

Pohurskyy, Sofiya; Teuteberg, Frank

Article — Published Version

Entwicklung im Doppeltakt: Integrierte Reifegradbewertung digitaler und nachhaltiger Transformation mit der Twin-Transformation-Matrix

HMD Praxis der Wirtschaftsinformatik

Suggested Citation: Pohurskyy, Sofiya; Teuteberg, Frank (2026) : Entwicklung im Doppeltakt: Integrierte Reifegradbewertung digitaler und nachhaltiger Transformation mit der Twin-Transformation-Matrix, HMD Praxis der Wirtschaftsinformatik, ISSN 2198-2775, Springer Fachmedien Wiesbaden, Wiesbaden, Vol. 63, Iss. 1, pp. 80-101, <https://doi.org/10.1365/s40702-025-01236-x>

This Version is available at:

<https://hdl.handle.net/10419/341869>

Standard-Nutzungsbedingungen:

Die Dokumente auf EconStor dürfen zu eigenen wissenschaftlichen Zwecken und zum Privatgebrauch gespeichert und kopiert werden.

Sie dürfen die Dokumente nicht für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, öffentlich zugänglich machen, vertreiben oder anderweitig nutzen.

Sofern die Verfasser die Dokumente unter Open-Content-Lizenzen (insbesondere CC-Lizenzen) zur Verfügung gestellt haben sollten, gelten abweichend von diesen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

Terms of use:

Documents in EconStor may be saved and copied for your personal and scholarly purposes.

You are not to copy documents for public or commercial purposes, to exhibit the documents publicly, to make them publicly available on the internet, or to distribute or otherwise use the documents in public.

If the documents have been made available under an Open Content Licence (especially Creative Commons Licences), you may exercise further usage rights as specified in the indicated licence.



<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.de>



Entwicklung im Doppeltakt: Integrierte Reifegradbewertung digitaler und nachhaltiger Transformation mit der Twin-Transformation-Matrix

Sofiya Pohurskyy · Frank Teuteberg

Eingegangen: 15. Oktober 2025 / Angenommen: 14. Dezember 2025 / Online publiziert: 9. Januar 2026
© The Author(s) 2026

Zusammenfassung Angesichts zunehmender Regulierungs- und Transparenzanforderungen im Nachhaltigkeitskontext erweist sich eine isolierte Betrachtung der digitalen Transformation in Unternehmen heutzutage als unzureichend. Die Twin Transformation, oder auch Twin Transition, bezeichnet dementsprechend die Kopplung digitaler und nachhaltiger Veränderungsprozesse, die in bestehenden Reifegradmodellen jedoch bislang überwiegend unabhängig voneinander adressiert wurden. Zur Schließung dieser Lücke wird eine Twin-Transformation-Matrix konzipiert, die Unternehmen entlang zweier Achsen der digitalen und nachhaltigkeitsbezogenen Reife verortet und mittels Quadrantenlogik Reifekombinationen abbildet. Auf Grundlage einschlägiger Literatur und Praxismodelle werden Dimensionen und Subdimensionen des integrierten Bewertungsansatzes beschrieben und anhand von Kurzankern sowie exemplarischen ESG-bezogenen Kennzahlen skizziert. Die Matrix kann primär Beratungsunternehmen, Forschungsinstituten und unternehmensinternen Nachhaltigkeitsfunktionen eine initiale, vergleichbare Reifegradmessung ermöglichen, die Identifikation potenzieller Synergien und Zielkonflikte unterstützen sowie für Benchmarking, strategische Planung und Governance herangezogen werden. Der Ansatz bietet einen sachlich fundierten, evaluierten Rahmen zur Erfassung und Darstellung des Kopplungsgrades beider Transformationen in einem gemeinsamen Rahmenwerk.

Schlüsselwörter Doppelte Transformation · Reifegradmodell · Digitale Transformation · Nachhaltige Transformation · Twin-Transformation-Matrix

✉ Sofiya Pohurskyy · Frank Teuteberg
Unternehmensrechnung und Wirtschaftsinformatik, Universität Osnabrück, Osnabrück, Deutschland
E-Mail: sofiya.pohurskyy@uos.de

Frank Teuteberg
E-Mail: frank.teuteberg@uos.de

Twin-Track Development: Integrated Maturity Assessment of Digital and Sustainable Transformation with the Twin Transformation Matrix

Abstract In view of the increasing regulatory and transparency requirements in the context of sustainability, a narrow focus on digital transformation in companies is proving inadequate in the current environment. The concept of twin transformation or twin transition signifies the integration of digital and sustainable change processes. However, existing maturity models have predominantly addressed these processes as discrete entities, with limited consideration of their interconnection. In order to address this discrepancy, a twin transformation matrix has been developed. This matrix is designed to position companies along two axes of digital and sustainability-related maturity. Additionally, it employs quadrant logic to map maturity combinations. Based on relevant literature and practice-oriented models, the dimensions and sub-dimensions of the integrated assessment framework are described and outlined using short anchor descriptions as well as exemplary ESG-related indicators. The matrix can primarily provide consulting firms, research institutions, and in-house corporate sustainability functions with an initial, comparable maturity assessment, support the identification of potential synergies and trade-offs, and be used for benchmarking, strategic planning, and governance. The proposed approach provides a robust and evaluated framework for the systematic documentation and presentation of the degree of coupling between both transformations within a unified framework.

Keywords Twin Transformation · Maturity Model · Digital Transformation · Sustainable Transformation · Twin Transformation Matrix

1 Einleitung

Neben der digitalen Transformation (DT), die sich in den vergangenen Jahren zum zentralen Treiber unternehmerischen Wandels entwickelt hat, erweist sich organisationale Resilienz als entscheidend, um hohe Veränderungsgeschwindigkeiten zu bewältigen und neue Transformationsanforderungen erfolgreich zu meistern (He et al. 2023). Digitale, disruptive Technologien wie Künstliche Intelligenz (KI), Internet of Things oder Blockchain dienen als Enabler für Effizienzsteigerungen und die Entwicklung neuer Geschäftsmodelle (Zhang et al. 2022). Gleichzeitig müssen Unternehmen ihre digitale Leistungsfähigkeit ausbauen und den Anforderungen einer umfassenden Nachhaltigkeitstransformation (NT) in den Dimensionen Environment, Social und Governance (ESG) entsprechen (Glanze et al. 2021), die durch regulatorische Vorgaben wie Corporate Sustainability Reporting Directive (CSRD) und die EU-Taxonomie sowie veränderte Stakeholdererwartungen getrieben wird (Abdullah et al. 2024; Martinčević et al. 2024; de Oliveira Neves 2022). Während insgesamt von multipler Transformation gesprochen wird, steht in dieser Arbeit die Twin Transformation (TT) als Teil dieser Entwicklung im Mittelpunkt, die als systematische Kopplung digitaler und nachhaltigkeitsbezogener Transformationspfade mit zunehmender konzeptioneller und empirischer Relevanz betrachtet werden kann (Winkler et al. 2023; Christmann et al. 2024; Graf-Drasch et al. 2023).

Eine zentrale Herausforderung für Unternehmen liegt in der validen Bestimmung ihres Entwicklungsstandes sowie in der über die Zeit vergleichbaren Fortschreibung, um strategische Entscheidungen und Prioritäten zielgerichtet steuern zu können (Winkler et al. 2023). Reifegradmodelle liefern hierfür einen Orientierungsrahmen, indem sie komplexe Anforderungen in nachvollziehbare Bewertungsstufen überführen, Transparenz über Entwicklungsdimensionen schaffen und interne wie externe Benchmarks ermöglichen (Becker et al. 2010). Bisherige Arbeiten zur TT konzentrieren sich überwiegend auf konzeptionelle Beschreibungen der Wechselwirkungen zwischen digitaler und nachhaltiger Transformation (Christmann et al. 2024; Graf-Drasch et al. 2023) oder beleuchten einzelne Teilaspekte wie den Einsatz spezifischer Technologien zur Erreichung von Nachhaltigkeitszielen, wie u. a. der Sustainable Development Goals (SDG) (Lu et al. 2023). Die Reifegradmodelle weisen häufig keine explizite Verbindung zur gegenteiligen Transformation auf, wodurch integrierte Bewertungszugänge fehlen. Empirische Studien, die somit die Reifegrade beider Transformationen systematisch erfassen und vergleichend darstellen, liegen erst vereinzelt vor, wie die Arbeit von Breiter et al. (2024).

Zur Schließung dieser Forschungslücke wird in dieser Forschungsarbeit eine Twin-Transformation-Matrix (TTM) auf Basis eines integrierten Bewertungsrahmens konzipiert. Grundlage hierfür ist eine vergleichende Analyse etablierter digitaler Reifegradmodelle (DRM) sowie der in nachhaltigen Reifegradmodellen (NRM) verankerten Nachhaltigkeitskriterien wie den ESG. Ziel ist es, bislang überwiegend isolierte Reifegradansätze zu DT und NT in einem Modell zu bündeln, das eine Einordnung in beiden Dimensionen ermöglicht und Gestaltungsoptionen aufzeigt. Die TTM richtet sich insbesondere an Beratungsunternehmen und Forschungsinstitute für Benchmarking und longitudinale Vergleiche sowie an unternehmensinterne Nachhaltigkeitsfunktionen zur Selbstbewertung, zum Fortschrittsmonitoring und zur Potenzialhebung. Daraus lassen sich folgende Forschungsfragen ableiten:

FF 1 Welche Dimensionen und Subdimensionen werden in bestehenden Reifegradmodellen zur Bewertung der digitalen bzw. der nachhaltigkeitsbezogenen Transformation berücksichtigt?

FF 2 Welche übergreifenden Dimensionen und Subdimensionen lassen sich gleichermaßen zu einem integrierten Bewertungsrahmen verdichten und in welcher Visualisierung lässt sich die daraus resultierende Reife beider Transformationen anwendungsorientiert abbilden und bewerten?

Zur Beantwortung der Forschungsfragen wird zunächst das Konzept der TT eingeführt und die Rolle von Reifegradmodellen in Unternehmen erläutert. Anschließend werden die Strukturen aus den identifizierten Modellen erhoben, gegenübergestellt und systematisch neu zusammengeführt, um sie in einem weiteren Schritt in einer Matrix zu integrieren. Auf Grundlage des Bewertungsvorgehens wird zudem auch eine Evaluation mit Experten aus der Praxis und der Forschung durchgeführt. Abschließend werden die resultierende Struktur und ihre Anwendungsimplicationen diskutiert, woraus sich Handlungsempfehlungen ableiten lassen, wie Unternehmen zielgerichtet eine „doppelte Reife“ entwickeln können. Die wichtigsten Erkennt-

nisse werden zusammengefasst und Perspektiven für zukünftige Forschung zur TT skizziert.

2 Theoretischer Hintergrund

2.1 Grundlagen und Mechanismen der Twin Transformation

DT und auch NT, angetrieben durch die Agenda 2030 mit den SDGs sowie seit 2023 verstärkt durch CSRD und die European Sustainability Reporting Standards (ESRS), erfahren seit ungefähr 2015 wachsende Aufmerksamkeit in der Forschung und in der Praxis (Schaltegger et al. 2024); das spezifische Konzept der TT jedoch weiterhin nur vereinzelt theoretisch-konzeptionell und empirisch konturiert (Guandalini 2022).

TT bezeichnet den parallelen und wechselseitigen Transformationsprozess der DT und der NT, in dem Unternehmen digitale Technologien zur Erreichung von Nachhaltigkeitszielen einsetzen und Nachhaltigkeitsprinzipien zur Ausrichtung digitaler Initiativen heranziehen (Christmann et al. 2024). Digitale und „grüne“ Technologien erhöhen dabei Transparenz in Lieferketten, unterstützen Energie- und Ressourceneffizienz und ermöglichen die automatisierte Erfassung sowie steuerungsorientierte Aufbereitung nachhaltigkeitsbezogener Kennzahlen, sodass Nachhaltigkeitsziele messbar und skalierbar umgesetzt werden können (Lu et al. 2023; Du und Li 2019). Regulatorische und gesellschaftliche Anforderungen verstärken diese Kopplung, indem sie den gezielten Einsatz digitaler Lösungen für Circular-Economy-Ansätze, nachhaltige Produktionssysteme und Green-IT-Strategien zur Reduktion des Energieverbrauchs anreizen (Piscicelli 2023; Lüdeke-Freund 2020; Uddin und Rahman 2012).

Dadurch können jedoch Rebound-Effekte entstehen, indem technologische Fortschritte intendierte Nachhaltigkeitseffekte durch zusätzliche Nachfrage oder induzierte Nutzung relativieren oder überkompensieren (Coroamă und Mattern 2019; Luccioni et al. 2025). DT und NT können ihr Potenzial nur in der Kopplung entfalten, da sie gemeinsam Effizienzgewinne, Kreislaufansätze und ressourcenschonende Geschäftsmodelle ermöglichen, während eine isolierte Verfolgung digitaler bzw. nachhaltiger Ziele ökologische und soziale Belastungen verstärken oder an Umsetzungs- und Skalierungsgrenzen scheitern kann (Graf-Drasch et al. 2023).

2.2 Reifegradmodelle als systematische Bewertungsinstrumente

Reifegradmodelle können in Forschung und Praxis als systematische Bewertungsinstrumente eingesetzt werden, mit denen der Entwicklungsstand von Unternehmen in einem spezifischen Anwendungsbereich stufenbasiert beschrieben und vergleichbar gemacht werden kann (Kohlegger et al. 2009). Durch ihren Einsatz können eine Einordnung vorgenommen, Verbesserungspotenziale identifiziert und ein Orientierungsrahmen für internes und externes Benchmarking sowie für die strategische Steuerung der Capability-Entwicklung bereitgestellt werden (Gökalp und Martinez 2022). Im Kontext der DT können DRMs genutzt werden, um die digitalen Fähigkeiten, Ressourcen und Strategien eines Unternehmens einschließlich Struktur,

Prozessen und Ergebnissen zu bewerten (Schumacher et al. 2016). NRMs können diese Logik bspw. um spezifische Nachhaltigkeitsziele, zugeordnete Verantwortlichkeiten und geregelte Entscheidungsprozesse entlang der Wertschöpfungskette erweitern, sodass Umwelt- und Sozialaspekte systematisch mit finanziellen Ergebnissen verknüpft werden können (Guandalini 2022).

Reifegradmodelle können damit als Grundlage für die Priorisierung von Entwicklungspfaden sowie für die Planung von Maßnahmenportfolios und Investitionen herangezogen werden (Becker et al. 2010). Zur Operationalisierung können Dimensionen und Subdimensionen definiert werden, für die konsistente, überprüfbare Beschreibungen aller Reifestufen vorliegen sollten, idealerweise mit messbaren Indikatoren und klaren Bewertungsregeln zur Erhöhung von Reliabilität und Validität (Fraser et al. 2002). In der praktischen Anwendung entstehen dabei jedoch hohe Anforderungen an die Datengrundlage, da konsistente und vergleichbare Kennzahlen, wie bspw. zu CO₂-Emissionen, Energie- bzw. Ressourceneffizienz oder zum Anteil digitalisierter Kernprozesse, in vielen Unternehmen nur lückenhaft oder nach unterschiedlichen Definitionen verfügbar sind (Nilashi et al. 2023).

2.3 Verwandte Arbeiten

Zimmer und Järveläinen (2022) schlagen die digital–nachhaltige Co-Transformation als gemeinsamen Veränderungsprozess vor, getragen von nachhaltigen digitalen Innovationen. Auf Grundlage der Triple Bottom Line entsteht eine Quadrantenmatrix mit ökonomischen, sozialen, grünen und integrativen Transformationen, die vor allem konzeptionell-heuristisch sensibilisiert. Es fehlen jedoch fein abgestufte Stufen und dynamische Entwicklungspfade, sodass eine Einordnung anhand detaillierter Elemente nicht möglich ist. Auch Winkler et al. (2023) schlagen eine Vier-Felder-Matrix vor, die die Schnittmenge von Digitalisierung und Nachhaltigkeit entlang der Wirkungsrichtungen „nachhaltige Digitalisierung“ vs. „Nachhaltigkeit durch Digitalisierung“ und der Zielausrichtungen gesellschaftliche Verantwortung vs. Monetarisierung/neue Geschäftsmodelle strukturiert. Über feldspezifische Leitfragen bietet sie Unternehmen eine erste Einordnung und Entscheidungshilfe bei der Wahl ihrer Aktivitätsfelder und unterstützt damit ein systematisches Vorgehen im Rahmen der TT; Voraussetzung ist allerdings die vorgelagerte Bestimmung der Reifegrade in beiden Dimensionen.

Eisner et al. (2022) stellen einen zweistufigen Selbstbewertungsrahmen zur ökologischen Bewertung von Geschäftsprozessen vor. Das Framework umfasst fünf Reifegrade plus eine Default-Stufe und beschreibt Ausprägungen auf Dimensions- und Subdimensionsebene, sodass konkrete Handlungsfelder abgeleitet werden können, die sich u. a. an Offenlegungskriterien (z. B. GHG-Protokoll) orientieren. Methodisch werden zwar DT und NT einbezogen, der Fokus liegt jedoch auf geschäftsspezifischen Nachhaltigkeitsprozessen, sodass kein ganzheitlicher, unternehmensweiter Bewertungsrahmen und damit keine umfassende Vergleichbarkeit gewährleistet wird.

Vor diesem Hintergrund stellt das TT Capability Maturity Model von Breiter et al. (2024) den bislang spezifischsten Beitrag zu Reifegradmodellen im TT-Kontext dar. Unterschieden werden vier Reifegrade, sechs Fähigkeitsdimensionen und insgesamt 45 dynamische Fähigkeiten. Das Modell erlaubt die Bestimmung des Entwicklungs-

stands beider Transformationen, berücksichtigt unterschiedliche Ausgangslagen und identifiziert Handlungsfelder. Die gleichen Dimensionen werden auf DT und NT angewandt, was ein idealtypisches Handeln beschreibt. Die Reifegradbeschreibungen bleiben jedoch abstrakt und charakterisieren vorwiegend den Grad der gleichzeitigen und nicht differenzierten Berücksichtigung beider Transformationen.

In der vorliegenden Arbeit werden diese Ansätze in einem integrierten Reifegradansatz verbunden und in einer zweidimensionalen Matrix erfasst, in der Digitalisierungs- und Nachhaltigkeitskompetenzen orthogonal zueinanderstehen. Die Darstellung ermöglicht eine differenzierte Verortung entsprechend der Ausgangslage, markiert den Zielzustand eines „Twin Leaders“ und macht mögliche Einflusspotenziale sichtbar, die in Abhängigkeit vom aktuellen Reifegrad bewertet werden können.

3 Methodische Vorgehensweise

In Anlehnung an die Methodik von Becker et al. (2009) wird der Reifegradansatz der TTM in vier Entwicklungsphasen konzipiert, nämlich Problemidentifizierung, Vergleich bestehender Reifegradmodelle, iterative Entwicklungsschritte und Evaluation.

3.1 Vergleich digitaler und nachhaltiger Reifegradmodelle

Für die Erstellung der TTM wurde zunächst ein neuer Reifegradansatz erarbeitet, der auf Strukturen aus Forschung und Praxis aufbaut, um geeignete Bewertungskategorien für Unternehmen im Rahmen der TT zu identifizieren. Da bereits zahlreiche systematische Übersichtsarbeiten zu digitalen bzw. nachhaltigen Reifegradansätzen vorliegen, diese jedoch entweder keine hinreichende Vollständigkeit erreichen, wie bspw. keine ausgewiesenen Subdimensionen, oder sich nur auf spezifische Anwendungsfelder wie bspw. Sustainable Supply Chain Management beschränken, wurde auf eine Vollerhebung verzichtet und stattdessen ein Rapid Review zur gezielten Auswertung relevanter Beiträge durchgeführt. Die zugrunde liegende Literaturanalyse umfasste deutsch- und englischsprachige Publikationen aus der Datenbank Scopus aus den Jahren 2006 bis 2024, um frühe DT-Reifegradmodelle abzudecken und trotz der später zunehmenden Relevanz der NT, die Vergleichbarkeit beider Dimensionen zu gewährleisten. Hierbei wurden die Suchbegriffe „digital maturity“ OR „digitalisation maturity“ sowie „sustainability maturity“ OR „sustainable maturity“, jeweils beschränkt auf Titel, Abstract und Keywords verwendet. Ausgeschlossen wurden Reifegradmodelle in Bildung, Gesundheitssektor und öffentlicher Verwaltung, da sie primär öffentlich-rechtliche bzw. non-profit Organisationen mit spezifischen Ziel- und Steuerungslogiken adressieren und damit die Vergleichbarkeit mit privatwirtschaftlichen Unternehmen einschränken. Für die Analyse wurden nur Quellen berücksichtigt, die ein Reifegradmodell mit ausgewiesener und erläuterter Dimensionsstruktur vorlegen; reine Anwendungsstudien ohne Modellbeschreibung wurden ausgeschlossen. Zudem mussten Angaben zu Subdimensionen und/oder Stufenunterteilungen vorliegen. Ergänzend wurden je Transformationsart drei praxisorientierte

Modelle einbezogen, um die praktische Anwendbarkeit der Dimensionen zu prüfen und ihre externe Validität abzusichern. Zur Beantwortung der ersten Forschungsfrage wurden im Rahmen der Literaturanalyse 38 DRM und 28 NRM identifiziert und vergleichend gegenübergestellt; die Detaillierungsergebnisse sind in Anhang A und Anhang B¹ dokumentiert. Aus der Modellanalyse ergeben sich drei Befunde:

Erstens werden DRM und NRM in der Forschung bislang weitgehend unabhängig voneinander konzipiert. In DRMs liegt der Schwerpunkt überwiegend auf technologischen Aspekten; Fragen der Nachhaltigkeit werden entweder ausgeblendet oder lediglich als Teilaspekt einzelner Dimensionen behandelt. Umgekehrt rücken in NRM ESG-spezifische Dimensionen in den Vordergrund, während technologische Fragestellungen nur selten explizit aufgegriffen werden. Zweitens richten sich NRMs stärker auf die Bewertung von Nachhaltigkeit in Supply Chains, während DRMs häufig auch die DT speziell in SMEs adressieren. Dies verdeutlicht, dass eine ganzheitliche, unternehmensweite Verankerung von Nachhaltigkeit in NRM bislang weniger ausgeprägt ist, während entsprechende Ansätze in DRM bereits vorliegen. Drittens zeigen DRMs meist vergleichbare Oberdimensionen, während NRMs tendenziell granularer und heterogener sind. Von den analysierten NRM spezifizieren nur 16 Modelle Subdimensionen, die übrigen verbleiben auf der Ebene übergeordneter Dimensionen, wohingegen insgesamt 33 DRMs Subdimensionen erhoben.

3.2 Aufbau des Reifegradmodells für die Twin-Transformation-Matrix

Zur Beantwortung der zweiten Forschungsfrage werden in diesem Kapitel Anzahl und Art der Bewertungsdimensionen, deren Unterteilung sowie Zahl und Bezeichnungen der Reifegrade festgelegt.

3.2.1 Ableitung der Reifegrad-Stufen

In Anlehnung an das Vorgehen nach Fraser et al. (2002) wird die in der Literatur am häufigsten verwendete Stufung übernommen, um ein für Unternehmen anschlussfähiges Konzept zu etablieren. Von 38 DRMs geben 32 Modelle Stufen an, davon nutzen 23 ein fünfstufiges bzw. ein sechsstufiges Modell mit einer Default-Stufe „0“, um Unternehmen ohne eingeleiteten Transformationsprozess abzugrenzen. Von 28 NRMs geben 27 Modelle Stufen an, davon verwenden 12 ebenfalls fünf oder sechs Stufen, während neun Modelle mit vier Stufen arbeiten und dabei teils Stufen zusammenführen, was die Trennschärfe mindert. Die Stufenbezeichnungen folgen ähnlichen Prinzipien, sodass für den integrierten Bewertungsrahmen ebenfalls konsistente Bezeichnungen gewählt wurden. Für die Stufen wurden zunächst die in den DRMs am häufigsten verwendeten, sehr ähnlich aufgebauten Stufenbezeichnungen als Referenzskala übernommen (von „nicht vorhanden“ bis „optimiert“). Abweichende Stufenbezeichnungen aus den NRMs wurden semantisch auf diese Skala gemappt und bei gleicher Bedeutung mit einer einheitlichen (deutschen) Bezeichnung ausgewiesen; die Ergebnisse sind in Tab. 1 mit den jeweiligen Kurzankern für

¹ Alle im Manuskript referenzierten Anhänge sind nicht im Hauptdokument enthalten, sondern werden vollständig im Online-Zusatzmaterial zur Verfügung gestellt.

Tab. 1 Reifegradstufen für integrierten Bewertungsrahmen

Reifegrad	Reifegrad Bezeichnung	Digitale Reife Kurzanker (Beispiel)	Nachhaltige Reife Kurzanker (Beispiel)
Level 0	Nicht vorhanden/ Unbewusst	Kein formales Vorgehen, kein Owner/Prozess, Tools ad hoc, keine KPIs	Kein ESG-Bewusstsein, keine Ziele, nur reaktiv/gar nicht
Level 1	Initial/ Basic	Piloten/PoCs, begrenzte Skills/ Budgets, kein Standard	Reine Compliance-Erfüllung, erste Policy/ Sichtung, ad hoc
Level 2	Managed/ Strukturiert	Definierte Rollen & Budgets, dokumentierte Vorgehen, erste Skalierung	Effizienzfokus (reduzierter Ressourceneinsatz und Emissionen), erste KPIs & Ziele vorhanden, Prozesse festgehalten
Level 3	Definiert/ Systematisch	Unternehmensweite Standards/ Methoden, Datenqualität gesichert, Portfolio & KPIs	ESG in Kernprozesse integriert, Lieferanten/Kunden teils einbezogen, verlässliche ESG-Daten & Audits, Verantwortlichkeiten und Standards etabliert
Level 4	Integriert/ Strategisch	End-to-End-Integration, Plattformen/APIs, Echtzeitentscheidungen, funktions-/unternehmensübergreifend	Nachhaltigkeit als strategischer Werttreiber, Wertschöpfungskette integriert (z. B. LCA, SBTs), Partnerschaften/Ökosysteme
Level 5	Optimiert/ Transformativ	KI-/datengetrieben, kontinuierliches Lernen, neue digitale Geschäftsmodelle, Branchenvorreiter	Zirkulär/regenerativ, neue nachhaltige Geschäftsmodelle, kulturell verankert, externe Leadership/Standards

beide Transformationen aufgeführt, die dazu beitragen sollen, zu replizierbaren, konsistenten Reifegradbewertungen zu gelangen und die Subjektivität in der Bewertung zu reduzieren.

Das vorgeschlagene Reifegradmodell umfasst somit fünf Reifegrade sowie eine Default-Stufe, die sich in der TTM widerspiegeln: Nicht vorhanden bzw. Unbewusst (Level 0), Initial bzw. Basic (Level 1), Managed bzw. Strukturiert (Level 2), Definiert bzw. Systematisch (Level 3), Integriert bzw. Strategisch (Level 4) und Optimiert bzw. Transformativ (Level 5). Die Stufen werden jeweils mit digitalen bzw. nachhaltigen Ausprägungen beschrieben, um die unterschiedlichen Voraussetzungen der digitalen und der nachhaltigen Transformation abzubilden sowie Vergleichbarkeit herzustellen. Die Ankerbeispiele orientieren sich an bestehenden Modellbeschreibungen, verdichten die allgemeinen Anforderungen je Stufe und unterstützen damit eine verständliche Einordnung und Differenzierung.

3.2.2 Ableitung und Normalisierung von Dimensionen und Subdimensionen

Nach Identifikation der Reifegradmodelle erfolgt eine inhaltsbasierte Analyse ihrer Dimensionen und Subdimensionen mit anschließender Ähnlichkeitsgruppierung, um benachbarte Dimensionselemente modellübergreifend zu erkennen, zu bündeln und neu zuzuordnen. Die Zusammenführung erfolgte in zwei Iterationen: Zunächst wurden alle Dimensionen und Subdimensionen innerhalb der digitalen bzw. nachhaltigen Reifegradmodelle harmonisiert, indem semantisch verwandte Begriffe zu Clustern und naheliegende Cluster (z. B. „Kultur“ und „Mitarbeitende“) zu übergeordneten Dimensionen aggregiert wurden. Anschließend wurden die konsolidierten Dimen-

Tab. 2 Dimensionsstruktur für integrierten Bewertungsrahmen

Dimension	Subdimensionen			
Strategy & Governance	Strategie & Zielbild	Governance, Policy & Compliance	Portfolio & Investitionssteuerung	Risiko- & Chancenmanagement (unternehmensweites Risikomanagement)
Organization & Management	Arbeitsstrukturen, Rollen & Verantwortlichkeiten	Führung & Steuerungssysteme	Change & Transformationsmanagement	Ressourcen- & Budgetallokation
People, Skills & Culture	Kompetenzen & Qualifizierung	Führungskompetenz & Vorbildwirkung	Kultur, Werte & Ethik	Arbeitsgestaltung & Sicherheit
Technology & Data	Technologiearchitektur, IT-Infrastruktur & Interoperabilität	Datenmanagement, -qualität & -integration	Analytics, KI & Automatisierung	Datensicherheit, -schutz & -ethik
Operations & Processes	Prozessmanagement & -integration	Digitalisierung & Automatisierung	Qualität & Instandhaltung (Operational Excellence)	Material- und Informationsflusssteuerung in der Lieferkette
Products & Services/Innovation	Datenfähige Produkte & Konnektivität	Digitale Dienste & Geschäftsmodelle	Innovation & Individualisierung	Nutzungsdaten, Service-Analytik & Zirkularität
Customers & Stakeholders	Digitale Kundenkanäle & Kontaktpunkte	Kundendaten & Erkenntnisse	Kundenerlebnis & Vertrauen (Aussagen und Transparenz)	Stakeholder-Dialog & Wesentlichkeit
Ecosystem, Network & Collaboration	Lieferanten- & Netzwerkintegration/Beschaffung	Transparenz, Datenaustausch & Kollaboration in der Lieferkette	Ökosystem & Partnerschaften	Regulatorik & Sicherstellung der Regelkonformität in der Lieferkette
Performance & Reporting	Leistungskennzahlen & Performance-Tracking	Monitoring in Echtzeit & Entscheidungsunterstützung	Berichterstattung, Prüfung & Zertifizierung (digitales Umfeld Nachhaltigkeit)	Wertbeitrag & Wirkung

sionen beider Modelltypen abgeglichen; Übereinstimmungen wurden übernommen, verbleibende spezifische Dimensionen in gemeinsamen Oberkategorien (z. B. „Performance & Reporting“) gebündelt. Die Kodierung wurde von zwei Forschenden unabhängig vorgenommen und wies in der letzten Iteration eine Interrater-Übereinstimmung von $>0,88$ auf; Abweichungen in der Zuordnung wurden in Konsensrunden diskutiert und iterativ angepasst, bis Einigkeit über die finale Dimensionsstruktur erzielt war. Trotz der unterschiedlichen Granularität der Reifegradmodelltypen, wie in Abschn. 3.1 erläutert, kann die einheitliche Struktur Übersichtlichkeit und Vergleichbarkeit zwischen den beiden Transformationen erhöhen. Daraus resultieren neun auf beiden Achsen der TTM identische Dimensionen: Strategy und Governance, Organization und Management, People, Skills und Culture, Technology und Data, Operations und Processes, Products und Services beziehungsweise Innovation, Customers und Stakeholders, Ecosystem, Network und Collaboration sowie

Tab. 3 Ausschnitt der transformationsspezifischen Erläuterungen der Subdimensionen mit beispielhaften KPIs

Dimension	Subdimensionen Digitale Reife (DT)		Nachhaltige Reife (NT)	
	Strategie & Zielbild	Ankerbeispiele	Beispielhafte KPIs	Ankerbeispiele
Strategy & Governance		Bewertet, wie klar das digitale Zielbild ist, wie es in die Unternehmensstrategie eingebettet ist und wie konsequent es über Zielsysteme, Verantwortlichkeiten und Entscheidungsprozesse gesteuert wird	– Erfüllungsgrad digitaler Ziele = erreichte Meilensteine ÷ geplante Meilensteine [%] – Anteil digital priorisierter Initiativen am Gesamtportfolio [%] – Umsetzungsquote strategischer Digital-Entscheidungen innerhalb des Planhorizonts [%]	– Zielpfad-Treue Treibhausgas-Emissionen = tatsächliche Emissionen ÷ Zielpfad [t Kohlendioxidäquivalent] – Anteil erneuerbarer Energie am Gesamtverbrauch [%] – Anteil kreislauforientierter Projekte am Investitionsportfolio [%]
...	...	...	...	...

Tab. 4 Übersicht über Evaluationsteilnehmer

Teilnehmer Nr.	Aktuelle Berufsbezeichnung	Anzahl Jahre Berufserfahrung	Geschlecht
T01	Chief Sustainability Software Architect	30	Männlich
T02	Wissenschaftliche Mitarbeiterin	8	Weiblich
T03	Consultant ESG Data & Tech	8	Männlich
T04	Wissenschaftlicher Mitarbeiter	6	Männlich

Performance und Reporting. Die dazugehörigen Subdimensionen werden ebenfalls aus den bestehenden Modellen extrahiert und zu Clustern verdichtet (Tab. 2).

Die Formulierungen sind so angelegt, dass sie für digitale und nachhaltige Bewertungen genutzt werden können (Tab. 3; vollständige Übersicht mit Erläuterungen in Anhang C). Anders als einige NRMs, die ESG als eigene Dimension führen (z. B. de Almeida Santos et al. 2020), werden ESG-Aspekte hier in allen Subdimensionen der nachhaltigen Reife verankert und durch potenziell adressierte primäre SDGs ergänzt. Zur praktischen Anwendbarkeit werden je Subdimension beispielhafte KPIs für beide Transformationen angegeben, die eine grobe Orientierung für die Reifegradermittlung bieten; zur Identifikation geeigneter Messgrößen wurden hierfür Reifegradmodelle mit expliziter KPI-Erhebung herangezogen (z. B. Korachi und Bounabat 2020).

3.3 Evaluationsvorgehen mit Experten aus Forschung und Praxis

Für die Expertenvalidierung begutachteten zwei fachkundige Forschende sowie zwei Experten aus der Praxis T01 bis T04 den erarbeiteten Bewertungsrahmen (Tab. 4). Bereitgestellt wurden hierfür die Reifegradstufen, die Erläuterungen zu allen Subdimensionen aus beiden Transformationsperspektiven einschließlich exemplarischer KPIs und die Strukturierung der TTM.

Hierfür erfolgte eine Umfrage (Anhang D), die in Anlehnung an Salah et al. (2014) die Kriterien Angemessenheit, Eindeutigkeit, Nützlichkeit, Benutzerfreundlichkeit sowie Genauigkeit und Relevanz mithilfe einer 1 (stimme überhaupt nicht zu) bis 5 (stimme vollkommen zu) Likertskala erfasste, woraus dann je Frage ein Mittelwert gebildet wurde. In jedem Frageblock bestand zusätzlich die Möglichkeit, über offene Felder substanzielle Anmerkungen zur Struktur und Plausibilität des TT-Reifegradmodells zu formulieren. Die Evaluationsergebnisse werden anschließend in Abschn. 4.3 dargestellt.

4 Twin-Transformation-Matrix

4.1 Aufbau der Matrix

Die TT bildet die Grundlage zur Einordnung und Bewertung von Unternehmen in digitalen und nachhaltigen Transformationsprozessen. Dafür wird in der vorliegenden Forschungsarbeit ein Rahmen vorgeschlagen, der Unternehmen entlang des Reife-

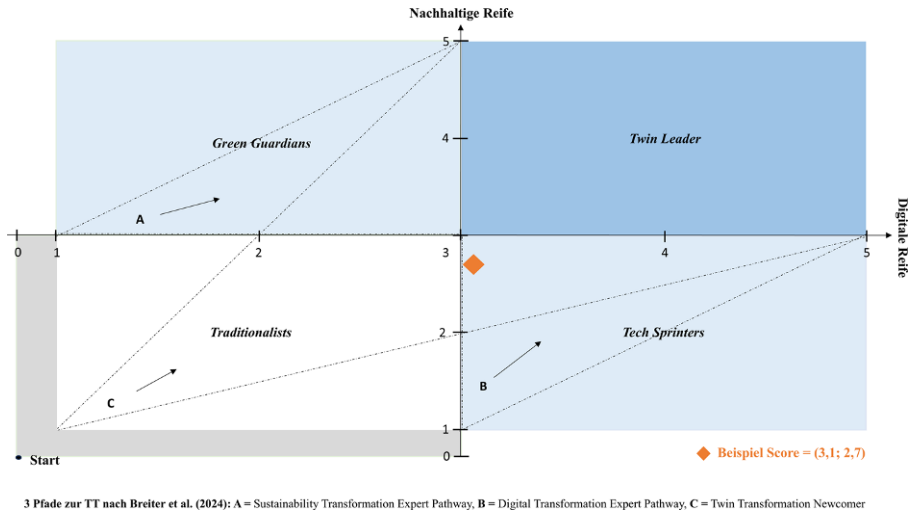


Abb. 1 Twin-Transformation-Matrix mit Beispielzuordnung

gradmodells positionieren und mögliche Potenziale identifizieren kann. Die digitale und nachhaltige Reife werden zweidimensional abgebildet, wodurch eine Quadrantenmatrix entsteht, die im Folgenden näher erläutert wird. Obwohl die Messung der Unternehmensreife mehrdimensional ist, bietet die Matrix einen ersten strukturierenden Ansatz zur Abbildung der Komplexität der TT.

Die Matrix in Abb. 1 verwendet zwei Hauptachsen für die digitale und die nachhaltige Transformationsreife. Beide Achsen sind einheitlich in sechs Stufen unterteilt, beginnend links beziehungsweise unten mit Stufe 0 und endend rechts beziehungsweise oben mit Stufe 5, der Mittelpunkt entspricht Stufe 3. Aus Darstellungsgründen erfolgt eine Einteilung in vier Quadranten, ohne negative Reifestufen zu implizieren. Dimensionen und Subdimensionen sind nicht unmittelbar sichtbar, bilden jedoch die Grundlage der Einordnung und die spätere Berechnung (siehe Abschn. 4.2). Zur Erhöhung der Transparenz werden Netzdiagramme wie nach Schumacher et al. (2016) eingebunden, welche die Reife je Dimension darstellen und optional die Subdimensionen sichtbar machen können (Abb. 2). In einem interaktiven Dashboard lässt sich dies bspw. durch Anklicken der jeweiligen Dimension realisieren, um gezielt Handlungsbedarfe zu bestimmen.

Zur späteren Klassifizierung werden die Achsen so skaliert, dass vier Quadranten entstehen. Der Mittelpunkt der Skala dient als Trennlinie, Ausprägungen unterhalb von Level 3 gelten als niedrig und ab Level 3 als hoch. Dadurch ergeben sich Kombinationen niedriger und hoher digitaler sowie nachhaltiger Reife, die eine präzisere Bestimmung des Ist-Zustands und ableitbare Handlungsempfehlungen ermöglichen.

- **Quadrant 1 – Traditionalists (niedrige digitale Reife/niedrige nachhaltige Reife):** Unternehmen in diesem Quadranten weisen sowohl in Bezug auf ihre DT als auch ihre NT einen geringen Reifegrad auf. Digitale Technologien und Kompetenzen sind nur in Ansätzen vorhanden, Prozesse sind weitgehend analog und wenig

Dimension	Digitale Reife	Nachhaltige Reife
Strategy & Governance	3,9	3,4
Organization & Management	3,8	2,7
People, Skills & Culture	4,1	3,2
Technology & Data	2,9	1,6
Operations & Processes	3,1	4,1
Products & Services / Innovation	3,5	2,5
Customers & Stakeholders	1,7	2,1
Ecosystem, Network & Collaboration	2,1	1,3
Performance & Reporting	3	3,7
Mittelwert	3,1	2,7

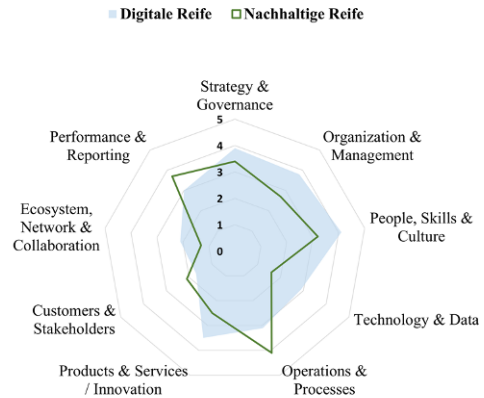


Abb. 2 Beispielbewertung auf Dimensionsebene mit Netzdiagramm

datenbasiert. Gleichzeitig fehlen strategische Nachhaltigkeitsziele, systematische Maßnahmen und transparente Berichterstattungsstrukturen. Diese Unternehmen agieren häufig reaktiv auf externe Anforderungen, ohne eigene Transformationsimpulse zu setzen, und laufen Gefahr, im Wettbewerb den Anschluss zu verlieren. Um langfristig wettbewerbsfähig zu bleiben, müssen sie zunächst grundlegende digitale und nachhaltige Strukturen aufbauen und Transformationsfähigkeit als strategische Priorität verankern.

- **Quadrant 2 – Tech Sprinters (hohe digitale Reife/niedrige nachhaltige Reife):** Unternehmen in diesem Quadranten sind technologisch entwickelt und weisen einen fortgeschrittenen Digitalisierungsgrad auf. Sie nutzen moderne IT-Infrastrukturen, Automatisierung, Datenanalytik und digitale Geschäftsmodelle, um ihre Effizienz, Innovationskraft und Marktreaktionsfähigkeit zu steigern. Nachhaltigkeitsaspekte sind hingegen bislang nur geringfügig in strategische und operative Prozesse integriert und spielen in Entscheidungslogiken eine untergeordnete Rolle. Dadurch besteht die Gefahr, dass ressourcenintensive oder sozial nachteilige Praktiken fortbestehen und die langfristige Resilienz des Geschäftsmodells beeinträchtigt wird. Diese Unternehmen verfügen über günstige Voraussetzungen, Nachhaltigkeitsinitiativen schnell zu skalieren, müssen jedoch zunächst ein Bewusstsein für ökologische und soziale Verantwortung systematisch entwickeln und verankern.
- **Quadrant 3 – Green Guardians (niedrige digitale Reife/hohe nachhaltige Reife):** Unternehmen in diesem Quadranten verfügen über ambitionierte Nachhaltigkeitsstrategien und verfolgen ökologische und soziale Ziele mit hoher Priorität. Nachhaltigkeit ist in Leitbild, Governance-Strukturen und operativen Prozessen fest verankert. Gleichzeitig weisen sie jedoch einen vergleichsweise geringen Digitalisierungsgrad auf: Digitale Technologien, Systeme und Kompetenzen sind nur punktuell vorhanden und häufig nicht integriert. Dadurch werden Potenziale zur Effizienzsteigerung, Skalierung und Transparenz nur begrenzt ausgeschöpft, was die Umsetzung und Messbarkeit von Nachhaltigkeitsinitiativen einschränken kann. Diese Unternehmen stehen vor der Herausforderung, digitale Technologien

gezielt einzusetzen, um ihre ambitionierten Nachhaltigkeitsziele langfristig wirksam und wirtschaftlich tragfähig zu gestalten.

- **Quadrant 4 – Twin Leader (hohe digitale Reife/hohe nachhaltige Reife):** Unternehmen in diesem Quadranten zeichnen sich durch eine fortgeschrittene Integration von digitalen und nachhaltigen Transformationsprozessen aus. Sie verfügen über eine ausgereifte digitale Infrastruktur und nutzen datenbasierte Entscheidungsprozesse sowie automatisierte Systeme, um Effizienz, Transparenz und Flexibilität entlang der gesamten Wertschöpfungskette zu gewährleisten. Gleichzeitig sind ökologische und soziale Nachhaltigkeitsziele strategisch verankert und werden konsequent verfolgt. Durch die gezielte Kopplung beider Transformationspfade gelingt es diesen Unternehmen, Synergien zu realisieren, Ressourceneffizienz und Innovationsfähigkeit zu steigern und langfristige Wettbewerbsvorteile zu generieren. Sie fungieren häufig als Vorreiter und setzen branchenweit Maßstäbe für nachhaltige und digitale Exzellenz.

Die Quadranten korrespondieren mit den von Breiter et al. (2024) beschriebenen Entwicklungspfaden zur TT. Unternehmen können aus einer Spezialisierung als „DT Expert“ oder „ST Expert“ zur „Twin Führung“ aufschließen oder als Traditionalist beide Dimensionen parallel ausbauen. Ein „DT Expert“ könnte somit ein Unternehmen (bspw. IT-Dienstleister) mit hoher digitaler Transformationsfähigkeit, jedoch noch nicht systematisch verankerter Nachhaltigkeitssteuerung darstellen. Mit wachsender organisatorischer Durchdringung können Wertschöpfungsnetzwerke stärker integriert und Prinzipien geschlossener Kreisläufe zunehmend berücksichtigt werden, um sich in Richtung „Twin Leadership“ zu entwickeln.

4.2 Erhebung des Reifegrads und Einordnung in der Matrix

Für beide Achsen wurden die Reifegradstufen sowie die Dimensionen und Subdimensionen bereits in Abschn. 3.2 definiert und beschrieben. Je Achse würden alle Dimensionen und Subdimensionen von den jeweiligen Unternehmen oder Beratungen bewertet werden; die daraus entstehenden Dimensionsmittelwerte bilden die Grundlage für den Achsenscore und werden gemeinsam mit den Einzelwerten in Netzdiagrammen dargestellt. Die Default-Stufe wird aus Gründen der Vollständigkeit in der TTM aufgeführt, geht jedoch nicht in die Score-Berechnung ein. Wechselseitige Abhängigkeiten zwischen den Dimensionen und spezifische Gewichtungen der Subdimensionen werden im vorliegenden Entwurf noch nicht modelliert. Das zugrunde liegende Bewertungsmodell ist in den Gleichungen 1, 2, 3 und 4 dargestellt, sodass Herkunft und Zusammensetzung der Reifegradstufe sowie prioritäre Entwicklungsbedarfe auf Subdimensionsebene transparent bleiben:

$$X = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n D_i^X, \quad (1)$$

$$Y = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n D_i^Y \quad (2)$$

$$\text{mit } \mathbf{D}_i^{(X)} = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m S_{i,j}^{(X)}, \mathbf{D}_i^{(Y)} = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m S_{i,j}^{(Y)} \quad (3)$$

$$\text{und } \mathbf{S}_{i,j}^{(X)} = \frac{1}{Q_{i,j}} \sum_{k=1}^{Q_{i,j}} r_{i,j,k}^{(X)}, \mathbf{S}_{i,j}^{(Y)} = \frac{1}{Q_{i,j}} \sum_{k=1}^{Q_{i,j}} r_{i,j,k}^{(Y)}. \quad (4)$$

Mit n als Anzahl der Dimensionen bzw. m als Anzahl der Subdimensionen innerhalb einer Dimension sowie X als Reifeindex für die DT und Y als Reifeindex für die NT bezeichnen $\mathbf{D}_i^{(X)}$ und $\mathbf{D}_i^{(Y)}$ die dimensionsspezifischen Mittelwerte auf den jeweiligen Transformationsachsen. Jede Dimension i wird hierzu über alle Mittelwerte der zugehörigen Subdimensionen $S_{i,j}^{(X)}$ und $S_{i,j}^{(Y)}$ aggregiert, sodass der konsolidierte Ausprägungsgrad der Dimension abgebildet werden kann und anschließend in die Berechnung der Achsenindizes X und Y eingeht. Diese Definition stellt sicher, dass die innerhalb einer Dimension bestehende Heterogenität berücksichtigt und zugleich eine vergleichbare, skalierbare Verdichtung auf Ebene beider Transformationsachsen ermöglicht wird. Zur Vollständigkeit wird die Erhebungsebene der Unterfragen Q mit den zugehörigen Antworten r in der Notation geführt.

4.3 Evaluationsergebnisse

Insgesamt wurden konzeptionelle Eignung, Dimensionsabdeckung und Verständlichkeit des Reifegradmodells für beide Transformationsperspektiven positiv bewertet (4,0–4,25), jedoch bestehen strukturelle Überlappungen, die eine Bündelung und Verschlankung der Dimensionen nahelegen (T02). Die realistische Darstellung der Stufen und die KPI-Passung gelten als solide (ca. 3,5–4,0), die Verständlichkeit der Subdimensionen fällt teils schwächer aus (ca. 3,5). Markant negativ fällt die Verfügbarkeit digitaler und nachhaltiger KPIs aus (ca. 1,5–1,75), bedingt durch fehlende Datenintegration sowie Standardisierungs- und Operationalisierungsdefizite in Unternehmen; besonders herausfordernd sind Lieferketten- und Scope-3-nahe Nachhaltigkeitsdaten. Das qualitative Feedback bestätigt dies: „der Aufwand zur Erhebung der Daten – ob freiwillige oder verpflichtend – ist enorm“ (T01), verbunden mit der Forderung nach Standards zur Sicherung der Vergleichbarkeit (T01).

Die TTM überzeugt die Experten in Form und Verständlichkeit: Die 2D-Darstellung (4,75) sowie die Trennschärfe der Quadranten (4,75) werden sehr hoch bewertet; Verständlichkeit sowie Vermittlungs-/Diskussionsnutzen sind ebenfalls sehr positiv bewertet worden (4,25), was darauf hindeutet, dass die Matrix in Kommunikations- und Entscheidungsformaten als niedrigschwellige Orientierung funktionieren kann. Im mittleren Bereich liegen die integrierte Betrachtung beider Transformationen (3,75), differenzierte Einordnung von Unternehmen (3,75), Aussagekraft der Positionierung (3,5) und Identifikation von Veränderungsbedarfen (3,75). Dies spricht für eine solide, jedoch noch nicht durchgängig belastbare Entscheidungsgrundlage: Unternehmen können zwar plausibel verortet werden, aber die Ableitung konkreter und relevanter Maßnahmen bleibt teilweise offen. Schwächer bewertet werden die Vergleichbarkeit über Unternehmen/Branchen (3,25) sowie die Sichtbarmachung wechselseitiger Einflüsse zwischen digitalen und nachhaltigen Subdimensionen (2,75), da das Benchmarking dadurch unscharf wirken könnte und potenzielle

Wirkpfade verdeckt bleiben könnten. Das qualitative Feedback hierzu verweist auf einen Rahmenkonflikt: „Auch hier gilt: Eine Vergleichbarkeit setzt [...] Standards voraus. Die Praxis hat gezeigt, dass [...] Standards einen zu hohen Erhebungsaufwand verursachen. Eine vergleichende Erhebung ist daher schwer möglich; dem steht jedoch nicht entgegen, dass sich ein Unternehmen individuelle Ziele setzt und diese abarbeitet.“ (T01). Auch hier spiegelt sich die begrenzte Vergleichbarkeit durch das grundlegende unternehmensseitige Daten- und Standardisierungsproblem wider. Hohe Erhebungsaufwände und heterogene Systeme verhindern belastbare, extern vergleichbare KPIs; Peer-Benchmarks bleiben daher lückenhaft.

Zusammenfassend sind Form und Semantik der TTM anschlussfähig, was sich in einer hohen inhaltlichen Übereinstimmung der Bewertungen widerspiegelt. Die Entscheidungsgauglichkeit der Matrix erfordert jedoch eine höhere Transparenz der Aggregationslogik in den Dimensionen und Subdimensionen, eine branchen- und größenbereinigte Vergleichsbasis sowie die explizite Darstellung wechselseitiger Abhängigkeiten.

5 Diskussion der Ergebnisse

5.1 Interpretation und Reflexion der Ergebnisse

Die Ergebnisse der konzeptionellen Ausarbeitung und ersten Evaluation deuten darauf hin, dass die Bündelung der beiden Transformationen in der TTM insbesondere dort Mehrwert stiften kann, wo DT und NT bislang getrennt betrachtet und gesteuert werden. Die eingeführte sechsstufige Reifeskala von Level 0 („Nicht vorhanden/Unbewusst“) bis Level 5 („Optimiert/Transformativ“) ist für digitale und nachhaltige Reife parallel angelegt und wird über getrennte Kurzanker inhaltlich ausdifferenziert. Die Nullstufe macht zwar sichtbar, ob ein Themenfeld tatsächlich noch nicht adressiert wird, impliziert jedoch die normative Setzung, dass bereits Level 1 („Initial/Basic“) einen qualitativen Sprung gegenüber einem völligen Nichtvorhandensein markiert; in Feldern mit Mindestaktivitäten könnte Level 0 entsprechend eher als technische Kategorie („nicht erhoben“) interpretiert werden.

Darüber hinaus spannt die TTM mit ihren neun Dimensionen einen organisationsweiten Bezugsrahmen auf, in dem beide Transformationen entlang derselben Struktur, aber transformationsspezifisch beschrieben werden. Die symmetrische Strukturierung erleichtert zwar eine integrierte Steuerung und den Vergleich, birgt jedoch das Risiko, spezifische Logiken, wie bspw. regulatorisch geprägte Nachhaltigkeitsanforderungen oder hoch technische Digitalthemen, zu glätten. Die Subdimensionen dienen hier als Andockpunkte für differenzierte Transformationspfade und Maßnahmenportfolios. In der Evaluation wurde zudem darauf hingewiesen, dass die Dimensionsstruktur insbesondere für die DT als sehr granular und teilweise überlappend wahrgenommen wird, sodass eine verschlankte, stärker abgegrenzte Variante die wesentlichen Aspekte vermutlich ebenfalls abdecken und die praktische Anwendbarkeit erhöhen könnte.

Auch die exemplarisch ausgewiesenen KPIs und die gegenwärtige Gleichgewichtung der Subdimensionen können vor diesem Hintergrund als heuristische Opera-

tionalisierung verstanden werden, die die Logik des Modells illustriert, ohne bereits den Anspruch eines standardisierten Assessments zu erheben. Angesichts begrenzter Datenverfügbarkeit und fehlender Normierung ist die Ausweisung solcher Kennzahlen jedoch ambivalent: Sie schärft einerseits den Anspruch des Modells und markiert perspektivisch relevante Messgrößen, trifft andererseits in der Praxis auf nur eingeschränkt verfügbare Daten und birgt damit das Risiko von Scheingenauigkeit und Überforderung. Entsprechend können die KPIs primär als konzeptioneller Zielkorridor und langfristige Orientierungsgröße für den Aufbau von Daten- und Reportingstrukturen (z.B. über ein Mapping auf ESRS-, GRI- oder ISO-Anforderungen) verstanden werden, während in frühen Anwendungsphasen qualitative Einschätzungen, Proxy-Indikatoren oder robuste ordinale Bewertungen genügen können.

Die Matrixdarstellung, in der die über die neun Dimensionen gemittelten digitalen und nachhaltigen Reifewerte auf zwei Achsen abgetragen und idealtypischen Feldern zugeordnet werden, erweist sich als wirkungsvolles Kommunikationsinstrument, da unterschiedliche Reifekombinationen intuitiv sichtbar werden und exemplarische Entwicklungspfade (A–C) veranschaulicht werden können. Zugleich bleibt die zweidimensionale Darstellung eine deutliche Vereinfachung, da sie die Vielschichtigkeit realer Transformationsprozesse notwendigerweise ausblendet und damit nur einen Ausschnitt der tatsächlichen Dynamik abbildet. Darüber hinaus gehen mit der Aggregation und der Setzung eines Schwellenwerts (z.B. Mittelwert 3) Informationsverluste und Grenzfälle einher, sodass stark heterogene Unternehmen im gleichen Feld landen können wie Unternehmen mit ausgewogener, aber mittlerer Reife. Für Governance-, Investitions- und Transformationsentscheidungen sollte die Matrix daher als analytischer Einstiegspunkt verstanden werden, der durch die detaillierten dimensionsbezogenen Profile und Kennzahlen ergänzt werden muss; ihr Mehrwert liegt darin, komplexe Zusammenhänge zwischen DT und NT anschlussfähig zu visualisieren sowie eine Basis für integrierte strategische Diskussionen und weitere empirische Ausdifferenzierung zu schaffen.

5.2 Implikationen für Praxis und Forschung

Das Reifegradmodell adressiert primär Beratungsunternehmen und Forschungsinstitute, die für Benchmarking und longitudinale Vergleiche konsistente Reifeprofile über mehrere Unternehmen erzeugen und daraus evidenzbasierte Empfehlungen ableiten können. Ergänzend unterstützt es unternehmensinterne Nachhaltigkeitsfunktionen bei systematischer Selbstbewertung, Fortschrittsmonitoring und Potenzialhebung.

Unternehmen im Quadranten der „Traditionalists“ weisen geringe Ausprägungen sowohl in digitalen Fähigkeiten als auch in der Nachhaltigkeitsverankerung auf. Für die Praxis ergibt sich hier primär die Notwendigkeit, grundlegende Strukturen (Begriffsverständnis, Verantwortlichkeiten, Basiserhebungen zu Prozessen und Daten) aufzubauen, um den Übergang von ad-hoc zu systematischen Routinen zu ermöglichen und anschlussfähige Transformationspfade zu eröffnen. Forschungsperspektivisch bieten diese Konstellationen ein geeignetes Umfeld, um niedrigschwellige Interventionsansätze, einfache Reifemetriken und Capacity-Building-Formate für frühe Entwicklungsstadien zu konzipieren und empirisch zu testen.

„Tech Sprinters“ verfügen über eine hohe digitale Reife, weisen jedoch Defizite in der systematischen Integration von Nachhaltigkeit in Strategie, Entscheidungslogik und operative Routinen auf. Praktisch besteht der zentrale Hebel darin, bestehende Daten- und Technologieplattformen gezielt zur Einbettung ökologischer und sozialer Anforderungen zu nutzen, anstatt parallele Nachhaltigkeitsstrukturen aufzubauen. Aus Forschungssicht rücken Fragen nach geeigneten Integrationsarchitekturen, Governance-Mechanismen und Anreizsystemen in den Vordergrund, die die Umlenkung digitaler Stärken in Richtung einer integrierten „Twin Leadership“ ermöglichen.

Im Quadranten der „Green Guardians“ ist Nachhaltigkeit strategisch und organisatorisch vergleichsweise weit entwickelt, während die digitale Reife zurückbleibt. Für die Praxis impliziert dies, die Professionalisierung der digitalen Basis, wie bspw. durch konsolidierte Datenarchitekturen, standardisierte Schnittstellen und definierte Verantwortlichkeiten für Datenprodukte, als Voraussetzung für die Skalierung und Operationalisierung von Nachhaltigkeitszielen zu priorisieren. Forschungsseitig eröffnet dieses Profil die Analyse von Pfaden, in denen normativ stark ausgerichtete Organisationen digitale Kompetenzen und Infrastrukturen aufbauen, ohne zentrale Werte- und Steuerungsprinzipien zu unterminieren.

„Twin Leader“ weisen sowohl in der digitalen als auch in der nachhaltigen Transformation hohe Reifegrade auf und fungieren damit als Referenzpunkte im Feld. Praktisch liefern sie Anhaltspunkte für die Ausgestaltung integrierter Steuerungsmodelle, datengetriebener Wirkungslogiken und geschäftsmodellbezogener Innovationen, die über reine Schadensreduktion hinausgehen. Für die Forschung bieten sie ein Labor zur Untersuchung von Kopplungsmechanismen beider Transformationen – etwa in Form von Ökosystemkooperationen, Datenräumen oder KI-gestützten Entscheidungsprozessen – sowie zur Ableitung übertragbarer Gestaltungsprinzipien für unterschiedliche Branchen- und Unternehmenskontexte.

Für die praktische Implementierung der TTM in Organisationen ist weniger die einmalige Durchführung eines Assessments als vielmehr deren langfristige institutionelle Verankerung entscheidend. Ausgangspunkt kann hierfür die strategische Anbindung der TTM an bestehende Steuerungs- und Governance-Strukturen sein, etwa im Rahmen von Transformations-, Nachhaltigkeits- oder Digitalisierungsprogrammen. Zur Verstetigung könnte die TTM in bestehende Zyklen der Unternehmenssteuerung (z.B. jährliche Planungs- und Strategieprozesse, Nachhaltigkeits- oder Digitalreports) eingebettet und die resultierenden Reifeprofile könnten systematisch mit Maßnahmenplanung, Ressourcenallokation und Monitoring verknüpft werden.

5.3 Limitationen und Forschungsausblick

Zunächst sind Reifegradmodelle grundsätzlich heuristische Vereinfachungen, die komplexe Kontextbedingungen in stufenförmige Typologien überführen und damit sowohl Interpretationsspielräume als auch Verzerrungsrisiken erzeugen. Zudem sind umfassende Assessments ressourcenintensiv und können insbesondere kleine und mittelständische Unternehmen belasten; darüber hinaus besteht die Gefahr, forma-

le Reife mit tatsächlicher Leistungsfähigkeit zu verwechseln, wenn dokumentierte Prozesse nicht operativ gelebt werden.

Eine weitere Limitation liegt in der begrenzten Trennschärfe einzelner (Sub-)Dimensionen, da inhaltsnahe Mehrfachzuordnungen (z. B. Data Governance zwischen Technology & Data sowie Strategy & Governance) die Konstruktvalidität beeinträchtigen können. Wechselseitige Einflussnahmen zwischen digitalen und nachhaltigen Subdimensionen werden bislang nicht quantifiziert, sodass der Ansatz aus Gründen der Vermeidung von Scheingenauigkeit auf die konzeptionelle Strukturierung und Einbettung in die TTM fokussiert bleibt. Die gegenwärtige Gleichgewichtung der Subdimensionen und die damit verbundene Aggregationslogik beruhen auf heuristischen Annahmen, wurden noch keiner Sensitivitätsanalyse unterzogen und können organisationsspezifische Prioritäten nur begrenzt abbilden.

Darüber hinaus ist zu berücksichtigen, dass die exemplarischen KPIs in der Praxis häufig nur eingeschränkt verfügbar sind oder mit hohem Erhebungsaufwand einhergehen, sodass in vielen Organisationen zunächst auf Näherungswerte, Proxy-Indikatoren oder qualitative Einschätzungen zurückgegriffen werden muss. Sie können daher primär als Orientierungsrahmen für eine schrittweise, datenbasierte Weiterentwicklung des Instruments verstanden werden, der durch ein systematisches Mapping auf regulatorische Anforderungen (z. B. ESRS, GRI, ISO) hinsichtlich Datenquellen, Erhebungsfrequenzen und Schwellenwerten ergänzt werden sollte, um die praktische Anwendbarkeit zu erhöhen.

Die vorliegende Evaluation mit $n=4$ Teilnehmenden ist als erster explorativer Schritt zu verstehen und erlaubt noch keine belastbaren Aussagen zur Güte des Instruments. Nachfolgende Arbeiten sollten die Bündelung der Dimensionen und Subdimensionen in einen Fragebogen mit Itembank und Auswertungsleitfaden überführen, konkrete Antwortformate und Scoring-Guides (inkl. Skalenniveaus und Zuordnung zu Reifestufen) ausarbeiten und den Ansatz in einer Pilotstudie mit größerer Stichprobe empirisch prüfen, um Umsetzbarkeit und zentrale Gütekriterien, wie die Reliabilität, zu beurteilen.

6 Fazit

Die vorliegende Arbeit schlägt mit der TTM einen integrierten, qualitativ fundierten Reifegradansatz vor, der DT und NT erstmals systematisch zusammenführt. Der Wertbeitrag dieses Artikels liegt in der gemeinsamen Rahmung bislang getrennt betrachteter Reifegradansätze zur DT und NT sowie in der analytischen Erfassung unterschiedlicher Transformationsverläufe für Governance- und Strategieentscheidungen, die vor dem Hintergrund wachsender regulatorischer und marktseitiger Anforderungen zunehmend an Bedeutung gewinnen. Zugleich wird deutlich, dass DT und NT nicht voneinander getrennt werden können, da beide eigene und wechselseitig wirkende Anforderungen in den abgebildeten Dimensionen und Subdimensionen mit sich bringen. Die Matrix wird dabei in sechs Stufen (0–5) unterteilt und verortet Unternehmen in einen der vier Quadranten (Traditionalists, Tech Sprinters, Green Guardians, Twin Leader). Zentrales Konstruktionsprinzip ist die Spiegelung identischer Bewertungsdimensionen und Subdimensionen auf beiden Achsen, sodass jede

Kategorie konsequent sowohl digital als auch nachhaltig adressiert werden kann. ESG wird dabei nicht als eigene Dimension geführt, sondern in allen nachhaltigkeitsbezogenen Subdimensionen verankert.

Als Reifegradmodell bietet die TTM eine erste strukturierte Einordnung und Vorbereitung weiterführender Analysen (z. B. Benchmarking, Governance-Ableitungen, KPI-Rahmen), bleibt in der vorliegenden Fassung jedoch ein konzeptioneller Entwurf: Interdependenzen und Gewichtungen werden noch nicht modelliert, die praktische Bewertungslogik ist bewusst schlank gehalten. Perspektivisch kann das Rahmenwerk in mehreren Stufen weiterentwickelt werden: von der Präzisierung der Subdimensionen und der Entwicklung einer konsistenten Itembank einschließlich standardisiertem Fragebogen über die Definition von KPI-Leitplanken und Datengrundlagen bis hin zum Aufbau belastbarer Benchmark-Kohorten. Auf dieser Grundlage kann die TTM schrittweise in Unternehmenssteuerung und Transformationsprogramme eingebettet und als kontinuierlicher Lern- und Referenzrahmen genutzt werden, der zukünftige Forschungsarbeiten ebenso wie praktische Gestaltungsansätze zur TT systematisch strukturiert und vergleichbar machen kann.

Zusatzmaterial online Zusätzliche Informationen sind in der Online-Version dieses Artikels (<https://doi.org/10.1365/s40702-025-01236-x>) enthalten.

Förderung Dieser Beitrag entstand im Rahmen des Forschungsverbunds „Wissenschaftsräume: Nachhaltigkeitsgovernance globaler Wertschöpfungsketten (GO-Chains)“ und wurde durch das Niedersächsische Ministerium für Wissenschaft und Kultur (MWK) im Programm „zukunft.niedersachsen“ gefördert (Förderkennzeichen: ZN4388). Die Open-Access-Finanzierung wird durch das Projekt DEAL ermöglicht und organisiert.

Funding Open Access funding enabled and organized by Projekt DEAL.

Interessenkonflikt S. Pohurskyy und F. Teuteberg geben an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

Open Access Dieser Artikel wird unter der Creative Commons Namensnennung 4.0 International Lizenz veröffentlicht, welche die Nutzung, Vervielfältigung, Bearbeitung, Verbreitung und Wiedergabe in jeglichem Medium und Format erlaubt, sofern Sie den/die ursprünglichen Autor(en) und die Quelle ordnungsgemäß nennen, einen Link zur Creative Commons Lizenz beifügen und angeben, ob Änderungen vorgenommen wurden. Die in diesem Artikel enthaltenen Bilder und sonstiges Drittmaterial unterliegen ebenfalls der genannten Creative Commons Lizenz, sofern sich aus der Abbildungslegende nichts anderes ergibt. Sofern das betreffende Material nicht unter der genannten Creative Commons Lizenz steht und die betreffende Handlung nicht nach gesetzlichen Vorschriften erlaubt ist, ist für die oben aufgeführten Weiterverwendungen des Materials die Einwilligung des jeweiligen Rechteinhabers einzuholen. Weitere Details zur Lizenz entnehmen Sie bitte der Lizenzinformation auf <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.de>.

Literatur

- Abdullah A, Yamak S, Korzhenitskaya A, Rahimi R, McClellan J (2024) Sustainable development: The role of sustainability committees in achieving ESG targets. *Bus Strat Env* 33(3):2250–2268. <https://doi.org/10.1002/bse.3596>
- Becker J, Knackstedt R, Pöppelbuß J (2009) Developing maturity models for IT management. *Bus Inf Syst Eng* 1(3):213–222. <https://doi.org/10.1007/s12599-009-0044-5>
- Becker J, Niehaves B, Poeppelbuss J, Simons A (2010) Maturity Models in IS Research. *ECIS 2010 Proceedings*, Pretoria, S 1–12

- Breiter K, Crome C, Oberländer AM, Schnaak F (2024) Dynamic capabilities for the twin transformation climb: a capability maturity model. *Inf Syst Front* 26(6):2205–2226. <https://doi.org/10.1007/s10796-024-10520-y>
- Christmann A-S, Crome C, Graf-Drasch V, Oberländer AM, Schmidt L (2024) The twin transformation butterfly. *Bus Inf Syst Eng* 66(4):489–505. <https://doi.org/10.1007/s12599-023-00847-2>
- Coroamă V, Mattern F (2019) Digital rebound—why digitalization Will not redeem us our environmental sins. *ICT Sustain*
- De Almeida Santos D, Gonçalves Quelhas L, Simões Gomes OF, Zotes Perez C, Braga França LL, Vinagre Pinto de Souza S et al (2020) Proposal for a maturity model in sustainability in the supply chain. *Sustainability* 12(22):9655. <https://doi.org/10.3390/su12229655>
- De Oliveira Neves R (2022) The EU taxonomy regulation and its implications for companies. In: Câmara P, Morais F (Hrsg) *The Palgrave handbook of ESG and corporate governance*. Palgrave Macmillan, Cham, S 249–265
- Du K, Li J (2019) Towards a green world: how do green technology innovations affect total-factor carbon productivity. *Energy Policy* 131:240–250. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2019.04.033>
- Eisner E, Hsien C, Mennenga M, Khoo Z-Y, Dönmez J, Herrmann C, Low JSC (2022) Self-assessment framework for corporate environmental sustainability in the era of digitalization. *Sustainability* 14(4):2293. <https://doi.org/10.3390/su14042293>
- Fraser P, Moultrie J, Gregory M (2002) The use of maturity models/grids as a tool in assessing product development capability: a review. *IEEE International Engineering Management Conference*, Cambridge, S 244–249
- Glanze E, Nüttgens M, Ritzrau W (2021) Unternehmenserfolg durch Nachhaltigkeit – Reifegrad- und Vorgehensmodell zum Aufbau eines datenbasierten Nachhaltigkeitsmanagements. *HMD* 58(1):155–166. <https://doi.org/10.1365/s40702-020-00694-9>
- Gökalp E, Martinez V (2022) Digital transformation maturity assessment: development of the digital transformation capability maturity model. *Int J Prod Res* 60(20):6282–6302. <https://doi.org/10.1080/00207543.2021.1991020>
- Graf-Drasch V, Kauffeld L, Kempf L, Oberländer AM, Teuchert A (2023) Driving twin transformation—the interplay of digital transformation and sustainability transformation. *Kristiansand. ECIS 2023 Research Papers*, S 1–18
- Guandalini I (2022) Sustainability through digital transformation: a systematic literature review for research guidance. *J Bus Res* 148:456–471. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2022.05.003>
- He Z, Huang H, Choi H, Bilgihan A (2023) Building organizational resilience with digital transformation. *J Serv Manag* 34(1):147–171. <https://doi.org/10.1108/JOSM-06-2021-0216>
- Kohlegger M, Maier R, Thalmann S (2009) Understanding maturity models. Results of a structured content analysis. *Proceedings of I-KNOW '09: 9th International Conference on Knowledge Management and Knowledge Technologies*, Graz
- Korachi Z, Bounabat B (2020) Towards a maturity model for digital strategy assessment. In: Ezziyyani M (Hrsg) *Advanced intelligent systems for applied computing sciences*, 1. Aufl. *Advanced Intelligent Systems for Sustainable Development (AI2SD'2019)*, Bd 4. Springer, Cham, S 456–470
- Lu HT, Li X, Yuen KF (2023) Digital transformation as an enabler of sustainability innovation and performance—Information processing and innovation ambidexterity perspectives. *Technol Forecast Soc Change* 196:122860. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2023.122860>
- Luccioni AS, Strubell E, Crawford K (2025) From efficiency gains to rebound effects: the problem of Jevons' paradox in AI's polarized environmental debate. *Proceedings of the 2025 ACM Conference on Fairness, Accountability, and Transparency (FAccT '25)*, Athens, S 76–88
- Lüdeke-Freund F (2020) Sustainable entrepreneurship, innovation, and business models: integrative framework and propositions for future research. *Bus Strat Env* 29(2):665–681. <https://doi.org/10.1002/bse.2396>
- Martinčević I, Primorac D, Dorić B (2024) Corporate sustainability reporting directive (CSRD): obligations, challenges and requirements for companies. *ENTRENOVA* 10(1):317–327. <https://doi.org/10.54820/entrenova-2024-0026>
- Nilashi M, Ooi KB, Tan G, Lin B, Abumalloh R (2023) Critical data challenges in measuring the performance of sustainable development goals: Solutions and the role of big-data analytics. *Harv Data Sci Rev*. <https://doi.org/10.1162/99608f92.545db2cf>

- Piscicelli L (2023) The sustainability impact of a digital circular economy. *Curr Opin Environ Sustain* 61:101251. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2022.101251>
- Salah D, Paige R, Cairns P (2014) An evaluation template for expert review of maturity models. In: Jedlitschka A, Kuvaja P, Kuhrmann M, Männistö T, Münch J, Raatikainen M (Hrsg) *Product-focused software process improvement*, Bd 8892. Springer, Cham, S 318–321
- Schaltegger S, Girschik V, Trittin-Ulbrich H, Weissbrod I, Daudigeos T (2024) Corporate change agents for sustainability: Transforming organizations from the inside out. *Bus Ethics Env Resp* 33(2):145–156. <https://doi.org/10.1111/beer.12645>
- Schumacher A, Erol S, Sihn W (2016) A maturity model for assessing industry 4.0 readiness and maturity of manufacturing enterprises. *Procedia CIRP* 52:161–166. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.07.040>
- Uddin M, Rahman AA (2012) Energy efficiency and low carbon enabler green IT framework for data centers considering green metrics. *Renew Sustain Energy Rev* 16(6):4078–4094. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2012.03.014>
- Winkler S, Günther J, Pfennig R (2023) Nachhaltige Digitalisierung oder Nachhaltigkeit durch Digitalisierung? *HMD* 60(4):815–836. <https://doi.org/10.1365/s40702-023-00987-9>
- Zhang T, Shi Z-Z, Shi Y-R, Chen N-J (2022) Enterprise digital transformation and production efficiency: mechanism analysis and empirical research. *Econ Res Ekon Istraživanja* 35(1):2781–2792. <https://doi.org/10.1080/1331677X.2021.1980731>
- Zimmer MP, Järveläinen J (2022) Digital–sustainable co-transformation: introducing the triple bottom line of sustainability to digital transformation research. In: Kreps D, al (Hrsg) *Human choice and digital by default: autonomy vs digital determination*, Bd 656. Springer, Cham, S 100–111

Hinweis des Verlags Der Verlag bleibt in Hinblick auf geografische Zuordnungen und Gebietsbezeichnungen in veröffentlichten Karten und Institutsadressen neutral.