

Der Produktzustand als Basis für die Entwicklung produktnaher Dienstleistungen

Benjamin Knoke und Klaus-Dieter Thoben

Nutzer beurteilen die Qualität von Produkten innerhalb der Nutzungsprozesse. Diese Nutzungsprozesse sind bisher allerdings kaum beschrieben worden, da dies durch ihre hohe Individualität erschwert wird. Mit dieser Veröffentlichung soll ein Beitrag geleistet werden, ein besseres Verständnis von Nutzungsprozessen zu erreichen und ihr Potenzial für die Entwicklung von produktnahen Dienstleistungen aufzuzeigen. Dabei wird der Annahme gefolgt, dass individuelle Nutzungsprozesse als Veränderungen von Zuständen beschrieben werden können. Es wurde untersucht, inwiefern Dienstleistungen zur Regelung dieser Zustände einsetzbar sind. In Kombination mit Produkten können zustandsüberwachende Dienstleistungen ein entscheidender Faktor zum Erreichen oder Beibehalten von Qualität sein. Wesentliche Regelgrößen für die Qualität eines Produktes während der Nutzungsphase sind einzelne Zustandseigenschaften des Produktes, Nutzungsart und Umgebungsbedingungen. In diesem Kontext können Dienstleistungen angeboten werden, indem die Verantwortung für einige oder alle dieser Regelgrößen übernommen wird. Wird der Nutzungsprozess vollständig durch einen Dienstleister durchgeführt, so kann ein Zielzustand Gegenstand des Vertrags sein. Durch einen Vergleich mit einem Regelkreis konnten allgemeine Anforderungen an den Aufbau und Ablauf zustandsüberwachender Dienstleistungen abgeleitet werden. Abschließend wurden existierende Methoden und Technologien zur Erfüllung dieser Anforderungen beschrieben.

1 Einleitung

Durch Transparenz und Verfügbarkeit produktbezogener Informationen kann die Qualität eines Fertigungsprozesses und des gefertigten Produktes maßgeblich gefördert werden (Brinksmeier 1991). Die Verfügbarkeit von Informationen über mögliche Zustände und somit der Eigenschaften von Produkten nimmt eine zentrale und stetig zunehmende Rolle in Entwicklungs- und Fertigungsprozessen ein (Regli 2001). Daran knüpft das Konzept des Produktzustands an, wonach der Zustand eines Produktes zu bestimmten Zeitpunkten innerhalb und nach einer Kette von Fertigungsprozessen durch eine Kombination relevanter Zustandseigenschaf-

ten beschrieben werden kann (Wuest et al. 2013). Solche Zustandseigenschaften sind prüf-, bzw. messbare Zustandseigenschaften, die qualitativ oder quantitativ beschrieben werden können und im Betrachtungszeitraum durch äußere Einflüsse gewollte, bzw. ungewollte Änderungen erfahren können.

Das Produktzustandskonzept kann als Sichtweise innerhalb des Produktlebenszyklusmanagements (PLM) verstanden werden, welches die Integration und Verwaltung produktbezogener Informationen entlang des Produktlebenszyklus behandelt (Immonen und Saaksvuori 2005). Im Rahmen des PLM kann eine grundlegende Unterteilung der produktbezogenen Prozesse in drei Phasen vorgenommen werden (Kiritsis et al. 2003):

- Begin of Life (BoL) beinhaltet alle Prozesse bezogen auf die Entstehung eines Produktes, wobei zusätzlich zwischen Entwicklung und Fertigung unterschieden werden kann;
- Middle of Life (MoL) umfasst die Nutzung des Produktes und damit verbundene Dienstleistungs- und Unterstützungsprozesse;
- End of Life (EoL) beinhaltet die Prozesse nachdem die Produktnutzung abgeschlossen ist.

In der Nutzungsphase von Produkten ist eine Forschungslücke festzustellen (Kleinaltenkamp 2013; Woodruff und Flint 2006). Diese resultiert unter Anderem aus der Komplexität von Nutzungsprozessen, welche durch die zentrale Rolle des Kunden, sowie seinen Erwartungen und Anforderungen entsteht. Zudem steigt die Komplexität eines Nutzungsprozesses mit zunehmender Anzahl der Nutzungsmöglichkeiten eines Produktes stark an (Weiber und Hörstrup 2009).

In dieser Veröffentlichung wird die Nutzungsphase von Produkten aus Produktperspektive und unter Berücksichtigung der Zustandsänderungen betrachtet, um die Anforderungen und Eigenschaften der Nutzungsphase zu verstehen und Methoden zur ihrer Unterstützung zu beschreiben. Bewährt hat sich ein vergleichbarer Ansatz bereits in Form der zustandsorientierten Wartung, welche sich bisher besonders bei Produktionsmaschinen in undurchsichtigen Prozesslandschaften rentiert hat (Jardine et al. 2006).

2 Beispiele für zustandsüberwachende Dienstleistungen

Der Zustand eines Systems umfasst die Gesamtheit aller erlangbaren Informationen zur Beschreibung der Systemeigenschaften zu einem bestimmten Zeitpunkt (Schrödinger 1935). Grundsätzlich sind Zustände in jedem Gebiet des täglichen Lebens relevant, da die Wahrnehmung und Beurteilung des gegenwärtigen Zustands eines Systems eine allgemeine Grundlage für sinnvolles Handeln ist (Martin und Wawrinowski 1991).

Auch Dienstleistungen lassen sich als Leistungen zur Änderung von Zuständen betrachten. Innerhalb dieser Sichtweise können zustandsüberwachende Dienstleistungen abgegrenzt werden, welche die fortlaufende Überwachung, bzw. Beeinflussung von Zustandseigenschaften zum Gegenstand haben. Eine Fahrt in einem Taxi kann als Beispiel für eine Dienstleistung betrachtet werden, mit der ein Kunde seine Position, eine persönliche Zustandseigenschaft, verändern möchte. In Form einer zustandsüberwachenden Dienstleistung würde dies allerdings bedeuten, dass das Taxi den Kunden an den Zielort bringt und sicherstellt, dass er dort bleibt.

In diesem Abschnitt sollen beispielhafte Anwendungen zustandsüberwachender Dienstleistungen beschrieben werden. Es werden verschiedene Anwendungsbereiche berücksichtigt, um daraus im Folgenden gemeinsame Merkmale ableiten zu können.

2.1 Anwendungen in der Logistik: Einsatz des intelligenten Containers

Im Logistikbereich lassen sich Informationen über Produktzustände nutzen, um die Sicherheit und Transparenz von Logistikprozessen zu erhöhen und gleichzeitig wesentliche Attribute, wie beispielsweise Luftfeuchtigkeit und Temperatur eines transportierten Gutes zu überwachen (Woo et al. 2009). Eine zentrale Komponente ist hier üblicherweise die RFID-Technologie (Radio Frequency Identification Device), welche zur Kommunikation mit den Transporteinheiten genutzt werden kann (Lang et al. 2005).

Eine Umsetzung dieser Idee findet sich in Form des „intelligenten Containers“ (Scholz-Reiter und Dittmer 2012). Dieser findet Verwendung beim Transport verderblicher Güter und strebt, neben einer Steigerung der Verbrauchersicherheit und Reduzierung der Umweltbelastung, auch die Vermeidung von durch Verderb verursachten Ausfällen an (Heidmann et al. 2011). Durch Einsatz des intelligenten Containers wird durch einen Logistikdienstleister eine Zustandssteuerung realisiert, die einen definierten Zustand einer verderblichen Ware während des Transports erhalten soll.

2.2 Anwendung in der Wartung: Zustandsabhängige Wartung

Wartung bezeichnet nach DIN 31051:2003 Maßnahmen zur Verzögerung des Abbaus des vorhandenen Abnutzungsvorrates einer Betrachtungseinheit. In diesem Bereich wird unterschieden zwischen der korrektiven und der präventiven Wartung (Williams et al. 1994), wobei letztere in intervallgesteuerte Maßnahmen und zustandsorientierte Maßnahmen unterteilt werden kann (Wu 2010).

In der zustandsabhängigen Wartung (condition-based maintenance) wird der Zustand qualitätsrelevanter Komponenten manuell oder durch automatische Systeme überwacht und ihr Zustand festgestellt (Seddon 1984). Es ist zu beobachten, dass die zustandsabhängige Wartung gegenüber der planmäßigen Wartung einen

erhöhten Implementierungsaufwand bedeutet. Sie gewinnt jedoch mit zunehmender Systemkomplexität an Bedeutung (Williams et al. 1994). Um Abweichungen festzustellen, sind die Definitionen von relevanten Zustandseigenschaften, bzw. Parametern und deren jeweiligen Zielbereichen erforderlich (Yam et al. 2001). Diese Zielbereiche können auch dynamisch ausgelegt sein, um beispielsweise eine Anpassung an Umgebungsbedingungen zu ermöglichen (Tsang 1995). Nach Definition der Parameter und Zielbereiche ist für die zustandsabhängige Wartung ein kontinuierlich zu durchlaufender Prozess notwendig, der die Sammlung von Daten, die Auswertung von Daten und einen Entscheidungsfindungsprozess beinhaltet (Jardine et al. 2006). Mit der zustandsabhängigen Wartung wird durch einen Wartungsdienstleister eine Zustandssteuerung realisiert, die einen definierten Zustand einer Produktionsmaschine während ihrer Nutzung erhalten soll.

2.3 Anwendung in der Medizin: Karnofsky-Index

Eine verwandte Anwendung des Zustandskonzeptes findet sich in der Medizin. Hier wird allerdings nicht der Zustand eines Produktes, sondern der eines Patienten beurteilt. Mit dem Begriff des Allgemeinzustands wird der allgemeine körperliche, geistige und seelische Zustand eines Patienten bezeichnet (Lange et al. 2007). Ausschlaggebend sind dabei verschiedene Faktoren, wie das Erscheinungsbild, die kognitiven und kommunikativen Fähigkeiten, sowie die Mobilität. Zielsetzung einer derartigen Zustandsbewertung ist die Einschätzung der Prognose und die Definition von Therapiezielen und Therapieplänen zur individuellen Anpassung der Behandlung.

Eine vielzitierte Skala für den Allgemeinzustand eines Patienten ist der Karnofsky-Index, welcher ursprünglich für Krebspatienten entwickelt wurde (Karnofsky und Buchental 1949). Diese lineare Skala reicht von 100 % (beschwerdefrei) bis 0 % (Tod) und bewertet den Allgemeinzustand eines Patienten anhand seiner Einschränkungen bei der Ausübung seiner normalen Tätigkeiten und der notwendigen Pflege (Yates et al. 1980). Auch hier werden also ein Zielzustand definiert und Abweichungen relevanter Zustandseigenschaften festgestellt. Zustandsänderungen werden üblicherweise durch regelmäßige Untersuchung oder auf Grundlage beobachteter Unregelmäßigkeiten erfasst.

3 Eigenschaften zustandsüberwachender Dienstleistungen

In Anlehnung an einen Regelkreis lassen sich für eine zustandsüberwachende Dienstleistung Aufbau- und Ablaufanforderungen beschreiben.

Eine zustandsüberwachende Dienstleistung ist eine Dienstleistung, bei der für eine individuelle Instanz (System, Produkt, Komponente, Person, etc.) definierte Zustandseigenschaften erreicht, beibehalten, oder vermieden werden sollen. Die Zustandseigenschaften des Ausgangszustands können dabei jeweils entweder be-

kannt oder unbekannt sein. Dies lässt sich anhand der drei zuvor beschriebenen Beispiele verdeutlichen:

- Die verderbliche Ware innerhalb des *intelligenten Containers* soll frisch gehalten werden. Diese Zustandseigenschaften hängen von weiteren Zustandseigenschaften (z.B. Luftfeuchtigkeit, Temperatur) ab, die trotz schwankender Umgebungsbedingungen in einem Zielbereich gehalten werden sollen.
- Bei der *zustandsabhängigen Wartung* soll der Zustand der Betriebsbereitschaft für eine Maschine erhalten werden. Diese hängt von ebenfalls variablen Zustandseigenschaften ab (z.B. Restmenge des Kühlschmiermittels, Stärke des Bremsbelags), welche dafür in einem Zielbereich gehalten werden sollen.
- In der Medizin kann durch Nutzung des *Karnofsky-Index* der Allgemeinzustand eines Patienten bestimmt werden. Dieser wird durch Messung der Zustandseigenschaften des Patienten bestimmt und durch eine angepasste Therapie soll der unter den Umgebungsbedingungen bestmögliche Zustand erreicht oder beibehalten werden.

Bei Betrachtung dieser Beispiele lassen sich bereichsübergreifende Anforderungen identifizieren, die zur Realisierung einer zustandsüberwachenden Dienstleistung erfüllt sein müssen. In ihren jeweiligen Systemen erfüllen die betrachteten zustandsüberwachenden Dienstleistungen (Teil-)Funktionen, die mit einem Regler in einem Regelkreis verglichen werden können (Abb. 1). Um die allgemeinen Aufbau- und Ablaufelemente zustandsüberwachender Dienstleistungen zu erfassen, sollen diese daher mit den Elementen eines Regelkreises verglichen werden.

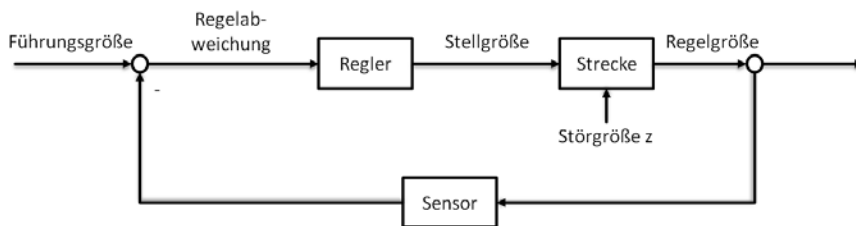


Abb. 1. Prinzipbild Regelkreis (Schröder 1995)

3.1 Aufbau von zustandsüberwachenden Dienstleistungen

Aus dem Aufbau eines Regelkreises lassen sich die *Anforderungen an den Aufbau* einer zustandsüberwachenden Dienstleistung definieren:

- *Instanzbedingung*: Es muss eine Instanz existieren, deren Zustandseigenschaften sich von anderen Instanzen derselben Klasse unterscheiden können (Existenz des Systems und Möglichkeit einer Regelabweichung).

- *Zustandsänderungsbedingung:* Im betrachteten Zeitabschnitt muss die betrachtete Instanz eine Zustandsänderung erfahren können (Existenz einer Regelstrecke).
- *Definition relevanter Zustandseigenschaften:* Die zur Beschreibung eines Zustands relevanten Zustandseigenschaften sind zu definieren (Definition der Regelgrößen).
- *Definition von Zielbereichen:* Für die relevanten Zustandseigenschaften sind jeweils Zielbereiche zu identifizieren (Definition der Führungsgrößen).

Die Definitionen der relevanten Zustandseigenschaften und ihrer Zielbereiche lassen sich auch dynamisch auslegen, um sich variablen Bedingungen anpassen zu können (Tsang 1995). Diese externen Einflüsse können auch als Störgrößen bezeichnet werden. Sie sind für die Durchführbarkeit einer zustandsüberwachenden Dienstleistung jedoch nicht notwendig.

3.2 Ablauf von zustandsüberwachenden Dienstleistungen

Anforderungen an den Ablauf zustandsüberwachender Dienstleistungen lassen sich von zustandsabhängigen Wartungssystemen (Lee et al. 2004) bzw. einer Prozesskontrolle und dem Funktionsprinzip eines Regelkreises ableiten (Leveson et al. 1994; Vollmann et al. 1997):

- *Messen:* Messung, bzw. Feststellung der Zustandseigenschaften (Messung der Regelgröße).
- *Vergleichen:* Ermitteln der Abweichung gemessener Zustandseigenschaften von ihren Zielbereichen (Ermitteln der Regelabweichung).
- *Verarbeiten:* Auf Grundlage der Regelabweichung und bekannter Systemeigenschaften werden Handlungen zur Reduktion der Regelabweichung ermittelt (Ermitteln der Stellgröße).
- *Handeln:* Durchführen der ermittelten Handlungen zur Beeinflussung des Systems (Einbringen der Stellgröße).
- *Kommunizieren:* In einem verteilten System, bei dem einzelne Handlungen an unterschiedlichen Stellen stattfinden, müssen Informationen zwischen den Stellen übertragen werden (Signalleitungen).

Im Anschluss an diese grundlegende Betrachtung des Aufbaus und Ablaufs von zustandsüberwachenden Dienstleistungen, werden diese im Folgenden im Kontext der Nutzungsphase von Produkten betrachtet.

4 Zustandsüberwachende Dienstleistungen in der Nutzungsphase von Produkten

In diesem Abschnitt werden zustandsüberwachenden Dienstleistungen im Kontext der Zustände von Produkten in ihrer Nutzungsphase betrachtet. Dabei wird insbesondere auf die Regelung der Qualität von Produkten und die Aufteilung der Regelung zwischen Kunden und Dienstleister eingegangen.

4.1 Regelgrößen der Qualität von Produkten in der Nutzungsphase

Die Zustandseigenschaften von Produkten, die Umgebungsbedingungen und die Art der Nutzung sind mögliche Regelgrößen zum Erzielen von Qualität.

Eine zentrale Größe bei der Nutzung eines Produktes ist seine Qualität. Hier existiert eine Vielzahl von Definitionen aus unterschiedlichen Fachrichtungen, welche jedoch zumeist einen gemeinsamen Nenner in Form der Definition nach EN ISO 9000:2005 aufweisen. Demnach ist Qualität der Grad, in dem ein Satz inhärenter Merkmale Anforderungen erfüllt. Davon ausgehend unterscheiden sich spezifische Definitionen anhand der Ausprägung und Herkunft der Merkmale und Anforderungen.

An dieser Stelle ist die Verwendung einer kunden- und nutzungsorientierten Definition von Qualität sinnvoll. Aus Kundenperspektive kann die Qualität eines Produktes als der Grad zu dem ein Produkt die Bedürfnisse und Erwartungen des Kunden erfüllt verstanden werden (Meirovich et al. 2007; Deming 1986; Edwards 1968). Diese Qualität besteht jedoch nur theoretisch, bis sie in der konkreten Nutzung feststellbar wird (Vargo und Lusch 2008; Juran 1974), denn die Qualität eines Produktes kann durch Nutzungsart und Nutzungsbedingungen variieren (Bevan 1995). Zusammenfassend kann Qualität also definiert werden, als der Grad zu dem ein Produkt die Bedürfnisse und Erwartungen eines Kunden in einem konkreten Nutzungsvorgang erfüllt.

Betrachtet man die Nutzung eines Produktes als einen Nutzungsprozess, der sich in einzelne Nutzungsschritte aufteilen lässt, so kann der tatsächliche Zustand zwischen den einzelnen Nutzungsschritten mit dem gewünschten Zustand verglichen und so die Qualität festgestellt werden. Die dafür relevanten Größen sind die Zustandseigenschaften des Produktes (Wuest et al. 2011), welche unter Einfluss von Nutzungsart (Kleinaltenkamp 2013) und Umgebungseinflüssen (Georgiadis und Vlachos 2004) mit den Erwartungen und Wünschen des Kunden verglichen werden (Meirovich et al. 2007). Dieses Modell ist in Abb. 2 grob skizziert.

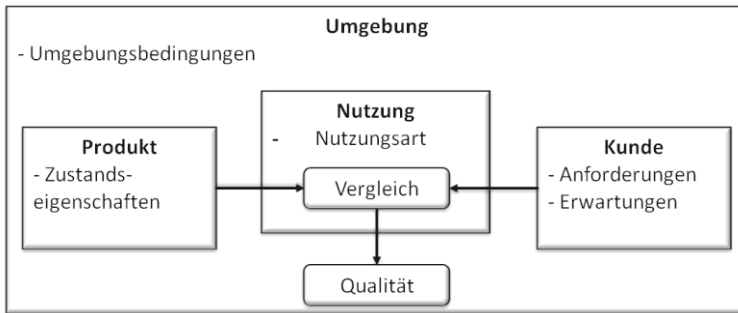


Abb. 2. Kundenorientiertes Qualitätsverständnis für Produkte in der Nutzungsphase

Auf dieser Grundlage kann eine zustandsüberwachende Dienstleistung beschrieben werden, die eine bestimmte Qualität zum Ziel hat. Nimmt man die Anforderungen und Erwartungen des Kunden als bekannte Konstanten an, so ergeben sich drei miteinander kombinierbare Gruppen von Regelgrößen für zustandsüberwachende Dienstleistungen:

- Regelung der Zustandseigenschaften des Produktes;
- Regelung der Umgebungsbedingungen;
- Regelung der Nutzungsart.

Zwischen den einzelnen Gruppen können zwei Typen von Relationen bestehen: Abhängigkeiten und gegenseitige Wechselwirkungen (Knoke et al. 2013). Abhängigkeiten sind dabei als einseitige Kausalbeziehungen zu verstehen ($x = f(y)$), wobei Wechselwirkungen gegenseitigen Einfluss ausüben ($f(x,y)$). Beispielsweise erfüllt ein Glühwein die Erwartungen und Anforderungen vieler Kunden nur bei kaltem Wetter (Umgebungsbedingung) und wenn er aus einem Becher getrunken werden kann (Nutzungsart). Diese Relationen können allerdings auch zwischen einzelnen Regelgrößen innerhalb dieser Gruppen bestehen. Verlangt ein Kunde beispielsweise eine bestimmte Gewichtsmenge einer Wurstware, so ist diese Zustandseigenschaft eine Funktion der Länge, des Durchmessers und des spezifischen Gewichts der Wurst.

4.2 Produktbegleitende Regelungsverfahren als Dienstleistung

Dienstleistungen können angeboten werden, indem während der Produktnutzung Aktivitäten eines Regelungsvorgangs übernommen werden.

Die Abläufe der Nutzungsprozesse können durch den Kunden, oder einen Dienstleister durchgeführt werden. Daher kann aus Perspektive des Kunden bei einer Zustandsüberwachung zwischen Eigenregelung, unterstützter Regelung und Fremdregelung unterschieden werden. Bei einer unterstützten Regelung werden

einzelne Aktivitäten (messen, kommunizieren, verarbeiten, handeln) durch eine andere Person, bzw. durch ein automatisches System durchgeführt. Bei einer Fremdregelung gilt dies für alle Aktivitäten. Dies ist in der folgenden Tabelle 1 anhand des Einparkvorganges eines PKWs beschrieben.

Tabelle 1. Aufteilung operativer Regelungsvorgänge am Beispiel eines Einparkvorganges

<i>Regelungsvorgang</i>	<i>Manuell</i>	<i>Automatisiert</i>
Eigenregelung	Einlenken eines PKWs ohne Servolenkung	Einlenken über einen Joystick
Unterstützte Regelung	Einlenken mit Unterstützung eines Einweisers	Nutzung eines Abstandssensors
Fremdregelung	Nutzung eines Parkdienstes (Valet Parking)	Nutzung eines automatischen Einparksystems

Die Auslagerung einzelner Aktivitäten kann Gegenstand eines Dienstleistungsangebots sein. Allgemein zu beachten ist dabei, dass jeder Dienstleistungsprozess eine Beteiligung des Kunden notwendig macht (Fließ und Kleinaltenkamp 2004; Chase 1978). Dies gilt auch für die beschriebene Fremdregelung. Die Leistung eines Einparkvorgangs kann nur durchgeführt werden, wenn der Kunde seine Erwartungshaltung zum Ausdruck bringt. Dies geschieht entweder durch Aktivierung des Einparksystems bzw. Übergabe des Fahrzeugs.

4.3 Zustände als Dienstleistung

Ein Zielzustand kann als Dienstleistung angeboten werden, indem ein Dienstleister den Nutzungsprozess eines Produktes übernimmt.

Innerhalb des in Abschnitt 4.1 beschriebenen Systems soll durch Nutzung des Produktes ein Zustand hergestellt werden, der den Wünschen und Erwartungen des Kunden entspricht. Relevante Einflussgrößen auf die Nutzung eines Produktes sind die Produkteigenschaften, die Nutzungsart und Umgebungseinflüsse.

Kauft ein Kunde ein rein materielles Produkt, so geht er davon aus, dass dessen Produkteigenschaften unter gegebenen Umwelteinflüssen und korrekter Nutzungsart den erwarteten Nutzen bringt. Eine Alternative dazu sind abstraktere Modelle, bei denen der Kunde kein definiertes Produkt kauft, sondern stattdessen eine Funktion erwirbt (Thoben und Jagdev 2001). Ein Beispiel für eine solche Funktion als Dienstleistung ist Mobilität, welche eine Alternative zum Kauf eines bestimmten Autos sein kann. In diesem Modell übernimmt der Dienstleister Verantwortung für die Produkteigenschaften, welche z. B. durch Wartungsprozesse sichergestellt werden können (Markeset und Kumar 2005).

Verfolgt man die Abstraktion vom Produkt zur Funktion weiter, so sind auch Zustände als Dienstleistung denkbar. In diesem Fall würde sämtliche Verantwortung für den Nutzungsprozess beim Dienstleister liegen und auch die Anwendung eines Produktes beinhalten. Dem Kunden kann so ein bestimmter Nutzen, bzw. definierter Zielzustand garantiert werden. Eine derartige Dienstleistung ähnelt ei-

ner Fremdregelung (Abschnitt 4.2), ist jedoch nicht an ein konkretes Produkt gebunden. Ein Beispiel für eine solche Dienstleistung ist der Transfer eines Touristen vom Flughafen (Ausgangszustand) zum Hotel (Zielzustand). Die Ankunft am Hotel wird dabei durch den Dienstleister garantiert. Die Auswahl und der Betrieb des Beförderungsmittels sind dabei üblicherweise im Verantwortungsbereich des Anbieters.

5 Methoden zur Gestaltung zustandsüberwachender Dienstleistungen bei Produkten in der Nutzungsphase

Aufbauend auf den zuvor beschriebenen Anforderungen und Eigenschaften werden in diesem Abschnitt einige bestehende Methoden zur Gestaltung zustandsüberwachender Dienstleistungen in der Nutzungsphase von Produkten kurz beschrieben. Dabei wird gemäß der Aufteilung aus Abschnitt 3 zwischen Aufbau und Ablauf unterschieden.

5.1 Methoden zur Erfüllung der Aufbauanforderungen

Die Betrachtung eines Produktes in seiner Nutzungsphase erfüllt bereits die Instanz- und Zustandsänderungsbedingung. Die Identifikation der relevanten Zustandseigenschaften und ihrer jeweiligen Zielbereiche ist jedoch deutlich komplexer. Um diese zu identifizieren, kann von den Erwartungen und Wünschen des Kunden ausgegangen werden. Diese sind oft direkt mit einzelnen Zustandseigenschaften verbunden, welche jedoch wiederum in Relation zu anderen Zustandseigenschaften, der Nutzungsart, bzw. Umgebungseinflüssen stehen.

Qualitative Methoden zur Analyse und Darstellung derartiger Zusammenhänge finden sich im Bereich des Qualitäts- und Fehlermanagements. Die kausalen Zusammenhänge beim Auftreten von Fehlern lassen sich als Wirkungsketten beschreiben. (Weingardt 2004). Zur Darstellung der Einflussgrößen auf einzelne Zustandseigenschaften können Ursache-Wirkungsdiagramme verwendet werden (Kamiske und Brauer 2008). Bei gleichzeitiger Betrachtung mehrerer Zustandseigenschaften, bzw. der Relationen zwischen Einflussgrößen können Ereignisbäume verwendet werden (Rasmussen 1997).

Zur quantitativen Betrachtung oder zur Vorbereitung einer Simulation komplexer Systeme kann die System Dynamics (SD) Methode angewendet werden (Rodrigues und Bowers 1996; Georgiadis Vlachos 2004). Über diesen quantitativen Ansatz lassen sich auch die kritischen Einflussgrößen und ihre jeweiligen Zielbereiche definieren.

Bei der Auswahl der relevanten Zustandseigenschaften ist eine generelle Beschränkung auf Größen mit einem wesentlichem Einfluss sinnvoll, da bei mehrfacher Weiterverfolgung der Kausalzusammenhänge ein derartiges Modell bereits erheblich an Komplexität gewinnen kann. Beachtet werden muss auch eine aus technischer, ökonomischer und sozialer Perspektive mögliche und sinnvolle

Dienstleistungsmodellierung 2014
Vom Servicemodell zum Anwendungssystem
Thomas, O.; Nüttgens, M. (Hrsg.)
2014, XVII, 292 S. 84 Abb., Hardcover
ISBN: 978-3-658-06890-5