



Kernkompetenzzentrum  
Finanz- & Informationsmanagement



Projektgruppe  
Wirtschaftsinformatik

## Performance Measurement im Zeitalter der Digitalisierung: Eine Balanced Scorecard für die Industrie 4.0

von

Matthias von Entreß-Fürsteneck, Johannes Karl<sup>1</sup>, Nils Urbach

In: Anwendungsorientierte Beiträge zum Industriellen Management,  
Flexibilisierung der Fabrik im Kontext von 4.0 (Band 6), Logos Verlag, Berlin,  
2017, S. 107-132

<sup>1</sup> Robert Bosch Power Tools GmbH

Universität Augsburg, D-86135 Augsburg  
Besucher: Universitätsstr. 12, 86159 Augsburg  
Telefon: +49 821 598-4801 (Fax: -4899)

Universität Bayreuth, D-95440 Bayreuth  
Besucher: Wittelsbacherring 10, 95444 Bayreuth  
Telefon: +49 921 55-4710 (Fax: -844710)

WI-703



Universität  
Augsburg  
University



UNIVERSITÄT  
BAYREUTH



# **Performance Measurement im Zeitalter der Digitalisierung: Eine Balanced Scorecard für die Industrie 4.0**

**Matthias von Entrefß-Fürsteneck, Johannes Karl, Nils Urbach**

Wissenschaft und Praxis beschäftigen sich derzeit gleichermaßen intensiv mit der beginnenden Vierten Industriellen Revolution, der sogenannten Industrie 4.0. Die bisherigen Veröffentlichungen und Diskussionen sind dabei stark durch die Disziplinen der (reinen) Informatik und der Ingenieurwissenschaften geprägt. Dementsprechend ist es nicht verwunderlich, dass der Versuch einer ökonomischen Leistungsmessung der Industrie 4.0 bisher allenfalls rudimentär behandelt wurde. Im Rahmen dieses Beitrags wird daher eine Industrie 4.0-Balanced Scorecard vorgestellt, die zur Leistungsmessung des durch die Vierte Industrielle Revolution bedingten Unternehmenswandels eingesetzt werden kann. Um dem Anspruch der Praxistauglichkeit genügen zu können, wurde im Rahmen des Entwicklungsprozesses ein gestaltungsorientierter Forschungsansatz gewählt, in dem die theorie- und literaturgestützt erarbeitete Industrie 4.0-Balanced Scorecard durch Experteninterviews validiert wurde.

## **Performance Measurement im Überblick**

Ziel des Performance Measurements ist es, die Unternehmensleistung hinsichtlich Effektivität und Effizienz der betrieblichen Handlungen umfassend zu würdigen. Zur Leistungsbeurteilung werden dabei vergangenheits-, gegenwarts- und zukunftsorientierte Kennzahlen eingesetzt, die über die bloße Erfassung finanzieller Wirkungen hinausgehen und auch in der Lage sind, nicht-monetäre Dimensionen, wie etwa Kundenzufriedenheit oder Innovationsfähigkeit, zu bewerten.<sup>1</sup> Grund für dieses Vorgehen ist der Gedanke, dass finanzielle Kennzahlen lediglich das Endresultat der unternehmerischen Vorgänge darstellen und durch andere Variablen bedingt werden sowie die beständig geäußerte Kritik an den hauptsächlich aus dem traditionellen Rechnungswesen gebildeten Kennzahlen.<sup>2</sup> Das Performance Measurement ist dabei kein autarkes System innerhalb des Unternehmens. Es ist vielmehr Teilmenge und Kernelement eines übergeordneten Performance Managements zugleich.<sup>3</sup> Aufgabe des Performance Managements ist

---

<sup>1</sup> Vgl. Ossadnik 2009, S. 340 und vgl. Gladen 2002, S. 5-6.

<sup>2</sup> Vgl. Schmeisser et al. 2011, S. 5; vgl. Ossadnik 2009, S. 339 und vgl. Willms 2005, S. 50.

<sup>3</sup> Vgl. Schmeisser et al. 2011, S. 7 und vgl. Ossadnik 2009, S. 340.

es, Maßnahmen zu definieren und zu implementieren, auf deren Basis die Unternehmensleistung gesteigert werden kann.<sup>4</sup> Somit wird klar, dass Performance Measurement und Management in einem Abhängigkeitsverhältnis stehen: Die verfolgten Ziele im Performance Management determinieren die im Performance Measurement betrachteten Kennzahlen. Sofern die Kennzahlenausprägungen dabei von den gewünschten Sollwerten abweichen, bedarf es wiederum einer Strategieveränderung im Performance Management.<sup>5</sup>

### **Die Balanced Scorecard**

Im Rahmen des Performance Measurements existieren verschiedene Konzepte, die zur Leistungsmessung herangezogen werden können.<sup>6</sup> Das sowohl in der Praxis als auch in der Forschung am weitesten verbreitete Instrument ist die Balanced Scorecard (BSC).<sup>7</sup> Ausgangspunkt der Entstehung der BSC war ein Forschungsprojekt der Wissenschaftler KAPLAN UND NORTON zu Beginn der 1990er Jahre mit zwölf US-amerikanischen Unternehmen. Dabei war das Ziel, existierende Kennzahlensysteme durch die Erfassung nicht-monetärer Indikatoren weiterzuentwickeln, um dadurch die gestiegenen Anforderungen an die unternehmerische Leistungserfassung erfüllen zu können.<sup>8</sup> Als Resultat entstand ein Konstrukt, dessen Übersetzung ins Deutsche wohl am ehesten mit „ausgewogener oder multikriterieller Berichtsbogen“ gelingt und in der Lage ist, die Interessen multipler Stakeholder zu erfassen.<sup>9</sup> Die geforderte Ausgewogenheit wird dadurch erreicht, dass sowohl lang- als auch kurzfristige, interne als auch externe, sowie finanzielle und nicht-finanzielle Kennzahlen Aufnahme in die BSC finden.<sup>10</sup> Bedingt durch die Einfachheit und Verständlichkeit dieses Konzepts sowie der flexiblen Einsetzbarkeit in den verschiedenen Unternehmensebenen und –bereichen<sup>11</sup>, emanzipierte sich die BSC als bald von einem reinen Kennzahlensystem hin zu einem Instrument der strategischen

---

<sup>4</sup> Vgl. Reinecke 2004, S. 51.

<sup>5</sup> Vgl. Lebas 1995, S. 34 und vgl. Ossadnik 2009, S. 341-342.

<sup>6</sup> Vgl. Schreyer 2007, S. 44-59; vgl. Kennerley/Neely 2002, S. 146-149 und vgl. Schomann 2001, S. 136-146.

<sup>7</sup> Vgl. Neely 2005, S. 1274; vgl. Günther/Grüning 2002, S. 11-12 und vgl. Gladen 2014, S. 418.

<sup>8</sup> Vgl. Matheis 2012, S. 100-101; vgl. Weber/Schäffer 2011, S. 193 und vgl. Kaplan/Norton 1992.

<sup>9</sup> Vgl. Baier 2008, S. 143 und vgl. Klingebiel 1999, S. 56.

<sup>10</sup> Vgl. Kaplan/Norton 1996, S. 8; vgl. Klingebiel 1999, S. 57 und vgl. Schomann 2001, S. 140.

<sup>11</sup> Vgl. Eisenberg/Schulte 2005, S. 1 und vgl. Gladen 2014, S. 419-420.

Unternehmenssteuerung und -planung.<sup>12</sup> Dabei kann die BSC sowohl in Industrie- als auch in Dienstleistungsunternehmen gleichermaßen eingesetzt werden.<sup>13</sup>

Eine Standard-BSC verfügt über die vier Perspektiven Finanzen, Kunden, Prozesse sowie Lernen und Entwicklung, die Kaplan und Norton auf Basis empirischer Erhebungen bestimmt haben.<sup>14</sup> Jede dieser Perspektiven besitzt spezifische strategische Ziele, die Zielerreichung messende Kennzahlen und Kennzahlen-Richtwerte sowie einen Maßnahmenkatalog zur Zielerreichung.<sup>15</sup> Dabei gilt es darauf zu achten, dass die Kennzahlen<sup>16</sup> Attribute wie beispielsweise kardinale Skalierung oder Multidimensionalität erfüllen sowie zudem durch das Management beeinflussbar sind und Einfluss auf den Unternehmenserfolg besitzen.<sup>17</sup> Die Kennzahlen der unterschiedlichen Ebenen der BSC sind dabei sowohl horizontal innerhalb der Perspektive als auch vertikal zwischen den Perspektiven verknüpft.<sup>18</sup> Dabei beruht die horizontale Verlinkung nicht primär auf logisch-mathematischen Beziehungen, sondern fokussiert auf kausale Ursache-Wirkungs-Relationen.<sup>19</sup>

Zentraler Nutzen der BSC ist die vielfältige Adaptierbarkeit des Konstrukts. Hierdurch können unternehmensindividuell gestaltete Performance Measurement Systeme geschaffen werden, die in der Lage sind, die Charakteristika der jeweiligen Wettbewerbssituation adäquat abzubilden.<sup>20</sup> Vorteilhaft ist vor allem das beliebig mögliche Hinzufügen oder Ersetzen von Perspektiven zur Standard-BSC in Abhängigkeit des betrachteten Unternehmens.<sup>21</sup> Hilfreich sind zudem die in der Literatur zahlreich beschriebenen BSC-Implementierungsprojekte, die als Anschauungs- und Inspirationsobjekte dienen

---

<sup>12</sup> Vgl. Willms 2005, S. 53; vgl. Schomann 2001, S. 139 und vgl. Baier 2008, S. 143.

<sup>13</sup> Vgl. Müller 2002, S. 189.

<sup>14</sup> Vgl. Horvath & Partners 2007, S. 2 und vgl. Engel 2006, S. 133.

<sup>15</sup> Vgl. Eisenberg/Schulte 2005, S. 2; vgl. Willms 2005, S. 54 und vgl. Sneathlage 2004, S. 40.

<sup>16</sup> Vgl. Willms 2005, S. 53 und vgl. Kaufmann 2002, S. 38.

<sup>17</sup> Vgl. Weber/Schäffer 2011, S. 195 und vgl. Ossadnik 2009, S. 359-360.

<sup>18</sup> Vgl. Schomann 2001, S. 140.

<sup>19</sup> Vgl. Ossadnik 2009, S. 359; vgl. Matheis 2012, S. 102; vgl. Gladen (2002), S. 12-13 und vgl. Weber/Schäffer 2011, S. 193 und S. 196.

<sup>20</sup> Vgl. Horvath 2011, S. 234 und vgl. Müller 2002, S. 189.

<sup>21</sup> Vgl. Müller 2002, S. 189.

können.<sup>22</sup> Zusammenfassend kann hierdurch ein Konstrukt geschaffen werden, das eine einseitige Finanz- und Vergangenheitsorientierung überwindet und dennoch einfach in seiner Anwendung verbleibt.<sup>23</sup> Wird im Zuge der Adaptierung der Standard-BSC die oftmals gelobte Transparenz und Verständlichkeit des Performance Measurement Systems nicht beschädigt<sup>24</sup>, kann die BSC darüber hinaus als Reporting- und Kommunikationsinstrument genutzt werden.<sup>25</sup>

### **Entwicklung der Industrie 4.0-Balanced Scorecard**

Trotz der vielfach hervorgehobenen Vorteile der BSC geht deren Entwicklung und Implementierung mit einem hohen Zeit- und Kostenaufwand einher.<sup>26</sup> Dabei wird bei der Erstellung in der Praxis häufig der Fehler begangen, die „harten“ Kennzahlen zu präferieren, wodurch die Finanzperspektive überbetont wird und die geforderte Ausgewogenheit<sup>27</sup> des Konstrukts zerfällt.<sup>28</sup> Zudem wird meist stark pragmatisch vorgegangen und daher werden Kennzahlen ausgewählt, die bereits existieren, jedoch den Bezug zu den strategischen Zielen des Unternehmens vermissen lassen. Folglich zielt die Entwicklung der Industrie 4.0-Balanced Scorecard darauf ab, Unternehmen, die sich auf dem Transitionsfad zum einem „smarten“ Industrie 4.0-Unternehmen befinden, ein Werkzeug zur Messung ihrer Bemühungen an die Hand zu geben.

### **Zukunfts- und Technologieperspektive**

Ausgangspunkt der Industrie 4.0-BSC bildet bei einer bottom-up durchgeführten Betrachtung die sogenannte Zukunfts- und Technologieperspektive.<sup>29</sup> Ziel dieser Perspektive ist es, die Fundamentalfaktoren zu erfassen, die den Unternehmenserfolg auf den nachfolgenden Ebenen determinieren. Als zentraler Faktor stellt sich dabei im Rahmen der Industrie 4.0 die Sensibilität des Unternehmens für zukünftig relevante Technologien heraus. Nur wenn Unternehmen innovationsstark in den maßgeblichen Themen der Vierten Industrielle Revolution sind, können in der Zukunft daraus Erfolgspotenziale

---

<sup>22</sup> Vgl. Weber/Schäffer 2000, S. 73-93.

<sup>23</sup> Vgl. Müller-Dauppert 2005, S. 136.

<sup>24</sup> Vgl. stellvertretend Eisenberg/Schulte 2005, S. 1 und vgl. Baier 2008, S. 151.

<sup>25</sup> Vgl. Baier 2008, S. 148 und vgl. Gladen 2002, S. 16.

<sup>26</sup> Vgl. Klein 2009, S. 11; vgl. Gadatsch/Mayer 2014, S. 117 und vgl. Stöger 2007, S. 29.

<sup>27</sup> Vgl. Pepels 2006, S. 974.

<sup>28</sup> Vgl. Stöger 2007, S. 29 und vgl. Pepels 2006, S. 974.

<sup>29</sup> Die Anregung hierfür stammt von Schmid-Kleemann 2004, S. 220ff.

---

entstehen. Relevante Basistechnologien sind an dieser Stelle derzeit insbesondere die Bereiche Big Data<sup>30</sup>, cyber-physische-Systeme (CPS)<sup>31</sup> als auch Cloud Computing<sup>32</sup>. Fokus der Unternehmen muss es also sein, durch die vorgenommenen Investitionen eine starke Integration dieser Technologien in den Werkshallen zu erreichen. Eine alleinige Fokussierung auf diese Technologien genügt jedoch nicht. Zwar kommt es durch die Industrie 4.0 zur Verknüpfung von IT und Wertschöpfung, dennoch bleibt der Mensch (noch) weiterhin fester Bestandteil der Fertigungsstätten. Dementsprechend muss darauf geachtet werden, dass der Mitarbeiter über die bloße zur Verfügungsstellung der angesprochenen Technologien hinaus auch mit diesen umgehen kann. Als abschließendes Themenfeld wird in dieser Perspektive daher noch die Industrie 4.0-Kompetenz der Mitarbeiter erfasst.

#### *Industrie 4.0 Innovationsstärke*

Ausgangspunkt der BSC ist die Innovationsstärke des Unternehmens im Bereich Industrie 4.0. Um die Innovationsstärke des Unternehmens zu messen, kann auf den Anteil der Industrie 4.0-Projekte an allen in der Fertigung verfolgten Innovationsprojekten abgestellt werden.

$$\text{Industrie 4.0 Innovationsstärke} = \frac{\text{Anzahl der Industrie 4.0 Projekte}}{\text{Gesamtzahl der Innovationsprojekte in der Fertigung}} * 100$$

Je größer die Kennzahlenausprägung, desto höher ist der Anteil der Industrie 4.0-Projekte im Vergleich zu allen Innovationprojekten in der Fertigung und desto eher können Erfolge in den nachgelagerten Themenfeldern erzielt werden. Einschränkend muss jedoch erwähnt werden, dass diese Kennzahl auch Nachteile besitzt. So müssen die Projekte untereinander in puncto Zeitdauer und Investitionsbetrag vergleichbar sein, um nicht Äpfel mit Birnen zu vergleichen. Eine Möglichkeit, diesem Umstand Rechnung zu tragen, könnte dabei die Gewichtung der Projekte mit angesprochener Zeitdauer oder Investitionsbetrag sein. Hierdurch könnte über einen kalkulatorischen Weg die Vergleichbarkeit der Projekte künstlich geschaffen werden.

---

<sup>30</sup> Vgl. Schuh/Stich 2013, S. 5.

<sup>31</sup> Vgl. Bauerhansl 2014, S. 15-16.

<sup>32</sup> Vgl. Verl/Lechler 2014, S. 239.

### *Big-Data-Integration*

Sofern die Innovationsstärke im Industrie 4.0 Kontext hoch ist, sollte zum Beispiel auch die Nutzung von Big Data in der Fertigung zunehmen. Zur Überprüfung dieser Annahme bieten sich Kennzahlen an, die auf die für Big Data typischen Charaktereigenschaften von „Velocity“, „Variety“ oder „Volume“ rekurrieren. Bedingt durch die Integration von Big Data-Ansätzen sollte es dem Unternehmen möglich sein, die Generierung strukturierter und unstrukturierter Daten massiv auszuweiten. Dabei muss jedoch bedacht werden, dass das Ziel von Big Data nicht in der Generierung immenser Datenvolumina besteht, sondern darin liegt, sogenannte Smart Data zu erzeugen, um verbesserte Steuerungsentscheidungen im Unternehmen zu ermöglichen. Interessant ist daher zu betrachten, welche der bereits erfassten Informationen in der Fertigung auch tatsächlich für Analysezwecke eingesetzt werden, da ansonsten die Datenerfassung zum Selbstzweck degradiert wird:

$$\text{Big Data-Integration} = \frac{\text{genutztes Datenvolumen}}{\text{Gesamtes in der Fertigung erfasstes Datenvolumen}} * 100$$

### *Cloud-Computing-Integration*

Ebenso sollte evaluiert werden, wie stark das Cloud Computing im Fertigungsbereich integriert ist. Prinzipiell bieten sich auch hier Kennzahlen an, die auf das in der Cloud gesammelte Datenvolumen abstellen. Da jedoch das Datenvolumen schon Gegenstand der Big Data-Kennzahl ist, nutzen wir zur Vermeidung von Redundanzeffekten folgende bereits stark verbreitete Kennzahl:

$$\text{Cloud Computing-Integration} = \frac{\text{Einsatzzeit der Cloud}}{\text{Gesamte Fertigungszeit}} * 100$$

Die Kennzahl misst den Anteil der Einsatzzeit der Cloud im Vergleich zur gesamten Fertigungszeit. Sofern die Kennzahl eine hohe Ausprägung annimmt, kann konstatiert

werden, dass das Cloud Computing einen hohen Stellenwert in der Fertigung einnimmt. Die Kennzahl hat zudem den Vorteil, dass sowohl die Eingangsgrößen leicht ermittelt werden können als auch die Produktions- und IT-Umgebung explizit verknüpft werden.

### *CPS-Integration*

Den bisher am geringsten verbreiteten Technologiebereich stellen die CPS dar. Nur wenige Unternehmen verfügen, aufgrund der Neuartigkeit der CPS, über voll funktionsfähige Systeme mit den dargestellten Sensoren, Aktoren und internetbasierenden Kommunikationstechnologien. Ziel sollte es daher sein zu messen, inwieweit das CPS bereits in der Lage ist, die reale Welt virtuell darzustellen, um hierüber die Abbildungsgüte des CPS zu validieren. Als Kennzahl bietet sich dafür folgende Größe an:

$$\text{CPS-Integration} = \frac{\text{über CPS gesammeltes Datenvolumen}}{\text{Gesamtes in der Fertigung gesammeltes Datenvolumen}} * 100$$

Je höher dabei die Ausprägung der Kennzahl ist, desto mehr Daten werden in der Fertigung bereits auf direktem Wege durch die CPS generiert und müssen nicht über andere Inputkanäle (umständlich) abgerufen werden. Dahinter steht die Überlegung, dass es mit einer zunehmenden Menge an Daten, die durch die CPS gesammelt werden, möglich sein sollte, die virtuelle Abbildung der Produkte detailreicher und realitätsgetreuer zu modellieren. Das Entgegenhalten des gesamten in der Fertigung erfassten Datenvolumens liefert folglich einen Richtwert zur Beurteilung des über die CPS gesammelten Datenvolumens.

### *Industrie 4.0-Kompetenz*

Abschließend ist in diesem Bereich die vorhandene Industrie 4.0-Kompetenz der Mitarbeiter in der Fertigung zu betrachten. Denn trotz starker Investitionen in die angesprochenen Technologiebereiche werden auf den nachfolgenden Ebenen keine Erfolge Realisierung finden, wenn mit der Technologieausstattung nicht auch die IT-Kompetenz der Mitarbeiter zunimmt. Sonst sind die geforderten Technologien zwar vorhanden, können jedoch nicht sinnvoll von den menschlichen Arbeitskräften genutzt werden. Die Folge muss eine bewusste Förderung von Industrie 4.0-Kompetenz innerhalb der

Gruppe der Arbeiter sein, gerade bei älteren, bisher weniger IT-affinen Arbeitskräften.<sup>33</sup> Inwieweit die Anstrengungen in diesem Bereich Erfolge nach sich ziehen, lässt sich anhand folgender Kennzahl ablesen:

$$\text{Industrie 4.0-Kompetenz} = \frac{\text{Mitarbeiterzahl im Werk mit Industrie 4.0 Kompetenz}}{\text{Gesamtzahl der Mitarbeiter im Werk}} * 100$$

Fraglich ist dabei, wie genau eine Messung der Industrie 4.0-Kompetenz erfolgen kann. Eine Möglichkeit ist, zu überprüfen, ob der Arbeitnehmer im Rahmen der Berufsausbildung Industrie 4.0-lastige Module oder Fächer belegen musste. Als Folge können bestimmte Ausbildungsberufe per Definition als Industrie 4.0-affin eingestuft werden. Auch kann untersucht werden, ob die Mitarbeiter Zusatzqualifikationen im Rahmen ihrer Berufslaufbahn erworben haben, die zur Steigerung der Industrie 4.0-Kompetenz dienen und mit entsprechenden Zertifikaten abgeschlossen wurden. Ebenso kann von vorhandener Industrie 4.0-Kompetenz gesprochen werden, wenn der Mitarbeiter eine definierte Mindestanzahl an Fortbildungstagen zum übergeordneten Thema „Industrie 4.0-Einsatz in der Fertigung“ erreicht hat.

### **Industrie 4.0 – Potenzialperspektive**

Nach der Zukunfts- und Technologieperspektive schließt sich die Industrie 4.0-Potenzialperspektive an. Zweck dieser Ebene ist es zu erfassen, wie nahe das Unternehmen der Vision der Industrie 4.0 kommt. Dahinter steht die Überlegung, dass durch eine verstärkte Tätigkeit in den vorher genannten Technologiebereichen, Potenziale in den Innovationsfeldern Smart Product, Smart Factory, Industrial Smart Grid und Smart Logistics entstehen können. Je größer dabei der IT-Integrationserfolg ist, desto höher sind die Potenziale. Der Begriff „Potenzial“ wurde dabei bewusst gewählt, um zu verdeutlichen, dass in dieser Ebene lediglich Erfolgchancen entstehen, indem die einzelnen Bereiche durch die IT „smarter“ werden. Die konkrete Quantifizierung der sich hieraus ergebenden Nutzenpotenziale erfolgt jedoch erst in der nachgelagerten Perspektive.

#### *Smart Product*

---

<sup>33</sup> Vgl. z.B. hierzu die Umfrageergebnisse von Richter 2009, S. 28.

Für das Innovationsfeld Smart Product ist zunächst fraglich, ab wann ein Produkt als „smart“ bezeichnet werden darf. In diesem Zusammenhang sind unterschiedliche Abgrenzungsversuche denkbar. So kann es bereits genügen, wenn das Produkt eine einzige Anforderung der Industrie 4.0 erfüllt, wie beispielsweise die Ausstattung mit einem Identifikator, die Möglichkeit der Speicherung von Produktions- oder/und Nutzungsdaten auf dem Produkt, die Fähigkeit, über die Cloud mit der Smart Factory zu interagieren etc. Darüber hinaus ist jedoch auch die Festlegung eines kumulativ zu erfüllenden Kriterienkatalogs oder die Niederschrift bestimmter Ausschlusskriterien denkbar. Sofern das Problem der Definition von Smart Products im Zuge des unternehmensinternen Diskurses gelöst wurde, bietet sich folgende Kennzahl an:

$$\text{Smart Product} = \frac{\text{Anzahl der "smarten" Produktarten}}{\text{Gesamtzahl technologisch relevanter Produktarten}} * 100$$

Anhand der Smart-Product-Quote kann festgestellt werden, wie viele der vom Unternehmen hergestellten technologisch relevanten Produktarten bereits als Industrie 4.0-kompatibel bezeichnet werden können. Um eine Incentivierung hin zu einer möglichst hohen „Intelligenz der Produkte“ zu erreichen, könnte daher die dargestellte Definitionsfrage von Smart Products mit einem eher restriktiven und anspruchsvollen Vorschlag beantwortet werden. Durch die Bezugsgröße „Gesamtzahl technologisch relevante Produktarten“ wird zudem darauf geachtet, dass nicht angestrebt wird, zwanghaft jedes Produkt zu smarten, sondern lediglich jene Produktarten auszuwählen, bei denen die IT-Integration zu einem Mehrwert führt.

### *Smart Factory*

Ein weiterer Baustein der Industrie 4.0 wird durch die Smart Factory verkörpert. Im Sinne einer nutzenstiftenden Vernetzung, sollen Menschen und Maschinen darin gefördert werden, schnell und unkompliziert innerhalb des gesamten, womöglich global verteilten Unternehmens, Daten und Informationen auszutauschen und zu analysieren. Um den Vernetzungsgrad zu bemessen, kann folgende Kennzahl herangezogen werden:

$$\text{Smart Factory} = \left(1 - \frac{\text{Anzahl der Medienbrüche}}{\text{Anzahl der Schnittstellen}}\right) * 100$$

Die Kennzahl rekurriert implizit auf die Vernetzung, indem sie zum Ausdruck bringt, wie stark die digitale Durchgängigkeit innerhalb der Smart Factory ist. Dahinter steht die Überlegung, dass unter anderem Schnittstellen harmonisiert und adaptiert werden müssen, um eine möglichst große Vernetzung im Unternehmen zu erreichen. Sofern dies gelingt, sinkt die Anzahl der Medienbrüche in der Smart Factory, was wiederum die Vernetzung und hierüber wiederum die Durchgängigkeit des Informationssystems in der Herstellung verbessert.

### *Smart Logistics*

Ebenso relevant ist die Frage, inwiefern es dem Unternehmen gelingt, die Zielsetzung einer Smart Logistics zu realisieren. Dabei verfolgte Zielsetzungen müssen unter anderem die Ermöglichung eines unverzüglichen Informationsaustausches, die Verarbeitung und Auswertung großer Datenvolumina, die Sicherstellung der ständigen Lokalisierbarkeit der Produkte sowie die Steigerung der Kollaborationsfreudigkeit der Supply Chain Teilnehmer sein. Nur wenn diese und weitere Etappenziele erreicht werden, kann eine optimale Steuerung der kompletten Supply Chain Umsetzung finden. Zur Erfassung eignet sich dazu die folgende Kennzahl:

$$\text{Smart Logistics} = \frac{\text{Anzahl der erfassten Produktgebände in der Supply Chain}}{\text{Gesamtzahl der Produktgebände in der Supply Chain}} * 100$$

Als Folge entsteht durch diese Kennzahl eine Art Visibilisierungsindex, der darüber Aufschluss gibt, inwieweit das Unternehmen in der Lage ist, die hergestellten Produkte digital nachzuverfolgen. Damit kann überprüft werden, ob und wie qualitativ hochwertig eine virtuelle Abbildung des realen, physischen Logistikablaufs gelingt. Dies ist gerade deshalb wichtig, da erst durch eine hohe digitale Abbildungsgüte weiterführende Analysen wie etwa die Optimierung von Routingplänen adäquat umgesetzt werden können. Je größer also die Kennzahlausprägung ist, desto höher ist das Potenzial im Bereich der Smart Logistics.

### *Industrial Smart Grid*

Abschließend sei noch der Teilbereich des Industrial Smart Grids betrachtet, dessen Ziel es ist, durch intelligente Maßnahmen eine bessere Abstimmung von Verbrauchern und

---

Anbietern von Strom im Unternehmen zu erreichen. Zur Bemessung des Abstimmungserfolgs kann die folgende Kennzahl herangezogen werden:

$$\text{Industrial Smart Grid} = \left( 1 - \frac{\text{Nachfrageüberhangszeiten nach Energie (Unfulfilled Demand)}}{\text{Gesamte Fertigungszeit}} \right) * 100$$

Dabei drückt die Kennzahl aus, inwieweit es dem Unternehmen gelingt, durch die angesprochenen intelligenten Maßnahmen Angebot und Nachfrage nach Energie miteinander zu harmonisieren. Sofern dies geschieht, sollte es nur selten zu Fällen kommen, in denen nicht vorhergesehene Energiespitzen auftreten und die Nachfrage nach Energie nicht bedient werden kann. Da hierdurch Fertigungsausfälle vermieden werden und der kostspielige Abruf zusätzlicher Energiekapazitäten verhindert wird, ist es möglich, in der nachfolgenden Ergebnisperspektive positive Resultate aus den hier geschaffenen Potenzialen zu ziehen.

### **Industrie 4.0 – Ergebnisperspektive**

In der Industrie 4.0-Ergebnisperspektive werden nachfolgend die in der vorherigen Perspektive erfassten Potenziale in konkrete Zahlenwerte überführt. Durch diesen Quantifizierungsvorgang soll die Leistung der Industrie 4.0 bewertbar werden. Um diese Zielsetzung adäquat zu bewältigen, bedarf es der Festlegung von Indikatorgruppen anhand derer die Performance der Industrie 4.0 möglichst objektiv nachprüfbar evaluiert werden kann. Ein erster Themenpunkt ist hierbei die der Industrie 4.0 entgegengebrachte Aufgeschlossenheit durch die Mitarbeiter bzw. die daraus folgende Mitarbeiterperformance. Dies liegt darin begründet, dass trotz der gesteigerten Verwendung der IT in der Produktion die Rolle der menschlichen Arbeitskraft sogar noch gestärkt und in den Mittelpunkt gerückt werden soll. Als Konsequenz muss ein leistungsfähiges Industrie 4.0-Konzept in der Lage sein, beim Mitarbeiter zumindest Aufgeschlossenheit für die verwendeten Technologien zu schaffen. Gelingt dies, werden die Mitarbeiter beginnen, die Industrie 4.0-Technologien ohne Zwang, proaktiv und effektiv zu nutzen und so als ein erstes Ergebnis ihre Performance im Fertigungsgeschehen steigern. Die Performancesteigerung der Mitarbeiter ist dabei lediglich eine Art Zwischengröße, da es zwar ein Ergebnis der Industrie 4.0-Potenzialperspektive ist, jedoch nicht der finale Bewertungsmaßstab für die Leistung der Industrie 4.0 sein kann. Die abschließende Quantifizierung erfolgt an Hand der „klassischen“ Erfolgsgrößen der Industriebetriebswirtschaftslehre:

Kosten, Zeit, Qualität und Flexibilität.<sup>34</sup> Diese werden zwar durch die genannte Mitarbeiterperformance beeinflusst, jedoch werden die Ergebnisse auch über weitere auf der Ebene 2 kreierte Potenziale determiniert. Hierbei muss insbesondere an die vom Menschen unabhängigen Bestandteile der Prozesse gedacht werden.

### *IT-Aufgeschlossenheit*

Damit die IT überhaupt die Leistung der Arbeitnehmer verbessern kann, muss diese auch von den Mitarbeitern im Zuge der Bearbeitungsvorgänge Verwendung finden. Wichtig ist es daher, dass die Technologien bei den Mitarbeitern auf Aufgeschlossenheit stoßen, da ansonsten kein proaktiver und freiwilliger Gebrauch stattfinden wird. Da sich eine direkte Messung der IT-Aufgeschlossenheit in der Praxis häufig als sehr aufwendig erweist (zum Beispiel durch regelmäßige Mitarbeiterumfragen), kann auch folgende Kennzahl zur indirekten Messung der IT-Aufgeschlossenheit herangezogen werden:

$$IT\text{-Aufgeschlossenheit} = \left(1 - \frac{\text{Downtime der Fertigung durch IT Probleme}}{\text{Gesamtdowntime der Fertigung}}\right) * 100$$

In Industrieunternehmen kann es aus den unterschiedlichsten Gründen dazu kommen, dass die Fertigung unterbrochen werden muss. Bedingt durch die stärkere Integration der IT in die Produktion entsteht im Rahmen der Industrie 4.0 eine weitere Gefahrenquelle, die ebenso zu Downtime-Zeiten in der Fertigung führen kann. Je weniger Produktionsstopps in der Fertigung jedoch auf IT-Probleme zurückzuführen sind, desto eher werden die neuartigen Technologien zumindest auf Aufgeschlossenheit bei den Mitarbeitern stoßen. Ziel muss es daher sein, die IT derart zu optimieren, dass eine hohe Verfügbarkeit und die Betriebssicherheit der Technologien sichergestellt werden. Nur so kann verhindert werden, dass sich Mitarbeiter in der Fertigung, die Aversionen gegenüber den neuen Technologien hegen<sup>35</sup>, in ihren Überzeugungen bestätigt fühlen und beginnen, die verstärkte IT-Integration abzulehnen.

### *Mitarbeiterperformance*

---

<sup>34</sup> Vgl. Nagel 2011, S. 22.

<sup>35</sup> Vgl. Meuter et al. 2003.

Sofern es gelingt, die Mitarbeiter dazu zu bewegen, den im Rahmen der Vierten Industriellen Revolution bereitgestellten Technologien mit Aufgeschlossenheit zu begegnen und diese aktiv in den Wertschöpfungsprozess einzubeziehen, wird die Performance der Arbeitnehmer steigen. Eine Möglichkeit, diesen Performance-Hinzugewinn zu messen, liefert folgende Kennzahl:

$$\text{Mitarbeiterperformance} = \frac{\text{Anzahl der gefertigten Produkte}}{\text{Anzahl der Fertigungsmitarbeiter}} * 100$$

Begründet wird diese Kennzahlauswahl damit, dass die Implementierung der IT in die Arbeitsprozesse der Mitarbeiter kein Selbstzweck sein darf, sondern mit dem konkreten Ziel der Performancesteigerung verbunden sein muss. Sofern dies gelingt, sollte der Mitarbeiter in der Lage sein, die ihm übertragenen Aufgaben schneller auszuführen und hierüber mehr Produkte in der gleichen Arbeitszeit als im Vergleich zum früheren Modus Operandi fertigen zu können. Die Wertschöpfung je Mitarbeiter ist dabei eine akzeptierte und bereits stark verbreitete Kennzahl, die in der Lage ist, die Höhe dieses erhofften Effekts adäquat abzubilden.

Die finale Ergebnismessung kann jedoch nicht darin bestehen, zu evaluieren, inwieweit die Industrie 4.0 zu einer höheren Mitarbeiterleistung führt. Als Performancegrößen für Industrieunternehmen sind hier Kennzahlen anerkannt, welche die Entwicklung in den Bereichen Kosten, Zeit sowie Qualität und Flexibilität erfassen. Dennoch ist aber die Mitarbeiterperformance ebenso bereits ein Ergebnis der Industrie 4.0 und sollte aufgrund der Fokussierung der Industrie 4.0 auf den Menschen explizit gewürdigt werden. Ferner ist zu bedenken, dass die gesteigerte Mitarbeiterperformance auch die Rolle einer Moderatorvariablen übernehmen und auf die genannten Kennzahlenbereiche einwirken kann.

### *Kosten*

Hinsichtlich der Performancegröße „Kosten“ wurde aus einer betriebswirtschaftlichen Perspektive heraus lange Zeit lediglich die Produktion als Ort der Kostenentstehung gesehen. Die möglichst genaue Erfassung der dort angefallenen Kosten besitzt daher eine weit zurückreichende ökonomische Tradition. Für die Leistungserfassung im Zuge von Industrie 4.0 würde sich intuitiv als erster möglicher Ansatzpunkt die Erfassung der IT-

Infrastrukturkosten in der Fertigung anbieten. Dagegen spricht jedoch, dass dies einer zu einengenden Betrachtungsweise gleichkäme. Die Vierte Industrielle Revolution beeinflusst natürlich die IT-Infrastrukturkosten. Darüber hinaus dringt die IT noch in viele weitere Bereiche vor. Im Bereich der Industrial Smart Grids führt das aktive Demand Side Management durch die IT beispielsweise zu einem preisgünstigeren Energieverbrauch sowie zu sinkenden Kosten der Maschineninstandhaltung aufgrund einer gleichmäßigeren Kapazitätsauslastung. Im Gebiet der Smart Logistics trägt die IT durch ein besseres Routing zu sinkenden Logistikkosten und geringeren Lagerbeständen bei. Die Aufzählung könnte beliebig fortgesetzt werden, weshalb es einer Kennzahl bedarf, die in der Lage ist, die genannten und weitere relevante Kostengrößen in einem einzigen Zahlenwert zu kulminieren. Dazu bietet sich folgende Kennzahl an:

$$\text{Kostenindikator} = \frac{\text{Gesamte Herstellkosten}}{\text{Produktionsmenge}} * 100$$

Vorteilhaft ist, dass diese Kennzahl bereits existiert und in den operativen Controlling-Prozessen standardmäßig berechnet wird. Bedacht werden muss jedoch, dass – aufgrund des zusammenfassenden Charakters der Kennzahl – Zeitreihenanalysen nur Auskunft über den Kostenverlauf liefern können. Für eine Erfassung der dahinterliegenden Ursachen sind Partialanalysen der in die Kennzahl eingehenden Größen nötig. Es bietet sich daher an, in einer Nebenrechnung den Anteil der diversen Kostengrößen an den Gesamt-Herstellkosten fortlaufend zu erfassen. Nur dadurch kann eine Schwachstelle der Kennzahl überwunden und eine weiterführende Detail- und Ursachenanalyse ermöglicht werden.

### *Zeit*

Auch im Bereich Zeit sollen durch Industrie 4.0 Performanceverbesserungen realisiert werden. Zum Beispiel sollen Smart Products durch die ihnen innewohnende Intelligenz im Idealfall das Routing innerhalb der Fertigung selbst bestimmen, weswegen Warte- und Lagerzeiten verkürzt werden. Im Bereich der Smart Factory sollen Medienbrüche minimiert werden, wodurch ein digital durchgängiges Engineering entsteht und die Entwicklungszeiten für die Prototypen sinken. Im Gebiet der Smart Logistics führen RFID-Transponder zu einem effizienten Positionstracking und zur Vermeidung von Fehllieferungen. Dadurch wird deutlich, dass – ähnlich zur vorangegangenen Kostenbetrachtung –

---

jede soeben genannte Kennzahl Sinn ergeben würde, es jedoch Ziel sein muss, möglichst viele Zeitgrößen gleichzeitig in der Kennzahl abzudecken. Wir entscheiden uns daher in diesem Bereich für folgende Kennzahl:

$$\text{Zeitindikator} = \emptyset \text{ Zeitdauer (Auslieferungsdatum} - \text{Projektbeginn)}$$

Die Stärke dieser Kennzahl ist die leichte Berechenbarkeit, da der Projektbeginn und das Auslieferungsdatum einfach aus den einschlägigen Datenbanken ermittelt werden können. Schwierig ist es jedoch, ähnlich zu den oben genannten Herstellungskosten, auf Basis der Kennzahl eine tiefgehende Ursachenanalyse durchzuführen. Zum Beispiel kann die Kennzahl ausprägung auch zunehmen, wenn neue Märkte bearbeitet werden und neue Zulieferer und Logistikdienstleister integriert werden müssen. Eine Verschlechterung der Ratio ist dann ein eher temporäres Ereignis, das sich im Laufe der Zeit und der besseren Integration der Parteien wiederum lösen sollte.

#### *Flexibilität*

Ferner ist der Bereich der Flexibilität zu betrachten, indem die kosteneffiziente Produktion kleiner Losgrößen, im Extremfall sogar der Losgröße „1“, verfolgt wird. Die Ermittlung der durchschnittlichen Losgröße je Auftrag kann dabei einen belastbaren Indikator liefern, inwieweit es gelingt, durch den Einsatz von IT-Technologien in der Fertigung diesem Ziel näher zu kommen:

$$\text{Flexibilitätsindikator} = \emptyset \text{ Losgröße je Auftrag}$$

Positiv ist damit an der Kennzahl deren direkte Verbindung mit einem der zentralen strategischen Ziele der Industrie 4.0. Aus einer operativen Perspektive heraus ergeben sich zudem die leichte Verfügbarkeit der Kennzahl und die somit möglichen interperiodischen Vergleiche im Zeitablauf.

#### *Qualität*

Abschließend ist für die Ergebnisperspektive der Bereich Qualität zu betrachten. Dazu eignet sich die Erfassung der Qualitätskosten, ausgedrückt durch folgende Kennzahl:

$$\text{Qualitätsindikator} = \text{Fehlerverhütungskosten} + \text{Prüfkosten} + \text{Fehlerbehebungskosten}$$

Durch die Industrie 4.0 sollte es möglich sein, im Bereich der Qualität diverse Kosteneinsparungen vornehmen zu können. Zum Beispiel sollten durch CPS die im Rahmen von Prüf- und Beurteilungsvorgängen entstehenden Kosten durch die permanente und automatisierte Erfassung der Produktdaten gesenkt werden können. Ebenso sollte die Produktqualität an sich durch die neuen IT-Errungenschaften gesteigert werden können, womit Nacharbeiten oder der Rückruf defekter Ware vermieden werden können. Es zeigt sich also, dass sich durch die Industrie 4.0 vielfältige Kostensenkungspotenziale im Rahmen des Qualitätswesens ergeben, die durch die Berechnung der Qualitätskosten auf ihre Realisierung hin überprüft werden können.

### **Marktperspektive**

Im Rahmen einer Standard-BSC würde auf der nächsten Ebene die Kundenperspektive folgen. Dies wäre jedoch im Kontext der Industrie 4.0 eine zu einengende Betrachtung. Begründet werden kann dies damit, dass sich gute Ergebnisse in den Bereichen Kosten, Zeit, Qualität und Flexibilität nicht nur in einem gesteigerten Kundenerfolg niederschlagen. Dementsprechend kann die ausschließliche Erfassung des Themenfeldes Kundenerfolg keine zufriedenstellende Lösung sein. Stattdessen wird eine sogenannte Marktperspektive eingeführt. Hier wird zwar ebenso der Unternehmenskunde erfasst, darüber hinaus aber auch weitere Stakeholder des Unternehmens wie Konkurrenten und Kooperationspartner. Ziel des Themenbereichs der Konkurrenten ist vor dem Hintergrund der Neuartigkeit des Konzepts Industrie 4.0, die Wettbewerbsstellung des Unternehmens im Vergleich zu anderen Unternehmen am Markt zu erfassen. Der Themenbereich der Kooperationspartner verfolgt hingegen das Ziel, den Kooperationserfolg des Unternehmens zu messen. Dahinter steht die Überlegung, dass durch die Industrie 4.0 Unternehmensgrenzen negiert werden, ein digital durchgängiges Engineering entsteht und schlussendlich Wertschöpfungsnetzwerke mit einer Vielzahl von Partnern realisiert werden können. Unternehmen werden jedoch nur Zugang zu solchen Wertschöpfungsnetzwerken erhalten, wenn sie sich als Wertschöpfungspartner präsentieren, der durch überzeugende Leistungen gerade im Hinblick auf die Qualität der Produkte und die Flexibilität der Fertigung aufwarten kann.

### *Kundenerfolg*

---

Im Kontext der Industrie 4.0 genügt es nicht, lediglich Produkte herzustellen, die durch die Verquickung von IT und Wertschöpfung effizienter und/oder effektiver produziert werden. Vielmehr müssen diese Vorteile auch genutzt werden, um eine bessere Unternehmensperformance im Kundensektor zu erreichen. Eine Möglichkeit, die bei diesem Unterfangen erreichte Leistung zu messen, bietet folgende Kennzahl:

$$\text{Kundenerfolg} = \frac{\text{Umsatz durch Industrie 4.0 Projekte}}{\text{Gesamtumsatz}} * 100$$

Sofern vorab genau definiert wird, welche vom Unternehmen vertriebene Produkte als „Industrie 4.0-Projekte“ bezeichnet werden können, kann mit Hilfe der Kennzahl objektiv gemessen werden, welcher Anteil des Kundenerfolges am Markt auf die Umsetzung der Industrie 4.0 zurückzuführen ist. Auch werden bei dieser Kennzahl sowohl Bestands- als auch Neukunden gleichermaßen erfasst. Die Gegenüberstellung des Industrie 4.0-Umsatzes zum Gesamtumsatz liefert außerdem einen aussagefähigen Indikator für die Wichtigkeit und zugleich den Fortschritt des Industrie 4.0-Geschäfts innerhalb des Gesamtunternehmens.

#### *Kooperationserfolg*

Neben den Kunden sind am Markt auch die Kooperationspartner wichtige Stakeholder des Unternehmens. Durch die Industrie 4.0 soll es gelingen, hochflexible und eng verbundene Wertschöpfungsnetzwerke entstehen zu lassen. Zugang zu diesen Wertschöpfungsnetzwerken erhalten Unternehmen vor allem, wenn es ihnen gelingt, gute Ergebnisse in den Bereichen Kosten, Qualität, Zeit und Flexibilität zu erreichen. Um jedoch über den bloßen Zugang hinaus langfristig dort vertreten zu sein, muss ein Unternehmen durch hohe Kooperationsqualität auf sich aufmerksam machen können. Auch hier kann die IT einen wertvollen Beitrag leisten, wie folgende Kennzahl belegt:

$$\text{Kooperationserfolg} = \frac{\text{Anzahl der medienbruchfreien Unternehmensschnittstellen}}{\text{Gesamtzahl der Unternehmensschnittstellen}} * 100$$

Ziel der IT-Strukturgestaltung muss es sein, den Informationsaustausch zwischen den Unternehmen zu erleichtern und damit zu beschleunigen. Wichtig es daher, eine Harmonisierung der in den einzelnen Unternehmen verwandten, unterschiedlichen IT-Systemen und -Technologien zu erreichen. Die Möglichkeiten sind vielfältig und bestehen vor allem in der Definition und Implementierung von Schnittstellenstandards und Datenübertragungsformaten<sup>36</sup> sowie in unternehmensübergreifenden Cloud Computing-Lösungen. Wird dieses Vorhaben mit Erfolg bewältigt, steigt die Anzahl der Kooperationspartner, mit denen ein reibungsloser, medienbruchfreier Datenaustausch stattfinden kann an und das verbessert sowohl die obige Kennzahl als auch die Kooperationsattraktivität des Unternehmens. Dabei gilt es jedoch zu berücksichtigen, dass es nicht unbedingt sinnvoll ist, jeden Kooperationspartner perfekt IT-seitig zu integrieren. Dies ist vor allem dann der Fall, wenn dem aus der Einbindung entstehende Nutzen prohibitiv hohe Kosten gegenüberstehen würden.

#### *Wettbewerbsstellung*

Am Markt existieren neben den Kunden und den Kooperationspartnern noch weitere wesentliche Stakeholder des Unternehmens: die Konkurrenten. Gerade aufgrund der Neuartigkeit der Konzepte der Industrie 4.0 ist es wichtig, andere Unternehmen in der Branche zu beobachten und deren Fortschritt im Zuge der Vierten Industriellen Revolution zu analysieren. Problematisch ist dabei, dass dazu eigentlich die unternehmensindividuellen Kennzahlenausprägungen der 1. bis 3. Stufe der hier dargestellten Industrie 4.0-BSC benötigt werden. Bedingt durch die hohe Sensibilität dieser Daten, werden diese allerdings kaum veröffentlicht und damit für einen direkten Wettbewerbervergleich eingesetzt werden können. Als Folge muss ein Unternehmen Hilfsgrößen verwenden, mit denen der Erfolg konkurrierender Unternehmen greifbar gemacht werden kann. Dazu bietet sich hier der Marktanteil im Industrie 4.0-Sektor an.

*Wettbewerbsstellung* = Marktanteil im Industrie 4.0 Sektor

---

<sup>36</sup> Vgl. Loos/Theling 2002, S. 7ff.

---

Dahinter steht folgende Überlegung: Sofern das Unternehmen gute Ergebnisse in den Stufen 1 bis 3 der Industrie 4.0-BSC realisiert, spiegelt sich das auch im Marktanteil wider, der dem Industrie 4.0-Sektor zugerechnet werden kann.

### **Unternehmenserfolgsperspektive**

Abgerundet wird die Industrie 4.0-BSC durch die Unternehmenserfolgsperspektive.<sup>37</sup> Diese stellt zum einen die finale Ergebnismessung der durch die Investitionen hervorgerufenen Erfolge dar, sie repräsentiert zum anderen jedoch auch die obersten strategischen Ziele der Unternehmung. Bereits intuitiv verständlich sind dabei die Themenfelder finanzieller Erfolg und strategisches Wachstum. Denn sofern es dem Unternehmen gelingt, die Kunden zufriedenzustellen, die Wettbewerber zu kontrollieren und den Zugang zu den relevanten Wertschöpfungsnetzwerken zu finden, wird es möglich sein, finanzielle Erfolge zu realisieren. Erreicht es ein Unternehmen zudem, diesen Zustand über einen längeren Zeitraum aufrecht zu erhalten, ist das Wachstum der Organisation die logische Folge, aber auch die notwendige Konsequenz. Zwei speziell bei der Industrie 4.0 betrachtete Themenfelder sind die strategische Bedeutung der IT in der Produktion und die strategische Bedeutung der IT im Produkt. Die Idee dahinter ist, dass die momentan im Produktionsprozess standardmäßig vorhandene IT bereits als Commodity gesehen wird.<sup>38</sup> Die Überlegung, aus den Technologien der Industrie 4.0 Wettbewerbsvorteile zu ziehen, erscheint daher noch neu. Ebenso ist es in Zeiten der Industrie 4.0 wichtig, Produkte mit Intelligenz anzureichern, um bestehende Erfordernisse der Abnehmer zu erfüllen bzw. neue Geschäftsmodelle zu ermöglichen. Sollen diese beiden Bereiche nun stärker integriert werden, muss dafür auf höheren Hierarchieebenen Aufmerksamkeit und Sensibilität geschaffen werden.

#### *Finanzieller Erfolg*

Die Erfassung des finanziellen Erfolgs des Unternehmens ist eine klassische BSC-Domain, die typischerweise durch folgende etablierte Kennzahl gemessen werden kann:

$$\text{Finanzieller Erfolg I} = \frac{\text{Jahresüberschuss}}{\text{Gesamtumsatz}} * 100$$

---

<sup>37</sup> Vgl. Schmid-Kleemann 2004, S. 167ff.

<sup>38</sup> Vgl. z.B. Seddon 2005, S. 286 und S. 292.

Zusätzlich kann im Kontext Industrie 4.0 in einer Partialrechnung der finanzielle Erfolg berechnet werden, der ausschließlich durch die Industrie 4.0 verursacht wurde. Ein solches Vorgehen ist deshalb vorteilhaft, da durch einen Vergleich der beiden Kennzahlen eine aussagekräftige Abschätzung entstehen würde, inwieweit die Industrie 4.0 zu einer Profitabilitätssteigerung des Gesamtunternehmens beiträgt:

$$\text{Finanzieller Erfolg II} = \frac{\text{Jahresüberschuss durch Industrie 4.0}}{\text{Umsatz durch Industrie 4.0}} * 100$$

### *Wachstum*

Ein weiteres strategisches Ziel, das Unternehmen häufig verfolgen und das deshalb auch in die Industrie 4.0-Balanced Scorecard aufgenommen wird, ist das Wachstum der Organisation. Dieses Ziel besteht zwar nicht erst seit dem Aufkommen der Vierten Industriellen Revolution, ist aber im Zuge der Industrie 4.0 weiterhin von Bedeutung. Als Kennzahlen werden dabei folgende Größen herangezogen:

$$\text{Wachstum I} = \frac{\text{Gesamtumsatz}_{t_1} - \text{Gesamtumsatz}_{t_0}}{\text{Gesamtumsatz}_{t_0}} * 100$$

$$\text{Wachstum II} = \frac{\text{Umsatz durch Industrie 4.0}_{t_1} - \text{Umsatz durch Industrie 4.0}_{t_0}}{\text{Umsatz durch Industrie 4.0}_{t_0}} * 100$$

Dahinter steht die Überlegung, dass es durch Industrie 4.0 gelingen sollte, sowohl neue Kundengruppen zu erschließen als auch Bestandskunden zu halten bzw. mit neuen, intelligenten Produkten beliefern zu können. Die Industrie 4.0 sollte daher im Regelfall zu einem Umsatzwachstum im betrachteten Unternehmen führen. Ähnlich zur Umsatzrentabilität könnte dabei für diesen Problemkreis in einer Nebenrechnung das Umsatzwachstum des Industrie 4.0-Sektors berechnet und der Wachstumsrate des Gesamtunternehmens entgegeng gehalten werden. Damit entstünde eine Richtwertskala, mit der das Wachstum der Industrie 4.0 objektiv verglichen und evaluiert werden kann.

### *Strategische Bedeutung der IT in der Produktion*

---

Ein spezielles Themenfeld der Industrie 4.0 ist die Betrachtung der strategischen Bedeutung der IT im Produkt. Dahinter steckt die Vermutung, dass dieser Themenbereich derzeit in den oberen Hierarchieebenen noch eher stiefmütterlich behandelt wird, obwohl er gerade bei Industrie 4.0 mehr Aufmerksamkeit braucht. Um dies zu erreichen, kann die strategische Bedeutung der IT in der Produktion durch folgende Kennzahl beschrieben werden<sup>39</sup>:

$$\text{Strategische Bedeutung der IT in der Produktion} = \frac{\text{Nutzen der IT in der Fertigung in €}}{\text{Kosten der IT in der Fertigung in €}} * 100$$

Interessant ist diese Kennzahl für Unternehmen, die einen langfristigen Umstieg auf die Industrie 4.0 planen. Denn hier erfolgt die schlussendliche Gegenüberstellung der durch die IT-Integration in die Fertigung hervorgerufenen Kosten zu den daraus entstandenen Nutzenpotenzialen. Übertreibt der Nutzen der IT die durch die IT hervorgerufenen Kosten in der Fertigung, so wird die Kennzahl eine Ausprägung größer 100 Prozent annehmen. Als Folge kann in diesem Fall konstatiert werden, dass durch eine im Rahmen der Industrie 4.0 begonnene Informatisierung der Produktion zwar natürlich Kosten entstehen, diese jedoch durch den daraus entstehenden Nutzen mehr als ausgeglichen werden. Kritisch im Rahmen der Kennzahlenberechnung ist natürlich die genaue Quantifizierung der Nutzengröße. Als Nutzenpotenziale kommen dabei vor allem Umsatzsteigerungen oder Kosteneinsparungen in Frage, sofern diese auf den IT-Einsatz in der Fertigung zurückzuführen sind.

#### *Strategische Bedeutung der IT im Produkt*

Abschließend sollte nicht nur die strategische Bedeutung der IT in der Produktion, sondern auch im Produkt selbst in der Industrie 4.0-BSC Berücksichtigung finden, um die Bedeutung zu unterstreichen, Produkte mit Intelligenz anzureichern, um bestehende Erfordernisse der Abnehmer zu erfüllen bzw. sogar neue Geschäftsmodelle zu ermöglichen. Dazu bietet sich die folgende Kennzahl an:

$$\text{Strategische Bedeutung der IT im Produkt} = \frac{\text{Forschungsausgaben für Smart Products}}{\text{Forschungsausgaben für alle Produkte}} * 100$$

---

<sup>39</sup> In Anlehnung an Schmid-Kleemann 2004, S. 246-248.

Dahinter steht die Überlegung, dass sich die derzeitige Entwicklung im Bereich der intelligenten Produkte immer noch am Anfang befindet. Sollte es nun Ziel des Unternehmens sein, Erfolge in diesem Bereich zu erzielen bzw. langfristig zu sichern, ist es aus einer strategischen Perspektive heraus argumentierend wichtig, dass Gelder für derart gelagerte Forschungszwecke ausgegeben werden. Damit liefern die Forschungsausgaben, die auf Smart Products entfallen, einen Indikator dafür, wie stark sich das Unternehmen mit dem Themenfeld der intelligenten Produkte befasst.

### **Gesamtmodell und Fazit**

Ziel dieses Beitrags war es, im Rahmen eines gestaltungsorientierten Forschungsansatzes eine auf die Spezifika der Industrie 4.0 zugeschnittene BSC zu entwickeln, die zukünftig zur Leistungsmessung des durch die Vierte Industriellen Revolution bedingten Unternehmenswandels eingesetzt werden kann. Führt man die oben beschriebenen Perspektiven und Kennzahlen zusammen, entsteht eine Industrie 4.0-Balanced Scorecard, die auf fünf Ebenen für 32 relevante Bereiche insgesamt 34 Kennzahlen erhebt (siehe Abbildung 1). Dabei wurden sowohl klassische Kennzahlen übernommen oder adaptiert als auch vollständig neue Kennzahlen entwickelt.

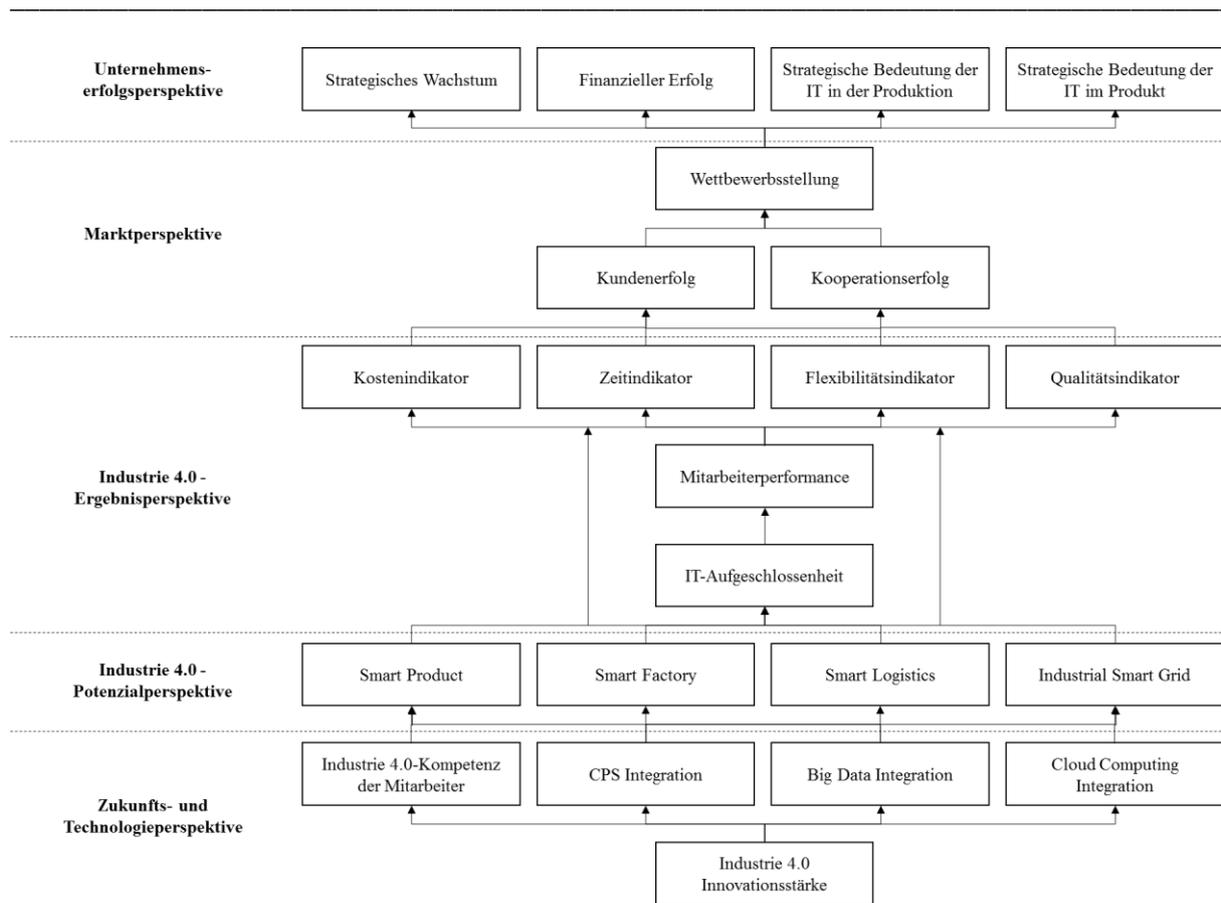


Abbildung 1: Gesamtmodell der Industrie 4.0-Balanced Scorecard

Die vorgestellte Industrie 4.0-Balanced Scorecard ist eine erste Annäherung. Es muss einschränkend bedacht werden, dass die Industrie 4.0 kein abgeschlossenes Themenfeld ist – das Gegenteil ist der Fall. Die Entwicklung der Industrie 4.0 befindet sich derzeit in einem frühen Stadium, daher sind Inhalte, IT-Technologien und Innovationsfelder noch nicht final determiniert. Es ist sehr wahrscheinlich, dass weitere IT-Technologien und Innovationsfelder identifiziert werden können, die wertstiftend in die industrielle Fertigung implementiert werden könnten. Um daher die geforderte Ganzheitlichkeit der Leistungsmessung weiterhin gewährleisten zu können, bedarf es der dynamischen Anpassung der vorliegenden Industrie 4.0-BSC an die in der Zukunft auftretenden, neuen Phänomene in der Vierten Industriellen Revolution. Nur so kann erreicht werden, dass sie auch in Zukunft Gültigkeit hat.

## Literatur

Baier, P. (2008): Praxishandbuch Controlling. 2. Auflage, München 2008.

Bauernhansl, Th. (2014): Die Vierte Industrielle Revolution – Der Weg in ein wertschaffendes Produktionsparadigma. In: Bauernhansl, Th.; ten Hompel, M.; Vogel-Heuser, B. (Hrsg.): Industrie 4.0 in Produktion, Automatisierung und Logistik. Anwendung, Technologien, Migration. Wiesbaden 2014, S. 5-36.

Eisenberg, D.; Schulte, K. (2005): Die Bundestrainer-Scorecard – Zur Anwendbarkeit des Balanced Scorecard Konzepts in nicht ökonomischen Fragestellungen. Diskussionsbeitrag Nr. 373 der Fern Universität Hagen.

Engel, A. (2006): Wertschöpfungsorientierte Balanced Scorecard – Entwicklung und Ausgestaltung eines strategieumsetzungsorientierten Ziel- und Kennzahlensystems. In: Schriftenreihe Strategisches Management. Band 35. Hamburg 2006.

Gadatsch, A.; Mayer, E. (2014): Masterkurs IT-Controlling. 5. Auflage, Wiesbaden 2014.

Günther, T.; Grüning, M. (2002): Performance Measurement-Systeme im praktischen Einsatz. 2002, Heft 1, S. 5-12.

Gladen, W. (2002): Performance Measurement als Methode der Unternehmenssteuerung. In: HMD – Praxis der Wirtschaftsinformatik. 2002, Heft 227, S. 5-16.

Gladen, W. (2014): Performance Measurement – Controlling mit Kennzahlen. 6. Auflage, Wiesbaden 2014.

Horvath, P. (2011): Controlling. 12. Auflage, München 2011.

Horvath & Partners (Hrsg.): Balanced Scorecard umsetzen. 4. Auflage, Stuttgart 2007.

- 
- Kaufmann, L. (2002): Der Feinschliff für die Strategie – Balanced Scorecard. In: Harvard Business Manager. 2002, Heft 6, S. 38.
- Kaplan, R. S.; Norton, P. (1992): The Balanced Scorecard – Measures that Drive Performance. In: Harvard Business Review, 1992, Heft 1, pp. 71-79.
- Kaplan, R. S.; Norton, P. (1996): The Balanced Scorecard – Translating Strategy into Action. Boston 1996.
- Kennerley, M.; Neely, A. (2002): Performance measurement frameworks – A review. In: Neely, A. (Hrsg.): Business Performance Measurement. Cambridge 2002, S. 145-155.
- Klein, N. (2009): Die Balanced Scorecard als Basis einer Customer Care Scorecard zur Konzeption einer systematischen Kundenpflege. Tübinger Diskussionsbeitrag Nr. 322.
- Klingebiel, N. (1999): Performance Measurement – Grundlagen, Ansätze, Fallstudien. Wiesbaden 1999.
- Lebas, M. J. (1995): Performance measurement and performance management. In: International Journal of Production Economics. 1995, Heft 41, pp. 23-35.
- Loos, P.; Theling, Th. (2002): Integration von E-Procurement-Systemen in inner- und überbetrieblichen Systemen. [http://wi.bwl.uni-mainz.de/publikationen/mkwi02\\_e-procurement.pdf](http://wi.bwl.uni-mainz.de/publikationen/mkwi02_e-procurement.pdf) (abgerufen am 28.3.2017)
- Matheis, Th. (2012): Modellgestütztes Rahmenkonzept zum Performance Measurement von kollaborativen Geschäftsprozessen. In: Loos, P. (Hrsg.): Wirtschaftsinformatik – Theorie und Anwendungen. Band 27, Berlin 2012.
- Meuter, M. L.; Ostrom, A. L.; Brown, S. W. (2003): The influence of technology anxiety on consumer use and experience with self-service technologies. In: Journal of Business Research. 2003, Heft 11, pp. 899-906.

- Müller, A. (2002): Controlling-Konzepte – Kompetenz zur Bewältigung komplexer Problemstellungen. Köln 2002.
- Müller-Dauppert, B. (2005): Logistik-Outsourcing – Ausschreibung, Vergabe, Controlling. München 2005.
- Nagel, A. (2011): Logistik im Kontext der Nachhaltigkeit – Ökologische Nachhaltigkeit als Zielgröße bei der Gestaltung logistischer Netzwerke. In: Staube, F.; Baumgarten, H.; Klinkner, R. (Hrsg.): Schriftenreihe Logistik der Technischen Universität Berlin, Band 18. Berlin 2011.
- Neely, A. (2005): The evolution of performance measurement research. In: International Journal of Operations & Production Management. 2005, Band 12, pp. 1264-1277.
- Ossadnik, W. (2009): Controlling. 4. Auflage, München 2009.
- Pepels, W. (2007): Produktmanagement. 5. Auflage, München 2007.
- Reinecke, S. (2004): Marketing Performance Management – Empirisches Fundament und Konzeption für ein integriertes Marketingkennzahlensystem. Wiesbaden 2004.
- Richter, G. (2009): Flexibilität durch lebenslagenorientierte Personalpolitik. In: Richter, G. (Hrsg.): Generationen gemeinsam im Betrieb. Bielefeld 2009, S. 11-34.
- Seddon, P. B. (2005): Are ERP systems a source of competitive advantage? In: Strategic Change. 2005, Heft 14, S. 283-293.
- Schmeisser, W.; Claussen, L.; Popp, R.; Ennemann, C.; Drewicke, O. (2011): Controlling and Berlin Balanced Scorecard Approach. München 2011.
- Schmid-Kleemann, M. (2004): Balanced Scorecard im IT-Controlling – Ein Konzept zur Operationalisierung der IT-Strategie bei Banken. In: Schriftenreihe der Treuhandkammer. Band 174, Zürich 2004.

---

Schomann, M. (2001): Wissensorientiertes Performance Measurement. Wiesbaden 2001.

Schreyer, M. (2007): Entwicklung und Implementierung von Performance Measurement Systemen. Wiesbaden 2007.

Schuh, G.; Stich, V. (2013): Produktion am Standort Deutschland – Ergebnisse der Untersuchung 2013. Stolberg 2013.

Snethlage, T. (2004): Balanciertes Performance Measurement – Grundzüge eines an nachhaltigem Unternehmenserfolg orientierten Performance Measurements. Aachen 2004.

Stöger, R. (2007): Balanced Scorecard – Eine Bilanz. In: Organisationsentwicklung, 2007, Heft 4, S. 25-33.

Verl, A.; Lechler, A. (2014): Steuerung aus der Cloud. In: Bauernhansl, Th.; ten Hompel, M.; Vogel-Heuser, B. (Hrsg.): Industrie 4.0 in Produktion, Automatisierung und Logistik. Anwendung, Technologien, Migration. Wiesbaden 2014, S. 235-247.

Weber, J.; Schäffer, U. (2000): Balanced Scorecard & Controlling. 3. Auflage, Wiesbaden 2000.

Weber, J.; Schäffer, U. (2011): Einführung in das Controlling. 13. Auflage, Stuttgart 2011.

Willms, K. (2005): Gestaltung eines integrierten strategischen Zielsystems im internationalen Industriekonzern – unter besonderer Berücksichtigung des Balanced Scorecard-Konzepts. In: Hahn, D.; Hungenberg, H. (Hrsg.): Schriftenreihe des Instituts für Unternehmensplanung. Band 38, Berlin 2005.

**Autorenangaben**

Matthias von Entreß-Fürsteneck; Universität Bayreuth; Professur für Wirtschaftsinformatik und Strategisches IT-Management; Fraunhofer FIT; matthias.vonentress@fim-rc.de

Johannes Karl; Robert Bosch Power Tools GmbH; johannes.karl@de.bosch.com;  
(Der Beitrag basiert nicht auf Erkenntnissen der Bosch GmbH)

Prof. Dr. Nils Urbach; Universität Bayreuth; Professur für Wirtschaftsinformatik und Strategisches IT-Management; Fraunhofer FIT; nils.urbach@fim-rc.de