



LEUPHANA
UNIVERSITÄT LÜNEBURG

Bachelorarbeit

Digitale Nachhaltigkeit und ihre Bedeutung für die
Kreislaufwirtschaft: Eine explorative
Zusammenhangsanalyse

Digital Sustainability and Its Significance for the
Circular Economy: An Exploratory Analysis of
Relationships

Erstgutachter: Prof. Dr. Markus Zimmer

Zweitgutachter: Prof. Dr. Paul Drews

Verfasser: Henric Oliver Wibbeke

Studiengang: B.Sc. Wirtschaftsinformatik

Fakultät Management und Technologie

Leuphana Universität Lüneburg

Abgabedatum: 14. Februar 2026

Zusammenfassung

Während Unternehmen zunehmend digitale Technologien einsetzen, versuchen sie parallel ihr Handeln aufgrund von gesetzlichen Vorgaben oder Kundenanforderungen im Sinne einer Kreislaufwirtschaft ökologisch nachhaltiger zu gestalten. Digitale Nachhaltigkeitsmaßnahmen gewinnen in diesem Kontext verstärkt an Bedeutung und adressieren dabei ein bekanntes Paradoxon aus der wissenschaftlichen Literatur. Nachhaltigkeit ist demnach nicht ausschließlich *durch* IT zu realisieren, sondern erfordert zugleich eine Berücksichtigung von Nachhaltigkeit *in* der IT. Die vorliegende Arbeit verfolgt daher unter anderem das Ziel, das Verständnis digitaler Nachhaltigkeit konzeptionell weiterzuentwickeln, indem neben der Identifikation aktueller Green IT- und Green IS-Maßnahmen untersucht wird, wie diese Maßnahmen zur Umsetzung der Prinzipien der Kreislaufwirtschaft beitragen. Hierzu wurden zum einen Interviews mit Praktizierenden aus der IT-Branche durchgeführt, um sowohl die konkrete Durchführung solcher Maßnahmen als auch die Wirkung einzelner Prinzipien zu erfassen. Daraufhin wurden zum anderen die Zusammenhänge zwischen den digitalen Nachhaltigkeitsmaßnahmen und Prinzipien explorativ analysiert, um ihren Beitrag zur Transformation hin zu einer Kreislaufwirtschaft differenziert einzuordnen. Dieser zeigt sich insbesondere darin, dass die identifizierten Maßnahmen überwiegend darauf ausgerichtet sind, Emissionen sowie Energieverbräuche entlang der Liefer- und Wertschöpfungskette zu reduzieren, zugleich jedoch strukturelle Voraussetzungen für die Umsetzung weiterer Prinzipien schaffen.

Stichworte: *digitale Nachhaltigkeit, Kreislaufwirtschaft, Green IT, Green IS, R-Prinzipien, Zusammenhangsanalyse, explorativ, Ressourcen- und Materialreduktion*

Abstract

As companies increasingly adopt digital technologies, they simultaneously strive to make their operations more ecologically sustainable in accordance with circular economy principles, driven by legal requirements and customer expectations. In this context, digital sustainability measures are gaining increasing importance and address a well-known paradox in the scientific literature: sustainability cannot be achieved solely *through* IT but also requires consideration of sustainability *within* IT itself. This study therefore aims, among other objectives, to conceptually advance the understanding of digital sustainability by examining not only the current Green IT and Green IS measures, but also how these measures contribute to the implementation of circular economy principles. To this end, interviews were conducted with practitioners from the IT sector to capture both the practical application of such measures and the effects of the principles. Subsequently, the relationships between digital sustainability measures and circular economy principles were explored to assess their role in the transformation toward a circular economy. This role is particularly evident in that the identified measures are primarily aimed at reducing emissions and energy consumption along the supply and value chains, while simultaneously establishing the structural conditions necessary for the implementation of additional circular economy principles.

Keywords: *digital sustainability, circular economy, green IT, green IS, R-principles, analysis of relationships, exploratory, resource and material reduction*

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	IV
Tabellenverzeichnis	V
Abkürzungsverzeichnis	VI
1 Einleitung	1
2 Theoretische Grundlagen	4
2.1 Digitale Nachhaltigkeit	4
2.2 Kreislaufwirtschaft	7
3 Methodik	11
3.1 Forschungsdesign	11
3.2 Datenerhebung	13
3.3 Datenanalyse	17
4 Ergebnisse	20
4.1 Identifizierte Maßnahmen	20
4.2 R-Prinzipien	29
5 Diskussion	34
6 Fazit	41
Literaturverzeichnis	42

Abbildungsverzeichnis

1	Eigene Darstellung in Anlehnung an Loeser (2013). Übersetzt ins Deutsche . . .	6
2	Reifegradmodell zur Bewertung der Umsetzung von Kreislaufwirtschaftsprinzipien (Fraunhofer CCPE, 2021)	8
3	Eigene Darstellung in Anlehnung an Potting et al. (2017). Übersetzt ins Deutsche	10
4	Allg. Ablaufmodell qualitativer Inhaltsanalysen (Kuckartz & Rädiker, 2022) . .	13
5	Darstellung einer Überschneidung von digitaler Nachhaltigkeitsmaßnahme und R-Prinzipien im Datenmaterial	19
6	Identifizierte Green IT-Maßnahmen	25
7	Identifizierte Green IS-Maßnahmen	29

Tabellenverzeichnis

1	Übersicht der Interviews	15
2	Übersicht der zusätzlichen Interviews	16
3	Zusammenhänge zwischen digitalen Nachhaltigkeitsmaßnahmen und R-Prinzipien	36

Abkürzungsverzeichnis

BAFA Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle

BMUKN Bundesministerium für Umwelt, Klimaschutz, Naturschutz und nukleare Sicherheit

CSRD Corporate Sustainability Reporting Directive

IT Informationstechnologie

IS Informationssystem

KI Künstliche Intelligenz

NRO Nichtregierungsorganisation

SDG Sustainable Development Goal

WCED World Commission on Environment and Development

1 Einleitung

Digitale Innovationen führen in sämtlichen Bereichen des gesellschaftlichen Lebens zu tiefgründigen Veränderungen (Technopolis Group & Institut für ökologische Wirtschaftsforschung, 2024). Infolgedessen passen sich bestehende Unternehmensstrukturen sowie organisatorische Abläufe den neuen Marktanforderungen und Kundenerwartungen an (Vial, 2019). Der Einsatz von Informationstechnologien (IT) ermöglicht dabei für Unternehmen zwar positive Effekte wie die Steigerung von Effizienz und Produktivität, bringt jedoch auch zahlreiche ökologische Kosten mit sich. Neben dem hohen Bedarf an natürlichen Ressourcen für die Herstellung jeglicher Hardware von Smartphones bis hin zu Servern in Rechenzentren nehmen sowohl die Menge an elektronischem Abfall als auch der Energieverbrauch kontinuierlich zu (Goel et al., 2024). Aktuell liegt der Anteil dieser Technologien am globalen Energieverbrauch bei etwa sechs bis neun Prozent, wobei für das Jahr 2030 ein Anstieg auf bis zu 20 % prognostiziert wird (Danushi, 2025). An diesem starken Zuwachs ist vor allem der Betrieb von Rechenzentren aufgrund der technischen Entwicklungen hinsichtlich Cloud-Computing und Künstlicher Intelligenz (KI) verantwortlich, dessen Anteil an den CO₂-Emissionen, sofern erneuerbare Energien eingesetzt werden, im Vergleich allerdings zu der Produktion von Rechenzentren deutlich geringer ausfällt (Chauhan, 2024; Malmmodin et al., 2024). Diesbezüglich zeigt eine McKinsey-Studie, dass bei der Herstellung und der Entsorgung von Hardware insgesamt dreimal mehr CO₂ entsteht als bei der eigentlichen Nutzung im Unternehmen (McKinsey & Company, 2022). Bereits der Abbau der Rohstoffe, von den menschenunwürdigen Arbeitsbedingungen mal ganz abgesehen, führt in den jeweiligen Ländern zu Umweltproblemen, die daraufhin nur zunehmen, wenn der entstandene elektronische Abfall in andere Entwicklungsländer exportiert wird (Barbian et al., 2023). Ein Großteil des Abfalls wird entweder illegal oder unter dem Vorwand der Wiederverwendung in diese Länder verschickt und enthält zudem gefährliche Substanzen, die bei der Verarbeitung oftmals durch den informellen Sektor, nicht nur die Umwelt sondern auch die Gesundheit der Menschen erheblich belasten (Forti et al., 2020).

Angesichts dieser globalen Herausforderungen behandeln die Vereinten Nationen im Rahmen der Sustainable Development Goals (SDGs) mit dem zwölften SDG die verantwortungsvollen Konsum- und Produktionsweisen im Sinne einer Kreislaufwirtschaft (United Nations General Assembly, 2015). Dies beginnt bereits damit, dass die verwendeten Materialien und Ressourcen in den Abbauländern nachhaltig gewonnen werden. Der Smartphone-Hersteller Fairphone zum Beispiel bezieht für seine Produkte ausschließlich Fairtrade-zertifiziertes Gold (Greenpeace, 2017). Allerdings ist nicht nur die Auswahl der Materialien entscheidend, um sowohl einen langlebigen und ressourcenschonenden Konsum als auch ein geringeres Aufkommen an elektronischem Abfall sicherzustellen (Zeiss et al., 2021). Durch eine modulare Bauweise und leichter Reparierbarkeit beeinflusst das Produktdesign maßgeblich, wie lange ein Gerät genutzt und ob

es schließlich wiederaufbereitet oder recycelt werden kann. Sind die einzelnen Komponenten hingegen fest verklebt und lassen sich nicht austauschen, wird eine Instandsetzung erheblich erschwert und die Geräte müssen vorzeitig ersetzt und entsorgt werden (Barbian et al., 2023). Laut dem aktuellen Circularity Gap Report (2025) liegt der Anteil an Sekundärmaterialien, die wieder in neue Produkte zurückgeführt werden, bei lediglich 6,9 % und hat seit 2018 abgenommen. Gleichzeitig zeigt der Bericht, dass durch konsequente kreislaforientierte Strategien und Prinzipien bis 2030 etwa 25 Milliarden Tonnen CO₂-Emissionen reduziert werden könnten. Die Umsetzung einer solchen Transformation erfordert jedoch den gezielten Einsatz einer „digital toolbox“ (Rehmann et al., 2023).

Unternehmen investieren daher zunehmend in digitale Innovationen und Nachhaltigkeitsmaßnahmen, die auf der einen Seite darauf abzielen, die ökologischen Auswirkungen ihres IT-Betriebes zu reduzieren (NASSCOM, 2022). In der Praxis verweisen diese Maßnahmen auf den Begriff der Green IT, worunter neben der Vermeidung von Umweltverschmutzung auch die Produktverantwortung entlang des gesamten Lebenszyklus zu verstehen ist, um die Nachhaltigkeit *in* der IT zu fördern (Molla & Abareshi, 2011; Loeser, 2013). Unternehmen in Deutschland mit eigenen Rechenzentren sind beispielsweise nach dem Energieeffizienzgesetz dazu aufgefordert, ihren Energieverbrauch zu erfassen, Effizienzmaßnahmen umzusetzen sowie diese Daten an das Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA) zu übermitteln (Bundesministerium der Justiz & Bundesamt für Justiz, 2023). Auf der anderen Seite kann Nachhaltigkeit auch *durch* IT unterstützt werden. Obwohl digitale Technologien für etwa zwei Prozent der weltweiten Treibhausgasemissionen mitverantwortlich sind, haben sie gleichzeitig das Potenzial, die übrigen 98 % zu adressieren bzw. einzudämmen. Dieser Ansatz wiederum betrachtet IT nicht direkt als Umweltproblem, welches bewältigt werden muss, sondern erkennt den Einsatz von Informationssystemen (IS) als innovative Lösungen für weitreichendere Probleme (Dedrick, 2010). Im Gegensatz zu Green IT wirken diese Maßnahmen über den eigenen IT-Betrieb hinaus und werden unter dem Begriff der Green IS zusammengefasst. Dazu gehört zum Beispiel nicht nur die Implementierung digitaler Technologien zur Optimierung eigener Prozesse, sondern auch die Erfassung und Steuerung ökologischer Auswirkungen über die gesamte Lieferkette hinweg (Loeser, 2013). Mit der Corporate Sustainability Reporting Directive (CSRD) wurden die Unternehmen in der EU nämlich zu deutlich umfangreicheren Nachhaltigkeitsberichterstattungen verpflichtet. Die Richtlinie sieht vor, sämtliche Informationen entlang der Liefer- und Wertschöpfungskette zu erfassen und nach einheitlichen Standards zu veröffentlichen, was viele Unternehmen vor organisatorische und technische Herausforderungen stellt (Hummel & Jobst, 2024).

Für die Bewältigung dieser Probleme leistet die Forschung bereits einen großen Beitrag. Der Einfluss digitaler Technologien auf die Nachhaltigkeit sowie Kreislaufwirtschaft wurde in der wissenschaftlichen Literatur ausführlich untersucht (Zeiss et al., 2021; Rehmann et al., 2023;

Uwuigbe et al., 2024). Dabei wird allerdings die andere Dimension der digitalen Nachhaltigkeit oftmals ausgelassen: „We are legally, ethically, and socially required to green our IT products, applications, services, and practices” (Murugesan, 2008). Das Konzept der digitalen Nachhaltigkeit folgt damit in der wissenschaftlichen Literatur keiner einheitlichen Auffassung, was zu unterschiedlichen Interpretationen führt (Molla et al., 2011). Rehman et al. (2023) haben zum Beispiel bereits die Beziehungen zwischen Innovationen der Kreislaufwirtschaft und digitaler Nachhaltigkeit untersucht und eine wechselseitige Wirkung zwischen beiden festgestellt. Digitale Nachhaltigkeitsmaßnahmen werden hierbei jedoch lediglich als der Einsatz digitaler Technologien zur Umsetzung zirkulärer Praktiken verstanden, anstatt die Nachhaltigkeit *in* der IT selbst zu berücksichtigen. Aus diesem Grund verfolgt diese Arbeit unter anderem das Ziel digitale Nachhaltigkeit weiter zu konzeptualisieren, indem es sich mit folgender Forschungsfrage beschäftigt:

„Wie tragen digitale Nachhaltigkeitsmaßnahmen zur Umsetzung der Prinzipien der Kreislaufwirtschaft bei?“

Zur Beantwortung dieser Frage wurde ein qualitativ-methodisches Vorgehen gewählt. Dafür wurden Interviews mit mehreren Unternehmen aus der IT-Branche durchgeführt, welche ein praxisnahes Bild aktuell umgesetzter Green IT- und Green IS-Maßnahmen wiedergeben. In einem dreistufigen Analyseprozess werden die identifizierten Maßnahmen daraufhin im Zusammenhang mit den einzelnen R-Prinzipien untersucht. Dabei ermöglicht die Zusammenhangsanalyse festzustellen, in welchem Verhältnis die beiden Konzepte zueinanderstehen und wie genau die Maßnahmen die Umsetzung der Prinzipien unterstützen bzw. gewährleisten können. Damit ist dieser Ansatz explorativ, da die IS-Forschung, wie es Zeiss et al. (2021) in ihrer Arbeit mehrfach betonen, primär Effizienzsteigerungen hinsichtlich des Prinzips Reduce adressiert, während andere R-Prinzipien insbesondere die der Wiederverwendung oder Lebensdauerverlängerung von Produkten weitgehend vernachlässigt werden. Entsprechend fehlen auch empirische Untersuchungen zu digitalen Nachhaltigkeitsmaßnahmen in Bezug auf diese R-Prinzipien, weshalb eine solche Zusammenhangsanalyse bislang nicht durchgeführt wurde.

Der weitere Verlauf dieser Arbeit gestaltet sich wie folgt: Zunächst werden die relevanten theoretischen Grundlagen in Kapitel 2.0 behandelt, bevor das methodische Vorgehen in Kapitel 3.0 beschrieben und begründet wird. In Kapitel 4.0 werden sowohl die identifizierten Maßnahmen als auch die Ausprägung einzelner R-Prinzipien im Kontext digitaler Nachhaltigkeit dargestellt. Auf die Zusammenhangsanalyse in Kapitel 5.0 folgen die Beantwortung der Forschungsfrage sowie die Reflexion und Limitationen dieser Forschung, woraufhin in Kapitel 6.0 das abschließende Fazit gezogen wird.

2 Theoretische Grundlagen

Das folgende Kapitel legt den theoretischen Bezugsrahmen dieser Arbeit dar und schafft damit die konzeptionelle Grundlage für die anschließende Analyse. Es bietet einen strukturierten Überblick über die relevanten Themenbereiche sowie deren aktuellen Forschungsstand. Gleichzeitig werden die für die Auswertung der Daten herangezogenen Modelle aus der Literatur vorgestellt und ihre Auswahl im Hinblick auf die Zielsetzung der vorliegenden Forschung begründet.

2.1 Digitale Nachhaltigkeit

Das Konzept der Nachhaltigkeit, wie es heute verstanden wird, lässt sich erstmals auf die forstwirtschaftliche Vorsorge im 18. Jahrhundert zurückführen und wird aktuell bereits als eines der moralischen und existenziellen Gebote der heutigen Zeit verstanden (Lange, 2008; Kotlarsky et al., 2023). Dafür ist unter anderem der wissenschaftliche Diskurs verantwortlich, der im Jahr 1972 durch eine Veröffentlichung unter dem Titel „The Limits to Growth“ ausgelöst wurde. Es handelte sich dabei um eine Gruppe von Wissenschaftlern, Politikern und Unternehmern, dem sogenannten Club of Rome (Zimmermann, 2016), die mithilfe einer Computersimulation (Winkler et al., 2023) erstmalig auf die Endlichkeit der natürlichen Ressourcen des Ökosystems hingewiesen haben. Infolgedessen herrschte zunächst Unklarheit bezüglich der Begrifflichkeit (Zimmermann, 2016), bis die World Commission on Environment and Development (WCED) in ihrem Brundtland-Bericht folgende Definition für eine nachhaltige Entwicklung aufstellten: „sustainable development is development that meets the needs of the present without compromising the ability of future generations to meet their own needs“ (World Commission on Environment and Development, 1987). Damals lag der Fokus noch stark auf dem ökologischen Aspekt, doch mit der Zeit setzte sich eine dreidimensionale Interpretation in der Forschung durch (Rogall, 2013). Diese umfasst neben den ökologischen nun auch soziale und ökonomische Dimensionen, wobei erstere auf Faktoren wie Chancengleichheit, Zugang zu Bildung und gerechte Ressourcenverteilung abzielt, während letztere eine leistungsfähige und stabile Wirtschaft erfordert (Caradonna, 2014). Über die hierarchische Ordnung und Bedeutung dieser Zieldimensionen bestehen allerdings noch Uneinigkeiten (Zimmermann, 2016). Am bekanntesten ist das Triple-Bottom-Line-Modell, das alle drei gleichsetzt und Unternehmen ein Maß für die Auswirkungen ihres Handelns vorgibt. Die Bewertung der Geschäftstätigkeiten wird dabei um das soziale und ökologische Kapital ergänzt (Rosati et al., 2024). Hierzu können sich Unternehmen an den 17 SDGs orientieren, wobei digitale Technologien zunehmend eine zentrale Rolle für die Erreichung dieser Ziele übernehmen (Kotlarsky et al., 2023).

Obwohl sich die Forschung zur digitalen Nachhaltigkeit noch in einer frühen Phase der Konzeptualisierung befindet, werden bereits verschiedene Definitionen interdisziplinär verwendet

(Rosati et al., 2024). Eine konzeptionelle Begriffsklärung ist jedoch notwendig, um die theoretische Bedeutung und Reichweite eines Konstrukts zu bestimmen (Molla et al., 2011). Andernfalls besteht die Gefahr, dass der Begriff in der Literatur und Praxis als Schlagwort vage verwendet wird (Kotlarsky et al., 2023). Aus betriebswirtschaftlicher Sicht wird digitale Nachhaltigkeit beispielsweise als eine Synergie von Nachhaltigkeit und Digitalisierung gedeutet, bei der Innovationen der digitalen Transformation eingesetzt werden, um Geschäftsprozesse nachhaltig zu gestalten, auch Twin Transformation genannt (Winkler et al., 2023; Kotlarsky et al., 2023). Allerdings entstand in der IS-Forschung eine vielschichtige Definition des Begriffs. Während George et al. (2021) digitale Nachhaltigkeit noch als organisatorische Initiativen verstehen, welche durch den Einsatz von digitalen Technologien speziell die SDGs fördern, so erweitern Rosati et al. (2024) diese Auffassung. Sie argumentieren, dass sich die Definition von George et al. (2021) nur auf die Nachhaltigkeit *durch* IS bezieht und die relevante Dimension der Nachhaltigkeit *in* IS ignoriert (Rosati et al., 2024; Zarnekow & Kolbe, 2013). Daher interpretieren sie digitale Nachhaltigkeit als ‚the design, development, configuration, deployment, and decommissioning of digital resources and artifacts toward improving the environment, and economic welfare‘ (Rosati et al., 2024). In diesem Sinne stellen digitale Ressourcen modulare Objekte dar, die jeweils eine bestimmte Funktion oder einen organisatorischen Wert enthalten, wie etwa einen Cloud-Service, und über programmatische Schnittstellen (APIs) zugänglich gemacht werden (Zimmer et al., 2024). Digitale Artefakte hingegen sind allgemeiner gefasst und bezeichnen veränderbare und interaktive digitale Objekte, wie zum Beispiel Webseiten, Apps sowie digitale Bilder (Kallinikos et al., 2013). An der Definition von Rosati et al. (2024) ist jedoch hervorzuheben, dass sie den gesamten Lebenszyklus digitaler Ressourcen und Artefakte berücksichtigt. In den meisten Phasen übernehmen aber digitale Technologien eine zentrale Rolle, wodurch auch die Nachhaltigkeit dieser Technologien thematisiert wird, denn sie haben sowohl negative als auch positive Auswirkungen auf die Umwelt.

Das Forschungsgebiet der digitalen Nachhaltigkeit baut somit auf den beiden Konzepten der Nachhaltigkeit *in* bzw. *durch* IT auf (Kotlarsky et al., 2023). Sofern ausschließlich die ökologischen Aspekte betrachtet werden, wird dies in der wissenschaftlichen Literatur und in der Praxis unter anderem als Green IT sowie Green IS verstanden (Zarnekow & Kolbe, 2013). Nach Molla (2009) bezieht sich Green IT daher auf Maßnahmen, die darauf abzielen, die negativen Umweltauswirkungen von IT entlang des gesamten Lebenszyklus zu reduzieren. Im Mittelpunkt steht dabei die technologische Infrastruktur selbst, also Rechenzentren, Hardware, Software aber auch Peripheriegeräte (Loeser, 2013). Diese Maßnahmen werden operativ vom jeweiligen IT-Betrieb durchgeführt und umfassen unter anderem auch die Berücksichtigung ökologischer Kriterien bei der Beschaffung von Hardware und IT-Services (Chen & Roberts, 2024; Loeser et al., 2017). Green IS hingegen erweitert diesen Fokus nicht nur auf die Organisationsebene, sondern zudem auf das Marktumfeld des Unternehmens und beschreibt damit den strategischen Einsatz von IS

zur Förderung ökologischer Nachhaltigkeit. Unter IS werden einerseits die bereits genannten digitalen Technologien und andererseits die mit deren Management und Nutzung verbundenen menschlichen Aktivitäten verstanden (Loeser, 2013). Dabei handelt es sich unter anderem um die Integration ökologischer Zielsetzungen in organisatorische Strukturen und Entscheidungsprozesse (Dedrick, 2010).

Während Green IT auf die Reduktion direkter, technologisch bedingter Umweltwirkungen abzielt, schafft Green IS die Grundlage, um auch Geschäfts- und Produktionsprozesse nachhaltiger zu gestalten. Dadurch werden nicht nur interne Abläufe optimiert, sondern auch Innovationen für umweltfreundliche Produkte und Dienstleistungen ermöglicht. Green IT kann somit als Teilbereich von Green IS verstanden werden, der auf operativer Ebene ansetzt, während Green IS diese Ansätze strategisch erweitert und langfristig im gesamten Unternehmen verankert (Molla & Abareschi, 2011; Loeser et al., 2017). Dies wird unter anderem in Abbildung 1 durch die Wirkungslogik von Green IS deutlich, indem Maßnahmen neben den ersten Effekten innerhalb der IT-Abteilung auch direkte Effekte auf die gesamte Organisation und den externen Markt entfalten können. Der Unterschied zwischen IT-Abteilung und Organisation liegt dabei in der Wirkungsrichtung. Maßnahmen innerhalb der IT-Abteilung zielen auf die Steuerung, Governance und freiwillige Initiativen wie Schulungen ab, wohingegen organisatorische Maßnahmen die Optimierung von Prozessen sowie verpflichtende Vorgaben für alle Mitarbeitenden adressieren (Loeser, 2013).

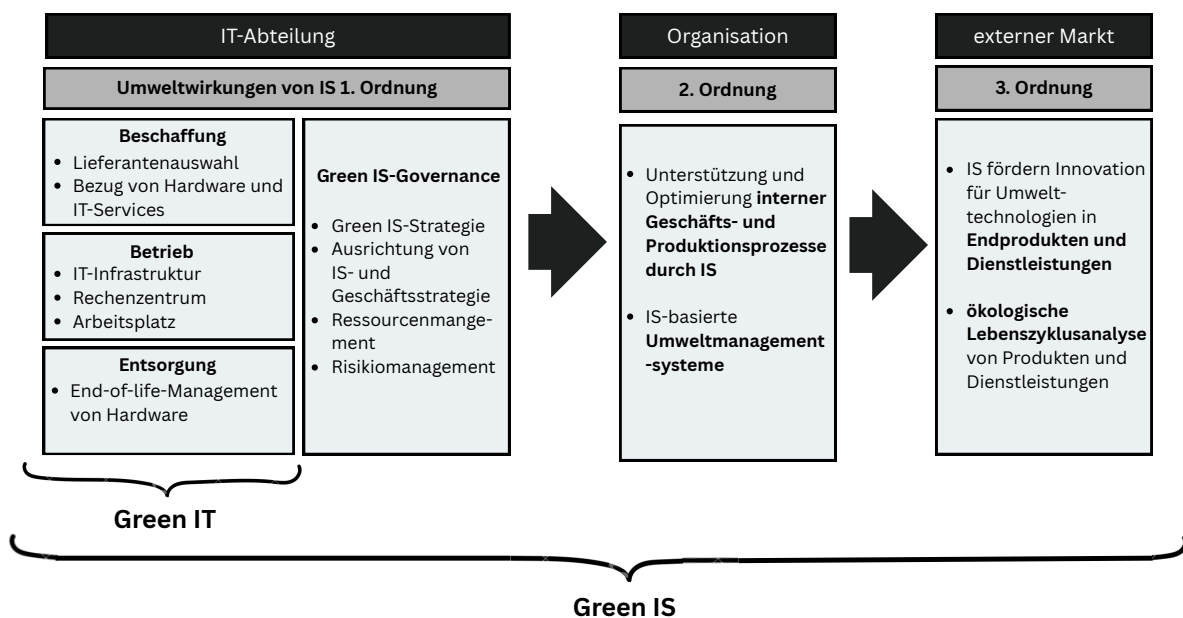


Abbildung 1: Eigene Darstellung in Anlehnung an Loeser (2013). Übersetzt ins Deutsche

Zur Identifizierung von Green IT- und Green IS-Maßnahmen zieht diese Arbeit die von Loeser (2013) definierten Merkmale heran. In seiner Literaturanalyse bietet Loeser (2013) eine Übersicht zahlreicher praktischer Maßnahmen, auf deren Grundlage er folgende Merkmale

entwickelt. Green IT reicht demnach von einfachen Aktivitäten, wie der Anwendung von Energiesparfunktionen oder der Teilnahme an Rücknahme- und Recyclingprogrammen, bis hin zu technisch anspruchsvolleren Ansätzen, wie der Implementierung intelligenter Kühlsysteme in Rechenzentren. Loeser (2013) fasst diese Green IT-Maßnahmen daher in drei grundlegenden Aspekten zusammen:

1. *Berücksichtigung ökologischer Kriterien bei Beschaffung und Einkauf von IT-Produkten und -Services*
2. *energieeffizienter IT-Betrieb in Rechenzentren und Büroinfrastrukturen*
3. *umweltgerechte Entsorgungs- und Wiederverwendungspraktiken für Hardware*

Im Gegensatz dazu umfassen Green IS-Maßnahmen zum Beispiel die Bereitstellung von Newslettern und Online-Seminaren zur Vermittlung von Nachhaltigkeitsthemen sowie die Implementierung organisationsweiter Energiemanagementsysteme. Diese funktionsübergreifenden Eigenschaften von Green IS ermöglichen nach Loeser (2013) dabei Folgendes:

1. *Reorganisation von Geschäfts- und Produktionsprozessen*
2. *Einführung und Betrieb von IS-gestützten Umweltmanagement- und Reporting-Systemen*
3. *Förderung von Innovationen für umweltfreundliche Endprodukte und Dienstleistungen*
4. *systematische Erfassung und Analyse von Ressourcenbedarf und Emissionen (Lebenszyklusanalysen)*

Loeser (2013) liefert damit eine klare Grundlage, um Green IT- und Green IS-Maßnahmen sowohl deduktiv analysieren und vergleichen zu können als auch induktiv neue Maßnahmen anhand der definierten Merkmale zu identifizieren. Außerdem dienen die bereits herausgearbeiteten Maßnahmen als Orientierung bei der Benennung und Klassifikation ähnlicher Maßnahmen. Aufgrund dessen, dass in der wissenschaftlichen Literatur nicht selbstverständlich ist, ist hervorzuheben, dass Loeser (2013) beide Dimensionen zu einem ganzheitlichen und anschaulichen Bild digitaler Nachhaltigkeit verbindet.

2.2 Kreislaufwirtschaft

Für die Bewältigung nachhaltiger Entwicklungsherausforderungen, nicht nur im Sinne des Zwölften, sondern vieler weiterer SDGs stellt die Kreislaufwirtschaft einen zentralen Baustein dar (Uwugbe et al., 2024; Gözet & Wilts, 2022). Nach der Ellen MacArthur Foundation (2012), einer der führenden Organisationen diesbezüglich, handelt es sich bei der Kreislaufwirtschaft um ein industrielles System, das von vornherein restaurativ und regenerativ konzipiert ist. Durch die bewusste Gestaltung von Produkten und Prozessen sollen Ressourcen dabei möglichst lange und verlustfrei genutzt werden (Ellen MacArthur Foundation, 2012). Voraussetzung dafür ist allerdings die effiziente Gewinnung und Nutzung sowohl primärer als auch sekundärer zunehmend biobasierter Rohstoffe. Zudem sollte ein Produkt so produziert sein, dass es einerseits

langlebig und reparierbar ist, andererseits aber auch durch einzelne Komponenten oder als Ganzes wiederaufgearbeitet werden kann. Somit können sie nach ihrer Nutzung in anderer Form weiterverwendet werden (siehe Abb. 2). Andernfalls werden die Materialien industriell unter Einsatz erneuerbarer Energien verarbeitet, um entweder recycelt oder in neuen Produkten eingesetzt zu werden zu können (Fraunhofer CCPE, 2021). Entstehende Emissionen und Abfall werden dabei auf ein Minimum reduziert (Zeiss et al., 2021).

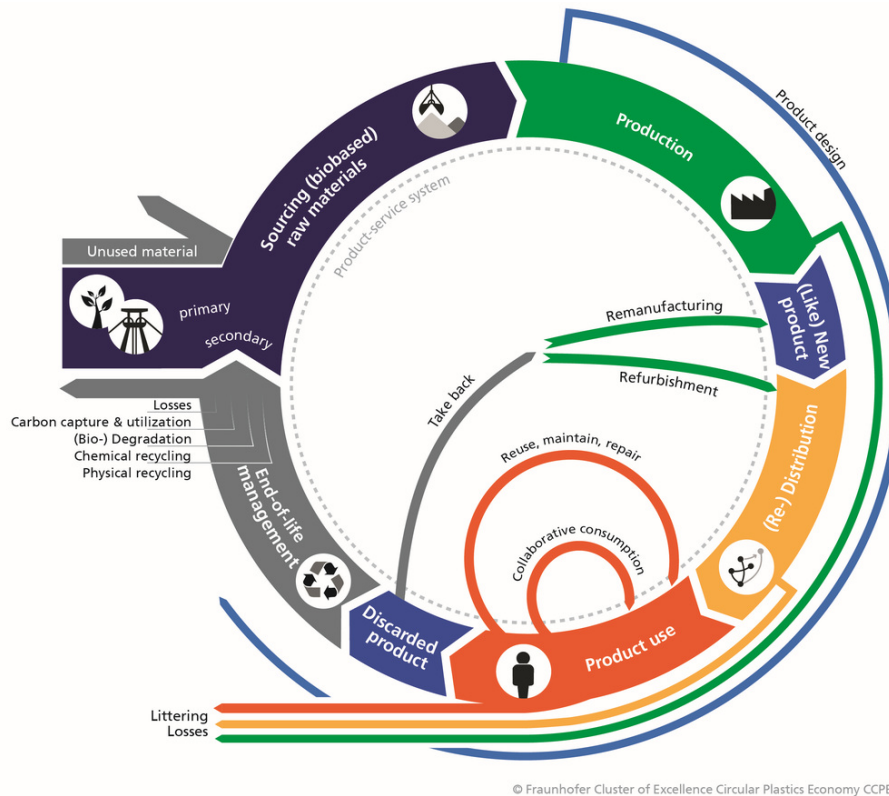


Abbildung 2: Reifegradmodell zur Bewertung der Umsetzung von Kreislaufwirtschaftsprinzipien (Fraunhofer CCPE, 2021)

Solche Materialflüsse unterteilen sich grundsätzlich in einen biologischen und einen technischen Nährstoffkreislauf, welche in der Literatur auch unter dem Butterfly-Diagramm bekannt sind (Ellen MacArthur Foundation, 2022). Ersteres umfasst lediglich Produkte bestehend aus biologisch abbaubaren Materialien, die durch ihren Verschleiß oder nach ihrer Anwendung wieder sorglos in die Umwelt gelangen können (Braungart & McDonough, 2014). Ansonsten können sie gemäß der Kaskadennutzung erneut verwendet werden, wie beispielsweise ein T-Shirt, welches, sollte es nicht mehr tragbar sein, zunächst als Füllmaterial für Polstermöbel und anschließend als Dämmstoff im Wohnungsbau dient. Technische Produkte zirkulieren hingegen in der Technosphäre, wo sie, wie bereits beschrieben, durch Wiedervermarktung, Reparatur oder Wiederaufbereitung möglichst lange genutzt werden, bevor sie schließlich recycelt werden können (Jaeger-Erben & Hofmann, 2019). Diese Art des Materialflusses ersetzt den linearen Ansatz unseres traditionellen und weit verbreiteten Wirtschaftsmodells, das in der Literatur auch

als „Cradle-to-Grave“ oder „take-make-dispose“ beschrieben wird (Uwuigbe et al., 2024; Zeiss et al., 2021). Hierbei werden dem natürlichen System Ressourcen und Energie entnommen, im Wirtschaftssystem verarbeitet sowie konsumiert und anschließend, häufig in schädlicher Form, an die Umwelt zurückgeführt. Das führt dazu, dass das globale Ökosystem hinsichtlich seines quantitativen und qualitativen Potenzials zunehmend schrumpft (Korhonen et al., 2018).

Eine Kreislaufwirtschaft kann dem nicht nur entgegenkommen, sondern auch soziale Inklusion unterstützen, indem sie marginalisierte Gruppen in wirtschaftliche Strukturen einbindet (Uwuigbe et al., 2024). Kirchherr et al. (2017) verstehen die Kreislaufwirtschaft daher als eine fundamentale systemische Transformation, deren Umsetzung jedoch ein weiter gefasstes Verständnis in der Forschung erfordert. Das Konzept basiert nämlich auf einer Vielzahl theoretischer Frameworks und Ideen, die aus verschiedenen wissenschaftlichen Disziplinen stammen (Korhonen et al., 2018; Reike et al., 2018). In den letzten Jahren haben sich diese zwar weiterentwickelt, dennoch besteht nach Uwuigbe et al. (2024) weiterhin ein Forschungsdefizit. Die konzeptionellen Unterschiede innerhalb der Kreislaufwirtschaft können zu missverständlichen Ergebnissen führen und bewirken, dass sich das Konzept, ähnlich wie die digitale Nachhaltigkeit, im Nachhaltigkeitsdiskurs zu einem bloßen Schlagwort entwickelt (Kirchherr et al., 2017).

Forschungen zur Kreislaufwirtschaft haben eine Reihe von Prinzipien bereitgestellt, die zentrale Maßnahmen zur Förderung einer Kreislaufwirtschaft darstellen (Zeiss et al., 2021). Die sogenannten R-Strategien dienen dazu, Materialkreisläufe systematisch zu verlangsamen, zu verengen als auch zu schließen und bilden die Grundlage zahlreicher Frameworks. Über die genaue Anzahl der Strategien besteht in der Literatur allerdings keine Einigkeit (Mast et al., 2022). Am weitesten verbreitet ist der Ansatz, welcher auf den drei Aspekten ‚Reduce‘, ‚Reuse‘ und ‚Recycle‘ basiert und sogar den Kern des chinesischen Gesetzes zur Förderung der Kreislaufwirtschaft darstellt. Je nach wissenschaftlichem Kontext wurde die Auffassung um weitere Prinzipien erweitert (Reike et al., 2018; Kirchherr et al., 2017). Für die Einordnung digitaler Nachhaltigkeitsmaßnahmen hinsichtlich ihrer Beziehung zu den Prinzipien stützt sich diese Arbeit jedoch auf das in der Literatur häufig als 9R-Framework bezeichnete Modell von Potting et al. (2017). Insgesamt umfasst es zehn Prinzipien der Kreislaufwirtschaft, die auf den Erkenntnissen von Vermeulen et al. (2014) sowie Cramer (2014) basieren und eine noch umfassendere Betrachtung von Maßnahmen zur Ressourcenschonung und Abfallvermeidung entlang der gesamten Produktkette ermöglichen. Die Umsetzung einzelner R-Prinzipien wird in Abbildung 3 beschrieben und Reihenfolge dieser Prinzipien orientiert dabei sich an dem Grad ihrer Zirkularität. Je höher dieser Grad ist, desto länger bleiben Materialien im Kreislauf erhalten, wodurch weniger natürliche Ressourcen gebraucht werden (Potting et al., 2017). Darüber hinaus werden die R-Prinzipien von Potting et al. (2017) in drei übergeordnete Leitlinien unterteilt.

Die ersten drei Prinzipien zielen auf eine vorausschauende sowie ressourceneffizientere Nutzung und Herstellung von Produkten ab, weswegen sie den höchsten Zirkularitätsgrad aufweisen.

Ressourcenschonende Produktnutzung und -herstellung	R0 Refuse	Produkt überflüssig machen, indem auf seine Funktion verzichtet wird oder dieselbe Funktion mit einem radikal anderen Produkt angeboten wird
	R1 Rethink	Produkt intensiver nutzen (z. B. durch gemeinschaftliche Nutzung oder durch das Herstellen multifunktionaler Produkte)
	R2 Reduce	Effizienz in der Produktherstellung oder -nutzung erhöhen, indem weniger natürliche Ressourcen und Materialien verbraucht werden
Verlängerung der Lebensdauer von Produkten und ihrer Komponenten	R3 Reuse	Wiederverwendung eines ausrangierten Produkts durch einen anderen Nutzer, sofern es sich noch in gutem Zustand befindet und seine ursprüngliche Funktion erfüllt
	R4 Repair	Reparatur und Wartung eines defekten Produkts, sodass es weiterhin mit seiner ursprünglichen Funktion genutzt werden kann
	R5 Refurbish	Ein altes Produkt wiederaufarbeiten und auf einen aktuellen Stand bringen
	R6 Remanufacture	Komponenten eines ausrangierten Produkts in einem neuen Produkt mit derselben Funktion verwenden
	R7 Repurpose	Ein ausrangiertes Produkt oder dessen Komponenten in einem neuen Produkt mit einer anderen Funktion verwenden
Sinnvolle Nutzung von Materialien	R8 Recycle	Materialien so aufbereiten, dass sie wiederverwendet werden können, entweder in gleicher oder in geringerer Qualität
	R9 Recover	Verbrennung von Materialien mit Energierückgewinnung

Abbildung 3: Eigene Darstellung in Anlehnung an Potting et al. (2017). Übersetzt ins Deutsche

Eine bewusste Infragestellung bestehender Konsummuster ermöglicht es, den Produktnutzen entweder anderweitig zu erfüllen oder durch eine intensivere bzw. multifunktionale Nutzung zu steigern. Gleichzeitig strebt das Prinzip ‚Reduce‘ eine erhöhte Effizienz bei der Produktion und der anschließenden Verwendung an, indem der Einsatz natürlicher Ressourcen und Materialien von Beginn an verringert wird. Die darauffolgenden fünf R-Prinzipien befassen sich mit einem weiteren zentralen Grundsatz der Kreislaufwirtschaft, und zwar der Verlängerung der Langlebigkeit eines Produktes oder einzelner Bestandteile. Durch die Anwendung dieser Prinzipien können Produkte nicht nur länger in ihrer ursprünglichen Funktion, sondern auch für alternative Zwecke genutzt werden. Die letzten beiden Prinzipien gewährleisten eine sinnvolle Nutzung von Rohstoffen und Materialien, wenn deren direkte Verwendung nicht mehr möglich ist. Während ‚Recycle‘ Rohstoffe industriell aus Produkten oder deren Komponenten zurückgewinnt, sorgt ‚Recover‘ dafür, dass nicht wiederverwendbare Materialien verbrannt und die dabei entstehende

Energie noch genutzt wird. Damit wird der verbleibende materielle Wert möglichst effizient ausgeschöpft (Potting et al., 2017).

Das 9R-Framework nach Potting et al. (2017) bietet ein operationales „How-to“ für die Umsetzung der Kreislaufwirtschaft, ohne diese lediglich auf Recycling zu reduzieren. Stattdessen werden die Effizienz in Herstellung und Nutzung sowie die Lebensdauerverlängerung von Produkten priorisiert (Kirchherr et al., 2017). Allerdings weisen Reike et al. (2018) darauf hin, dass die R-Prinzipien primär technische Kreisläufe erfassen und dabei Aspekte wie Dienstleistungen oder den Rebound-Effekt nur unzureichend berücksichtigen. Eine klare Abgrenzung der Prinzipien führt bei deren Umsetzung in der Praxis zudem häufig zu Herausforderungen (Reike et al., 2018). Dennoch ermöglicht das 9R-Framework eine anwendbare Entscheidungsgrundlage für zirkuläre Maßnahmen (Potting et al., 2017).

3 Methodik

In diesem Kapitel wird das methodische Vorgehen der Arbeit transparent beschrieben, um die Nachvollziehbarkeit und Reproduzierbarkeit der Ergebnisse gewährleisten zu können. Dazu werden sowohl die gewählte Vorgehensweise als auch die einzelnen Schritte zur Erhebung und Analyse der Daten ausführlich dargestellt. Eine solche detaillierte Dokumentation ist nicht nur bei einer qualitativen, sondern insbesondere bei einer explorativen Forschung von zentraler Bedeutung, da sie die Ableitung fundierter Schlussfolgerungen ermöglicht.

3.1 Forschungsdesign

Zur Beantwortung der Forschungsfrage wurde eine explorativ-qualitative Forschungsmethode gewählt. Diese Vorgehensweise eignet sich insbesondere dann, wenn ein Forschungsfeld noch wenig strukturiert ist und bestehende Theorien die zu untersuchenden Phänomene nicht hinreichend erklären können. Ziel des explorativen Ansatzes ist dabei, bislang unbekannte Zusammenhänge zu identifizieren und theoretische Grundlagen für darauf anschließende Forschungen zu schaffen (Fredebeul-Krein, 2012). Der bisher unerforschte Einfluss digitaler Nachhaltigkeitsmaßnahmen auf die Prinzipien der Kreislaufwirtschaft macht für diese Arbeit daher ein explorativ methodisches Vorgehen erforderlich. Mithilfe qualitativer Interviews wurde der direkte Zugang zu Experten aus den Bereichen der IT und Nachhaltigkeit geschaffen, um die in der Praxis umgesetzten Maßnahmen zu erfassen. Darüber hinaus ermöglichen die persönlichen Gespräche ein tiefergehendes Verständnis einzelner Maßnahmen sowie ihrer konkreten Ausgestaltung. Dies trägt zu einer differenzierteren Zuordnung der identifizierten Maßnahmen zu den R-Prinzipien von Potting et al. (2017) bei. Ein quantitatives Vorgehen hätte zwar eine breitere

Datenerhebung erlaubt, jedoch keine ausreichende Tiefe geboten, um die technische Umsetzung im Detail zu untersuchen. Während ein Literaturreview dies grundsätzlich hätte erfassen können, würde es den dynamischen Wandel und die Relevanz aktueller Nachhaltigkeitsinitiativen, wie beispielsweise im Kontext der Berichterstattung, nur unzureichend abbilden. Zumal die vorliegende Arbeit unter anderem praxisnahe Handlungsmöglichkeiten diesbezüglich bietet.

Ein wesentlicher Aspekt der explorativen Forschung besteht darin, semistrukturierte Interviews durchzuführen. Sie bieten die Flexibilität, um sowohl relevante Themen zu vertiefen als auch den Gesprächsverlauf anpassen zu können (Makri & Neely, 2021). Aufgrund des Fehlens sowohl wissenschaftlicher Fundierungen als auch praxisbezogener Erkenntnisse bezüglich des Zusammenhangs digitaler Nachhaltigkeitsmaßnahmen und der Prinzipien, konnten die Interviews die Forschungsfrage nicht direkt beantworten. Die Interviews dienten deshalb nur dazu, Maßnahmen aus der Praxis sowie deren konkrete Umsetzung zu erfassen. Für die Beantwortung der Forschungsfrage wurde daher eine dreistufige Datenanalyse angewendet.

Im ersten Analyseschritt wurden verschiedene Green IT- und Green IS-Maßnahmen deduktiv anhand der Merkmale von Loeser (2013) abgeleitet. Dies wurde jedoch um einem induktiven Ansatz ergänzt, da in den Interviews auch Maßnahmen identifiziert wurden, die in der Literatur bezüglich digitaler Nachhaltigkeit so noch nicht erwähnt worden waren. Das abduktive Vorgehen, eben die Kombination des deduktiven und induktiven, erlaubt es, die theoretischen Annahmen als analytischen Rahmen zu nutzen und gleichzeitig Raum für neue Erkenntnisse zu lassen. Damit kann es besonders für eine explorative Forschung von Vorteil sein (Makri & Neely, 2021). Erst durch die detaillierte Erfassung der Umsetzung jeder Maßnahme konnten die R-Prinzipien von Potting et al. (2017) im Kontext digitaler Nachhaltigkeit analysiert werden. Dabei wurden sie deduktiv den entsprechenden Prinzipien zugeordnet, bevor im dritten Analyseschritt die Zusammenhänge zwischen einzelnen Maßnahmen und den Prinzipien explorativ untersucht wurden, um aufzuzeigen, in welchem Verhältnis sie zueinanderstehen und welche Maßnahmen die Umsetzung der Prinzipien besonders fördern.

Vor diesem Hintergrund orientierte sich die Auswertung der aus den Interviews gewonnenen Daten anhand der qualitativen Inhaltsanalyse nach Kuckartz und Rädiker (2022). Dieses Verfahren bietet ein systematisches, zugleich aber flexibles Vorgehen, um qualitative Daten zu analysieren bzw. zu kategorisieren. Im Zentrum steht hierbei nämlich die Entwicklung eines Kategoriensystems, welches relevante Themen strukturiert und deren Verknüpfungen herstellt. Durch wiederholte Durchläufe des Datenmaterials wird dieses System schrittweise um weitere Subkategorien erweitert und präzisiert, bis eine ausreichende inhaltliche Tiefe erreicht ist. Kuckartz und Rädiker (2022) unterscheiden innerhalb der qualitativen Inhaltsanalyse zwischen drei Varianten. Während sich die evaluative und typenbildende Analyse auf eine weiterführende Interpretation der Daten fokussiert, bietet die inhaltlich strukturierte Analyse die Möglichkeit, Zusammenhänge differenziert abzubilden. Aufgrund dessen erwies sie sich für diesen For-

schungskontext besonders geeignet, da die Kategorisierung zuerst theoriegeleitet und daraufhin unter anderem induktiv erfolgte. Mithilfe ihrer mehrphasigen Struktur trug sie außerdem dazu bei, die Analyse schrittweise, aber nachvollziehbar zu vertiefen. Der zweite und dritte Ablaufschritt (siehe Abb. 4) wurde daher jeweils einmal für die Identifikation der Maßnahmen und einmal für die Zuordnung zu den Prinzipien durchlaufen.

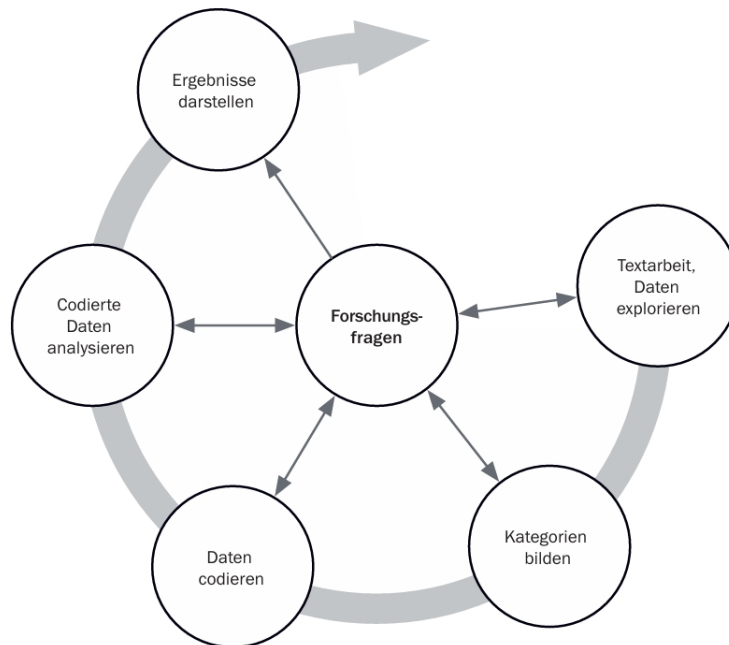


Abbildung 4: Allg. Ablaufmodell qualitativer Inhaltsanalysen (Kuckartz & Rädiker, 2022)

Die qualitative Inhaltsanalyse nach Kuckartz und Rädiker (2022) unterscheidet sich von Ansätzen anderer Autoren, etwa Mayring (2015), vor allem in der Ausgestaltung des Analyseprozesses nach der Kodierung. Während nach Mayring (2015) die Bildung und Anwendung eines Kategoriensystems oftmals als zentraler Schritt der Auswertung verstanden wird, sehen Kuckartz und Rädiker (2022) darin lediglich die vorbereitende Phase für eine weiterführende Analyse. In der anschließenden Auswertungsphase werden die kategorisierten Textsegmente systematisch in Beziehung gesetzt, um inhaltliche Zusammenhänge, Muster und Differenzierungen herauszuarbeiten. Das Vorgehen ist für diese Forschung besonders geeignet, da auf Basis der Kategorien sowohl die Zusammenhänge zwischen den Maßnahmen und den R-Prinzipien untersucht als auch die Subkategorien abduktiv gebildet werden können.

3.2 Datenerhebung

Qualitative Interviews ermöglichen neben dem direkten Zugang zu den Praktikern auch ein Verständnis dafür, wie die Befragten bestimmte Konzepte interpretieren und in ihrem Kontext anwenden. Diese Art der Datenerhebung generiert zwar subjektive sowie kontextabhängige Per-

spektiven, trägt jedoch wesentlich dazu bei, vertiefte Einblicke in organisatorische Prozesse zu gewinnen. Für diese Arbeit dienen die Interviews daher als Grundlage, auf der die erhobenen Daten weiterführend analysiert werden, um die Forschungsfrage zu beantworten. Aus diesem Grund zielten die Gespräche darauf ab, möglichst viele unterschiedliche Green IT- und Green IS-Maßnahmen aus verschiedenen Kontexten zu erfassen und deren Anwendung genau zu verstehen. Neben den Erkenntnissen aus der Literatur konnten für die Vorbereitung der Interviews auch bereits vorliegende Interviewtranskripte aus dem Forschungsprojekt von Dr. Markus Zimmer herangezogen werden. Im Rahmen seiner Einzelfallstudie führte er ähnliche Interviews mit Mitarbeitenden einer internationalen Nichtregierungsorganisation (NRO) durch, um zu untersuchen, wie die Organisation ihre digitale Transformation mit ihrer Nachhaltigkeitstransformation verknüpfen kann. Dazu wurden ebenfalls digitale Nachhaltigkeitsmaßnahmen erfasst. Seine Interviews boten einerseits eine Orientierung bei der Formulierung der Fragen, damit diese für Interviews mit gewinnorientierten Unternehmen angepasst werden konnten. Andererseits wurden die Transkripte auch als zusätzliche Datengrundlage für die Analyse der vorliegenden Arbeit genutzt, um daraus konkrete Maßnahmen abzuleiten.

Diese Interviews hatte unter anderem das Ziel, ein umfassendes Bild von digitalen Nachhaltigkeitsmaßnahmen zu gewinnen und dabei eine Vielfalt an Perspektiven und Praxisansätzen zu berücksichtigen. Dazu beschränkte sich die Auswahl der angefragten Unternehmen nicht auf eine einzelne Branche oder einen bestimmten Organisationstyp, erfolgte aber trotzdem mittels eines purposive Sampling. Dabei wurden in der Stichprobe gezielt nur Unternehmen aufgenommen, die auf ihrer Website oder in Unternehmensberichten angaben, Green IT- und Green IS-Maßnahmen entweder in ihrem IT-Betrieb umzusetzen oder diese als Service anzubieten. Zusätzlich wurden Ausschlusskriterien definiert, um Interviews mit Unternehmen zu vermeiden, die keinen relevanten Beitrag zu dieser Untersuchung liefern würden. Ausgeschlossen wurden Unternehmen, welche keinen eigenen IT-Betrieb besitzen sowie solche, die keine ausreichenden Informationen zu den Maßnahmen bereitstellen konnten.

Die ausgewählten Unternehmen wurden zunächst per E-Mail kontaktiert. Hierfür wurde ein Standardanschreiben verwendet, in dem das Anliegen der Arbeit sowie der thematische Fokus erläutert wurden. Zudem wurden die voraussichtliche Dauer des Interviews, die behandelten Themenbereiche und die Anonymisierung bzw. Pseudonymisierung unternehmensbezogener und personenspezifischer Informationen kommuniziert. In einem Fall stellte eine Interviewpartnerin die Kontaktdaten einer weiteren Person aus einem anderen, aber ebenfalls geeigneten Unternehmen zur Verfügung, sodass diese direkt kontaktiert und interviewt werden konnte.

Im Oktober 2025 wurden daraufhin sechs Einzelinterviews mit einer durchschnittlichen Dauer von ca. 44 Minuten durchgeführt. Die sechs Unternehmen decken unterschiedliche Bereiche innerhalb der IT-Branche ab und verfolgen sowohl Green IT-Maßnahmen als auch interne Green IS-Initiativen. Alle Interviews wurden auf Deutsch geführt, mit Ausnahme eines Gesprächs mit

einer Nachhaltigkeitsberaterin einer weltweiten IT-Beratungsfirma. Deren Leistungsportfolio reicht demnach von einfachen Cloudlösungen bis hin zur Auslagerung ganzer Geschäftsprozesse bei vor allem produzierenden Kunden. Seit 2021 verfolgen sie zudem einen unternehmensweiten Nachhaltigkeitsansatz, der durch mehrere spezialisierte Teams auf globaler und regionaler Ebene koordiniert wird. Hingegen sind die übrigen fünf Unternehmen überwiegend national ausgerichtet, darunter auch die anderen beiden Beratungsunternehmen. Während das eine vor allem operative Digitalisierungsprojekte in der Wirtschaft und Verwaltung umsetzt, liegt der Fokus beim anderen auf der strategischen Beratung von digitalen Transformations- und Innovationsprozessen. Der Interviewpartner ist dort zwar für das Energie- und Umweltmanagement verantwortlich, allerdings auch direkt am Kunden tätig. Zwei der Unternehmen agieren als zentrale IT-Dienstleister innerhalb staatlicher Konzerne. Ihre Aufgaben liegen hauptsächlich in der Bereitstellung und Weiterentwicklung digitaler Infrastrukturen und Services für den jeweiligen Konzernverbund. Die Nachhaltigkeitsarbeit des einen Dienstleisters beschränkt sich lediglich auf ökologische Aspekte, die des anderen hingegen umfassen zusätzlich noch soziale Themen. Ein weiteres Interview wurde mit dem Geschäftsführer eines kleinen Softwareunternehmens geführt, der bereits seit der Gründung im Unternehmen ist. Sie entwickeln und implementieren dabei eine umfassende Softwarelösung für das Management von Rechenzentren.

Tabelle 1: Übersicht der Interviews

ID	Tätigkeitsschwerpunkt des Unternehmens	Mitarbeitenden	Position des Interviewten	Sprache	Dauer	Datum
01	IT-Dienstleistung	> 7.000	Nachhaltigkeitsmanager	DE	61 min	Okt. 2025
02	IT-Beratung	> 550.000	Nachhaltigkeitsberater	EN	38 min	Okt. 2025
03	Softwareentwicklung	< 50	Hauptgesellschafter & CEO	DE	49 min	Okt. 2025
04	IT-Dienstleistung	> 7.700	Nachhaltigkeitsteamleiter	DE	22 min	Okt. 2025
05	IT- & Managementberatung	< 30	Energie- & Umweltmanager	DE	54 min	Okt. 2025
06	IT-Beratung	> 4.500	Digital Strategy Consultant	DE	40 min	Okt. 2025

Die sechs Interviews bilden mit ihren unterschiedlichen Rollen einen guten Überblick über aktuelle Nachhaltigkeitsmaßnahmen aus der Praxis ab. Sie zeigen zum einen, wie genau diese Maßnahmen intern umgesetzt und vermittelt werden, zum anderen liefern die Gespräche mit den Beratungsunternehmen interessante Einblicke darüber, wie Nachhaltigkeit *durch* IT auch auf dem externen Markt gefördert werden kann. Zusätzlich wurden drei Transkripte von Interviews bereitgestellt, welche im Mai und Juni 2023 mit einer NRO durchgeführt wurden. Sie ergänzen damit das Datenmaterial dieser Arbeit um eine ganz andere, dementsprechend aber wertvolle Perspektive, da Nachhaltigkeit das zentrale Handlungsfeld dieser NRO ist. Als globale Umweltorganisation versteht sie die digitale Transformation nicht nur als Effizienzprojekt,

sondern als Werkzeug der ökologischen und sozialen Nachhaltigkeit. Wie der Tabelle X unter anderem zu entnehmen ist, gliedert sich die NRO in eine internationale Organisation, welche die Strategie und Kommunikation koordiniert, sowie in regionale Teilorganisationen. Zwei der Interviewpartner sind für den Betrieb der globalen IT-Infrastruktur verantwortlich, während ein weiterer im First-Level-Support der deutschen Teilorganisation tätig ist.

Tabelle 2: Übersicht der zusätzlichen Interviews

ID	Organsiationsebene	Position des Interviewten	Sprache	Dauer	Datum
07	International	Funktionaler Anwendungsmanager	EN	59 min	Mai 2023
08	International	Teamleiter Site Reliability Engineering	EN	57 min	Juni 2023
09	Deutschland	IT-Support	DE	53 min	Juni 2023

Für die Durchführung der Interviews erhielten die sechs Interviewpartner neben der formellen Einverständniserklärung, in der Regel einen Tag im Voraus, auch eine Übersicht der möglichen Fragen. Fünf Gespräche fanden dabei als Videobesprechung über Microsoft Teams statt, eines wurde telefonisch geführt. Vor Beginn jedes Interviews wurde der Ablauf kurz erläutert und nochmals auf die Freiwilligkeit sowie auf die Anonymisierung und Vertraulichkeit der Informationen hingewiesen. Zudem wurde die Zustimmung zur Audioaufzeichnung eingeholt. Die Gespräche wurden mit einem Audiorecorder am Laptop und zur Absicherung auch über die Sprachmemo-App des Smartphones aufgezeichnet. Bei einem Interview kam es zu einer kurzen technischen Unterbrechung, die jedoch sofort behoben werden konnte. Ein weiteres Interview musste vorzeitig beendet werden, da der Interviewpartner terminlich gebunden war.

Die Leitfäden der Interviews waren dreigliedrig aufgebaut. Zu Beginn wurden allgemeine Fragen zur Rolle und Tätigkeit des Interviewpartners sowie zur Nachhaltigkeitsstrategie des Unternehmens gestellt. Dieser Einstieg diente dazu, den konkreten Aufgabenbereich der Person feststellen zu können und ein Verständnis dafür zu gewinnen, wie dessen Arbeitgeber Nachhaltigkeit definiert und welche Ziele verfolgt werden. Darauf folgte der Hauptteil, der sich mit den Maßnahmen und ihrer Umsetzung befasste. Er war zweigeteilt und orientierte sich unter anderem an den Ergebnissen einer vorab durchgeführten Recherche des Unternehmens. Diese beruhte im Wesentlichen auf den jeweiligen Unternehmenswebseiten und LinkedIn-Profilen der Interviewpartner, womit der Fokus des Interviews klar festgelegt wurde. Der inhaltliche Fokus lag bei den Beratungsunternehmen beispielsweise auf Kundenprojekten und den von ihnen angebotenen Leistungen, wohingegen die Interviews mit den IT-Dienstleistern primär interne Nachhaltigkeitsmaßnahmen behandelten. Damit konnten die unterschiedlichen Handlungsebenen berücksichtigt werden. Trotzdem wurden auch mehrere offene Fragen formuliert, welche den Interviewpartnern ermöglichten, weitere bislang nicht berücksichtigte Maßnahmen einzubrin-

gen. Im Verlauf der Datenerhebung wurden zudem die einzelnen Schwerpunkte der Leitfäden immer wieder angepasst, um viele verschiedene Maßnahmen identifizieren zu können. Die abschließenden Fragen dienten dazu, mögliche Ergänzungen zu geben und auf Dokumente oder Berichte des Unternehmens hinzuweisen, welche für diese Forschung relevant sein könnten. Jeder Leitfaden unterschied sich daher im Inhalt, nicht jedoch in seiner grundlegenden Struktur.

Aus Gründen des Datenschutzes wurden keine externen KI-Anwendungen zur Transkription eingesetzt. Die aufgezeichneten Interviews wurden daher mithilfe der Transkriptionsfunktion von Microsoft Word Online automatisiert verschriftlicht. Im Anschluss wurden die erstellten Transkripte mehrfach überprüft, manuell korrigiert und einheitlich formatiert. Dabei orientierte sich die Überarbeitung an den Transkriptionsregeln nach Kuckartz und Rädiker (2024), die für qualitative Inhaltsanalysen ein pragmatisches und zugleich wissenschaftlich anerkanntes Vorgehen bieten. Die Interviews wurden wörtlich, jedoch in leicht geglätteter Form transkribiert, um die Lesbarkeit zu erhöhen und den Fokus auf den inhaltlichen Gehalt der Aussagen zu richten. Unverständliche Passagen wurden mit der Markierung „(unv.)“ gekennzeichnet und kurze Einwürfe oder bestätigende Äußerungen anderer Personen in die jeweiligen Sprechbeiträge integriert. Auf die Verwendung von Zeitstempeln wurde bewusst verzichtet, da die thematische Auswertung im Vordergrund stand. Die Anonymisierung erfolgte durch das Ersetzen unternehmens- und personenbezogener Informationen durch eckige Klammern mit beschreibenden Platzhaltern (z. B. „[Unternehmen]“, „[Name]“). Die auf Englisch geführten Interviews wurden nach demselben Schema in der Originalsprache transkribiert.

Zur Ergänzung der sechs Interviews wurde, wie bereits erwähnt, weiteres Datenmaterial für die Analyse herangezogen. Dies umfasst zum einen die Transkripte von drei Interviews mit der Umweltorganisation, die ebenfalls auf die Identifikation von Green IT- und Green IS-Maßnahmen ausgerichtet waren, sodass sie sich inhaltlich nur wenig zu den anderen sechs unterscheiden. Zum anderen wurden eine interne Präsentation der Nachhaltigkeitsstrategie von einem IT-Dienstleister sowie zwei öffentlich zugängliche Nachhaltigkeitsberichte der interviewten Unternehmen in die Analyse eingebunden.

3.3 Datenanalyse

Die Auswertung der Daten folgte einem dreistufigen Analyseprozess und unterscheidet sich dahingehend von dem Ablauf der strukturierten qualitativen Inhaltsanalyse nach Kuckartz und Rädiker (2022). Ziel dieses Vorgehens war es, sich in den ersten beiden Analyseschritten ausschließlich auf die Kodierung der jeweiligen Kategorie zu konzentrieren, um eine Vermischung dieser sowie das Übersehen relevanter Inhalte zu vermeiden. Entsprechend wurden für beide Schritte folgende Analysefragen formuliert:

Analysefrage 1: *"Welche Green IT- und Green IS-Maßnahmen kommen in der Praxis zur Anwendung und wie werden sie umgesetzt?"*

Analysefrage 2: *"Wie treten die einzelnen R-Prinzipien im Kontext digitaler Technologien und Services auf?"*

Die Analyse erfolgte dabei mit der Software MAXQDA (Version 24.11.0), welche eine übersichtliche Kodierung und eine später noch relevante Funktion zur Beantwortung der Forschungsfrage ermöglichte. Der Schwerpunkt des ersten Analyseschritts lag auf der Identifizierung von Maßnahmen, deren Kodierungen hierfür allein auf den Erkenntnissen von Loeser (2013) basierte. Daher wurden sowohl für Green IT die Hauptkategorien ‚Beschaffung‘, ‚IT-Betrieb‘ und ‚Entsorgung‘ als auch für Green IS die Hauptkategorien ‚IT-Abteilung‘, ‚Organisation‘ und ‚externer Markt‘ erstellt. Für den ersten Kodierprozess wurden die neun Interviewtranskripte durchlaufen und zunächst längere Textstellen hinsichtlich dieser Kategorien markiert. Im Gegensatz zu dem Ablauf nach Kuckartz und Rädiker (2022) wurden daraufhin keine Subkategorien induktiv gebildet, sondern die bereits grob kategorisierten Aussagen ein zweites Mal durchlaufen und die Subkategorien entsprechend der identifizierten Maßnahme deduktiv erstellt. Eine Subkategorie stellt damit eine Maßnahme und die Beschreibung ihrer Umsetzung dar. Parallel dazu wurden einerseits Memos angelegt, beispielsweise zu der Abgrenzung einzelner Maßnahmen, als diese sich inhaltlich überschneiden und andererseits ein Codebuch geführt, um spontane Gedanken festzuhalten. In einzelnen Fällen ergaben sich jedoch Green IT- und Green IS-Maßnahmen, welche nicht in der Arbeit von Loeser (2013) erwähnt oder beschrieben worden waren, weshalb diese induktiv, aber gemäß der jeweiligen Charakteristik von Loeser (2013), kategorisiert wurden. Diese sind in Abbildung 6 in Kapitel 4.1 mit dem Zeichen ‚*‘ versehen.

Der zweite Analyseschritt setzte erneut bei einer vollständigen Durchsicht des Datenmaterials an, erfolgte allerdings unter einem anderen analytischen Fokus. Er unterscheidet sich zum ersten Schritt insofern, dass die Aussagen der Interviewpartner ausschließlich hinsichtlich der R-Prinzipien ausgewertet wurden und dabei keine Subkategorien gebildet worden waren. Das zweite Kategoriensystem war damit zwar nicht so tief, jedoch breiter als das bezüglich der Green IT und Green IS-Maßnahmen. Dazu wurden nämlich zehn Hauptkategorien erstellt, welche jeweils das entsprechende Prinzip umfassen. Die Kodierung basierte auf den von Potting et al. (2017) beschriebenen Prinzipien sowie den dort angeführten Beispielen. Die konsequente Orientierung am 9R-Framework stellt sicher, dass die Analyse nachvollziehbar und regelgeleitet erfolgt. Aufgrund dessen, dass die Interviews die einzelnen Prinzipien nicht direkt behandelten, wurden auch solche Aussagen berücksichtigt, in denen diese lediglich impliziert zum Ausdruck kamen, sofern eine inhaltliche Zuordnung im Sinne der Beschreibungen von Potting et al. (2017) möglich war. Mit dem zweiten Analyseschritt wurde das Ziel verfolgt, das Auftreten der R-Prinzipien in ihrer praktischen Umsetzung unabhängig von Maßnahmen zu erfassen. Obwohl die Interviews in erster Linie nur die Maßnahmen adressierten, wurden in den Gesprächen auch

andere Aspekte etwa die Nachhaltigkeitsstrategie oder die Arbeitsweises des Unternehmens thematisiert. Auf diese Weise konnte die Grundlage für die anschließende Zusammenhangsanalyse geschaffen werden.

Für die Beantwortung der Forschungsfrage wurde daher im Anschluss an die Kodierung eine ‚Analyse der paarweisen Zusammenhänge zwischen Kategorien‘ durchgeführt, wie sie von Kuckartz und Rädiker (2022) als weiterführende Analyseform der strukturierten qualitativen Inhaltsanalyse beschrieben wird. Sie ermöglicht es, Kategorien nicht isoliert, sondern ihre inhaltlichen Zusammenhänge zu analysieren und nachvollziehen zu können, in welchem Verhältnis sie zueinanderstehen. Hierzu wurde in MAXQDA der ‚Code-Relations-Browser‘ genutzt, um das gemeinsame Auftreten von Maßnahmen und Prinzipien innerhalb derselben Textsegmente zu betrachten (siehe Abb. 5). Diese Funktion erlaubt die systematische Auswertung und Darstellung von Überschneidungen zweier Kategorien, indem sie miteinander kombiniert werden. Das ist vor allem im Kontext dieser Forschung von Vorteil, da jede einzelne Maßnahme hinsichtlich der Überschneidungen mit jedem Prinzip automatisch ausgewertet und in einer ähnlichen Tabelle wie die in Kapitel 5.0 festgehalten wurde. Daraufhin wurde jeder gefundene Zusammenhang zwischen einer Maßnahme und einem R-Prinzip manuell im Datenmaterial überprüft, um sicherzustellen, dass es sich um inhaltlich sinnvolle Zusammenhänge und nicht um formale Überschneidungen von Kategorien handelt. Die anschließende Interpretation der einzelnen Zusammenhänge erfolgte auf Basis der jeweils zweifach kodierten Textstellen und untersuchte, wie die identifizierte Maßnahme die Umsetzung des entsprechenden Prinzips ermöglicht.

Digitale Nachhaltigkeitsmaßnahme		R-Prinzipien
virtuelle Meetings und Remote-Work	<p><i>I: Seid ihr auch auf Videokonferenzen mit Kunden umgestiegen? [...]</i></p> <p><i>B05: Das machen wir zum Großteil. Das hat sich wirklich mit Corona oder mit der Covid-Pandemie damals schlagartig geändert und das geht auch gar nicht zurück, weil meine Erfahrung ist, auch die Kunden finden es gar nicht schlecht. Schon alleine aus der Sicht, wenn wir früher beim Kunden waren, hieß das, der Kunde muss uns einen Arbeitsplatz zur Verfügung stellen. In aller Regel stellt er unseren Rechner zur Verfügung. Das sind alles Kosten. Wenn die Menschen jetzt nicht mehr kommen, kann ich mir den Arbeitsplatz sparen und für andere Dinge nutzen oder halt mich verkleinern und die die Plätze weitervermieten. Ich muss auch keinen extra Laptop besorgen für den [Name] als Berater. Und meine Mitarbeitenden sind ja auch nicht mehr immer alle, also auch kundenseitig sind nicht mehr alle Mitarbeitenden immer im Büro</i></p>	<p>Refuse</p> <p>Reduce</p> <p>Refuse</p>

Abbildung 5: Darstellung einer Überschneidung von digitaler Nachhaltigkeitsmaßnahme und R-Prinzipien im Datenmaterial

4 Ergebnisse

Dieses Kapitel präsentiert die aus den ersten beiden Analyseschritten gewonnenen Ergebnisse, indem zum einen die identifizierten Green IT- und Green IS-Maßnahmen nach der Logik von Loeser (2013) strukturiert vorgestellt und in ihrer konkreten Umsetzung beschrieben werden. Zum anderen werden die Wirkungen jedes R-Prinzips im Kontext digitaler Nachhaltigkeitsmaßnahmen aus der Praxis nach ihrem Zirkularitätsgrad dargelegt. Auf Grundlage dieser Ergebnisse lassen sich im darauffolgenden Kapitel die Zusammenhänge analysieren, welche die Beantwortung der Forschungsfrage ermöglichen.

4.1 Identifizierte Maßnahmen

Green IT

Beschaffung

Der Ausgangspunkt eines möglichst nachhaltigen Beschaffungsprozesses besteht in der Festlegung konkreter *Umweltanforderungen für Lieferanten*. Zwar variieren diese je nach Unternehmenskontext und der Art der erbrachten Leistung, allerdings kann es helfen ein Mindestmaß zu formulieren, nach dem Motto:

„*Wer über dieses Stöckchen nicht springt, mit dem wollen wir nicht zusammenarbeiten*“ (ID01)

Dabei stehen unter anderem die Produktionsbedingungen im Fokus, insbesondere die eingesetzten Ressourcen, etwa die Nutzung erneuerbarer Energien, sowie die Einhaltung von Kernarbeitsnormen. Zusätzlich kann berücksichtigt werden, ob die Lieferanten Wiederverwendungsprogramme anbieten, auf Plattformen wie EcoVadis gelistet sind oder welche Nachhaltigkeitsrichtlinien sie implementierten. Man kann aber auch die Lieferanten motivieren selbst nachhaltiger zu werden. Ein großer Kunde einer interviewten IT-Beratung forderte zum Beispiel bereits im Rahmen der Ausschreibung, dass die Softwareentwickler nach entsprechenden Green Coding Standards programmieren. Außerdem können für die Cloud-Anbieter detaillierte Zielbilder definiert werden, die den zukünftigen Anteil erneuerbarer Energien sowie die langfristige Nutzung der Hardware in den Rechenzentren festlegen. Mit solchen Anforderungen wird eine fundierte Auswahl ökologisch geeigneter Lieferanten ermöglicht und zugleich die Grundlage für eine nachhaltige Beschaffung von Hardware und IT-Services geschaffen.

Dazu werden in der Regel Leitfäden oder Einkaufsrichtlinien entwickelt, in denen neben den technischen und wirtschaftlichen Aspekten auch *ökologische Beschaffungskriterien* definiert werden. Die Kriterien sind produktbezogen und unterscheiden sich danach, ob es sich um den Hardware oder IT-Services handelt. Bei dem Bezug von Cloud-Services sind vor allem die

Energieeffizienz der Rechenzentren, in denen die Dienste betrieben werden, von Bedeutung. Diese lässt sich durch einen entsprechenden PUE-Wert nachvollziehen, der vom Cloudanbieter bereitgestellt werden sollte. Zudem kann der Einsatz ausschließlich erneuerbarer Energien oder zumindest die Offenlegung des Strommixes berücksichtigt werden. Hinsichtlich der Hardwarebeschaffung gelten Langlebigkeit bzw. Nutzungsdauer und Energieeffizienz als zentrale Kriterien, da diese den Ressourcenverbrauch senken und gleichzeitig die Kosten reduzieren. Die Reparierbarkeit sowie die Materialzusammensetzung der Geräte sind ebenfalls relevant. Hierzu können beispielsweise Umweltzeichen oder Labels zur Energieeffizienz, Robustheit und Akkulebensdauer herangezogen werden, um die Bewertung der Kriterien und damit den Vergleich zu den Alternativen zu vereinfachen. Die Auswahl sollte daraufhin so erfolgen, wie ein Interviewpartner es beschrieb:

„it's picking the best out of a bad bunch“ (ID07)

Letztlich gilt es trotzdem, die Anforderungen und Kriterien im jeweiligen Anwendungskontext miteinander abzuwägen und sich dann für jene Alternative zu entscheiden, welche die geringsten Umweltbelastungen verursacht. Gerade im Bereich der Hardware zeigt sich allerdings, dass der *Bezug von refurbished Hardware* die ökologisch günstigste Option darstellt. Während sich Monitore unkompliziert aus zweiter Hand beschaffen lassen, gestaltet es sich bei Laptops und Smartphones deutlich schwieriger, da diese über unterschiedliche Schnittstellen verfügen. Werden Geräte in größeren Mengen eingekauft, besteht sowohl aus Support- als auch aus ökologischen Gründen das Ziel, einen möglichst homogenen Maschinenpark zu schaffen, um die Anzahl verschiedener Ersatzteile gering zu halten. Allerdings kann es bei älteren Modellen dazu kommen, dass bestimmte Komponenten zu einem späteren Zeitpunkt nicht mehr verfügbar sind, weshalb nicht allein auf ein einzelnes Modell vertraut werden sollte. Stattdessen ist im Vorfeld festzulegen, welche Schnittstellen und Komponenten für den langfristigen Einsatz erforderlich sind. Der Fokus sollte daher vor allem auf refurbished „Business-Geräten“ (ID09) liegen, da diese qualitativ hochwertiger und besser reparierbar sind. Refurbished Hardware kann dabei entweder direkt über große Hersteller oder über unabhängige Refurbisher bezogen werden. Dort können ebenfalls entsprechende Vorkonfigurationen angeboten werden, sodass die Geräte unmittelbar in die bestehende Unternehmensinfrastruktur integriert werden können. Darüber hinaus besteht oftmals die Möglichkeit, gegen Aufpreis eine garantierte Mindestlaufzeit zu vereinbaren.

Nutzung

Für einen ressourceneffizienten IT-Betrieb kann es im Vorfeld außerdem hilfreich sein, einen *Green IT-Aktionsplan* zu entwickeln. Er dient als strategische Grundlage für weitere Green IT-Maßnahmen und vermittelt den Verantwortlichen zudem die unternehmerischen Werte und Zielsetzungen. Diese Ziele werden kontextspezifisch angepasst und durch einen strategischen Handlungsrahmen ergänzt, der beschreibt, wie sie operativ umgesetzt werden sollen. Dazu wer-

den konkrete Meilensteile und Best Practices formuliert, beispielsweise die Senkung des Strom- und Kühlbedarfs im Rechenzentrum zu einem bestimmten Wert durch die Abschaltung von Ghostsystemen. Hierfür müssen vor allem neue Themen und Methodiken umfassend kommuniziert und die relevanten Messwerte kontinuierlich überwacht werden.

Außerdem kann es von Vorteil sein, sich zunächst einen Überblick über die eingesetzte Hardware zu schaffen. Damit kann kontrolliert werden, wie viele Nutzer ein Gerät verwenden bzw. wie viele Geräte pro Nutzer eingesetzt werden, um diese Zahlen anschließend zu optimieren und eine ökologisch sinnvollere Verteilung sicherzustellen. Mit der *Inventarisierung der Hardware* lassen sich sowohl die Nutzungsdauer als auch die Energieverbräuche einzelner Geräte wie Laptops und Druckern überwachen. Durch den Einsatz spezialisierter Inventarisierungssoftware lässt sich dieser Überblick zusätzlich vertiefen. Solche Systeme liefern unter anderem Schätzwerte zum Energieverbrauch der jeweiligen Geräte und geben Auskunft über deren Auslastung. Zudem ermöglichen Konfigurationsdatenbanken eine präzise Zuordnung von Fehlertickets, wodurch Defekte und Auffälligkeiten dokumentiert und über längere Zeiträume ausgewertet werden können. Besonders im Umgang mit refurbished Hardware erweist sich diese Übersicht als hilfreich, da sich auf dieser Grundlage modellbezogene Erkenntnisse über die Zuverlässigkeit verschiedener Geräteklassen gewinnen lassen.

Ein weiteres Fundament für einen ressourcenschonenden IT-Betrieb ist die Entwicklung energieeffizienter Anwendungen im Sinne des *Green Coding*. Dabei geht es zunächst darum, ineffiziente Strukturen im Code zu identifizieren etwa Redundanzen, doppelte Loops oder wiederholte Datenabfragen. Solche Muster werden mithilfe von Analysetools erkannt, welche den bestehenden Code durchlaufen und aufzeigen, wo Optimierungen möglich sind.

„It’s an AI model that is plugged directly or you need to copy paste your code directly and then it would analyse within the application. The principle is the same in a way where it will do an analysis of the code and provide those ratings let’s say in terms of the energy leaks“ (ID02)

Diese Tools werden mit Dashboards ausgestattet, um die Ergebnisse zentral darzustellen und mit externen Systemen verknüpfen zu können. Darüber hinaus werden in Unternehmen oftmals eigene Green Coding-Prinzipien definiert, die Softwareentwicklern eine Orientierung bieten und eine energiesparenden Anwendungsentwicklung von Anfang an unterstützen.

„Und da ist natürlich die Frage, wie schlank ist der Code geschrieben. Das ist eine Frage, aber da geht es noch um viel, viel mehr. Eben auch die Frage, welche Daten werden wie lange archiviert“ (ID01)

Neben der Virtualisierung und Verlagerung von Daten in Cloud-Umgebungen, wodurch eine verteilte Speicherung auf lokalen Endgeräten aufgegeben wird, stellt auch die *Reduzierung gespeicherter Daten* eine relevante Maßnahme dar. Dies betrifft unterschiedliche Datenarten wie

Dokumente, E-Mails und Videos. Zwar existieren bereits automatisierte Löschkonzepte, bei denen Daten nach vordefinierten Kriterien, wie anhand ihres Alters, gelöscht oder archiviert werden. In der Praxis erweist sich deren Umsetzung jedoch als herausfordernd, da der Zukauf zusätzlichen Speicherplatzes oftmals kostengünstiger ist als der personelle Aufwand zum gezielten Löschen von Daten. Während bei den beiden staatlichen Dienstleistern sogenannte Clean-Data-Initiativen des Bundesministerium für Umwelt, Klimaschutz, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMUKN) in Form eines jährlichen digitalen Datenputzes umgesetzt werden, existiert bei der NRO ein umfangreicheres Projekt. Dieses fokussierte einerseits die Gewohnheiten der Endnutzer, beispielsweise indem jeden Freitag konsequent die E-Mail-Postfächer und Dokumente durchgesehen oder diese direkt gelöscht wurden, anstatt nicht mehr benötigte Daten weiter zu speichern. Andererseits wurden Automatisierungen implementiert, in Form von Datenklassifikationen, Datenlabeling oder individuellen Speicherlimits, um die Datenreduktion nicht vollständig manuell durchführen zu müssen.

Bei der Bereitstellung eigener Services in der Cloud kann nicht nur die Auswahl des Anbieters selbst, sondern auch die gezielte Wahl geeigneter Regionen als eine operative Green IT-Maßnahme verstanden werden. Diese Maßnahme lässt sich als *Cloud-Workload-Management* beschreiben und zielt darauf ab, Services bevorzugt in Rechenzentren zu betreiben, die einen geringeren CO₂-Fußabdruck aufweisen. Voraussetzung hierfür ist allerdings, dass der Cloud-Anbieter Informationen zum CO₂-Ausstoß und den Strommix seiner Region bereitstellt. Solche Daten werden in der Regel nur für gesamte Projekte angegeben und müssen daher auf die einzelnen Services aufgeteilt werden. Auf Basis dessen kann entschieden werden, bestimmte Regionen mit beispielsweise fossilen Energieträgern grundsätzlich nicht für den Betrieb ihrer Anwendungen zu nutzen und stattdessen Regionen mit einem höheren Anteil erneuerbarer Energien zu bevorzugen. Die Maßnahme ermöglicht somit eine bewusstere Nutzung cloudbasierter Services und der dafür erforderlichen Rechenzentrumsressourcen, kann jedoch in klimafreundlicheren Regionen mit höheren Kosten einhergehen.

Im Falle des Betriebes eigener Rechenzentren bietet wiederum das *Scheduling- und Workload-Management* vielfältige Möglichkeiten, den Energieverbrauch zu optimieren. Durch Lastverteilungen werden Rechenleistungen gleichmäßig auf mehrere Server verteilt, sodass einzelne Systeme nicht überlastet und die Energie pro Rechenaufgabe effizienter genutzt werden. Die Containertechnologie ermöglicht dabei sogar eine dynamische Bereitstellung der Rechenleistung. Bei steigender Last verwenden die Container zusätzliche Kapazitäten, verarbeiten daraufhin die Aufgaben und geben die Ressourcen anschließend wieder frei. Außerdem kann auch durch die zeitliche Steuerung von Rechenprozessen der Energiebezug effizienter gestaltet werden. Ein Interviewpartner berichtete zum Beispiel, dass die Daily Builds ihrer Software bewusst in der Nacht ausgeführt werden. In dieser Zeit wird der benötigte Strom aus Windenergie bezogen, wodurch der Kompilierungsprozess gezielt in Phasen mit verfügbarer erneuerbarer Energie

verlagert wird.

Ein andere Maßnahme in diesem Zusammenhang ist die *bedarfsgerechte Anpassung von Server- und Speicherkapazitäten*. Sie umfasst zunächst eine Infrastrukturanalyse, bei der sowohl die bestehenden physischen und virtuellen Server als auch die zukünftigen Anforderungen an Rechen- und Speicherleistung betrachtet werden. Auf dieser Basis kann das Rechenzentrum so geplant und betrieben werden, dass die Kapazitäten optimal auf den tatsächlichen IT-Betrieb abgestimmt sind. Ein wesentlicher Bestandteil dieser Maßnahme ist zudem die Identifikation und Abschaltung sogenannter Ghost-Systeme. Diese Systeme laufen dauerhaft im Hintergrund ohne eine Aufgabe und können durch ihre Entfernung den Energieverbrauch senken sowie ungenutzte Kapazitäten freisetzen. Die Virtualisierung von physischen Servern trägt außerdem zu einer bedarfsgerechten Bereitstellung von Rechenressourcen, indem mehrere Anwendungen auf einer gemeinsamen Hardware betrieben werden.

Für die Optimierung des Energiebedarfs eines Rechenzentrums ist allerdings eine kontinuierliche und umfassende Kontrolle des tatsächlichen Verbrauches notwendig. Mit dem *Monitoring des Energieverbrauchs der Server* wird die Datengrundlage geschaffen, welche weitere Maßnahmen, wie beispielsweise die Beiden zuvor genannten, ermöglicht. Die Werte werden dabei automatisch über standardisierte Schnittstellen und Protokolle ausgelesen, wobei unterschiedliche Messintervalle entsprechend der Anforderungen eingestellt werden können. In Abschnitten von jeder Sekunde bis alle 15 Minuten können diese Werte in die Datenbank eingetragen und daraufhin in Dashboards aufbereitet und visualisiert werden. Durch die Aggregation der Daten lassen sich sowohl die Verbrauchswerte einzelner Server als auch der zusammengeführte PUE-Wert für das gesamte Rechenzentrum darstellen.

Entsorgung

Bei der Entsorgung sämtlicher IT-bezogener Geräte, insbesondere in größeren Mengen, stellt die *Verlängerung der Lebensdauer von Hardware* eine präventive Maßnahme dar. Statt die Hardware nach festen Nutzungsfristen regelmäßig auszutauschen, können eine organisatorische Werthaltung sowie monetäre Anreize dazu beitragen, die Nutzung dieser zu verlängern. Bei einem der beiden interviewten Dienstleister wird die Hardware im Rahmen eines neuen Projekts über eine bestimmte Mindestdauer vom jeweiligen Mitarbeitenden übernommen bzw. finanziell abgesichert, bevor sie zurückgegeben werden können. Vorzeitige Rückgaben ziehen Strafzahlungen nach sich, ausgenommen im Falle eines Defekts. Die Umweltorganisation hingegen stellt den ehrenamtlichen Gruppen, welche mit ihnen zusammenarbeiten, die noch gebrauchsfähige Hardware zur Verfügung, falls seitens dieser ein Interesse besteht. Ansonsten etablierte sich dort das Prinzip:

„*You have to use it till it's dying breath*“ (ID07)

In einem betrieblichen Kontext steht allerdings die Sicherstellung eines reibungslosen und leistungsfähigen IT-Betriebs im Vordergrund. Bei dem Defekt eines Geräts ist stattdessen nicht zwingend ein direkter Austausch erforderlich, sondern in bestimmten Fällen ist auch eine *Reparatur der Hardware* oder einzelner Komponenten möglich, sodass dieses weiterhin im Einsatz bleiben kann. Dazu kann die beschädigte Hardware an einen externen Reparaturdienstleister übergeben werden, während der betreffende Mitarbeitende ein anderes bereits instandgesetztes Gerät erhält, um die kontinuierliche Systemanbindung aufrechtzuerhalten. Alternativ können einfache Reparaturen intern durchgeführt oder die Geräte beispielsweise an Flüchtlingsunterkünfte gespendet werden, wo die Instandhaltung zudem zur Vermittlung grundlegender IT-Kompetenzen genutzt werden kann.

Sollte ein Gerät jedoch die entsprechende Leistungsgrenze erreicht haben, aber weiterhin funktionsfähig bleiben, kann es durch ein *Hardware Refurbishment* ein neues Produktleben ermöglicht werden. Dabei werden die Geräte an spezialisierte Refurbisher verkauft, wo sie einer umfassenden Prüfung unterzogen und notwendige Aufbereitungen sowie Softwareinstallationen durchgeführt werden, bevor sie auf dem Markt weiterverkauft werden können. Zwar können die Mitarbeitenden die aufgearbeiteten Geräte zu vergünstigten Konditionen erwerben, allerdings ist es aus Gründen des Datenschutzes nicht möglich, das ursprünglich genutzte Gerät zurückzuerhalten. Damit soll zudem der Anreiz einer vorzeitigen Abgabe ins Refurbishment vermieden werden. Laut einem Interviewpartner steht dieser Prozess sogar auch für die private Hardware der Mitarbeitenden zur Verfügung.

Green IT	Beschaffung	Umweltanforderungen für Lieferanten
		ökologische Beschaffungskriterien
		Bezug von refurbished Hardware*
	Betrieb	Green IT-Aktionsplan
		Inventarisierung der Hardware
		Green Coding*
		Reduzierung gespeicherter Daten
		Cloud-Workload-Management*
		Scheduling- und Workload-Management
		bedarfsgerechte Anpassung von Server- & Speicherkapazitäten
		Monitoring des Energieverbrauchs der Server
	Entsorgung	Verlängerung der Lebensdauer von Hardware
		Reparatur der Hardware
		Hardware Refurbishment

Abbildung 6: Identifizierte Green IT-Maßnahmen

Green IS

IT-Abteilung

Für eine erfolgreiche Umsetzung von Green IS-Maßnahmen ist es zunächst erforderlich, diese Aktivitäten nicht nur auf den Einsatz digitaler Technologien zu beschränken, sondern sie als Bestandteil einer umfassenden Weiterentwicklung der IT-Funktion zu verstehen. Eine *strategische Integration von Green IS* bedeutet dabei, solche Ansätze in die bestehende Nachhaltigkeitsstrategie aufzunehmen oder eine eigenständige Green IS-Strategie sowie die entsprechenden Rollen und Verantwortlichkeiten zu entwickeln. Hierzu werden für die IT-Abteilung klare Handlungsfelder und Fokusthemen definiert, zu denen sowohl strategische Leitlinien und Grundsätze als auch Prinzipien und Tools bereitgestellt werden. Dieser Beitrag geht allerdings über den reinen IT-Betrieb hinaus und schließt die gesamte Organisation mit ein.

„Und wir haben die Rolle, dass wir sagen, wir sind Wegbereiterin der nachhaltigen Digitalisierung in der DB, aber wir haben kein Durchgriffsrecht auf die ganze DB“ (ID01)

Im Mittelpunkt stehen dabei die Sensibilisierung und Befähigung der Mitarbeitenden, welche vor allem durch *Kommunikation und Schulungen* erfolgen. Eine der beiden Dienstleister versendet dafür regelmäßig und konzernweit Newsletter, in denen neben einzelnen Nutzertipps etwa zur nachhaltigen Verwendung von Hardware auch die neusten Entwicklungen kommuniziert werden. Diese E-Mails werden durch zusätzliches Material ergänzt, welche für interessierte Mitarbeitende weiterführende Informationen bereitstellen. In einem Fall wurde diesbezüglich sogar ein Podcast erstellt, der allen Mitarbeitenden praxisnahe Einblicke in deren IT-Betrieb bot. Die IT-Abteilung erhält zudem eine interne Freitagsmail mit einem Green IT-Tipp, um die Thematik fortlaufend präsent zu halten. Dort werden außerdem sogenannte Quickchecks durchgeführt, welche den Teams erlaubt, ihre Anwendungen systematisch auf Nachhaltigkeitsaspekte zu bewerten und über eine Matrix Handlungsbedarf und die Umsetzbarkeit von Verbesserungen abzuschätzen. Den Softwareentwicklern werden beispielsweise noch externe Schulungen zu Green Coding angeboten, bei denen sie des Weiteren die Option haben sich dafür zertifizieren zu lassen. Bei zwei der interviewten IT-Beratungen wurden unter anderem organisationsweit Brown Bag Sessions und Schulungen durchgeführt, welche die Zusammenhänge zu den CO₂-Emissionen im IT-Betrieb vermittelten und aufzeigten, an welchen Stellen die Emissionen entstehen und wie diese reduziert werden können. Der Fokus lag dabei jedoch primär auf der Schaffung von Awareness. Solche Veranstaltungen finden überwiegend digital statt oder werden verschriftlich und organisationsweit zur Verfügung gestellt.

Dabei können diese Themen auch durch die *Publikation von Forschungsarbeiten und Best Practices* öffentlich vermittelt werden. Mit dem Eintritt in die Forschung werden sowohl Erkenntnisse und Potenziale für den eigenen IT-Betrieb gewonnen als auch praxisnahe Studien veröffentlicht,

die anderen Akteuren verlässliche Informationen zur Verfügung stellen. Das kann außerdem in Form von Recherchen und Guides erfolgen, wie es die interviewte Umweltorganisation beispielsweise Jahre lang umgesetzt hat. Sie haben die Hardware der bekanntesten Hersteller und Händler anhand vom Materialeinsatz sowie Ressourcen- und Energieverbrauch bewertet und diese 17 Unternehmen in einem ABC-Ranking eingeordnet. Auf diese Weise wurde nicht nur eine Entscheidungshilfe beim Kauf von Hardware bereitgestellt, sondern gleichzeitig auch indirekt Druck auf die Hersteller ausgeübt, ihre Produkte nachhaltiger zu gestalten.

Eine weitere sehr relevante Aufgabe der IT-Abteilung ist der *Einsatz von Energiemanagementsystemen*. Diese dienen dazu, Energieverbräuche im IT-Betrieb systematisch zu erfassen und darzustellen, um auf Basis dessen Optimierungen vorzunehmen. Es kann sich dabei unter anderem um Systeme handeln, welche explizit den Verbrauch der Hardware messen bzw. abschätzen und Fehleranalysen durchführen. In Rechenzentren unterstützen beispielsweise Datacenter-Infrastructure-Management-Systeme die Überwachung und Steuerung der Energieverbräuche. Sie ermöglichen zudem die Identifikation von „Stromfresser“ (ID03) und geben neben dem gesamten Rechenzentrum auch die Verbrauchswerte einzelner Komponenten, wie Festplatten oder Stromleisten, wieder. (noch schreiben: Ermöglicht das System Management, Steuerung oder Entscheidungen über Umweltwirkungen? Und halt zum reporting genutzt wird)

Organisation

Aufgrund der neuen gesetzlichen Vorgaben gestaltet sich jedoch für viele Unternehmen die Maßnahme *Ressourcenverbrauch messen und berichten* als besonders herausfordernd. Solche Probleme variieren je nach spezifischem Kontext, wobei vor allem in den meisten Fällen die Erfassung der Daten eine Schwierigkeit darstellt. Die tatsächlichen Verbräuche können dabei oftmals nicht selbst gemessen oder entlang der Lieferkette offengelegt werden. Außerdem sind die Unternehmen mit umfassenden Regularien sowie einer Vielzahl unterschiedlicher Messgrößen konfrontiert, welche den Aufwand nur vergrößern. Sofern keine automatische Datenerhebung möglich ist, erfolgt die Weiterverarbeitung der Daten überwiegend händisch. Laut den Interviewpartnern können die Informationen zum Beispiel aus Lieferantenberichten, Stromverträgen oder Datenblättern herangezogen werden. Zwar existieren bereits verschiedene Reporting-Softwarelösungen, welche den Nachhaltigkeitsbericht gemäß den entsprechenden Berichtstandards automatisiert erstellen können. Allerdings bieten diese nur wenige Schnittstellen zu anderen Systemen, sodass die Daten weiterhin manuell zusammengetragen werden müssen.

Neben einer Sensibilisierung der Mitarbeitenden kann auch eine *organisatorische Verankerung von Green IS* dafür sorgen, dass diese Themen in den Arbeitsalltag wie in die Prozesse einbezogen werden. Dies geschieht beispielsweise durch organisationsweite Projekte sowie Pflichtschulungen, regelmäßige Audits oder wie in einem Fall durch einen Update-Service, bei dem die Empfänger bestätigen müssen, die Mails gelesen zu haben. Bei einem der beiden Dienstleister

wurde zudem eine Konzerninitiative gestartet, in der jede Gesellschaft darlegte, was das Konzept Green IT für sie bedeutet und welche Handlungsoptionen bestehen.

Mit der COVID-19-Pandemie hat sich ein Großteil der Arbeitsprozesse durch *virtuelle Meetings und Remote-Work* digitalisiert. Infolgedessen wurden die Reiseaufwendungen sowohl für die alltägliche Arbeit als auch für anderweitige Veranstaltungen wie Schulungen und Seminare reduziert, wodurch insbesondere die damit verbundenen Emissionen vermieden werden können. Vor allem in Beratungsprojekten, welche nicht mehr regelmäßig beim Kunden vor Ort stattfinden, entfällt die Bereitstellung zusätzlicher Arbeitsplätze und Laptops seitens des Kunden. Sollten dennoch persönliche Beratungen stattfinden, was bei einer der interviewten IT-Beratungen in etwa 20% der Fälle zutrifft, wird darauf geachtet, dass die Projekte maximal anderthalb Stunden vom Wohnort der Berater entfernt sind. Zur Unterstützung dieser virtuellen Entwicklung hat die Umweltorganisation zum Beispiel ihre physischen Meetingräume mit vorhandener Hardware wie Mikrofonen und Bildschirmen ausgestattet, sodass für Meetings lediglich ein Laptop erforderlich ist.

Externer Markt

Andere Green IS-Maßnahmen wirken wiederum jenseits der internen Strukturen. Eine der interviewten IT-Beratungen bietet beispielsweise Konsumgüterherstellern ein umfangreiches *Lieferkettenmanagementsystem* an. Hierbei handelt es sich um eine cloudbasierte Plattform, die den Kunden eine verbesserte und möglichst automatisierte Übersicht über ihre gesamte Lieferkette ermöglicht und aus einem Dashboard sowie verschiedenen spezialisierten Tools besteht, welche unter anderem die Verbrauchswerte und Risiken von Lieferanten analysieren. Die Implementierung erfordert von den Beratern allerdings zunächst eine Analyse der bei dem Kunden bestehenden Datenlücken und Systemlandschaft, um die Plattform mit den anderen Systemen zu verknüpfen.

Zu den organisationsübergreifenden Maßnahmen zählen daher auch die *Bereitstellung von Energiemanagementsystemen*. Dies umfasst sowohl die Entwicklung solcher Systeme als auch deren Implementation beim Kunden, konkret in Lagerhallen oder Bürogebäuden, um den Energieeinsatz zu überwachen, Nachfrage und Verbrauch zu analysieren und so Optimierungen zu empfehlen. Teilweise werden diese Systeme auch für die Steuerung ganzer Infrastrukturen entwickelt, wie zum Beispiel ein Datacenter-Infrastructure-Management-System, in dem das Energiemanagement als Bestandteil einer effizienteren Nutzung des Rechenzentrums integriert ist.

Außerdem wird durch die Eintrag auf einer Plattform wie EcoVadis eine *externe Nachhaltigkeitsbewertung und Markttransparenz* realisiert. Dafür muss jährlich ein Fragebogen mit knapp einhundert branchenspezifischen Fragen ausgefüllt und entsprechende Nachhaltigkeitsbe-

richte angehängt werden. Die verschiedenen Aktivitäten des Unternehmens in den Bereichen Umweltschutz, Governance und Compliance, Ethik sowie Arbeits- und Menschenrechte werden daraufhin von EcoVadis geprüft und mit einer Punktzahl und einem dazugehörigen Siegel bewertet. Diese Informationen können die Lieferanten und Kunden nutzen, um ihre Kooperationen zu beurteilen und gezielt nachhaltig zertifizierte Partner auszuwählen. Durch die Bewertung entsteht zudem ein direkter Vergleich zwischen den Branchenakteuren, der sie dazu motivieren könnte, ihre eigenen Nachhaltigkeitspraktiken zu optimieren.

Green IS	IT-Abteilung	strategische Integration von Green IS
		Kommunikation und Schulungen
		Publikation von Forschungsarbeiten und Best Practices
		Einsatz von Energiemanagementsystemen
	Organisation	Ressourcenverbrauch messen und berichten
		organisatorische Verankerung von Green IS*
		virtuelle Meetings und Remote-Work
	externer Markt	Lieferkettenmanagementsystem*
		Bereitstellung von Energiemanagementsystemen*
		externe Nachhaltigkeitsbewertung und Markttransparenz*

Abbildung 7: Identifizierte Green IS-Maßnahmen

4.2 R-Prinzipien

Refuse

Mit dem größten Potenzial zur Reduktion des Material- und Ressourceneinsatzes beschreibt das Prinzip ‚Refuse‘ die bewusste Vermeidung von Produkten, indem diese gar nicht erst benötigt oder produziert werden. Ihre Funktion wird dabei entweder vollständig aufgegeben oder anderweitig erfüllt. In der Praxis zeigen sich diese Alternativen unter anderem als digitale Lösungen, etwa durch die Digitalisierung von Verwaltungsprozessen, wodurch der Einsatz von Papier, beispielsweise in Lieferungen, Lohnabrechnungen oder der Buchhaltung, vermieden wird. Damit entfällt zudem der Versand von Briefen und die Prozesse werden optimiert. Ein ‚Refuse‘ kann auch, wie im Fall eines interviewten Beraters geschehen, dessen Kunde aufgrund der virtuellen Beratung keine zusätzlichen Laptops mehr benötigt, die er den Beratern wie früher hätte bereitstellen müssen. Außerdem wird die gesamte Hardware für eigene Rechenzentren sowie der regelmäßige Austausch dieser vermieden, wenn die physische Infrastruktur von einem Cloudanbieter übernommen wird. Allerdings entspricht dies nicht vollständig der Definition von dem

Prinzip ‚Refuse‘ nach Potting et al. (2017), da die Funktion der Rechenleistung nicht durch ein grundlegend anderes Produkt ersetzt wird.

„Instead of that, we don't buy any more switches, servers, hard drives that we have to replace regularly, et cetera. It was huge. Some may argue that [Cloud-Provider] is doing that for us. That's true, but at least it's mutualized with other customers” (ID08)

Rethink

Die bestehende Infrastruktur des Rechenzentrums wird stattdessen, im Sinne des Prinzips ‚Rethink‘, von mehreren Kunden des Cloudanbieters gemeinsam genutzt. Der Produktnutzen dieser Hardware wird dadurch intensiviert, während die Funktion gleichbleibt und insgesamt weniger Geräte gebraucht werden. Daher tragen ebenfalls SaaS-Anwendungen zur Umsetzung dieses Prinzips bei, indem die gleiche Softwarefunktionalität für mehrere Nutzer über eine zentrale Plattform bereitgestellt wird. Die interviewte Umweltorganisation hat aus diesem Grund unter anderem ein internes und weitreichendes Projekt durchgeführt, bei dem sie sich mit den unterschiedlichen Kommunikationstools ihrer Teams auseinandersetzten und sich dann auf die wesentlichen beschränkten. Auf eine ähnliche Weise kann der Einsatz von Hardware reduziert werden, wenn die Zahl an Nutzern pro Gerät wie etwa einem Drucker oder allgemein Konferenztechnik optimiert bzw. größer wird. Zu diesem kritischen Hinterfragen gehört es außerdem, eigenbetriebene Anwendungen zu konsolidieren, sodass redundante Systeme abgebaut und in ein zentrales überführt werden. Darüber hinaus kann durch die Virtualisierung in Rechenzentren erreicht werden, dass nicht mehr nur eine einzelne Anwendung auf einem physischen Server betrieben wird, sondern mehrere Anwendungen parallel in virtuellen Maschinen auf derselben Hardware laufen. Dadurch wird die vorhandene Rechenleistung intensiver genutzt und Hardware nur noch bedarfsgerecht eingesetzt. Rechenzentren müssen dementsprechend nicht mit einer derartigen Überkapazität geplant, sondern so dimensioniert sein, dass vorhandene Server virtuell genutzt und gleichzeitig den künftigen Anforderungen gerecht werden.

Reduce

Während alle R-Prinzipien auf unterschiedliche Weise dazu beitragen, die Nutzung natürlicher Ressourcen und Materialien zu reduzieren, bezieht sich jedoch das Prinzip ‚Reduce‘ spezifisch auf die Effizienzsteigerungen bei einer gleichbleibenden Produktfunktion. Hierbei wird unter anderem zwischen der Herstellung und der anschließenden Verwendung eines Produktes unterschieden. In den Interviews zeigte sich das Prinzip allerdings nur in der Phase der Nutzung, insbesondere in Bezug auf die Energieeffizienz und den damit einhergehenden Emissionen. Dies beginnt bereits bei der Anforderung sowie der Auswahl energieeffizienter Hardware für den IT-Betrieb. Dort kann außerdem Energie gespart werden, wenn Anwendungen von Anfang so entwickelt werden, dass sie weniger Rechenaufwand verursachen. Bestehende Anwendun-

gen wiederum können sowohl manuell anhand von Leitfäden und Prinzipien als auch durch den Einsatz spezialisierter Analysesysteme so optimiert werden, dass sie den Energiebedarf im laufenden Betrieb senken.

„[Die KI] geht den Code durch und guckt, wo dann irgendwie Sackgassen sind oder falsche Werte aufgerufen und gibt einen Hinweis [. . .]. Und daraus ergibt sich natürlich, wenn die Software effizienter läuft, dass sie auch weniger Ressourcen braucht“ (ID03)

Ein effizientes Datenmanagement kann diesen Verbrauch ebenfalls verringern. Entscheidend ist dabei insbesondere die Anzahl der Orte, an denen redundante Daten gespeichert werden, sowie die Vermeidung lokaler Mehrfachspeicherungen. Die Reduktion des Datenbestandes lässt sich zum Beispiel durch die Zentralisierung mehrfach verteilter Daten oder durch ein eigenständiges und regelmäßiges Löschen obsoleter Dokumente erreichen. Jedoch tragen auch digitale Lösungen zu diesem Prinzip bei. Sie können unter anderem dabei unterstützen, verbrauchsbezogene Informationen zu erfassen und auszuwerten, aber insbesondere Empfehlungen zur Optimierung des Energieeinsatzes zu geben. Solche Lösungen sind außerdem in energieintensiven Anlagen wie Rechenzentren relevant, in denen sich allerdings zahlreiche weitere Möglichkeiten zur Senkung des Verbrauches ergeben. Zum einen können virtuelle Systeme, welche keine konkrete Aufgabe mehr erfüllen, abgeschaltet werden, zum anderen sorgt eine gleichmäßige Verteilung der Rechenaufgaben auf mehreren Servern dafür, dass diese nur die tatsächlich benötigte Leistung bereitstellen und entsprechend ihrer Nutzung skaliert werden, wodurch unnötiger Energieverbrauch vermieden wird. Dies geschieht zudem durch den Einsatz containerbasierter Technologien, bei denen Rechenressourcen dynamisch zugewiesen und nach Abschluss der Aufgaben wieder freigegeben werden.

Reuse

Zur Verlängerung der Nutzungsdauer von Produkten oder Komponenten dieser kann unter anderem das Prinzip ‚Reuse‘ angewandt werden. Es handelt sich dabei um die Weitergabe von Produkten, welche zwar bereits genutzt wurden, aber noch voll funktionsfähig sind. Sie erfüllen weiterhin ihre ursprüngliche Aufgabe und werden lediglich von einem anderen Nutzer verwendet. Dies kann zum Beispiel durch Spenden gebrauchter Hardware wie Laptops an gemeinnützige Organisationen, ehrenamtliche Gruppen oder soziale Einrichtungen geschehen. Dadurch werden nicht nur Material und Ressourcen für einen möglichen Neukauf eingespart, sondern zusätzlich auch ökonomisch schlechter gestellte Personen mit funktionsfähigen Geräten versorgt. Ein Interviewpartner berichtete wiederum von Lehrstühlen, die ihre Hardware, welche nicht mehr für die leistungsintensiven Aufgaben im universitären Rechenzentrum geeignet war, an andere Institutionen weitergaben, die keine derart anspruchsvollen Berechnungen durchführen. In Rechenzentren kann zudem ein indirektes ‚Reuse‘ erfolgen, indem Wasser, das zuvor zur Kühlung eingesetzt wurde, beispielsweise erneut für die Beheizung von Privathaushalten genutzt wird.

Hierbei handelt es sich jedoch nicht um die Wiederverwendung eines Produkts, sondern um die einer Ressource, welche außerdem ihre ursprüngliche Funktion nicht mehr erfüllt.

Repair

Erweist sich ein Gerät jedoch als defekt, besteht gegebenenfalls die Möglichkeit, es zu reparieren. Mit dem Prinzip ‚Repair‘ wird die gezielte Wiederherstellung der Funktionsfähigkeit eines beschädigten Produkts bezeichnet, um seine Nutzungsdauer zu verlängern und damit Ressourcen zu schonen, anstatt es vorzeitig zu ersetzen. In der Praxis beginnt dies ebenfalls damit, die Reparierbarkeit von Hardware bereits beim Neukauf als ein entscheidendes Kriterium zu berücksichtigen und Reparaturbedarfe während der Nutzung frühzeitig zu entdecken. Sollte demnach trotzdem ein Defekt an einem Gerät auftreten, der behoben werden kann, lässt sich dieser entweder von einem externen Reparaturdienst oder selbständig reparieren. Neben den längeren Lieferzeiten, die für einzelne Hardwarekomponenten einkalkuliert werden müssen, ergeben sich nach Angaben einiger Interviewpartner weitere Probleme:

„Ich habe auch ein MacBook. Die sind nicht gerade bekannt dafür, dass sie in den letzten Jahren besser reparable wurden, sondern mit dem ganzen Verkleben eher das Gegenteil“

(ID09)

Bei dem Versuch, ein Gerät selbst zu reparieren, zeigen sich außerdem die vom Hersteller veröffentlichten Reparaturanleitungen häufig als unzureichend, wodurch eine Wiederherstellung der Funktionsfähigkeit nur begrenzt gelingt. Folglich müssen Nutzer oftmals auf offizielle Reparaturdienstleister des Herstellers oder autorisierte Drittanbieter zurückgreifen, um einen Defekt zu beheben. Abgesehen von der Reparatur von Hardware kann auch die Funktionalität von Anwendungen durch Fehlerbehebungen oder Updates sichergestellt werden.

Refurbish

Während eine Reparatur den Defekt eines Produkts voraussetzt, können diese jedoch im Rahmen des Prinzips ‚Refurbish‘ auch unabhängig von einem Schaden wiederaufbereitet werden. Dazu werden die gebrauchten aber noch funktionsfähigen Produkte einerseits systematisch geprüft sowie überarbeitet und andererseits technisch auf den aktuellen Stand gebracht. Die Aufwertung verlängert damit nicht nur die Lebensdauer des Produkts, sondern passt es auch den Anforderungen neuer Einsatzmöglichkeiten an, um das Produkt auf dem Markt weiterverkaufen zu können. Bei einem der beiden Dienstleister und dem dazugehörigen Konzern werden nach Aussage des Interviewpartners zum Beispiel 80 % der jährlich 100.000 entsorgten Endgeräte bei einem Verwerter erfolgreich wiederaufbereitet. Dabei können Geräte, von Smartphones über Laptops und Bildschirme bis hin zu Switches, bei spezialisierten Refurbishern sowohl erworben als auch zur Aufbereitung abgegeben werden, wo sie mit entsprechender Software und Benutzerfreundlich-

keit wieder in Einklang gebracht werden. Außerdem bieten einige Hersteller von Hardware selbst sogenannte Refurbishment-Programme an. Die interviewte Umweltorganisation hat diesbezüglich ein umfangreiches Projekt gestartet, bei dem möglichst alle Nutzer mit wiederaufbereiteten Geräten versorgt werden. Zwar werden die Geräte meist unterhalb des eigentlichen Neupreises erworben, während der Nutzung können allerdings zusätzliche Kosten entstehen, da sie anfälliger für Ausfälle sind. Außerdem können die Geräte im Laufe ihrer Nutzung ihr technisches Limit erreichen, beispielsweise aufgrund anderer Anforderungen neuer Windows-Versionen, was einen erneuten Einsatz im Sinne dieses Prinzips allerdings nicht ausschließt.

Remanufacture

Die Nutzungsdauer eines Produkts kann zudem auch nach dem Prinzip ‚Remanufacture‘ verlängert werden. Funktionsfähige Komponenten werden dafür aus unbrauchbaren Produkten entnommen und in anderen mit einer gleichen Funktion wieder eingesetzt. Nach Potting et al. (2017) bezieht sich das Prinzip auf die Aufwertung bereits genutzter Produkte sowie auf die Herstellung komplett neuer Produkte, um den Einsatz weiterer Materialien möglichst gering zu halten. In den analysierten Interviews wurde allerdings kein Beispiel identifiziert, welches diesem Prinzip eindeutig zugeordnet werden können. Bei der Umweltorganisation werden zwar einzelne Teile kaputter Hardware an eine Flüchtlingsunterkunft gespendet, doch dabei dienen sie in der Regel nicht der Wiederaufbereitung eines Geräts, sondern sollen in erster Linie die Personen mit dieser Thematik vertraut machen und praktische Aufgaben ermöglichen.

Repurpose

Ein bereits ausgedientes Produkt oder dessen Komponenten können außerdem zu einem neuen Zweck genutzt werden, welcher sich von der ursprünglichen Funktion unterscheidet. Dies wird im Kontext der Kreislaufwirtschaft unter dem Prinzip ‚Repurpose‘ beschrieben, bei dem selbst ganze Produkte nach dem Ende ihrer eigentlichen Nutzung einer alternativen Funktion zugeführt werden, um den verbleibenden materiellen Wert weiter zu nutzen. Hinsichtlich dieses Prinzips konnten in den geführten Interviews ebenfalls keine expliziten Aussagen identifiziert werden.

Recycle

Sollte eine Verlängerung der Nutzungsdauer eines Produkts unter anderem nicht mehr möglich sein, können die darin enthaltenen Materialien allerdings noch sinnvoll genutzt werden. Das Prinzip ‚Recycle‘ bezeichnet dabei die Verwertung dieser Materialien, indem sie aus den entsorgten Produkten zurückgewonnen, aufbereitet und als Sekundärrohstoffe erneut in Produktionsprozesse eingebracht werden. Im aktuellen Nachhaltigkeitsbericht von einem der beiden interviewten Dienstleister wird ‚Recycle‘ im Zusammenhang mit der Entsorgung von Hardware

sowie der nachgelagerten Wertschöpfungskette zwar kurz benannt, jedoch nicht weiter konkretisiert. Darüber hinaus ließen sich weder in diesem noch in den weiteren Interviews Aktivitäten identifizieren, welche diesem Prinzip zugeordnet werden können.

Recover

Mit dem geringsten Potenzial, einen weiteren Material- und Ressourceneinsatz zu vermeiden, impliziert das Prinzip ‚Recover, die Verbrennung von Materialien, um daraus Energie für andere Produktionen zu gewinnen. In den neun durchgeführten Interviews wurden hierzu ebenfalls keine praxisbezogenen Beispiele genannt.

5 Diskussion

Die Umsetzung digitaler Nachhaltigkeitsmaßnahmen konzentriert sich in der Praxis, trotz der unterschiedlichen Organisationstypen und Wertschöpfungen, auf wenige zentrale Aspekte. Zum einen haben alle interviewten Unternehmen ein großes Interesse daran, den Energieverbrauch innerhalb des IT-Betriebes zu senken damit gleichzeitig Kosten zu reduzieren, ohne den laufenden Betrieb wesentlich zu beeinträchtigen. Die Voraussetzung dafür ist allerdings sowohl die Beschaffung energieeffizienter Hardware und IT-Services als auch eine umfassende Sensibilisierung der Verantwortlichen, um sie mit der Thematik vertraut zu machen und sie bei der Umsetzung zu unterstützen. Zum anderen sind die Unternehmen aufgrund gesetzlicher Vorgaben, wie dem Energieeffizienzgesetz und der CSRD, dazu verpflichtet, diesen Verbrauch bzw. sämtliche Auswirkungen zu erfassen und zu berichten. Dies stellt viele Unternehmen vor große Herausforderungen, welche sie beispielsweise einfach umgehen, indem sie unter anderem von eigenen Rechenzentren auf Cloud-Dienste wechseln, oder externe Unterstützungen durch digitale Lösungen sowie Beratungsunternehmen in Anspruch nehmen. Für die Beratungen stellen solche Projekte ebenfalls Nachhaltigkeitsmaßnahmen dar, die im Vergleich zu anderen Beratungsprojekten zwar in einem geringeren Umfang stattfinden, jedoch neue Rollen, wie die eines Nachhaltigkeitsberaters, schaffen. Entsprechend dazu entstanden in den meisten interviewten Unternehmen auch die Position des Nachhaltigkeitsmanagers, der die Durchführung dieser Maßnahmen koordiniert und zugleich in die übergeordnete Nachhaltigkeitsstrategie integriert. Beide dieser Aspekte werden von der in Kapitel 4.1 identifizierten Maßnahme der ‘strategischen Integration von Green IS’ umfasst, da sie Nachhaltigkeit einerseits strategisch in der IT-Funktion und andererseits langfristig in der Gesamtorganisation verankern. Digitale Nachhaltigkeitsmaßnahmen bauen daher nicht nur aufeinander auf, sodass die Umsetzung einer Maßnahme, die einer weiteren erleichtert, sondern weisen oftmals auch inhaltliche Überschneidungen auf. Zum Beispiel wirken die Umweltauflagen an einen Dienstleister gleichzeitig als produktbezo-

gene Beschaffungskriterien, da dessen Arbeitsweise und die Eigenschaften des Produkts nicht klar voneinander unterschieden werden können.

In der Analyse der Interviews wurden darüber hinaus sieben Maßnahmen identifiziert, die weder den von Potting et al. (2017) beschriebenen Green IT- noch den Green IS-Maßnahmen zuzuordnen sind, sondern sich induktiv aus dem Datenmaterial ergeben haben. Während das ‚Cloud-Workload-Management‘ lediglich von der Umweltorganisation umgesetzt wurde, wofür die entsprechenden Funktionen seitens des Cloud-Anbieters bereitgestellt werden müssen, wurde die ‚externe Nachhaltigkeitsbewertung und Markttransparenz‘ von den meisten Unternehmen, insbesondere von den IT-Beratungen, genannt. In der Praxis ist eine solche Bewertung der Nachhaltigkeitsaktivitäten durch eine zentrale Plattform wie EcoVadis bereits stark etabliert und dient gezielt der Darstellung und Vermarktung dieser Aktivitäten. Wohingegen intern eine ‚organisatorische Verankerung von Green IS‘ durch beispielsweise vermehrte verpflichtende Schulungen und weitreichende Initiativen sowie verschiedener Compliance-Projekte für alle Mitarbeitenden stattfinden.

Eine Bedingung für einen ressourcen- und materialschonenden IT-Betrieb ist daher die bewusste Beschaffung von Hardware und IT-Services. Die Anforderungen an Lieferanten sowie die entscheidenden Kriterien ihrer Produkte können nicht nur den Verbrauch natürlicher Ressourcen für den Herstellungsprozess und die anschließende Nutzung direkt reduzieren, sondern, wie in Tabelle 3 dargestellt, auch indirekt dazu beitragen, dass die bereits genutzte Hardware später repariert oder wiederaufbereitet werden kann. Dazu können zum Beispiel Refurbishment-Programme und eine gewisse Reparierbarkeit der Geräte von den Herstellern gefordert werden, wodurch wiederum ein ‚Reuse‘ und ‚Repair‘ dieser Hardware möglich ist. Obwohl Green IT-Maßnahmen, insbesondere die während des Betriebs, darauf abzielen den Energieverbrauch zu senken, bewirken auch sie zudem die Umsetzung eines weiteren Prinzips. Mit einer umfangreichen ‚Inventarisierung der Hardware‘ wird eine Übersicht über sämtliche Geräte geschaffen, die es einerseits ermöglicht Schätzwerte bezüglich des Energieeinsatzes zu geben und andererseits die Nutzung einzelner Geräte durch mehr Personen zu intensivieren. Damit sind weniger Geräte im Einsatz, welche regelmäßig ausgetauscht werden müssen. Auf eine ähnliche Weise kann die Virtualisierung in Rechenzentren, die eine ‚bedarfsgerechte Anpassung von Server- und Speicherkapazitäten‘ voraussetzt, dazu beitragen, dass ein physischer Server, anstatt einer, mehrere Anwendungen betreibt. Zusätzlich fördert diese Maßnahme mit der Abschaltung von Ghostsystemen eine Effizienzsteigerung des Rechenzentrums im Sinne des Prinzips ‚Reduce‘. Entsprechend der Aktivitäten hinsichtlich der Hardwarebeschaffung implizieren die Maßnahmen ‚Reparatur von Hardware‘ und ‚Hardware Refurbishment‘ nicht nur die beiden zugehörigen Prinzipien, sondern fördern indirekt auch das Prinzip ‚Reuse‘, da die Geräte nach der Reparatur oder dem Refurbishment sowohl innerhalb der Organisation verbleiben als auch vom jeweiligen Wiederaufbereiter auf dem Markt weiterverkauft werden können.

Tabelle 3: Zusammenhänge zwischen digitalen Nachhaltigkeitsmaßnahmen und R-Prinzipien

			R00	R01	R02	R03	R04	R05	R06	R07	R08	R09	
Green IT	Beschaffung	Umweltanforderungen für Lieferanten			X	X		X					
		ökologische Beschaffungskriterien			X	X	X						
		Bezug von refurbished Hardware				X		X					
	Betrieb	Green IT-Aktionsplan			X								
		Inventarisierung der Hardware		X	X								
		Green Coding			X								
		Reduzierung gespeicherter Daten			X								
		Cloud-Workload-Management			X								
		Scheduling- und Workload-Management			X								
		Anpassung von Server- & Speicherkapazitäten		X	X								
		Monitoring des Energieverbrauchs der Server			X								
		Entsorgung	Verlängerung der Lebensdauer von Hardware				X						
	Reparatur der Hardware					X	X						
Hardware Refurbishment					X		X						
Green IS	IT-Abteilung	strategische Integration von Green IS			X								
		Kommunikation und Schulungen		X	X								
		Publikation Forschungsarbeiten & Best Practices			X								
		Einsatz von Energiemanagementsystemen			X								
	Organisation	Ressourcenverbrauch messen und berichten			X								
		organisatorische Verankerung von Green IS		X	X								
		virtuelle Meetings und Remote-Work	X	X	X								
	externer Markt	Lieferkettenmanagementsystem			X								
		Bereitstellung von Energiemanagementsystemen		X	X								
Nachhaltigkeitsbewertung & Markttransparenz				X									

Die ‚strategische Integration von Green IS‘ ermöglicht, ähnlich zu der Entwicklung eines Aktionsplans und der Veröffentlichung von Forschungsarbeiten, keine direkte Umsetzung der R-Prinzipien, doch unterstützt dies, indem sie die Grundlage für weitere Maßnahmen schaffen. In den Interviews wurden hierzu allerdings nur Beispiele im Rahmen des Prinzips ‚Reduce‘ genannt, welche sich hauptsächlich auf die Dekarbonisierung und Energieeffizienz des IT-Betriebes beziehen. Während die Maßnahme ‚Kommunikation und Schulungen‘ solche Themen mithilfe von Newslettern und freiwilligen Veranstaltungen ebenfalls vermitteln, können die Verantwortlichen in der IT-Abteilung auch gezielt durch Ansätze wie dem Quickcheck in Richtung Thin-Ops sensibilisiert werden. Bestehende Anwendungen werden dabei möglichst kritisch hin-

terfragt, wodurch die Nutzung dieser optimiert und die zugrunde liegende Rechenleistung gemäß ‚Rethink‘ intensiver verwendet wird. Außerdem kann der ‚Einsatz von Energiemanagementsystemen‘ zwar zur Umsetzung von ‚Reduce‘ durch die Bereitstellung an Informationen beitragen, das Prinzip jedoch auch direkt ermöglichen, wenn gleichzeitig Empfehlungen zur Optimierung des Verbrauches gegeben werden. Mit virtuellen Treffen oder dem Remote-Work werden hingegen Ressourcen eingespart, die andernfalls für Fahrten aufgewendet worden wären. Allerdings findet damit auch ein ‚Refuse‘ von Material statt, da, wie im bereits beschriebenen Fall des Beraters, dessen Kunde keinen zusätzlichen Laptop und Arbeitsplatz mehr zur Verfügung stellen muss. Des Weiteren zeigt die Umweltorganisation, dass diesbezüglich Hardware auch gemeinschaftlich genutzt werden kann, indem sie für ihre Mitarbeitenden einen Konferenzraum mit ausgestatteter Technik bereitstellen. Zu dem Prinzip ‚Rethink‘ gehört allerdings auch die Herstellung multifunktionaler Produkte. Der interviewte Softwarehersteller hat beispielsweise aus einem ursprünglich projektorientierten Netzwerk-Management-Tool ein umfassenderes Produkt entwickelt, das zusätzlich ein Energiemanagementsystem für Rechenzentren beinhaltet. Die ‚externe Nachhaltigkeitsbewertung und Markttransparenz‘ kann darüber hinaus nicht nur die eigene Organisation, sondern auch Kunden, Lieferanten oder andere Wettbewerber dazu motivieren, sich selbst und den Einsatz von Materialien und Ressourcen kontinuierlich zu optimieren.

Die Analyse des Zusammenhangs zwischen den identifizierten digitalen Nachhaltigkeitsmaßnahmen und den Prinzipien der Kreislaufwirtschaft zeigt, dass diese Maßnahmen die Umsetzung der Prinzipien auf unterschiedliche Weise unterstützen. Green IT-Maßnahmen ermöglichen für den IT-Betrieb auf der einen Seite direkte Effekte bezüglich der Effizienzsteigerung durch die Reduzierung des Ressourceneinsatzes und der Vermeidung redundanter Systeme. Dies geschieht in der Regel, wenn Prozesse optimiert oder Technologien implementiert werden, welche diesen Einsatz effizienter steuern. Auf der anderen Seite weisen die Maßnahmen hinsichtlich der Beschaffung und Entsorgung von Hardware auch Potenzial zur Unterstützung von Prinzipien außerhalb des IT-Betriebs auf. Mit dem Refurbishment und Erwerb von refurbished Hardware erfolgt nämlich nicht nur ein weiteres Produktleben, sondern es wird zudem die Nachfrage bzw. der Neukauf eines Geräts vorerst gemieden. Außerdem können die Anforderungen an Lieferanten dazu führen, dass diese neben ihren eigenen Prozessen auch ihre Produkte selbst, entsprechend der ersten drei Prinzipien, anpassen. Ein ‚Rethink‘ eines Produkts findet im Kontext von Green IT allerdings nicht auf Ebene der Produktgestaltung, sondern während dessen Nutzungsphase durch den Einsatz digitaler Lösungen statt, welche die Nutzung eines Geräts intensivieren. Die Verlängerung der Nutzungsdauer von Hardware mittels einer umfangreichen Wiederaufbereitung hinsichtlich ‚Remanufacture‘ oder ‚Repurpose‘ wird jedoch durch die von Loeser (2013) identifizierten Green IT-Maßnahmen ebenfalls nicht erreicht. Hingegen kann die IT-Abteilung ein ‚Recycle‘ ermöglichen, indem ausgemusterte und vor allem nicht mehr reparierbare Geräte an einen spezialisierten Recycleservice übergeben werden.

Die Green IS-Maßnahmen, welche aus den Interviews herausgearbeitet wurden, ergänzen diesen Ansatz, da sie die R-Prinzipien ebenfalls direkt sowie indirekt, allerdings auf einer strategischen Ebene, unterstützen. Während die Maßnahmen innerhalb der IT-Abteilung hauptsächlich darauf ausgelegt sind, eine Informationsgrundlage durch Sensibilisierung, Best Practices und Verantwortlichkeiten zu schaffen, wird damit lediglich eine effizientere Nutzung von Ressourcen bewirkt. Stattdessen fördern sie auf diese Weise die Durchführung anderer Green IS- sowie Green IT-Maßnahmen wie den ‚Einsatz von Energiemanagementsystemen‘ oder der ‚bedarfsgerechte Anpassung von Server- und Speicherkapazitäten‘, welche wiederum zu weiteren Prinzipien beitragen. Auf der organisatorischen Ebene werden daher mithilfe digitaler Lösungen Arbeitsweisen und Prozesse so weit verändert, dass dadurch zum Beispiel der Hardwareeinsatz in einem anderen Unternehmen geringer wird. Obwohl alle diese Maßnahmen in verschiedene Ausprägungen eine Effizienzsteigerung des Produktnutzens erzielen, können sie in Einzelfällen auch eine effektive und gemeinschaftliche Verwendung gemäß des Prinzips ‚Rethink‘ ermöglichen. Diesbezüglich können auch einzelne Softwareprodukte um neue Funktionen und Anwendungsbereiche erweitert werden, um die Auslastung bestehender Produkte zu erhöhen.

Die zehn R-Prinzipien von Potting et al. (2017) beziehen sich zwar primär auf den Materialfluss von physischen Produkten, allerdings bietet die Nachhaltigkeit *durch* IT im Sinne von Green IS aufgrund der weitreichenden Umweltwirkungen das größere Potenzial die Prinzipien der Kreislaufwirtschaft bei der Umsetzung zu unterstützen. Trotz dessen, dass in den Interviews nur Zusammenhänge von Green IS-Maßnahmen mit Prinzipien von ‚R0‘ bis ‚R2‘ und keine hinsichtlich der Verlängerung der Produktlebensdauer erfasst wurden, stellen jene Maßnahmen die Mittel und Mechanismen zur Verfügung, welche oftmals erst die Nachhaltigkeit *in* der IT ermöglichen. Die Effekte der Maßnahmen greifen dabei über den IT-Betrieb hinaus und tragen indirekt zu Prinzipien außerhalb der eigenen Organisation bei. Außerdem schafft der Einsatz digitaler Technologien, wie es Rehmann et al. (2023) in ihrer Arbeit bereits betonten, die notwendige Transparenz, um beispielsweise den Ressourcenstrom in Rechenzentren oder den Lebenszyklus von Hardware nachzuverfolgen. Sollten die Geräte oder Systeme selbst möglichst nachhaltig gestaltet worden sein, verstärken sie nur diese Effekte und wirken multiplikativ auf die Prinzipien. Ein unmittelbarer Einfluss von Innovationen der Kreislaufwirtschaft auf Maßnahmen der digitalen Nachhaltigkeit wurde im Rahmen dieser Forschung nicht explizit untersucht. Dennoch lassen die Aussagen der Interviewpartner darauf schließen, dass vermehrt Möglichkeiten zur Rücknahme und Wiederverwendung von Hardware bereitgestellt werden. Viele der identifizierten Maßnahmen zielen unter anderem darauf ab, die Lebensdauer von Produkten zu verlängern, indem allerdings die Hardware, beispielsweise durch Awareness oder Inventarisierung, möglichst lange genutzt und deren Entsorgung hinausgezögert wird. Ein solches Prinzip findet sich im 9R-Framework bislang nicht wieder, obwohl es erhebliches Potenzial zur Reduzierung von Materialeinsatz bieten würde.

Angesichts gesetzlichen Vorgaben und wachsendem öffentlichen Druck sind Unternehmen zunehmend verpflichtet, ihre ökologischen Auswirkungen zu erfassen und offenzulegen. Sie tragen die Verantwortung für ihr Handeln, weshalb digitale Nachhaltigkeitsmaßnahmen nicht nur den IT-Betrieb betrifft, sondern auch das Management, Stakeholder sowie einzelne Fachabteilungen und Nutzer. Die in Kapitel 4.1 identifizierten Maßnahmen bieten hierfür eine praxisnahe Orientierung, indem sie zeigen, welche Maßnahmen auf welche Weise aktuell umgesetzt werden und wie diese funktional zusammenhängen. Auf Basis dessen sollten die Maßnahmen gut überlegt und schrittweise bzw. kaskadenartig eingeführt werden, anstatt sie sofort vollständig umsetzen zu müssen. Gleichzeitig zeigt diese Arbeit sowohl durch die Einordnung der R-Prinzipien in den Kontext digitaler Services und Technologien als auch durch die ergänzende Zusammenhangsanalyse auf, wie sich die Prinzipien der Kreislaufwirtschaft konkret in der Umsetzung digitaler Nachhaltigkeitsmaßnahmen widerspiegeln. Damit werden die Maßnahmen vergleichbar und eine Priorisierung dieser hinsichtlich zirkulärer Ansätze erleichtert.

„[Circular Economy] must be understood as a fundamental systemic change instead of a bit of twisting of the status quo to ensure its impact“ (Kirchherr et al., 2017)

Einen ähnlichen Beitrag leistet die vorliegende Arbeit ebenfalls für weiterführende Forschungen. Mit den induktiv herausgearbeiteten Maßnahmen sowie den untersuchten Zusammenhängen wird das in der wissenschaftlichen Literatur teilweise inflationär verwendete Konzept der digitalen Nachhaltigkeit weiter präzisiert. Insbesondere die Differenzierung zwischen Green IT und Green IS sowie deren jeweilige Unterstützung hinsichtlich der Kreislaufwirtschaft trägt zu einer konzeptionellen Schärfung dieser Begriffe bei und erweitert deren theoretische Einordnung. Darüber hinaus können zukünftige Forschungen auf diesen Zusammenhängen weiter aufbauen. Das Policy-Assessment-Framework von Potting et al. (2017) bietet beispielsweise eine geeignete Struktur, um die Transformation hin zu einer Kreislaufwirtschaft umfassend zu bewerten. Die Ergebnisse dieser Arbeit liefern bereits einen ersten Beitrag zur Darstellung der Beziehung zwischen den Maßnahmen (Activities) und den Prinzipien (Achievements), auf deren Grundlage in einem nächsten Schritt die tatsächlichen Effekte (Effects) auf Materialeinsatz und Ressourcenverbrauch untersucht werden können (Potting et al., 2017).

Die Entscheidung für eine qualitative Forschungsmethode auf Grundlage leitfadengestützter Interviews hat sich im Verlauf der Arbeit als sinnvoll erwiesen, da aktuell umgesetzte digitale Nachhaltigkeitsmaßnahmen in der Praxis weder einheitlich versanden noch klar operationalisiert sind. Der explorative Ansatz ermöglichte es, diese Maßnahmen in der Analyse um die Perspektive der Kreislaufwirtschaft zu erweitern und deren Potenzial zur Unterstützung einzelner R-Prinzipien herauszuarbeiten. Zwar konnten induktiv sieben Maßnahmen identifiziert werden, doch die Kodierung orientierte sich ausschließlich an den Ergebnissen der Literaturanalyse von Loeser aus dem Jahr 2013. Einerseits hat sich seitdem das Bewusstsein hinsichtlich dieser Thematik stark verändert, andererseits sind Maßnahmen wie ‚Green Coding‘ oder die ‚Bereit-

stellung von Energiemanagementsystemen' in der Literatur sowie in der Praxis bereits bekannt, wurden von Loeser damals jedoch nicht berücksichtigt. Entsprechend seiner Auffassung wurden die beiden interviewten IT-Dienstleister unabhängig ihrer Organisationsform funktional als der IT-Betrieb dessen Großkonzerns verstanden. Dadurch wurden deren Green IS-Maßnahmen, welche auf die gesamte Organisation gerichtet waren, auch als solche identifiziert. Hinsichtlich der Studiengüte einer qualitativen Inhaltsanalyse war die Auditierbarkeit nicht in allen Fällen vollständig gegeben, da zahlreiche weitere Maßnahmen in den Interviews erwähnt, jedoch nicht ausreichend konkret beschrieben wurden, um sie in Kapitel 4.1 zu berücksichtigen. Zudem wurden einzelne Maßnahmen teilweise in einer zusammengefasst, ohne dass dies jedes Mal explizit begründet werden konnte. Die Zuordnung der Maßnahmen zu den R-Prinzipien basiert darüber hinaus ausschließlich auf den Aussagen der Interviewpartner und stellt somit keine umfassende Wirkungsanalyse dar, wodurch zusätzliche Zusammenhänge unberücksichtigt geblieben sein könnten. Außerdem war für die Zusammenhangsanalyse nicht relevant, wie häufig Überschneidungen auftraten, sondern lediglich, ob sie überhaupt vorkamen, um die Komplexität der Analyse zu reduzieren und klare Zuordnungen zu ermöglichen. Neben dem 9R-Framework von Potting et al. (2017) hätte auch ein alternatives Modell wie das ReSOLVE-Framework der Ellen MacArthur Foundation herangezogen werden können. Im Vergleich zu den R-Prinzipien stehen bei dem Modell zwar digitale Nutzungskonzepte und strategische Innovationen im Fokus, allerdings ermöglicht das 9R-Framework eine höhere analytische Präzision und Trennschärfe bei der Zuordnung einzelner Maßnahmen (Ellen MacArthur Foundation, 2015).

Die Ergebnisse dieser Forschung sind daher eng an dem methodischen Vorgehen gebunden, welches einige Limitationen einschließt. Zunächst ist zu berücksichtigen, dass die Auswahl der sechs Unternehmen, abgesehen von den wenigen Ausschlusskriterien, willkürlich erfolgte, weshalb es sich um eine begrenzte Gelegenheitsstichprobe handelt. Aus diesem Grund sind die Ergebnisse nicht repräsentativ für die Grundgesamtheit aller Unternehmen. Die interviewten Unternehmen stammen zudem ausschließlich aus der IT-Branche und haben bereits Erfahrungen mit digitalen Nachhaltigkeitsmaßnahmen. Dadurch kann ein Selektionsbias entstehen, da vor allem Unternehmen mit einer gewissen Affinität zu dieser Thematik an den Interviews teilgenommen haben. Darüber hinaus wurde je Unternehmen nur ein Interview geführt, sodass interne Differenzen oder alternative Perspektiven innerhalb der Unternehmen nicht abgebildet werden können. Die Aussagen spiegeln damit vor allem die subjektive Sichtweise der jeweiligen Interviewpartner wider. Hinzu kommt, dass die drei zusätzlichen Interviews mit der Umweltorganisation bereits 2023 von einer anderen Person erhoben wurden und damit die Vergleichbarkeit der Daten bzw. der Maßnahmen einschränkt. Es wurden zwar einzelne Dokumente wie Nachhaltigkeitsberichte für die Analyse mit einbezogen, allerdings erfolgte keine umfassende Triangulation weiterer Datenquellen. Die Analyse der Daten basiert damit hauptsächlich auf den Aussagen der Interviewpartner. Eine Intercoder-Reliabilität wurde zudem nicht angewendet, weshalb die

Kodierungen trotz des systematischen sowie regelgeleiteten Vorgehens nach Kuckartz & Rädiker (2022) auf subjektiven Interpretationen beruhen und mögliche Verzerrungen nicht ausgeglichen werden konnten. Dies ist insbesondere zu beachten, da die Maßnahmen nicht nur deduktiv, sondern zum Teil auch induktiv aus den Interviewdaten herausgearbeitet wurden und in ihrer Umsetzung nur eine Momentaufnahme darstellen. Außerdem finden die Maßnahmen hauptsächlich im Kontext von IT-Unternehmen statt und wurden teilweise um die operative Perspektive einer Umweltorganisation ergänzt, wodurch Rückschlüsse auf private oder branchenspezifische Anwendungen nur begrenzt möglich sind.

6 Fazit

Obwohl sich digitale Nachhaltigkeitsmaßnahmen in der Praxis noch in einer frühen Phase der Nachhaltigkeitsentwicklung befinden, weisen sie bereits ein großes Potenzial zur Transformation in Richtung einer Kreislaufwirtschaft auf. Sie spielen dabei sogar oftmals eine Schlüsselrolle, indem sie die Umsetzung mehrerer Prinzipien der Kreislaufwirtschaft entweder direkt ermöglichen oder indirekt die Voraussetzungen schaffen, auf deren Grundlage diese realisiert werden können. Der Fokus bei der Durchführung dieser Maßnahmen liegt aktuell zwar noch primär auf der Reduzierung von Energieverbräuchen und Emissionen und weniger explizit auf den einzelnen R-Prinzipien, jedoch erfordert eine umfassende und erfolgreiche Kreislaufwirtschaft, wie in den Interviews sowie in der bestehenden Literatur vielfach hervorgehoben wird, eine gezielte Unterstützung durch IS. Dies geschieht in der Regel auf unterschiedlichen Weisen und kann ebenfalls als digitale Nachhaltigkeitsmaßnahmen bzw. Green IS verstanden werden. Aufgrund der rasanten technischen Entwicklungen in diesem Gebiet werden solche Maßnahmen daher künftig weiter an Bedeutung gewinnen und eine zentrale Funktion im organisatorischen Kontext zur Förderung zirkulärer Praktiken einnehmen. Insbesondere KI eröffnet dabei vielfältige neue Chancen. Allerdings darf in diesem Zusammenhang stets die Nachhaltigkeit *in* der IT nicht vernachlässigt werden, um eine sowohl ökologisch sinnvolle als auch langfristige Nutzung zu gewährleisten. Hierfür ist nicht allein die wissenschaftliche Auseinandersetzung entscheidend, sondern vor allem die Verantwortung von Herstellern und IT-Anbietern, durch Transparenz und nachhaltigen Lösungen, anstatt auf Effizienzsteigerungen auch auf effektive Beiträge hinzuwirken. Micheal Braungart predigte daher früh:

„If we make the wrong things perfect, we get them perfectly wrong”

(Braungart, zitiert nach Nebel, 2018)

Literaturverzeichnis

Barbian, D., Röß, S. A., & Rummel, S. (2023). Digitale Technologien und deren Auswirkungen auf die Nachhaltigkeit. In B. Fesidis, S. A. Röß & S. Rummel (Hrsg.), *Mit Digitalisierung und Nachhaltigkeit zum klimaneutralen Unternehmen: Strategische Frameworks und Best-Practice-Beispiele* (S. 3–13). Springer Gabler. https://doi.org/10.1007/978-3-658-42485-5_1

Braungart, M., & McDonough, W. (2014). *Cradle to Cradle: Einfach intelligent produzieren*. Piper.

Bundesministerium der Justiz & Bundesamt für Justiz. (2023). *Energieeffizienzgesetz (EnEfG): Gesetz zur Steigerung der Energieeffizienz in Deutschland*. <https://www.gesetze-im-internet.de/enefg/EnEfG.pdf>

Caradonna, J. L. (2014). *Sustainability: A history*. Oxford University Press.

Chauhan, S. (2024). The growing energy demand of data centers: Impacts of AI and cloud computing. *International Journal for Multidisciplinary Research*, 6(4), Article IJFMR240426591. <https://www.ijfmr.com/>

Chen, A., & Roberts, N. (2024). Joint drivers of different shades of green IT/IS practices: A strategic cognition perspective. *Information Technology & People*, 37(3), 1103–1125. <https://doi.org/10.1108/ITP-07-2022-0562>

Circle Economy. (2025). *The Circularity Gap Report 2025*. Amsterdam: Circle Economy. <https://www.circularity-gap.world/2025>

Cramer, J. (2014). *Milieu (Elementaire deeltjes, 16)*. Amsterdam University Press.

Danushi, O. (2025). Carbon-Efficient software design and development. *ACM Computing Surveys*, 57(10), Article 267, 1–35. <https://doi.org/10.1145/3728638>

Dedrick, J. L. (2010). Green IS: Concepts and issues for information systems research. *Communications of the Association for Information Systems*, 27, Article 11. <https://doi.org/10.17705/1CAIS.02711>

Ellen MacArthur Foundation. (2012). *Towards the circular economy: Economic and business rationale for an accelerated transition (Vol. 1)*. Ellen MacArthur Foundation.

Ellen MacArthur Foundation. (2015). *Towards a circular economy: Business rationale for an accelerated transition*. Ellen MacArthur Foundation.

Ellen MacArthur Foundation. (2022, Mai 23). *The technical cycle of the butterfly diagram*. <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/articles/the-technical-cycle-of-the-butterfly-diagram>

Forti, V., Baldé, C. P., Kuehr, R., & Bel, G. (2020). The Global E-waste Monitor 2020: Quantities, flows and the circular economy potential. United Nations University (UNU)/United Nations Institute for Training and Research (UNITAR), International Telecommunication Union (ITU), & International Solid Waste Association (ISWA). <https://www.globalewaste.org>

Fraunhofer Cluster of Excellence Circular Plastics Economy (CCPE). (2021). Circular Readiness Level® for products and product systems.

Fredebeul-Krein, T. (2012). Grundlagen der explorativen Untersuchung. In *Koordinierter Einsatz von Direktmarketing und Verkaufsaußendienst im B2B-Kontext* (S. 65–92). Springer Gabler. https://doi.org/10.1007/978-3-8349-3940-1_4

George, G., Merrill, R. K., & Schillebeeckx, S. J. D. (2021). Digital sustainability and entrepreneurship: How digital innovations are helping tackle climate change and sustainable development. *Entrepreneurship: Theory and Practice*, 45(5), 999–1027. <https://doi.org/10.1177/1042258719899425>

Goel, A., Masurkar, S., & Pathade, G. R. (2024). An overview of digital transformation and environmental sustainability: Threats, opportunities, and solutions. *Sustainability*, 16(24), 11079. <https://doi.org/10.3390/su162411079>

Gözet, B., & Wilts, H. (2022). Kreislaufwirtschaft als Baustein nachhaltiger Entwicklung. In C. Meyer (Hrsg.), *»Transforming our World« – Zukunftsdiskurse zur Umsetzung der UN-Agenda 2030* (pp. 173–180). transcript. <https://doi.org/10.14361/9783839455579-009>

Greenpeace. (2017). Guide to Greener Electronics. <https://www.greenpeace.de/publikationen/20171016-greenpeace-guide-greener-electronics-englisch.pdf>

Hummel, K., & Jobst, D. (2024). An overview of corporate sustainability reporting legislation in the European Union. *Accounting in Europe*, 21(3), 320–355. <https://doi.org/10.1080/17449480.2024.2312145>

Jaeger-Erben, M., & Hofmann, F. (2019). Kreislaufwirtschaft – Ein Ausweg aus der sozial-ökologischen Krise? Hessische Landeszentrale für politische Bildung.

Kallinikos, J., Aaltonen, A., & Marton, A. (2013). The ambivalent ontology of digital artifacts. *MIS Quarterly: Management Information Systems*, 37(2), 357–370. <https://doi.org/10.25300/MISQ/2013/37.2.02>

Kirchherr, J., Reike, D., & Hekkert, M. (2017). Conceptualizing the circular economy: An analysis of 114 definitions. *Resources, Conservation and Recycling*, 127, 221–232. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.09.005>

- Korhonen, J., Honkasalo, A., & Seppälä, J. (2018). Circular economy: The concept and its limitations. *Ecological Economics*, 143, 37–46. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2017.06.041>
- Kotlarsky, J., Oshri, I., & Sekulic, N. (2023). Digital sustainability in information systems research: Conceptual foundations and future directions. *Journal of the Association for Information Systems*, 24(4), 936–952. <https://doi.org/10.17705/1jais.00825>
- Kuckartz, U., & Rädiker, S. (2022). *Qualitative Inhaltsanalyse: Methoden, Praxis, Computerunterstützung* (5. Aufl.). Beltz Juventa.
- Kuckartz, U., & Rädiker, S. (2024). Methoden, Praxis, Umsetzung mit Software und künstlicher Intelligenz. In *Qualitative Inhaltsanalyse* (S. 199–203). Beltz Juventa.
- Lange, H. (2008). Nachhaltigkeit – gesellschaftliche Zukunftsoptionen zwischen messen und verhandeln (artec-paper Nr. 156). Forschungszentrum Nachhaltigkeit (artec), Universität Bremen.
- Loeser, F. (2013). Green IT and Green IS: Definition of constructs and overview of current practices. In *Proceedings of the 19th Americas Conference on Information Systems (AMCIS 2013)*. <https://doi.org/10.13140/2.1.3065.6962>
- Loeser, F., Recker, J., vom Brocke, J., Molla, A., & Zarnekow, R. (2017). How IT executives create organizational benefits by translating environmental strategies into green IS initiatives. *Information Systems Journal*, 27(4), 503–553. <https://doi.org/10.1111/isj.12136>
- Makri, C., & Neely, A. (2021). Grounded theory: A guide for exploratory studies in management research. *International Journal of Qualitative Methods*, 20, 1–14. <https://doi.org/10.1177/1609406921101365>
- Malmodin, J., Lövehagen, N., Bergmark, P., & Lundén, D. (2024). ICT sector electricity consumption and greenhouse gas emissions – 2020 outcome. *Telecommunications Policy*, 48(3), 102701. <https://doi.org/10.1016/j.telpol.2023.102701>
- Mast, J., von Unruh, F., & Irrek, W. (2022). R-Strategien als Leitlinien der Circular Economy. Prosperkolleg e. V. https://prosperkolleg.ruhr/wp-content/uploads/2022/05/prospektiven_22-04_r-strategien.pdf
- Mayring, P. (2015). *Qualitative Inhaltsanalyse: Grundlagen und Techniken* (12. Aufl.). Beltz.
- McKinsey & Company. (2022, September 15). Smartphones, Drucker und Co. erzeugen fast doppelt so viel CO2 wie Rechenzentren. McKinsey. <https://www.mckinsey.com/de/news/presse/green-it-dekarbonisierung-unternehmens-it-studie>

- Molla, A. (2009). The reach and richness of green IT: A principal component analysis. In Proceedings of the 20th Australasian Conference on Information Systems (ACIS 2009) (pp. 754–764). Australasian Conference on Information Systems.
- Molla, A., & Abareshi, A. (2011). Green IT adoption: A motivational perspective. In Proceedings of the 15th Pacific Asia Conference on Information Systems (PACIS 2011) (pp. 1–17). Queensland University of Technology.
- Molla, A., Cooper, V., & Pittayachawan, S. (2011). The Green IT readiness (G-readiness) of organizations: An exploratory analysis of a construct and instrument. *Communications of the Association for Information Systems*, 29(1), 67–96. <https://doi.org/10.17705/1CAIS.02904>
- Murugesan, S. (2008). Harnessing green IT: Principles and practices. *IT Professional*, 10(1), 24–33. <https://ieeexplore.ieee.org/document/4446673/>
- NASSCOM. (2022, October). Sustainability opportunity for tech services and solutions. National Association of Software and Service Companies.
- Nebel, B. (2018, 2. Oktober). Creating the future, not preventing it. Pure Advantage. <https://pureadvantage.org/creating-the-future-not-preventing-it/>
- Potting, J., Hekkert, M., Worrell, E., & Hanemaaijer, A. (2017). Circular economy: Measuring innovation in the product chain. PBL Netherlands Environmental Assessment Agency.
- Rehman, F. U., Al-Ghazali, B. M., Haddad, A. G., Qahwash, E. A., & Sohail, M. S. (2023). Exploring the Reverse Relationship between Circular Economy Innovation and Digital Sustainability—The Dual Mediation of Government Incentives. *Sustainability*, 15(6), 5181. <https://doi.org/10.3390/su15065181>
- Reike, D., Vermeulen, W. J. V., & Witjes, S. (2018). The circular economy: New or refurbished as CE 3.0? – Exploring controversies in the conceptualization of the circular economy through a focus on history and resource value retention options. *Resources, Conservation and Recycling*, 135, 246–264. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.08.027>
- Rogall, H. (2013). *Volkswirtschaftslehre für Sozialwissenschaftler: Einführung in eine zukunftsfähige Wirtschaftslehre* (2. Aufl.). Springer VS. <https://doi.org/10.1007/9783658019808>
- Rosati, P., Lynn, T., Kreps, D., & Conboy, K. (2024). Digital sustainability: Key definitions and concepts. In T. Lynn, P. Rosati, D. Kreps, & K. Conboy (Hrsg.), *Digital sustainability* (S. 1–17). Palgrave Studies in Digital Business & Enabling Technologies. https://doi.org/10.1007/978-3-031-61749-2_1

Technopolis Group, & Institut für ökologische Wirtschaftsforschung. (2024). Metastudie Nachhaltigkeitseffekte der Digitalisierung: Eine Auswertung aktueller Studien zur (quantitativen) Bemessung der Umwelteffekte durch die Digitalisierung.

United Nations General Assembly. (2015). Transforming our world: The 2030 Agenda for Sustainable Development (Resolution A/RES/70/1). United Nations. https://www.internationaldisabilityalliance.org/sites/default/files/resources/documents/15/12/2030_agenda_for_sustainable_development_web.pdf

Uwuigbe, U., Issah, O., Ranti, U. O., Zubeiru, M., Anaba, S., & Seidu, A.-A. J. (2024). Circular Economy: A Bibliometric Review of Research in Emerging Economies (2010-2024). *International Journal of Energy Economics and Policy*, 15(1), 77–89. <https://doi.org/10.32479/ijeep.17021>

Vermeulen, W. J. V., Witjes, S., & Reike, D. (2014). Advice about a framework for measuring the impact of circular procurement. Utrecht University, Faculty of Geosciences.

Vial, G. (2019). Understanding digital transformation: A review and a research agenda. *The Journal of Strategic Information Systems*, 28(2), 118–144. <https://doi.org/10.1016/j.jsis.2019.01.003>

Winkler, S., Günther, J., & Pfennig, R. (2023). Nachhaltige Digitalisierung oder Nachhaltigkeit durch Digitalisierung? *HMD – Praxis der Wirtschaftsinformatik*, 60, 815–836. <https://doi.org/10.1365/s40702-023-00987-9>

World Commission on Environment and Development. (1987). Report of the World Commission on Environment and Development: Our common future. Oxford University Press. <https://www.environmentandsociety.org/mml/un-world-commission-environment-and-development-ed-report-world-commission-environment-and>

Zarnekow, R., & Kolbe, L. M. (2013). *Green IT: Erkenntnisse und Best Practices aus Fallstudien*. Springer Gabler. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-36152-4>

Zeiss, R., Ixmeier, A., Recker, J., & Kranz, J. (2021). Mobilising information systems scholarship for a circular economy: Review, synthesis, and directions for future research. *Information Systems Journal*, 31(1), 148–183. <https://doi.org/10.1111/isj.12305>

Zimmer, M. P., Paul, K., & Drews, P. (2024). Greenpeace's digital transformation: A case of digital-sustainable co-transformation. *Leuphana University Lüneburg & Greenpeace e.V. (Publ.)*. <https://doi.org/10.48548/pubdata-1530>

Zimmermann, F. M. (2016). Was ist Nachhaltigkeit – eine Perspektivenfrage? In F. M. Zimmermann (Hrsg.), *Nachhaltigkeit wofür? Von Chancen und Herausforderungen für eine nachhaltige Zukunft* (S. 1–22). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-662-48191-2_1