

Leistungsbeschreibung

Studie: vergleichende ökologische und ökonomische Bewertung unterschiedlicher zirkulärer Geschäftsmodelle anhand des Referenzprodukts „Elektromotoren“

1 Einführung und Überblick

Im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Klimaschutz, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMUKN) koordiniert die VDI Technologiezentrum GmbH (VDI TZ) das gegenständliche Projekt. Dieses wird im Rahmen des Kompetenzzentrums für zirkuläre Wirtschaft und Ressourceneffizienz (VDI ZRE) umgesetzt.

Das VDI ZRE ist als das Kompetenzzentrum für zirkuläre Wirtschaft und Ressourceneffizienz zentrale Anlaufstelle für betriebliche Ressourceneffizienz und Kreislaufführung in Deutschland. Es bereitet Wissen zu Umwelttechnologien sowie zu material- und energieeffizienten Prozessen allgemeinverständlich auf. Das Ziel ist es, kleine und mittlere Unternehmen (KMU) sowie Start-ups bei der Umsetzung einer zirkulären Wirtschaftsweise und Maßnahmen zur Ressourceneffizienzsteigerung zu unterstützen.

Ausgeschrieben wird im Rahmen der Studienreihe die Erstellung einer Studie zur vergleichenden ökologischen und ökonomischen Bewertung des Ressourcenaufwands unterschiedlicher zirkulärer Geschäftsmodelle (Refurbish, Remanufacture) an einem Beispielprodukt (Elektromotoren) im Auftragszeitraum vom 05.10.2026 (ab Zuschlag) bis 11.06.2027 (insgesamt 34 Wochen).

1.1 Motivation der Studie

Die Transformation hin zu einer Kreislaufwirtschaft stellt ein Schlüsselement zur Erfüllung klima- und umweltpolitischer Forderungen dar und bringt gleichzeitig bedeutende wirtschaftliche Vorteile mit sich. Die Rück- und Kreislaufführung vor allem von kritischen Rohstoffen (Seltene Erden, Spezialmetalle, Energie- und Metallrohstoffe¹) hilft dabei, den Bedarf an importierten Primärrohstoffen zu senken und Lieferketten wichtiger Technologien (Automatisierung, Digitalisierung, Energieerzeugung und -speicher etc.²) wirtschaftlich resilienter zu gestalten. Existierende Technologien und zirkuläre Geschäftsmodelle helfen jetzt schon dabei die Dekarbonisierung der Industrie voranzutreiben und den Energie- und Materialeinsatz für die (erneute) Bereitstellung von Materialien und Produkten erheblich zu senken³. Die

¹ Vgl. Europäische Union (2024) CRMA, S.57

² Vgl. Europäische Union (2024) CRMA, S. 19/34

³ Vgl. International Resource Panel (2018) S.140

Transformation in eine Kreislaufwirtschaft setzt dabei weitere innovative Impulse für neue Technologien und zirkuläre Geschäftsmodelle, die auf die ökologischen und ökonomischen Zielsetzungen der EU sowie auf nationaler Ebene verfolgt und intensiv vorangetrieben werden. So bilden bspw. der European Green Deal, diverse europäische Verordnungen oder die Nationale Kreislaufwirtschaftsstrategie der Bundesregierung den Rahmen für die Transformation⁴. Die EU definiert die Kreislaufwirtschaft als ein Produktions- und Konsummodell, „bei dem bestehende Materialien und Produkte so lange wie möglich geteilt, geleast, wiederverwendet, repariert, aufgearbeitet und recycelt werden. Auf diese Weise wird der Lebenszyklus der Produkte verlängert.“⁵. Dies lässt sich über eine erfolgreiche Anwendung der sogenannten 10-R-Strategien beschreiben:

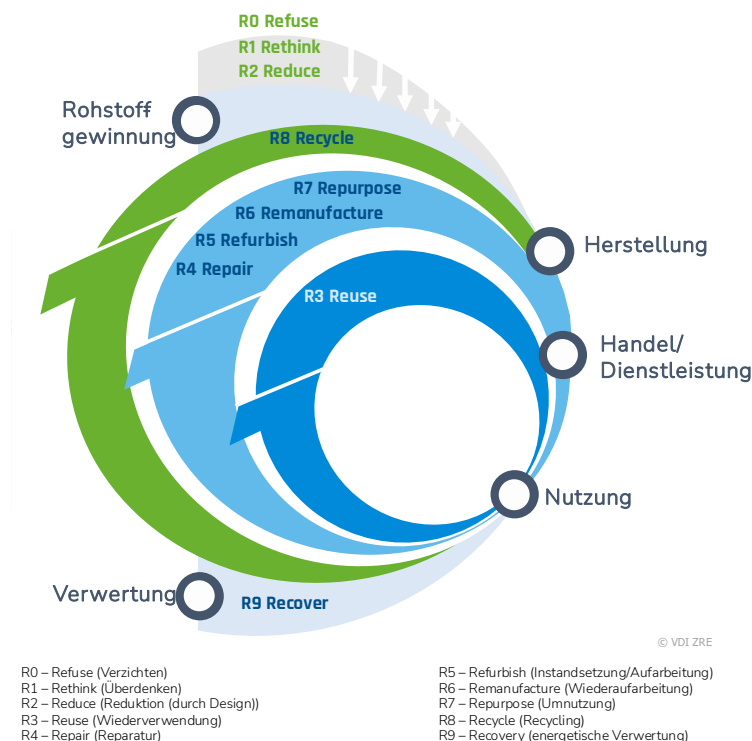


Abbildung 1: Darstellung der R-Strategien zur Kreislaufführung bzgl. der Lebenswegphasen

Wie ökologisch und ökonomisch sinnvoll sich ein Produkt durch eine jeweilige R-Strategien im Kreislauf führen lässt, bedarf genauerer Betrachtungen entlang des gesamten Lebenszyklus. Hierzu kann als Methodik die Ökobilanzierung herangezogen werden, um potenzielle zirkuläre Geschäftsmodelle (bspw. Refurbish, Remanufacturing) für ein Produkt vergleichend gegenüberzustellen und die ökologisch und ökonomisch sinnvollste Variante im Gegensatz zum konventionellen Lebensweg abzuleiten.

1.2 Ziele der Studie

Das Ziel der zu erstellenden Studie ist die Anfertigung eines ökologischen und ökonomischen Vergleichs von verschiedenen zirkulären Geschäftsmodellen für das Referenzprodukt:

⁴ Siehe NKWS 2024, European Green Deal, ESPR 2024, CEA 2026

⁵ [Kreislaufwirtschaft: Definition und Vorteile | Themen | Europäisches Parlament](#)

Elektromotoren in der industriellen Anwendung. Für das Referenzprodukt soll einerseits ein konventioneller Lebensweg und andererseits zwei jeweils um die Kreislaufstrategien Refurbish und Remanufacture ergänzten Lebenswege bilanziert werden. Die R-Strategien Repair und Recycle werden als Bestandteile des konventionellen Lebenswegs betrachtet und müssen dementsprechend in allen drei Szenarien Berücksichtigung finden.

- Konventioneller Weg: Herstellung, Nutzung (inkl. Repair), Verwertung/EoL (inkl. Recycling)
- Szenario Refurbish: Rücknahme des Referenzprodukts, Aufarbeitung und Wiederverkauf zu geringerem Preis
- Szenario Remanufacture: Rücknahme des Referenzprodukts, industrielle Wiederaufarbeitung und Wiederverkauf zum ursprünglichen Preis (Neuwertiges Produkt)

Der Anwendungsfall eines Einsatzes eines Elektromotors in der industriellen Produktion ist so zu gestalten, dass ein Vergleich der zirkulären Geschäftsmodelle respektive Kreislaufstrategien untereinander und gegenüber dem konventionellen Lebensweg möglich ist. Dabei ist auch auf die Herausforderungen und Chancen der einzelnen Geschäftsmodelle für KMUs einzugehen. Für die Durchführung der Studie ist es vorteilhaft mit einem Unternehmen im Bereich des Referenzprodukts zu kooperieren, um Daten aus der Praxis zu den Szenarien zu erlangen.

Die Studie soll insbesondere für KMUs wichtige Erkenntnisse und Empfehlungen zu ökologischen und ökonomischen Chancen und Herausforderungen von zirkulären Geschäftsmodellen bieten. Diese sollen in einer Art Leitfaden und/oder grafischen Darstellung umgesetzt werden und wesentliche Kriterien, Stellschrauben sowie Aufwand und Nutzen enthalten. Ziel ist, dass interessierte Leser (KMU u. ä.) eine konkrete Vorstellung über die notwendigen Anforderungen, um eigene zirkuläre Geschäftsmodelle umzusetzen sowie mögliche Vorteile bekommen.

1.3 Forschungsfragen

Die Grundlagen zu den angewandten Kreislaufstrategien sollen untersucht und dargestellt werden.

- I. Welche **marktwirtschaftlichen, rechtlichen und produktbezogenen Voraussetzungen** ergeben sich in Bezug auf durch die angewandten Kreislaufstrategien ermöglichten Geschäftsmodelle?
- II. Welche Kriterien sind ausschlaggebend für den Erfolg der betrachteten Geschäftsmodelle?

Der Vergleich des Referenzproduktes Elektromotor erfordert die Festlegung einer funktionellen Einheit nach DIN EN ISO 14044, über die innerhalb festzulegender Systemgrenzen eine Vergleichbarkeit gewährleistet ist.

Aufbauend auf der Festlegung der Systemgrenzen und funktionellen Einheit sollen folgende Forschungsfragen im Speziellen untersucht werden:

- I. Welche Aufwendungen an **Rohstoffen, Energie, Wasser und Fläche** müssen unter Berücksichtigung des gesamten Lebensweges für den Einsatz des Referenzproduktes Elektromotoren in allen betrachteten Lebenswegsszenarien aufgebracht werden?
- II. Welche **versorgungskritischen Rohstoffe** werden für den Einsatz des Referenzproduktes Elektromotor in allen betrachteten Lebenswegsszenarien verwendet und/oder eingespart?

- III. Welche **Treibhausgas-Emissionen, ausgedrückt in CO₂-Äquivalenten**, werden für den Einsatz des Referenzproduktes Elektromotor in allen betrachteten Lebenswegszszenarien verursacht?
- IV. Welche **Kosten** ergeben sich für den Einsatz des Referenzproduktes Elektromotor in allen betrachteten Lebenswegszszenarien?
- V. Welche anderen Indikatoren oder Bewertungssysteme können die Lebenszyklusbeurteilung (LCA, LCC) aussagekräftig ergänzen und zusätzliche, für die KMUs relevante Informationen darstellen?

1.4 Zielgruppe der Studie

Hauptzielgruppe der Studie sind kleine und mittlere Unternehmen (KMU) des produzierenden Gewerbes, Maschinen- und Anlagenhersteller, Beratende sowie Forschungsinstitutionen. Weiterhin soll die Studie als Informationsquelle für Initiativen und Verbände sowie Einrichtungen des Bundes, der Länder und deren Vertreter genutzt werden.

2 Auftragsgegenstand

Anzubietende Arbeitspakete

- Arbeitspaket 1:** Grundlagen zu den untersuchten Kreislaufstrategien sowie den verknüpften Geschäftsmodelle, Untersuchung weiterer Bewertungssysteme
- Arbeitspaket 2:** Festlegung der Systemgrenze, der funktionellen Einheit und Inventarisierung der erforderlichen Daten
- Arbeitspaket 3:** Vergleichende ökologische Bewertung und ökonomische Analyse
- Arbeitspaket 4:** Abschlussbericht

2.1 Arbeitspaket 1 – Grundlagen Kreislaufstrategien und Geschäftsmodelle (ca. 8 Wochen)

Arbeitspaket 1 umfasst die Recherche und Auswertung von Informationen (wissenschaftliche Studien, Fachartikel, Fachbeiträge, Richtlinien, Expertengespräche etc.) zu den Kreislaufstrategien und damit verknüpften Geschäftsmodellen in Bezug zum Referenzprodukt. Es sollen bestehende Geschäftsmodellvarianten betrachtet und notwendige Voraussetzungen für deren Umsetzung bzgl. des Referenzprodukts herausgearbeitet werden. Dazu sind wesentliche „Stellschrauben“ zu beleuchten, die als Hemmnisse oder Treiber für KMUs wahrgenommen werden können. Ebenso sind für das Referenzprodukt wichtige Einflussfaktoren zu betrachten. Es sollten u. a. **folgende Fragestellungen** bearbeitet werden: Welche Arten der Rückführung existieren, um die Kreislaufstrategien respektive Geschäftsmodell umzusetzen? Welche Eigenschaften des Referenzprodukts beeinflussen die Wahl und Umsetzung entsprechender Strategien und Geschäftsmodelle? Welche Anforderungen müssen für eine erfolgreiche Umsetzung erfüllt sein? Welche Kriterien sind dafür maßgebend und wie lassen sich diese für KMUs darstellen und nachvollziehen? Gibt es weitere Bewertungssysteme, die aussagekräftige Informationen für die ökologische und ökonomische Bewertung umzusetzender Geschäftsmodellvarianten liefern?

2.2 Arbeitspaket 2 – Festlegung der Systemgrenze, der funktionellen Einheit und Inventarisierung der erforderlichen Daten (ca. 10 Wochen)

Die ökologische und ökonomische Bewertung des Ressourcenaufwands bezieht sich auf das **Referenzprodukt Elektromotoren in der industriellen Anwendung/Weiterverarbeitung**. Hierzu soll bestenfalls ein Unternehmen zur Referenzproduktgruppe als Kooperationspartner ermittelt werden, welches bereit ist zusätzliche Informationen aus Unternehmenssicht in die Studie einfließen zu lassen (Unternehmensspezifische Daten müssen evtl. anonymisiert werden).

Aufbauend auf Arbeitspaket 1 und Gesprächen mit dem Kooperationspartner sollen für das Referenzprodukt einerseits ein konventioneller Lebensweg und andererseits zwei jeweils um die Kreislaufstrategien Refurbish und Remanufacture ergänzten Lebenswege bilanziert werden. Die **Systemgrenzen** sind vom Auftragnehmer sinnvoll zu setzen und zu begründen.

Aus den gewonnenen Erkenntnissen soll die **funktionelle Einheit** nach DIN EN ISO 14044 abgeleitet werden. Zusätzlich sollen aufbauend auf AP 1 bereits **wesentliche Einflussfaktoren auf die zu untersuchenden Kreislaufstrategien** festgelegt werden, die folgend im AP 3 einer **Sensitivitätsanalyse** unterliegen. Hierzu sind verschiedene Szenarien (Variation der Einflussfaktoren) sinnvoll zu bestimmen.

Abschließend erfolgt eine **Sammlung und Inventarisierung der Daten** aus gängigen Quellen (einschlägige Datenbanken, wissenschaftliche Veröffentlichungen etc.), die, im Fall der Zusammenarbeit mit einem KMU, um Daten aus der Praxis ergänzt werden können. Bezüglich letzteren sind Gespräche per Onlinemeeting mit dem Kooperationspartner einzuplanen, sodass im AP 3 eine ökologische und ökonomische Bewertung des Ressourcenaufwands durchgeführt werden kann.

2.3 Arbeitspaket 3 – Vergleichende ökologische Bewertung und ökonomische Analyse (ca. 10 Wochen)

Für eine vergleichende **ökologische Bewertung** des Referenzprodukts entsprechend der im AP 2 beschriebenen Szenarien, sollen folgende Indikatoren unter Bezug auf die im AP 2 festgelegte funktionelle Einheit berechnet werden:

- Der „**Kumulierte Energieaufwand**“ (KEA) als Bewertungsindikator des Energieaufwands (Durchführung der Bewertung nach VDI-Richtlinie VDI 4600).
- Der „**Kumulierte Rohstoffaufwand**“ (KRA) als Bewertungsindikator des Rohstoffaufwands, einschließlich **Wasser**. Dabei handelt es sich um einen massebezogenen Indikator, der analog zum KEA, gemäß VDI 4800 Blatt 2, berechnet werden kann.
- Ergänzend soll eine **Bewertung der Versorgungskritikalität** der in der Sachbilanz erhobenen Rohstoffe oder Materialien durchgeführt werden. Die Bewertung erfolgt nach dem aktuellen Stand der VDI-Richtlinie VDI 4800 Blatt 2.
- Bewertung der Treibhausgasemissionen in **CO₂-Äquivalenten** als weitere Größe der ökologischen Dimension, mittels DIN EN ISO 14040/44
- Sofern relevant, sollen abschätzende Aussagen zur **Inanspruchnahme von Flächen** getroffen werden.

Eine auf der ökologischen Bewertung aufbauende, vergleichende **ökonomische Analyse** soll Aufschluss über die Wirtschaftlichkeit der betrachteten Szenarien geben. Zu betrachten sind

dabei das Investitionsvolumen, die entstehenden Betriebs- und Verwaltungskosten, Transportkosten sowie die Amortisationszeiten (vergleichende Investitionskostenrechnung).

Abschließend sollen die Ergebnisse von AP1, AP2 und AP3 in einer übersichtlichen Darstellung in einer Art Leitfaden überführt werden. Wünschenswert ist die Aggregation der Ergebnisse und Erkenntnisse in einer übersichtlichen Form und/oder grafischen Darstellung, die die wesentlichen Kriterien und Stellschrauben für die Umsetzung der zirkulären Geschäftsmodelle enthält, sodass interessierte Leser (KMU u. ä.) eine konkrete Vorstellung über die notwendigen Anforderungen, um eigene zirkuläre Geschäftsmodelle umzusetzen sowie mögliche Vorteile bekommen.

2.4 Arbeitspaket 4 – Abschlussbericht (ca. 6 Wochen)

Als Ergebnis soll ein **Bericht zur Veröffentlichung** in deutscher Sprache erstellt werden. Die Bereitschaft, an einem Kick-off-Meeting (online) und einem Review-Prozess des Endberichts teilzunehmen, muss vorliegen. Der Review-Prozess wird durch die Auftraggeberin durchgeführt und beinhaltet die inhaltliche Kontrolle des Endberichts durch einen durch den Auftraggeber gewählten externen Experten (Anmerkung: Der Review-Prozess erfolgt nicht nach den Vorgaben der DIN EN ISO 14040/44 „Kritische Prüfung“, sondern umfasst eine generelle inhaltliche Kontrolle durch einen geeigneten externen Experten. Hierfür sind ca. 2 Wochen der vorgegebenen 6 Wochen zu veranschlagen).

2.5 Zeitplanung

Projektstart:

05.10.2026

Laufzeit:

34 Wochen

Abgabe der Ergebnisse:

11.06.2027

Bearbeitungszeitraum ist der 05.10.2026 bis 11.06.2027

Arbeitspaket 1 ist abzuschließen bis spätestens 27.11.2026

Arbeitspaket 2 ist abzuschließen bis spätestens 19.02.2027

Arbeitspaket 3 ist abzuschließen bis spätestens 30.04.2027

Arbeitspaket 4 ist abzuschließen bis spätestens 11.06.2027

2.6 Konzeptanforderungen

Mit dem Angebot ist ein Konzept einzureichen. Daraus soll hervorgehen, dass eine hohe Expertise bei der Bearbeitung derartiger Fragestellungen besteht. Es ist darzustellen, wie mit dem Konzept aufgrund bestehender Kenntnisse und Erfahrungen sichergestellt wird, dass ein erfolgreiches Erreichen der inhaltlich-fachlichen Projektziele dieser Leistungsbeschreibung sichergestellt wird. Die methodische Herangehensweise sowie wesentliche Merkmale der angebotenen Form der Leistungserbringung (siehe Zuschlagskriterien im Dokument

„Bewerbungsbedingungen“). sind darin detailliert zu beschreiben. Die Kreislaufstrategien, eine mögliche funktionelle Einheit sowie Szenarien sind im Angebot grob zu skizzieren.

Mit dem Konzept ist zudem u. a. ein vorläufiger Gliederungsentwurf einzureichen, aus dem die geplante Struktur der Untersuchung hervorgeht und der sich an bereits durchgeführten Studien dieser Studienreihe orientiert. Bereits durchgeführte Studien der Reihe „Ökologische und ökonomische Bewertung des Ressourcenaufwands“ können hier abgerufen werden: www.resource-deutschland.de/publikationen/studien. Der Entwurf kann nach dem Zu-schlag noch diskutiert und in Abstimmung mit dem Auftraggeber angepasst werden.

Des Weiteren ist gesondert darzulegen, wie sichergestellt wird, dass die Leistungen im Zeitverlauf gesichert und mit der notwendigen Flexibilität erbracht werden können (siehe Zuschlagskriterien im Dokument „Bewerbungsbedingungen“). Für alle Punkte der Leistungserbringung sind eine Arbeits- und Zeitplanung (siehe Zuschlagskriterien im Dokument „Bewerbungsbedingungen“) darzulegen und in der Finanzkalkulation gesondert zu berücksichtigen. Risikominimierungsstrategien bzw. Flexibilitätsmechanismen sind zu beschreiben, sie sind Teil der Angebotsbewertung. Die Darlegung der Arbeits- und Zeitplanung (Projektmanagement) ist mit einer visuellen Darstellung (z. B. Grafik) zu ergänzen.

3 Rahmenbedingungen

Die erforderlichen Arbeitsmittel werden vom Auftragnehmer gestellt. Die Studie wird gemäß Leistungsbeschreibung in enger Absprache mit dem Auftraggeber erstellt und bearbeitet. Der Durchführungsort ist Deutschland (bundesweit).

Weitere Informationen zur Kalkulation

Für das Angebot ist mit folgender Struktur von Aufwänden zu kalkulieren:

AP 1 Grundlagen und Stand der Technik (8 Wochen)	24 %
AP 2 Festlegung der Systemgrenzen, der funktionellen Einheit und Inventarisierung der erforderlichen Daten (10 Wochen)	29 %
AP 3 Vergleichende ökologische Bewertung und ökonomische Analyse (10 Wochen)	29 %
AP 4: Abschlussbericht (6 Wochen)	18 %

Die Übersicht der Aufwände ist als grobe Planungsgrundlage zu betrachten. Diese Vorgaben dienen der Vergleichbarkeit der Angebote. Im Rahmen der Leistungserbringung kann in enger Abstimmung mit der Auftraggeberin in begründeten Fällen leicht davon abgewichen werden.

Eventuell entstehende Reisekosten werden nach vorheriger Freigabe unter Vorlage der Belege gemäß Bundesreisekostengesetz (BRKG) separat erstattet und sind NICHT in die Angebotskalkulation zu übernehmen.