* 10.
- Callies, Daniel Edward. 2019. „The Ethical Landscape of Gene Drive Research.“ *Bioethics* 33(9): 1091–1097.
- Campbell, Karl J., J. Royden Saah, Peter R. Brown, John Godwin, Fred Gould, Gregg R. Howald, Antoinette Piaggio, Paul Thomas, Daniel M. Tompkins, David Threadgill, Jason Delborne, Dona M. Kanavy, Todd Kuiken, Heath Packard, Megan Serr & Aaron B. Shiels. 2019. „A Potential New Tool for the Toolbox: Assessing Gene Drives for Eradicating Invasive Rodent Populations.“ *USDA Wildlife Services - Staff Publications* 2235. https://digitalcommons.unl.edu/icwdm_usdanwrc/2235 (09.09.2022).

- Capps, Benjamin. 2019. „Gene Drive Gone Wild: Exploring Deliberative Possibilities by Developing One Health Ethics.“ *Law, Innovation and Technology* 11(2): 231–256.
- Civil Society Working Group on Gene Drives. 2016. „A Call for Conservation with a Conscience: No Place for Gene Drives in Science.“ A Letter Initiated by the Civil Society Working Group on Gene Drives. O. O.
- Cooley, Dennis & Gary Goreham. 2004. „Are Transgenic Organisms Unnatural?“ *Ethics and the Environment* 9(1): 46–55.
- Cowen, Phil & Bruce Warburton. 2011. „Animal Welfare and Ethical Issues in Island Pest Eradication.“ In: Clout, Mick N., Charles R. Veitch & David R. Towns (Hrsg.). 2011. *Island Invasives: Eradication and Management*. Gland, Switzerland: IUCN: 418-421.
- De Graeff, Nienke, Karin R. Jongsma & Annelien L. Bredenoord. 2021. „Experts’ Moral Views on Gene Drive Technologies: A Qualitative Interview Study.“ *BMC Medical Ethics* 22(1): 1–15.
- Deutscher Naturschutzring. 2021. „Naturschutz am Scheideweg: Die Wildnis Gentechnisch Verändern? Gemeinsame Pressemitteilung vom 06.09.2021 (online).“ URL: <https://www.dnr.de/presse/pressemitteilungen/pm-2021/naturschutz-am-scheideweg-die-wildnis-gentechnisch-veraendern/> (12.11.2021).
- Dubois, Sara, Nicole Fenwick, Erin A. Ryan, Liv Baker, Sandra E. Baker, Ngaio J. Beausoleil, Scott Carter, Barbara Cartwright, Federico Costa, Chris Draper, John Griffin, Adam Grogan, Gregg Howald, Bidda Jones, Kate E. Littin, Amanda T. Lombard, David J. Mellor, Daniel Ramp, Catherine A. Schuppli & David Fraser. 2016. „International Consensus Principles for Ethical Wildlife Control.“ *Conservation Biology* 31(4): 753-760. <https://doi.org/10.1111/cobi.12896>.
- Engelhard, Margret. 2020. „Die (Gen)editierte Natur: Grenzen der Risikobewertung und Gesellschaftliche Verantwortung.“ *Gentechnischer Informationsdienst (GID)* 253: 10–11.
- Emerson, Claudia, Stephanie James, Katherine Littler & Filippo Randazzo. 2017. „Principles for Gene Drive Research.“ *Science* 358(6367): 1135–1136.
- Esvelt, Kevin & Neil J. Gemmell. 2017. „Conservation Demands Safe Gene Drive.“ *PLoS Biology* 15(11): e2003850.
- Fang, Janet. 2010. „Ecology: A World Without Mosquitoes.“ *Nature News* 466(7305): 432–434.
- Filbee-Dexter, Karen & Anna Smajdor. 2019. „Ethics of Assisted Evolution in Marine Conservation.“ *Frontiers in Marine Science* 6: Article 20.
- Godwin, John, Megan Serr, S. Kathleen Barnhill-Dilling, Dimitri V. Blondel, Peter R. Brown, Karl Campbell, Jason Delborne, Alun L. Lloyd, Kevin P. Oh, Thomas A. A. Prowse, Royden Saah & Paul Thomas. 2019. „Rodent Gene Drives for Conservation: Opportunities and Data Needs.“ *Proceedings of the Royal Society B*: 286. <http://dx.doi.org/10.1098/rspb.2019.1606>.
- Groß, Julia. 2016. „Turbo für die Evolution.“ *Sueddeutsche Zeitung* (online) vom 19.02.2016. URL: <https://www.sueddeutsche.de/wissen/eingriff-ins-erbgut-die-gene-die-ich-rief-1.2867148> (12.22.2021).

- Herridge, Victoria. 2021. „Before Making a Mammoth, Ask the Public.“ *Nature* 598(7881): 387–387.
- Hoffmann-Riem, Holger & Brian Wynne. 2002. „In Risk Assessment, One Has to Admit Ignorance.“ *Nature* 416(6877): 123–123.
- Informationsdienst Gentechnik. 2021. „Malaria-Mücken: Unschädlich Dank Pilz Statt Ausgerottet Durch Gene Drives?“ Informationsdienst Gentechnik (online) vom 16.10.2021. URL: <https://www.keine-gentechnik.de/nachricht/34457/>.
- IUCN. 2016. „Genetic Frontiers for Conservation: An Assessment of Synthetic Biology and Biodiversity Conservation. Synthesis and Key Messages.“ Gland, Switzerland: IUCN. viii + 16pp.
- Kahn, Jennifer. 2020. „The Gene Drive Dilemma: We Can Alter Entire Species, but Should We?“ *New York Times Magazine* (online) vom 08.01.2020. URL: <https://www.nytimes.com/2020/01/08/magazine/gene-drive-mosquitoes.html> (12.11.2021).
- Kassel, Dieter. 2017. „Darf der Mensch die Malaria Mücke Ausrotten?“ Uta Eser im Gespräch mit Dieter Kassel. Studio 9 [Radiosendung], Deutschlandfunk Kultur, vom 26.10.2017. Transkript verfügbar unter URL: https://www.deutschlandfunkkultur.de/gene-drives-darf-der-mensch-die-malaria-muecke-ausrotten.1008.de.html?dram:article_id=398976 (12.11.2021).
- Kohl, Patrice, Dominique Brossard, D.A. Scheufele & Michael A. Xenos. 2019. „Public Views About Editing Genes in Wildlife for Conservation.“ *Conservation Biology* 33(6): 1286–1295.
- Laikre, Linda, Michael K. Schwartz, Robin S. Waples, Nils Ryman & The GeM Working Group. 2010. „Compromising Genetic Diversity in the Wild: Unmonitored Large-Scale Release of Plants and Animals.“ *Trends in Ecology & Evolution* 25(9): 520–529.
- Lanzerath, Dirk. 2019. „Ethical Aspects of Animal Biotechnology.“ In: Heiner Niemann & Christine Wrenzycki (Hrsg.). 2019. *Animal Biotechnology 2. Emerging Breeding Technologies*. Cham, Schweiz: Springer: 251–273.
- Meghani, Zahra & Jennifer Kuzma. 2018. „Regulating Animals with Gene Drive Systems: Lessons from the Regulatory Assessment of a Genetically Engineered Mosquito.“ *Journal of Responsible Innovation* 5(Suppl. 1): 203–222.
- Minteer, Ben & James Collins. 2012. „Species Conservation, Rapid Environmental Change, and Ecological Ethics.“ *Nature Education Knowledge* 3(10): 14.
- Myskja, Bjørn Kåre & Anne Ingeborg Myhr. 2020. „Non-Safety Assessments of Genome-Edited Organisms: Should They Be Included in Regulation?“ *Science and Engineering Ethics* 26(5): 2601–2627.
- National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. 2016. *Gene Drives on the Horizon: Advancing Science, Navigating Uncertainty, and Aligning Research with Public Values*. Washington, DC.
- Nattoh, Godfrey, Tracy Maina, Edward E. Makhulu, Lilian Mbaisi, Enock Mararo, Fidel G. Otieno, Tullu Bukhari, Thomas O. Onchuru, Evan Teal, Juan Paredes, Joel L. Bargul, David M. Mburu, Everline A. Onyango, Gabriel Magoma, Steven P. Sinkins & Jeremy K. Herren. 2021. „Horizontal

- Transmission of the Symbiont Microsporidia MB in *Anopheles arabiensis*." *Frontiers in Microbiology* 12: Article 647183.
- Ormandy, Elisabeth, Julie Dale & Gilly Griffin. 2011. „Genetic Engineering of Animals: Ethical Issues, Including Welfare Concerns." *The Canadian Veterinary Journal* 52(5): 544–550.
- Palmer, Clare. 2016. „Saving Species but Losing Wildness: Should We Genetically Adapt Wild Animal Species to Help Them Respond to Climate Change?" *Midwest Studies in Philosophy* 40: 234–251.
- Palmer, Lisa. 2015. „Genetically Modified Mosquito Sparks A Controversy in Florida." *Yale Environment* 360 (online) vom 04.07.2015. URL: https://e360.yale.edu/features/genetically_modified_mosquito_sparks_a_controversy_in_florida (12.11.2021).
- Parkes, John, Graham Nugent, David M. Forsyth, Andrea E. Byrom, Roger P. Pech, Bruce Warburton & David Choquenot. 2017. „Past, Present and Two Potential Futures for Managing New Zealand's Mammalian Pests." *New Zealand Journal of Ecology* 41(1): 151–161.
- Phelan, Ryan, Bridget Baumgartner, Stewart Brand, Evelyn Brister, Stanley W. Burgiel, R. Alta Charo, Isabelle Coche, Al Cofrancesco, Jason A. Delborne, Owain Edwards, Joshua P. Fisher, Martin Gaywood, Doria R. Gordon, Gregg Howald, Margaret E. Hunter, Peter Kareiva, Aditi Mankad, Michelle Marvier, Katherine Moseby, Andrew E. Newhouse, Ben J. Novak, Gerry Ohrstrom, Steven Olson, Megan J. Palmer, Stephen Palumbi, Neil Patterson Jr., Miguel Pedrono, Francisco Pelegri, Yasha Rohwer, Oliver A. Ryder, J. Royden Saah, Robert M. Scheller, Philip J. Seddon, H. Bradley Shaffer, Beth Shapiro, Mike Sweeney, Mark R. Tercek, Delphine Thizy, Whitney Tilt, Michele Weber, Renee D. Wegrzyn, Bruce Whitelaw, Matthew Winkler, Josh Wodak, Mark Zimring & Paul Robbins. 2021. „Intended Consequences Statement." *Conservation Science and Practice* 2021: e371 (1-3).
- Phelan, Ryan, Peter Kareiva, Michelle Marvier, Paul Robbins & Michele Weber. 2021. „Why Intended Consequences?" *Conservation Science and Practice* 3: e408. <https://doi.org/10.1111/csp2.408>.
- Piaggio, Antoinette J., Gernot Segelbacher, Philip J. Seddon, Luke Alphey, Elizabeth L. Bennett, Robert H. Carlson, Robert M. Friedman, Dona Kanavy, Ryan Phelan, Kent H. Redford, Marina Rosales, Lydia Slobodian & Keith Wheeler. 2017. „Is It Time for Synthetic Biodiversity Conservation?" *Trends in Ecology & Evolution* 32(2): 97–107.
- Potthast, Thomas. 1999. *Die Evolution und der Naturschutz*. Frankfurt/M. & New York.
- Potthast, Thomas. 2006. „Konfliktfall Prozessschutz: Warum Sollen und Wie Können 'Natürliche Prozesse' in der Praxis Geschützt Werden?" In: Uta Eser & Albrecht Müller (Hrsg.). 2006. *Umweltkonflikte Verstehen und Bewerten: Ethische Urteilsbildung im Natur- und Umweltschutz*. München: 121–147.
- Potthast, Thomas. 2013. „Bewertungsmaßstäbe des Naturschutzes unter Klimawandel." In: Essl, F. & Rabitsch, W. (Hrsg.). *Biodiversität und Klimawandel – Auswirkungen und Handlungsoptionen für den Naturschutz in Mitteleuropa*. Heidelberg: 311–316.

- Potthast, Thomas. 2019. „Naturschutz und Technikverständnisse. Vom Nutzen und – vor allem – Nachteil binären Denkens oder: Über angemessene und weniger angemessene Techniken für den Naturschutz.“ In: Schell, C. et al. (Hrsg.). *Neue Gentechniken und Naturschutz - eine Verhältnisbestimmung*. BfN-Skripten 546. Bonn: 67–80. <https://www.bfn.de/fileadmin/BfN/service/Dokumente/skripten/Skript546.pdf>
- Preston, Christopher J. 2011. „Re-Thinking the Unthinkable: Environmental Ethics and the Presumptive Argument Against Geoengineering.“ *Environmental Values* 20: 457–479. <https://doi.org/10.3197/096327111X13150367351212>
- Preston, Christopher J. 2017. „De-extinction and Taking Control of Earth’s ‘Metabolism’.“ *Recreating the Wild: De-extinction, Technology, and the Ethics of Conservation*, special report. *Hastings Center Report* 47(4): 37–42.
- Pugh, Jonathan. 2016. „Driven to Extinction? The Ethics of Eradicating Mosquitoes with Gene-Drive Technologies.“ *Journal of Medical Ethics* 42(9): 578–581.
- Redford, Kent H., Thomas M. Brooks, Nicholas B.W. Macfarlane & Jonathan S. Adams (Hrsg.). 2019. *Genetic Frontiers for Conservation: An Assessment of Synthetic Biology and Biodiversity Conservation. Technical Assessment*. Gland, Switzerland: IUCN.
- Rollin, Bernhard. 2014. „Telos, Conservation of Welfare, and Ethical Issues in Genetic Engineering of Animals.“ In: Lee, Grace, Judy Illes & Frauke Ohl (Hrsg.). *Ethical Issues in Behavioral Neuroscience. Current Topics in Behavioral Neurosciences*. Vol. 19. Berlin/Heidelberg: Springer: 99–116.
- Rulli, Tina. 2018. „CRISPR and the Ethics of Gene Drive in Mosquitoes.“ In: Boonin, David (Hrsg.). *The Palgrave Handbook of Philosophy and Public Policy*. Cham, Schweiz: 509–521.
- Sandler, Ronald. 2012. „Is Artefactualness a Value-Relevant Property of Living Things?“ *Synthese* 185: 89–102.
- Sandler, Ronald & John Basl. 2013. „The Good of Non-Sentient Organisms. Organisms, Artifacts, and Synthetic Biology.“ *Studies in History and Philosophy of Science Part C: Studies in History and Philosophy of Biological and Biomedical Sciences* 44(4): 697–705.
- Sandler, Ronald. 2017. „De-extinction and Conservation Genetics in the Anthropocene.“ *Recreating the Wild: De-extinction, Technology, and the Ethics of Conservation*, special report. *Hastings Center Report* 47(4): 43–47.
- Sandler, Ronald. 2019. „Should We Engineer Species in Order to Save Them?“ *Environmental Ethics* 41(3): 221–236.
- Sandler, Ronald. 2020. „The Ethics of Genetic Engineering and Gene Drives in Conservation.“ *Conservation Biology* 34(2): 378–385.
- Scott, Dane. 2011. „The Technological Fix Criticisms and the Agricultural Biotechnology Debate.“ *Journal of Agricultural and Environmental Ethics* 24(3): 207–226.

- Simon, Samson, Mathias Otto & Margret Engelhard. 2018. „Synthetic Gene Drive: Between Continuity and Novelty: Crucial Differences Between Gene Drive and Genetically Modified Organisms Require an Adapted Risk Assessment for Their Use.“ *EMBO Reports* 19(5): e45760.
- The Joint EPA ENCA Interest Group on Genetically Modified Organisms. 2021. „Impacts of Gene Drive Organisms on the Environment and Nature Conservation.“ O.O.
- Thiele, Leslie P. 2020. „Nature 4.0: Assisted Evolution, De-extinction, and Ecological Restoration Technologies.“ *Global Environmental Politics* 20(3): 9–27.
- Thomas, Michael A., Gary W. Roemer, C. Josh Donlan, Brett G. Dickson, Marjorie Matocq & Jason Malaney. 2013. „Ecology: Gene Tweaking for Conservation.“ *Nature News* 501(7468): 485.
- Thresher, Ann C. 2020. „When Extinction Is Warranted: Invasive Species, Suppression-Drives and the Worst-Case Scenario.“ *Ethics, Policy & Environment*: 1–21.
- Umweltbundesamt Österreich. 2020. „Gene Drive Organisms. Implications for the Environment and Nature Conservation.“ A joint technical report of the EPA/ENCA Interest Group on Risk Assessment and Monitoring of GMOs. Wien.
- Wickson, Fern. 2016. „Do We Care About Synbiodiversity? Questions Arising from an Investigation into Whether There Are GM Crops in the Svalbard Global Seed Vault.“ *Journal of Agricultural and Environmental Ethics* 29: 787–811.
- Wickson, Fern, Christopher Preston, Rosa Binimelis, Amaranta Herrero, Sarah Hartley, Rachel Wynberg & Brian Wynne. 2017. „Addressing Socio-Economic and Ethical Considerations in Biotechnology Governance: The Potential of a New Politics of Care.“ *Food Ethics* 1: 193–199. <https://doi.org/10.1007/s41055-017-0014-4>
- Willemsen, Ariane & Klaus Peter Rippe. 2018. „The Idea of Precaution: Ethical Requirements for the Regulation of New Biotechnologies in the Environmental Field.“ *Frontiers in Plant Science* 9. Article 1868: 1–12.
- Woinarski, John C. Z. 2019. „Killing Peter to Save Paul: An Ethical and Ecological Basis for Evaluating Whether a Native Species Should Be Culled for the Conservation Benefit of Another Native Species.“ *Zoologist* 40(1): 49–62. <https://doi.org/10.7882/AZ.2018.020>
- Zentner, Gabriel E. & Michael J. Wade. 2017. „The Promise and Peril of CRISPR Gene Drives: Genetic Variation and Inbreeding May Impede the Propagation of Gene Drives Based on the CRISPR Genome Editing Technology.“ *BioEssays* 39(10): 1700109.

B Systematik zentraler Argumente

GT = Gentechnik

GD = Gene Drive

Grundsätzlich umfasst GT hier auch Bereiche, die inzwischen oft als Synthetische Biologie bezeichnet werden, inklusive gentechnisch veränderten Organismen (GVO) und Gene Drives. Teilweise bezieht sich die Literatur aber auch spezifisch auf GD.

B.1 Struktur des Arguments für den Einsatz von Gentechnik (inkl. Gene Drives)

Prämisse 1: X stellt ein aktuelles moralisches Problem dar/verursacht Leid.

(konkretes Werturteil)

P 2: Wir sollten die uns zur Verfügung stehenden Mittel nutzen, um moralische Probleme beheben/Leid zu mindern. *(generelle moralische Regel)*

P 3: Die Methoden, die wir bisher verwenden, um X zu beheben, sind unzureichend / Wir haben alle anderen verfügbaren Methoden, um X zu beheben, bereits ausgeschöpft. *(empirische Bewertung)*

P 4: Gentechnik stellt ein machbares und ggf. sogar besseres (= kostengünstiger, schneller, effizienter, wirkungsvoller, weniger aufwendig, langfristiger etc.) Mittel dar, um X zu beheben. *(empirisch-prognostische Bewertung)*

Konklusion:

Variante 1: Dann/Also ist es moralisch geboten (oder zumindest erlaubt), Gentechnik einzusetzen, um X zu beheben. *(pflichtenethisch und konsequentialistisch)*

Variante 2: Dann/Also ist die Verwendung von Gentechnik, um X zu beheben, ein Akt des Mitgeföhls/eine moralisch vorbildliche Handlung. *(tugendethisch)*

X: Ist je nach Beitrag z. B. Malaria, invasive Arten, Naturzerstörung im Allgemeinen etc.

B.2 Grundfragen für die interdisziplinär-ethische Beurteilung von Gentechnik

Vier Fragen sind von zentraler Bedeutung (vgl. u.v.a. Potthast et al. 2022):

- 1 Sind die mit der GT (inkl. GD) / dem konkreten gentechnischen Eingriff verfolgten **Ziele** erstrebenswert?
- 2 Ist GT (inkl. GD) / der konkrete gentechnische Eingriff das geeignete **Mittel** zur Lösung des konkreten Problems? Gibt es vielleicht andere und bessere Mittel und Wege, um die gewünschten Ziele zu erreichen?
- 3 Sind die möglichen **Folgen und Nebenfolgen**, die sich aus dem Einsatz der GT (inkl. GD) / des konkreten Eingriffs ergeben, akzeptabel. Das betrifft umweltbezogene ebenso wie soziökonomische.

- 4 Was ist der **gesamtgesellschaftliche Kontext**, in den eine Technologie eingebettet ist. Dazu gehört u. a. maßgeblich die Frage, ob die technische Lösung nur an Symptomen, nicht aber den Ursachen eines Problems ansetzt, oder ob diese Technologie kompatibel ist mit Wahl- und Entscheidungsfreiheiten.

Wichtig zu beachten ist eine *integrierte* Betrachtung aller vier Fragen **einschließlich der Unsicherheits- und Ungewissheitsaspekte** (bzgl. 2 und 3), die oft bei ‚reinen‘ Risikodebatten unterbleibt.

B.3 Die wichtigsten Perspektiven und Argumente aus der Literatur

Technische Hintergründe zur Gentechnik als Methode

- 1) Durch die Entwicklung der Technologie CRISPR Cas 9 werden GD zu einem real anwendbaren Instrument.
 - a. Rulli 2018, 509
 - b. Callies 2019, 1091
 - c. Emerson et al. 2017, 1135
 - d. Simon et al. 2019, 1
 - e. Campbell et al. 2019, 7
- 2) Die GT/GDs stellt eine neue Art und Weise dar, die Natur von Organismen zu verändern (z. B. im Vergleich zu Zucht- und Selektionsprogrammen)
 - a. Lazerath 2018, 253
 - b. Engelhard 2020, 1
 - c. Capps 2019, 236
 - d. Simon et al. 2019, 1f. (Während GVO-Strategien darauf abzielen, Nutzpflanzen durch den Transfer von Genen *vor* einem Stressor zu schützen, sollen viele GDO direkt *gegen* einen Stressor wirken)
 - e. Civil Society Working Group on Gene Drives 2016

Ethische Probleme/Abwägungen, die durch den Einsatz von Gentechnik entstehen

- 3) Durch Einsatz von GT/GD im Freiland wird das Labor ins Feld verlegt
 - a. Engelhard 2020, 2
 - b. Simon et al. 2019, 2
- 4) Die durch eine GT/GD -Technologie verursachten genetischen Veränderungen bzw. die ökologischen Folgen könnten irreversibel sein.
 - a. Rulli 2018, 517
 - b. Capps 2019, 237
 - c. Emerson et al. 2017, 1135
 - d. Simon et al. 2019, 2

- 5) Angesichts der Vielzahl der beteiligten Variablen und der Komplexität der Ökosysteme können wir nicht alle nachgelagerten Auswirkungen von GT/GD kennen.
 - a. Rulli 2018, 517
 - b. Engelhard 2020, 1
 - c. Simon et al. 2019, 2
 - d. Civil Society Working Group on Gene Drives 2016
 - e. Esvelt & Gemmell 2017, 4
- 6) Mithilfe der GD-Technologie könnte man eine biologische Art (wahrscheinlich) vollständig ausrotten.
 - a. Callies 2019, 1092
 - b. Rulli 2018, 510
 - c. Capps 2019, 232
 - d. Meghani & Kuzma 2018, S203
 - e. Pugh 2016, 578
 - f. Simon et al. 2019, 1
 - g. Thresher 2020, 2 u. 8 (vollkommene Ausrottung ist unwahrscheinlich, eher sehr starke Reduzierung der Population)
- 7) Die Ausrottung durch GD-Technologien ist human/fügt den Tieren, die ausgerottet werden, keine Schmerzen zu.
 - a. Emerson et al. 2017, 1135
 - b. Pugh 2016, 579f.
 - c. Thresher 2020, 3
 - d. Esvelt & Gemmell 2017, 2
- 8) Die Auswirkungen von GT/GD lassen sich nicht eindämmen.
 - a. Simon et al. 2013, 3 (Räumlich und zeitlich)
 - b. Thresher 2020, 3 (die Speziesgrenze betreffend)
 - c. Thiele 2020, 19 (hybridisation)
 - d. Civil Society Working Group on Gene Drives 2016
 - e. Esvelt & Gemmell 2017

Motivation und Rechtfertigung für den Einsatz von Gentechnik

- 9) Die derzeitigen Instrumente zur Bekämpfung von Malaria erweisen sich als unzureichend.
 - a. Rulli 2018, 511
 - b. Callies 2019, 1094
 - c. Capps 2019, 239
 - d. Pugh 2016, 578
- 10) Als Maßnahme im Bereich der öffentlichen Gesundheit könnte mit Hilfe von GD ein erheblicher Teil der weltweiten Krankheitslast, die durch Stechmücken verursacht wird, abgebaut werden.
 - a. Rulli 2018, 510
 - b. Callies 2019, 1092
 - c. Emerson et al. 2017, 1135

- d. Meghani & Kuzma 2018, S204
 - e. Pugh 2016, 578
 - f. Simon et al. 2019, 2
 - g. Esvelt & Gemmel 2017, 4
- 11) Die derzeitigen Instrumente des Naturschutzes erweisen sich als unzureichend.
- a. Filbee-Dexter & Smajdor 2019, 2
 - b. Sandler 2019, 580 (stellt das Argument nur dar)
 - c. Thresher 2020, 2 u. 10
 - d. Palmer 2016, 235
- 12) Im Naturschutz werden zunehmend GT/GD Technologien vorgeschlagen, weil aktivere Interventionen gefordert sind, um Tieren und Ökosystemen besser zu schützen.
- a. Filbee-Dexter & Smajdor 2019, 2
 - b. Adams & Redford, 2021, 1
 - c. Engelhard 2020, 1
 - d. Sandler 2019, 579
 - e. Thiele 2020, 10
 - f. Phelan et al. 2021, 2
- 13) GT/GD könnte ein geeignetes Mittel für den Naturschutz sein.
- a. Callies 2019, 1091
 - b. Campbell et al. 2019, 6
 - c. Capps 2019, 236
 - d. Emerson et al. 2017, 1135
 - e. Ormandy et al. 2011, 545
 - f. Sandler 2019, 580 (stellt das Argument nur dar)
 - g. Thresher 2020, 2
 - h. Thiele 2020, 14
 - i. Palmer 2016, 235 („facilitated adaptation“ zur besseren Anpassung von Arten an den Klimawandel)
 - j. Piaggio et al. 2016, 4
- 14) Die Situation, in der die Natur (oder Teile der Natur) sich befinden, ist so dramatisch, dass der Einsatz von GT/GD als *last resort* möglicherweise gerechtfertigt ist.
- a. Filbee-Dexter & Smajdor 2019, 4
 - b. Sandler 2019, 579 (stellt das Argument nur dar)
 - c. Thresher 2020, 1
- 15) Der Einsatz von GT/GD ist nur dann gerechtfertigt, wenn andere Möglichkeiten, die Natur zu „retten“, erschöpft sind.
- a. Filbee-Dexter & Smajdor 2019, 4
 - b. Thresher 2020, 15

Einwände gegen den Einsatz von Gentechnik (im Naturschutz und allgemein)

- 16) Hybris-Einwand/Playing-God Einwand: Angesichts unseres begrenzten Wissens handeln wir Menschen selbstüberschätzend, wenn wir Gene verändern, um uns selbst oder die Natur zu verbessern.
- a. Rulli 2018, 513f. → argumentiert dagegen

- b. Callies 2019, 1093 → argumentiert tendenziell dagegen, mahnt jedoch zur Vorsicht und gründlichen Abwägung der möglichen Folgen
 - c. Engelhard 2020, 3
 - d. Pugh 2016, 580 → argumentiert dagegen
- 17) Heiligkeit-des-Lebens-Einwand: Man sollte biologische Arten (bzw. die Individuen) nicht ausrotten, da das Leben heilig ist.
 - a. Pugh 2016, 579 → argumentiert dagegen
- 18) Slippery-Slope-Einwand: Wenn wir mit der Erforschung bzw. Anwendung von GT/GD beginnen, werden wir eines Tages eine moralisch verwerfliche oder gefährliche Technologie daraus entwickeln und diese einsetzen.
 - a. Callies 2019, 1095 → unterscheidet zwei Varianten des Einwandes, bejaht einen, verneint den anderen
- 19) Lock-In-Einwand: Die Entwicklung von GT/GD Technologien könnte die Möglichkeiten für die Entwicklung alternativer (möglicherweise besserer oder sozial/ökologisch wünschenswerterer) soziotechnischer Konfigurationen "verschließen" oder einschränken.
 - a. Callies 2019, 1096 → bejaht diesen Einwand tendenziell
 - b. Thiele 2020, 20
- 20) Technofix-Einwand: Durch GT/GD versucht man eine beschwerliche soziale oder verhaltensbezogene Lösung durch eine technische Lösung zu ersetzen. Diese verändert jedoch nicht die wirklichen Ursachen des Problems (das Verhalten).
 - a. Callies 2019, 1093f. → argumentiert tendenziell dagegen
 - b. Filbee-Dexter & Smajdor 2019, 4 → stimmt zu (assistierte Evolution ändert nichts an den Verhaltensweisen, die die Umweltschäden verursacht haben, und macht uns von biotechnologischen Eingriffen abhängig, um unseren Bedarf auch in Zukunft zu decken)
 - c. Sandler 2019, 582f. → stimmt zu
 - d. Thiele 2020, 22 → stimmt zu (issue of moral hazard: the lack of incentive to guard against damage or danger because one is protected from its consequences)
- 21) Umschichtung von Mitteln: Die Erforschung und Anwendung von GT/GD könnte dazu führen, das traditionelle Naturschutz bzw. Gesundheitsmaßnahmen weniger finanziert werden.
 - a. Thiele 2020, 22 (Bezug auf Naturschutz)
 - b. Callies 2019, 1094f. (Bezug auf Malariabekämpfung; Forderungen für den Einsatz von Gentechnik)

Bedingungen für den Einsatz von Gentechnik

- 22) In der GT/GD Forschung und Anwendung sollten wir mit Vorsicht und auf der Grundlage guter empirischer Beweise vorgehen.
 - a. Rulli 2018, 514f.
 - b. Pugh 2016, 580
 - c. Esvelt & Gemmell 2017, 4
 - d. Campbell et al. 2019, 6

- 23) Wir sollten unser empirisches Wissen über GT/GD noch weiter ausbauen/wir wissen zum jetzigen Zeitpunkt nicht genug.
- a. Rulli 2018, 519
 - b. Engelhard 2020, 2f.
 - c. Pugh 2016, 580
 - d. Phelan et al. 2021 & ebd. 2020
 - e. Godwin et al. 2019, 2ff. → weist auf Wissenslücken auf wissenschaftlicher und auf sozio-demokratischer Ebene (gesellschaftliche Akzeptanz) hin
- 24) GD-Systeme müssen kontrollierbar sein
- a. Esvelt & Gemmel 2017, 4 (fordert die Existenz von Gegenmaßnahmen)
 - b. Campbell et al. 2019, 6 (fordert Skalierbarkeit und mehr Artspezifität)
- 25) Die Freisetzung gentechnisch veränderter Organismen erfordert eine Konsultation oder Zustimmung der (internationalen) Gemeinschaft.
- a. Annas et al 2021, 20
 - b. Callies 2019, 1096
 - c. Capps 2019 → bejaht es teilweise (das ganze Paper geht darum, finde ich ziemlich komplex)
 - d. Emerson et al. 2017, 1135
 - e. Lanzerath 2018, 269
 - f. Campbell et al. 2019, 10
 - g. Esvelt & Gemmel 2017, 4
 - h. Godwin et al. 2019, 6
- 26) Die Risiken, die mit der GD-Technologie einhergehen, erfordern einen Art von Risikobewertung, die über traditionelle Ansätze hinausgeht.
- a. Capps 2019, 237 → schlägt One Health Approach als neuen Ansatz vor (bezieht sozio-ökologische Faktoren und ökozentrische Ansätze mit ein)
 - b. Engelhard 2020, 2f. (z. B. Methoden der Technikfolgenabschätzung)
 - c. Lanzerath 2018, 258 (nicht nur Auswirkungen auf den Menschen Tiere betrachten sondern auch die Veränderung von der dynamischen Struktur und Ordnung der Natur und der natürlichen Prozesse).
 - d. Meghani & Kuzma 2018, S216f. (Die FDA sollte ihren Regulierungsprozess umgestalten, um eine breitere Untersuchung möglicher ökologischer Auswirkungen, einschließlich der Auswirkungen auf den Menschen, zu ermöglichen)
 - e. Sandler 2019, 384 (form-of-life considerations)
 - f. Simon et al 2019, 3 (Technologiebewertungsansatz, der über eine reine Risikobewertung hinausgeht, Schwerpunkt auf potenziellen Umweltgefahren, gesellschaftliche, ökonomische und kulturelle Auswirkungen, Vergleich mit anderen Problemlösungsansätzen)
 - g. Phelan et al. 2021, 2 & ebd. 2020 (Fordert die Inklusion des Wissens indigener Völker sowie eine breitere Definition des Risikobegriffs, mehr Fokus auf Erfolge und intendierte Konsequenzen)
 - h. Barnhill-Dilling et al. 2021, 4ff. (Fokus auf intendierte Konsequenzen)

27) Der Entscheidungsprozess für oder gegen eine Anwendung von GT/GD sollte interdisziplinär und sozio-demokratisch geführt werden

- a. Godwin et al. 2019, 1 & 6
- b. Piaggio et al. 2016, 3 & 9 → fordert Kommunikation zwischen synthetischer Biologie und Naturschutzethik
- c. Wickson et al. 2017, 193 → schlägt ein “framework of care-based ethics and politics” zur Regulation von Biotechnologien vor
- d. Phelan et al. 2021, 2 & ebd. 2020
- e. Barnhill-Dilling et al. 2021, 2ff. → kontextbezogene Berücksichtigung der intendierten und nicht intendierten Konsequenzen für verschiedene Interessensvertreter, Vorschlag des „Responsible Research and Innovation“-Ansatz (RRI)
- f. Kofler et al. 2018, 572 f. → lokale Entscheidungsprozesse sollen global koordiniert werden
- g. Parkes et al. 2016, 151 → „core/halo model“ als allgemeiner Managementrahmen für Schädlingsbekämpfung (kein expliziter Bezug zu gentechnischen Methoden)

Gentechnik und das Mensch-Natur-Verhältnis

28) GT/GD/assistierte Evolution verändert die Beziehung zwischen Mensch und Natur bzw. verändert das menschliche Bild der Natur.

- a. Filbee-Dexter & Smajdor 2019, 2 (Mensch wird vom Beschützer zum Gestalter bzw. Ingenieur natürlicher Systeme)
- b. Engelhard 2020, 3 (stärkt ein mechanistisches Verständnis vom Leben, rüttelt am Bild der Unverfügbarkeit der Natur, führt zu Entgrenzung von Natürlichem und Künstlichem)
- c. Lanzerath 2018, 254 (eine neue „künstliche Natur“ wird geschaffen) u. 270 (vergrößert die Entfremdung zwischen Menschen und Tieren bzw. der Natur)
- d. Sandler 2019, 583 (Problematische Beherrschung der Natur/ mangelnder Respekt vor vom Menschen unabhängigen Prozessen/Übernahme von Verantwortung für die von der Menschheit geschaffenen Umweltprobleme/Gärtner-Beziehung statt Schutz oder Kontrolle?)
- e. Thiele 2020, 25 („Die biotechnologischen Technologien sind ein harter Schlag gegen die Unabhängigkeit der Natur und damit gegen ihre Bedeutung“, Thiele argumentiert trotzdem dafür, dass wir keine anderen Methoden haben und daher biotechnologische Mittel verwenden sollten, M.G.)
- f. Palmer 2016, 239ff. → diskutiert den Loss-of-wildness-Einwand: Sie differenziert den Wildheitsbegriff und widerlegt/begründet den Einwand teilweise. Sie sieht den Verlust von Wildheit nicht unbedingt ethisch kritisch und fordert die Erwägung erleichterter Adaptation.
- g. Preston 2011, 464ff. → diskutiert das Argument, dass vom Menschen unabhängige Prozesse vom Menschen unabhängig bleiben sollten. Er kommt zu dem Schluss, dass es unter bestimmten Umständen rechtfertigbar ist, aber

aus praktischen und theoretischen Gründen nicht darauf insistiert werden kann (allgemeine Diskussion am Beispiel von Geo-Engineering)

h. Dubois et al. 2016

29) Der Einsatz der GT/GD untergräbt möglicherweise den Anspruch des Naturschutzes, die Natur zu erhalten/untergräbt den Aspekt des Natürlichen.

- a. Adams & Redford 2021, 3
- b. Sandler 2019, 582
- c. Thiele 2020, 10 u. 14f. (Naturschutz war bisher rückwärtsgerichtet und bewahrend, in der Natur 4.0 wird versucht, verlorengegangene natürliche Entitäten mithilfe von Technologien neu zu erschaffen, stellt eine konzeptionelle und normative Zäsur dar)
- d. Civil Society Working Group on Gene Drives 2016
- e. Esvelt & Gemmell 2017, 2
- f. Woinarski 2019, 49 → nimmt keinen direkten Bezug zu Gentechnik. Er stellt allgemeine ethische Abwägung bezüglich der Ausrottung von Arten zugunsten der Erhaltung einer anderen Art an

30) Transgene Organismen sind unnatürlich.

- a. Cooley & Goreham 2004 → argumentieren dagegen
- b. Thiele 2020, 20: "Katz (2012, 67, 74) argues that all ecological restoration projects, including those employing traditional methods, effectively replace a natural phenomenon with an artifact."

31) Biologische Arten haben intrinsischen Wert.

- a. Rulli 2018, 515f. → nein
- b. Pugh 2016, 579f. → nein
- c. Thresher 2020, 12f. (Unter der Annahme, dass Arten einen intrinsischen Wert haben, entsteht im Fall von invasiven Arten ein Trolley Problem)

32) Die gentechnische Veränderung von Tieren unterliegt moralischen Beschränkungen.

- a. Ormandy et al 2011 (Grund: Veränderung des telos (Rollin), Verletzung der Würde bzw. Integrität (Veerhoog), Verschiebung des Kräfte Gleichgewichts in der Mensch-Tier-Beziehung (Schicktanz))

Spezifische Naturschutz-Management Themen und Diskussionspunkte

33) Gezielte Umsiedlung (managed relocation; Minter & Collins 2012)

Das Aussterben von Arten aufgrund menschlicher Aktivitäten zu verhindern, scheint ein gemeinsames Bestreben in der Naturschutzgemeinschaft zu sein, aber radikalere Methoden (wie GT/GD) stellen einige Herausforderungen dar:

- Die kontrollierte Umsiedlung als Erhaltungsmethode widerspricht der Logik des klassischen Naturschutzes, der den historischen Lebensräumen für den Schutz der Arten Vorrang einräumt.
- Kritiker behaupten, dass das Ausmaß der menschlichen Eingriffe ein akzeptables Maß überschreiten könnte.

- Konkurrierende ethische Verpflichtungen müssen gegeneinander abgewogen werden: "positive Pflicht" zum Schutz und "negative Pflicht" zur Schadensvermeidung

Weitere Fragen für den Naturschutz (die Naturschutz-Community):

- Sollte die Integrität von Ökosystemen Vorrang haben oder eher das Überleben einzelner Arten, wenn es um eine mögliche Störung des Zielökosystems geht?
- Ist der Eingriff ein Zeichen des Respekts oder eine Haltung der Kontrolle?

34) Tierethik und Schädlingsbekämpfung inkl. GT/GD (Cohen & Warburton 2011)

- Die Ausrottung von Schädlingen auf Inseln, die Tötungen beinhalten, wirft Bedenken hinsichtlich der Schmerzen auf, die direkt durch die angewandte Methode verursacht werden (Tierwohl-, Tierschutzfragen)
- Ausrottungsmethoden können nur gerechtfertigt werden, wenn:
 - der langfristige Nutzen die kurzfristigen Auswirkungen auf das Wohlergehen überwiegt
 - Unwägbarkeiten durch lernbasierte Konzepte berücksichtigt werden
 - der Schaden minimiert und der Lerneffekt für zukünftige Maßnahmen maximiert wird

35) Renaturierung und Wildtierbekämpfung inkl. GT/GD (Dubois et al. 2016)

- Es gibt problematische Ähnlichkeiten zwischen früheren Ansätzen und der heutigen Renaturierungspraxis, was die Methodik und die Idee der Beherrschung der natürlichen Welt betrifft (vgl. Katz 2014).
- Mensch-Wildtier-Konflikte sollten in erster Linie durch eine Änderung der menschlichen Praktiken, die Mensch-Wildtier-Konflikte verursachen, und den Aufbau einer Kultur der Koexistenz angegangen werden
- Wildtierkontrolle muss gerechtfertigt werden durch:
 - den Nachweis von Bedrohungen für Menschen, Lebensgrundlagen, Ökosysteme
 - Minimierung des Schadens für Tiere und angepasste situationsspezifische Methoden
 - klare, messbare und ergebnisorientierte Ziele

C Exzerpte und Auswertung einschlägiger philosophischer/ethischer Publikationen (in English)

Adams, William M., Kent Redford, Rob Carlson, Georgina M. Mace & Bertina Ceccarelli. 2014. „Synthetic Biology and the Conservation of Biodiversity.“ *Fauna & Flora International*. *Oryx* 48(3): 330-336

Risks of new biotechnologies in conservation

- Escape of novel organisms
- Change of existing ecosystems, potentially reduce biodiversity or viability
- Outcome of invasive species or hybrids that outcompete the wild living species (332)
- De-extinction in private sector might draw money away from legitimate conservation concerns (333)

Potentials of new biotechnologies in conservation

- Fight climate change by producing carbon-consuming algae
- Restore degraded land and water
- Develop bees that are resistant to pesticides (333)
- Modify corals to tolerate warmer temperatures. Corals are important for ecosystems and human economies (334)
- Inaction might be a higher risk than not doing anything (337)

Adams, William M. 2020. „Gene Editing for Climate: Terraforming and Biodiversity.“ *Scottish Geographical Journal* 136, Nos. 1-4: 24-30

GMOs are based on (a different concept of) nature

Release of GMOs in the name of terraforming is a solution for climate change that is based on nature, but on a different kind of nature to that understood by conservationists (28)

Adams, William M. & Kent Redford. 2021. „Editing the Wild.“ *Conservation Biology* 35(3)

Topics and/or position

- A growing number of conservation science publications are exploring potential applications of gene editing for conservation.
- Focus on two strategies:
 - Altering the genomes of species under conservation to improve their ability to survive threats such as disease or anthropogenic environmental change.
 - Altering genomes of species that threaten the survival of rare or endemic species.

- The question of whether or not wild species should be genetically modified is not a question for the future
 - In a few cases this has already happened and in several more it is imminent (application: agriculture, public health)
 - Decisions about these deployments are in no way influenced by the views of natural scientists.
- The immediate ecosystems where most of these interventions have taken place are agricultural fields, forests, gardens, or built-up areas
- To dismiss genetic interventions in extensively modified ecosystems of this type as unimportant would be a mistake for 3 reasons:
 - Releasing GMOs into an unbounded space carries the risk of gene spread and introgression.
 - Non-natural applications will set the framework for funding, regulation, and shape public opinion. Conservation applications will then have to operate and exist within this framework.
 - The use of genetic engineering potentially undermines conservation's claim to conserve nature.
- Conservation practice is based on a distinction between naturalness ("wild" or "pristine" nature) and artificiality (the effects of human technologies and demands on the biosphere from which nature must be protected).
- All genetic interventions in free-living species are important for the future of life on Earth (and thus for conservation organizations and scientists working to preserve them)
- Genetic technologies will change the natural world both directly and indirectly.
- They may also change conservation practices in the years ahead, and these changes require careful, informed, and broad debate

Alphey, Luke S., Andrea Crisanti, Filippo F. Randazzo, Omar S. Akbari. 2020. „Opinion: Standardizing the Definition of Gene Drive.“ *Proceedings of the National Academy of Sciences* 117(49): 30864–30867

Topics and/or position:

- Explanation: What is a GD
- Definition of GD as: 1. Process or Phenomenon, 2. Material Object, 3. Intention or Tool
- Additional useful concepts: Explanation of synthetic GD, basic criteria which foster efficient synthetic GD, classification systems for GD, demarcation of GD from the terms “persistence” or “spread” of a trait in a population.
- Supplement: Glossary of 78 terms along with their definitions (<https://www.pnas.org/content/suppl/2020/11/11/2020417117.DCSupplemental>)

Annas, George J., Chase L. Beisel, Kendell Clement, Andrea Crisanti, Stacy Francis, Marco Galardini, Roberto Galizi, Julian Grunewald, Greta Immobile, Ahmad S. Khalil, Ruth Müller, Vikram Pattanayak, Karl Petri, Ligi Paul, Luca Pinello, Alekos Simoni, Chrysanthi Taxiarchi & J. Keith Joung. 2012. „A Code of Ethics for Gene Drive Research.“ The CRISPR Journal 4(1): 19–24

Topics and/or position:

- significance and usefulness of ethical codes
- code was built on the guidelines for research oversight that have been suggested by various national panels
- the values have been identified which are most relevant to research on GD: 1. responsible science, 2. Ecological stewardship, 3. public engagement (including fair distribution of risks and benefits)
- Authors were members of the Controlling and Countering Gene Editing in Mosquitoes (C2-GEM) research project funded by DARPA Safe Genes program
- Example of a GD research code of ethics

Brister, Evelyn & Andrew E. Newhouse. 2020. „Not the Same Old Chestnut: Rewilding Forests with Biotechnology.“ Environmental Ethics 42(2): 149-167

Potentials of GMOs

- could resist habitat changes
- could resist decline of invasive or pathogenic populations of species
- higher tolerance towards warmer temperatures 151

Potential of gene drives

Gene drives could control populations of invasive mammals without euthanasia or use of poison (151)

Worries of release of transgenic organisms

Release of transgenic organisms raises two worries:
1) it could cause unexpected ecological harm that could not be retrieved
2) it could be wrong to alter the gene pool of wild species (158)

Criticism on restoration paradigm

It is claimed that through GMOs the genetic integrity could be destroyed.

But genes change through time anyway as a result of genetic mutation. E.g., the American chestnut: the hybrid version used to be common in the US, and it's highly been affected by human activity

➔ It is not less wild than a biotech version would be (160)

Against historical fidelity as a concept of ecological restoration: Since the establishment of existing ecosystems, human influence was always present. A justification grounded in a condition free of human impact is not possible. Additionally, ecosystems are dynamic and under constant change, so its not reasonable to return to a past ecosystem state (162)

➔ Rewilding seems to be more attractive (163), it is more forward-looking and open to undeniable environmental changes (164)

Biotechnologies as a rewilding practice?

Arguments against:

- (1) transgenic organism is less natural
- (2) favouring transgenic organisms is an attitude of arrogance
- (3) nature will rewild itself (165)

Responses:

- (1) There is no clear and science-based standard for quantifying wildness or naturalness. Anyhow, to refrain from rewilding means to accept the decline of the originally state of an ecosystem caused by human interference. The additional action of rewilding through biotechnologies is not less natural than the decline option (165)
- (2) It may also be arrogant to destroy ecosystems or continue the introduction of pests in ecosystems (166)
- (3) Biotech may help threatened species to re-establish in a long future

Brister, Evelyn, J. Britt Holbrook & Megan J. Palmer. 2021. „Conservation Science and the Ethos of Restraint.“ Conservation Science and Practice 3(4): 1-9

Argument against ethos of restraint

- Ethos of restraint: attitude of excessive precaution among new biotechnologies (1)
- Not acting could paralyze the innovation needed to better understand and address ongoing environmental decline (2)

Arguments for ethos of proaction

- Unintended consequences is a vague concept; additional research caused by following a proaction account may find new data or technologies (4)
- Inaction also carries risks (4)

Tasks for a proactive attitude

- To make a proactive attitude towards new biotechnologies possible is to develop better assessment methods and assess benefits, risks and costs

- Interventions should be judged upon a case-by-case attitude, not a principal refusal or acceptance
- The ability to create knowledge should be part of the judgment process (5)

Callies, Daniel Edward. 2019. „The Ethical Landscape of Gene Drive Research.“ *Bioethics* 33(9): 1091–1097

Topics and/or position:

- Proposed applications of the GD technology: bolster the conservation of endangered species, control the populations of no-indigenous species, enhance agricultural output, reduce the burden of vector-borne diseases
- group approaches into four different categories: Global population replacement, self-limiting population replacement, global population suppression, self-limiting population suppression
- Focus on six ethical concerns: 1. Hubris, 2. Technological Fix, 3. Problematic Redirection of Aid, 4. Slippery Slopes, 5. Lock-in or path-dependence, 6. Public Participation
- We should help at risk populations (e. g. threatened by malaria) using GD, at the same time we should not gain too much control over the natural environment and stay humble
- It is not clear that technofixes are morally problematic, the legitimacy of a particular GD intervention depends upon the specifics of the technology in question, the problem it is attempting to address, and the social or behavioral alternative solutions
- If benefactors decrease their funding for traditional malaria prevention and treatment, this will have harmful consequences for populations currently at risk of malaria but would potentially benefit future generations. Problem intergenerational transfer
- Two versions of slsl-argument. If we want to avoid the release of GD organisms into the wild, we should stop GD research (this will probably happen). If our concern is a “completely designed world”, we need not stop GD research (this is unlikely to happen because of it)
- does not speak against GD research per se but requires us to be attentive towards the institutional developments
- There is an ethical obligation to engage communities into GD practices, failing to seek consent or any kind of input from communities, stakeholders, and publics is a clear manifestation of disrespect

Capps, Benjamin. 2019. „Gene Drive Gone Wild: Exploring Deliberative Possibilities by Developing One Health Ethics.“ *Law, Innovation and Technology* 11(2): 231–256

Topics and/or position:

- Recommendation: Before any GD field trial, consent from the affected community should be sought (e. g. suggested by Esvelt)
- Collective consent in this regard may be obtained via community engagement (CE), a process by which concerned citizens debate matters that affect them and choose a preferable outcome
- Questions:
 - Should members of the public, situated within their communities, decide on the use of complex technologies that likely have widespread impacts on ecosystems?
 - Alternatively, is the state justified in imposing policy, about the same technologies, on its citizens for broad public health benefits?
- Part I: Explanation of the gene drive controversy in the context of public health and environmentalism → reveals the tension between community engagement (CE) and the public interest
 - Suggestion: OH creates circumstances for publics to be decision-makers if CE can be ethically positioned to it
- Part II: Conditions for ethical CE are elaborated as three essential elements: Rights, the public good, and the public interest
 - OH analysis finds that environmentalism (or OH ethics) is coextensive with public health ethics
- Conclusion: The two related questions of (a) conditions for ethical CE and (b) OH ethics create essential conditions for future gene-drive field trials

Fang, Janet. 2010. „Ecology: A World Without Mosquitoes.“ *Nature News* 466(7305): 432–434

Topics and/or position:

- What would happen if there were no mosquitoes? Would anyone or anything miss them?
- 3,500 named species of mosquito, of which ~100 bite or bother humans
- Mosquitoes have been on earth for over 100 Mio. years, live on almost every continent and habitat, serve important functions in numerous ecosystems
- Some scientists assume that niche of mosquitoes would never filled by other organisms → potentially also threatening to humans?

Possible negative consequences of mosquito eradication:

- the number of migratory birds that nest in the tundra could drop by more than 50%
- The larvae of mosquitoes are a primary food source for fish, species of insects, spiders, salamanders, lizards and frogs → could lead to major effects up and down the food chain
- Mosquito larvae make up substantial biomass in aquatic ecosystems globally. They feed on decaying leaves, organic detritus, and microorganisms thereby making nutrients such as nitrogen available for plants → eliminating mosquitoes might affect plant growth
- Studies have shown more protozoan diversity in the presence of mosquito larvae
- Thousands of plant species would lose a group of pollinators

Possible positive consequences of mosquito eradication:

- Population growth (especially in sub-Saharan Africa)
 - Less burden on the health system and hospitals
 - Redirection of public-health expenditure for vector-borne diseases control to other priority health issues
 - Less absenteeism from schools
-
- The 'collateral damage' felt elsewhere in ecosystems and the romantic notion of every creature having a vital place in nature may not be enough to plead the mosquito's case
 - It is the limitations of mosquito-killing methods, not the limitations of intent, that make a world without mosquitoes unlikely
 - Joe Conlon, of the American Mosquito Control Association in Jacksonville: "If we eradicated them tomorrow, the ecosystems where they are active will hiccup and then get on with life. Something better or worse would take over."

Filbee-Dexter, Karen & Anna Smajdor. 2019. „Ethics of Assisted Evolution in Marine Conservation.“ *Frontiers in Marine Science* 6: Article 20

Topics and/or position

- Assisted evolution is a conservation strategy in which the genes of organisms are manipulated to increase their resilience to climate change and other human impacts.
- Assisted evolution transforms the role of humans from that of protectors to that of designers or engineers of natural systems

- Genetically modified species may have novel traits that give them a competitive advantage over native populations, which can reduce overall genetic diversity and increase diseases
- Quote, "From an ethical perspective, the transition from traditional conservation or restoration to assisted evolution strategies is significant." (S. 3)
 - Until now, genetic interventions in nature (GM crops, artificially selected livestock) were aimed at human benefit
 - Genetic changes in wild species were accidental and unintended.
 - "Assisting evolution" is a different approach because the changes are predictive and intentional
 - New goal: Design ecosystems for conservation purposes, with the goal of increasing or maintaining their "naturalness" or biodiversity
 - By placing species or ecosystems in a state they have never been in before, we are in a sense redefining what we consider valuable, or creating new values
 - The conservation value of species and ecosystems is no longer based solely on their naturalness, but on the extent to which they conform to our ideas about nature
 - Raises questions about the naturalness of "designed" ecosystems
- Quote: "To look at a species, and confidently state what its goal should be, and to change its genetic makeup in order that it fulfill this human-identified goal, is a hugely bold undertaking. In 'assisting' evolution, we are essentially taking steps toward deciding the winners and losers of the Anthropocene, and in so doing, designing and creating the world around us as we want it to be." (S. 3)
 - Motivation 1 for AE: Preserve/enhance the benefits of ecosystems to humans.
 - Problem: AE techniques could lead to perpetuating those habits and tendencies that caused the harm in the first place.
 - Quote: "Assisted evolution, within this view, even if not wrong in itself, is complicit with a worldview that is inherently materialistic, and harmful to our oceans. It does nothing to change the behaviors that caused environmental damage, and it makes us dependent on biotechnological intervention to meet our ongoing demands into the future." (S. 4)
 - Motivation 2 for AE: Compensating for the damage humans have caused to nature
 - AE can be a valuable (or even the only) conservation tool to achieve this goal.
 - However, from a duty ethical perspective, it may be more appropriate to stop the damaging action and accept that we lack the knowledge to repair the damage (quickly)

Informationsdienst Gentechnik. 2021. „Malaria-Mücken: Unschädlich Dank Pilz Statt Ausgerottet Durch Gene Drives?“ Informationsdienst Gentechnik (online) vom 16.10.2021. URL: <https://www.keine-gentechnik.de/nachricht/34457/>

Topics and/or position:

- Kenyan and British researchers have discovered a microfungus (Microsporidia MB) that lives in Kenyan malaria mosquitoes (symbiosis)
- Anopheles females with Microsporidia MB do not become infectious, i.e. they cannot infect humans
- The fungus develops in the intestine and reproductive organs of males and is transmitted with seminal fluid
- Females pass it on to about 1/3 of their offspring
- Targeted release of male Anopheles mosquitoes with Microsporidia MB is intended to combat malaria
- The successful containment of dengue fever transmitted by Aedes aegypti mosquitoes using the Wolbachia bacterium is the model for this method
- With both biological methods, the mosquitoes are not exterminated, and the impact on the ecosystem is small

Kohl, Patrice, Dominique Brossard, D.A. Scheufele & Michael A. Xenos. 2019. „Public Views About Editing Genes in Wildlife for Conservation.“ Conservation Biology 33(6): 1286–1295

Topics and/or position:

- Analysis of data from an online survey of 1600 U.S. adults (collected by YouGov 2016/17). Representativeness across sociodemographic characteristics was ensured. Research questions about the views of U.S. residents toward gene editing in wildlife. Results:
- U.S. residents are generally skeptical about the outcomes of gene editing in wildlife. On average, respondents thought risks would outweigh benefits, large majorities thought gene editing in wildlife would be at least somewhat risky for humans (84%) and nature (87%)
- >70% of respondents agreed that gene editing in wildlife could easily be used for the wrong purposes
- no majority opinion in response to questions about the moral acceptability of gene editing in wildlife
- On average, moral acceptability was significantly greater for applications to improve survival in endangered species compared with applications to decrease or eliminate environmentally problematic wildlife populations
- Individuals who more strongly believed in the authority of scientific knowledge held more favourable views of gene editing in wildlife, particularly views regarding the benefits and moral acceptability of these approaches (causal direction unclear)

- Individuals who paid more attention to science news perceived gene editing in wildlife as more beneficial and less risky
- concerns about messing with nature are likely to become central to debates about gene editing in wildlife.

Phelan, Ryan, Bridget Baumgartner, Stewart Brand, Evelyn Brister, Stanley W. Burgiel, R. Alta Charo, Isabelle Coche, Al Cofrancesco, Jason A. Delborne, Owain Edwards, Joshua P. Fisher, Martin Gaywood, Doria R. Gordon, Gregg Howald, Margaret E. Hunter, Peter Kareiva, Aditi Mankad, Michelle Marvier, Katherine Moseby, Andrew E. Newhouse, Ben J. Novak, Gerry Ohrstrom, Steven Olson, Megan J. Palmer, Stephen Palumbi, Neil Patterson Jr., Miguel Pedrono, Francisco Pelegri, Yasha Rohwer, Oliver A. Ryder, J. Royden Saah, Robert M. Scheller, Philip J. Seddon, H. Bradley Shaffer, Beth Shapiro, Mike Sweeney, Mark R. Tercek, Delphine Thizy, Whitney Tilt, Michele Weber, Renee D. Wegrzyn, Bruce Whitelaw, Matthew Winkler, Josh Wodak, Mark Zimring & Paul Robbins. 2021. „Intended Consequences Statement.“ *Conservation Science and Practice* 2021: e371 (1-3)

Risks of inaction

Inaction and delay also incur consequences. The risks of inaction must be taken into consideration (3)

Benefit of inclusive engagement

Inclusive engagement with communities and stakeholders, including indigenous peoples and marginalized groups, allows for a thoughtful exploration of diverse visions for future ecosystems and the path to a vibrant and resilient nature (3)

Preston, Christopher J. 2017. „De-extinction and Taking Control of Earth’s ‘Metabolism’.“ *Recreating the Wild: De-extinction, Technology, and the Ethics of Conservation*, special report. *Hastings Center Report* 47(4): 37–42

De-extinction worries

De-extinction might harm in a way

- that individuals born through de-extinction might suffer
- new disease vectors might occur (37)

Nature concepts?

New biotechnologies don’t just change the surface of nature but change the way nature works, the nature of nature (39)

Question on the quality of de-extinction as an action

- Actions as de-extinction are often regarded as actions that interfere too deeply in earths functioning.

- Do the non-intentional side effects of Anthropocene practices are qualitative different from intentional actions that change deeply earths functioning or nature? (39f.)

Rulli, Tina. 2018. „CRISPR and the Ethics of Gene Drive in Mosquitoes.“ In: Boonin, David (Hrsg.). The Palgrave Handbook of Philosophy and Public Policy. Cham, Schweiz: 509–521

Topics and/or position

- Distinguishes between in-principle objections to GD and empirical/practical safety concerns
- The main in-principle objections to GD fail (precautionary principle "playing God", GD is unnatural and therefore inadmissible, species have intrinsic value).
- Best objections to GD are empirical or practical in nature and relate to safety and unknown adverse effects
- Rulli against the precautionary principle: cannot be defended because it 1. is impractical and inhibits innovation 2. arbitrarily favors the status quo and 3. unjustifiably weights unknown harms higher than potential benefits
- Rulli against the Playing God objection: we have been indirectly modifying the genes of plants and animals for at least 10,000 years through selective breeding - with beneficial effects for human health and survival. There is no non-arbitrary explanation for banning more direct, effective methods
- Rulli against the objection of overestimating oneself (hubris): aims at epistemic caution and thus corresponds to the precautionary principle, which has already been invalidated by the author
- Objection of reverence for nature:
 - Assumption 1: The natural is good or sacred
 - Assumption 2: We should not alter nature because we risk destroying it
- Rulli against assumption 1: Being-should fallacy, an appeal to the natural is not a sufficient argument against technology that would change the natural world
- Rulli against Assumption 2: Again, a reference to epistemic prudence leading to an unjustified precautionary principle. Not a principled objection, but a reason to proceed with caution and on the basis of good empirical evidence
- Objection: species have intrinsic value.
 - Rulli: species have instrumental value which is best understood as security concerns related to ecosystems, the assumption that all biological species have intrinsic value is implausible (examples)
 - Even if a mosquito species were to have intrinsic value, this is plausibly outweighed by the intrinsic value of the lives of, say, a million humans

- Safety concerns: Apply to both the research and development of gene drive technology and its deployment
 - Unintentional release of GD organisms into the environment
 - GD organisms as bioweapons
 - Ecological impacts due to loss/alteration of a species
 - Unintended and unknown genetic modifications that could have unknown or adverse effects
 - Genetic alterations that cross the species boundary.
 - If malaria transmission is only temporarily eliminated or only partially reduced by gene therapy, the concomitant loss of immunity to malaria could mean higher rates of infection and death in the future

Sandler, Ronald. 2012. „Is Artefactualness a Value-Relevant Property of Living Things?“ Synthese 185: 89–102

Possible conflict of conservation theorists

Some conservation biologists see the ground for conservation in the natural value, a natural being possesses: Sprung from its long evolutionary history, value in nature is only existent in being untouched by humans

- ➔ Artefactual organisms like GMO might have less intrinsic objective value for conservationists (96f.)

Sandler, Ronald & John Basl. 2013. „The Good of Non-Sentient Organisms. Organisms, Artifacts, and Synthetic Biology.“ Studies in History and Philosophy of Science Part C: Studies in History and Philosophy of Biological and Biomedical Sciences 44(4): 697–705

The good of its own of synthetic organisms

- Synthetics artifacts, e.g., synthetic organisms have a good of their own
- They have selection etiologies (they were selected by humans because they had certain consequences relevant to achieving our ends), therefore it is teleologically organized
- If it is teleologically organized then it has a good of its own (means interests, and good and bads for its function) (12f.)

Sandler, Ronald. 2017. „De-extinction and Conservation Genetics in the Anthropocene.“ Recreating the Wild: De-extinction, Technology, and the Ethics of Conservation, special report. Hastings Center Report 47(4): 43–47

Argument for de-extinction in the Anthropocene

- In the Anthropocene, nature is in a deeply way influenced by human intervention, so de-extinction might not be a larger jump (44)
- Traditional species-conservation is less effective (44)
- ➔ Conservation has to be less historicity, less nostalgia but embrace the Anthropocene and take the role of managing the natural world (45)

Objection: De-extinction does not solve the ongoing degradation of ecosystems (46)

Sandler, Ronald. 2019. „Should We Engineer Species in Order to Save Them?“ *Environmental Ethics* 41(3): 221–236

Argument for genetic modification in general

Genetic modification cannot be wrong in all cases because

- (1) it would require a normative deontological theory;
- (2) it would require a principle within that system that would prohibit intentional genetic modification that could not occur in the absence of human agency (227)

- Rejection of (1):
There is no deontological ground because seeing objects of nature as an end to itself leads to the reductio ad absurdum that there could be no human inferences in nature at all
- There is no rule-consequentialist ground, because outcomes of genetic engineering are conditional, for example which rules would bring the best outcome, which means no rule could be applied (227)

De-extinction

- Reintroducing mammoth-like animals to Siberian tundra could have positive effects on the ecosystem, that could benefit other species and contribute to maintaining the permafrost greenhouse gas sequestration (231)
- Other values could accompany the conservation argument, e.g., animals as cultural or symbolic carrier (231)

Concerns:

- resources that flow in inefficient de-extinction projects are not flowing in other projects (231)
- de-extinction may function as a problematic technofix. There would be no need to keep individuals of species in existence, because they could be de-extincted anyway afterwards (232)
- ➔ De-extinction projects that have conservation goals need to be tied to traditional conservation activities if they are to be well-justified and successful (233)

Gene drives

- Successful GD could protect and promote diverse environmental values, such as ecological integrity, biodiversity and naturalness (234)

Concerns:

- GD could not fulfil many of the conservation targets, because it focusses on the individual rather on the environment. It is therefore a novel type of conservation practise (234)
- shift of perspective could lead to sort of pathologizing of threatened species, implying that the problem is that they are not well fitted to the world (236)
- ➔ If GD is effective and the risks are acceptable and manageable, adequate oversight processes are in place, public holds its support, then GD in some cases will provide a well-justified means to accomplish conservation ends, such as invasive species eradication (234)

Simon, Samson, Mathias Otto & Margret Engelhard. 2018. „Synthetic Gene Drive: Between Continuity and Novelty: Crucial Differences Between Gene Drive and Genetically Modified Organisms Require an Adapted Risk Assessment for Their Use.“ EMBO Reports 19(5): e45760

Topics and/or position:

- GDO are conceptually and biologically novel owing to five key features, which affect the application strategy, commercialization, spread of the modification, technical realization and ecosystems
- GMO strategies aim to protect crops from a stressor, GDO are expected to work directly against a stressor ➔ much more powerful concept that may affect a wider spectrum of organisms with higher spatial implications
- GM crops mainly provide advantages for producers, GDO strategies might result in a common good (e. g. disease control), but also in public burdens
- Inheritance and spread of the transgene is a prerequisite for GDO. The interactions between a GD drive and its target populations are less predictable in GDO than in GMO
- Wild populations, which are most likely targeted by GDO, are genetically much more diverse ➔ interactions between transgene and genetic background become more complex and less predictable ➔ non-intended effects are difficult to predict and characterize before release
- As the CRISPR/Cas toolbox is inherited by GDO, the laboratory moves into the environment ➔ the drive is designed to genetically modify organisms in the wild
- Stepwise risk-assessment approaches (laboratory ➔ greenhouse ➔ field) are not possible, since releasing even some individuals can be considered a full release

- Transgenic modification of the germline by GD is, by definition, not time restricted and can therefore not be withdrawn
- Upon release into the environment, the genetic modification will likely invade and affect other habitats and ecosystems beyond the area of release
- GDO can, at least theoretically, be realized in most animal and plant species
- A conceptual adaptation of biological security levels for research facilities to GDO, with an additional focus on potential environmental hazards, is needed
- We suggest a technology assessment approach that goes beyond mere risk assessment and that is generally not foreseen in legislations. This should focus on 1. appropriateness of the technique in comparison with other means to achieve the goal, 2. appraisal of social, economic and cultural impacts that are not part of the pure risk assessment

Thiele, Leslie P. 2020. „Nature 4.0: Assisted Evolution, De-extinction, and Ecological Restoration Technologies.“ *Global Environmental Politics* 20(3): 9–27

New nature concepts: Nature 4.0

Assisted Evolution and de-extinction stretch, if not tear apart, the very meaning of nature (10)

But for different concepts of nature can be argued:

Nature 1.0: sth. developed from itself

Nature 2.0: cultural modified nature

Nature 3.0: biotechnologies in a anthropocentric manner

Nature 4.0: biotechnologies in a non-anthropocentric manner (14)

Benefit of assisted evolution

Restoration of coral reefs or resilience against fungus of American Chestnut Tree (15)

De-extinction

If species are defined by their gene pool and flow, their ecological niche, and its evolutionary history, de-extincted organisms would not fulfil all criteria (not history). But the aim is a proxy organism, that fills the ecological niches (16)

- ➔ The goal is to adapt existing ecosystems to radical modern environmental changes, e.g., global warming, and possibly reverse those changes (18)

Arguments against governing Nature 4.0: concerning species

GMOs may:

- introduce novel disease vectors
- threatening existing species

- outcompete existing species and make them extinct
- disrupt ecosystems which would lead to a decline of biodiversity (19)

Arguments against: lock ins

harms may occur later and are too costly or impossible to restore (20)

Argument against: Danger of moral hazards

Danger of moral hazards: There might be a lack of incentives to guard against damage or to protect nature because it is possible to turn it all over by gene editing (22)

Argument against: De-extinction may follow the money

We must ask the question: who will participate in the development of Nature 4.0 and who may profit or suffer from it (23)

Argument against: Argument of human fallibility

Keeping extinct species extinct is a reminder of our fallibility and our finitude (23)

Refutation of too-much-interference-argument

If it is argued that new biotechnologies might interfere too much with nature, one can argue that a line between traditional conservation practices and new biotechnology practices cannot be drawn, because they both interfere with Nature 1.0 and are artificial (20f.)

Argument pro

Synthetic biomes may outperform naturally evolved in their ecosystem services (22)

Problem: obligation of prevention may not follow the obligation to promote sth.

If we have an ethical obligation to prevent the decline of biodiversity, we have the obligation to promote its growth (23)

Thresher, Ann C. 2020. „When Extinction Is Warranted: Invasive Species, Suppression-Drives and the Worst-Case Scenario.“ *Ethics, Policy & Environment*: 1–21

Topics and/or position:

- Suppression drives are taken to be a useful tool in the control of invasive species
- There are good reasons to think that population-suppressing gene drives will escape from the area it is being used
- Unlike other methods of invasives control, gene drives have potentially global implications for a species → Suppression-drives will always have a non-zero chance of escape and total species wipe

- When do we have the right to release a technology that could wipe out an entire species?
- Answer: The worst-case clause (WCC) is a useful litmus test for what species it is morally permissible to exterminate globally.
- WCC = Global extinction of the species must not cause disproportional damage to the environment, either in the species' native ranges or in ranges where it is invasive but now play a key part of the ecosystem.
- Other factors: 1. No-Alternatives, 2. Reasonable Timeline, 3. Proportionality, 4. Ark-viable, 5. Non-Value-laden, 6. Non-hybridising

Wickson, Fern. 2016. „Do We Care About Synbiodiversity? Questions Arising from an Investigation into Whether There Are GM Crops in the Svalbard Global Seed Vault.“ *Journal of Agricultural and Environmental Ethics* 29: 787–811

Question on nature concepts

Often GM plants are not defended as being valuable for biodiversity, because it could be argued, that (transgenic) crops are no longer plants in a traditional sense (801)

➔ It has to be explicitly argued, why these GM crops would fall outside biodiversity

No natural value of GMOs

- GMO lack intrinsic value as it is awarded to other living organisms.
- They receive their value through their telos, which is inwritten in their genes. Modifying genes would mean giving them the status of a human invention rather than a natural being, which then do not have a natural value (801f.)
- Often conventionally bred crops are more accepted, than GMOs. This is because of the implicit concept of naturalness as wild and pristine
But the dichotomy of nature/culture, or organism/artifact can no longer be maintained due to, e.g., agriculture (804)

Forward looking approach

Developing new concepts as synthetic biodiversity or symbiodiversity (symbiosis of bio and synthetic bio) may allow us to reimagine the boundaries of distinction and open up for new questions in the pace between biotechnology and biodiversity conservation (806)

Willemsen, Ariane & Klaus Peter Rippe. 2018. „The Idea of Precaution: Ethical Requirements for the Regulation of New Biotechnologies in the Environmental Field.“ *Frontiers in Plant Science* 9. Article 1868: 1–12

Risk in deontological approaches

- If the risk is not reasonable for the entity of inherent value, the action is prohibited
- If the risk is reasonable, then the action is permissible (8)

Risk in consequentialist approaches

Risks and opportunities can be weighed up against each other (8)

Admission of precaution

Therefore: Concept of precaution should be adhered in the regulation of new biotechnologies. It is favoured by all ethical risk theories (10)