

UMWELTNEUTRAL HANDELN NACH DEM GREENZERO-ANSATZ

Mehrdimensionale Analyse,
Reduktion und Kompensation
von Umweltkosten



greenzero-standard.de

Daniel Moore, Vanessa Bach, Matthias Finkbeiner
TECHNISCHE UNIVERSITÄT BERLIN



Theresa Honkomp, Heinz Ahn
INNOVATIONSGESELLSCHAFT DER TECHNISCHEN
UNIVERSITÄT BRAUNSCHWEIG mbH



EMPFOHLENE ZITIERWEISE:

D. Moore, V. Bach, M. Finkbeiner, T. Honkomp, H. Ahn, Umweltneutral Handeln nach dem GREENZERO-Ansatz – Mehrdimensionale Analyse, Reduktion und Kompensation von Umweltkosten – LEITFADEN VERSION 1.11, BERLIN, 2023.

PRÄAMBEL

Die Unternehmen der GREENZERO-Gruppe haben sich entlang des initialen „Projekt Greenzero“ (so das gleichnamige Buch) ihres Gründers und Geschäftsführers, Dr. Dirk Gratzel, auf den Weg gemacht, mit unternehmerischen und gesellschaftlichen Partner:innen den GREENZERO-Ansatz zu entwickeln. Der GREENZERO-Ansatz verfolgt das Ziel, die Umweltauswirkungen eines Menschen, eines Produktes, einer Unternehmung oder eines urbanen Quartiers zunächst mithilfe der Ökobilanz zu *analysieren*, sodann weitgehend zu *reduzieren* und verbleibende Umweltkosten ganzheitlich durch die Renaturierung von Ökosystemen in Umweltwert zu wandeln (mehrdimensional *kompensieren*). Der Ansatz strebt so nach einem ganzheitlich verstandenen umweltneutralen Handeln und will unser Wirtschaften zu einem nachhaltigeren System *transformieren*. Umweltneutral handeln versteht sich als einen fortwährenden Prozess, der entsprechend wissenschaftlichen Erkenntnissen stets weiterentwickelt wird.

Als Initiator der "Gemeinsam umweltneutral handeln"-Initiative arbeitet GREENZERO gemeinsam mit Partner:innen aus der Wirtschaft, Wissenschaft, aus der Gemeinwohlökonomie, der Ökologie und dem Naturschutz daran, den GREENZERO-Ansatz in einen zertifizierbaren Standard zu überführen – zunächst für Produkte sowie Dienstleistungen und perspektivisch für Organisationen und Städte bzw. Quartiere. Der ambitionierte Anspruch dabei ist, den jeweiligen Stand der Wissenschaft in einen ökonomisch realistischen, anspruchsvollen und – in ökologischen Aspekten – Maßstäbe setzenden Standard zu überführen. Ziel ist, den GREENZERO-Standard international akkreditieren und bis zum Jahr 2025 das erste Produkt durch einen neutralen Prüfdienstleister nach GREENZERO-Standard zertifizieren zu lassen.

Unternehmen, Produkte und Quartiere, die den GREENZERO-Standard erfolgreich anwenden, können das GREENZERO-Siegel „Gemeinsam umweltneutral handeln“ nutzen. Es kennzeichnet die Zugehörigkeit zur Initiative und die verbindliche Berücksichtigung der im Standard geforderten Nachhaltigkeitsanstrengungen.

Die aktuell vorliegende Version des Leitfadens zum GREENZERO-Ansatz wurde zusammen mit Wissenschaftler:innen der TU Berlin und der TU Braunschweig für die HeimatERBE GmbH erstellt und im Laufe der weiteren Entwicklung auf die GREENZERO GmbH übertragen. Weitere fachliche Überarbeitungen dieses Ansatzes und entsprechend aktualisierte Veröffentlichungen sind im Sinne des Prozessverständnisses zu einem umweltneutralen Handeln vorgesehen.

Dieses Dokument befindet sich in einem Konzeptstatus, der zum Teil Ideen und Ziele formuliert, deren Erreichen aktuell erarbeitet wird.

INHALTSVERZEICHNIS

Abkürzungsverzeichnis	3
1. Einführung	4
2. Zusammenfassung der Anforderungen	9
3. Umweltneutral handeln in sechs Schritten	13
3.1. Ökobilanz – 1. Schritt.....	14
3.2. Reduktion – 2. Schritt.....	19
3.3. Umweltkosten – 3. Schritt.....	20
3.4. Umweltwert – 4. Schritt.....	21
3.4.1. Berechnung des Umweltwerts	22
3.4.2. Dokumentation des Umweltwerts.....	26
3.5. Ökologische Aufwertung von Flächen – 5. Schritt.....	28
3.5.1. Phase 1: Grundlagenplanung.....	30
3.5.2. Phase 2: Entwicklungsplanung	32
3.5.3. Phase 3: Maßnahmenumsetzung.....	36
3.6. Monitoring – 6. Schritt.....	36
4. Verifizierung	40
Anhang	42
A.1. Hintergrund und Prinzipien	42
A.1.1. Ökobilanz – Umweltauswirkungen und Reduktion.....	42
A.1.2. Auswahl der Wirkungskategorien und Wirkungsabschätzungsmethoden.....	45
A.1.3. Monetarisierung – Umweltkosten und Umweltwert	47
A.1.4. Auswahl der Monetarisierungsmethode	48
A.1.5. Renaturierung – Ökologische Flächenaufwertung	49
A.2. Ergänzungen zu den sechs Schritten der Kompensation	53
A.2.1. Berichtsvorlage zur Dokumentation der Ergebnisse der Ökobilanz	53
A.2.2. Inflationsbereinigung der Kostensätze	54
A.2.3. Beispiele für Auf- und Abwertung des Biotopwerts auf Basis der BKompV	54
A.2.4. Orientierungshilfe für die Flächenentwicklung	55
Referenzen	58

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

AP	Potential der Wirkungskategorie Versauerung (eng.: Acidification Potential)
BKompV	Bundeskompensationsverordnung
BNatSchG	Bundesnaturschutzgesetz
FEP	Potential der Wirkungskategorie Eutrophierung (Süßwasser) (eng.: Freshwater Eutrophication Potential)
GWP	Potential der Wirkungskategorie Klimawandel (eng.: Global Warming Potential)
IRP	Potential der Wirkungskategorie ionisierende Strahlung (eng.: Ionising Radiation Potential)
kg-eq.	kg-Äquivalente (eng.: kg equivalents)
LU	Auswirkung der Wirkungskategorie Landnutzung (eng.: Land Use)
LCA	Ökobilanz (eng.: Life Cycle Assessment)
LCI	Sachbilanz (eng.: Life Cycle Inventory)
LCIA	Wirkungsabschätzung (eng.: Life Cycle Impact Assessment)
MEP	Potential der Wirkungskategorie Eutrophierung (Meerwasser) (eng.: Marine Eutrophication Potential)
NMVOG	Stickoxide mit flüchtigen organischen Verbindungen ohne Methan (eng.: Non Methane Volatile Organic Compounds)
ODP	Potential der Wirkungskategorie Abbau der Ozonschicht (eng.: Ozone Depletion Potential)
OLCA	Organisations-Ökobilanz (eng.: Organizational-LCA)
PMFP	Potential der Wirkungskategorie Feinstaubbildung (eng.: Particulate Matter Formation Potential)
POCP	Potential der Wirkungskategorie Bodennahe Ozonbildung (Sommersmog) (eng.: Photochemical Ozone Creation Potential)
SDGs	Ziele für Nachhaltige Entwicklung (eng.: Sustainable Development Goals)
UVPG	Gesetz über die Umweltverträglichkeitsprüfung
WU	Auswirkung der Wirkungskategorie Wassernutzung (eng.: Water Use)

1. EINFÜHRUNG

Klimaneutralität ist das Schlüsselkonzept zur Bewältigung des Klimawandels. Zum Erreichen des 1,5°C-Ziels des Pariser Abkommens soll Klimaneutralität spätestens bis zum Jahr 2050 erreicht werden (UNFCCC, 2015). Strategien und Ansätze, dies zu erreichen, werden dabei aktuell von verschiedenen Stakeholdern und auf verschiedenen Ebenen – für Länder, Kommunen, Organisationen und Produkte – diskutiert (BMU, 2016; Europäische Kommission, 2019).

Über den Klimawandel hinaus existieren weitere Umweltprobleme wie z. B. Versauerung, Eutrophierung oder Sommersmog, die zur Degradierung von Ökosystemen durch menschliche Eingriffe und damit zu einem Verlust an Biodiversität führen (UN Environment, 2019). Daher haben die Vereinten Nationen nach der „Dekade der biologischen Vielfalt“ von 2011–2020 die Jahre 2021–2030 zur „Dekade der Wiederherstellung von Ökosystemen“ erklärt, um dem Verlust von Biodiversität bzw. der Degradierung von Ökosystemen auf lokalem und globalem Maßstab entgegenzuwirken (CBD, 2011; UNEP, 2021). Dabei ist die Bewältigung der Folgen des Klimawandels mit dem Erhalt von Biodiversität verknüpft, z. B. indem die Wiederherstellung und Erhaltung von Biodiversität das Anpassungspotential an die Klimawandelfolgen erhöht und dazu beiträgt, dass intakte Ökosysteme einen Beitrag zum Lebensunterhalt, zur Gesundheit und zum Wohlbefinden von Menschen ermöglichen (IPBES, 2016).

Die Notwendigkeit, neben dem Klimawandel weitere aktuelle Umweltprobleme zu adressieren und dazu Maßnahmen zu ergreifen, leitet sich u. a. vom Konzept der „Planetaren Grenzen“ ab. Kritisch sind dabei die folgenden Bereiche zu sehen ((Steffen *et al.*, 2015), siehe Abbildung 1):

- Klimawandel: sicherer Handlungsspielraum ist überschritten;
- Biodiversität: genetische Vielfalt: Belastungsgrenzen sind weit überschritten;
- Phosphor und Stickstoffkreislauf: Belastungsgrenzen sind bereits stark überschritten;
- Landnutzungswandel: sicherer Handlungsspielraum ist überschritten;
- Süßwassernutzung: die Menschheit agiert global noch im sicheren Handlungsspielraum, überschreitet jedoch vielerorts lokale oder regionale Belastbarkeitsgrenzen (Bunsen, Berger and Finkbeiner, 2021).

Dass über den Klimawandel hinaus Handlungsbedarf hin zu einer nachhaltigen Entwicklung besteht, zeigt sich auch in den Zielen für nachhaltige Entwicklung (eng.: Sustainable Development Goals, SDGs) der Vereinten Nationen. So fordert das Ziel 13 „Maßnahmen zum Klimaschutz“ Maßnahmen zur Bekämpfung des Klimawandels und seiner Auswirkungen, das Ziel 15 „Leben an Land“ den Schutz, die Wiederherstellung und die Förderung der nachhaltigen Nutzung terrestrischer Ökosysteme sowie die Eindämmung des Verlusts der biologischen Vielfalt (United Nations, 2021).

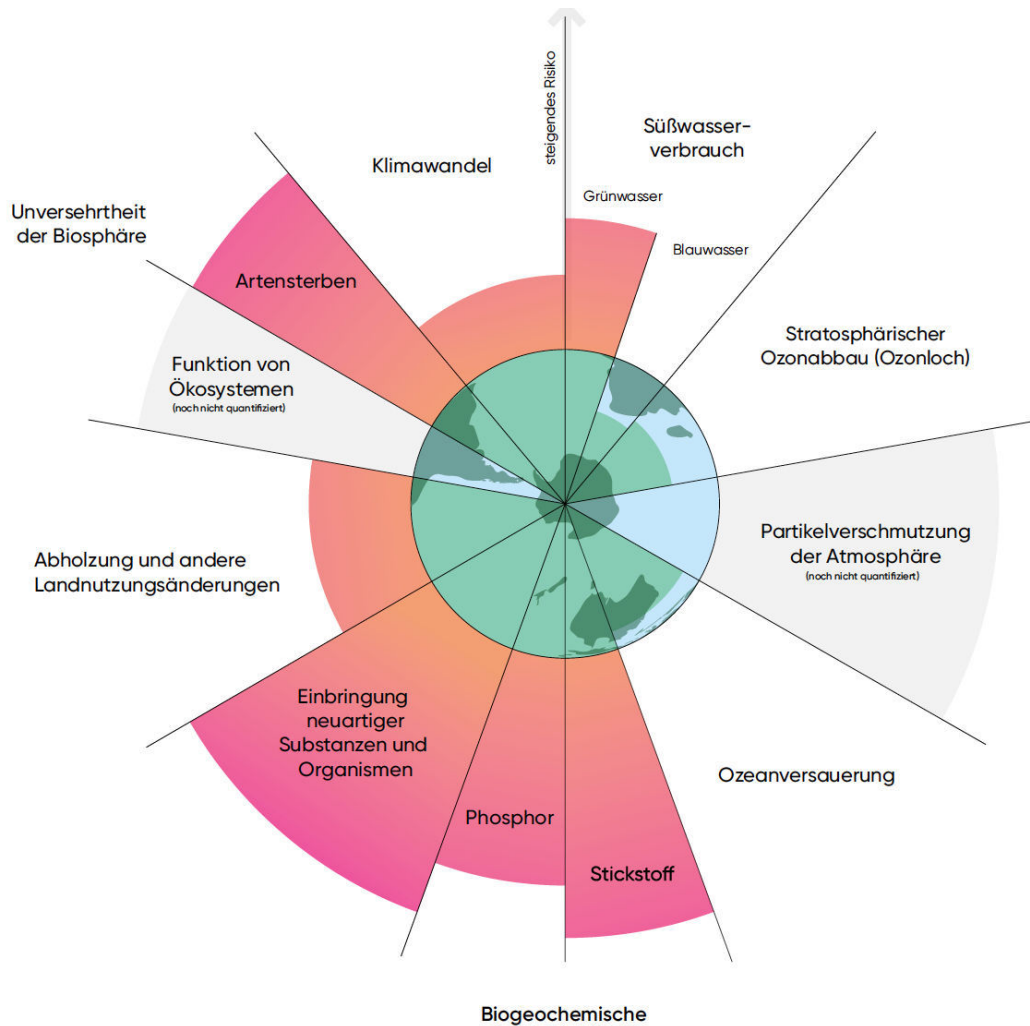


Abbildung 1: Unsichere und sichere Handlungsspielräume auf Basis des Konzepts der „Planetaren Grenzen“ (Abbildung angelehnt an Original von Azote für das Stockholm Resilience Centre, basierend auf Analysen in Wang-Erlandsson *et al.*, 2022, Persson *et al.*, 2022, und Steffen *et al.*, 2015)

Nach derzeitigem wissenschaftlichem Konsens (z. B. Andrews, 2014; Finkbeiner and Bach, 2021; UNFCCC, 2021) gilt die Hierarchie „Reduktion vor Kompensation“, das heißt, dass Reduktion priorisiert wird. Alle Reduktionsmaßnahmen haben Vorrang vor Kompensationsmaßnahmen. Um schlussendlich in den Zustand zu gelangen, in welchem keine negativen Umweltwirkungen zum Tragen kommen, sind im letzten Schritt Kompensationsmaßnahmen nötig. Diese sollten aber nur für den adäquaten Ausgleich der verbleibenden unvermeidbaren Wirkungen angewendet werden. Dabei sollten eine Lebenszyklusperspektive sowie möglichst viele Umweltauswirkungen einbezogen und betrachtet werden. Durch die vollständige Betrachtung des Lebenszyklus und die klare Zuordnung von Maßnahmen zu Reduktion oder Kompensation können Doppelzählungen sowie Greenwashing¹ ausgeschlossen werden und

¹ Greenwashing: Der Begriff umfasst die Praxis der Kommunikation umweltfreundlicher Aspekte von Produkten, Organisationen etc., um die Aufmerksamkeit von den umweltschädlichen oder weniger guten Umweltauswirkungen eines Produkts, einer Organisation etc. abzulenken (de Freitas Netto *et al.*, 2020; Merriam-Webster, 2021).

Mechanismen der Verlagerung von Emissionen, wie z. B. Carbon Leakage², vermieden werden. Zudem können damit die Effizienz der Maßnahme ermittelt und Problemverschiebungen zwischen Lebenswegabschnitten sowie Umweltauswirkungen verhindert werden.

In der Eingriffsregelung des deutschen Naturschutzrechts (§ 13 ff. Bundesnaturschutzgesetz, BNatSchG) finden sich Regelungen, die den zuvor adressierten Aspekten der Reduktion, Kompensation und Lebenswegbetrachtung entsprechen. Die Eingriffsregelung kommt bei Vorhaben zur Anwendung, die erheblichen Beeinträchtigungen auf Natur und Landschaft verursachen. Analog zur Priorität der Reduktion sollen vermeidbare Eingriffe in die Natur vermieden werden, um dem Verlust an biologischer Vielfalt entgegenzutreten. Um keinen weiteren Verlust durch nicht vermeidbare Eingriffe wie beispielsweise Bauvorhaben zuzulassen, müssen diese nach dem Prinzip des „No-net-loss“³ an Biodiversität kompensiert werden. Die Bundeskompensationsverordnung (BKompV) konkretisiert dabei die naturschutzrechtliche Eingriffsregelung (BfN, 2021). Zudem werden im deutschen Naturschutzrecht mehrere Schutzgüter und ihre Wechselwirkungen berücksichtigt (z. B. Schutzgüter nach §2 UVPG (Umweltverträglichkeitsprüfungs-Gesetz): Menschen, insbesondere die menschliche Gesundheit, Tiere, Pflanzen und die biologische Vielfalt, Fläche, Boden, Wasser, Luft, Klima und Landschaft, kulturelles Erbe, sonstige Sachgüter (BMJV, 2021)).

Vor diesem Hintergrund beschreibt dieser Leitfaden den mehrdimensionalen GREENZERO-Ansatz, bei dem nicht nur die Auswirkungen durch den Klimawandel, sondern auch weitere Umweltauswirkungen (z. B. Versauerung, Eutrophierung, bodennahe Ozonbildung (Sommersmog) und Abbau der Ozonschicht) analysiert, reduziert und entgegengewirkt werden. Dabei findet der oben beschriebene Ansatz „Reduktion vor Kompensation“ unter Betrachtung der Lebenszyklus-Perspektive Anwendung. Damit geht der GREENZERO-Ansatz über das Erreichen von „Klimaneutralität“ hinaus und verfolgt das Ziel, Umweltbelastungen von Produkten, Organisationen und Personen "gegen Null" (green zero) zu reduzieren. "Gemeinsam umweltneutral handeln" wird in diesem Sinne als Prozess zur grünen Null verstanden.⁴

² Carbon Leakage: Beschreibt den Mechanismus der Verlagerung von Emissionen von Unternehmen, Organisationen etc. ins Ausland weg von Regionen mit ambitionierter Klimapolitik hin zu Regionen mit weniger ambitionierter Klimapolitik mit dem Ziel, Investitionen zu vermeiden. Ursache sind international unterschiedliche ambitionierte Klimapolitiken (UBA, 2021a).

³ No-net-loss: Mit dem Prinzip des „No-net-loss“, das Teil der EU-Biodiversitätsstrategie ist, soll erreicht werden, dass ein anhaltender Verlust an Biodiversität und Ökosystemleistungen durch menschliche Eingriffe in die Umwelt verhindert wird. Um dies zu erreichen, sollen im letzten Schritt Maßnahmen zum Ausgleich verbleibender erheblicher nachteiliger Umweltauswirkungen erfolgen, die nicht vermieden, minimiert (und/oder in einigen Fällen) saniert oder wiederhergestellt werden können (Tucker, Quétier and Wende, 2020).

⁴ Der GREENZERO-Ansatz ist darüber hinaus ebenfalls anwendbar für Dienstleistungen sowie Stadtviertel und Quartiere, die Organisationen bzw. Organisationseinheiten im weiteren Sinne darstellen (Cremer *et al.*, 2020). Entscheidend für die Anwendung des GREENZERO-Ansatzes ist, dass die Umweltauswirkungen mittels Ökobilanz ermittelt werden können.

Der Ansatz zum Erreichen von umweltneutralem Handeln beruht auf sechs Schritten (siehe Abbildung 2):

- 1) Ökobilanz: Die Umweltauswirkungen eines Produkts, einer Organisation oder Person werden für verschiedene Wirkungskategorien ermittelt.
- 2) Reduktion: Mit Hilfe der Ökobilanz werden die Umweltauswirkungen reduziert.
- 3) Umweltkosten: Die ermittelten Umweltauswirkungen werden monetarisiert und damit die externen Effekte in Umweltkosten umgerechnet.
- 4) Umweltwert: Den Umweltkosten wird ein Umweltwert gegenübergestellt, der den Aufwendungen für die ökologische Aufwertung von degradierten Flächen hin zu Flächen mit vielfältigen Ökosystemleistungen entspricht.
- 5) Ökologische Flächenaufwertung: Durch anthropogenes Handeln degradierte Flächen, etwa aus voriger Industrie-Nutzung, werden naturschutzfachlich über evtl. gesetzliche Mindestanforderungen hinaus aufgewertet und langfristig zu ökologisch wertvollen Biotopen mit positiven Wirkungen auf die Schutzgüter Biodiversität und die menschliche Gesundheit⁵ entwickelt.
- 6) Monitoring: Das Erreichen der Ziele der ökologischen Aufwertung wird langfristig kontrolliert und sichergestellt. Durch das Monitoring erfolgt also die Erfolgskontrolle der Kompensation.

Mit den positiven Wirkungen auf die Schutzgüter Biodiversität und menschliche Gesundheit des GREENZERO-Ansatzes werden weitere positive Umweltwirkungen abgebildet, z. B. in Bezug auf Klimawandel und Eutrophierung. Im Rahmen der Umsetzung dieser sechs Schritte werden die Umweltauswirkungen kompensiert und dadurch umweltneutrales Handeln erreicht. Der Umweltwert gleicht dabei die Umweltkosten von Produkten, Organisationen und Personen aus.

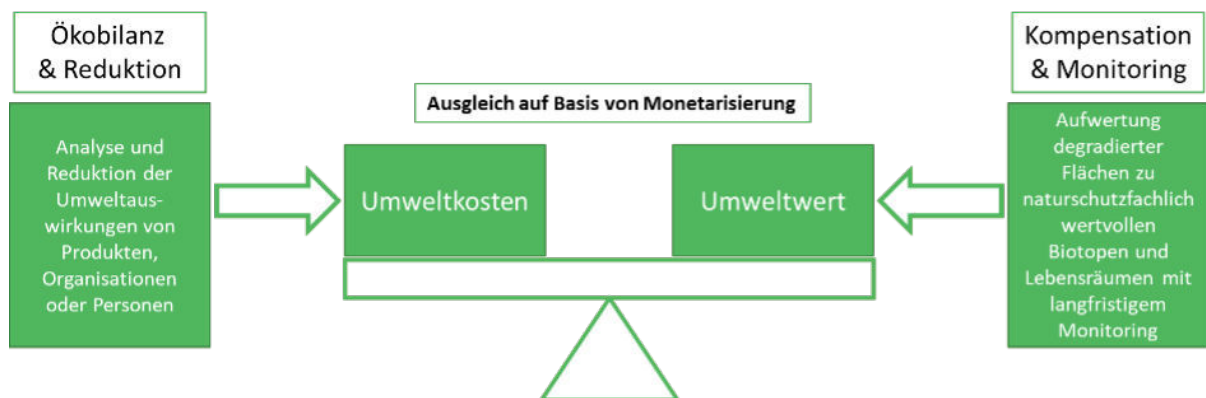


Abbildung 2: Das zugrunde liegende Prinzip des GREENZERO-Ansatzes zum Erreichen von umweltneutralem Handeln

⁵ In den Definitionen der Schutzgüter der Ökobilanz und des deutschen Naturschutzrechts gibt es Unterschiede (Huijbregts *et al.*, 2017; BMJV, 2021). Der GREENZERO-Ansatz liefert hauptsächlich eine positive Wirkung auf die Schutzgüter „Ökosysteme“ und „menschliche Gesundheit“ (im geringeren Umfang, z. B. durch Erholungswert der aufgewerteten Flächen für Menschen) der Ökobilanz. Im deutschen Naturschutzrecht, z. B. nach §2 UVPG, lauten die entsprechenden Schutzgüter „Biodiversität“ und „menschliche Gesundheit“, auf die im weiteren Bezug genommen wird, wenn von positiver Wirkung der ökologischen Flächenaufwertung gesprochen wird.

Mit dem GREENZERO-Ansatz wird so eine ganzheitliche ökologische Kompensation von Produkten, Organisationen und Personen ermöglicht und ein Beitrag zur ökologischen Transformation der Gesellschaft insgesamt geleistet.

In den nächsten Kapiteln wird der GREENZERO-Ansatz detailliert beschrieben. In Kapitel 2 „Zusammenfassung der Anforderungen“ sind die Anforderungen des GREENZERO-Ansatzes zusammengefasst dargestellt. Die sechs Schritte, mit denen mittels Kompensation umweltneutrales Handeln hergestellt werden soll, werden in Kapitel 3 beschrieben:

- Schritt 1: Ökobilanz (Unterkapitel 3.1.): Beschreibung der geltenden Methoden und Bilanzierungsregeln der Ökobilanz und deren Dokumentation.
- Schritt 2 Reduktion (Unterkapitel 3.2.): Darstellung der Anforderungen an die Reduktion der Umweltauswirkungen mittels Ökobilanz.
- Schritt 3: Umweltkosten (Unterkapitel 3.3.): Darlegung des Vorgehens zur Ermittlung der Umweltkosten mittels Monetarisierung.
- Schritt 4: Umweltwert (Unterkapitel 3.4.): Beschreibung des methodischen Vorgehens zur Berechnung des Umweltwerts und dessen Dokumentation (anlehnend an iTUBS Bericht „HeimatERBE⁶: Produktisierung ökologischer Aufwertung“ vom 13.01.2022).
- Schritt 5: Ökologische Aufwertung (Unterkapitel 3.5.): Erläuterung des Vorgehens der ökologischen Flächenaufwertung zur Kompensation der Umweltauswirkungen (Grundlagenplanung, Entwicklungsplanung, Maßnahmenumsetzung).
- Schritt 6: Monitoring (Unterkapitel 3.6.): Formulierung der Anforderungen an das Monitoring-Konzept, das zur Überprüfung der Zielerreichung auf den Flächen dient.

In Kapitel 4 wird erläutert, wie der GREENZERO-Ansatz verifiziert und begutachtet wird, um die Einhaltung des Standards zu gewährleisten. Darüber hinaus werden in Anhang A.1. die Hintergründe und Prinzipien dargelegt, auf denen der GREENZERO-Ansatz aufbaut. In Anhang A.2. sind Ergänzungen zu den sechs Schritten dargestellt.

⁶ Als Teil der GREENZERO-Gruppe verantwortet die HeimatERBE GmbH die ökologische Aufwertung und Pflege der HeimatERBE-Flächen.

2. ZUSAMMENFASSUNG DER ANFORDERUNGEN

Dieses Kapitel fasst die Anforderungen zusammen, die eingehalten werden müssen, damit ein Produkt, eine Organisation oder eine Person eine "grüne Null" nach diesem Standard erreichen kann. Die Liste der Anforderungen ist in Tabelle 1 dargestellt.

Tabelle 1: Zusammenfassung der Anforderungen des GREENZERO-Ansatzes

Kapitel	Anforderung
3.1. Ökobilanz – 1. Schritt	<ul style="list-style-type: none"> • Erstellung der Ökobilanz nach ISO 14040/44 für Produkte und Dienstleistungen, nach ISO/TS 14072 und (UNEP/SETAC, 2015) für Organisationen und nach (Goermer, Lehmann and Finkbeiner, 2020) für Personen. • Auswertung der Ökobilanz für die Wirkungskategorien Klimawandel, Versauerung (terrestrisch und aquatisch), Eutrophierung (Süßwasser & Meerwasser), Bodennahe Ozonbildung (Sommersmog) und Abbau der Ozonschicht. • Ab 2023: Auswertung zusätzlich für die Wirkungskategorien Feinstaubbildung und ionisierende Strahlung. • Ab 2025: Auswertung zusätzlich für die Wirkungskategorien Landnutzung und Wassernutzung. • Verwendung der in Unterkapitel 3.1., Tabelle 2 genannten Wirkungsabschätzungsmethoden. • Erstellung eines Berichts mit den Ökobilanz-Ergebnissen nach Anhang A.2.1.
3.2. Reduktion – 2. Schritt	<ul style="list-style-type: none"> • Reduktion der Umweltauswirkungen mit Nachweis über die Ökobilanz (quantitativ). • Nachweis der Reduktion zu Beginn der Kompensation oder spätestens nach 3 Jahren (wiederkehrend). • Festlegung eines konsistenten Referenzzustandes als Vergleichsgröße zum Nachweis der Reduktion. • Qualitative Begründung, wenn keine Reduktion der Umweltauswirkungen gelingt. • Dokumentation der Reduktion der Umweltauswirkungen im Ökobilanz-Bericht nach Anhang A.2.1. • Angabe der Ergebnisse der Wirkungskategorien im Bericht, bezogen auf die Einheit, die zur Berechnung der Umweltkosten relevant ist (z. B. für 1 Verkaufseinheit, siehe Anhang A.2.1.).
3.3. Umweltkosten – 3. Schritt	<ul style="list-style-type: none"> • Umrechnung der Umweltauswirkungen in Umweltkosten mit den Kostensätzen der jeweiligen Wirkungskategorien nach Unterkapitel 3.3., • Tabelle 3. • Addieren der Umweltkosten zu einer Summe über alle betrachteten Wirkungskategorien. • Fakturieren der Umweltkosten beim Kunden. • Inflationsbereinigung der Kostensätze alle 2 Jahre.

Kapitel	Anforderung
<p>3.4. Umweltwert – 4. Schritt</p>	<p>Berechnung des Umweltwerts (Abschnitt 3.4.1.):</p> <ul style="list-style-type: none"> • Berechnung der Vollkosten, die bei der ökologischen Aufwertung pro Planquadratmeter anfallen (rollierend, abgezinst), bezogen auf ein Jahr, für 25 Jahre im Voraus. • Unterteilung der Kosten in Einzelkosten (einer Fläche zuordenbar) und Gemeinkosten (keiner Fläche zuordenbar). • Verteilung der unechten Gemeinkosten in Abhängigkeit der Flächenkomplexität, der echten Gemeinkosten in Abhängigkeit der Flächenkomplexität und der Flächengröße. • Unterteilung der Kosten in einmalige (z. B. Herstellungskosten) und regelmäßige Kosten (z. B. Pflegekosten) mit Verteilung der einmaligen Kosten über 10 Jahre. <p>Dokumentation des Umweltwerts (Abschnitt 3.4.2.):</p> <ul style="list-style-type: none"> • Implementierung und Dokumentation der Berechnung pro Fläche. • Aktualisierung der Flächenplanberechnung zum Jahresende mit den tatsächlich umgesetzten Aktivitäten und Maßnahmen und Festschreibung des Umweltwerts pro Fläche. • Übertragung des im Jahr generierten Umweltwerts in eine Gesamtübersicht. • Einzahlung des Umweltwerts auf ein Konto (z. B. internes Konto, Konto bei einer Bank mit Umweltwert als virtuelle Währung), das zum Ausgleich von Umweltkosten genutzt wird. • Abbuchung von zum Ausgleich von Umweltkosten genutzten Umweltwert. • Wird der Umweltwert nicht abgebucht, wird er auf Vorrat gehalten.
<p>3.5. Ökologische Aufwertung von Flächen – 5. Schritt</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Überführung degradierter Flächen, die in ihrem ökologischen Wert und ihrer ökologischen Leistungsfähigkeit stark eingeschränkt sind, in eine naturschutzfachliche Pflege. • Schaffung eines naturschutzfachlich möglichst wertvollen Flächenkomplexes mit vielfältigen Ökosystemleistungen unter Berücksichtigung der standörtlichen Eigenschaften und Potenziale sowie mit dem Ziel einer positiven Wirkung auf die Schutzgüter Biodiversität und menschliche Gesundheit. <p>Grundlagenplanung (Abschnitt 3.5.1.):</p> <ul style="list-style-type: none"> • Erfassung der abiotischen und biotischen Faktoren, der Potentiale und Risiken der Flächen sowie der rechtlichen und logistischen Gegebenheiten. • Erstellung der Grundlagenkartierung als Biotopkartierung nach BKompV oder ähnlich standardisierter Methoden zur Ermittlung des Ausgangszustandes für die Ableitung von Aufwertungspotentialen der Fläche.

Kapitel	Anforderung
	<ul style="list-style-type: none"> • Einzelfallbezogene Auf- und Abwertung von über- oder unterdurchschnittlich gut ausgeprägten Biotopen. • Dokumentation der erhobenen Daten und Bilder. <p>Entwicklungsplanung (Abschnitt 3.5.2.):</p> <ul style="list-style-type: none"> • Festlegung von spezifischen Entwicklungszielen und Maßnahmen der Flächen. • Schaffung eines vielgestaltigen Flächenkomplexes (mit verschiedenen Biotopen) und Anknüpfung an bestehende Biotopverbünde bzw. deren Aufbau und Schaffung einer hohen Habitat-, Struktur- und Artenvielfalt innerhalb eines Biotops. • Planung der Entwicklung der Zielbiotop (z. B. Naturwald, extensiv bewirtschaftetes Grünland, Säume, Kleingehölze heimischer Arten, Gewässer, Sonderstandorte/Sekundärlebensräume) unter Berücksichtigung spezifischer Artenschutzmaßnahmen. • Anschluss an den Biotopverbund und Berücksichtigung der biotopspezifischen Flächenmindestgröße, um die Grundvoraussetzung für die ökologische Funktionsfähigkeit zu schaffen. • Berücksichtigung der Entwicklungszeiten für Biotop (z. B. nach BKompV) bei der Planung bis zur Entfaltung der vollen Reife der Zielbiotop. • Festlegung der Pflegemaßnahmen und Nutzungssteuerung der Biotop sowie erforderlicher, flächenspezifischer Maßnahmen. • Erstellung eines Neophyten- und Problemartmanagements. • Dokumentation der Daten, Maßnahmen und Ziele im Entwicklungsplan. • Abstimmung der Planung mit den zuständigen Behörden. <p>Maßnahmenumsetzung (Abschnitt 3.5.3.):</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ausschreibung und Durchführung der Maßnahmen des Entwicklungsplans (bauliche Tätigkeiten, Erdarbeiten, Herstellung der Biotop etc.). • Planung der ökologischen Baubegleitung. • Dokumentation der Arbeiten.
<p>3.6. Monitoring – 6. Schritt</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Erarbeitung eines flächenspezifischen Monitoring-Konzepts zur Erfassung von Bioindikatoren (Biotopausstattung, Vegetation und Flora als Grundlage für alle Tierarten sowie Erfassung verschiedener faunistischer Artengruppen – diese sind passend zu den Zielbiotop auszuwählen (inkl. Zielarten)). • Wiederholte Erfassung der Bioindikatoren (angepasst an die Entwicklungszeiten/-geschwindigkeit der Biotop und die Reaktionsgeschwindigkeit des jeweiligen Bioindikators). • Aufbereitung und Verwertung der Geländedaten zur Überprüfung der formulierten Entwicklungsziele – Zielerreichungsgrad ermitteln.

Kapitel	Anforderung
	<ul style="list-style-type: none"> • Definition der Methoden und Arbeitsschritte im Gelände und für die Auswertung – inkl. Begründung des Vorgehens/der Auswahl. • Dokumentation der Entwicklung der biotischen Ausstattung und des Zielerreichungsgrades der Fläche in Monitoring-Berichten (ermöglicht die Anpassung des Flächenmanagements bei negativen/unerwarteten Entwicklungen).
<p>4. Verifizierung</p>	<p>Ökobilanz</p> <ul style="list-style-type: none"> • Erstellung eines ISO-konformen Berichts nach ISO 14044, wenn die Ergebnisse der Ökobilanz extern kommuniziert werden sollen <ul style="list-style-type: none"> ○ Durchführung einer ISO-konformen kritischen Prüfung ○ Erstellung eines ISO-konformen Berichts zur kritischen Prüfung. • Prüfung der Ökobilanz durch autorisierte Dienstleister, wenn die Ergebnisse nicht extern kommuniziert werden sollen <ul style="list-style-type: none"> ○ Erstellung eines Ökobilanz-Berichts nach Anhang A.2.1. ○ Bestätigung der Prüfung der Ökobilanz durch den Prüfer. <p>Umweltwert</p> <ul style="list-style-type: none"> • Prüfung der Einhaltung der Anforderungen des Unterkapitels 3.4. durch einen Wirtschaftsprüfer. • Ausstellung eines Wirtschaftsprüfer-Testat für das Umweltwert-Konto zum Nachweis der Nachvollziehbarkeit, Transparenz, Vermeidung von Doppelzahlungen erbrachter Kompensationsleistungen, Nutzung von bereits generiertem Umweltwert zum Ausgleich von Umweltkosten. <p>Entwicklungsplanung und Monitoring</p> <ul style="list-style-type: none"> • Prüfung der Einhaltung der Anforderungen der Unterkapitel 3.5. und 3.6. sowie von ökologischen und naturschutzfachlichen Grundsätzen bei der Entwicklungsplanung und dem Monitoring. • Prüfung, inwieweit die ökologische Aufwertung der Flächen nach anerkannten Methoden der Umwelt-, Landschafts- und Naturschutzplanung erfolgt.

3. UMWELTNEUTRAL HANDELN

In diesem Kapitel wird beschrieben, wie mit dem GREENZERO-Ansatz umweltneutrales Handeln in Bezug auf Produkte, Organisationen und Personen in sechs Schritten erreicht wird (siehe Abbildung 3). Die Hintergründe und Prinzipien, auf denen die sechs Schritte beruhen, sind in Anhang A.1. dargelegt. Die Zusammenfassung der Anforderungen mit den Verantwortlichkeiten ist in Kapitel 2 dargestellt. Im Folgenden wird jeder der sechs Schritte detailliert erläutert.

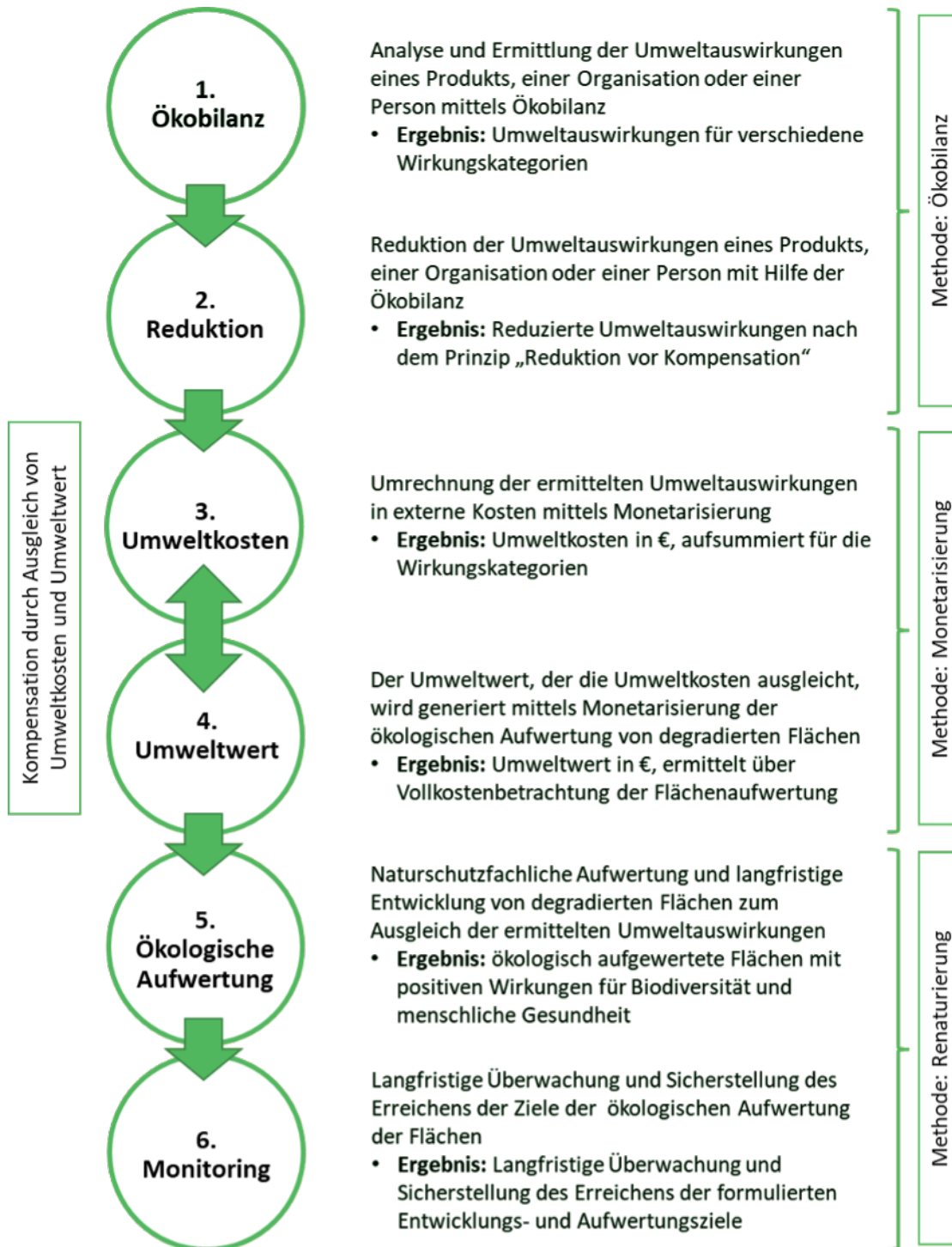


Abbildung 3: Übersicht über die sechs Schritte zum umweltneutralen Handeln mit den jeweiligen Ergebnissen und Methoden

3.1. ÖKOBILANZ – 1. SCHRITT

Im ersten Schritt werden mittels Ökobilanz (eng.: Life Cycle Assessment, LCA) die Umweltauswirkungen bestimmt, um die Basis für die Berechnung der Umweltkosten im dritten Schritt zu liefern. Die Hintergründe und Prinzipien der Ökobilanz sind in Anhang A.1.1. dargelegt.

Für die Ökobilanz kommen nach dem GREENZERO-Ansatz die folgenden Methoden zum Einsatz, die die Grundregeln zur Erstellung einer Ökobilanz festlegen:

- ISO 14040/44 für die Bilanzierung von Produkten und Dienstleistungen (ISO, 2006a, 2006b);
- ISO/TS 14072 für die Bilanzierung von Organisationen (OLCA⁷) (ISO, 2014; UNEP/SETAC, 2015);
- Life-LCA⁸ für die Bilanzierung von Personen nach (Goermer, Lehmann and Finkbeiner, 2020).

Die Verwendung der genannten Methoden erlaubt eine ganzheitliche quantitative Bewertung der potenziellen Umweltauswirkungen von Produkten, Organisationen und Personen über den Lebensweg. Zudem können Hotspots der Umweltauswirkungen identifiziert und Reduktionsmaßnahmen abgeleitet werden.

Die Ökobilanz ist grundsätzlich auf Basis der genannten Normen und Richtlinien durchzuführen. Im Weiteren werden wesentliche Punkte der Bilanzierungsregeln für die vier Phasen der Ökobilanz (Festlegung von Ziel- und Untersuchungsrahmen, Sachbilanz, Wirkungsabschätzung, Auswertung) auf Basis der genannten Methoden zusammengefasst und näher spezifiziert. Alle weiteren Details sind den genannten Normen und Richtlinien zu entnehmen.

Für die Definition von Ziel- und Untersuchungsrahmen (1. Phase der Ökobilanz) gelten folgende Regeln für die Funktionelle Einheit, die Systemgrenzen und die Abschneidekriterien:

- Funktionelle Einheit: Die funktionelle Einheit bzw. die Berichtseinheit (eng.: reporting unit) ist der „quantifizierte Nutzen eines [Systems] zur Verwendung als Vergleichseinheit“ (ISO, 2006b). Sie ist die Referenzeinheit, auf die alle Inputs und Outputs der Sachbilanz sowie die Ergebnisse der Wirkungsabschätzung bezogen werden. Bei einem Vergleich von Produkten muss gewährleistet sein, dass die gleiche Funktion (wie in der funktionellen Einheit bzw. Berichtseinheit definiert) erfüllt wird (ISO, 2006a).
- Systemgrenzen: Alle Aspekte und Einflüsse des Systems, die zu Umweltauswirkungen führen, werden dabei jeder/m Lebenszyklusabschnitt/Organisationseinheit respektive jedem Lebens- oder Produktzyklus zugewiesen, in dem sie auftreten. Die Systemgrenzen sind im Bericht (siehe Anhang A.2.1.) zu beschreiben. Für die Kompensation der Umweltauswirkungen sind nur dieje-

⁷ „Organisations-Ökobilanz“ (eng.: Organizational LCA, OLCA)

⁸ „Lebens-Ökobilanz“ (eng.: Life-LCA)

nigen Systemeinflüsse zu berücksichtigen, auf die das Produkt, die Dienstleistung, die Organisation oder die Person einen unmittelbaren Einfluss hat (siehe Beispiel 1 und 2); nur diese sind zu bilanzieren. Ob alle relevanten Einflüsse des Systems bilanziert wurden, ist Teil der Verifizierung der Ökobilanz.

Beispiel 1: Duschgel

Für den Hersteller eines Duschgels bedeutet dies, dass die Herstellung (inkl. Transporte und Rohstoffbeschaffung etc.) und das Lebenswegende des Produkts für die Kompensation und damit für die Ökobilanz relevant sind. Die Nutzungsphase, in denen der Endverbraucher Umweltauswirkungen durch Wasser- und Energieverbrauch verursacht, ist nicht mitzubetrachten. Die Nutzung des Duschgels ist zwar mit Wasser- und Energieverbrauch verbunden, jedoch ist die Duschzeit und die Wassertemperatur eine individuelle Entscheidung des Endverbraucher, ohne dass der Hersteller darauf einen direkten Einfluss hat.

Beispiel 2: Deodorant

Für den Hersteller eines Aerosols-Deodorants bedeutet dies, dass neben der Herstellung (inkl. Transporte und Rohstoffbeschaffung etc.) und dem Lebenswegende des Produkts für die Kompensation und damit für die Ökobilanz auch die Nutzungsphase relevant ist, da die Aerosole des Deodorants während der Nutzung freigesetzt werden und Umweltauswirkungen verursachen, ohne dass dies der Endverbraucher beeinflussen kann. Die Menge der Aerosole wird vom Hersteller des Deodorants festgelegt und während der Nutzungsphase zwangsläufig vom Endverbraucher freigesetzt.

- Abschneidekriterien: Generell muss eine geschlossene Massen- und Energiebilanz des betrachteten Produktsystems aufgestellt werden, das heißt, es müssen alle Inputs und alle Outputs aller Prozesse innerhalb der Systemgrenzen ermittelt und berücksichtigt werden. Da dies teilweise aus praktischen Gründen nicht möglich (z. B. mangelnde Datenverfügbarkeit) oder sinnvoll (z. B. zur Systemsymmetrie bei Produktvergleichen) ist, ist das Abschneiden von Produkten, Prozessen oder Flüssen zulässig. Die genannten Kriterien dürfen nicht dazu verwendet werden, Informationen manipulativ auszublenden. Alle abgeschnittenen Flüsse sind transparent zu dokumentieren.

Für die Sachbilanz (2. Phase der Ökobilanz) gelten die folgenden Ergänzungen:

- Datenqualität: Daten innerhalb der Sachbilanz werden in zwei grundlegende Kategorien unterteilt – spezifische Daten und generische Daten – die wie folgt definiert sind:
 - Spezifische Daten (auch „primäre“ Daten): Daten, die von der Produktionsstätte/dem Hersteller gesammelt werden; z. B. Daten für die Einsatzstoffe (Roh-, Hilfs-, Betriebs- und Werkstoffe).

- Generische Daten (auch „sekundäre“ Daten): Daten, die nicht auf Messungen des spezifischen Prozesses basieren, werden unterteilt in:
 - Ausgewählte generische Daten: Daten aus allgemein verfügbaren Datenquellen (z. B. kommerzielle Datenbanken, freie Datenbanken, Berater und Forschungsgruppen).
 - Proxy-Daten: Daten aus Fallstudien, Environmental Product Declarations, über Abschätzungen oder Stöchiometrie ermittelt.
- Datenauswahl: Daten aus Datenbanken sind zu bevorzugen. Vorrangig sollten Daten aus einer gängigen Ökobilanz-Datenbank verwendet werden (z. B. GaBi, ecoinvent). Sind die Daten dort nicht verfügbar, kann auf öffentliche Datenbanken wie Probas zurückgegriffen werden. Proxy-Daten sollten erst als letzter Schritt zum Einsatz kommen. Die Datenauswahl ist zu begründen und im Bericht anzugeben.
- Datenqualität: Die Daten müssen folgende Qualitätsanforderungen hinsichtlich Genauigkeit, Vollständigkeit und Repräsentativität (zeitlich, geographisch und technologisch) erfüllen:
 - Zeitliche Repräsentativität: Das Bezugsjahr muss so aktuell wie möglich sein; die für die Berechnungen verwendeten Datensätze müssen innerhalb der letzten fünf Jahre für allgemeine Daten sowie hersteller-spezifische Daten aktualisiert worden sein.
 - Geografische Repräsentativität: Die Inventardaten sollen für das jeweilige geografische Gebiet repräsentativ sein. Dies bedeutet, dass Prozesse, die in Europa stattfinden, die europäische Situation hinsichtlich Produktionsstandards etc. widerspiegeln müssen. Prozesse, die außerhalb von Europa stattfinden, wie zum Beispiel der Abbau metallischer Rohstoffe, müssen für das geografische Gebiet repräsentativ sein. Falls keine Informationen über die geografische Lage bekannt sind, sollen globale Durchschnittsdaten verwendet werden.
 - Technologische Repräsentativität: Die Inventardaten müssen den Prozess hinsichtlich seiner technologischen oder technischen Merkmale (z. B. Betriebsbedingungen) darstellen. Eine ausreichende technologische Genauigkeit der Daten ist zu gewährleisten.
- Die Datenqualität soll der Erfüllung der Abschneidekriterien gerecht werden und so vollständig gemäß den Systemgrenzen sein.
- Alle verwendeten Datenquellen und deren Unsicherheit (z. B. Modelle und Annahmen) sind im Bericht klar zu beschreiben.
- Allokation: Eine Aufteilung (Allokation) von Umweltlasten wird bei Multi-Output-Prozessen erforderlich, d. h. bei Prozessen, bei denen neben den für das betrachtete System relevanten Produkten noch weitere Neben- oder Koppelprodukte entstehen, die für das eigentlich betrachtete System unwichtig sind. Für Allokationen gelten die folgenden Grundregeln (ISO, 2006a):
 - Eine Allokation muss prioritär vermieden werden durch Zerlegung des Prozesses in Teilprozesse.

- Eine Systemraumerweiterung zur Allokationsvermeidung sollte, mit Ausnahme von Energieflüssen, vermieden werden.
- Erst wenn eine Allokationsvermeidung nicht möglich ist, muss eine Aufteilung der Umweltauswirkungen in Einklang mit den genannten Regelwerken erfolgen.
- Die angewendeten Regeln zur Allokation sind dabei im Hintergrundbericht zu dokumentieren.

Bei der Wirkungsabschätzung (3. Phase der Ökobilanz) sind die in Tabelle 2 aufgeführten Wirkungskategorien auszuwerten. Ab dem Jahr 2023 kommen die Wirkungskategorien Feinstaubbildung und ionisierende Strahlung hinzu, ab 2025 Wassernutzung und Landnutzung.⁹ Die Auswahl der Wirkungskategorien ist in Anhang A.1.2. erläutert. Anhang A.1.2. enthält auch eine Beschreibung der Wirkungskategorien. Dabei gelten die in Tabelle 2 dargestellten Wirkungsabschätzungsmethoden, um die Kompatibilität zur Berechnung der Umweltkosten sicherzustellen (vgl. Unterkapitel 3.3.). Beim GREENZERO-Ansatz kommen, abhängig von der Wirkungskategorie, die Wirkungsabschätzungsmethoden CML (Version 2016 nach (Guinée *et al.*, 2002; CML, 2016)) oder ReCiPe 2016 v1.1 (nach (Huijbregts *et al.*, 2017)) zum Einsatz.

Tabelle 2: Verwendete Wirkungskategorien mit deren Abkürzungen und Einheiten sowie den Wirkungsabschätzungsmethoden

Wirkungskategorie	Abkürzung	Wirkungsabschätzungsmethode	Einheit
Klimawandel	GWP	CML oder ReCiPe 2016 (H)	kg CO ₂ -eq.
Versauerung ¹⁰	AP	CML	kg SO ₂ -eq.
Eutrophierung (Süßwasser) ¹¹	FEP	ReCiPe 2016 (H)	kg P-eq.
Eutrophierung (Meerwasser) ¹²	MEP	ReCiPe 2016 (H)	kg N-eq.
Bodennahe Ozonbildung (Sommersmog)	POCP	ReCiPe 2016 (H), Ecosystems	kg NO _x -eq.
Abbau der Ozonschicht	ODP	CML oder ReCiPe 2016 (H)	kg R11-eq. (CML) kg CFC-11-eq. (ReCiPe 2016 (H))

⁹ Die Erweiterung der Wirkungskategorien ist zeitlich gestaffelt, um Lösungen für methodische Lücken und Unsicherheiten zu finden, damit die zusätzlichen Wirkungskategorien konsistent hinsichtlich Ökobilanzierung und Monetarisierung in den GREENZERO-Ansatz implementiert werden können.

¹⁰ Die Verwendung der Wirkungsabschätzungsmethode CML beinhaltet die Wirkung auf terrestrische und aquatische Ökosysteme (vgl. Anhang A.1.2).

¹¹ Die Verwendung der Wirkungsabschätzungsmethode nach ReCiPe 2016 beinhaltet die Wirkung auf aquatische Ökosysteme, ohne die Wirkung auf terrestrische (vgl. Anhang A.1.2).

¹² Siehe vorige Fußnote.

Wirkungskategorie	Abkürzung	Wirkungsabschätzungsmethode	Einheit
Feinstaubbildung (<i>ab 2023</i>)	PMFP	ReCiPe 2016 (H)	kg PM2.5-eq.
Ionisierende Strahlung (<i>ab 2023</i>)	IRP	ReCiPe 2016 (E)	kg Co-60-eq.
Landnutzung (<i>ab 2025</i>)	LU	<i>noch festzulegen</i>	<i>noch festzulegen</i>
Wassernutzung (<i>ab 2025</i>)	WU	<i>noch festzulegen</i>	<i>noch festzulegen</i>

Für die Auswertung (4. Phase der Ökobilanz) ist folgendes einzuhalten:

- Alle Ergebnisse sind auf der Grundlage der deklarierten Einheit oder der funktionellen Einheit anzugeben.
- Zudem müssen die signifikanten Parameter identifiziert werden und gegebenenfalls eine Konsistenz- und Sensitivitätsanalyse der signifikanten Inputs, Outputs sowie des gewählten methodischen Rahmens einschließlich der Allokationsverfahren durchgeführt werden (in Absprache mit dem Prüfer).
- Ein Bericht dient dem Prüfer der Ökobilanz zur Kontrolle der bereitgestellten Werte für die Umweltauswirkungen und die Umweltkosten des Produkts, der Dienstleistung, der Organisation oder der Person.

Die Verifizierung der Ökobilanz ist in Kapitel 4 erläutert. Die Anforderungen an die Berichtserstellung sind in Anhang A.2.1. dargestellt.

3.2. REDUKTION – 2. SCHRITT

Um der in Kapitel 1 beschriebenen Priorität der Reduktion vor Kompensation gerecht zu werden, wird beim GREENZERO-Ansatz gefordert, die Umweltauswirkungen vor der Kompensation zu reduzieren.

Der Nachweis der erfolgreichen Reduktion der Umweltauswirkungen erfolgt mittels Ökobilanz (siehe Unterkapitel 3.1.). Wenn zum Beginn der Kompensation bereits Reduktionsschritte unternommen worden sind, so liegen diese Ergebnisse quantitativ über die Ökobilanz vor und dienen als Nachweis der erfolgreichen Reduktion der Umweltauswirkungen. Wenn zu Beginn der Kompensation keine Reduktionsschritte vorliegen, so ist vom Kunden spätestens nach drei Jahren (mit jährlicher Erinnerung durch GREENZERO) eine Reduktion quantitativ über eine Verbesserung der Ökobilanz nachzuweisen. Gelingt keine Reduktion, so sind die Bemühungen qualitativ aufzuzeigen. Die Kunden geben daher eine Selbstverpflichtung ab, sich um eine Reduktion der Umweltauswirkungen zu bemühen.

In beiden Fällen werden die Reduktionen von autorisierten Dienstleistern geprüft. Bei Änderungen am Produkt, der Organisation oder der Lebensweise der Person, die auch eine Aktualisierung der Ökobilanz erforderlich machen, sind weitere Reduktionsanstrengungen zu unternehmen und wie oben beschrieben nachzuweisen.

Die quantitativen Einsparungen der Umweltauswirkungen durch Optimierung des Produkts, der Organisation oder der Lebensweise einer Person werden in Prozent angegeben, um aufzuzeigen, was durch Reduktion der Umweltauswirkungen erreicht wurde. Um die Einsparungen zu bestimmen, muss immer eine Differenzbetrachtung erfolgen: Der optimierte Zustand wird dem Zustand vor der Optimierung gegenübergestellt, d. h. die Umweltauswirkungen in den verschiedenen Wirkungskategorien des optimierten Zustandes werden von den Umweltauswirkungen des Zustands vor der Optimierung abgezogen.

Dabei ist die Festlegung des Referenzzustands entscheidend, da:

- Produkte, Organisationen oder Lebensweise von Personen kontinuierlich verbessert/verändert werden;
- der Referenzzustand beim relativen Vergleich als Vergleichsgröße dient: es ist notwendig, dass die zu vergleichenden Zustände (vor und nach der Optimierung) eine Vergleichbarkeit und Konsistenz aufweisen (mittels gleicher funktioneller Einheit/Berichtseinheit).

Um die Konsistenz bei der Festlegung des Referenzzustands zu erreichen, wird die Plausibilität und Zulässigkeit des Referenzzustandes als Teil der Verifizierung der Ökobilanz mit überprüft (siehe Kapitel 4). Der Nachweis der Reduktion der Umweltauswirkungen ist im Bericht zu dokumentieren (siehe Anhang A.2.1.).

Im Bericht sind zudem die gesamten Umweltauswirkungen für die Wirkungskategorie bezogen auf die Einheit anzugeben, die zur Berechnung der Umweltkosten relevant ist (z. B. für 1 Verkaufseinheit, siehe Anhang A.2.1.)

3.3. UMWELTKOSTEN – 3. SCHRITT

Nachdem die Umweltauswirkungen im ersten Schritt (siehe Unterkapitel 3.1.) mittels Ökobilanz bestimmt und im zweiten Schritt (siehe Unterkapitel 3.2.) reduziert worden sind, werden sie in dritten Schritt in Umweltkosten umgerechnet. Die Ergebnisse der betrachteten Wirkungskategorien werden gemäß den in

Tabelle 3 aufgeführten Kostensätzen in die Umweltkosten umgerechnet. Die Hintergründe der Monetarisierung und die Auswahl der Kostensätze sind in A.1.3. und A.1.4. dargelegt. Die Kostensätze basieren auf dem *Environmental Prices Handbook* und dem *Handbook on the external costs of transport* von CE Delft (de Bruyn *et al.*, 2018; Van Essen *et al.*, 2019)

Tabelle 3 wird 2023 mit den Kostensätzen für die Wirkungskategorien Feinstaubbildung und ionisierende Strahlung und 2025 um die Kostensätze für die Wirkungskategorien Wassernutzung und Landnutzung erweitert (vgl. Anhang A.1.2.).

Tabelle 3: Kostensätze für die Wirkungskategorien nach CE Delft (de Bruyn *et al.*, 2018; Van Essen *et al.*, 2019), inflationsbereinigt in €-2020

Wirkungskategorie	Abkürzung	Einheit	Kostensatz in €-2020
Klimawandel	GWP	€/kg CO ₂ -eq.	0,1052
Versauerung	AP	€/kg SO ₂ -eq.	5,29
Süßwasser-Eutrophierung	FEP	€/kg P-eq.	1,98
Meerwasser-Eutrophierung	MEP	€/kg N-eq.	3,31
Bodennahe Ozonbildung (Sommersmog)	POCP	€/kg NMVOC-eq.	1,22
Abbau der Ozonschicht	ODP	€/kg CFC-eq.	32,3

Da die Kostensätze im *Environmental Prices Handbook* in €-2015 auf dem EU-Preisniveau des Jahres 2015 angegeben sind, wurden die Kostensätze in Tabelle 3 auf Basis des EU-Verbraucherpreisindex auf €-2020 für das Jahr 2020 inflationsbereinigt (siehe Anhang A.2.2). Der Kostensatz für CO₂ ist im *Handbook on the external costs of transport* in €-2016 auf dem Preisniveau des Jahres 2016 angegeben und wird nach dem gleichen Prinzip auf €-2020 für das Jahr 2020 inflationsbereinigt (de Bruyn *et al.*, 2018; Van Essen *et al.*, 2019). Die Inflationsbereinigung der Kostensätze erfolgt beim GREENZERO-Ansatz künftig alle zwei Jahre auf Basis des in Anhang A.2.2. beschriebenen Vorgehens.

Um die Ergebnisse der Ökobilanz mit den Kostensätzen der Wirkungskategorien einheitengerecht zu multiplizieren, sind für die Wirkungskategorien Bodennahe Ozonbildung (Sommer smog) und Abbau der Ozonschicht (bei Anwendung der Wirkungsabschätzungsmethode nach CML) die Verwendung von Charakterisierungsfaktoren erforderlich (siehe Einheiten in Tabelle 2 und Tabelle 3). Die Charakterisierungsfaktoren sind in Tabelle 4 dargestellt.

Die Umweltkosten pro Wirkungskategorie werden abschließend zu einem Wert aufaddiert, der damit den Umweltkosten des Produkts, der Organisation oder der Person insgesamt entspricht. Damit werden die Kosten (in €) bestimmt, die vom Kunden aufgebracht werden und die von HeimatERBE oder einem Dienstleister für Naturschutz und Ökologie in die ökologische Flächenaufwertung zum Erreichen von umweltneutralem Handeln investiert werden.

Tabelle 4: Anwendung von Charakterisierungsfaktoren für die Wirkungskategorien Bodennahe Ozonbildung (Sommer smog) und Abbau der Ozonschicht (Charakterisierungsfaktoren nach (Huijbregts *et al.*, 2017))

Wirkungskategorie	Einheit der Wirkungsabschätzungsmethode	Einheit des Kostensatzes	Charakterisierungsfaktor
Bodennahe Ozonbildung (Sommer smog)	kg NO _x -eq.	€/kg NMVOC-eq.	3,45 NMVOC/NO _x
Abbau der Ozonschicht	kg R11-eq. (CML)	€/kg CFC-eq.	1 CFC/R11
	kg CFC-eq. (ReCiPe 2016 (H))		nicht nötig

Den ermittelten Umweltkosten wird im nächsten Schritt der Umweltwert als Ausgleich gegenübergestellt.

3.4. UMWELTWERT – 4. SCHRITT

Um die Umweltkosten auszugleichen, wird die ökologische Flächenaufwertung ökonomisch beziffert. Somit wird den Umweltkosten der sogenannte *Umweltwert* gegenübergestellt. Die Hintergründe und Prinzipien der Monetarisierung sind in Anhang A.1.3. erläutert.

Der methodische Ansatz zur Berechnung des Umweltwerts ist an das auf Biotope bezogene „Investitionsmodell“ von Schweppe-Kraft (1998) angelehnt, das einen erweiterten Wiederherstellungskostenansatz und eine bewährte Herangehensweise im Kontext der naturschutzrechtlichen Eingriffsregelung darstellt. Umweltwert im Sinne des GREENZERO-Ansatzes entsteht, wenn degradierte Ökosysteme, z. B. Flächen, nach anerkannten ökologischen und naturschutzfachlichen Grundsätzen ökologisch aufgewertet werden und durch die ökologische Aufwertung vielfältige positive Umweltauswirkungen in den adressierten Schutzgütern entstehen (vgl. Kapitel 1 und Unterkapitel 3.5.). Der so geschaffene Umweltwert bildet ein Gleichungsverhältnis mit den Umweltkosten und ermöglicht so eine Art der freiwilligen Kompensation unabhängig von der im Naturschutzgesetz behandelten Eingriffsregelung.

Im Weiteren wird das methodische Vorgehen zur Berechnung des Umweltwerts (Abschnitt 3.4.1.) sowie die Dokumentation des Umweltwerts (Abschnitt 3.4.2.) beschrieben.

3.4.1. BERECHNUNG DES UMWELTWERTS

Der Umweltwert repräsentiert die auf mehrere Jahrzehnte berechneten Vollkosten der Flächenentwicklung inklusive möglicher Risiken (z. B. aus vorhandenen Altlasten oder aus Klimawandelfolgen). Dieser Wert wird für einen Quadratmeter und ein Kalenderjahr berechnet und basiert auf den folgenden Prinzipien:

- Umweltwert als Produkt => Kompensation der Vollkosten, die bei der ökologischen Aufwertung pro Planquadratmeter jährlich anfallen (rollierend geschätzt und als Annuität mit Zeithorizont von 25 berechnet), bezogen auf ein Jahr;
- Umweltwert als Spiegelung der Umweltkosten => Kompensation der mittels Ökobilanz ermittelten Umweltauswirkungen.

Dazu wurde von der Innovationsgesellschaft der Technischen Universität Braunschweig – iTUBS GmbH – ein betriebswirtschaftlich-mathematisches Modell für das GREENZERO-Unternehmen HeimatERBE entwickelt.¹³ Dieses setzt die ökologische Aufwertung einer Fläche und die dazu erforderlichen ökonomischen Aufwände unter der Maßgabe einer Wert(steigerungs)ermittlung in Bezug. Das Ergebnis ist ein (Plan-)Produktpreis pro m² einer bestimmten Fläche.

Die Planrechnung auf Vollkostenbasis ist in einer Tabellenkalkulation implementiert und umfasst im Wesentlichen die folgenden Aspekte:

- Erfassung aller Kosten für eine Fläche,
- Einteilung der Kosten in Gemein- und Einzelkosten,
- Bildung einer Kostenannuität,
- Ermittlung eines Risikofaktors,

¹³ Der ausführliche Projektbericht zur „Produktisierung ökologischer Aufwertungen“ (Ahn and Honkomp, 2021) ist bei GREENZERO erhältlich.

- Berechnung des Umweltwerts unter
- Zusammenfassung aller Informationen und Berücksichtigung einer Planmarge zwecks Preisbildung.

Die Berechnungen bedienen sich bekannter Kalküle der Investitionsrechnung und stellen auf die erwarteten Auszahlungen ab. Synonym wird hier auch von Kosten gesprochen. Eine betriebswirtschaftliche Differenzierung zwischen Auszahlungen und Kosten kann später selbstverständlich vorgenommen werden, indem die klassische Kostenrechnung eingeführt wird und im Speziellen z. B. auf Wiederbeschaffungspreise von Flächen abgestellt wird.

Die Planrechnung fußt darauf, dass sämtliche Kosten, die in Zusammenhang mit der Kompensationsaktivität stehen, erfasst werden. Dies beinhaltet neben den naheliegenden Kosten, wie bspw. dem Kaufpreis für einen Obstbaum, auch Kosten für das Management, Versicherungen usw. Dies impliziert folgende Unterteilung der Kosten: Während sich Einzelkosten einer bestimmten Fläche als Kostenträger unmittelbar zuordnen lassen, ist das für Gemeinkosten nicht der Fall – sie müssen durch Schlüsselung auf die Flächen verteilt werden.

Die Einzelkosten werden je Fläche bzw. je flächenspezifischem m^2 typischerweise unterschiedlich sein. Abhängig von der gewählten Schlüsselung für die Gemeinkostenverteilung kann dies auch für die Gemeinkosten je Fläche bzw. flächenspezifischem m^2 der Fall sein. Im Ergebnis führt dies dazu, dass die Flächen variierende (Plan-)Produktpreise aufweisen. Dies ist konform mit dem Anspruch auf Nachvollziehbarkeit der Ergebnisse.

Die Kosten, die nicht direkt einer Fläche zugewiesen werden können, werden zweistufig umgelegt. Abbildung 4 visualisiert das entsprechende Vorgehen. In einem ersten Schritt werden die flächenbezogenen Gemeinkosten daraufhin untersucht, ob sie zwar unmittelbar den Flächen insgesamt zugewiesen werden können, dabei aber die Aufteilung auf die einzelnen Flächen nicht erfasst wird (unechte Gemeinkosten). Die Mitarbeiter evaluieren diese Aufteilung jährlich. Ein Beispiel für einen solchen Kostenbestandteil ist der Gehaltsposten der Ökolog:innen. Deren Aufgaben werden aktuell zu 100 % den Flächen zugewiesen. Die Umlegung der entsprechenden Gehälter erfolgt mittels einer Äquivalenzziffer. Diese spiegelt die Komplexität einer Fläche wider.

Die Verteilung der verbleibenden, flächenbezogenen echten Gemeinkosten wird mittels einer Kombination von genannter Äquivalenzziffernrechnung und Verteilung über die Quadratmeter der Flächen vorgenommen. Aktuell werden 65 % dieser Gemeinkosten über die Quadratmeter der Flächen verteilt. Die verbleibenden 35 % werden mittels der Äquivalenzziffernrechnung verteilt.¹⁴

¹⁴ Eine Anpassung dieser Werte wird jährlich mit Blick auf die Plausibilität der Kostenverteilung geprüft.

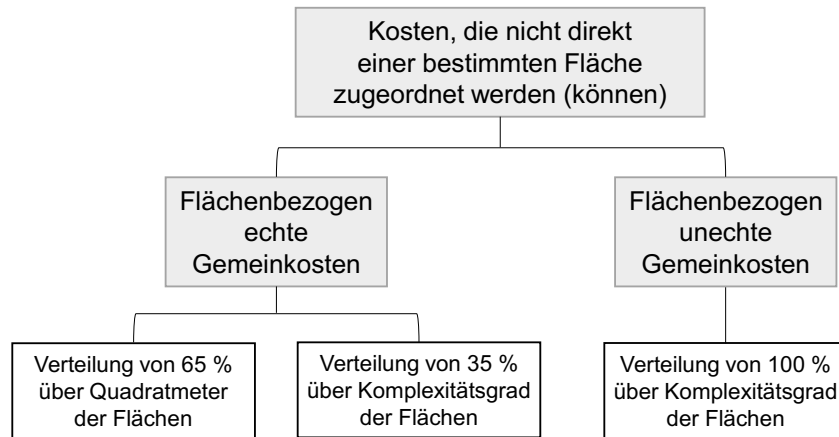


Abbildung 4: Vorgehen zur Verteilung der flächenbezogenen Kosten.

Aus den laufenden Kosten wird unter Beachtung von Zinseffekten eine Annuität berechnet. Als Zinssatz wird dabei der interne Zinsfuß von HeimatERBE – momentan $i = 2\%$ – zugrunde gelegt. In einem ersten Schritt werden, unter Annahme einer bestimmten Inflationsrate (geometrisches Mittel der letzten drei Jahre), Auszahlungsreihen für die nächsten $n = 25$ Jahre gebildet. Dieser Zeitraum entspricht dem Planungshorizont von HeimatERBE mit Bezug auf das Geschäftsmodell. Die Auszahlungsreihen werden im nächsten Schritt zu einem Barwert abgezinst, und dieser wird schließlich zwecks Ermittlung eines konstanten jährlichen Satzes – der Annuität – mit dem Annuitätenfaktor für $n = 25$ und $i = 2\%$ multipliziert.

Der Kaufpreis und die Anschaffungsnebenkosten werden auf zehn Jahre verteilt. Um nach dieser Zeit eine deutliche Kosten- und damit Preisveränderung zu vermeiden, wird über den Zehnjahreszeitraum eine degressive Verteilung vorgenommen. Es ergeben sich entsprechend unterschiedliche Preise/ m^2 pro Jahr. Eine weitere Preisveränderung pro Jahr wird die rollierende Planung bewirken, bei der in jedem neuen Geschäftsjahr das vorherige durch ein neues 25. Jahr ersetzt wird. Der Betrachtungszeitraum umfasst so immer 25 Jahre, für welche prinzipiell jährlich sämtliche Planwerte überarbeitet werden können.

Die Bildung des Risikofaktors beruht zum einen auf einem Fachgutachten¹⁵, welches die wesentlichen Flächenrisiken beleuchtet. Beispielsweise haben die HeimatERBE-Flächen nahezu alle eine bergbauliche Geschichte. Diese führt zu einem nicht unerheblichen Risiko in Bezug auf z. B. eine mögliche Bodenbelastung. In dem Fachgutachten wird dies spezifiziert und monetär bewertet. Zum anderen kann die Verwirklichung von biotischen und abiotischen Risiken entstandene oder entstehende Biotope (die Produktionsstätten der Ökosystemleistungen) schädigen oder zerstören, sodass – ganz oder teilweise – bereits initiierte Prozesse (etwa eine Wiederbewaldung, eine Offenlandgestaltung, eine Ansiedlung heimischer oder ein Zurückdrängen ungewollter fremder Arten) neu gestartet und begleitet werden müssen. Der

¹⁵ Eine Anpassung der Fachgutachten bzw. eine Erweiterung des bestehenden Gutachtens ist bei Neuankauf von Flächen empfohlen.

Risikofaktor ist für die HeimatERBE und ihre Produktpreiskalkulation von großer Bedeutung, denn er hat eine wesentliche Funktion: Er sichert die langfristigen Entwicklungsziele unserer ökologischen Aufwertungs- beziehungsweise Wiederherstellungsarbeit. Da die Kunden von HeimatERBE Ihre Kompensation geleistet haben und beim Eintreten des Risikos nicht erneut für die ökologische Aufwertung ihren Beitrag leisten sollen, trägt die HeimatERBE GmbH entsprechende Vorsorge, um gegebenenfalls aus eigenen Mitteln Schäden an den Entwicklungsprozessen beheben zu können. Mit der Geschäftsführung sowie den Ökolog:innen, Forstwirt:innen und Geolog:innen wurde daher ein Risikokatalog entwickelt.

Dieser Katalog umfasst die zu dem Zeitpunkt denkbaren Risiken und folgt dem klassischen Ansatz des Risikomanagements im Sinne einer Bewertung von Eintrittswahrscheinlichkeiten sowie einer möglichen Schadenshöhe unter Berücksichtigung der Inflation. Die Schadenshöhe basiert auf den bis dahin getätigten Anfangsinvestitionen, da diese bei einem Eintritt des Risikos verloren gehen würden. Die Risiken sind in der Regel flächenspezifisch zu bewerten und von vielfältigen Faktoren abhängig, wie bspw. dem Bodenzustand einer Fläche (Altlasten, Vornutzung), der Exposition gegenüber Umfeldeinflüssen (benachbarte Flächen, Emissionen), der Klimasensibilität (Klimawandel) oder der Störung durch menschliches Tun (Vandalismus, Vermüllung). Die Berücksichtigung von Altlastenrisiken und der damit einhergehenden Wiederherstellung wird nur für solche Flächen stattfinden, die tatsächlich auch ein signifikantes Altlastenrisiko aufweisen. Bei Waldflächen bspw. wäre die Eintrittswahrscheinlichkeit des Altlastenrisikos entsprechend „0%“. Die Risiken werden flächenspezifisch mindestens alle zwei Jahre neu bewertet.

Die Abbildung des geschaffenen Umwelt(mehr)werts lehnt sich an die BKompV an. So kann neben dem Preis pro m² auch ein Preis pro Umweltwerteinheit ermittelt werden. Dazu wurde insbesondere die Modellierung des Umweltwerts im Zeitverlauf diskutiert. Im Ergebnis wird nun für jedes Jahr auf den Mittelwert der Umweltwertsteigerung mit Bezug auf den maximalen Entwicklungshorizont der Biotope abgestellt.¹⁶

Die genannten Faktoren zur Preisbildung werden um einen Plandeckungsbeitrag von zurzeit 10 % ergänzt. Dieser bezieht sich wie gewünscht auf die risikoadjustierten Kosten und ist in eine Reinvestitionsquote von 7,5 % und eine Gewinnquote von 2,5 % aufgeteilt. So ergibt sich die folgende Formel:

$$\text{Preis-für} \cdot \frac{1 \text{ m}^2}{\text{Jahr}} = \frac{\text{Flächenkosten} \frac{\text{€}}{\text{Jahr}} * \text{Flächenrisikofaktor} * (\text{Reinvestitionsquote} + \text{Gewinnquote})}{\text{Planquadratmeterfläche}}$$

Als Werkzeug für die Arbeit im Geschäftsalltag von HeimatERBE wurden die genannten Vorgaben und Berechnungsmethoden exemplarisch in Excel-Dateien umgesetzt. Eine entsprechende Beschreibung findet sich im Anhang.

¹⁶ Andere Wirkungsgradkategorien, wie z. B. die des Artenschutzes, sind denkbar.

3.4.2. DOKUMENTATION DES UMWELTWERTS

Auf Grundlage der in Abschnitt 3.4.1. gezeigten Methodik wird der Umweltwert auf Basis der Entwicklungsplanung der Flächen (siehe Unterkapitel 3.5.) für mehrere Jahrzehnte im Voraus berechnet. Diese Vorausschau dient der Planung sowie der Abschätzung, wie viel Umweltwert generiert wird. Somit liegt pro Fläche, die ökologisch aufgewertet wird, eine Flächenplanberechnung auf Basis einer Tabellenkalkulation vor.

Wie in Abschnitt 3.4.1. erläutert, kann es zwischen der Planung der Aktivitäten, die zur ökologischen Aufwertung der Flächen führen, und der Durchführung in der Praxis Abweichungen geben. In Abbildung 5 ist schematisch dargestellt, wie der Umweltwert vor diesem Hintergrund transparent und nachvollziehbar dokumentiert wird. Die in Abbildung 5 gezeigten vier Schritte werden im Folgenden näher erläutert:

- 1) Auf Basis der Entwicklungspläne der Flächen wird die Flächenplanberechnung erstellt.
- 2) Für jede Fläche wird die Flächenplanberechnung zum Jahresende aktualisiert. Damit wird sichergestellt, dass für das laufende Jahr nur Maßnahmen und Aktivitäten in die Berechnung des Umweltwerts eingehen, die auch tatsächlich erfolgt sind. Nach der Aktualisierung wird der generierte Umweltwert festgeschrieben.
- 3) Der festgeschriebene Umweltwert wird in eine Jahresübersicht übertragen, in der alle generierten Umweltwerte über alle Flächen hinweg gesammelt werden. Die Jahresübersicht liefert die Summe des insgesamt generierten Umweltwerts zum Abschluss des Kalenderjahres.
- 4) Die Summe an Umweltwert, der in einem Kalenderjahr generiert wurde, wird auf ein Konto¹⁷ eingezahlt und steht dort für die folgenden Jahre zum Ausgleich von Umweltkosten zur Verfügung. Umweltwert, der zum Ausgleich von Umweltkosten genutzt wird, wird auf dem Konto als abgebucht geführt und steht somit nicht mehr zur Verfügung. Eine Doppelzählung von Umweltwert wird damit verhindert.

Mit dem beschriebenen Vorgehen wird sichergestellt, dass nur bereits generierter Umweltwert zum Ausgleich von Umweltkosten verwendet wird. Dies entspricht in ähnlicher Weise dem Vorgehen in CO₂-Kompensationsstandards (z. B. Gold Standard, Verified Carbon Standard), in denen Zertifikate nur für bereits gebundenes CO₂ zur Kompensation von CO₂-Emissionen genutzt werden dürfen (Gold-Standard, 2019; Verra, 2019).

¹⁷ Die Art des Kontos ist in diesem Standard nicht festgelegt. Es kann z. B. ein Konto auf Basis eines Tabellenkalkulationsprogramms sein, oder ein Konto bei einer Bank mit Umweltwert als virtueller Währung. In jedem Fall ist eine unabhängige Überprüfung der Kalkulation durch einen Wirtschaftsprüfer vorgesehen.

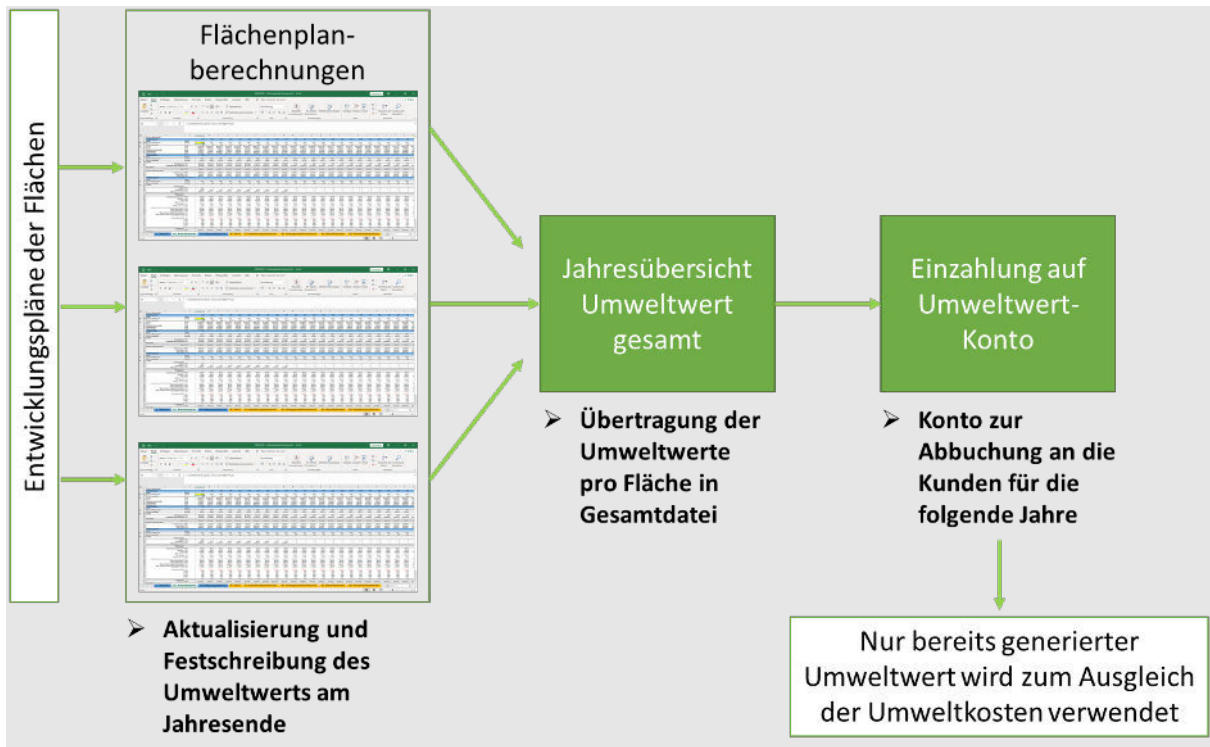


Abbildung 5: Schema der Dokumentation und Nachvollziehbarkeit des Umweltwerts von der Berechnung bis zum Ausgleich von Umweltkosten

Um die Einhaltung des hier beschriebenen Vorgehens sicherzustellen und nachzuweisen, wird die Berechnung und die Dokumentation des Umweltwerts verifiziert (siehe Kapitel 4).

3.5. ÖKOLOGISCHE AUFWERTUNG VON FLÄCHEN – 5. SCHRITT

Der Umweltwert basiert auf der ökologischen Flächenentwicklung von einem aus ökologischer Sicht ungünstigen Ausgangs- hin zu einem günstigeren Zielzustand. Die Hintergründe zur Renaturierung von degradierten Flächen hin zu naturnahen oder schützenswerten kulturlandschaftlich geprägten Ökosystemen und zur Auswahl der Ökosysteme für die Flächenaufwertung sind in Anhang A.1.5. und A.2.4. dargestellt (vgl. Kollmann *et al.*, 2019).

Wie im Unterkapitel 3.4.1. und 3.4.2. dargelegt, laufen der 3. (Umweltwert) und der 4. Schritt (Ökologische Aufwertung von Flächen) nicht seriell, sondern parallel ab. Die Planung der ökologischen Flächenaufwertung liefert die Grundlage für die Berechnung des Umweltwerts.

Die Flächen, in die zur Kompensation der Umweltauswirkungen investiert wird, befinden sich in der Regel in einem degradierten Zustand, in dem ihre ökologische Leistungsfähigkeit stark herabgesetzt ist. Somit weisen sie einen geringen ökologischen Wert auf. Dieser degradierte Zustand kann auf ganz unterschiedliche Hintergründe zurückgehen. So kann sowohl eine intensive Nutzung (historisch oder aktuell) als auch die vollständige Nutzungsaufgabe und anschließende Verbrachung für den schlechten Zustand verantwortlich sein. Auch weitere Gründe zwischen diesen

beiden Extremen sind möglich. Entscheidend ist, dass sich aus den unterschiedlichen Entwicklungspfaden variierende Probleme und Herausforderungen ergeben, denen spezifisch begegnet werden muss. Die Auswahl der Flächen folgt diesen Kriterien:

- Ein degradiertes Zustand der Fläche bzw. starker Effekt der vorherigen Nutzung muss feststellbar sein: z. B. Acker, Fichtenforst, Parkplatz, altes Industriegebäude.
- Ein Steigerungspotenzial durch eine anthropogene Übernutzung der Fläche (z. B. Industriebranche mit versiegelten Flächen) muss deutlich erkennbar sein, sodass ein tatsächlicher Zugewinn aus ökologischer Sicht erreicht werden kann.

Die ökologische Aufwertung von Flächen durch den GREENZERO-Ansatz trägt somit zur Wiederherstellung degradiertes Ökosysteme im Rahmen der „Dekade der Wiederherstellung von Ökosystemen“ der Vereinten Nationen bei (vgl. Kapitel 1, (UNEP, 2021)).

Die Planung der ökologischen Flächenaufwertung läuft in drei Phasen ab:

1) Phase 1: Die Grundlagenplanung:

Die landschaftsökologischen, rechtlichen und logistischen Bedingungen werden geprüft und die Potenziale und Risiken der Fläche ermittelt.

2) Phase 2: Die Entwicklungsplanung:

Anhand der Potenziale und Charakteristika der Flächen werden spezifische Entwicklungsziele und -maßnahmen festgelegt, mit der Maßgabe, dauerhaft eine größtmögliche Vielzahl von Lebensräumen und ökologischen Leistungen zu schaffen.

3) Phase 3: Die Maßnahmenumsetzung:

Rückbauarbeiten, Entmüllung, Flächenvorbereitung und Herstellungsmaßnahmen der Biotop erfolgen unter ökologischer Baubegleitung.

Mit der Vorbereitung und Umsetzung der aufgezeigten Planung auf der aufzuwertenden Fläche erfolgt die Generierung von Umweltwert, der die Umweltkosten ausgleicht und damit die mittels Ökobilanz quantifizierten Umweltauswirkungen kompensiert. Nach der in Unterkapitel 3.4.1 erläuterten Formel wird Umweltwert dadurch generiert, dass Maßnahmen oder Aktivitäten, die in Zusammenhang mit der ökologischen Aufwertung von Flächen stehen, durchgeführt und umgesetzt wurden und damit Kosten verursacht haben.

Maßnahmen und Aktivitäten umfassen dabei im Sinne des Vollkosten-Prinzips des GREENZERO-Ansatzes sowohl direkte Maßnahmen auf der Fläche (z. B. Pflegemaßnahmen, Mahd, Pflanzungen etc.) als auch Aktivitäten der Planung und Verwaltung (z. B. Erstellung des Flächenentwicklungsplans, Planung der Umsetzung der Maß-

nahmen, Monitoring der Entwicklung der Flächen, Behördenkommunikation, Antragsstellungen, Anfertigung von Begleitgutachten etc.). Wenn sich bei der Umsetzung der Planung in der Praxis Änderungen ergeben, führt dies zu einer Aktualisierung der Berechnung des Umweltwerts und dessen Dokumentation am Jahresende. Somit basiert der generierte Umweltwert, der die Umweltkosten ausgleicht, stets ausschließlich auf umgesetzten Maßnahmen und Aktivitäten zur ökologischen Aufwertung auf der entsprechenden Fläche (siehe Unterkapitel 3.4.1 und 3.4.2.).

In den weiteren Ausführungen dieses Unterkapitels werden die drei Phasen der Planung der ökologischen Flächenaufwertung beschrieben. Das Monitoring-Konzept, mit dem die Ziele der ökologischen Aufwertung langfristig kontrolliert und sichergestellt werden, wird in Unterkapitel 3.6. beschrieben.

3.5.1. PHASE 1: GRUNDLAGENPLANUNG

Im Rahmen der Grundlagenplanung werden umfassend die abiotischen und biotischen Faktoren ermittelt sowie die Potenziale und Risiken einschließlich der rechtlichen und logistischen Gegebenheiten der Flächen. Begutachtet werden insbesondere:

- Vorbelastungen (Vorgeschichte);
- Flächenbesonderheiten und Risiken;
- geologische und hydrologische Gegebenheiten;
- gesetzliche und behördliche Vorgaben.

Im Anschluss erfolgen:

- die vegetationskundliche Biotopkartierung des Ausgangszustands (Grundlagenkartierung);
- die faunistische Potenzialkartierung;
- die Kontaktaufnahme mit Behörden, Anliegern und Beteiligten;
- eine detaillierte Zeitplanung;
- eine Dokumentation des erhobenen Daten- und Bildmaterials (inkl. Drohnenbefliegung).

Die Biotopkartierung dient als Grundlagenkartierung für die Ermittlung des Aufwertungspotentials einer Fläche. Der Ausgangszustand der Fläche für die Grundlagenkartierung ist dabei der Zustand bei Flächenübernahme durch die Institution, welche die ökologische Aufwertung von Flächen verantwortet (z.B. HeimatERBE). Der Biotopwert wird dabei nach standardisierten und etablierten Methoden ermittelt. Dabei kann im deutschen Kontext nach der bundesweit etablierten Methode der BKompV vorgegangen werden (BfN, 2021). Eine Anwendung des GREENZERO-Ansatzes außerhalb Deutschlands kann die Verwendung einer anderen etablierten Methode nötig machen (siehe Anhang A.1.5). Für die weitere Beschreibung wird die Planung unter Anwendung der BKompV beschrieben.

Nach BKompV §5 werden den Biotopen Zahlenwerte auf einer Skala von 0 bis 24 zugewiesen, mit der folgenden Bedeutung (BKompV, 2020):

1. Biotopwerte 0 bis 4: sehr gering,
2. Biotopwerte 5 bis 9: gering,
3. Biotopwerte 10 bis 15: mittel,
4. Biotopwerte 16 bis 18: hoch,
5. Biotopwerte 19 bis 21: sehr hoch,
6. Biotopwerte 22 bis 24: hervorragend.

In Tabelle 5 sind beispielhaft Biotoptyp-Kategorien mit dem entsprechenden Biotopwert nach BKompV aufgelistet, wie sie bei der Biotopkartierung zur Anwendung kommen können. Weiterhin kann nach BKompV eine Unterteilung der Biotoptypen je nach Altersausprägung des Biotops für die Kartierung relevant werden, was in Tabelle 6 für drei Biotoptypen exemplarisch dargestellt wird.

Tabelle 5: Beispielhafte Kürzel, Biotoptyp-Kategorien und Biotopwerte nach BKompV (BKompV, 2020)

Kürzel nach BKompV	Biotoptyp-Kategorie	Biotopwert
24.	Stehende Gewässer	3-22
34.	Trockenrasen sowie Grünland trockener bis frischer Standorte	7-22
39.	Wald- und Ufersäume, Staudenfluren	7-17
41.	Feldgehölze, Gebüsche	6-21
42.	Waldmäntel und Vorwälder	6-22
43.	Laub(misch)Wälder und -forste (Laubanteil > 50 %)	9-24

Tabelle 6: Beispielhafte Kürzel, Biotope und Biotopwerte je nach Altersausprägung nach (BKompV, 2020)

Kürzel nach BKompV	Biotoptyp	Biotopwert
43.09	Laub(misch)holzforste einheimischer Baumarten	
43.09J	– Junge Ausprägung	11
43.09M	– Mittlere Ausprägung	13
43.09A	– Alte Ausprägung	16
41.02.02	Feldgehölz frischer Standorte	
41.02.02J	– Junge Ausprägung	13
41.02.02M	– Mittlere Ausprägung	14
41.02.02A	– Alte Ausprägung	17

Kürzel nach BKompV	Biototyp	Biotopwert
41.02.03	Feldgehölz trocken-warmer Standorte	
41.02.03J	– Junge Ausprägung	14
41.02.03M	– Mittlere Ausprägung	15
41.02.03A	– Alte Ausprägung	18

Zudem kann es zu einer Auf- oder Abwertung des Biotopwerts und damit zu einer Abweichung des in der BKompV genannten Biotopwerts kommen, abhängig davon, ob das Biotop über- oder unterdurchschnittlich gut ausgeprägt ist. Dies wird von der Institution, welche die ökologische Aufwertung von Flächen verantwortet (z.B. HeimatERBE) bei der Kartierung einzelfallbezogen geprüft, begründet und dokumentiert. Eine Auf- oder Abwertung des Biotopwerts um bis zu 3 Punkte ist dabei zulässig (BKompV, 2020; BfN & BMU, 2021).

Beispiele für die Auf- und Abwertung im Sinne des GREENZERO-Ansatzes sind im Anhang A.2.3. genannt. Die Höhe der Auf- oder Abwertung hat dabei keinen Einfluss auf den generierten Umweltwert, da beim Umweltwert nur die Kosten von Maßnahmen berücksichtigt werden.

3.5.2. PHASE 2: ENTWICKLUNGSPLANUNG

Anhand der Potenziale und Charakteristika der Flächen werden spezifische Entwicklungsziele und Maßnahmen festgelegt, mit dem Ziel, dauerhaft eine größtmögliche Vielzahl von Lebensräumen und ökologischen Leistungen zu schaffen.

Die zuvor erhobenen Daten werden im Entwicklungsplan dokumentiert, interpretiert und anschließend visualisiert. Der Entwicklungsplan umfasst neben der Beschreibung der Lage und der Ausgangssituation vor allem Aussagen über:

- die natürlichen Grundlagen, also die abiotische und biotische Ausstattung des Gebietes sowie die Wechselwirkungen – die Landschaftskompartimente und erste Hinweise auf floristische und faunistische Potenziale (durch die Abfrageergebnisse gängiger Informationssysteme und Datenbanken);
- die rechtlichen Rahmenbedingungen: relevante Schutzgebietsausweisungen im Gebiet gemäß §§ 23 ff. BNatSchG, artenschutzrechtliche Ge- und Verbote gemäß § 44 BNatSchG sowie Hinweise zum Umgang mit dem BBodSchG und Verkehrssicherungspflichten nach BGB;
- weitere Rahmenbedingungen, die sich aus den Nutzungsansprüchen bzw. als Ungunsth Faktoren auf die Fläche auswirken, die zentralen Entwicklungsziele (übergeordnet und flächenspezifisch) und den sich daraus ableitenden Ziel-Zustand;
- konkrete landschaftspflegerische Herstellungs- und Entwicklungsmaßnahmen inkl. ökologischer Begleitung der Maßnahmen;

- das Monitoring als Instrument der Erfolgskontrolle und Grundlage für mögliche Anpassung sowie
- die Gesamt-Flächenaufwertung in Form einer Ist- und Soll-Bewertung (vorher-nachher).

Dabei wird gemäß den Prinzipien des GREENZERO-Ansatzes eine positive Wirkung für die Biodiversität und die menschliche Gesundheit angestrebt (siehe Anhang A.1.5.). Die Entwicklungsziele sind langfristig angelegt, um den Biotopen die Zeit zu gewähren, die sie für die Entwicklung bis zu ihrem leistungsfähigen Reifezeitpunkt benötigen. Bei der Formulierung der Entwicklungsziele wird das Potenzial der Flächen individuell berücksichtigt.

Bei der Aufwertung durch Entwicklung von Biotopen wird eine hohe Lebensraum-, Struktur- und Artenvielfalt angestrebt, die zu insgesamt hohen und vielfältigen Ökosystemleistungen der Fläche bei gleichzeitiger Resilienz gegenüber Stressfaktoren und Umweltveränderungen führen soll. Dies wird im Regelfall angestrebt, indem auf einer Fläche mehrere der genannten Biotope in einem Lebensraummosaik angelegt und/oder entwickelt werden (Lütkehus *et al.*, 2015; Streitberger *et al.*, 2017; Drenckhahn *et al.*, 2020). Ergibt sich aufgrund bestimmter Restriktionen/Vorgaben oder aber aufgrund eines besonderen naturschutz- bzw. umweltschutzfachlichen Potenzials (z. B. im Falle eines degradierten Moorstandorts) die einzig sinnvolle Möglichkeit großflächig einen Biotoptyp zu entwickeln bzw. zu renaturieren, so ist auch dies für das Erreichen des zuvor formulierten übergeordneten Ziels zulässig. Voraussetzung dafür ist, dass auch in diesem Falle auf eine möglichst heterogene, strukturreiche Gestaltung des Großbiotopes geachtet wird. Die hohe Struktur- und Lebensraumvielfalt innerhalb eines Biotops ist in Anhang A.1.5., Abbildung 10, beispielhaft für einen naturnahen Buchenwald gezeigt.

Eine Orientierungshilfe unterstützt die Entscheidungsfindung bei der Festlegung, welche Biotope auf den jeweiligen Flächen abgelegt und/oder entwickelt werden. Die Orientierungshilfe dient der Grobplanung und ist in Anhang A.2.4. dargestellt.

Die Biotope auf den Flächen sollen zudem ausreichend groß sein, um ein Ökosystem mit der Fähigkeit der Selbstregulation bilden zu können (Schaefer, 2003). Damit wird ein Mindestmaß an Eigenständigkeit der Biotope sichergestellt, u. a. in Hinblick auf Stoff- und Wasserhaushalt, Klima und Boden (Ssymank, Riecken and Ries, 1993). Bei der Entwicklungsplanung wird die Mindestgröße der Biotope zur Bildung eines ökosystemaren Gefüges individuell berücksichtigt und geprüft. Zudem wird berücksichtigt, dass die Biotope Teil eines Biotopverbunds sind, um der Verinselung von Biotopen entgegenzuwirken. Damit wird sichergestellt, dass die Biotope ein gewünschtes Maß an ökologischer Funktionsfähigkeit erbringen können und Teil eines Biotopverbunds sind (vgl. Anhang A.1.5.).

In den folgenden zwei Abbildungen (siehe Abbildung 6 und Abbildung 7) ist beispielhaft der Ausgangs- und der Zielzustand einer Flächenentwicklung dargestellt, wie

sie auch im Flächenentwicklungsplan dokumentiert werden. Zu sehen ist der Biotopwert nach BKompV mit farblicher Darstellung von sehr gering bis hervorragend und die Biotopkürzel nach BKompV inklusive, falls zutreffend, der Angabe der Altersausprägung (siehe Abschnitt 3.5.1., Tabelle 5 und Tabelle 6).

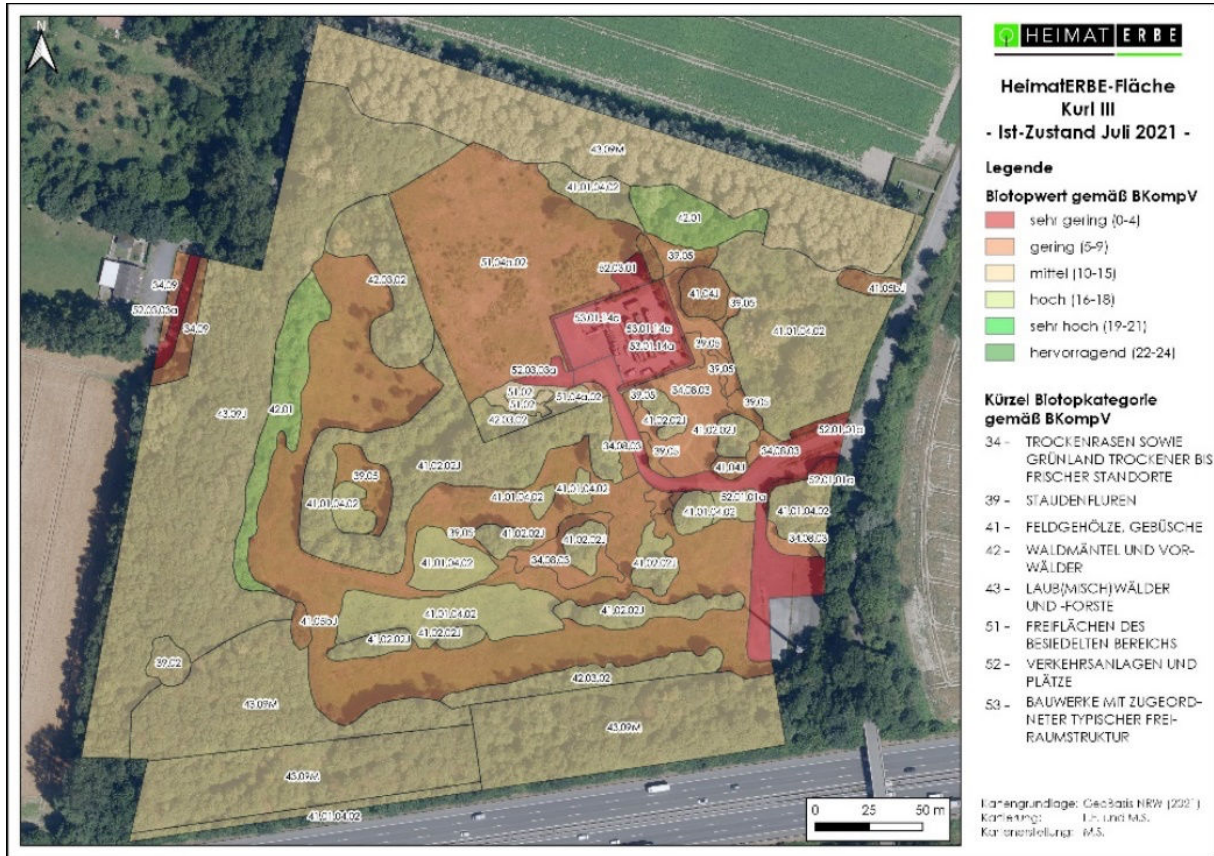


Abbildung 6: Beispiel der Biotopkartierung eines Ist-Zustandes als Ausgangspunkt für die Flächenentwicklung (GREENZERO-HeimatERBE-Fläche Kurl III)



Abbildung 7: Beispiel der Biotopkartierung eines Ziel-Zustandes einer Flächenentwicklung (GREENZERO-HeimatERBE Fläche-Kurl III)

Der Zeithorizont der Entwicklungsplanung kann sich beispielsweise an die in der BKompV angegebenen Entwicklungszeiten für die Biotope anlehnen (siehe Abschnitt 3.5.1., Tabelle 6). Für den Grad der Erhöhung des Biotopwertes nach BKompV durch die Veränderung und/oder die Alterung eines Biotoptyps ist das Ausgangsbiotop entscheidend, wie in der folgenden Tabelle beispielhaft dargestellt wird.

Tabelle 7: Beispiele für die Entwicklungszeiten zum Zielbiotop, abhängig vom Ausgangsbiotop (BKompV, 2020)

Zielbiotop	Ausgangsbiotop (mögliche Maßnahmentypen)	Entwicklungszeit
Buchen(misch)wälder frischer, basenreicher Standorte (alte Bestände)	Buchen-Mischbestand (Entnahme gebietsfremder Baumarten, Freistellung Altbaumarten)	< 30 Jahre
	Fichtenforst (Unterpflanzung mit Buchen, später Entnahme der Fichten)	30 bis 100 Jahre
	Acker (Aufforstung von Buchenwäldern)	> 100 Jahre
Halbtrockenrasen	brachgefallener, verbuschter Halbtrockenrasen (Entbuschung und Beweidung)	< 30 Jahre

Die Entwicklungszeiten nach BKompV machen eine langfristige Entwicklung und Erhaltung der Flächen erforderlich und stellen sicher, dass die Flächenaufwertung und damit die Kompensation der Umweltauswirkungen langfristig sichergestellt wird.

Die Entwicklungsplanung wird durch unabhängige Stellen überprüft (siehe Kapitel 4) und mit den zuständigen Behörden abgestimmt (z. B. Naturschutzbehörde, Bodenschutzbehörde).

3.5.3. PHASE 3: MAßNAHMENUMSETZUNG

Mit der Maßnahmenumsetzung erfolgt die Realisierung der Ziele des Entwicklungsplans auf den Flächen. Sie umfasst:

- die rechtzeitige Ausschreibung der durchzuführenden Tätigkeiten;
- die Flächenvorbereitung wie Erdarbeiten, Abriss und Entsiegelung;
- Herstellungsmaßnahmen der Biotopie wie Einsaat, Pflanzung oder Anlage von Gewässern;
- eine umfassende ökologische Baubegleitung unter Berücksichtigung der fachlichen und rechtlichen Vorgaben sowie
- die Dokumentation der Arbeiten in Form von Fotos und Abnahmeprotokollen.

Die Einhaltung der gesetzlich vorgeschriebenen und ökologisch sinnvollen Zeiträume beschränkt Teile der Flächenvorbereitung (wie etwa die Entfernung jungen Gehölzaufwuchses) auf die Wintermonate außerhalb der Gehölzschonzeit sowie den Großteil der Herstellungsarbeiten (wie Einsaat und Pflanzung) auf die phänologischen Zeitpunkte Frühjahr und Herbst. Entsprechend werden diese Zeiträume frühzeitig bei der Planung berücksichtigt und beeinflussen maßgeblich die Umsetzung.

Eine Schlüsselrolle nimmt die ökologische Baubegleitung ein, die durch die Institution, welche die ökologische Aufwertung von Flächen verantwortet (z.B. Heimat-ERBE), erfolgt. Dabei wird die plangemäße Umsetzung aller Vorgaben geprüft und gegebenenfalls nachjustiert.

Nachdem die Bedingungen für die Entwicklung der verschiedenen Biotopie geschaffen wurden, folgen langfristige Pflegemaßnahmen für deren Erhalt. Die drei Phasen der ökologischen Aufwertung werden zudem durch regelmäßige Vor-Ort-Kontrollen ohne einen standardisierten Ablauf begleitet, um auf Auffälligkeiten oder Veränderungen aufmerksam zu werden und kurzfristig reagieren zu können. Das Monitoring-Konzept, mit dem die Ziele der ökologischen Aufwertung langfristig kontrolliert und sichergestellt werden, ist der 6. Schritt des GREENZERO-Ansatzes und wird in Unterkapitel 3.6. beschrieben.

3.6. MONITORING – 6. SCHRITT

In der Entwicklungsplanung wird beschrieben, wie durch die gezielte Aufwertung ökologisch wenig wertiger, degradiertes Systeme naturschutzfachlich wertvolle, diverse und leistungsfähige Biotopie bzw. Ökosysteme entstehen (siehe Unterkapitel

3.4.). Äquivalent zur langfristigen, ökologischen Aufwertungsleistung entsteht dabei der GREENZERO-Umwert. Damit werden die Umweltkosten, die durch negative Umweltveränderungen im Zusammenhang mit Produkten, Organisationen oder Personen entstehen, kompensiert (siehe Kapitel 3). In diesem Unterkapitel wird das Monitoring des GREENZERO-Ansatzes beschrieben, d. h. die laufende Erfolgskontrolle, ob die im Entwicklungsplan formulierten Ziele erreicht werden. Die Entwicklung der biotischen Ausstattung der jeweiligen Fläche wird eng begleitet und in Form von regelmäßigen Monitoring-Berichten dokumentiert.

Das Monitoring-Konzept wird unter Berücksichtigung allgemeiner Anforderungen flächenspezifisch aufgestellt, umgesetzt und umfasst die Erfassung der folgenden Bioindikatoren:

- Biototypen und Vegetationseinheiten als Grundlage für alle Tierarten;
- verschiedener faunistischer Artengruppen als Bioindikatoren, die typisch für die jeweiligen Ziel-Biotope auf den Flächen sind.

Dabei werden aussagekräftige Artengruppen gewählt, für die ausreichend Basis- und Erfahrungswissen vorliegt und für die gängige Erfassungsmethoden verfügbar sind. Wichtig ist, dass die jeweiligen Arten(gruppen) zur Charakterisierung des Zustands der Fläche geeignet sind.

Im Zuge des Monitorings ist eine wiederholte Erfassung der Bioindikatoren erforderlich. Im ersten Schritt ist eine Grundlagenerfassung nötig, um anhand dieser auch die Entwicklungsplanung vornehmen zu können und ggfls. entsprechend nachjustieren zu können. Weiterhin ist eine Erfassung des Zustands am Ende der angesetzten Entwicklungszeit nötig, um die finale Zielerreichung zu überprüfen. Zwischenzeitlich (in Abhängigkeit der Dynamik und grundsätzlichen Entwicklungsdauer des jeweiligen Zielbiotops) können wiederholte Erhebungen nötig sein, um die Entwicklungen nach der Herstellung und während der Pflegemaßnahmen mitverfolgen zu können. Anfangs wird der zeitliche Rahmen dabei enger gesteckt (jährlich oder alle zwei Jahre), um auf kurzfristige Änderungen schnell reagieren zu können – vor allem bei den Offenlandbiotopen. Mit zunehmendem Bestandsalter kann der Rhythmus der Erhebungen verlängert werden (Erfassungen im mehrjährigen Abstand von bis zu zehn Jahren). Dazwischen erfolgt eine Staffelung der Abstände, um sukzessive und entwicklungsangepasst auf mehrjährige Abstände umzustellen. In Abhängigkeit davon, wie stark Abweichungen von der Zielerreichung vermutet oder sogar erkannt werden, wird ggfls. wieder auf einen engeren Rhythmus zurückgegangen.

Die Erfassung erfolgt nach standardisierten, wissenschaftlich etablierten Methoden, und das genaue Vorgehen im Gelände und bei der Auswertung wird dokumentiert. Sämtliche Auswahlentscheidungen und Vorgehensweisen im Zusammenhang mit dem Monitoring sind in einem Monitoring-Handbuch dokumentiert und müssen begründet werden.

Zu Beginn des Monitorings wird ein Grundkonzept erarbeitet, das im Laufe der Flächenentwicklung auf Basis der Erfahrungen im Gelände und bei der Auswertung der

Indikatoren angepasst und für das künftige Vorgehen ausgeweitet und entsprechend dokumentiert wird. Spätestens nach dem ersten Erhebungsjahr soll das erweiterte Monitoring-Handbuch einer Fläche vorliegen und vollständig das Monitoring, die Zielerreichung der Entwicklungsplanung und die Indikatoren beschreiben. Jeder Bearbeiter wird, den entsprechendem fachlichen Kenntnisstand hier unterstellend, so mit dem Monitoring-Handbuchs in die Lage versetzt, entlang der flächen-strategischen und -konzeptionellen Maßgaben der Vergangenheit zu agieren. Begründete Veränderungen und notwendige oder sinnvolle Erweiterungen werden bei entsprechenden Bedarfen in das Monitoring-Handbuch eingearbeitet. Am Ende eines jeden Erfassungsjahres ist zudem ergänzend ein Ergebnisbericht vorzulegen.

Wenn sich im Zuge der Erfassungen neue oder andere Potenziale als gedacht abzeichnen, wird dies in der Entwicklungsplanung berücksichtigt, sodass auch die Maßnahmenplanung auf dem Weg zum Zielstand entsprechend angepasst werden kann.

Zeigen sich im Zuge der Erfassungen bis dato nicht erkennbare Herausforderungen der Flächenentwicklung oder gar deutliche, nicht gewünschte Abweichungen, wird der Zielzustand ganz oder in entsprechenden Teilen überprüft (etwa, wenn auf einer Teilfläche die Neophytbekämpfung keine ausreichenden Erfolge zeigt, oder Auswirkungen des Klimawandels stärkere oder andere als die erwarteten Folgen zeigen). Auch diese Veränderungen und Erkenntnisse müssen dokumentiert und begründet werden (vgl. Unterkapitel 3.5).

Die Ergebnisse, die in den Phasen 1 und 2 (siehe Unterkapitel 3.5.) durch Kartierungen oder Messverfahren im Gelände ermittelt werden, müssen das Ableiten eines Zielerreichungsgrades während des Monitorings zulassen. Anhand des Zielerreichungsgrades kann nachvollzogen werden, ob die Entwicklung positiv verläuft respektive verlaufen ist. Dies wird mit Prozentangaben zum Zielerreichungsgrad nach Jahren angegeben und fortlaufend konsistent dokumentiert.

Bei der Formulierung der Ziele in der Entwicklungsplanung (Unterkapitel 3.5.) ist zudem darauf zu achten, dass Teilziele für verschiedene Zeithorizonte formuliert werden, die entsprechend zu den verschiedenen Zeitpunkten im Monitoring überprüft werden. Wird ein Entwicklungsziel für – beispielhaft – den Zeithorizont 100 Jahre aufgestellt, dann sollten auch Teilziele für Zeitintervalle von fünf oder (maximal) zehn Jahren formuliert werden. Dies sichert die Evaluierung der Maßnahmenplanung und des Zeitmanagements, insbesondere von Zielen mit langen Zeithorizonten. So kann nach fünf Jahren bereits nachgewiesen werden, dass – beispielhaft – 85 % der Entwicklungsziele für den Zeithorizont fünf Jahre an Stelle von 20 % der Entwicklungsziele für den Zeithorizont 100 Jahre erreicht wurden. Damit sind auch die Dokumentation und Kommunikation über den Monitoring-Bericht anschaulicher und nachvollziehbarer.

Um die Einhaltung der Anforderungen des Monitoring-Konzepts sicherzustellen und nachzuweisen, wird es durch unabhängige Stellen überprüft (siehe Kapitel 4).

4. VERIFIZIERUNG

In diesem Kapitel wird die Verifizierung des GREENZERO-Ansatzes beschrieben. Die Verifizierung betrifft die Ökobilanz, den Umweltwert, die ökologische Flächenaufwertung und das Monitoring.

Um die Einhaltung der in Unterkapitel 3.1. und 3.2. genannten Anforderungen der Ökobilanz (Einhaltung der Bilanzierungsregeln, Reduktion der Umweltauswirkungen) zu gewährleisten, erfolgt eine Verifizierung. Wenn die Ergebnisse extern kommuniziert werden sollen, ist für die Ökobilanz ein ISO-konformer Bericht nach ISO 14044 mit kritischer Prüfung und Bericht zur kritischen Prüfung notwendig (ISO, 2006b). Wenn die Ergebnisse nicht extern kommuniziert werden sollen, dann gelten die in Tabelle 8 dargestellten Anforderungen an die Verifizierung.

Tabelle 8: Erstellung und Verifizierung der Ökobilanz

Ersteller der Ökobilanz	Verifizierung der Ökobilanz
GREENZERO AX GmbH	nicht nötig
Autorisierter Dienstleister	nicht nötig
beliebig	GREENZERO AX GmbH oder autorisierter Dienstleister

Die Autorisierung der Dienstleister, die zur Erstellung oder Verifizierung der Ökobilanz zugelassen sind, erfolgt nach einem standardisierten Prüfverfahren durch GREENZERO. Die Liste der autorisierten Dienstleister ist bei GREENZERO verfügbar, die Zulassungskriterien auf Anforderung einsehbar.

Die Anforderungen an den Bericht für Ergebnisse, die nicht extern kommuniziert werden sollen, sind in Anhang A.2.1. formuliert. Die Berichtsvorlage wird von GREENZERO bereitgestellt und vom Ersteller der Ökobilanz vervollständigt. Der Bericht ist Teil der Verifizierung der Ökobilanz. Der Prüfer bestätigt in diesem Fall mittels einer von GREENZERO bereitgestellten Prüfvorlage, dass die Ökobilanz die Anforderungen des GREENZERO-Ansatzes erfüllt.

Weiterhin wird die Dokumentation des Umweltwerts von einem externen Wirtschaftsprüfer verifiziert. Damit wird die Einhaltung der in Unterkapitel 3.4. formulierten Anforderungen und Schritte sichergestellt, insbesondere die Kalkulation und Dokumentation des Umweltwerts (siehe Abschnitt 3.4.1.). Im Ergebnis wird dem Umweltwert-Konto ein Wirtschaftsprüfer-Testat ausgestellt. Nachvollziehbarkeit und Transparenz des Umweltwerts werden damit gewährleistet und Doppelzählungen vermieden und es wird sichergestellt, dass nur bereits generierter Umweltwert zum Ausgleich von Umweltkosten und damit zur Kompensation von Umweltauswirkungen verwendet wird.

Die externe Begutachtung und Verifizierung gilt auch für die Entwicklungsplanung der ökologischen Aufwertung der Flächen (siehe Unterkapitel 3.5.) und das Monitoring (siehe Unterkapitel 3.6.). Das Anforderungsprofil an den Gutachter umfasst objektive Kriterien der Fachlichkeit und Qualitätssicherung und ist bei GREENZERO verfügbar. Damit wird neben der Einhaltung der Anforderungen des GREENZERO-Ansatzes sichergestellt, dass ökologische und naturschutzfachliche Grundsätze eingehalten und die ökologische Aufwertung der Flächen nach anerkannten Methoden der Umwelt-, Landschafts- und Naturschutzplanung durchgeführt wird.

ANHANG

A.1. HINTERGRUND UND PRINZIPIEN

In diesem Anhang wird der methodische und konzeptionelle Hintergrund des GREENZERO-Ansatzes beschrieben. Dabei liegt der Fokus auf den Prinzipien, die dem umweltneutralen Handeln nach GREENZERO zugrunde liegen. Anhang A.1. ist wie folgt aufgebaut:

- Die Umweltauswirkungen von Produkten, Organisationen und Personen werden wissenschaftlich fundiert ermittelt und reduziert, um so die Grundlage für den Ausgleich von negativen Umweltauswirkungen auf dem Weg zu einem umweltneutralen Handeln zu schaffen. Dies wird mittels der Methode der Ökobilanz erreicht (siehe A.1.1.).
- Es werden über den Klimawandel hinausgehende Umweltauswirkungen ausgewählt, um das Ziel des umweltneutralen Handelns zu erreichen. Dadurch wird sichergestellt werden, dass die relevanten Umweltauswirkungen berücksichtigt werden, die methodisch ausgereift sind und in der Regel eine gute Datenbasis vorweisen (siehe A.1.2.).
- Die externen Kosten der Umweltauswirkungen (in Form der Umweltkosten) werden durch den Umweltwert ausgeglichen. Der Ausgleich der Umweltauswirkungen wird also mittels Monetarisierung ermöglicht (siehe A.1.3.).
- Das Ziel bei der Auswahl der Monetarisierungsmethode ist, die für den GREENZERO-Ansatz geeignetste Methode auszuwählen, um die mit der Ökobilanz ermittelten negativen Umweltauswirkungen in Umweltkosten umzurechnen (siehe A.1.4.).
- Mit der Renaturierung von degradierten Ökosystemen wird eine ökologische Kompensation der negativen Umweltauswirkungen von Produkten erreicht (siehe A.1.5.).
- Die Kompensation der Umweltauswirkungen wird durch die ökologische Aufwertung von verschiedenen Lebensräumen und Biotopen erreicht (siehe A.2.4.).

Die aufgeführten Punkte werden im Weiteren ausführlich beschrieben.

A.1.1. ÖKOBILANZ – UMWELTAUSWIRKUNGEN UND REDUKTION

Durch Produkte, Organisationen und Personen entstehen negative Auswirkungen auf die Umwelt. Um die Umweltauswirkungen zu ermitteln, wird bei dem GREENZERO-Ansatz die Methode der Ökobilanz verwendet, die dafür als besonders geeignet gilt (European Commission, 2003).

Die Methode der Ökobilanz ermöglicht eine ganzheitliche Analyse potenzieller Umweltauswirkungen von Produkten über den gesamten Lebensweg und für mehrere Umweltaspekte. Die Regeln und Anforderungen sind für Produkte in zwei internationalen Normen festgelegt (ISO14040 und ISO 14044). Eine Ökobilanz (eng.: Life Cycle Assessment, LCA) betrachtet dabei alle Attribute und Aspekte von natürlicher

Umwelt, menschlicher Gesundheit und Ressourcen (ISO, 2006a, 2006b). Um neben Produkten auch die Umweltauswirkungen von Organisationen und Personen zu bestimmen, wurden die Methoden der Organisations-Ökobilanz (eng.: organisational LCA, OLCA) für u. a. Unternehmen bzw. Unternehmensbereiche oder Städte bzw. Stadtquartiere und der Lebens-Ökobilanz (eng.: Life-LCA) entwickelt (ISO, 2014; UNEP/SETAC, 2015; Cremer *et al.*, 2020; Goermer, Lehmann and Finkbeiner, 2020).

Die Methode der Ökobilanz läuft in vier Phasen ab und dient u. a. zur Beantwortung der folgenden Fragestellungen ((ISO, 2006a), siehe Abbildung 3):

1. Festlegung des Ziels und des Untersuchungsrahmens:
 - Was ist der Zweck der Ökobilanz?
 - Was sind die Funktionen des Systems und wo werden die Systemgrenzen gezogen?
 - Welche Annahmen werden getroffen?
2. Sachbilanz (eng.: Life Cycle Inventory, LCI)
 - Welche Rohstoffe/Schadstoffe werden gebraucht/emittiert?
 - Wie werden diese Inputs und Outputs den verschiedenen Funktionen des Systems zugeordnet?
 - Wie hoch ist die Datenqualität (Unsicherheiten)?
3. Wirkungsabschätzung (eng.: Life Cycle Impact Assessment, LCIA)
 - Welche Wirkungskategorien werden berücksichtigt?
 - Welche Umweltauswirkungen haben die Ressourcenverbräuche und Emissionen des Systems?
4. Auswertung:
 - Welche Schlussfolgerungen können gezogen werden?
 - Wie zuverlässig sind die Resultate?
 - Welche Empfehlungen können abgeleitet werden?

In der Phase der Wirkungsabschätzung wird die Bedeutung potenzieller Umweltauswirkungen mit Hilfe der Ergebnisse der Sachbilanz beurteilt. Dazu werden in diesem Schritt Daten der Sachbilanz mit spezifischen Wirkungskategorien und Wirkungsindikatoren verknüpft, um die hieraus resultierenden potenziellen Wirkungen zu erkennen. Dabei werden die Umweltauswirkungen in kg-Äquivalenten (eng.: kg-equivalents, kg-eq.) der entsprechenden Wirkungskategorie ermittelt. Dies erfolgt mit Hilfe von Charakterisierungsfaktoren und unter Anwendung spezifischer, wissenschaftlicher Modelle, die in der Ökobilanz in verschiedenen Wirkungsabschätzungsmethoden implementiert sind (ISO, 2006a). Um die Kompatibilität zur verwendeten Monetarisierungsmethode (siehe A.1.4.) sicherzustellen, werden in Unterkapitel 3.1. die zu verwendenden Wirkungsabschätzungsmethoden, die für den GREENZERO-Ansatz gelten, festgelegt.

Die Wirkung für verschiedene Wirkungskategorien wird beim GREENZERO-Ansatz am mittleren Wirkungspunkt (eng.: Midpoint) gemessen und in kg-Äquivalenten ei-

ner wirksamen Referenzsubstanz ausgewiesen, da mehrere Substanzen zu der Wirkung in der Wirkungskategorie beitragen. So wird z. B. die Wirkungskategorie Klimawandel in kg CO₂-eq. angegeben und umfasst als wirksame Substanzen neben CO₂ auch andere Treibhausgase wie Methan oder Lachgas, welche entsprechend ihrer Wirkung in CO₂-eq. zusammengefasst sind (Huijbregts *et al.*, 2017).

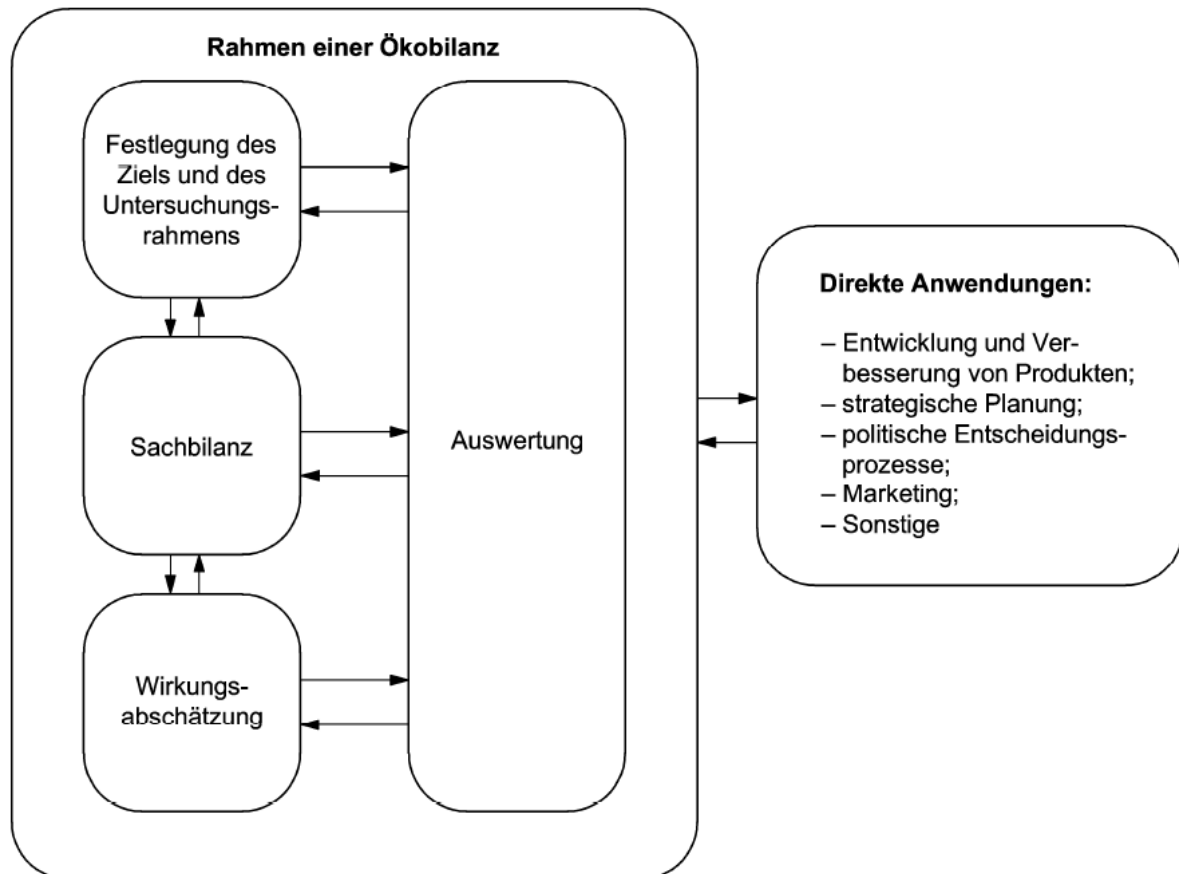


Abbildung 8: Die 4 Phasen der Ökobilanz (ISO, 2006a)

Weiterhin kann die Ökobilanz beim Aufzeigen von Möglichkeiten zur Verbesserung der Umwelteigenschaften von Produkten, Organisationen oder Personen in den verschiedenen Phasen ihres Lebensweges helfen. So kann sie zur Reduktion der anthropogen verursachten potentiellen Umweltauswirkungen in mehreren Wirkungskategorien herangezogen werden, mit der Möglichkeit, Zielkonflikte zwischen Wirkungskategorien zu vermeiden oder zu minimieren (ISO, 2006a). Beispiele dafür sind:

- Minimierung der Umweltbelastung durch Optimierung neuer, bestehender oder sich in der Entwicklung befindender Produkte (mittels Vergleiches von Alternativen, z. B. Materialien, Substanzen, Verfahren, Logistik);
- Optimierung von Prozessketten;
- Optimierung von Betrieben.

Damit liefert die Ökobilanz die notwendigen Ergebnisse hinsichtlich der Umweltauswirkungen, die in Umweltkosten umgerechnet und anschließend kompensiert werden.

Auf diesem Weg wird mit der Methode der Ökobilanz das Ziel erreicht, die Umweltauswirkungen von Produkten, Organisationen und Personen wissenschaftlich fundiert zu ermitteln und Wege für die Reduktion aufzuzeigen sowie Reduktionserfolge zu dokumentieren, um so die Grundlage für den Ausgleich von nicht reduzierbaren Umweltauswirkungen auf dem Weg zum umweltneutralen Handeln zu schaffen.

A.1.2. AUSWAHL DER WIRKUNGSKATEGORIEN UND WIRKUNGSABSCHÄTZUNGSMETHODEN

Mittels der Ökobilanz kann eine Vielzahl an potenziellen Umweltauswirkungen in verschiedenen Wirkungskategorien ermittelt werden, die durch anthropogenes Handeln verursacht werden. Folgende Kriterien wurden herangezogen, um die Wirkungskategorien für den GREENZERO-Ansatz auszuwählen (Lehmann, Bach and Finkbeiner, 2015; European Commission, 2017):

- Ausgereifte und anerkannte Bewertungsmethoden sind verfügbar;
- die Datenbasis erlaubt eine robuste Ermittlung der Umweltauswirkungen, indem u. a. alle relevanten Elementarflüsse berücksichtigt werden;
- die Umweltauswirkungen sind für eine Vielzahl von Produkten, Organisationen und Personen relevant.¹⁸

Die Kategorien, die diese Kriterien erfüllen, sind die Wirkungskategorien Klimawandel, Versauerung, Eutrophierung, bodennahe Ozonbildung (=Sommersmog) und Abbau der Ozonschicht. Die relevanten Wirkungskategorien werden im Folgenden auf Basis der Wirkungsabschätzungsmethode ReCiPe 2016 v1.1 (und CML für die Wirkungskategorie Versauerung) kurz beschrieben:

- Klimawandel: Emissionen von Treibhausgasen führen zu einer erhöhten Konzentration solcher in der Atmosphäre, die den Strahlungsantrieb erhöht und so zu einer Erhöhung der globalen Durchschnittstemperatur führt. Die erhöhte Temperatur führt nach ReCiPe 2016 zu Schäden an der menschlichen Gesundheit und an Ökosystemen. In der Ökobilanz wird die Wirkung als Treibhaus-Potential (eng.: Global Warming Potential, GWP) ermittelt (Huijbregts *et al.*, 2017).

¹⁸ Das bedeutet nicht, dass Umweltauswirkungen, die im GREENZERO-Ansatz keine Berücksichtigung finden, als weniger wichtig anzusehen sind. Je nach Produkt, Organisation oder Person können weitere Umweltauswirkungen relevant sein, die aktuell nicht berücksichtigt werden, z. B. da sie die Kriterien der ausgereiften Bewertungsmethoden oder robusten Datenbasis (noch) nicht erfüllen. Erweiterungen der Wirkungskategorien des GREENZERO-Ansatzes sind geplant (vgl. Unterkapitel 3.1.).

- Versauerung: Emissionen und nachfolgende Abregnung von anorganischen Säuren und ihren Vorläufersubstanzen verursachen eine Änderung des Säuregehalts in Böden und Gewässern. Dies führt gemäß der CML-Methode zu Schäden an aquatischen und terrestrischen Ökosystemen (Guinée *et al.*, 2002; CML, 2016). In der Ökobilanz wird die Wirkung als Versauerungs-Potential (eng.: Acidification Potential, AP) ermittelt (Huijbregts *et al.*, 2017).
- Eutrophierung: Eutrophierung entsteht durch die Ableitung von Nährstoffen (z. B. Phosphor und Stickstoff) u. a. in Oberflächengewässer und Meere. Der dadurch bedingte Anstieg des Nährstoffgehalts beeinflusst nach ReCiPe 2016 die Süß- und Meerwasserökosysteme durch Veränderung der Artensammensetzung bis zu dem Verlust von Arten. Die Beeinflussung terrestrischer Ökosysteme ist in ReCiPe 2016 nicht berücksichtigt. In der Ökobilanz kann die Wirkung als Süßwasser- und Meerwasser-Eutrophierungs-Potential (eng. Freshwater bzw. Marine Eutrophication Potential, FEP bzw. MEP) ermittelt werden (Huijbregts *et al.*, 2017).
- Bodennahe Ozonbildung (Sommersmog): Bodennahe Ozonbildung entsteht indirekt durch die photochemische Reaktion der Emissionen von Stickoxiden mit flüchtigen organischen Verbindungen ohne Methan (eng.: Non Methane Volatile Organic Compounds, NMVOC). Dadurch entsteht bodennahes Ozon (=Sommersmog). Der Entstehungsprozess ist im Sommer intensiver und schädigt nach ReCiPe 2016 letztlich die menschliche Gesundheit und die Biodiversität. Die Wirkung wird in der Ökobilanz als bodennahe Ozonbildungs-Potential (eng.: Photochemical Ozone Creation Potential, POCP) ermittelt (Huijbregts *et al.*, 2017).
- Abbau der Ozonschicht: Emissionen von Substanzen, die zum Abbau der Ozonschicht führen, erhöhen die UVB-Strahlung und führen nach ReCiPe 2016 letztlich zu Schäden an menschlicher Gesundheit (z. B. Hautkrebs). Die Wirkung wird in der Ökobilanz als Ozonschichtabbau-Potential (engl.: Ozone Depleting Potential, ODP) ermittelt (Huijbregts *et al.*, 2017).

Zukünftig werden die Wirkungskategorien durch die folgenden erweitert, um das Konzept des umweltneutralen Handelns noch robuster und ganzheitlicher abzubilden:

- Feinstaubbildung (wird ergänzt ab 2023): Feinstaub wird durch die Emission von verschiedenen Aerosolen in die Atmosphäre verursacht. Feinstaub in der Größe $<2,5\mu\text{m}$ ist eine komplexe Mischung aus organischen und anorganischen Substanzen, welche in die oberen Atemwege und die Lunge eingeatmet werden können und daher nach ReCiPe 2016 Schäden an menschlicher Gesundheit verursachen. Schäden an Ökosystemen sind in ReCiPe 2016 nicht berücksichtigt. Die Wirkung wird in der Ökobilanz als Feinstaubbildungs-Potenzial (eng. Particulate matter formation potential, PMFP) ermittelt (Huijbregts *et al.*, 2017).
- Ionisierende Strahlung (wird ergänzt ab 2023): Anthropogene Emissionen von Radionukliden entstehen im Kernbrennstoffkreislauf (Bergbau, Verarbeitung,

Entsorgung) als auch in anderen menschlichen Aktivitäten (Verbrennung von Kohle, Gewinnung von Phosphorit). Diese Emissionen führen nach ReCiPe 2016 zu Schäden an menschlicher Gesundheit. Die Wirkung auf Ökosysteme ist in ReCiPe 2016 nicht berücksichtigt. Die Wirkung wird als ionisierende Strahlungs-Potential (eng.: Ionizing Radiation Potential, IRP) in der Ökobilanz bestimmt (Huijbregts *et al.*, 2017).

- Landnutzung (wird ergänzt ab 2025): Eine Änderung der Landnutzung beeinflusst direkt die ursprünglich vorhandenen Habitate und damit die ursprüngliche Artenvielfalt terrestrischer Ökosysteme. Damit werden nach ReCiPe 2016 Schäden an Ökosystemen verursacht. In der Ökobilanz wird die Wirkung als Landnutzung (eng.: Land Use, LU) ermittelt (Huijbregts *et al.*, 2017).
- Wassernutzung (wird ergänzt ab 2025): Wasser, das verbraucht wird, steht in dem ursprünglichen Wassereinzugsgebiet nicht mehr für Menschen oder Ökosysteme zur Verfügung. Wasser wird nach ReCiPe 2016 z. B. durch Evaporation, die Aufnahme in Produkten oder dem Transfer in ein anderes Wassereinzugsgebiet verbraucht. Dies kann zu Wasserknappheit für Menschen führen oder zur Reduktion der Pflanzenvielfalt. Die Wirkung wird in der Ökobilanz als Wassernutzung (eng.: Water Use, WU) ermittelt (Huijbregts *et al.*, 2017; Boulay *et al.*, 2018).

Die Auswahl von verschiedenen Wirkungskategorien über den Klimawandel hinaus ist wesentlich, da der GREENZERO-Ansatz einer ganzheitlichen Betrachtung folgt. Die gewählten Wirkungskategorien stellen dabei sicher, dass relevante Umweltauswirkungen berücksichtigt werden, die methodisch ausgereift sind und in der Regel eine gute Datenbasis vorweisen.

A.1.3. MONETARISIERUNG – UMWELTKOSTEN UND UMWELTWERT

Das wesentliche Ziel des GREENZERO-Ansatzes ist es, die externen Kosten eines Produkts in Form von Umweltkosten zu internalisieren und anschließend zu kompensieren (d. h. in Umweltwert umzuwandeln). Die Umweltkosten werden auf Basis der mittels Ökobilanz ermittelten Umweltauswirkungen monetarisiert und einem Umweltwert gegenübergestellt, der den ökologischen Mehrwert als Ergebnis der Renaturierung von degradierten Flächen ökonomisch repräsentiert.

Durch diese Einpreisung des ökologischen Fußabdrucks in Produkte und Dienstleistungen mit anschließender Kompensation soll ein Beitrag geleistet werden, akute Umweltprobleme wie Klimawandel und Verlust der Biodiversität zu bewältigen (Drenckhahn *et al.*, 2020). Die Internalisierung der externen Kosten wird in verschiedenen Disziplinen gefordert, z. B. der (Umwelt-)Politik, der Ökologie, der Humangeographie und der (Umwelt-)Ökonomie (Hansjürgens, 2015; Jungmeier, 2016; Unmüßig, 2019; Wolff, 2020). Auch das Umweltbundesamt sieht durch die Monetarisierung die wünschenswerte Möglichkeit zur Einpreisung externer Kosten, für die sonst in der Regel die Gesellschaft insgesamt aufkommt (Bünger and Matthey, 2018; UBA, 2021b). Mit Hilfe der Monetarisierung wird den internalisierten Umweltkosten ein Umweltwert als Ausgleich gegenübergestellt. Die Übernahme der Umweltkosten

durch den Verursacher eröffnet eine neue ökonomische Perspektive und kann veränderte, nachhaltige Produktions- und Konsummuster sowie alternative Handlungsweisen anstoßen (Becker, 2016; Ferron-Vilchez, Torre-Ruiz and Mandojana, 2018; Folkens, Wiedemer and Schneider, 2020; UBA, 2021b). Der GREENZERO-Ansatz ermöglicht es also, dass die Verantwortung für die Umweltauswirkungen dem Verursacher mittels Umweltkosten zugeschrieben wird und von diesem selbst kompensiert wird.

Im Unterschied zu herkömmlichen Anwendungsbeispielen der Monetarisierung geht es hier nicht darum, bereits vorhandenes Naturkapital zu bewerten und zu ökonomisieren (TEEB DE, 2016, 2018). Kern der Monetarisierung im Sinne des GREENZERO-Ansatzes ist es, die Maßnahmen und Aktivitäten, die zur ökologischen Aufwertung von Flächen führen, sowie die Ergebnisse der Ökobilanz in verschiedenen Wirkungskategorien monetär zu quantifizieren (siehe Kapitel 1 und Unterkapitel 3.5., Anhang A.1.5.) Damit wird die Kompensation der Umweltauswirkungen von Produkten, Organisationen und Personen ermöglicht.

Somit ermöglicht die Monetarisierung in Form der Umweltkosten das Erreichen des Ziels, externe Kosten zu internalisieren. Der Umweltwert erlaubt es, die Umweltkosten zu kompensieren.

A.1.4. AUSWAHL DER MONETARISIERUNGSMETHODE

Um die Umweltauswirkungen als Ergebnis der Ökobilanz in Umweltkosten umzurechnen, ist die Anwendung einer Monetarisierungsmethode nötig. Auf Basis eines Reviews (Arendt *et al.*, 2020), in dem neun Monetarisierungsmethoden für Ökobilanz-Ergebnisse miteinander verglichen wurden, wurde von der Technischen Universität Berlin eine Analyse durchgeführt, um eine geeignete Monetarisierungsmethode für den GREENZERO-Ansatz auszuwählen. Bei der Analyse spielten verschiedene Kriterien (u. a. Aktualität, Geografischer Kontext, Transparenz der Methodenbeschreibung) eine Rolle. Das *Environmental Prices Handbook*, veröffentlicht von CE Delft, wurde auf Basis der Analyse als die am besten geeignetste Methode ausgewählt (de Bruyn *et al.*, 2018).

Die im Jahr 2018 veröffentlichte Version des *Environmental Prices Handbooks* erfüllt das Kriterium der Aktualität. Die Aktualität der Methode zeigt sich auch darin, dass das zugrundeliegende NEEDS-Modell für die Luftschadstoffe aus dem Jahr 2008 für die Methode an neuere Werte angepasst wurde (de Bruyn *et al.*, 2018). Im März 2023 veröffentlichte CE Delft aktualisierte Preise. Aktualisierungen werden nach einer Übergangsphase in den GREENZERO-Ansatz integriert. Passend zum bisherigen Kontext des GREENZERO-Ansatzes ist Europa der geographische Kontext des *Environmental Prices Handbook*. Wenn der GREENZERO-Ansatz in einem anderen geographischen Kontext als Europa angewendet werden soll, so ist nach fachlicher Bewertung ggfls. eine andere Monetarisierungsmethode auszuwählen. Die gewählte Methode ist ausführlich und transparent beschrieben. Durch die Anwendung der methodischen Grundlage in einer Studie für die EU-Kommission (*Handbook on*

the external costs of transport) ist zudem die Anerkennung durch eine öffentliche Institution gegeben (Van Essen *et al.*, 2019).

In Abweichung zu den Kostensätzen im *Environmental Prices Handbook* wird der dort aufgeführte Kostensatz für CO₂ für die Wirkungskategorie Klimawandel für den GREENZERO-Ansatz nicht verwendet. Der CO₂-Kostensatz wird im *Environmental Prices Handbook* auf Basis von Vermeidungskosten bestimmt. Die zugrunde liegende CO₂-Verminderungskurve bis zum Jahr 2050 entspricht nicht mehr der aktuellen Klimapolitik der EU. Für die Wirkungskategorie Klimawandel wird daher ein CO₂-Kostensatz der Studie *Handbook on the external costs of transport* von CE Delft verwendet, der dem CO₂-Reduktionspfad des 1,5-2°C-Ziels für Europa entspricht und durch die verschärften Klimaschutzziele entsprechend höher liegt (Europäische Kommission, 2019; Van Essen *et al.*, 2019).

Im Ergebnis stehen mit dem *Environmental Prices Handbook* (unter Berücksichtigung eines aktuellen CO₂-Kostensatzes) Kostensätze für 13 Wirkungskategorien zur Verfügung, die zur Monetarisierung von Ökobilanz-Ergebnissen verwendet werden können. Die Kostensätze, die zur Monetarisierung für den GREENZERO-Ansatz relevant sind, werden in Kapitel 3.3. in Tabelle 3 gezeigt.

A.1.5. RENATURIERUNG – ÖKOLOGISCHE FLÄCHENAUFWERTUNG

Der Betrag der Umweltkosten wird in die ökologische Aufwertung degradiertter Flächen investiert, um die Verluste, die sich für die Biodiversität und die menschliche Gesundheit als externe Kosten (Umweltkosten) ergeben, zu kompensieren. Der GREENZERO-Ansatz schafft diesen Umweltwert, indem degradierte Flächen ökologisch aufgewertet werden.

Der ökologische Wert und die Wertsteigerung durch die Flächenentwicklung werden dabei durch etablierte Biotopwertverfahren ermittelt. Die Auswahl des Biotopwertverfahrens erfolgt nach dem geografischen Kontext, in dem der GREENZERO-Ansatz angewendet wird. Für die weitere Beschreibung des GREENZERO-Ansatzes wird der Biotopwert nach Bundeskompensationsverordnung (BKompV) verwendet, die im deutschen Naturschutz angewendet wird (BKompV, 2020; BfN, 2021).

Ergänzend zu dem beschriebenen Handlungsbedarf in den Bereichen Biodiversität und Klimaschutz in Kapitel 1 werden beim GREENZERO-Ansatz bei der Renaturierung der degradierten Flächen hin zu naturnahen oder schützenswerten kulturlandschaftlich¹⁹ geprägten Ökosystemen (vgl. Kollmann *et al.*, 2019) weitere Prinzipien umgesetzt, die im Folgenden detaillierter auf Basis von (Drenckhahn *et al.*, 2020) formuliert sind:

- Naturnahe Ökosysteme fördern;

¹⁹ Schützenswerte kulturlandschaftlich geprägte Ökosysteme sowie naturnahe Ökosysteme werden in Anlehnung an die Ziele des Naturschutzes und der Landschaftspflege nach §1 BNatSchG mit dem GREENZERO-Ansatz adressiert.

- Landnutzungsrechte der ansässigen Bevölkerung schützen und keinen Verlust an landwirtschaftlicher Fläche verursachen, die soziale Konflikte hervorrufen können;
- Maßnahmen zur Anpassung von Arten an den Klimawandel:
 - Ausbau von Biotopverbundsystemen, die die Ausbreitung und Migration von Arten zur Bewahrung der lokalen und genetischen Vielfalt erlauben;
 - Erhöhung der Ökosystemvielfalt und Habitatheterogenität auf lokaler Ebene;
 - Erhöhung des Lebensraumangebotes zur Stärkung von Populationen.

Weiterhin werden für Wälder und Biodiversität folgende Prinzipien umgesetzt (Drenckhahn *et al.*, 2020):

- Vergrößerung der nutzungsfreien Waldflächen;
- Naturschutzorientierte Gestaltung von Waldrändern;
- Klimaschutzorientierte Bewirtschaftung von klimarelevanten Waldflächen:
 - Umwandlung von Monokulturen in standortangepasste Mischwälder;
 - Förderung von Alt- und Totholz zum langfristigen Erhalt von Kohlenstoffspeichern in Wäldern und als Habitat für holzbewohnende, spezialisierte Arten.
- Gleichberechtigung von Natur- und Kulturlandschaft: z.B. Grünland optimieren (insbesondere extensiv genutztes Grünland), da Grünland ein bedeutendes Kohlenstoffreservoir darstellt, zu einer wirksamen Erosionsschutzfunktion, einer höheren Ökosystem sowie Artenvielfalt beiträgt (Drenckhahn *et al.*, 2020).

Als weiteres Prinzip der Flächenaufwertung wird der Ansatz der Renaturierung angewendet. Im Unterschied zu Ansätzen der Revitalisierung²⁰ und Rekultivierung²¹ wird damit das Ziel verfolgt, die Entwicklung der Flächen zu naturnahen oder schützenswerten kulturlandschaftlich geprägten Ökosystemen zu ermöglichen (Kollmann *et al.*, 2019). Ziel der Renaturierung ist es, dass die Ziel-Ökosysteme im Ergebnis hohe Ökosystemfunktionen und eine hohe Ökosystemstruktur aufweisen (siehe Abbildung 9). Dies wird sichergestellt durch eine naturschutzfachliche Entwicklungsplanung und die Pflege und den langfristigen Erhalt der Flächen und ermöglicht so einen ökologischen Mehrwert für die Biodiversität und die menschliche Gesundheit.

²⁰ Revitalisierung: bei der Revitalisierung wird auf degradierten Flächen nur ein Teil der Ökosystemfunktionen für bestimmte lebensraumtypische Arten wiederhergestellt. Somit entstehen keine vielfältigen Ökosystemleistungen wie in renaturierten Ökosystemen (Kollmann *et al.*, 2019).

²¹ Rekultivierung: bei der Rekultivierung werden degradierte Flächen soweit instandgesetzt, dass sie z. B. wieder landwirtschaftlich genutzt werden können. Somit entsteht auf der Fläche keine komplexe Ökosystemstruktur wie in renaturierten Ökosystemen (Kollmann *et al.*, 2019).

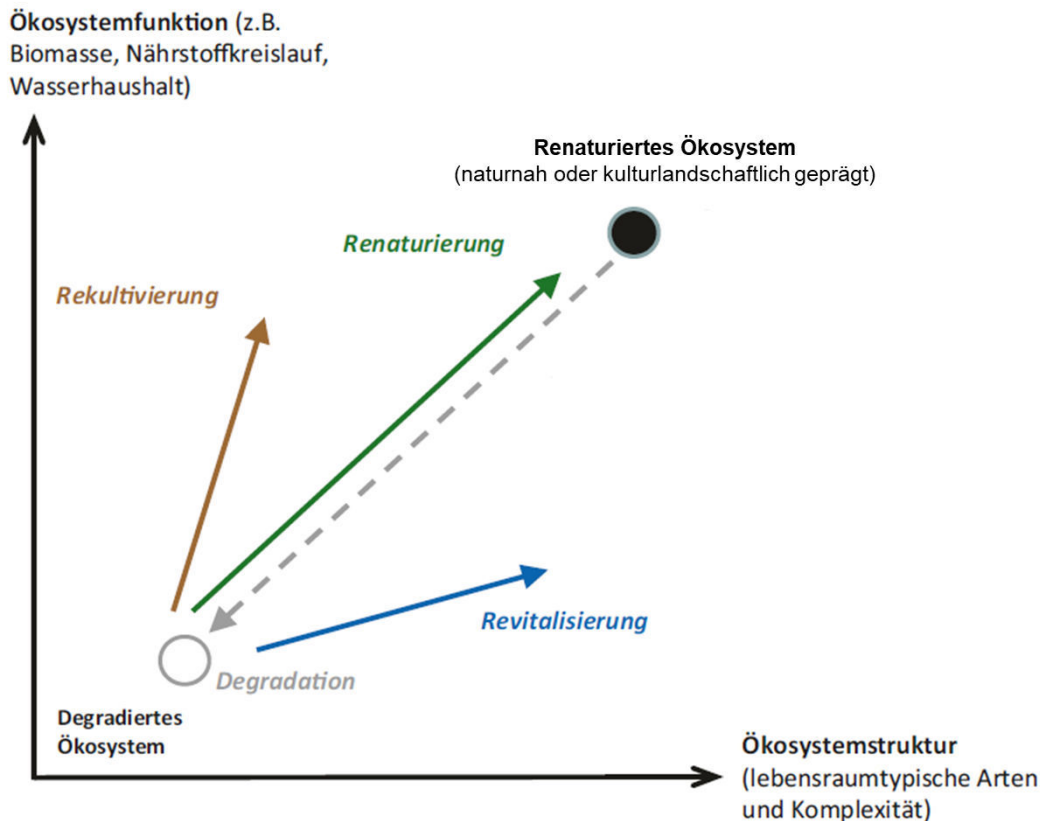


Abbildung 9: Renaturierung, Rekultivierung und Revitalisierung im Vergleich hinsichtlich Ökosystemfunktion und Ökosystemstruktur auf Basis von (Kollmann *et al.*, 2019)

Das Entwicklungs- und Pflegekonzept sieht keine Nutzungsabsicht oder anthropogene Überprägung vor. Die Renaturierung hin zu naturnahen oder schützenswerten kulturlandschaftlich geprägten Ökosystemen des GREENZERO-Ansatzes folgt dabei folgenden Prinzipien:

- Gebäudeabbruch und Entsiegelung – Rückführung von naturfernen Teilflächen in den „Naturhaushalt“
- Zulassen von Sukzession und Entwicklung von verschiedenen Altersstadien in einigen Teilbereichen mit allen natürlichen Prozessen in natürlichen/naturnahen Lebensräumen
- Erstellung/Erhalt und Pflege typischer kulturlandschaftlicher Lebensräume (Gewässer, Grünland, Säume, Einzelbäume, Gehölzstreifen/-inseln)
- gezielte Entnahme bzw. Bekämpfung von Zierpflanzen (krautige/holzige) und sich stark ausbreitenden Arten, die die Biodiversität der Gesamtfläche durch Hybridisierung, Arten-Verdrängung oder Veränderung der Standortbedingungen einzuschränken drohen

Die Planungen und Umsetzung der Maßnahmen erfolgen standortangepasst, basieren auf naturwissenschaftlichen und schwerpunktmäßig naturschutzfachlichen Grundlagen und werden spezifisch nach Flächen- und Umgebungspotenzial angefertigt.

Mit dem GREENZERO-Ansatz wird hauptsächlich eine positive Wirkung auf die Schutzgüter „Biodiversität“ (primärer Fokus) und „menschliche Gesundheit“ angestrebt, die als Schutzgüter sowohl im deutschen Naturschutzrecht (z. B. UVPG) als auch in der Ökobilanz definiert sind (vgl. Kapitel 1, (Huijbregts *et al.*, 2017; BMJV, 2021)).

Somit werden sowohl auf Seiten der Umweltauswirkungen (Berechnung der Umweltkosten für mehrere Wirkungskategorien der Ökobilanz) als auch auf der Seite der Kompensation der Umweltauswirkungen (positive Wirkung insbesondere auf die Schutzgüter Biodiversität und die menschliche Gesundheit) mehrere Dimensionen einbezogen und so eine breit aufgestellte Kompensation erreicht.

Eine Orientierungshilfe, die die Entscheidungsfindung bei der Festlegung, welche Biotope auf den jeweiligen Flächen angelegt und/oder entwickelt werden, unterstützt und der Grobplanung dient, ist in Anhang A.2.4. dargestellt.

A.2. ERGÄNZUNGEN ZU DEN SECHS SCHRITTEN DER KOMPENSATION

A.2.1. BERICHTSVORLAGE ZUR DOKUMENTATION DER ERGEBNISSE DER ÖKOBILANZ

Die Ergebnisse der Ökobilanz müssen dokumentiert werden (siehe Unterkapitel 3.1.). Für die Ökobilanz ist ein ISO-konformer Bericht nach ISO 14044 mit Critical Review notwendig, wenn die Ergebnisse extern kommuniziert werden sollen (ISO, 2006b). Für die Ergebnisse, die nicht extern kommuniziert werden sollen, sind die Ergebnisse nach einer Berichtsvorlage zu dokumentieren, die sich an die ISO 14044 anlehnt (ISO, 2006a).

In der Berichtsvorlage sind die folgenden Aspekte zu dokumentieren:

- Allgemeine Aspekte:
 - Auftraggeber und Ersteller der Ökobilanz
 - Datum des Berichts
 - für Produkte und Dienstleistungen: Erklärung, dass die Ökobilanz in Anlehnung an die ISO 14040/44 erstellt wurde
 - für Organisationen/Organisationseinheiten: Erklärung, dass die Ökobilanz in Anlehnung an UNEP/SETAC 2015 (Organizational LCA (OLCA)) erstellt wurde
 - für Personen: Erklärung, dass die Ökobilanz in Anlehnung an Goermer *et al.* 2020 (Life-LCA) erstellt wurde
- Ziel der Studie:
 - Grund für die Durchführung der Studie
 - Verwendung zur Ermittlung der Umweltkosten durch Monetarisierung
 - Reduktion der Umweltauswirkungen
- Untersuchungsrahmen:
 - Funktion bzw. Organisation/Person
 - Funktionelle Einheit bzw. Berichtseinheit (eng.: reporting unit)
 - Referenzfluss bzw. Berichtsfluss (eng.: reporting flow)
 - Systemgrenze (berücksichtigte Lebenswegabschnitte, Organisationseinheiten bzw. menschlicher Lebens- und Produktzyklus)
 - Abschneidekriterien
- Sachbilanz:
 - Verfahren zur Datenerhebung
 - Datenquellen und Datenvalidierung
 - Getroffene Annahmen
 - Grundsätze und Verfahren der Allokation
- Wirkungsabschätzung:
 - Untersuchte Wirkungskategorien
 - Verwendete Wirkungsabschätzungsmethode
- Auswertung:
 - Ergebnisse der betrachteten Lebenswegphasen

- Gesamtergebnisse für die Wirkungskategorien (inkl. Vergleich von Referenzzustand und optimiertem Zustand zum Nachweis der Reduktion)
- Gesamtergebnisse für die Wirkungskategorien für eine Einheit (z. B. 1 Verkaufseinheit) zur Berechnung der Umweltkosten
- Sensitivitätsanalyse (optional – in Absprache mit dem Prüfer)
- Verifizierung
 - Name und Institution der Prüfer und Berichte der Prüfung

Die Berichtsvorlage wird von dem Standardesigner (GREENZERO) bereitgestellt und vom Ersteller der Ökobilanz vervollständigt. Die Berichtsvorlage ist Teil der Verifizierung der Ökobilanz und dient damit zur Kontrolle der bereitgestellten Ergebnisse (siehe Kapitel 4).

A.2.2. INFLATIONSBEREINIGUNG DER KOSTENSÄTZE

Die Kostensätze, die beim GREENZERO-Ansatz zur Ermittlung der Umweltkosten verwendet werden, werden alle zwei Jahre inflationsbereinigt (siehe Unterkapitel 3.3.). Die Inflationsbereinigung basiert auf der folgenden Formel (Thompson, 2009):

$$X_t = X_b \times \text{CPI}_t / \text{CPI}_b$$

Dabei steht X_t für die Währung im Zieljahr, X_b für die Währung im Basisjahr und CPI für den Verbraucherpreisindex (eng.: Consumer Price Index, CPI) der jeweiligen Jahre t und b. Für den GREENZERO-Ansatz wird zur Inflationsbereinigung der EU-Verbraucherpreisindex verwendet (Eurostat, 2021).

Für den SO₂-Kostensatz für die Wirkungskategorie Versauerung ergibt sich damit für die Inflationsbereinigung auf das Jahr 2020 beispielhaft:

$$\text{€-2020} = \text{€-2015} \times 106,41/100,02$$

Damit erhöht sich der SO₂-Kostensatz von 4,97 €/kg SO₂-eq. (in €-2015) auf 5,29 €/kg SO₂-eq. (in €-2020) (vgl. Unterkapitel 3.3, Tabelle 3).

Für den CO₂-Kostensatz für die Wirkungskategorie Klimawandel ergibt sich damit für die Inflationsbereinigung auf das Jahr 2020 beispielhaft:

$$\text{€-2020} = \text{€-2016} \times 106,41/101,16$$

Damit erhöht sich der CO₂-Kostensatz von 100 €/kg CO₂-eq. (in €-2016) auf 105,2 €/kg CO₂-eq. (in €-2020) (vgl. Unterkapitel 3.3, Tabelle 3).

A.2.3. BEISPIELE FÜR AUF- UND ABWERTUNG DES BIOTOPWERTS AUF BASIS DER BKOMPV

Aus Basis der BKompV sind Auf- und Abwertungen um max. 3 Punkte der Biotopwerte möglich (BfN & BMU, 2021, siehe Unterkapitel 3.5.). Die folgenden Beispiele sollen die Anwendung dieser Möglichkeit im Sinne des GREENZERO-Ansatzes veranschaulichen:

- Maßnahmen wie Entmüllung oder Rückbau baulicher Anlagen (z. B. Zaun oder Mauer) in einem Biotop lassen sich nur dann als Wertsteigerung des Biotops einstufen, wenn der Biotopwert herabgesetzt war (Bsp. Laubmischholzforst mittlerer Ausprägung – Normwert nach BKompV 13 Punkte: wenn dieser im Ausgangszustand vermüllt ist und durch die Maßnahme entmüllt wird, kann er dadurch nicht mehr als 13 Punkte erreichen. Es ist demnach eine Abwertung des Ausgangswertes des Biotops vorzunehmen, sodass das Biotop zuvor mit weniger als 13 Punkten bewertet wird. Das Entmüllen kann nicht mehr bewirken als den Wald in einen normalen Zustand zu versetzen).
- Durch Maßnahmen wie das Instandsetzen eines Gebäudes zur gezielten Umnutzung zu Artenschutz Zwecken oder das Erreichen eines besonders strukturreichen/totholzreichen Zustands im Wald kann wiederum eine Wertsteigerung über den Normalwert hinaus erfolgen (Bsp. Einzelgebäude traditionelle Bauweise – Normwert 11 Punkte; die Umwidmung zu Artenschutz Zwecken kann dazu führen, dass eine Aufwertung über den Normwert von 11 Punkten erfolgt; Bsp. Laubmischholzforst alter Ausprägung – Normwert 16 Punkte; wenn er nun als Folge von Alterung besonders viel Totholz entwickelt, kann eine Aufwertung über den Normwert von 16 Punkten erfolgen).

Die Auf- und Abwertungen können nach gutachterlichem Ermessen um max. 3 Punkte vorgenommen werden. Dies muss dokumentiert und begründet werden. Bei der Dokumentation muss deutlich werden, um welches Biotop es sich handelt, um wie viel auf- oder abgewertet wird und aus welchen Gründen dies erfolgt.

Der Minimalwert eines Biotops liegt entsprechend der BKompV bei 0, der Maximalwert liegt bei 24 Punkten (BKompV, 2020).

A.2.4. ORIENTIERUNGSHILFE FÜR DIE FLÄCHENENTWICKLUNG

Die in Tabelle 9 dargelegte Orientierungshilfe unterstützt die Entscheidungsfindung bei der Festlegung, welche Biotope auf den jeweiligen Flächen angelegt und/oder entwickelt werden, und dient der Grobplanung (siehe Unterkapitel 3.4.). Weitere Lebensräume können anhand eines vergleichbaren Vorgehens betrachtet werden. Die endgültige Entscheidung unter Zuhilfenahme der Prüfkriterien und biotop- und artspezifischer Anforderungen, wie z. B. der Mindestgröße, obliegt einer gutachterlichen Einschätzung.

Die Flächen können im Ausgangszustand stark anthropogen geprägte Bereiche aufweisen, z. B. Trampelpfade oder Flächenversiegelungen. Für den Umgang mit diesen Bereichen ist zu prüfen:

- Umgebung
- Aktuelle Nutzungen/Nutzungsfrequenz
- Aufwertungspotenzial
- Zerschneidungswirkung
- Lage im Gebiet (sensible Bereiche?)
- Verbreitung/Anteil an Gesamtfläche

Für diese Bereiche sind für die Flächenentwicklung die folgenden Maßnahmen möglich:

- Wegekonzept erarbeiten
- Flächenentsiegelung
- Trampelpfade dulden/fördern (und ggfls. umweltdidaktisch nutzbar machen)
- Trampelpfade entfernen

Die dargestellten Maßnahmen in Anhang A.2.4. sind Anhaltspunkte für die Grobplanung.

Tabelle 9: Entwicklungsschema zur Unterstützung der Entscheidungsfindung zur Grobplanung der Flächenentwicklung für verschiedene Ausgangs- und Zielbiotop

Ausgangsbiotop	Prüfkriterien	Zielbiotop und Maßnahmen
Wald	<ul style="list-style-type: none"> • Artenzusammensetzung • Anteil nicht heimischer Baumarten 	<p>Wald</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Umbau ➤ Vorbereitung auf Prozessschutz
Verbuschte Bereiche	<ul style="list-style-type: none"> • Waldanteil der Fläche • Verbuschungsgrad • Artenzusammensetzung ((nicht) heimische) • Potenzial an Offenlandarten 	<p>Wald</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Natürliche Sukzession ➤ Gelenkte Sukzession (wenn Risikofaktoren wie Invasive Neophyten, die Naturverjüngung hemmen oder sich ins Offenland verbreiten) <p>Offenland</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Entbuschung und Mahd
Offenland	<ul style="list-style-type: none"> • Artenzusammensetzung • Landschaftstypische Vegetation bzw. Umsetzung • Wald- bzw. Offenlandanteil der Gesamtfläche • Futterwert, Nähe zu Viehbetrieb • Flächengröße und Mindestgröße • Flächentopografie 	<p>Wald</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Sukzession (siehe verbuschte Bereiche) <p>Wiese, Magerrasen oder Saum</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Mahd <p>Weide oder Magerrasen</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Beweidung <p>Strukturreiches Offenland</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Andere traditionelle Bearbeitungsweisen (z. B. Heide) etablieren ➤ Bepflanzung

Ausgangsbio- top	Prüfkriterien	Zielbiotop und Maßnahmen
	<ul style="list-style-type: none"> • Biotopverbund/Wanderungskorridore • Grundwasserstand/Stauwassereinfluss 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Feldgehölze/Gebüsche/Saum anlegen ➤ Gewässer anlegen ➤ Förderung/Erhalt von Offenbodenstellen
Ruderalstandorte vegetationsarm	<ul style="list-style-type: none"> • siehe Offenland 	<p>Ruderalstandorte vegetationsarm</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Pflege im langjährigen Rhythmus (regressives Eingreifen, Verjüngung) <p>Wald, Saum, Büsche Sukzession zulassen (Stauden, Verbuschung, Bewaldung)</p>
Feldgehölze/Gebüsche/ Saum	<ul style="list-style-type: none"> • Anteil an Gesamtfläche • Biotopverbund/Wanderungskorridore • Luftleitbahnen 	<p>Feldgehölze/Gebüsche</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Feldgehölz/Saum erhalten/fördern <p>Offenland Feldgehölz/Saum ‚entfernen‘</p>
Gewässer	<ul style="list-style-type: none"> • Altlasten • Anteil an Gesamtfläche • Grundwasserstand/Stauwassereinfluss • Arteninventar 	<p>Gewässer</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Gewässer erhalten ➤ Anreicherung der Strukturen <p>Einrichtung von Pufferzonen</p>

REFERENZEN

Ahn, H. and Honkomp, T. (2021) *Projektbericht HeimatERBE: Produktisierung ökologischer Aufwertung*.

Andrews, J. (2014) *Greenhouse Gas Emissions Inventory Reports: FY 14 Briefing, The Sustainability Institute*. Available at: <https://scholars.unh.edu/sustainability/66> (Accessed: 3 December 2021).

Arendt, R. *et al.* (2020) 'Comparison of different monetization methods in LCA: A review', *Sustainability (Switzerland)*, 12(24), pp. 1–39. doi: 10.3390/su122410493.

Becker, U. J. (2016) *Grundwissen Verkehrsökologie – Grundlagen, Handlungsfelder und Maßnahmen für die Verkehrswende*. Muenchen: oekom.

BfN (2021) *Eingriffsregelung*. Available at: <https://www.bfn.de/ingriffsregelung> (Accessed: 3 December 2021).

BfN & BMU (2021) *Handreichung zum Vollzug der Bundeskompensationsverordnung*. Available at: <https://www.bfn.de/ingriffsregelung> (Accessed: 5 December 2021).

BKompV (2020) *Verordnung über die Vermeidung und die Kompensation von Eingriffen in Natur und Landschaft im Zuständigkeitsbereich der Bundesverwaltung (BKompV)*. Available at: <https://dipbt.bundestag.de/doc/btd/19/173/1917344.pdf> (Accessed: 3 December 2021).

BMJV (2021) *§2 Gesetz über die Umweltverträglichkeitsprüfung (UVPG)*. Available at: http://www.gesetze-im-internet.de/uvpg/_2.html (Accessed: 5 December 2021).

BMU (2016) *Klimaschutzplan 2050*. Available at: https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Klimaschutz/klimaschutzplan_2050_bf.pdf (Accessed: 3 December 2021).

BMUV (2021) *Planetare Belastungsgrenzen*. Available at: <https://www.bmu.de/themen/nachhaltigkeit-digitalisierung/nachhaltigkeit/integriertes-umweltprogramm-2030/planetare-belastbarkeitsgrenzen> (Accessed: 13 January 2022).

Boulay, A. M. *et al.* (2018) 'The WULCA consensus characterization model for water scarcity footprints: assessing impacts of water consumption based on available water remaining (AWARE)', *International Journal of Life Cycle Assessment*. The International Journal of Life Cycle Assessment, 23(2), pp. 368–378. doi: 10.1007/s11367-017-1333-8.

de Bruyn, S. *et al.* (2018) *Environmental Prices Handbook – EU28 version*. Delft. Available at: <https://cedelft.eu/publications/environmental-prices-handbook-eu28-version/> (Accessed: 3 December 2021).

Bünger, B. and Matthey, A. (2018) *Methodenkonvention 3.0 zur Ermittlung von Umweltkosten – Methodische Grundlagen*. Dessau-Roßlau.

Bunsen, J., Berger, M. and Finkbeiner, M. (2021) 'Planetary boundaries for water – A review', *Ecological Indicators*. Elsevier Ltd, 121(October 2020), p. 107022. doi:

10.1016/j.ecolind.2020.107022.

CBD (2011) *Convention on Biological Diversity, United Nations Decade on Biodiversity 2011-2020 Factsheets*. Available at: <https://www.cbd.int/undb/media/factsheets/undb-factsheets-en-web.pdf> (Accessed: 3 December 2021).

CML (2016) *CML-IA Characterisation Factors, CML-Department of Industrial Ecology*. Available at: <https://www.universiteitleiden.nl/en/research/research-output/science/cml-ia-characterisation-factors> (Accessed: 4 December 2021).

Cremer, A. *et al.* (2020) 'A framework for environmental decision support in cities incorporating organizational LCA', *International Journal of Life Cycle Assessment*. The International Journal of Life Cycle Assessment, 25(11), pp. 2204–2216. doi: 10.1007/s11367-020-01822-9.

Drenckhahn, D. *et al.* (2020) *Globale Biodiversität in der Krise-Was können Deutschland und die EU dagegen tun? Dokumentationsband zu Diskussion Nr. 24*. Halle (Saale): Nationale Akademie der Wissenschaften Leopoldina.

Van Essen, H. *et al.* (2019) *Handbook on the external costs of transport - Version 2019 - 1.1*. Delft. doi: 10.2832/51388.

Europäische Kommission (2019) *Der europäische Grüne Deal, Mitteilung Green Deal*. Available at: https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:b828d165-1c22-11ea-8c1f-01aa75ed71a1.0021.02/DOC_1&format=PDF (Accessed: 3 December 2021).

European Commission (2003) *Communication from the Commission to the Council and the European Parliament - Integrated Product Policy - Building on Environmental Life-Cycle Thinking COM (2003)302*. Brussels. Available at: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52001DC0068> (Accessed: 3 December 2021).

European Commission (2017) *PEFCR Guidance document - Guidance for the development of Product Environmental Footprint Category Rules (PEFCRs), version 6.3*. Available at: https://ec.europa.eu/environment/eussd/smgp/pdf/PEFCR_guidance_v6.3.pdf (Accessed: 3 December 2021).

Eurostat (2021) *Database - Harmonised Indices of Consumer Prices (HICP)*. Available at: <https://ec.europa.eu/eurostat/web/hicp/data/database> (Accessed: 4 December 2021).

Ferron-Vilchez, V., Torre-Ruiz, J. M. de la and Mandojana, N. O. (2018) 'How Much Would Environmental Issues Cost? the Internalization of Environmental Costs in the European Transport Industry', *Environmental Engineering and Management Journal*, 14(9), pp. 2149–2162. doi: 10.30638/eemj.2015.229.

Finkbeiner, M. and Bach, V. (2021) 'Life cycle assessment of decarbonization options—towards scientifically robust carbon neutrality', *International Journal of Life Cycle Assessment*. Springer Berlin Heidelberg, 26(4), pp. 635–639. doi:

10.1007/s11367-021-01902-4.

Folkens, L., Wiedemer, V. and Schneider, P. (2020) 'Monetary valuation and internalization of externalities in German agriculture using the example of nitrate pollution: A case-study', *Sustainability (Switzerland)*, 12(16). doi: 10.3390/su12166681.

de Freitas Netto, S. V. *et al.* (2020) 'Concepts and forms of greenwashing: a systematic review', *Environmental Sciences Europe*. Springer Berlin Heidelberg, 32(1). doi: 10.1186/s12302-020-0300-3.

Goermer, M., Lehmann, A. and Finkbeiner, M. (2020) 'Life-LCA: assessing the environmental impacts of a human being—challenges and perspectives', *International Journal of Life Cycle Assessment*. The International Journal of Life Cycle Assessment, 25(1), pp. 141–156. doi: 10.1007/s11367-019-01645-3.

Gold-Standard (2019) *GOLD STANDARD FOR THE GLOBAL GOALS - Principles and Requirements*. Geneva. Available at: <https://globalgoals.goldstandard.org/101-par-principles-requirements/> (Accessed: 5 December 2021).

Guinée, J. B. *et al.* (2002) *Handbook on life cycle assessment. Operational guide to the ISO standards*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.

Hansjürgens, B. (2015) *Zur Neuen Ökonomie der Natur: Kritik und Gegenkritik*. Available at: <https://www.wirtschaftsdienst.eu/inhalt/jahr/2015/heft/4/beitrag/zur-neuen-oekonomie-der-natur-kritik-und-gegenkritik.html> (Accessed: 5 December 2021).

Huijbregts, M. *et al.* (2017) *ReCiPe 2016 v1.1 - A harmonized life cycle impact assessment method at midpoint and endpoint level Report I: Characterization*, National Institute for Public Health and the Environment. BA Bilthoven.

IPBES (2016) *Summary for Policymakers of the Assessment report of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services (IPBES) on pollinators, pollination and food production*. Bonn: Secretariat of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services.

ISO (2006a) *ISO 14040: Environmental management – Life cycle assessment – Principles and framework*.

ISO (2006b) *ISO 14044: environmental management - life cycle assessment - requirements and guidelines*.

ISO (2014) *ISO/TS 14072: environmental management - life cycle assessment - requirements and guidelines for organizational life cycle assessment*.

Jungmeier, M. (2016) '42! – Zur Monetarisierung von Ökosystemleistungen aus planerischer und naturschutzpraktischer Perspektive', *Naturschutz und Landschaftsplanung*, 48(8), pp. 241–247.

Kollmann, J. *et al.* (2019) *Renaturierungsökologie*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg. doi: 10.1007/978-3-662-54913-1.

Lehmann, A., Bach, V. and Finkbeiner, M. (2015) 'Product environmental footprint in policy and market decisions: Applicability and impact assessment', *Integrated Environmental Assessment and Management*, 11(3), pp. 417–424. doi: 10.1002/ieam.1658.

Merriam-Webster (2021) *Greenwashing Definition & Meaning*. Available at: <https://www.merriam-webster.com/dictionary/greenwashing> (Accessed: 3 December 2021).

Schaefer, M. (2003) *Wörterbuch der Ökologie*. 4. Aufl. Heidelberg, Berlin: Spektrum.

Schweppe-Kraft, B. (1998) *Monetäre Bewertung von Biotopen und ihre Anwendung bei Eingriffen in Natur und Landschaft*. Bonn-Bad Godesberg: BfN-Schr.-Vertrieb im Landwirtschaftsverlag.

Ssymank, A., Riecken, U. and Ries, U. (1993) 'Das Problem des Bezugssystems für eine Rote Liste Biotope', *Schr.-R. Landschaftspfl. Naturschutz*, (28), pp. 47–58.

Steffen, W. *et al.* (2015) 'Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet', *Science*, 347(6223). doi: 10.1126/science.1259855.

TEEB DE (2016) *Ökosystemleistungen in ländlichen Räumen: Grundlage für menschliches Wohlergehen und nachhaltige wirtschaftliche Entwicklung*. Hannover, Leipzig: Leibniz Universität Hannover, Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung – UFZ.

TEEB DE (2018) *Werte der Natur aufzeigen und in Entscheidungen integrieren – eine Synthese*. Leipzig: Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung – UFZ. Available at: https://www.ufz.de/export/data/462/211806_TEEBDE_Synthese_Deutsch_BF.pdf.

Thompson, G. (2009) *Statistical Literacy Guide: How to Adjust for Inflation*, *House of Commons Library*. London.

Tucker, G., Quétier, F. and Wende, W. (2020) *Guidance on achieving no net loss or net gain of biodiversity and ecosystem services. Report to the European Commission, DG Environment on Contract ENV.B.2/SER/2016/0018*. Brussels. Available at: https://ec.europa.eu/environment/nature/biodiversity/nnl/index_en.htm (Accessed: 3 December 2021).

UBA (2021a) *Carbon Leakage: Klimapolitik und Investitionsverhalten*. Available at: <https://www.umweltbundesamt.de/themen/carbon-leakage-klimapolitik-investitionsverhalten> (Accessed: 3 December 2021).

UBA (2021b) *Gesellschaftliche Kosten von Umweltbelastungen*. Available at: <https://www.umweltbundesamt.de/daten/umwelt-wirtschaft/gesellschaftliche-kosten-von-umweltbelastungen#gesamtwirtschaftliche-bedeutung-der-umweltkosten> (Accessed: 5 December 2021).

UN Environment (2019) *Global Environment Outlook – GEO-6: Healthy Planet, Healthy People*. Edited by UN Environment. Nairobi: Cambridge University Press. doi: 10.1017/9781108627146.

UNEP/SETAC (2015) *Guidance on Organizational Life Cycle Assessment*. Berlin.

UNEP (2021) *UN Decade on Ecosystems Restoration, Executive Summary*. Available at: <https://unenvironment.widen.net/s/qh9glfnvj9> (Accessed: 3 December 2021).

UNFCCC (2015) *Adoption of the Paris Agreement (FCCC/CP/2015/L.9/Rev.1)*. Available at: <http://unfccc.int/resource/docs/2015/cop21/eng/l09r01.pdf> (Accessed: 3 December 2021).

UNFCCC (2021) *Race To Zero, United Nations Framework Convention on Climate Change*. Available at: <https://unfccc.int/climate-action/race-to-zero-campaign#eq-3> (Accessed: 3 December 2021).

United Nations (2021) *The 17 Goals - Sustainable Development*. Available at: <https://sdgs.un.org/goals> (Accessed: 3 December 2021).

Unmüßig, B. (2019) *Wertschätzung Ja - Inwertsetzung und Monetarisierung von Natur – Nein Danke!* Available at: <https://www.boell.de/de/2019/09/23/inwertsetzung-und-monetarisierung-von-natur-nein-danke> (Accessed: 5 December 2021).

Verra (2019) *Verified Carbon Standard Program Guide v4.0*. Available at: https://verra.org/wp-content/uploads/2019/09/VCS_Program_Guide_v4.0.pdf (Accessed: 3 December 2021).

Wolff, F. (2020) *Vom Wert des Grashüpfers und dem Preis des Flächenverbrauchs. Chancen und Risiken der Ökonomisierung im Naturschutz*. Available at: <https://www.bpb.de/apuz/305895/chancen-und-risiken-der-oekonomisierung-im-naturschutz> (Accessed: 5 December 2021).