

Nachhaltigkeit durch betriebliche Umweltinformationssysteme (BUIS)? Entwicklung und Evaluation eines Reifegradmodells für kleine und mittlere Unternehmen (KMU)

Danielle Warnecke¹, Jannes Heyn² und Frank Teuteberg³

Abstract: Bislang noch wenig untersucht ist der Beitrag, den BUIS auch bei kleinen und mittleren Unternehmen (KMU) zur nachhaltigen Entwicklung in ökologischer, ökonomischer und sozialer Hinsicht leisten können. Inwiefern derartige Systeme bereits Anwendung finden und insbesondere welchen Nachhaltigkeitseffekt sie bei KMU erzielen, wird in diesem Beitrag untersucht. Auf Literaturbasis wird hierzu ein Reifegradmodell entwickelt und zweifach durch Experten aus Wissenschaft und Praxis evaluiert. Als Erhebungsinstrument für die Reifegradbestimmung dient dabei ein standardisierter Fragenkatalog. Der vorliegende Beitrag liefert ein Modell, das als Ausgangspunkt für weitere empirische Forschung und die prototypische Implementierung verwendet werden kann.

Keywords: Green IS, BUIS, Nachhaltigkeit, Reifegradmodell, Industrie 4.0.

1 Einleitung

Nachhaltigkeit rückt immer mehr in den Fokus politischen und gesellschaftlichen Handelns und sensibilisiert eine breite Öffentlichkeit verstärkt für soziale, ethische und ökologische Aspekte [St17]. Unternehmen stehen somit vor der Herausforderung diese Aspekte kontinuierlich zu überprüfen und zu verbessern [Ba10], um wettbewerbsfähig zu bleiben [Kr17, KZ13]. Aus diesem Grund haben Themen wie nachhaltiges Informationsmanagement, BUIS oder Green IT/IS in der Wissenschaft zunehmend an Bedeutung gewonnen [OT12]. Im Zusammenhang mit Nachhaltigkeit in Unternehmen können betriebliche Umweltinformationssysteme „als Treiber, um langfristige ökonomische, ökologische und soziale Ziele zu erreichen“ wirken [KZ13], sodass ihnen eine entscheidende Rolle in der organisationalen Nachhaltigkeitstransformation zukommt [VSR16].

Die digitale Steuerung und Überwachung von Produktionsprozessen verspricht für Unternehmen zahlreiche Chancen [Bi15] und ist ein relevantes und aktuelles Thema in der unternehmerischen Praxis [BUB17]. In vielen Untersuchungen wird auf den bedeutenden Zusammenhang zwischen Industrie 4.0 Technologien, BUIS, und

¹ Universität Osnabrück, Unternehmensrechnung und Wirtschaftsinformatik, Katharinenstraße 1, 49074 Osnabrück, danielle.warnecke@uni-osnabrueck.de

² Universität Osnabrück, jaheyn@uni-osnabrueck.de

³ Universität Osnabrück, frank.teuteberg@uni-osnabrueck.de

Nachhaltigkeit verwiesen, eine spezifische Analyse des Ist-Zustandes bleibt jedoch aus [KZ17]. Da bereits vorhandene Werkzeuge wie Ökobilanzen oder Zertifizierungen sehr komplex sind, werden anwendungsorientierte und aufwandsarme Methoden zur Bewertung nachhaltiger Entwicklung zur Unterstützung der Praxis gefordert [Me15].

Aufgrund der hohen volkswirtschaftlichen Bedeutung (siehe z. B. [BSB12, BUB17, Lu16]) stehen in diesem Beitrag kleine und mittlere Unternehmen⁴ (KMU) im Fokus des Reifegradmodells. Somit wird die Forschungsfrage: *Welchen Reifegrad erzielen KMU anhand ihrer Nachhaltigkeitseffekte mit Hilfe von BUIS aktuell?* in der Untersuchung adressiert und ein Reifegradmodell als Ausgangspunkt der Selbstbewertung von KMU entwickelt und evaluiert.

2 Forschungsmethodik

2.1 Forschungsdesign

Das zugrunde liegende Forschungsdesign ist angelehnt an die acht Phasen der Reifegradmodellentwicklung nach [BKP09] und lässt sich wie folgt darstellen:

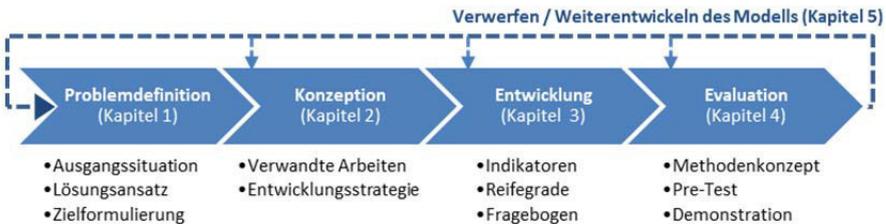


Abb. 1: Forschungsdesign als 5-Phasenmodell (modifiziert [BKP09])

Nach der Problemdefinition erfolgt ein systematischer Literaturreview nach [Fe06], um verwandte Arbeiten der Untersuchung zu identifizieren und zu analysieren. Die Suche mit den Begriffen: *Industrie 4.0, Internet of things, BUIS, Nachhaltig*, Sustainab*, KMU, SME, Reifegrad*, Maturity* wurde in wissenschaftlichen Datenbanken⁵ durchgeführt und ergab keine Treffer, die die Themenfelder *BUIS, KMU* und *Reifegrad* vereinen. Diese Begriffe wurden auf Deutsch und Englisch kombiniert, es wurden Synonyme und semantisch ähnliche Ausdrücke verwendet. Berücksichtigt wurden Publikationen im Zeitraum von 2011 bis 2017. Die Arbeiten, die wenigstens zwei der Themenfelder verbanden, werden nachfolgend vorgestellt (siehe 2.2).

⁴ KMU beschäftigen weniger als 250 Mitarbeiter und erwirtschaften einen Jahresumsatz von maximal 50 Millionen Euro oder eine Bilanzsumme von höchstens 43 Millionen Euro[Eu03].

⁵ EBSCO host, Science Direct, WISO-Net, AIS Electronic Library.

Basierend auf den Ergebnissen der erweiterten Literatursuche werden Indikatoren zur Festlegung der Reifegrade ermittelt (siehe 3.1) und die Reifegrade definiert (siehe 3.2). Zur Erhebung dieser Daten werden die Indikatoren in einen standardisierten Fragenkatalog überführt (siehe 3.3). Dabei stehen die folgenden Anforderungen an das Reifegradmodell im Fokus (angelehnt an [He14]):

A1: *Das Reifegradmodell soll Effekte von BUIS auf betrieblicher Ebene bewerten.*
A2: *Das Reifegradmodell soll als Assessmentmethode die kritische Selbstbewertung von KMU unterstützen.*

Das entwickelte Indikatoren-Set und der Fragebogen werden zunächst durch Experten aus der Wissenschaft evaluiert (Pre-Test) und dann an KMU zur Selbstbewertung (Demonstration) ausgegeben (siehe Kapitel 4). Das jeweilige Feedback fließt somit an zwei Stellen im Entwicklungsprozess in die iterative Weiterentwicklung des Modells ein.

2.2 Verwandte Arbeiten

Die Forschungslücke in diesem Bereich zeigt sich auch durch die geringe Anzahl verwandter Arbeiten und Studien, die die Bewertung der Nachhaltigkeitsentwicklung durch BUIS untersuchten. Ergänzt werden die wissenschaftlichen Treffer daher durch Grauliteratur anhand weiterer Internetrecherche.

Ziel einer VDI-Studie zu Nachhaltigkeitseffekten in der Industrie 4.0 sind die ökologischen Auswirkungen der digitalen Transformation im Hinblick auf Ressourceneffizienz in mittelständischen Unternehmen des verarbeitenden Gewerbes. In diesem Zusammenhang werden Maßnahmen von zehn Unternehmensbeispielen analysiert. Eine vergleichende Bewertung der teilnehmenden Unternehmen bleibt jedoch aus [VD17].

Eine der Publikationen thematisierte die Bewertung nachhaltiger Entwicklung von Fabriken anhand eines Reifegradmodells [Me15]. Neben den Fabrikobjekten werden hier auch Stakeholder einbezogen in die Nachhaltigkeitsentwicklung einbezogen. Im Gegensatz zu jener akteursbezogenen Betrachtung liegt der Fokus dieses Beitrags auf den Nachhaltigkeitseffekten, die durch BUIS im Zusammenhang mit Industrie 4.0 Technologien bei KMU realisiert bzw. gefördert werden.

[KZ17] zeigen in ihrem Beitrag Chancen und Risiken aus volkswirtschaftlicher Perspektive auf, die die Industrie 4.0 für ein nachhaltiges Wirtschaften birgt, wobei auch hier ausgewählte Indikatoren-Sets eingesetzt werden, die sich an den drei Säulen der Nachhaltigkeit [Ha87] orientieren. Die Unternehmensperspektive, speziell für KMU wird nicht analysiert oder bewertet.

Weitere Autoren orientieren sich an den folgenden Handlungsfeldern gemäß ISO 26000 für Unternehmen im Bereich Nachhaltigkeit: *Organisationsführung, Menschenrechte, Arbeitspraktiken, Umwelt, faire Betriebs- und Geschäftspraktiken, Konsumentenangelegenheiten sowie Einbindung und Entwicklung der Gemeinschaft* [Ba19, Co16].

3 Entwicklung des Reifegradmodells

3.1 Nachhaltigkeitsindikatoren für KMU im produzierenden Gewerbe

Nachfolgend werden auf Basis der Literatur- und Internetrecherche Nachhaltigkeitsindikatoren abgeleitet und einer Dimension (ökonomisch, ökologisch, sozial) der Nachhaltigkeit nach [Ha87] zugeordnet. Nachhaltige Unternehmensführung bedeutet dabei nicht, ökonomisches Denken aufzugeben oder zurückzustellen [KZ13]. Vielmehr können Nachhaltigkeitsstrategien auch kostenoptimierend wirken und somit zur Langlebigkeit der Unternehmung beitragen [Co16]. Als Indikatoren ökonomischer Nachhaltigkeit wurden dabei die Bereiche *IT-Sicherheit* und *Datenschutz*, *Störfälle im Betriebsablauf*, *Umsatzwachstum*, *Gewinnentwicklung*, *Kundenzufriedenheit* und *Produktqualität* identifiziert [He15a, Kl17, Bi15, Bu17].

Nach [Ga16] zählen unter anderem die übermäßige Ressourcenverwendung, Verschmutzung und die natürliche Umgebung zu den untersuchungsrelevanten Indikatoren. Insbesondere aus der digitalen Transformation werden Ressourceneinsparungen erwartet [NS17, Pl15]. Beispielsweise wird durch die virtuelle Produktentwicklung eine immaterielle Entwicklung am Computer ermöglicht. In Verbindung mit einer detaillierten Simulation können so neue Produkte geprüft und getestet werden, ohne dass diese physisch existieren müssen. Dementsprechend sinkt der Bedarf an Materialien und Werkzeugen für Prototypen, wodurch ebenfalls Ressourcen, Energie und Abfall eingespart werden [VD17]. Die ökologischen Nachhaltigkeitsindikatoren werden somit durch *Verbräuche (Gelände, Material, Strom, Wasser)* und *Verschmutzung (Abwasser, CO₂, Abfälle, Recyclinganteil)* abgebildet [KZ17, Bu13, Bu16, Bi15].

Soziale Nachhaltigkeitsindikatoren adressieren in dieser Untersuchung den Menschen in seiner betrieblichen Umgebung. Die Systemgrenze bildet die Unternehmung selbst, sodass der Fokus sozialer Nachhaltigkeit auf Auswirkungen für Mitarbeiter liegt. Ergo wurden abschließend folgende etablierte Konstrukte zur Messung sozialer Nachhaltigkeit im Bereich des produzierenden Gewerbes verwendet: *Anzahl der Bewerbungen*, *Mitarbeiterqualifikation*, *Beschäftigungsentwicklung*, *Technologieakzeptanz*, *Arbeits- und Gesundheitsschutz* und *Mitarbeiterzufriedenheit* [Co16, Lu16, Ba10, U117, Gr16].

3.2 Festlegung der Reifegrade

Durch Reifegradmessung werden Qualität, Fähigkeit oder Ausgereiftheit einer bestimmten Gruppe von Objekten bzw. Prozessen (Produktionsfaktoren und -prozesse) erfasst. Die jeweilige Reifegradstufe (z. B. 3 – aktiv) stellt dabei einen spezifischen Entwicklungsschritt entlang einer festgelegten Skala (1- passiv bis 5 - proaktiv) dar [BKP09]. Die einzelnen Stufen werden dabei durch umfassende, verallgemeinerbare

Dimensionen (ökonomisch, ökologisch, sozial) und anerkannte Kriterien (Indikatoren) definiert und bauen hierarchisch aufeinander auf [Me15].

Ökonomisch	Ökologisch	Sozial
5 – proaktiv (ab 81 Punkte) Die nachhaltigen Produktionsprozesse und der Einsatz von BUIS dienen als Vorbild für Standards. Sie sind Bestandteil der Unternehmensstrategie und intrinsisch motiviert.		
Zulieferer werden in die nachhaltige Ausrichtung einbezogen. Innovative Produktionstechnologien werden getestet und weiterentwickelt. Unternehmensausrichtung ist ganzheitlich nachhaltig.	Alle Rohstoffe sind zertifiziert. Abbaubare Materialien werden bevorzugt. Die Verbräuche befinden sich auf technisch realisierbarem Minimum und langfristige Recyclingkooperationen bestehen.	Das Unternehmen expandiert und stellt neue Mitarbeiter ein. Die Arbeitsbedingungen orientieren sich an etablierten Tarifverträgen. Es besteht eine hohe Technologieakzeptanz und Zufriedenheit.
4 – etabliert (61-80 Punkte) BUIS sind fester Bestandteil der Produktionsprozesse und werden durch das Management gefördert. Nachhaltige Arbeitsweisen tragen zum positiven Image bei.		
Prozesse werden laufend überwacht und optimiert. Nachhaltige Produktionsweise wird werbewirksam genutzt und durch ein festes Budget weiterentwickelt.	Energie- und Ressourcenverbräuche werden sukzessive reduziert. Umweltzertifizierte Materialien werden bevorzugt eingesetzt und Abfälle vermieden.	Die Anzahl der Bewerber steigt. Mitarbeiter nehmen an regelmäßigen Technologie-Schulungen teil und melden sich weniger häufig krank.
3 – aktiv (41-60 Punkte) Die Nutzung von BUIS liefert messbare Erfolge. Gesetzliche Vorgaben und Standards werden umgesetzt und eingehalten. Know-How wird sukzessive aufgebaut.		
Es bestehen fünf-Jahrespläne, bei denen Umweltfaktoren und BUIS ausschlaggebend sind. Monitoringdaten unterstützen die Investitionsentscheidungen.	Materialien werden schadstoffarm eingekauft und effizient eingesetzt. Verbräuche werden überwacht. Ausschussware wird ggf. überarbeitet und nicht entsorgt.	Mitarbeiter werden über Zusammenhänge von BUIS und nachhaltigen Wirtschaftens aufgeklärt und im Umgang mit dieser Technologie geschult und gefördert.
2 – regelkonform (21-40 Punkte) Vorteile von BUIS werden begrenzt wahrgenommen und Standards bedingt befolgt. Lediglich externe Impulse führen zu mehr Effizienzmaßnahmen.		
Die Notwendigkeit nachhaltigen Handelns wird erkannt. Es werden kurzfristige Investitionen in Produktionsanlagen und Betriebsmittel getätigt.	Umweltschädliche Materialien werden als problematisch erkannt. Schädliche Abfälle werden fachgerecht entsorgt. Verbräuche werden überwacht.	Schutzmaßnahmen gemäß Arbeitssicherheit werden getroffen. Mitarbeiterrechte werden respektiert und eingehalten.
1 – passiv (bis 20 Punkte) Verantwortliche zeigen kein Interesse an nachhaltigen Themen. Gesetzliche Anforderungen werden minimalistisch eingehalten, etablierte Standards nicht angewandt.		
Keine nachhaltige Denkweise vorhanden. Das Unternehmen wird mit minimalem Aufwand aufrecht gehalten.	Minimalpreisstrategien werden im Materialeinkauf verfolgt. Produktionsprozesse verursachen hohe Verbräuche und Abfälle.	Mitarbeiter werden als Produktionsfaktoren betrachtet und nicht gefördert. Hohe Fluktuation der Stellen herrscht vor.

Tab. 1: Reifegradmodell - Nachhaltigkeitseffekte durch BUIS bei KMU

3.3 Entwicklung des Fragebogens

Um die erforderlichen Daten und Informationen zu erheben, werden die zuvor entwickelten Indikatoren in einen Fragebogen (siehe Anhang) aus standardisierten Items überführt. Der Fragebogen dient in der Untersuchung als Erhebungsinstrument der Reifegrade und stellt somit eine Komponente des Reifegradmodells dar [He14].

Insgesamt besteht der Fragenbogen aus zwei Teilen. Im ersten Schritt werden Informationen des Unternehmens ermittelt. Auf diese Weise lässt sich überprüfen, ob der Teilnehmer die für die Analyse erforderlichen Kriterien erfüllt. Zum einen müssen es mittelständische Unternehmen des produzierenden Gewerbes sein, zum anderen müssen diese bereits Industrie 4.0-Systeme sowie BUIS in den Produktionsprozess implementiert haben. Anschließend erfolgt im zweiten umfangreicheren Teil die tatsächliche Reifegraderhebung. Dazu werden als Fragetypen geschlossene Fragen mit vorgegeben Antwortmöglichkeiten und sechsstufigen Zustimmungsskalen verwendet. Als Antwortmöglichkeit wird eine Skala von 0 (trifft nicht zu) bis 5 (trifft absolut zu) verwendet, wobei der Zustimmungswert der erhaltenen Punktzahl entspricht. Die Fragen werden als Items mit identischem Antwortformat formuliert [Ka15], um die Beantwortung als auch die Auswertung des Fragebogens objektiv und transparent zu gestalten [BUB17].

4 Mehrstufige Evaluation

Ziel der Evaluation ist es, zu überprüfen, inwieweit das Reifegradmodell dazu geeignet ist, die anfangs formulierten Anforderungen (siehe 2.1) zu erfüllen [RSB09, He14]. Um die Qualität der Iterationsschritte zu erhöhen [Me10], werden im Rahmen dieser Arbeit verschiedene Evaluationsmethoden eingesetzt.

Im ersten Schritt ist das Modell mittels argumentativer Deskription, auch Selbstevaluation, hinsichtlich der Einhaltung allgemeingültiger Konstruktionsrichtlinien [Me10] evaluiert worden. Im zweiten Schritt erfolgt eine Bewertung des Modells im Rahmen von leitfadengeführten Experteninterviews [GL10]. Diese fünf Experten aus der Wissenschaft (Fachgebiet Wirtschaftsinformatik) beurteilten den Prototypen neben den formulierten Anforderungen anhand der Kriterien: *Richtigkeit, Relevanz, Vollständigkeit, Wirtschaftlichkeit, Klarheit, Vergleichbarkeit, Systematischer Aufbau, Selbstbewertung*, die sich allgemein auf die Qualität wissenschaftlicher Modelle beziehen [He14].

Die Experten kritisierten in den Interviews die verwendeten Reifegradbezeichnungen, sodass Stufe 2 (ursprünglich „minimalistisch“) geändert wurde in „regelkonform“. Weiterhin wünschten die Experten einen Erklärungssatz für jede Stufe, sodass ein Gesamteindruck der Stufe wiedergegeben wird. Außerdem wurde die Anzahl der Prüfkriterien von 25 auf 20 reduziert. Zwar ergab die Recherche, dass es sich bei den fünf eliminierten Prüfkriterien um Nachhaltigkeitsindikatoren handelt, jedoch konnte

laut Experten kein unmittelbarer Bezug zu BUIS in Zusammenhang mit KMU des produzierenden Gewerbes gefunden werden. Der verwendete Interviewleitfaden umfasste dabei die in Tab. 2 aufgeführten Themenblöcke und Fragestellungen, angelehnt an [He14].

Themenblock	Fragestellungen
A. Allgemeines	- Einführung (Motivation, Ziel der Arbeit, ...) - Diskussion bezüglich der Relevanz des Modells
B.1 Reifegradmodell	- Evaluation anhand der definierten Kriterien - Diskussion bezüglich der Modellarchitektur
B.2 Fragebogen	- Eignung des Fragebogens als Erhebungsinstrument
C. Abschließendes	- Stärken und Schwächen des Modells - Anregungen der Experten, Dank

Tab. 2: Themen und Fragen des Interviewleitfadens (angelehnt an [He14])

Im dritten Schritt der mehrstufigen Evaluation erfolgt eine Demonstration des Reifegradmodells durch den Einsatz in Unternehmen. Dazu wurden KMU des produzierenden Gewerbes unterschiedlicher Branchen über Internetrecherche (z. B. Unternehmenswebseiten, die Internetseite Plattform-Industrie 4.0 und Ausstellerlisten von Fachmessen) identifiziert und per E-Mail sowie telefonisch um die Teilnahme an der Evaluation gebeten. Der anonymisierte Fragebogen wurde 150 identifizierten Unternehmen per E-Mail zugesendet. Von den 12 erhaltenen Antwortbögen konnten 8 vollständig ausgewertet werden. Dies entspricht einer Rücklaufquote nutzbarer Ergebnisse von 5,3%.

Für alle teilnehmenden Unternehmen können hinsichtlich ihrer nachhaltigen Entwicklung in den drei Dimensionen positive Effekte seit der Implementierung von BUIS festgestellt werden. Die Ausprägung dieser Entwicklung ist dabei jedoch unterschiedlich hoch. Unternehmen A erreicht z. B. die Gesamtpunktzahl 78. Dies entspricht der Reifegradstufe 4 des Modells. Unternehmen D erzielt insgesamt 44 Punkte und somit Reifegrad 3, während Unternehmen E mit nur 23 Punkten Reifegrad 2 zugeordnet wird. Es wird zweimal der Reifegrad 4 erreicht, viermal der Reifegrad 3 und zweimal der Reifegrad 2. Hier deutet sich eine durchschnittliche Reifestufe von 3 an, was jedoch aufgrund der geringen Fallzahl weiterer Untersuchung bedarf.

5 Fazit

Auf Basis wissenschaftlicher Literatur wurden verwandte Arbeiten und Indikatoren identifiziert, die in standardisierter Form in einen Fragebogen überführt wurden. Berücksichtigt wurden dabei die drei Dimensionen der Nachhaltigkeit mit insgesamt 20 Indikatoren, die durch BUIS adressiert werden. Der Fragebogen wurde zur Erhebung der Reifegrade durch KMU des produzierenden Gewerbes anonym beantwortet und ausgewertet. Die Relevanz und Richtigkeit des Modells konnte somit gezeigt werden. Jedoch bedarf es in einem nächsten Schritt weiterer Erhebung, sodass ein signifikantes Sample erreicht wird. Ferner kann das Reifegradmodell zur komfortableren Handhabung als Online-Fragebogen modifiziert werden, sodass die Teilnehmer direkt ein (grafisches) Ergebnis erhalten und ein Vergleich mit anderen Teilnehmern möglich wäre. Als Alternative kann die Befragung weiterhin verdeckt durchgeführt werden, um somit einen IST-Zustand der Nachhaltigkeitsstrategien von KMU empirisch zu erheben und zu analysieren, hierzu müssten die Indikatoren noch spezifischer formuliert und anhand von konkreten Beispielen genau dargelegt werden. Aus der Abweichung von Potenzialen und Ist-Zustand können so Handlungsempfehlungen abgeleitet werden, die zum Wissenstransfer zwischen Wissenschaft und Praxis beitragen.

Anhang

Der Fragebogen kann unter folgender URL abgerufen werden: http://bit.ly/BUIS_KMU.

Danksagung

Diese Arbeit ist Teil des Projekts "Nachhaltiger Konsum von Informations- und Kommunikationstechnologie in der digitalen Gesellschaft – Dialog und Transformation durch offene Innovation". Das Projekt wird vom Ministerium für Wissenschaft und Kultur des Landes Niedersachsen und der VolkswagenStiftung aus Landesmitteln des Niedersächsischen Vorab gefördert (Projektnummer VWZN3037).

Literaturverzeichnis

- [Ba10] Bay, K. (Hrsg.) ISO 26000 in der Praxis: Der Ratgeber zum Leitfaden für soziale Verantwortung und Nachhaltigkeit – Darstellung, Diskussion und Analyse – Vergleiche zu bestehenden Regelungen – Umsetzungshinweise und Beispiele, Oldenbourg Industrieverlag, München, 2010.
- [Bi15] Bischoff, J.: Erschließen der Potenziale der Anwendung von ‚Industrie 4.0‘ im Mittelstand, Kurzfassung der Studie, agiplan GmbH; Fraunhofer IML; ZENIT GmbH, Mülheim an der Ruhr, 2015.

- [BKP09] Becker, J., Knackstedt, R., Pöppelbuß, J. : Entwicklung von Reifegradmodellen für das IT- Management - Vorgehensmodell und praktische Anwendung, in *Wirtschaftsinformatik*, Jg. 51, Nr. 3, 2009, S. 249-260, 2009.
- [BSB12] Breuer, W., Schweizer, T., Breuer, C. (Hrsg.): *Gabler Lexikon Corporate Finance*, 2. Auflage, Springer Fachmedien, Wiesbaden, 2012.
- [Bu13] Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU), Umweltbundesamt: *Umweltkennzahlen in der Praxis: Ein Leitfaden zur Anwendung von Umweltkennzahlen in Umweltmanagementsystemen mit dem Schwerpunkt auf EMAS*, 2013.
- [Bu16] Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB): *Klimaschutzplan 2050: Klimaschutzpolitische Grundsätze und Ziele der Bundesregierung*, 2016.
- [Bu17] Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik (BSI): *Cyber-Angriffe auf die Wirtschaft - jedes zweite Unternehmen betroffen*, Pressemitteilung vom 21. Juli 2017.
- [BUB17] Becker, W., Ulrich, P., Botzkowski, T.: *Industrie 4.0 im Mittelstand - Best Practices und Implikationen für KMU*, Springer Fachmedien, Wiesbaden, 2017.
- [Co16] Colman, B.: *Nachhaltigkeitscontrolling: Strategien, Ziele, Umsetzung*, 2. Auflage, Springer Fachmedien, Wiesbaden, 2016.
- [Eu03] Europäische Kommission: *Empfehlung der Kommission vom 06. Mai 2003 betreffend der Definition von Kleinstunternehmen sowie der kleinen und mittleren Unternehmen*, Amtsblatt der Europäischen Union L124/36, Brüssel, 2003.
- [Fe06] Fettke, P.: *State-of-the-Art des State-of-the-Art – Eine Untersuchung der Forschungsmethode „Review“ innerhalb der Wirtschaftsinformatik*, in *Wirtschaftsinformatik*, Jg. 4, Nr. 48, S. 257-266, 2006.
- [Ga16] Garbie, I.: *Sustainability in Manufacturing Enterprises: Concepts, Analyses and Assessments for Industry 4.0*, Springer International Publishing, Schweiz, 2016.
- [GL10] Gläser, J., Laudel, G.: *Experteninterviews und qualitative Inhaltsanalyse als Instrumente rekonstruierender Untersuchungen*, 4. Auflage, VS Verlag für Sozialwissenschaften, Wiesbaden, 2010.
- [Gr16] Gronau, N. et. al.: *Akzeptanzanalyse in der Industrie 4.0-Fabrik*, in Obermaier, R. (Hrsg.), *Industrie 4.0 als unternehmerische Gestaltungsaufgabe: betriebswirtschaftliche, technische und rechtliche Herausforderungen*, Springer Fachmedien, Wiesbaden, S. 291-307, 2016.
- [Ha87] Hauff, V.: *Unsere gemeinsame Zukunft: Der Brundtland-Bericht der Weltkommission für Umwelt und Entwicklung*, Eggenkamp Verlag, Greven, 1987.
- [He14] Hecht, S.: *Ein Reifegradmodell für die Bewertung und Verbesserung von Fähigkeiten im ERP-Anwendungsmanagement*, Springer Fachmedien, Wiesbaden, 2014.
- [He15a] Hertel, M.: *Risiken der Industrie 4.0 – Eine Strukturierung von Bedrohungsszenarien der Smart Factory*, in *HMD Praxis der Wirtschaftsinformatik*, Jg. 52, Nr. 5, S. 724-738, 2015.

- [He15b] Heß, G.: Reifegradmanagement im Einkauf: Mit dem 15M-Reifegradmodell zur Exzellenz im Supply Management, Springer Fachmedien, Wiesbaden, 2015.
- [Ka15] Kallus, K.-W.: Erstellung von Fragebogen, 2. Auflage, facultas - Verlag, Wien, 2015.
- [KI17] Klaiber, T. et. al.: Visualisierung der IT - Sicherheitslage, in Andelfinger, V.-P., Hänisch, T. (Hrsg.), Industrie 4.0: Wie cyber-physische Systeme die Arbeitswelt verändern, Springer Fachmedien, Wiesbaden, S. 99-110, 2017.
- [Kr17] Krys, C.: Megatrends - Rahmenbedingungen für unternehmerische Nachhaltigkeit, in Wunder, T. (Hrsg.), CSR und Strategisches Management: Wie man mit Nachhaltigkeit langfristig im Wettbewerb gewinnt, Springer - Verlag, Berlin, S. 45-65, 2017.
- [KZ13] Kolbe, L., Zarnekow, R.: Green IT: Erkenntnisse und Best Practices aus Fallstudien, Springer - Verlag, Berlin, Heidelberg, 2013.
- [KZ17] Karl, D., Zitzmann, I.: Smart and Sustainable? – Industrie 4.0 aus der Perspektive der Nachhaltigkeit, in Sucky, E., Kolke, R., Biethahn, N., Werner, J., Koch, G. (Hrsg.), Mobility in a Globalised World 2016, University of Bamberg Press, Bamberg, S. 78-97, 2017.
- [Lu16] Ludwig, T. et. al.: Arbeiten im Mittelstand 4.0 – KMU im Spannungsfeld des digitalen Wandels, in HMD Praxis der Wirtschaftsinformatik, Jg. 53, Nr. 1, S. 71-86, 2016.
- [Me10] Mettler, T.: Supply Management im Krankenhaus – Konstruktion und Evaluation eines konfigurierbaren Reifegradmodells zur zielgerichteten Gestaltung, Dissertation, Universität St. Gallen, Sierke Verlag, Göttingen, 2010.
- [Me15] Mersmann, T.: Reifegradbasierte Bewertung der Nachhaltigkeit von Fabriken, Dissertation, PZH Verlag, Garbsen, 2015.
- [NS17] Neligan, A., Schmitz, E.: Digitale Strategien für mehr Materialeffizienz in der Industrie: Ergebnisse aus dem IW-Zukunftspanel, in IW-Report 3/2017, Institut der deutschen Wirtschaft, Köln, 2017.
- [OT12] Ortwerth, K., Teuteberg, F.: Green IT/IS Forschung - Ein systematischer Literaturreview und Elemente einer Forschungsagenda, in Proceedings der Multikonferenz der Wirtschaftsinformatik (MKWI 2012), Braunschweig, 2012.
- [PI15] Plass, C.: Industrie 4.0 als Chance begreifen, Unity AG, Berlin, 2015.
- [RSB09] Riege, C., Saat, J., Bucher, T.: Systematisierung von Evaluationsmethoden in der gestaltungsorientierten Wirtschaftsinformatik, in Becker, J., Krcmar, H., Niehaves, B. (Hrsg.), Wissenschaftstheorie und gestaltungsorientierte Wirtschaftsinformatik, Physica-Verlag, Heidelberg, S. 69-86, 2009.
- [St17] Statistisches Bundesamt: Nachhaltige Entwicklung in Deutschland: Indikatorenbericht 2016, 2017.
- [Ul17] Ullrich, A. et. al.: Wandlungsbereitschaft und Wandlungsfähigkeit von Mitarbeitern bei der Transformation zu Industrie 4.0, in Reinheimer, S. (Hrsg.), Industrie 4.0: Herausforderungen, Konzepte und Praxisbeispiele, Springer Fachmedien, Wiesbaden, S. 91-115, 2017.

- [VD17] VDI Zentrum Ressourceneffizienz GmbH (VDI ZRE): Ressourceneffizienz durch Industrie 4.0 – Potenziale für KMU des verarbeitenden Gewerbes, Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit, Berlin, 2017.
- [VSR16] vom Brocke, J., Seidel, S., Recker, J.: Green Information Systems, in Gronau, N., Becker, J., Sinz, E.-J., Suhl, L., Leimeister, J.-M. (Hrsg.), Enzyklopädie der Wirtschaftsinformatik Online Lexikon, 2016.